



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

**Αξιολόγηση ηλιασμού και φυσικού φωτισμού μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας με
την βοήθεια λογισμικού**

Διπλωματική Εργασία

Πουλικίδου Ευαγγελία

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Συνεπιβλέπουσα: Σκλάβου Ευαγγελία, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

**Αξιολόγηση ηλιασμού και φυσικού φωτισμού μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας με
την βοήθεια λογισμικού**

Διπλωματική Εργασία

Πουλικίδου Ευαγγελία

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.
Συνεπιβλέπουσα: Σκλάβου Ευαγγελία, Αρχιτέκτων Μηχανικός, Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016

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.

Copyright © Ευαγγελία Α. Πουλικίδου – Αθήνα 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Αναπληρωτή Καθηγητή της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, καθώς και για την καθοδήγηση και την βοήθειά του κατά τη διάρκεια εκπόνησής της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη συνεπιβλέπουσα, Αρχιτέκτονα Μηχανικό και Υποψήφια Διδάκτορα Ε.Μ.Π., κα Ευαγγελία Σκλάβου για την καθοδήγηση, την βοήθεια και την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε.

“We shape our buildings, and afterwards our buildings shape us.”

(Winston Churchill, 1874–1965, English politician)

“Εμείς διαμορφώνουμε τα κτίριά μας, και στη συνέχεια αυτά διαμορφώνουν εμάς.”

(Winston Churchill, 1874–1965, Βρετανός πρωθυπουργός, Νόμπελ 1953)

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε προσπάθεια αξιολόγησης διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμού θαλάμων νοσηλείας, και συγκεκριμένα της συμβολής αυτών στο φυσικό φωτισμό και τις αντίστοιχες ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση στο περιβάλλον ενός μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας.

Τα παραπάνω πραγματοποιήθηκαν μέσα από μια σειρά προσομοιώσεων με χρήση ελεύθερου λογισμικού. Τα μοντέλα σχεδιάστηκαν με το Google SketchUp και οι προσομοιώσεις εκτελέστηκαν μέσω των λογισμικών Open Studio, Radiance και Energy Plus.

Το βασικό μοντέλο το οποίο δημιουργήθηκε για τους παραπάνω σκοπούς και για το οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι προσομοιώσεις βασίζεται στις προδιαγραφές του υπάρχοντος μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας του Γενικού Νοσοκομείου Αττικής "ΚΑΤ".

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων και των παραμέτρων που υπεισέρχονται σε αυτόν, τις αρχές φυσικού φωτισμού, τη δημιουργία θεραπευτικού περιβάλλοντος καθώς και τις ενεργειακές ανάγκες των Νοσοκομειακών Ιδρυμάτων της χώρας σήμερα.

Στη συνέχεια με τη χρήση λογισμικού, προσομοιώθηκαν διάφορα σενάρια σχεδιασμού και μέσα από τις μεταξύ τους συγκρίσεις, μελετήθηκε η επίδραση της εξεταζόμενης κάθε φορά παραμέτρου στα μεγέθη φυσικού φωτισμού με κύριο ενδιαφέρον την ένταση φυσικού φωτισμού, την προκαλούμενη θάμβωση και τις αυτονομίες φυσικού φωτισμού στο χώρο νοσηλείας .

Τέλος, μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα των ενεργειακών αναγκών, όπως αυτά προέκυψαν για το εκάστοτε σενάριο με στόχο να εξαχθούν τελικά συμπεράσματα για το βέλτιστο σχεδιασμό.

Abstract

The purpose of this thesis is the evaluation of several design parameters regarding patients rooms, namely those contributing to the natural lighting and the respective energy needs for cooling and heating; in the environment of a single standard patient room.

A serie of simulations was made via free software. The models examined, were designed with Google SketchUp, while the simulations were performed via Open Studio, Radiance and Energy Plus software.

The base patient room model, created for the above purposes refers to the existing single patient room of the General Hospital of Attica "KAT".

Initially, the literature review regarding the bioclimatic building design as well as the parameters' involved in this has been examined. Moreover, the natural lighting principles; establishing a healing environment as well as the proposed energy needs of hospitals in our country today have been analyzed.

Afterwards, several simulations were performed for various scenarios and through their mutual comparison, the effect of each parameter in daylight sizes were studied. Primary focus on natural light intensity, caused glare and autonomy day lighting in patient rooms examined respectively.

At last, the energy needs results were assessed for each and every case, in order to draw final conclusions regarding the optimal design.

Σύνοψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της συμβολής διαφόρων παραμέτρων σχεδιασμού στο φυσικό φωτισμό και ηλιασμό στο εσωτερικό περιβάλλον νοσοκομειακών θαλάμων νοσηλείας.

Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η περίπτωση μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας για το Νοσοκομειακό Ίδρυμα – Γενικό Νοσοκομείο Αττικής «ΚΑΤ».

Στο **1^ο Κεφάλαιο**, πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση και εισαγωγή στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων καθώς και των ενεργειακών αναγκών αυτών. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφονται οι ενεργειακές ανάγκες στα Νοσοκομειακά Ιδρύματα της χώρας καθώς και τρόποι αναβάθμισης αυτών ενώ στη συνέχεια γίνεται λόγος για τις βασικές αρχές και τα επιμέρους συστήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Στο **2^ο Κεφάλαιο**, παρουσιάζονται τα βασικά μεγέθη του φυσικού φωτισμού, περιγράφονται και αναλύονται οι Δείκτες Απόδοσης και τα κριτήρια αξιολόγησης αυτού και γίνεται μνεία στην ηλιακή γεωμετρία και της επιρροής αυτής στο φυσικό φωτισμό και το σχεδιασμό θαλάμων νοσηλείας.

Στη συνέχεια, στο **Κεφάλαιο 3**, περιγράφεται η έννοια του θεραπευτικού περιβάλλοντος και της συμβολής αυτού στην ίαση των ασθενών, αναλύεται η επίδραση του φωτισμού στο θεραπευτικό περιβάλλον και οι μηχανισμοί μέσω των οποίων το φώς επιδρά στον ασθενή. Επιπλέον, γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών και μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα σε παγκόσμιο επίπεδο και περιγράφουν την καθοριστική συμβολή του θεραπευτικού περιβάλλοντος σε Νοσοκομειακά Ιδρύματα όσον αφορά όχι μόνο στην υγεία των ασθενών αλλά και στη συνολική ευνοϊκότερη επίδραση στην αποτελεσματική αλλά και οικονομική λειτουργία τους.

Στο **4^ο Κεφάλαιο**, γίνεται η περιγραφή του χρησιμοποιούμενου λογισμικού και αναφέρονται οι βασικές ιδιότητες των προγραμμάτων Google SketchUp, Open Studio, Radiance και Energy Plus που χρησιμοποιήθηκαν.

Το **5^ο Κεφάλαιο**, αναφέρεται στη μελέτη περίπτωσης της παρούσας εργασίας. Αρχικά, περιγράφεται το Νοσοκομειακό περιβάλλον του προς μελέτη θαλάμου νοσηλείας, η τοποθεσία και τα γενικά

χαρακτηριστικά αυτού και στη συνέχεια περιγράφεται το βασικό μοντέλο και οι παράμετροι που εισήχθησαν σε αυτό. Ακολουθούν τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που αφορούν στο φυσικό φωτισμό του θαλάμου νοσηλείας καθώς και των αντίστοιχων ενεργειακών αναγκών αυτού και γίνεται η εξαγωγή των πρώτων συμπερασμάτων από τη σύγκριση των εκάστοτε σεναρίων.

Τα επιμέρους σενάρια βασίστηκαν στο αρχικό μοντέλο με αλλαγή μίας μεταβλητής κάθε φορά και αφορούν σε βασικές παραμέτρους σχεδιασμού όπως: γεωμετρικά χαρακτηριστικά του θαλάμου, γεωμετρία ανοιγμάτων, ιδιότητες υαλοπινάκων κ.α..

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 6**, παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα όπως προέκυψαν από την παρούσα μελέτη καθώς και μελλοντικές προτάσεις.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	4
Περίληψη	6
Abstract	7
Σύνοψη	8
Εισαγωγή.....	13
Κεφάλαιο 1: Ενέργεια και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	15
1.1. Εισαγωγή.....	15
1.2. Κατανάλωση Ενέργειας στα Νοσοκομεία	15
1.2.1 Ενεργειακή αναβάθμιση νοσοκομείων	19
1.3. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός.....	20
1.3.1 Γενικά.....	20
1.3.2 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού	21
1.3.3 Παθητικά ηλιακά συστήματα.....	22
1.3.3.1. Σύστημα απευθείας ή άμεσου ηλιακού κέρδους.....	23
1.3.3.2. Σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους -Τοίχος θερμικής αποθήκευσης.....	23
1.3.3.3. Σύστημα ηλιακού χώρου - Θερμοκήπιο	25
1.3.4 Δροσισμός.....	26
1.3.4.1 Ηλιοπροστασία.....	26
1.3.4.2 Αερισμός	29
Βιβλιογραφία 1 ^ο Κεφαλαίου.....	30
Κεφάλαιο 2: Φυσικός Φωτισμός.....	32
2.1. Εισαγωγή.....	32
2.2 Βασικά φωτομετρικά μεγέθη	34
2.3 Θάμβωση.....	38
2.4 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού	42
2.4.1. Δείκτης Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Daylight Autonomy, DA).....	42
2.4.2. Δείκτης Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού (Useful Daylight Illuminance, UDI).....	43
2.4.3. Δείκτης Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Continuous Daylight Autonomy, conDA).....	44
2.5 Ηλιακή Γεωμετρία	45
2.5.1 Γενικά.....	45
2.5.2 Κινήσεις της γης – Ηλιακή τροχιά.....	45

1.5.3 Γωνία πρόσπτωσης	49
1.5.4 Ηλιακές γωνίες.....	49
Βιβλιογραφία 2 ^ο Κεφαλαίου.....	51
Κεφάλαιο 3: Θεραπευτικό Περιβάλλον	52
3.1. Γενικά.....	52
3.2 Η επίδραση του φωτισμού στο θεραπευτικό περιβάλλον	54
3.2.1 Περιγραφή των μηχανισμών επίδρασης του φωτός.....	56
3.2.1.1 Εκτέλεση του οπτικού έργου	57
3.2.1.2 Έλεγχος του κερκαδικού συστήματος	57
3.2.1.3 Επίδραση στη διάθεση και την αντίληψη	60
3.2.1.4 Διευκόλυνση της λειτουργίας απορρόφησης κρίσιμων χημικών αντιδράσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα	61
Βιβλιογραφία 3 ^ο Κεφαλαίου.....	62
Κεφάλαιο 4: Χρησιμοποιούμενο λογισμικό	63
4.1 Google Sketch_up.....	63
4.2 OpenStudio.....	64
4.3 Radiance.....	65
4.4 EnergyPlus	66
Βιβλιογραφία 4 ^ο Κεφαλαίου.....	68
Κεφάλαιο 5: Μελέτη περίπτωσης	69
5.1 Το ΚΑΤ	69
5.2 Μελέτη φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας.....	74
5.2.1 Γενικά – Περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων	74
5.2.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού	83
5.2.2.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Σύγκριση μεγεθών για ύπαρξη ή μη συστήματος σκίασης (εξωτερικών περσίδων)	83
5.2.2.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επιρροής Οπτικής Διαπερατότητας (Window Tviz) υαλοπίνακα.....	89
5.2.2.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους παραθύρου.....	100
5.2.2.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής πλάτους παραθύρου	116
5.2.2.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού– Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους δωματίου	131

5.2.2.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής βάθους μπαλκονιού.....	139
5.2.2.7 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης ύπαρξης ή μη μπαλκονιού.....	147
5.3.1 Γενικά – Περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων	154
5.3.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακών αναγκών	157
5.3.2.1 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση προσανατολισμού.....	157
5.3.2.2 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση προσανατολισμού.....	161
5.3.3.3 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση μεγεθών για την ύπαρξη ή μη περσίδων ανά προσανατολισμό	163
5.3.3.4 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επιρροής Συντελεστή ηλιακού Κέρδους (SHGC) υαλοπίνακα	167
5.3.3.5 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους παραθύρου.....	170
5.3.3.6 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής πλάτους παραθύρου	178
5.3.3.7 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους δωματίου	186
5.3.3.8 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής βάθους μπαλκονιού	194
5.3.3.9 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης ύπαρξης ή μη μπαλκονιού	197
Βιβλιογραφία 5 ^ο Κεφαλαίου.....	201
Κεφάλαιο 6: Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις	202
Παράρτημα 1.....	207
Πίνακας Εικόνων	207

Εισαγωγή

Σε ένα κόσμο που συνεχώς αλλάζει και ο τομέας της υγείας πρέπει να αλλάξει και να προσαρμοστεί. Τα νοσοκομεία καταναλώνουν συνήθως διπλάσια ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο σε σύγκριση με εμπορικά κτίρια γραφείων.

Η πρόκληση της σύγχρονης εποχής είναι η διαμόρφωση και η αξιοποίηση του δομημένου περιβάλλοντος των νοσοκομείων με τέτοιον τρόπο, ώστε αφ' ενός να δημιουργεί συνθήκες θεραπευτικού περιβάλλοντος, που ήταν πάντοτε η ουσιαστική και απώτερη ανάγκη, και αφ' ετέρου να επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας, θέμα ιδιαίτερα κρίσιμο στη σύγχρονη εποχή.

Ο φωτισμός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση του κόστους, αλλά και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ την ίδια στιγμή μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία τόσο των ασθενών, όσο και του προσωπικού. Η βιωσιμότητα είναι το κλειδί.

Το φως μπορεί να έχει καταπληκτική επίδραση στους ανθρώπους, οπτικά, βιολογικά και συναισθηματικά. Μπορεί να βελτιώσει τη διάθεσή μας, να βοηθήσει στη συγκέντρωση, τη χαλάρωση, την αυτοσυγκέντρωση και τον ύπνο. Επιστημονικές Μελέτες έχουν δείξει ότι τα επίπεδα φωτός που απαιτούνται για την υποστήριξη του βιολογικού μας ρολογιού είναι πολύ υψηλότερα από ό, τι συνήθως λαμβάνουμε σε ένα εσωτερικό περιβάλλον, ακόμη και σε χώρους όπου υπάρχουν παράθυρα.

Αν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία των ασθενών και να διαδραματίσει καίριο ρόλο στην προώθηση της ευημερίας τους. Ο σωστός φωτισμός των χώρων του νοσοκομείου δημιουργεί ένα ενισχυμένο θεραπευτικό περιβάλλον, ενώ μελέτες έχουν δείξει ότι επαρκής και ορθός φωτισμός μπορεί να βοηθήσει στην ταχύτερη ανάρρωση των ασθενών, αφού επιδρά ιδιαίτερα ευεργετικά στους ίδιους, κυρίως σε ψυχολογικό επίπεδο.

Σημαντική είναι, επίσης, η βελτίωση της ευεξίας του προσωπικού, αφού ο καλός φωτισμός των χώρων εργασίας τους δημιουργεί ένα ευχάριστο περιβάλλον εργασίας και βελτιώνει την απόδοσή τους.

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η αξιολόγηση της επιρροής διαφόρων παραμέτρων στο φυσικό φωτισμό καθώς και τις ενεργειακές ανάγκες που προκύπτουν για μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας του

Γενικού Νοσοκομείου Αττικής "ΚΑΤ". Τα σενάρια που μελετούνται αφορούν στην επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους και την ταυτόχρονη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων.

Στόχος της διπλωματικής εργασίας είναι ο εντοπισμός των παραμέτρων που επηρεάζουν τον φυσικό φωτισμό και ηλιασμό σε θαλάμους νοσηλείας. Ο τελικός σχεδιασμός Νοσοκομειακών Μονάδων με γνώμονα την δημιουργία θεραπευτικού περιβάλλοντος και την ελαχιστοποίηση των αντίστοιχων ενεργειακών αναγκών τους, είναι το ζητούμενο.

Μέσα έρευνας: για τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, χρειάστηκε να γίνει εκτενής αναζήτηση και αποδελτίωση της διαθέσιμης βιβλιογραφίας καθώς και σειρά προσομοιώσεων με χρήση λογισμικού (Open Studio, Sketch up, Radiance και Energy Plus).

Κεφάλαιο 1: Ενέργεια και Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

1.1. Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή καθώς και οι επιπτώσεις αυτής, αποτελούν αδιαμφισβήτητα μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει σήμερα η ανθρωπότητα. Το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη, η συνεχώς ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση πρώτων υλών και αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων, καθώς και οι αυξανόμενες ενεργειακές μας ανάγκες, συντελούν στην ανάγκη εύρεσης αποδοτικότερων και φιλικότερων προς το περιβάλλον τρόπων παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας.

Η χρήση συμβατικών καυσίμων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στον ελλαδικό χώρο, μεταφράζεται σε περίπου 80% επί της συνολικής παραγωγής με την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα να φτάνει το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε σύνολο κτιρίων (>60%) να έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980 και να μην διαθέτουν θερμομόνωση αλλά παρωχημένα συστήματα θέρμανσης [1].

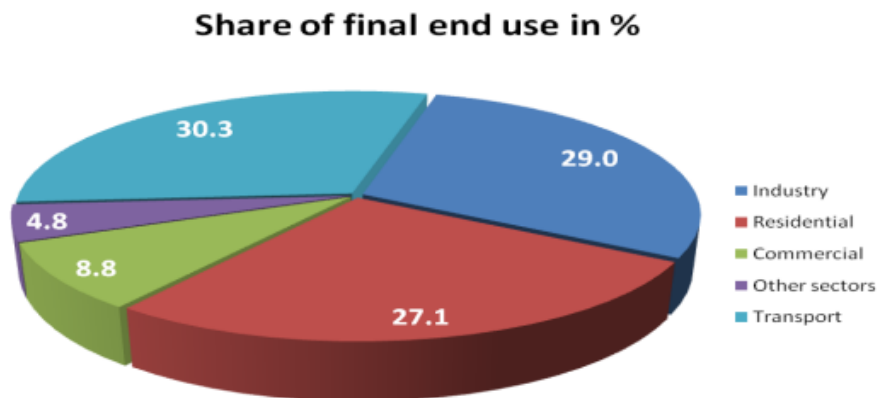
Έρευνα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για τη μείωση της ενεργειακής σπατάλης των δημόσιων κτιρίων της χώρας, διαπιστώνει πλήθος προβλημάτων και ελλείψεων σε ότι αφορά το κέλυφος των κτιρίων αλλά και τον ηλεκτρομηχανολογικό τους εξοπλισμό ειδικά σε παλαιότερα κτίρια (ελλιπής θερμομόνωση, παλαιότητα εξοπλισμού, ανυπαρξία προγράμματος διαχείρισης ενέργειας κ.α.) [2].

1.2. Κατανάλωση Ενέργειας στα Νοσοκομεία

Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των νοσοκομείων της χώρας αφορούν παλαιά κτίρια, γεγονός που τα καθιστά ιδιαίτερος ενεργοβόρα, με ολοκληρωμένες ελάχιστες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας ανά την επικράτεια, λόγω του μεγέθους αυτών καθώς και ελλিপών κονδυλίων.

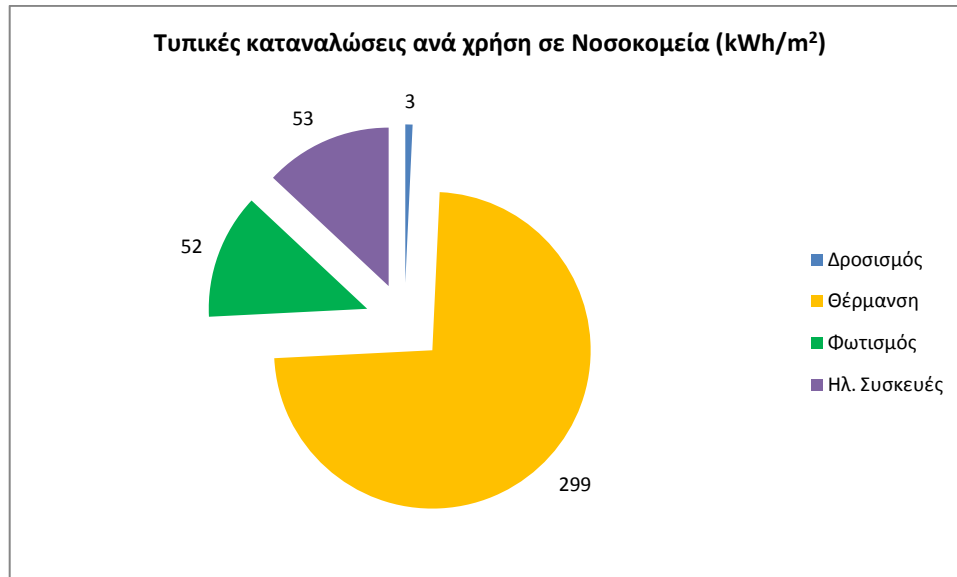
Εφαρμογές μέτρων χαμηλού κόστους με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση των κτιρίων, θα μπορούσαν να επιφέρουν εξοικονόμηση της τάξεως του 20% τουλάχιστον – ποσοστό που μεταφράζεται σε 132 GWh ετησίως στο σύνολο των νοσοκομείων της χώρας με ταυτόχρονη μείωση της συνολικής ζήτησης ενέργειας σε αυτά.

Παρακάτω παρατίθεται το διάγραμμα καταναλώσεων ανά τομέα χρήσης.



Εικόνα 1.1 Κατανάλωση Ενέργειας ανά τομέα [3]

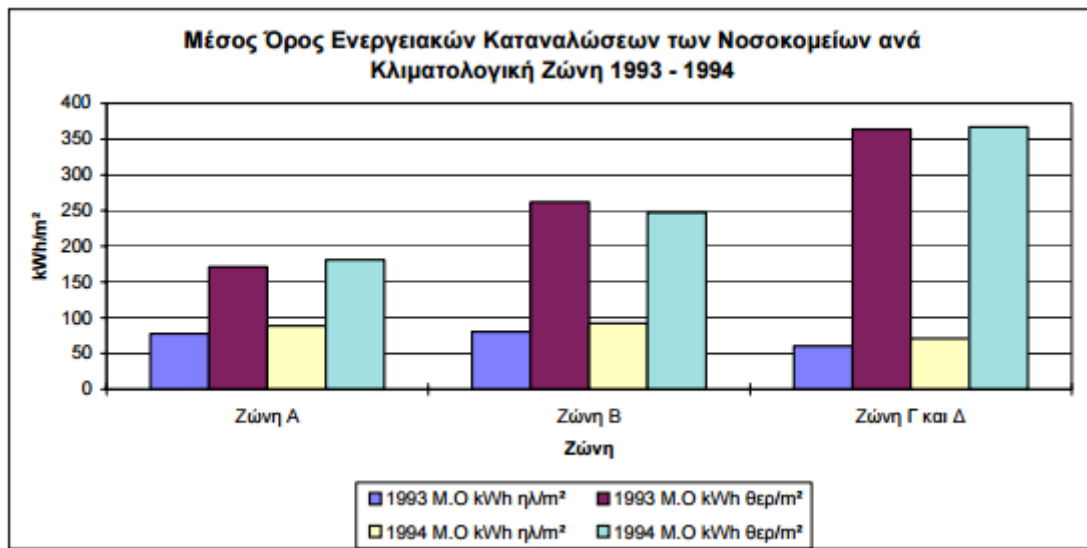
Τα παραπάνω ποσοστά καταναλώσεων αφορούν σε ανάγκες για : θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, αερισμό και ζεστά νερά χρήσης. Ειδικότερα για τον ελλαδικό χώρο και πιο συγκεκριμένα για τα ελληνικά νοσοκομειακά ιδρύματα παρατίθενται οι αντίστοιχε τυπικές καταναλώσεις ανά χρήση εκφρασμένες σε kWh ανά τετραγωνικό μέτρο επιφανείας. Η τελική καταναλισκόμενη ενέργεια (kWh/m²) επιμερίζεται κατά μέσο όρο ανάλογα με την εποχή όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 1.2 Ανάλυση μέσης καταναλισκόμενης ενέργειας ανά m² και χρήση σε Νοσοκομεία [4]

Ο επιμερισμός αυτός, κρίνεται ως ο πλέον αντιπροσωπευτικός μιας και αποτελεί τον μέσο όρο καταναλώσεων των 8 μεγαλύτερων νοσοκομείων της χώρας όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία, ο οποίος συνολικά κυμαίνεται από 225 kWh/m² το έτος στη Νότια Ελλάδα έως φτάνει τις 750 kWh/m² το έτος στη Βόρεια Ελλάδα, κυρίως λόγω έντονων θερμοκρασιακών διαφορών. Ο παραπάνω επιμερισμός προέκυψε από μελέτη που διεξήχθη σε 84 νοσοκομειακές μονάδες κατά τα έτη 1993-1996 και αποτελεί μέχρι σήμερα τον σταθμικό μέσο όρο αυτών. Στη Γαλλία, το αντίστοιχο ποσό ανέρχεται στις 345 kWh/m² κατά μέσο όρο. [5]-[6]

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα ακόμη διάγραμμα το οποίο βασίζεται στα αποτελέσματα της μελέτης που αναφέρθηκε παραπάνω και δίνει το μέσο όρο των ενεργειακών καταναλώσεων των νοσοκομείων ανά κλιματική ζώνη. [5]



Εικόνα 1.3 Ανάλυση μέσης καταναλισκόμενης ενέργειας σε νοσοκομεία ανά κλιματική ζώνη [5]

Το αυξανόμενο κόστος λειτουργίας των νοσοκομείων αλλά και η επιβάρυνση του περιβάλλοντος οδηγεί στην ανάγκη χρήσης σύγχρονων εγκαταστάσεων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Τα νοσοκομεία, τα οποία κατατάσσονται στις πλέον ενεργοβόρες εγκαταστάσεις απαιτούν αρχικό στρατηγικό σχεδιασμό και πολύ-παραμετρική εξέταση κατά την αρχική μελέτη. Ειδικότερα, η αλληλεπίδραση του νοσοκομείου με το περιβάλλον του αποτελεί κομβικό σημείο αφού μπορεί να συντελέσει στη μείωση μεγεθών κόστους, αλλά και την διασφάλιση της αειφορίας. [7]

Εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των νοσοκομείων (μεγάλο μέγεθος κτιρίων, 24ωρη λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, διατήρηση εσωτερικής θερμοκρασίας, ταυτόχρονη λειτουργία πολλών ιατρικών μηχανημάτων), η ενεργειακή κατανάλωση ανά μονάδα επιφάνειας είναι ιδιαίτερα υψηλή και μάλιστα υπερδιπλάσια σε σχέση με τα υπόλοιπα δημόσια κτίρια [1]. Η ενεργειακή αναβάθμιση λοιπόν των νοσοκομείων απαιτεί τη δημιουργία «έξυπνων» και φιλικότερων προς το περιβάλλον εγκαταστάσεων, μειώνοντας μεσοπρόθεσμα το ενεργειακό τους κόστος.

Ο φωτισμός μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη μείωση του κόστους αυτού, αλλά και των αντίστοιχων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, ενώ την ίδια στιγμή μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία τόσο των ασθενών, όσο και του προσωπικού. Σύγχρονες λύσεις φωτισμού οδηγούν σε μείωση του κόστους λόγω εξοικονόμησης ενέργειας, χωρίς συμβιβασμούς στην άνεση και στην ποιότητα του φωτός, ενισχύοντας έτσι τη φροντίδα του περιβάλλοντος και τη φήμη του νοσοκομείου.

1.2.1 Ενεργειακή αναβάθμιση νοσοκομείων

Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αναβάθμισης μπορούν να επιφέρουν μειώσεις επί των ενεργειακών απαιτήσεων και του αντίστοιχου κόστους, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην προστασία του περιβάλλοντος.

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή του Νόμου 3661/2008 («Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων») και η αποσπασματική εφαρμογή της 2002/91/EK έχει περιορίσει την κατανάλωση ενέργειας χωρίς αυτό, όμως, να είναι αρκετό.

Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στο κέλυφος, όσο και στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις και χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες: [8]

A. ανάλογα με το είδος κατανάλωσης

- Ορθολογική χρήση φωτισμού
- Ορθολογική χρήση εξοπλισμού σκίασης ανάλογα με την εποχή
- Συντήρηση μηχανημάτων
- Έλεγχος της χρήσης των ανοιγμάτων
- Έλεγχος και επιδιόρθωση κατεστραμμένων ανοιγμάτων και τοιχοποιίας
- Έλεγχος και περιοδική συντήρηση ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων (καυστήρας, μονάδες κλιματισμού, θερμοστατών) κ.α.

B. ανάλογα με το κόστος εφαρμογής

- Επεμβάσεις χαμηλού κόστους όπως
 - σφράγιση ανοιγμάτων
 - αντικατάσταση σπασμένων υαλοπινάκων
 - τοποθέτηση εσωτερικών συστημάτων σκίασης (κουρτίνες, στόρια) σε ανοίγματα
 - αυτόματος έλεγχος συστημάτων ροής
 - αντικατάσταση εξωτερικής μόνωσης σωληνώσεων
 - αντικατάσταση κοινών λαμπτήρων φωτισμού με νέους τύπου LED
 - χρήση χρονοδιακοπών φωτισμού κ.α.
- Επεμβάσεις υψηλού κόστους όπως

- Εξωτερική θερμομόνωση οροφής, τοιχοποιίας κ.α.
- Αντικατάσταση ανοιγμάτων με νέα καλύτερου τύπου
- Εγκατάσταση εξωτερικών σταθερών ή κινητών σκιάστρων
- Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο κτίριο
- Αντικατάσταση παλαιών λεβήτων με νέους πολυβάθμιους
- Χρήση αντλιών θερμότητας
- Εγκατάσταση Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης Κτιρίων (BEMS – Building Energy Management Systems) κ.α.

1.3. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

1.3.1 Γενικά

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός του αστικού χώρου είναι μια συνειδητή προσέγγιση για τη διαχείριση του δομημένου περιβάλλοντος. Αποσκοπεί στην επίλυση των προβλημάτων, τα οποία συνδέονται με την ενέργεια, μέσω μιας προσεκτικής και μελετημένης διαμόρφωσης του αστικού ιστού και των χαρακτηριστικών του μεγεθών, ώστε να βελτιώνεται το μικροκλίμα και οι συνθήκες άνεσης στο φυσικό περιβάλλον, ενώ παράλληλα να περιορίζεται η κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων. Βιοκλιματική Δόμηση ορίζουμε τη διαδικασία σχεδιασμού κτιρίων και οικισμών κατά την οποία ο μελετητής λαμβάνει υπόψη μια σειρά παραμέτρων, που ως στόχο έχουν την ορθολογική χρήση της ενέργειας με σκοπό την εξοικονόμησή της. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι το τοπικό κλίμα, ώστε να εξασφαλιστεί η οπτική και η θερμική άνεση χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, τα διάφορα φυσικά φαινόμενα του κλίματος, καθώς και άλλες περιβαλλοντικές παράμετροι όπως η ηλιοφάνεια, η βλάστηση, ο άνεμος, η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, αλλά και η σκίαση από άλλα κτίρια.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση στο κτίριο συστημάτων για φυσική θέρμανση, φυσικό δροσισμό και φυσικό φωτισμό. Έτσι εξασφαλίζονται συνθήκες άνετης διαβίωσης για τους κατοίκους ενώ ταυτόχρονα εξοικονομείται ενέργεια και προστατεύεται το περιβάλλον.[9]

Εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων που

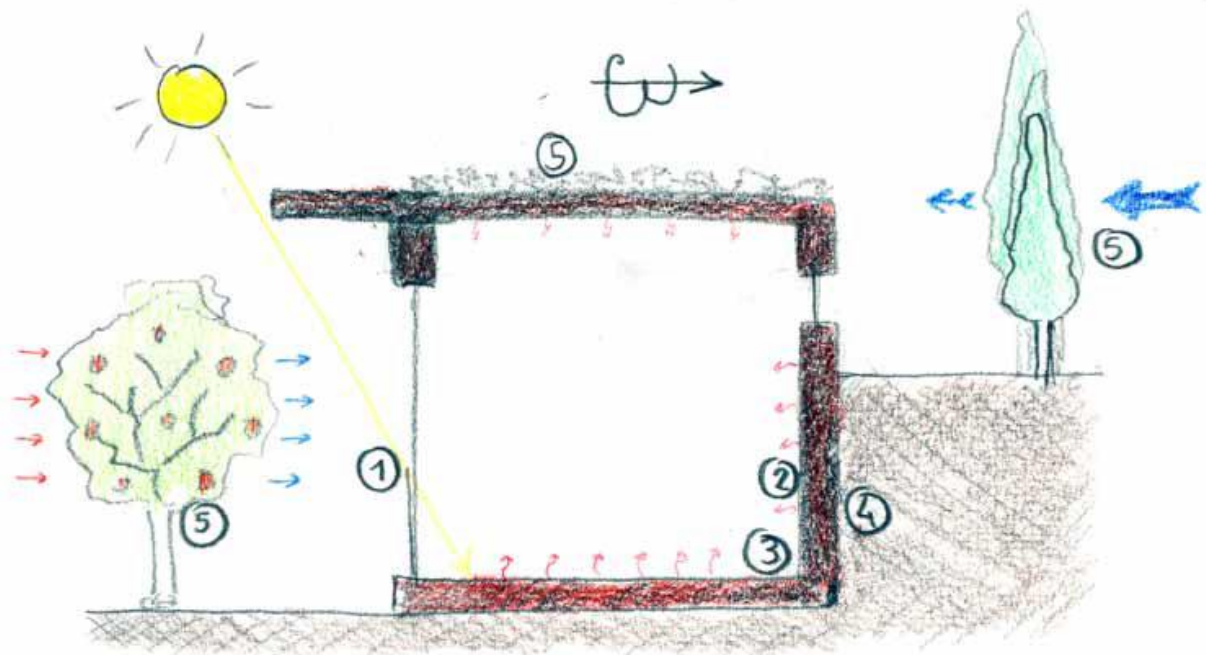
οδηγεί στη μείωση των απωλειών, δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης και ελαττώνονται οι απαιτήσεις σε θέρμανση, παράγεται θερμότητα μέσω ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους, κάτι που προκαλεί τη μείωση των αναγκών της κατοικίας σε θέρμανση καταφέροντας έτσι να καλύπτει τις ανάγκες του κτιρίου οικονομικότερα και χωρίς μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις [10]. Επιπλέον επιτυγχάνεται η μερική διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό στα ιδανικά επίπεδα, ανάλογα την εποχή, υψηλά το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για προσάρτηση επιπλέον συστημάτων που βοηθούν στη διατήρηση των ιδανικών επιπέδων [11].

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής χωρίζονται σε:

- ενεργειακά (μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της εξασφάλισης θερμικής και οπτικής άνεσης),
- οικονομικά (καθώς μειώνονται οι ανάγκες αλλά και το κόστος από την εγκατάσταση H/M),
- περιβαλλοντικά (καθώς μειώνονται οι ρύποι, οι εκπομπές CO₂) αλλά και
- κοινωνικά, καθώς βελτιώνεται η ποιότητα της ζωής.

1.3.2 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

- Κατά το σχεδιασμό της κατοικίας και για τη μέγιστη αξιοποίηση των ηλιακών κερδών, θα πρέπει, όταν είναι εφικτό, η κύρια όψη καθώς και τα μεγαλύτερα ανοίγματα (1) της κατοικίας, να είναι προσανατολισμένα προς το νότο. Αντιθέτως στις Βορινές πλευρές των κτιρίων θα πρέπει να έχουμε συμπαγείς τοίχους (2) με μικρά ανοίγματα.
- Όλοι οι τοίχοι του κτιρίου θα πρέπει να έχουν μεγάλο όγκο και να είναι από συμπαγή υλικά (3) ώστε να έχουν μεγάλη θερμική αδράνεια και να γίνεται σωστή εκμετάλλευση της θερμικής μάζας του κτιρίου για εξισορρόπηση των θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Επιπλέον επιθυμητή είναι η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του εδάφους (4) τόσο σχεδιάζοντας υπόσκαφα κτίρια, όσο και κτίρια που βρίσκονται σε εδάφη με μεγάλη κλίση.
- Τα ανοίγματα της κατοικίας θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να προσφέρουν διαμπερή αερισμό (1),(2).
- Περιβάλλουσα βλάστηση (5) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ηλιοπροστασία, σκιασμό αλλά και προστασία από τους ανέμους, βελτιώνοντας παράλληλα το μικροκλίμα γύρω από την κατοικία.
- Η Νότια πλευρά του κτιρίου χρησιμοποιείται για παθητική ηλιακή θέρμανση ενώ η Βόρεια για ανάσχεση της θερμότητας και προστασία από τους ψυχρούς ανέμους. [9]



Εικόνα 1.4 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού [9]

1.3.3 Παθητικά ηλιακά συστήματα

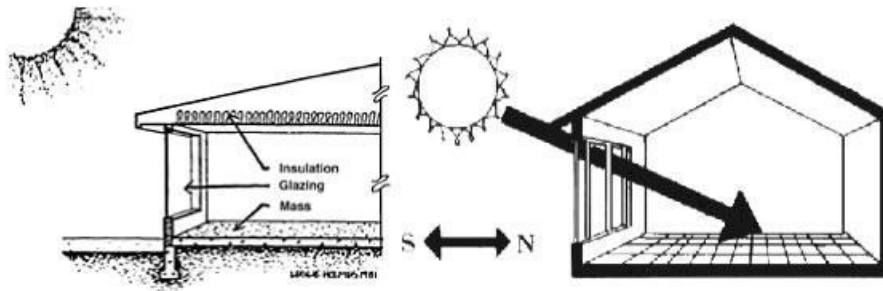
Ως παθητικά ηλιακά συστήματα αναφέρονται όλα εκείνα τα τεχνολογικά κυρίως συστήματα που δεν κάνουν χρήση υψηλής τεχνολογίας και μηχανικών μέσων αλλά βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, αξιοποιούν τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν τα δομικά στοιχεία του κελύφους, (τοίχους, δάπεδα, οροφή κ.α) με σκοπό τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας καθώς και την αποθήκευση της εκλυόμενης θερμότητας.

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς Θερμοδυναμικούς Νόμους για την μεταφορά της θερμότητας από και προς τους χώρους αυτούς. [12]

Τα τρία βασικά χαρακτηριστικά συστήματα – άμεσο κέρδος, τοίχοι θερμικής αποθήκευσης και θερμοκήπιο [13] αναλύονται παρακάτω:

1.3.3.1. Σύστημα απευθείας ή άμεσου ηλιακού κέρδους

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή το κτήριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.



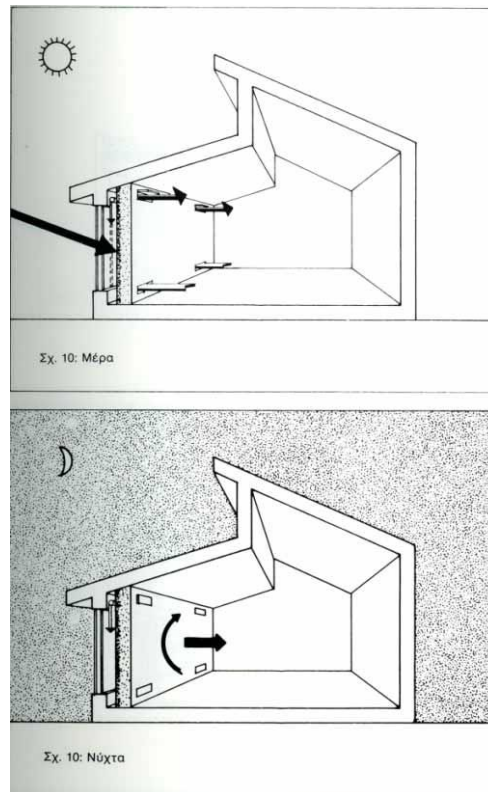
Εικόνα 1.5 Σύστημα άμεσου κέρδους [14]

Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η θερμότητα αυτή, αποθηκεύεται και αποδίδεται στο χώρο με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου.

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρητικότητα. Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση [9].

1.3.3.2. Σύστημα έμμεσου ηλιακού κέρδους -Τοίχος θερμικής αποθήκευσης

Ο τοίχος θερμικής αποθήκευσης, κατά κανόνα, αποτελείται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και λειτουργεί σαν αποθήκη αλλά και διανομέας θερμότητας. Οι ηλιακοί τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες συνδυαζόμενες με υαλοστάσιο, τοποθετημένο εξωτερικά, σε απόσταση 5-15 εκατοστών είτε χωρίς μόνωση, αλλά με μεγάλης θερμικής μάζας υλικά, είτε με θερμομονωμένη κατασκευή. Το υαλοστάσιο μπορεί να είναι σταθερό ή ανοιγόμενο και να φέρει μονούς ή διλούς υαλοπίνακες. Οι ηλιακοί τοίχοι συλλέγουν λοιπόν την ηλιακή ενέργεια και τη μεταδίδουν με μορφή θερμότητας στους χώρους. Παραλλαγή του συστήματος αυτού, αποτελεί ο τοίχος Trombe - Michele, χαρακτηριστικό γνώρισμα του οποίου είναι ο φυσικός θερμοσιφονισμός.



Εικόνα 1.6 Τοίχος Trombe [9]



Εικόνα 1.7 Τοίχοι Trombe σε Κτήρια Χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης [15]

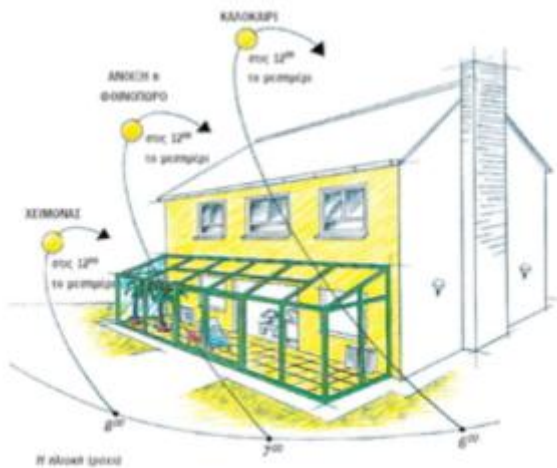
Μέρος της συλλεγόμενης θερμότητας στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα μεταφέρεται μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο. Οι θυρίδες που βρίσκονται στο άνω και στο κάτω τμήμα του τοίχου παραμένουν ανοικτές κατά τη διάρκεια της ημέρας και ειδικά το χειμώνα, επιτρέπουν σε ένα μέρος της θερμικής ενέργειας που συσσωρεύεται στο διάκενο (μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου) να μεταφέρεται με φυσική κυκλοφορία του αέρα από αυτές στο επάνω μέρος του τοίχου και έπειτα στον εσωτερικό χώρο. Αντίστοιχα, ο ψυχρός αέρας του χώρου μεταφέρεται μέσω των θυρίδων στο κάτω μέρος του τοίχου στο διάκενο, όπου και τελικώς θερμαίνεται και ανέρχεται εκ νέου, δημιουργώντας συνεχή ροή θερμότητας προς το χώρο. Κατά τη διάρκεια της νύκτας και τις νεφοσκεπείς ημέρες οι

θυρίδες στο επάνω μέρος του τοίχου μπορούν να παραμένουν κλειστές εμποδίζοντας έτσι την αντίστροφη κίνηση.

1.3.3.3. Σύστημα ηλιακού χώρου - Θερμοκήπιο

Ο ηλιακός χώρος – θερμοκήπιο, κατασκευάζεται συνήθως στη Νότια πλευρά ενός κτιρίου και περιβάλλεται από μία έως και τις τρεις πλευρές του με υαλοστάσιο και συμπαγή τοίχο μεγάλης θερμικής μάζας μέσω του οποίου γίνεται και η σύνδεση με το κεντρικό κτίριο, από τις υπόλοιπες πλευρές.

Γενικά, πρόκειται για ένα κλειστό χώρο, με μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας μέσω των οποίων, η ηλιακή ακτινοβολία, διέρχεται στο εσωτερικό και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, μέρος της οποίας αποδίδεται άμεσα στο χώρο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του, ενώ το υπόλοιπο, αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του αυτού (θερμική μάζα) [16].



Εικόνα 1.8 Ηλιακοί Χώροι α)[17] β) [9]

Η μεταφορά της θερμικής ενέργειας, που συσσωρεύεται στον ηλιακό χώρο, προς το εσωτερικό του κτιρίου επιτυγχάνεται μέσω των θυρίδων ή ανοιγμάτων του κοινού δομικού στοιχείου και αποτελεί στην πραγματικότητα φράγμα θερμικών απωλειών από το εσωτερικό στο εξωτερικό περιβάλλον.

1.3.4 Δροσισμός

Η ανάγκη για δροσισμό των χώρων, καθιστά αναγκαία τη χρήση τόσο μηχανικών συστημάτων (χρήση κλιματιστικών μονάδων) ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς θερμούς μήνες, όσο και παθητικών τρόπων με ελάχιστη ή και χωρίς μηχανική βοήθεια [18].

Σκοπός του δροσισμού, είναι ο έλεγχος και περιορισμός των ποσών θερμότητας που εισέρχονται στο χώρο καθώς και η τελική απομάκρυνση αυτών. Ο παθητικός δροσισμός συνδέεται άρρηκτα με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων αλλά και του εξωτερικού περιβάλλοντός αυτών, καθώς επηρεάζεται πλήρως από τον προσανατολισμό και τα ανοίγματα του κτιρίου.

Ο παθητικός δροσισμός εκφράζεται αρχιτεκτονικά και με την τροποποίηση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο προσφέροντας τελικά θερμική άνεση στους χρήστες αυτού καθώς και σημαντικές μειώσεις στα ενεργειακά, περιβαλλοντικά και οικονομικά μεγέθη.

Βασικές βιοκλιματικές τεχνικές και συστήματα φυσικού δροσισμού είναι η ηλιοπροστασία του κτιρίου και ο κατάλληλος φυσικός αερισμός.

1.3.4.1 Ηλιοπροστασία

Η Ηλιοπροστασία ενός κτιρίου, αποτελεί τη βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων, κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα, αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας σε αυτό. Η ηλιοπροστασία ή αλλιώς σκίαση μπορεί να επιτευχθεί από το ίδιο το σχήμα του κτιρίου, με ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές, διατάξεις, κατασκευές αλλά και στοιχεία σκιασμού (σκίαστρα), γύρω από το κτίριο, εμποδίζοντας τελικά την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο κέλυφος του.

Πρέπει, ακόμη, να αναφερθεί ότι η σκίαση αποτελεί ταυτόχρονα και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και ειδικότερα της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο.

Για την ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων, η επιλογή των διατάξεων σκίασης, εξαρτάται από τον προσανατολισμό της όψης, τη μορφή των ανοιγμάτων και τη μορφολογία του κτιρίου. Εν γένει, ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτίρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα

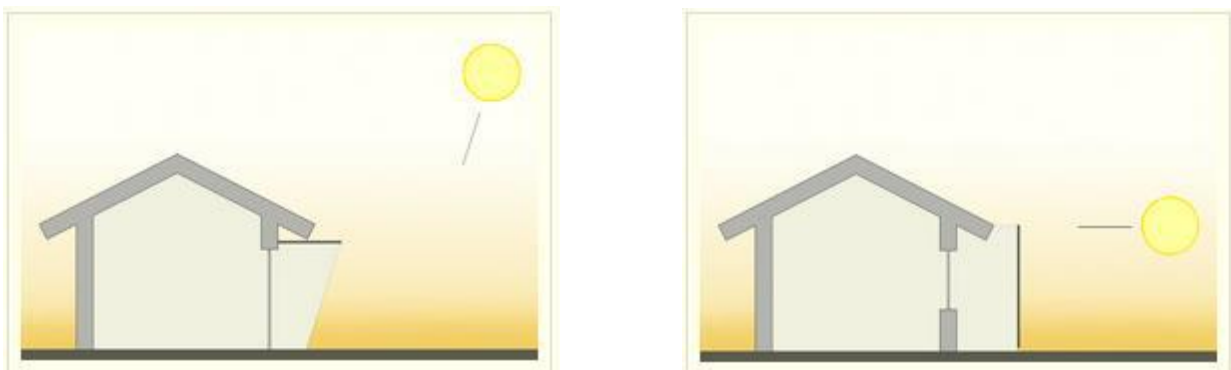
δέχεται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκίαστρο. Ο βόρειος προσανατολισμός δέχεται ελάχιστη ηλιακή πρόσπτωση το πρωί και το βράδυ και ενδείκνυται και αυτός για χώρους θερινής χρήσης ή με απαιτήσεις σε σταθερό φωτισμό. Αντίθετα τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας το καλοκαίρι (ενώ το χειμώνα πολύ μικρά). Για τα ανατολικά και δυτικά παράθυρα, στα οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν από χαμηλά απαιτείται σκίαση κατακόρυφου τύπου. [19]

Τα συστήματα σκίασης θα πρέπει να παρέχουν καλή ηλιακή προστασία το καλοκαίρι, να μην περιορίζουν τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα, και να μην εμποδίζουν το φυσικό φωτισμό και το φυσικό αερισμό. Μπορεί να είναι σταθερά ή κινητά, εξωτερικά ή εσωτερικά, ή μεταξύ των τζαμιών.

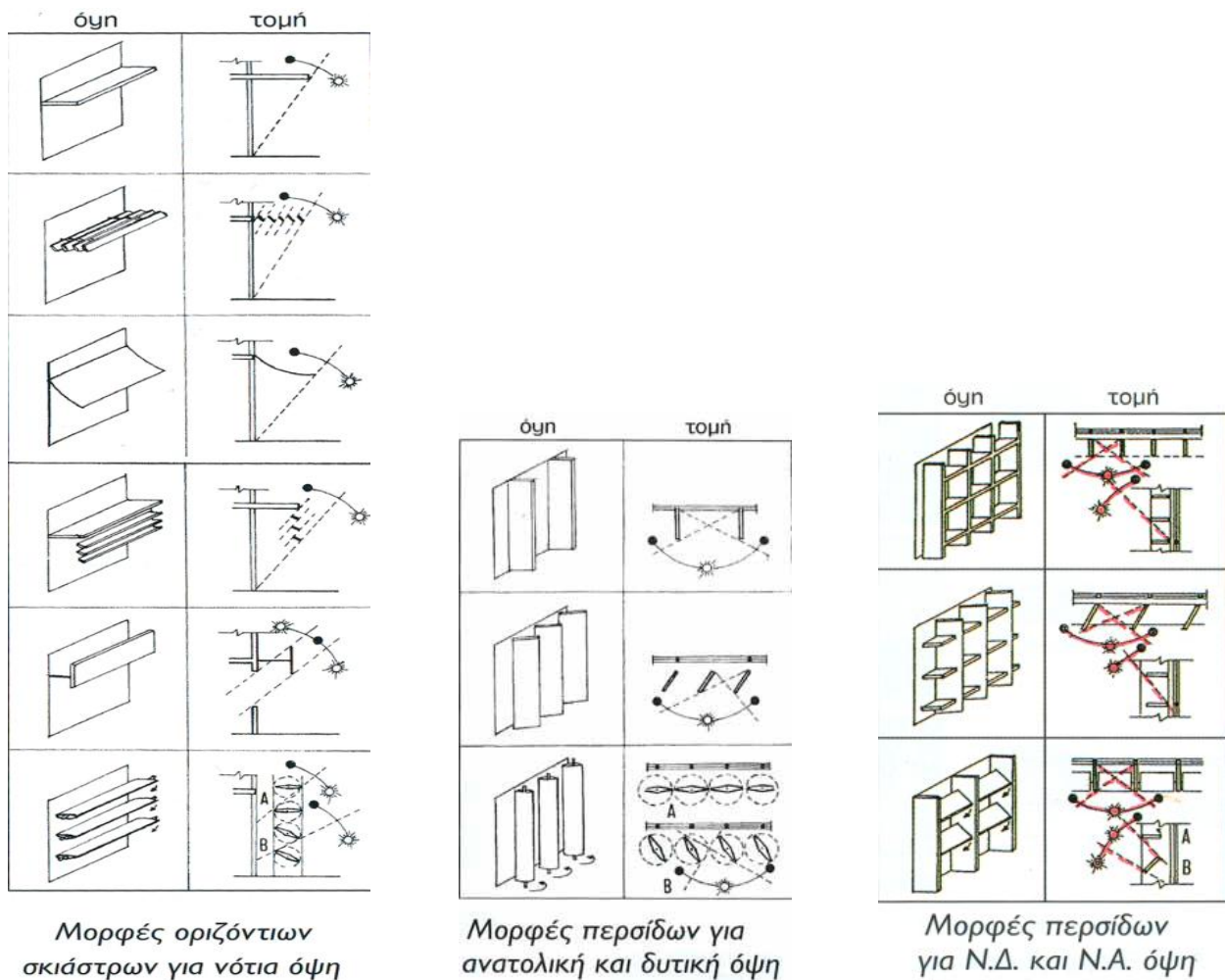
Σαφώς αποδοτικότερος είναι ο εξωτερικός σκιασμός, καθώς εμποδίζει τις ηλιακές ακτίνες να εισέλθουν μέσα στο κτίριο, σε αντίθεση με τον εσωτερικό σκιασμό κατά τον οποίον ηλιακές ακτίνες έχουν ήδη διέλθει από το τζάμι και ένα τμήμα της θερμικής ακτινοβολίας εγκλωβίζεται μεταξύ τζαμιού και διατάξεων σκίασης.

Τα **σταθερά συστήματα σκίασης** είναι δομικά στοιχεία όπως μπαλκόνια και γεισώματα ή μη δομικές κατασκευές όπως τέντες, σταθερές περσίδες και διάφορα παραπετάσματα. Τα σταθερά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξωτερικές όψεις και κάθε προσανατολισμός σκιάζεται διαφορετικά. Έτσι σε Νότιες όψεις προτιμώνται τα οριζόντια σκίαστρα ενώ κατακόρυφα ή διαγώνια πτερύγια προτιμώνται σε Ανατολικές και Δυτικές όψεις.

Τα σταθερά συστήματα σκίασης θα πρέπει να είναι σε τέτοια θέση που να επιτρέπουν στις ηλιακές ακτίνες να περνούν στο χώρο διαβίωσης το χειμώνα που η τροχιά του ήλιου είναι χαμηλή και να τις εμποδίζουν το καλοκαίρι που η τροχιά του ήλιου είναι ψηλότερη.



Εικόνα 1.9 Νότια ηλιοπροστασία (αριστερά), Ανατολική-Δυτική ηλιοπροστασία (δεξιά) [20]



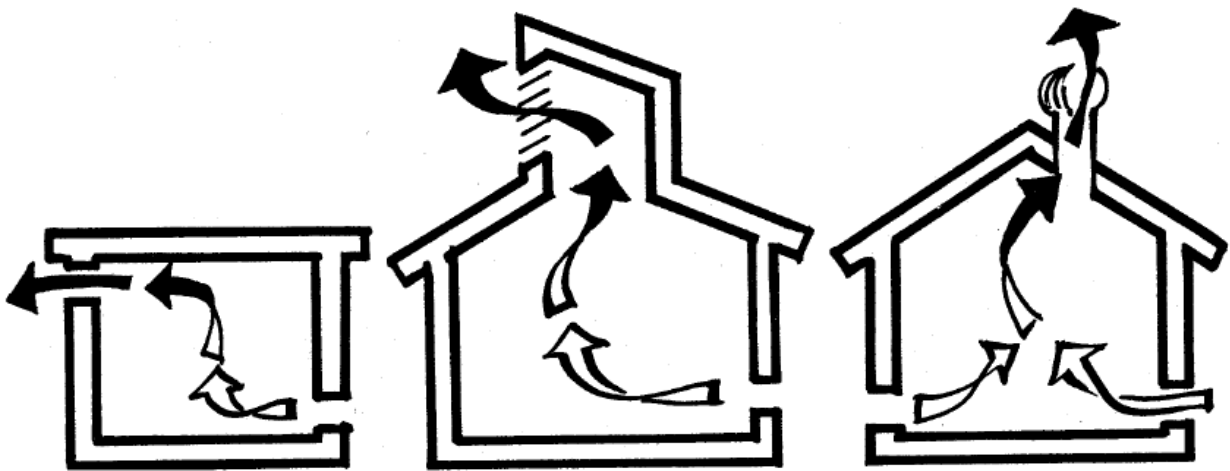
Εικόνα 1.10 Διάφορες μορφές σκιάστρων ανά προσανατολισμό [9]

Τα **κινητά συστήματα σκίασης** χρησιμοποιούνται τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά με χειροκίνητο ή αυτόματο έλεγχο ανάλογα με τις στάθμες ακτινοβολίας, φυσικού φωτισμού και των θερμικών απαιτήσεων. Μερικά από αυτά είναι οι τέντες, και οι εξωτερικές περσίδες που προσφέρουν ταυτόχρονο αερισμό και σκίαση. Λιγότερο αποτελεσματικά είναι τα εσωτερικά στόρια, και οι κουρτίνες καθώς παρέχουν μόνο σκίαση και αφού η ηλιακή ακτινοβολία έχει διέλθει από τα τζάμια. Εκτός από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία κατά το σχεδιασμό των διατάξεων σκιασμού των ανοιγμάτων. Στις Μεσογειακές χώρες με τη μεγάλη καλοκαιρινή ηλιοφάνεια αποδοτικότερο είναι το παντζούρι, το οποίο αποκόπτει τόσο την άμεση, όσο και την έμμεση ηλιακή ακτινοβολία.

1.3.4.2 Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου καθώς επίσης και η θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες. Τρόπους επίτευξης φυσικού αερισμού αποτελούν ο διαμετρής αερισμός, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων, ο κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού) και ο κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

Το φαινόμενο του φυσικού αερισμού ενισχύεται με τη χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κίνηση του αέρα που δημιουργείται απόγει θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα συνεισφέροντας έτσι στην επίτευξη θερμικής άνεσης ενώ παράλληλα μειώνεται η αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων.



Εικόνα 1.11 Φυσικός αερισμός [18]

Βιβλιογραφία 1^{ου} Κεφαλαίου

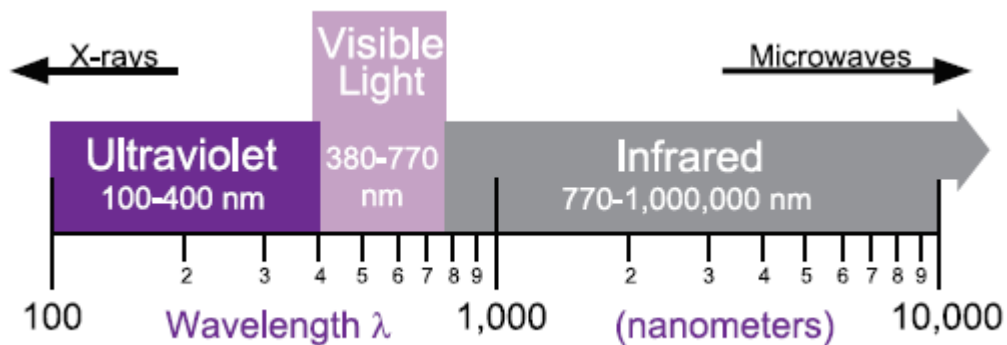
1. Παπακωνσταντίνου Σ. (2010) *Εξοικονόμηση ενέργειας στα νοσοκομεία: εφαρμογή μέτρων και ΑΠΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*
2. ΚΑΠΕ (2010) *Επτά «εντολές» για τα ενεργειακά σπάταλα δημόσια κτίρια*
3. Mr. Jens LAUSTSEN International Energy Agency (2008) *Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings: IEA Information paper*
4. ΤΕΕ – Τμήμα ανατολικής και δυτικής Κρήτης. (2005). *Ενεργειακές καταναλώσεις διαφόρων τύπων κτιρίων στην Ελλάδα. Κρήτη.*
5. Σωφρόνης Η., Μαρκογιαννάκης Γ.(1994) *Κατανάλωση ενέργειας στα δημόσια νοσοκομεία*
6. Vourdoubas J. (2015) *Creation of zero CO₂ Emissions Hospitals Due to Energy Use, A Case Study in Crete-Greece*
7. Sklavou E., Tzouvadakis I. *Towards better planning and design of hospitals; lessons from the Greek experience.*
8. ΕΡΤΑ Ltd. (2007) *Guidelines for Energy Efficiency in Hospitals, “EMAS and Information Technology in Hospitals, LIFE04 ENV/GR/000114*
9. Χριστακοπούλου Ρ., Ανεμοδουρά Ν. (2008) *Η αρχιτεκτονική ένταξη των βιοκλιματικών συστημάτων στην κατοικία, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών ΕΜΠ*
10. ΚΑΠΕ, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά Σύνολα*
11. Κώστας Στεφ. Τσίπτηρας (1996), *Το Οικολογικό Σπίτι, Α.Α. Λιβάνη, Αθήνα*
12. Αξαρλή Κ.Ν. *Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων – Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού – Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος με γενικό τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων»*
13. Santamouris M. (2005) *Passive Cooling of Buildings*, Group Building Environmental Studies, Physics Department, University of Athens, Athens
14. Γκαράνης Π., Γουμνάκης Γ., (2013) *Φυσικός φωτισμός και ηλιασμός θαλάμων νοσηλείας, Ε.Μ.Π., Αθήνα*
15. Torcellini P., Pless S. (2004) *Trombe Walls in Low-Energy Buildings: Practical Experiences Preprint*
World Renewable Energy Congress VIII and Expo Denver, Colorado August 29–September 3, 2004
16. Mohammad Arif Kamal (2012) *An Overview of Passive Cooling Techniques in Buildings: Design Concepts and Architectural Interventions* Department of Architecture, Aligarh Muslim University, India
17. Smart Technical Solutions S.A. http://www.sts.gr/?page_id=13 (επίσκεψη 16/06/2016)
18. Αργυράκη Μ., (2008) *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ηλιακά Παθητικά Συστήματα και Άλλες Τεχνικές Εξοικονόμησης Ενέργειας στον Κτηριακό Τομέα, Ε.Μ.Π, Αθήνα*
19. O'Connor J., Lee E., Rubinstein F., Selkowitz S. *Tips for Daylighting with windows- The Integrated Approach*, California Institute for Energy Efficiency (CIEE) : Building Technologies Program Energy & Environment Division, Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory, University of California Berkeley, CA

20. Παπαδάκη Μ., Παπασηφάκη Α.(2014) *Προσομοίωση και αναβάθμιση ενεργειακής συμπεριφοράς ξενοδοχειακής μονάδας στο λογισμικό Energy Plus και υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματός της μέσω του CO₂ Footprint Calculator, ΕΜΠ, Αθήνα*

Κεφάλαιο 2: Φυσικός Φωτισμός

2.1. Εισαγωγή

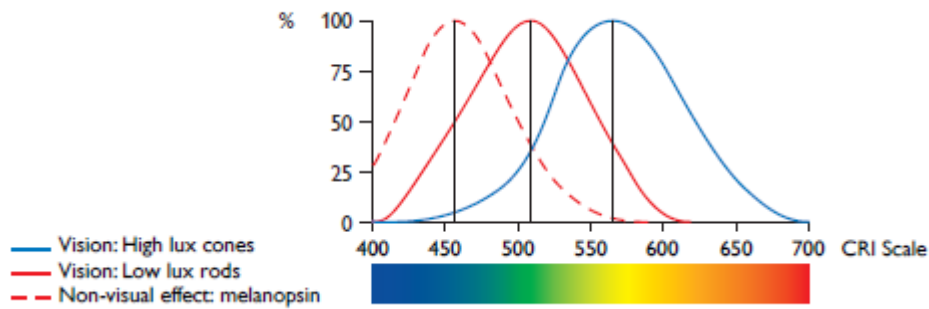
Το Φως, πηγή ζωής για την ανθρωπότητα καθορίζει τον τρόπο που βλέπουμε τα πράγματα και μέσω των εναλλαγών μεταξύ ημέρας και νύχτας ρυθμίζει την καθημερινότητά μας. Εξ ορισμού, το φως είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος στο διάστημα μεταξύ 400 και 770 νανόμετρα (nm) (ιώδες έως και κόκκινο) που μπορεί να γίνει αντιληπτή από ένα φυσιολογικό ανθρώπινο οφθαλμό. Μετράται από τα φωτεινά κύματα ορισμένων συχνοτήτων που ονομάζονται νανόμετρα (nm) και χωρίζεται σε επιμέρους φασματικές ζώνες.



Εικόνα 2.1 Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα [1]

Φασματικές ζώνες με μήκη εκτός των τυπικών ορίων (μικρότερα από 400 nm και μεγαλύτερα από τα 700 nm) δηλαδή υπεριώδες (UV) και υπέρυθρο (IR) συγκαταλέγονται στην έννοια του φωτός χωρίς όμως να είναι ορατά από τον άνθρωπο.

Η απόκριση του ανθρώπινου συστήματος όρασης μέσω των φωτο-υποδοχέων (οπτικά κύτταρα) στην περιοχή 380 – 780nm είναι τελικά αυτή που ξεκινά τη διαδικασία της όρασης. Η ενεργοποίηση των φωτο-υποδοχέων, κωνίων και ραβδίων σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού - φωτοπικές και σκοτοπικές συνθήκες αντίστοιχα, έχουν μετρηθεί και καταγραφεί από τη Διεθνή Επιτροπή για το Φωτισμό (International Commission on Illumination, CIE).

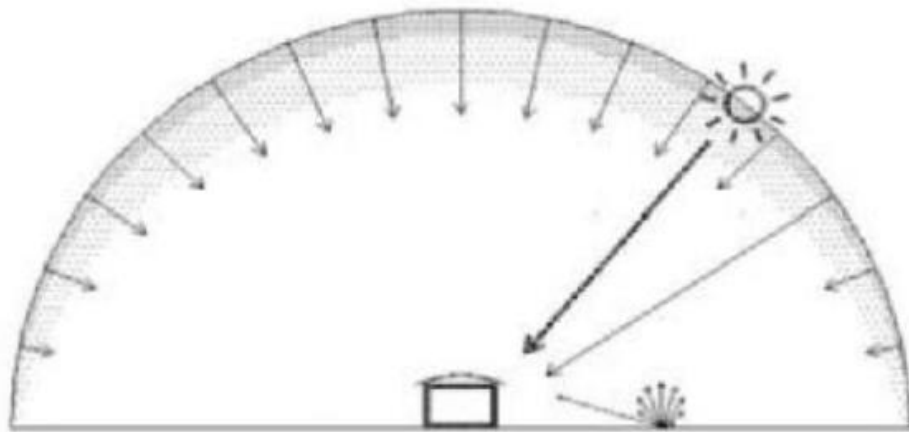


Εικόνα 2.2 Φωτοπική και σκοτοπική απόκριση οφθαλμού [2]

Αμφότερα, απορροφούν το φως και με ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μεταδίδουν το ερέθισμα στον εγκέφαλο, ρυθμίζοντας έτσι την τελική φασματική ευαισθησία αυτού. Τα όρια αυτής, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ορίζονται σε 390 με 780nm, με μέγιστη απόκριση στα 550 nm λόγω κωνίων και σε σκοτοπικές συνθήκες περί τα 507 nm.

Γενικά, για τον σχεδιασμό χρήσης φυσικού φωτισμού και διάφορων στρατηγικών αυτού χρησιμοποιείται το φως που έρχεται άμεσα από τον ήλιο (ηλιακό φως), από τον ουρανό (διάχυτο φως) και από ανακλάσεις από το εξωτερικό περιβάλλον (τα κτίρια και το έδαφος).

Η ποσότητα της οριζόντιας ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης μπορεί να διαιρεθεί σε δύο συνιστώσες: την άμεση (ή απευθείας) ακτινοβολία και τη διάχυτη ακτινοβολία. Η άμεση ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης χωρίς σκέδαση στην ατμόσφαιρα. Η διάχυτη ακτινοβολία είναι το τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης με αλλαγμένη διεύθυνση, αφού έχει υποστεί σκέδαση στην ατμόσφαιρα και ανάκλαση από το έδαφος. Συνεπώς, η διάχυτη ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια της γης με τυχαίες διευθύνσεις από όλο τον ουράνιο θόλο. Τέλος, σε μια κεκλιμένη επιφάνεια ένα τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να προέρχεται και από αυτήν που ανακλάται διάχυτα από το έδαφος.



Εικόνα 2.3 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας [3]

2.2 Βασικά φωτομετρικά μεγέθη

1. Φωτεινή Ροή / Luminous Flux (F)

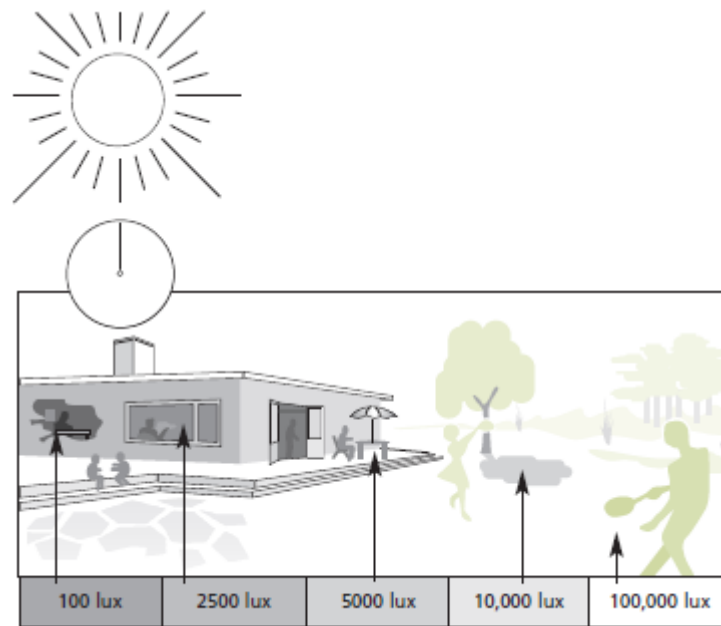
Ορίζεται ως η συνολική ποσότητα ορατής ακτινοβολίας που εκπέμπει μια πηγή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Με άλλα λόγια είναι η φωτεινή ενέργεια που αποδίδεται από μια φωτεινή πηγή και διέρχεται από μια επιφάνεια ή προσπίπτει σε αυτήν στην μονάδα του χρόνου (sec). Η φωτεινή ροή εκφράζει την ισχύ του φωτός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

2. Ένταση φωτεινής πηγής- Luminous Intensity (I)

Είναι η ποσότητα της φωτεινής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια φωτεινή πηγή προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση στενού κώνου, προς τη στερεά γωνία του κώνου. Η μονάδα μέτρησης είναι η candela (cd), όπου $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$. Ενδεικτικά, η ένταση ενός κεριού είναι 1cd, ενώ η ένταση του ήλιου είναι $3 \cdot 10^{27} \text{ cd}$.

3. Ένταση φωτισμού επιφάνειας- Illuminance (E)

Ορίζεται ως η φωτεινή ροή που φτάνει σε μια ομοιόμορφη επιφάνεια προς το εμβαδό της επιφάνειας αυτής. Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το lux ($=\text{lm/m}^2$).



Εικόνα 2.4 Τυπικοί φωτισμοί επιφανειών το μεσημέρι μιας ηλιόλουστης μέρας [4]

Ανάλογα με τη χρήση κάθε χώρου συστήνονται από τους οργανισμούς που ασχολούνται διεθνώς με το φωτισμό συγκεκριμένες τιμές έντασης φωτισμού.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες που παρουσιάζουν τις συστάσεις του CIBSE¹ για τις μονάδες υγείας.

¹ Ο CIBSE είναι ένα ινστιτούτο με μέλη από όλο τον κόσμο τα οποία ασχολούνται με ό,τι έχει να κάνει με το φωτισμό, τη θέρμανση, τον εξαερισμό, τους ανελκυστήρες, τις σκάλες, την ακουστική, τα υδραυλικά, την κατανάλωση ενέργειας και τα συστήματα ασφαλείας. Το κομμάτι του CIBSE που ασχολείται με το φωτισμό είναι η Society of Light & Lighting (SLL) που είναι και ο μεγαλύτερος οργανισμός που ασχολείται με την τέχνη και την επιστήμη του φωτισμού. Συστάσεις για φυσικό φωτισμό.

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

Healthcare – intensive care

	Maintained illuminance (lux)	Limiting glare rating	Minimum colour rendering (R_a)	Notes
General lighting	100	19	90	1
Simple examinations	300	19	90	2
Examination and treatment	1000	19	90	2
Night watch	20	19	90	1

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

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	

Εικόνα 2.5 Προτεινόμενες τιμές για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά CIBSE [9]

Στην 9η έκδοση του IESNA² αναφέρονται ορισμένα γενικά όρια έντασης φωτισμού επιφανειών για τα νοσοκομεία, τα οποία είναι τα εξής:

- Γενικός φωτισμός περύγων : 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 [14]

Κατά την ASHRAE³ (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers), η προτεινόμενη μέση αποδεκτή τιμή λαμπρότητας φωτισμού είναι 30ft (όπου ft=footcandles=cd/ft²) σε ύψος 30 ιντσών από το δάπεδο ή αλλιώς περίπου 320 cd/ft² σε ύψος περίπου 0.75 μ από το δάπεδο. [18]

Τέλος, σύμφωνα με την Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών – Τμήμα Μελετών και Προδιαγραφών του Ελληνικού Υπουργείου Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης, σε εναρμόνιση με την απόφαση εγκρίσεως ΔΥ8/Β/οικ.49727/26-04-2010 δίνονται οι βασικές απαιτήσεις για το σχεδιασμό των η/μ εγκαταστάσεων νοσοκομείων ως εξής:

- Αίθουσες επεμβάσεων : 800 lux
- Βοηθητικοί χώροι αιθουσών επεμβάσεων, χώροι αναζωογόνησης, χώροι ανάληψης και διαλογής, εξεταστήρια, γραφεία και χώροι κλινών : 500 lux
- Λοιποί χώροι : 200 lux [19]

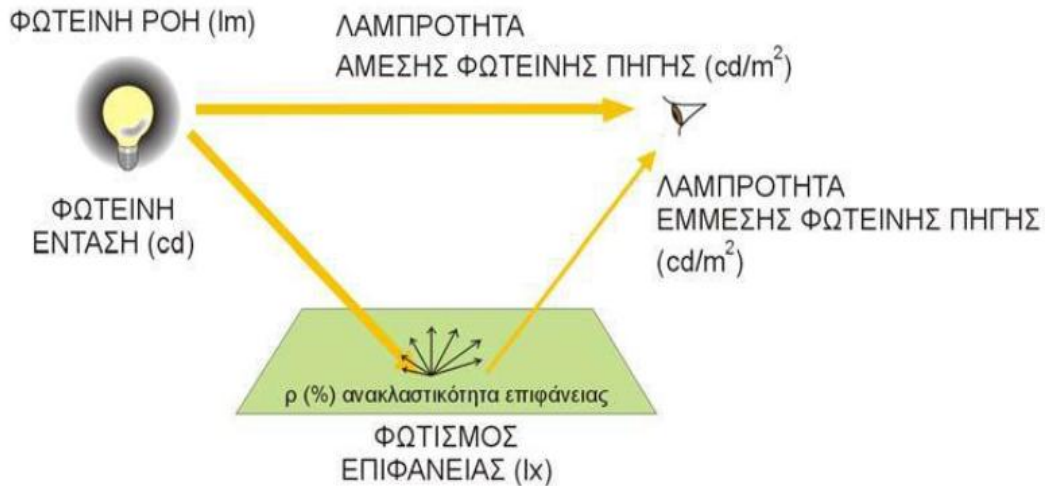
4. Λαμπρότητα / Luminance (L)

Είναι η ποσότητα φωτισμού που γίνεται αντιληπτή στο μάτι ενός παρατηρητή ύστερα από ανάκλαση σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια και αποτελεί το αντικειμενικό μέτρο αίσθησης της φωτεινότητας μιας επιφάνειας. Η λαμπρότητα μιας επιφάνειας ποικίλει ανάλογα με τη γωνία θέασης και μικραίνει όσο μεγαλώνουμε την πηγή. Μονάδα μέτρησης είναι η στίλβη (sb), όπου 1 sb=1cd/m².

Για ματ επιφάνειες, η ένταση φωτισμού επιφάνειας συνδέεται με τη λαμπρότητα μέσω του τύπου $L = E * \rho / \pi$, όπου ρ είναι η ανακλαστικότητα του υλικού (από 0 ως 1) και $\pi = 3,14$.

² Illuminating Engineering Society of North America: Οργανισμός με 8000 περίπου μέλη παγκοσμίως, τα περισσότερα των οποίων βρίσκονται στις ΗΠΑ, στον Καναδά και το Μεξικό. Στόχος του οργανισμού αυτού είναι η βελτίωση των συστημάτων φωτισμού και για αυτόν τον λόγο διενεργεί έρευνες με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων και συστάσεων πάνω σε αυτόν τον τομέα.

³ American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers: Αποτελεί οργανισμό που ανήκει στο ευρύτερο σύνολο του CIBSE. Ιδρύθηκε το 1984 και πλέον έχει πάνω από 50000 μέλη παγκοσμίως τα οποία ασχολούνται με θέματα της κατασκευής και της ενεργειακής της απόδοσης.



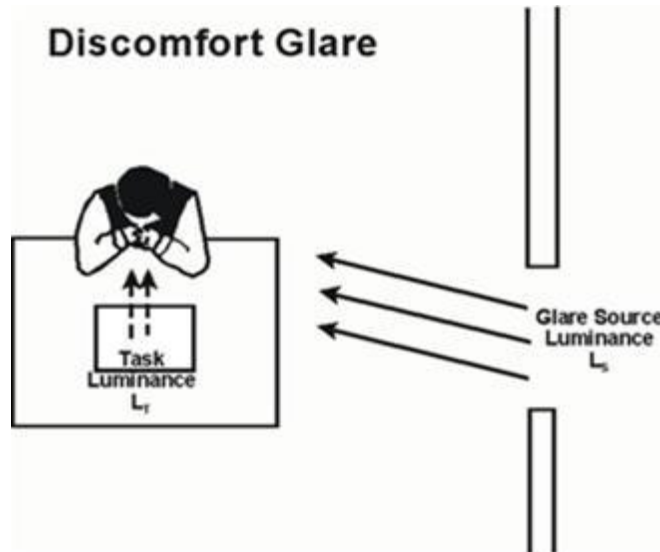
Εικόνα 2.6 Σχηματική απεικόνιση βασικών φωτομετρικών μεγεθών [5]

2.3 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.

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

Γενικά, η θάμβωση χωρίζεται σε άμεση και έμμεση [6]. Η άμεση θάμβωση διαχωρίζεται σε θάμβωση δυσφορίας όρασης και θάμβωση αδυναμίας όρασης. Η θάμβωση αδυναμίας όρασης αλλοιώνει αισθητά την όραση, μειώνοντας την αντίθεση της εικόνας που σχηματίζει ο αμφιβληστροειδής λόγω της παρουσίας μιας πολύ δυνατής φωτεινής πηγής στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή. Αντίθετα, η θάμβωση δυσφορίας είναι απλά ενοχλητική, αν και οφείλεται στον ίδιο λόγο. Όσο αυξάνεται η ένταση και το μέγεθος της φωτεινής πηγής η θάμβωση δυσφορίας μετατρέπεται σε θάμβωση αδυναμίας όρασης.

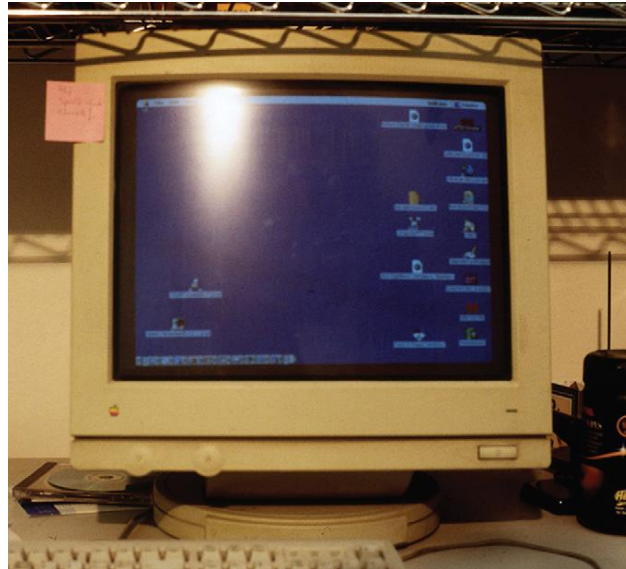


Εικόνα 2.7 Θάμβωση δυσφορίας όρασης [7]



Εικόνα 2.8 Θάμβωση αδυναμίας όρασης [7]

Η έμμεση θάμβωση προκαλείται από την ανάκλαση μιας έντονης φωτεινής πηγής πάνω σε μια επιφάνεια. Το πιο συνηθισμένο παράδειγμα είναι όταν το φως που πέφτει σε μια οθόνη δυσχεραίνει την παρατήρηση της εικόνας που μεταδίδει η οθόνη. [8]



Εικόνα 2.9 Έμμεση θάμβωση [9]

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) όπως δίνεται παρακάτω:

$$G = K \times P \times \frac{L_s^{1.6} \times \omega^{0.8}}{L_b}$$

$$GI = 10 \times \log G$$

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

L πλευρική απόσταση φωτεινής πηγής και γραμμής εστίασης

L_s η φωτεινότητα της πηγής [cd / m²]

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

ω η στερεά γωνία θέασης της πηγής [sr]

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 (GI) και υπολογίζεται από τον παρακάτω μαθηματικό τύπο:

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

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

Daylight Glare Probability, DGP, Πιθανότητα Θάμβωσης Φυσικού Φωτισμού:

Ο δείκτης DGP ορίστηκε το 2006 από τους Wienold και Christoffersen [10].

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

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

2.4 Δείκτες απόδοσης και κριτήρια αξιολόγησης Φυσικού Φωτισμού

2.4.1. Δείκτης Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Daylight Autonomy, DA)

Ο Δείκτης 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.[11]

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 προσώψεων, 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 .

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 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.

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.

2.4.2. Δείκτης Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού (Useful Daylight Illuminance, UDI)

Ο Δείκτης Ωφέλιμου Φυσικού Φωτισμού (Useful Daylight Illuminance, UDI), είναι ένας νέος τρόπος αξιολόγησης του φυσικού φωτισμού στα κτίρια, ο οποίος προτάθηκε από τους Nabil & Mardaljevic το 2005 και σχετίζεται κυρίως με την ποσότητα αλλά και με την ποιότητα του φωτός στο επίπεδο εργασίας [12]. Βασίζεται σε κλιματικά δεδομένα ωριαίων τιμών φυσικού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ η συγκεκριμένη προσέγγιση λαμβάνει υπόψη πραγματικούς, ρεαλιστικούς τύπους ουρανού (και όχι απλά το νεφοσκεπή), προβλέποντας ωριαίες τιμές φυσικού φωτισμού (lux) 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 από τους εισηγητές του νέου δείκτη βάσει πρόσφατων επιτόπιων ερευνών σχετικά με τη συμπεριφορά χρηστών υπό διαφορετικές συνθήκες φυσικού φωτισμού. Έτσι, έγινε ο εξής διαχωρισμός όσον αφορά στα επίπεδα φωτισμού που προκύπτουν σε έναν οποιονδήποτε εσωτερικό χώρο λόγω φυσικού φωτισμού:

- Τιμές έντασης φωτισμού επιφάνειας < 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/και θερμικής άνεσης

Για να θεωρηθεί ένας χώρος «ωφέλιμα φυσικά φωτισμένος» για κάποιο χρονικό διάστημα θα πρέπει όλα τα σημεία της επιφάνειας μελέτης στο χώρο να έχουν ένταση φωτισμού επιφάνειας μεταξύ 100 και 200 lux. Αυτή η προϋπόθεση, ωστόσο, δυσχεραίνει τη χρήση του δείκτη σε πολύ μεγάλους χώρους όπου όπως είναι λογικό εμφανίζεται μεγαλύτερη διακύμανση. Για το λόγο αυτό, προτάθηκε οι χώροι αυτοί να εξετάζονται τμηματικά ώστε να προκύπτουν πιο ακριβείς και κυρίως πιο χρήσιμες προβλέψεις.[8]

2.4.3. Δείκτης Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Continuous Daylight Autonomy, conDA)

Ο Δείκτης Συνεχούς Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού (Continuous Daylight Autonomy, conDA), προτεινόμενος από τον Zach Rogers το 2006, είναι ένας άλλος δείκτης που προέκυψε από την έρευνα ως εξέλιξη στον ήδη υπάρχοντα δείκτη Αυτονομίας Φυσικού Φωτισμού. Ο νέος δείκτης λαμβάνει υπόψη τη συμβολή του φυσικού φωτός στην ένταση φωτισμού επιφάνειας σε ένα σημείο (με αναλογικό τρόπο), ακόμα και αν το κατώτατο όριο που έχει τεθεί δεν επιτυγχάνεται. 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. Δηλαδή, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο δεν επιτυγχάνεται το κατώτατο όριο, δεν αφαιρείται εξ' ολοκλήρου από το συνολικό αθροιστικό ποσοστό που υπολογίζεται, αλλά προστίθεται με ένα συντελεστή συμμετοχής. Ο συντελεστής αυτός είναι ο λόγος της προσφερόμενης φωτεινότητας προς την απαιτούμενη.

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.[14]

2.5 Ηλιακή Γεωμετρία

2.5.1 Γενικά

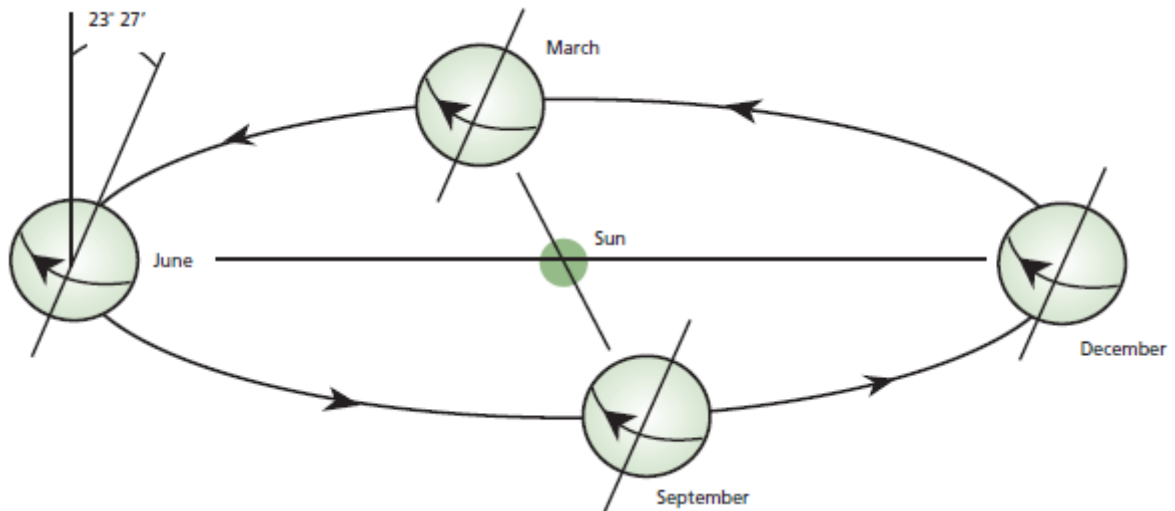
Η Ηλιακή Γεωμετρία αφορά στη μελέτη, τον υπολογισμό και την αποτύπωση, της θέσης του Ήλιου σε σχέση με δεδομένο σημείο κατά ορισμένο χρονικό διάστημα. Συνδέεται άμεσα με ποικίλα θέματα του Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, όπως την ερμηνεία των κλιματικών συνθηκών, τον υπολογισμό της ηλιακής πρόσπτωσης, τον προσδιορισμό της ηλιακής πρόσβασης και το σχεδιασμό της ηλιοπροστασίας.[14]

Για να κατανοηθεί η επίδραση του ηλίου στο σχεδιασμό ενός κτιρίου θα πρέπει να είναι γνωστή η θέση του, δηλαδή το ύψος του στον ουρανό και η κατεύθυνση του ανά ημέρα και ανά εποχή. Η Ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται ένα κτίριο εξαρτάται από την ώρα της ημέρας, την ημέρα του χρόνου και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Στο Βόρειο ημισφαίριο, οι Νότιες όψεις δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία ενώ το αντίθετο συμβαίνει στο Νότιο ημισφαίριο. Όσο αυξάνει το γεωγραφικό πλάτος ενός τόπου στο Βόρειο ημισφαίριο, τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι και αντίστοιχα τόσο μικρότερη το χειμώνα.

2.5.2 Κινήσεις της γης – Ηλιακή τροχιά

Η ηλιακή γεωμετρία συνδέεται με τις δύο κύριες κινήσεις της γης:

- Την ημερήσια περιστροφή γύρω από τον άξονα B-N, από τα δυτικά προς τα ανατολικά, η οποία διαρκεί 24 ώρες
- Την ετήσια κίνηση γύρω από τον ήλιο, οποία διαρκεί 365 μέρες, 5 ώρες, 48 λεπτά και 46 δευτερόλεπτα. Το διάστημα αυτό λέγεται έτος. Η κίνηση αυτή γίνεται σε ελλειπτική τροχιά (με τον ήλιο στη θέση της μιας εστίας) και με μεταβλητή ταχύτητα (ανάλογα με την απόστασή της από τον ήλιο).[15]



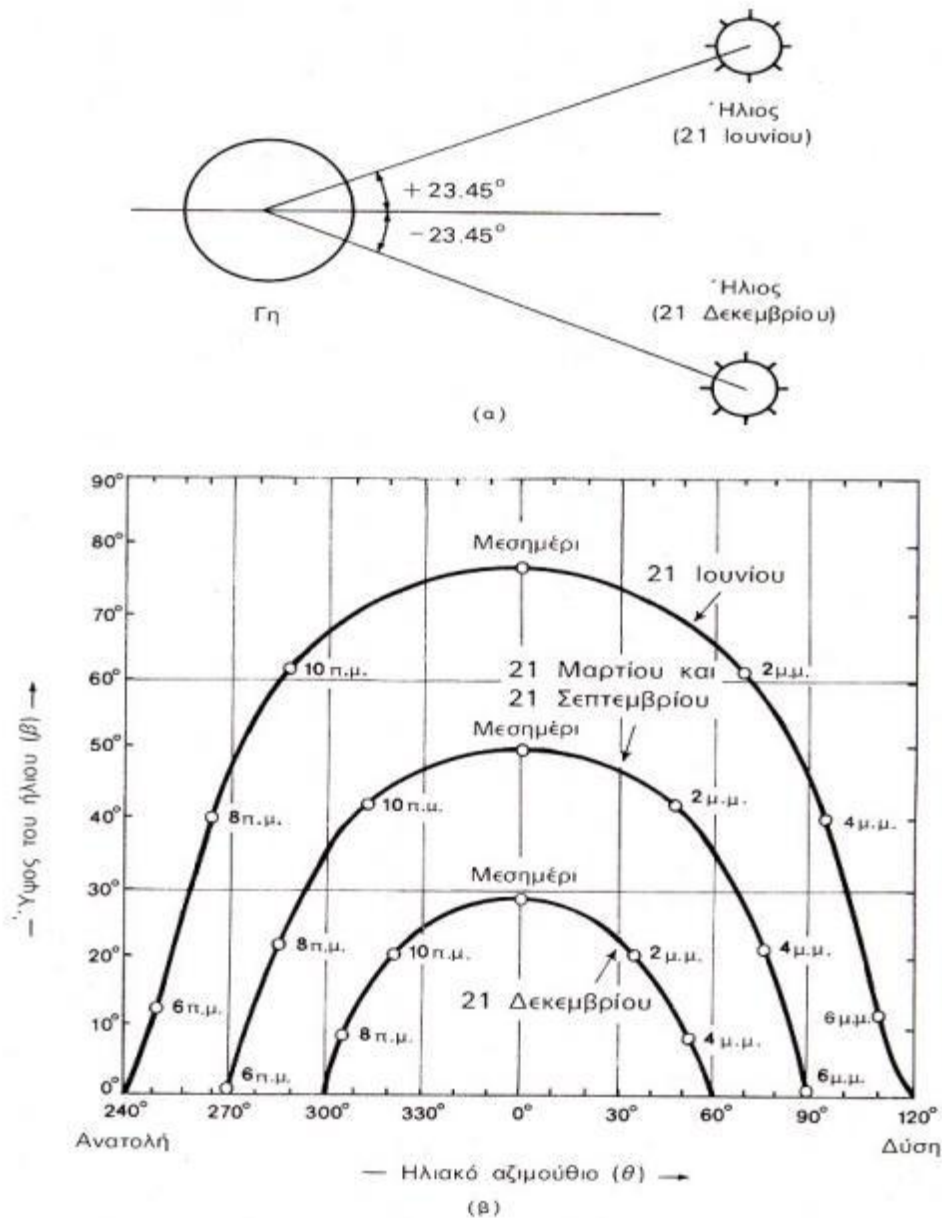
Εικόνα 2.10 Τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο [4]

Ο άξονας B-N της γης αποκλίνει από την κάθετο στο επίπεδο της εκλειπτικής κατά σταθερή γωνία, περίπου 23.5° . 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 $90^\circ - 23.5^\circ = 66.5^\circ$

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 & 23/9 είναι 90° (‘Εαρινή & Φθινοπωρινή Ισημερία’).

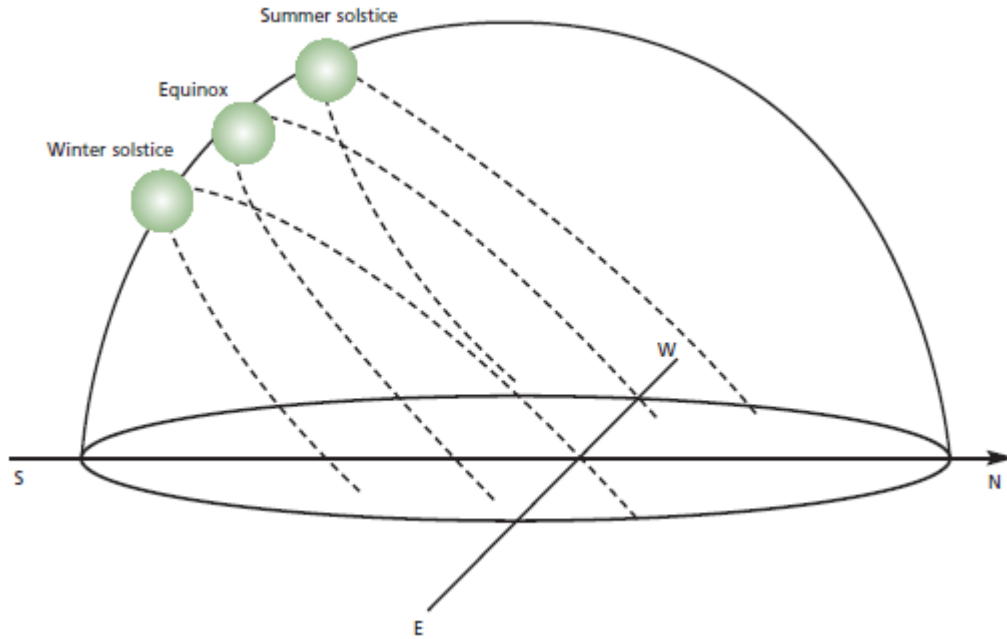
Η αυξομείωση της απόκλισης μεταβάλλει την κατανομή της ηλιακής πρόσπτωσης στην επιφάνεια της γης, με αποτέλεσμα την εναλλαγή των εποχών (που εμφανίζονται αντίστροφα στο βόρειο και νότιο ημισφαίριο) και τη διακύμανση της χρονικής διάρκειας μέρας και νύχτας κατά τη διάρκεια του έτους.



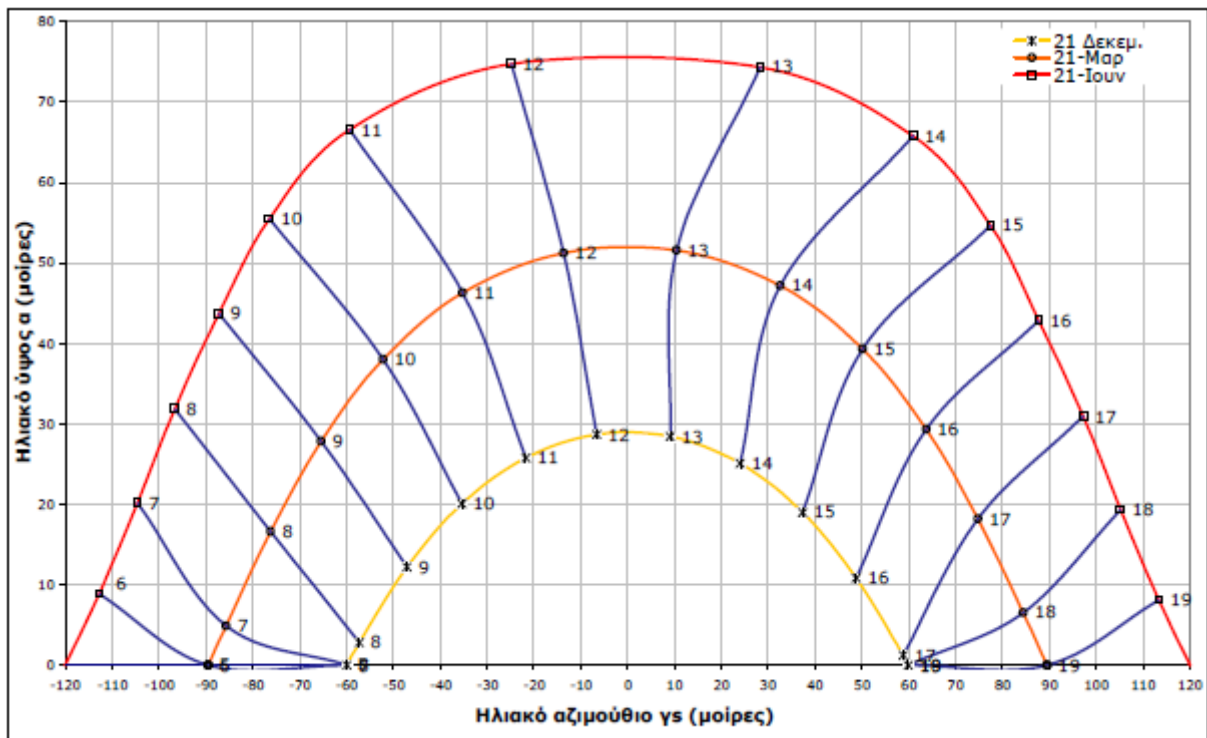
Εικόνα 2.11 Η μεταβολή της απόκλισης και η επίδρασή της στην τροχιά του ήλιου στον ουρανό. (α) Η ακραία απόκλιση του ήλιου κατά το θερινό και το χειμερινό ηλιοστάσιο. (β) Παράδειγμα των αντίστοιχων τροχιών που διαγράφει ο ήλιος στον ουρανό στη διάρκεια της ημέρας κατά τα ηλιοστάσια, καθώς και τις ισημερίες, σε τοποθεσία με γεωγραφικό πλάτος βόρειο 38°, όπως της Αθήνας. (Οι ενδείξεις του μεσημεριού και των ωρών της ημέρας είναι σε ηλιακές τιμές) [16]

Εκτός του εύρους της ημέρας που δίνει ο ήλιος, παρατηρούνται, λοιπόν, και τροχιές διαφορετικού ύψους. Προκειμένου να προσδιοριστεί ο ηλιασμός ενός κτιρίου ή ενός οικοπέδου υιοθετείται η παραδοχή των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, δηλαδή θεωρείται ότι η γη παραμένει σταθερή, ενώ ο ήλιος κινείται. Αυτή η παραδοχή διευκολύνει στη γεωμετρική απεικόνιση των φαινόμενων τροχιών του ήλιου, οι οποίες ακολουθούν μια μεγάλη συνεχή σπείρα. Οι φαινόμενες τροχιές του ήλιου

ταυτίζονται ανά δύο μήνες εκτός του Δεκεμβρίου και του Ιουνίου. Ο μήνας Δεκέμβριος έχει τη χαμηλότερη τροχιά, ενώ ο Ιούνιος την υψηλότερη.



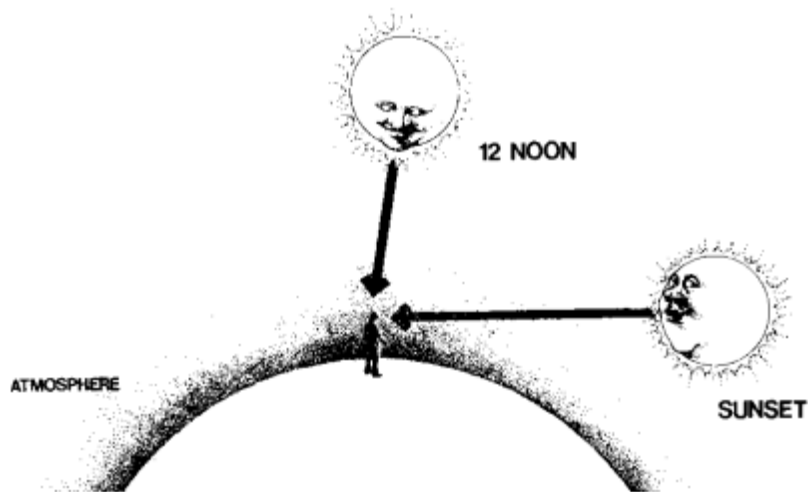
Εικόνα 2.12 Ηλιακές τροχιές [4]



Εικόνα 2.13 Ηλιακή τροχιά για ελληνικές περιοχές με γεωγραφικό πλάτος 38° Β.[16]

1.5.3 Γωνία πρόσπτωσης

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.

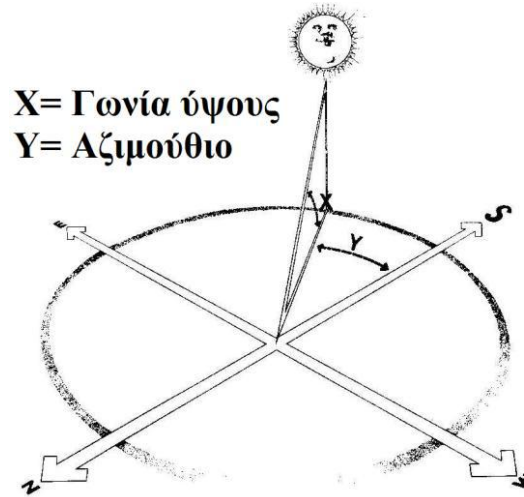


Εικόνα 2.14 Γωνία πρόσπτωσης του Ήλιου [17]

1.5.4 Ηλιακές γωνίες

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

- Το **ηλιακό υψόμετρο** είναι η γωνία μεταξύ μιας ακτίνας και της οριζόντιας προβολής της. Τα σημεία του ορίζοντα έχουν υψόμετρο 0° , ενώ το υψόμετρο του ζενίθ είναι 90° .
- 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.



Εικόνα 2.15 Ηλιακές Γωνίες [15]

Βιβλιογραφία 2^{ου} Κεφαλαίου

1. Ryer, A. D. (1997). *The Light Measurement Handbook*. Newburyport, MA: International Light, Inc - Technical Publications Dept.
2. Schlangen, L. (2010). *White Paper, The role of lighting in promoting well-being and recovery within healthcare*. Koninklijke Philips Electronics N.V.
3. Γεωργούλη Ευρύκλεια, «Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού», Μάρτιος 2013
4. Boyce P., Raynham P. (2009). *The SLL Lighting Handbook*, , *The Society of Light and Lighting*
5. Tsangrassoulis A., Synnefa A., Jacobs A., Wilson M., Solomon J., Fontoynt M., Pohl W., Zimmermann A., *SynthLight Handbook: European Educational Infrastructure on Energy Efficient Lighting Technologies, Assisted by 3D Environments, 2004*
6. Jakubiec, Reinhart (2012), *A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces, Lighting Research and Technology*
7. <http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/buildings/basics/windows/slideshows/slides/IntroDaylighting.pdf> (επίσκεψη 20/06/2016)
8. Μιχάλης Β. Χατζηγιακουμής, «Αξιολόγηση παραμέτρων φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας μέσω λογισμικού Relux», Ιούλιος 2013
9. CIBSE, *Code for Lighting, The Society of Light and Lighting*(2002)
10. 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.
11. 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
12. A.Nabil, J. (2005). *Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. Lighting Research and Technology*.
13. Jan L.M. Hensen, R. L. (2011). *Building performance simulation for design and operation*. New York: Spon Press.
14. IESNA (2000). *The IESNA LIGHTING HANDBOOK, Ninth Edition*. New York: IESNA Publications Department.
15. Στασινόπουλος, Θ. Ν. (2001). *Ηλιακή Γεωμετρία, Σημειώσεις για το Μεταπτυχιακό Μάθημα "Βιοκλιματικός Σχεδιασμός"*. Αθήνα: Τμήμα Αρχιτεκτόνων ΕΜΠ.
16. Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», Γ' Έκδοση, Αθήνα, Νοέμβριος 2014
17. Χριστοφής Ι. Κορωναίος, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας», Διδακτικές σημειώσεις, Διεπιστημονικό -Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Σ.Π.Μ.Σ.) «Περιβάλλον και Ανάπτυξη». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα, Μάρτιος 2012
18. «Advanced Energy Design Guide for Small Hospitals and Healthcare Facilities», *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, www.ashrae.org
19. Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών – Τμήμα Μελετών και Προδιαγραφών – Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης (2010), «Προδιαγραφές Ηλεκτρομηχανολογικών Εγκαταστάσεων των κύριων Τμημάτων Νοσοκομείων»

Κεφάλαιο 3: Θεραπευτικό Περιβάλλον

3.1. Γενικά

Θεμελιώδη παράγοντα στη διαδικασία σχεδιασμού ενός χώρου, αναφορικά με το φωτισμό και τις λύσεις που προτείνονται, αποτελεί η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο φυσικός και τεχνητός φωτισμός επιδρά όχι μόνο στην οπτική αντίληψη του χώρου αλλά και στη ψυχολογία και τη φυσιολογία όσων χρησιμοποιούν το χώρο αυτό. Αυτός τείνει δε να είναι και ο σημαντικότερος παράγοντας όταν αναφερόμαστε σε χώρους νοσοκομείων, όπου ξεκάθαρη προτεραιότητα πρέπει να δίνεται στους ασθενείς – χρήστες.

Σήμερα βιώνουμε μια ριζική αλλαγή στον τρόπο που βλέπουμε τα νοσοκομεία και τις κλινικές με αυξανόμενη τάση να τις αντιμετωπίζουμε πλέον όχι ως εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, αλλά ως θεραπευτικά περιβάλλοντα στα οποία οι ασθενείς συμμετέχουν ενεργά στην ίδια τους τη φροντίδα και την ευημερία. Απαραίτητη κρίνεται η ολιστική προσέγγιση για την υγειονομική περίθαλψη, η οποία θα προάγει την ψυχική, συναισθηματική, πνευματική, κοινωνική και φυσική θεραπεία [1].

Η έννοια του θεραπευτικού περιβάλλοντος πηγάζει από τους τομείς της περιβαλλοντικής Ψυχολογίας (τις ψυχοκοινωνικές επιδράσεις του περιβάλλοντος), της Ψυχο-νευρο-ανοσολογίας (τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στο ανοσοποιητικό σύστημα) και της Νευροεπιστήμης (του τρόπου με τον οποίο ο εγκέφαλος εκλαμβάνει την αρχιτεκτονική) [10] - [11]. Οι ασθενείς βρίσκονται σε εξαιρετικά ευαίσθητη βιολογική, ψυχολογική και πνευματική κατάσταση. Ο πρωταρχικός ρόλος του θεραπευτικού περιβάλλοντος είναι να συντελεί στη μείωση των επιπέδων stress στους ασθενείς και, συνεπακόλουθα, στη βελτίωση των αποτελεσμάτων στην πορεία θεραπείας ή ανάρρωσής τους [10] - [11].

Η θετική επίδραση του «χώρου» στην γρήγορη και άνετη ανάρρωση ήταν γνωστή από την αρχαία Ελλάδα, όπου κατασκευάζονταν ναοί αφιερωμένοι στον θεό Ασκληπιό, οι οποίοι συνέδεαν τους ασθενείς με τη φύση, τη μουσική, την τέχνη και προσέδιδαν αρμονία, επιταχύνοντας την ανάρρωση, ελλείψει άλλων μεθόδων θεραπείας [2]. Ο Ιπποκράτης επισήμανε ότι η συμβολή των γιατρών από μόνη της για την αντιμετώπιση των ασθενειών δεν είναι αρκετή. Οι ασθενείς, το περιβάλλον τους και άλλοι εξωτερικούς παράγοντες, θα πρέπει επίσης να συμβάλλουν στη διαδικασία ανάρρωσης [3].

Ακολουθώντας την ιστορική εξέλιξη των χώρων υγείας από τα αρχαία Ασκληπιεία στους βυζαντινούς ξενώνες, την Αναγέννηση, και το πέρασμα των αιώνων μέχρι τη σύγχρονη εποχή, φθάνουμε στον ορισμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ), σύμφωνα με τον οποίο η υγεία ορίζεται ως «μια κατάσταση πλήρους φυσικής, ψυχολογικής και κοινωνικής ευεξίας, όχι μόνο η απουσία της νόσου»[10].

Πράγματι, πρόσφατη επιστημονική έρευνα αποδεικνύει την άμεση και σημαντική επιρροή του δομημένου περιβάλλοντος της υγειονομικής περίθαλψης στα επίπεδα του στρες, την άνεση, την πρόσληψη αναλγητικών φαρμάκων, τη διάρκεια παραμονής των ασθενών και αλλά και την ευημερία και την ασφάλειά τους [4]. Ακόμη, όσον αφορά στο προσωπικό, το ποιοτικά δομημένο περιβάλλον επιδρά θετικά στην αποδοτικότητα, στην παραγωγικότητα, στη συγκέντρωση και στη μείωση των ιατρικών λαθών.

Οι πρόσφατες εξελίξεις στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό τονίζουν την ανάγκη να αυξηθεί η ποιότητα του περιβάλλοντος και η ευεξία των χρηστών [5], [6]. Οι ασθενείς αποτελούν τη θεμελιώδη ομάδα χρηστών που πρέπει να εξεταστεί. Η εμπειρία τους στο χώρο νοσηλείας, επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την κατάσταση και τη διάθεσή τους, δεδομένου ότι, στερούνται το γνώριμο περιβάλλον τους και αναγκάζονται να προσαρμοστούν σε άγνωστες και μερικές φορές αφιλόξενες συνθήκες [4]. Οι ασθενείς περιορίζονται σε ένα κρεβάτι, έχουν ελάχιστη, αν όχι ανύπαρκτη κινητικότητα και ελάχιστο έλεγχο στο περιβάλλον τους. Τέλος, έχουν μια συγκεκριμένη άποψη του χώρου γύρω από το κρεβάτι τους (bedscape), καθώς και τη θέα προς τα έξω [3].

Ταυτόχρονα, η βιβλιογραφία επιβεβαιώνει ότι όλες οι ομάδες χρηστών πρέπει να συνυπολογιστούν [6] - [9]. Η ομάδα χρηστών «επισκέπτες» αποτελείται από όλα τα μέλη της οικογένειας και τους επισκέπτες. Αντιπροσωπεύουν μια «παρεξηγημένη» ομάδα χρηστών, δεδομένου ότι οι ανάγκες τους δεν έχουν αντιμετωπιστεί μέχρι πρόσφατα όπως πρέπει. Οι επισκέπτες μπορούν να θεωρηθούν ως ομάδα αναφοράς, είναι υγιείς άνθρωποι που βιώνουν το δωμάτιο του ασθενούς για ένα σύντομο χρονικό διάστημα και έχουν ουσιαστικό έλεγχο του περιβάλλοντός τους. Παρ' όλα αυτά, θα πρέπει να ασχοληθεί κανείς με το στρες που συνοδεύει την επίσκεψη ενός αγαπημένου προσώπου στο νοσοκομείο και τον εξαναγκασμό να προσαρμοστούν σε ένα αφιλόξενο, νοσοκομειακό περιβάλλον. Υπάρχουν ακόμη περιπτώσεις, όπου τα μέλη της οικογένειας διαμένουν ως βοηθητικοί συνοδοί για μεγάλο χρονικό διάστημα στο δωμάτιο του ασθενούς.

Όσον αφορά τον αρχιτεκτονικό θεραπευτικό σχεδιασμό, το φως είναι ομολογουμένως ένας από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζει τους ανθρώπους σε μεγάλο βαθμό. Την ίδια στιγμή, στρατηγικές σκίασης με στόχο την αποτελεσματική διαχείρισή του, χωρίς να επηρεάζεται ο θεραπευτικός και θεμελιώδης ρόλος της θέας φέρνει το επιθυμητό αποτέλεσμα [3].

3.2 Η επίδραση του φωτισμού στο θεραπευτικό περιβάλλον

Πολυάριθμες είναι οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και παρουσιάζουν την σημαντικότητα του φωτός στην καταπολέμηση της κατάθλιψης, την αντιμετώπιση της κούρασης, την προώθηση του κύκλου "επαγρύπνησης - εγρήγορης", την μοντελοποίηση του κερκαδικού συστήματος και σε άλλες καταστάσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το φως, τεχνητό ή φυσικό φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αίσθηση ικανοποίησης και άνεσης των χρηστών ενός χώρου και επηρεάζει κατά συνέπεια θετικά την αποδοτικότητα στο εργασιακό περιβάλλον [7]. Χαρακτηριστικά είναι τα συμπεράσματα έρευνας [8] που έδειξε ότι οι νοσοκόμες στην Αλάσκα κάνουν διπλάσια λάθη κατά τους χειμερινούς μήνες, με χαμηλότερα επίπεδα φωτεινότητας.

Μελέτη που διεξήχθη από το Ερευνητικό Κέντρο Φωτισμού έδειξε ότι σε μακροχρόνια θεραπεία για ασθενείς με Αλτσχάιμερ, η έκθεση σε μπλε διόδους εκπομπής φωτός (LED) με προκαθορισμένη ποσότητα φάσματος έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση του φυσιολογικού κύκλου ύπνου του ασθενούς. Η κανονικότητα των κύκλων του ύπνου αυτών δεν ωφέλησε μόνο τους ασθενείς αλλά και το προσωπικό.

Σχετικά πρόσφατη μελέτη, έδειξε ότι νοσηλεύόμενοι ασθενείς με μονοπολική και διπολική διαταραχή των οποίων τα δωμάτια δέχονταν απευθείας φυσικό φως το πρωί, εμφάνισαν συντομότερη σε διάρκεια νοσηλεία συγκρινόμενη με ασθενείς των οποίων τα δωμάτια δεν είχαν άμεση πρόσβαση στο φυσικό φως. Επιβεβαιώνεται, λοιπόν, ότι η έκθεση ενός ασθενή στο φυσικό φως μπορεί εκτός των άλλων να μειώσει τη διάρκεια νοσηλείας, το κόστος νοσηλείας και κατ' επέκταση την απαιτούμενη ενέργεια για τη λειτουργία του νοσοκομείου. Το άμεσο οικονομικό όφελος που προκύπτει, καθιστά τη συγκεκριμένη μέριμνα ακόμα πιο σημαντική.

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. Η θέα ενός φυσικού τοπίου μπορεί να μειώσει τον πόνο προκαλώντας θετικά συναισθήματα, μειώνοντας το στρες, και αποσπώντας την προσοχή του ασθενή από το επίκεντρο του πόνου του [4]. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ασθενείς που ανάρρωναν από εγχείρηση στην κοιλιακή χώρα διαπιστώθηκε ότι σε εκείνους που δόθηκαν δωμάτια με θέα σε φυσικό τοπίο (δέντρα) είχαν καλύτερη μετεγχειρητική αποκατάσταση έναντι άλλων που τους είχαν δοθεί πανομοιότυπα δωμάτια με παράθυρα τα οποία είχαν θέα σε τοίχο κτιρίου [15]. Οι ασθενείς με φυσική θέα βίωσαν σημαντικά λιγότερο πόνο, όπως προέκυψε από την ανάγκη τους για πολύ λιγότερες δόσεις ισχυρών αναλγητικών φαρμάκων σε σχέση με τους αντίστοιχους με θέα τον τοίχο. Επιπλέον, οι πρώτοι παρουσίασαν μικρότερη μετεγχειρητική παραμονή, καλύτερη συναισθηματική κατάσταση, και λιγότερες μικρο-επιπλοκές, όπως επίμονη ναυτία ή/και πονοκέφαλο [15].

Ακόμα μια μελέτη που διεξήχθη από το πανεπιστήμιο του Pittsburgh, έδειξε ότι ασθενείς εκτεθειμένοι σε 46% περισσότερο φυσικό φως παρουσίασαν σημαντικά μειωμένα επίπεδα άγχους αλλά και αίσθησης πόνου, στοιχεία που επιτάχυναν την εξαγωγή τους από τις μονάδες νοσηλείας. Ο μηχανισμός που σχετίζεται με τη μείωση του πόνου μέσω της έκθεσης στο φως της ημέρας είναι διαφορετικός από αυτόν μέσω έκθεσης σε φυσικό τοπίο. Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση στο ηλιακό φως αυξάνει τα επίπεδα της σεροτονίνης, ενός νευροδιαβιβαστή γνωστό για την ικανότητά του να αναστέλλει τον πόνο. Ο Walch και οι συνεργάτες του (2005) διεξήγαγαν μια καλά ελεγχόμενη έρευνα των επιπτώσεων του φυσικού φωτός στην μείωση του πόνου σε ασθενείς που υποβάλλονται σε χειρουργικές επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης. Κατά τη διάρκεια αυτής οι ασθενείς εισήχθησαν μετά την επέμβαση σε διαφορετικά δωμάτια, είτε στο φωτεινό είτε στο σκοτεινό μέρος μιας χειρουργικής πτέρυγας. Οι ασθενείς στα φωτεινά δωμάτια εκτέθηκαν σε 46% μεγαλύτερη ένταση φωτός από εκείνους που είχαν μεταφερθεί στα πιο σκοτεινά δωμάτια. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι πρώτοι ανέφεραν λιγότερους πόνους και στρες, ενώ τους χορηγήθηκαν 22% λιγότερα αναλγητικά φάρμακα, οδηγώντας έτσι σε μείωση της τάξης του 21% των φαρμακευτικών δαπανών. [12]

Σημαντική επίσης είναι η συνεισφορά του φυσικού φωτός στη σωστή λειτουργία του κερκάρδιου ρυθμού ο οποίος σύμφωνα με έρευνα του πανεπιστημίου του Cambridge συνδέεται άμεσα με ψυχολογικές νόσους, μεταβολικές διαταραχές ακόμα και με τη νόσο του καρκίνου.

Επίσης, το φυσικό φως είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με την παραγωγή της βιταμίνης D του ανθρώπινου οργανισμού. Ο ρόλος της βιταμίνης D για τον οργανισμό είναι πολύ σημαντικός καθώς συμβάλλει θετικά στην καλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος, στη μείωση των επιπέδων άγχους αλλά και στη διατήρηση της οστικής μάζας και της ακεραιότητας των οστών, στοιχείο ιδιαίτερα βασικό για

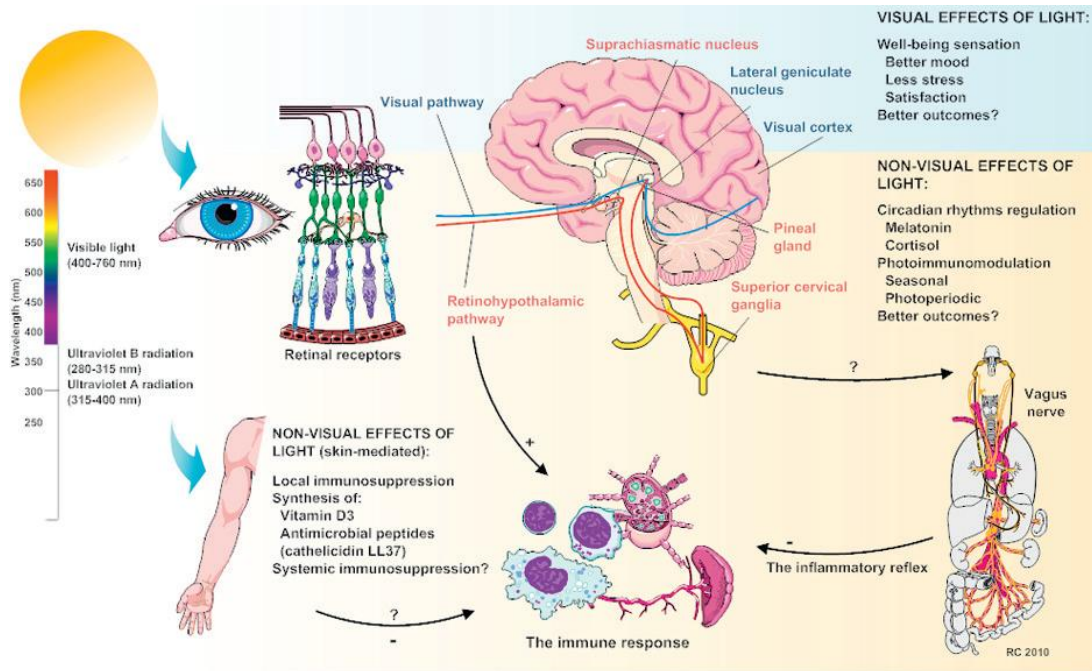
τις ορθοπεδικές κλινικές. Αξιοσημείωτο είναι το στοιχείο πως σχεδόν το σύνολο των ανθρώπων που πάσχουν από οστεοπόρωση και λόγω αυτής έχουν υποστεί κάταγμα παρουσίαζαν και έλλειψη βιταμίνης D.[12]

Έρευνες για τη συμβολή του φυσικού φωτισμού στο νοσηλευτικό προσωπικό αποδεικνύουν τη σημαντικότητα του για την αποδοτικότητα του προσωπικού. Συγκεκριμένα σε έρευνα που διεξήχθη, 70% του νοσηλευτικού προσωπικού που εκτέθηκε σε φυσικό φωτισμό για διάστημα τριών ωρών ημερησίως εξέφρασε πολύ μεγαλύτερη εργασιακή ικανοποίηση, μειωμένα επίπεδα άγχους, αυξημένη διάθεση για εργασία και μεγαλύτερη αποδοτικότητα σημειώνοντας αρκετά μειωμένο αριθμό λαθών.[12]

3.2.1 Περιγραφή των μηχανισμών επίδρασης του φωτός

Στην προσπάθεια να παρουσιαστούν όλες οι πτυχές μέσω των οποίων το φως επηρεάζει τη ζωή του ανθρώπου, οδηγούμαστε στην παρακάτω κατηγοριοποίηση με βάση την οποία το φως επιδρά στην υγεία του ανθρώπου μέσω τεσσάρων μηχανισμών:

- Επιτρέπει την εκτέλεση του οπτικού έργου
- Ελέγχει το κερκαδικό σύστημα του σώματος
- Επηρεάζει την διάθεση και την αντίληψη
- Διευκολύνει την απευθείας απορρόφηση κρίσιμων χημικών αντιδράσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα [13]



Εικόνα 3.1 Οπτικές και μη επιδράσεις του φυσικού φωτός σε ασθενείς. [14]

3.2.1.1 Εκτέλεση του οπτικού έργου

Η πιο προφανής επίδραση του φωτός πάνω στον άνθρωπο είναι ότι κάνει δυνατή την λειτουργία της "όρασης", και επιτρέπει την εκτέλεση του οπτικού έργου. Χάρη στην ύπαρξη του φωτός, ο άνθρωπος είναι σε θέση να βλέπει αντικείμενα γύρω του, να ξεχωρίζει χρώματα και να προστατεύει τον εαυτό του. Η εκτέλεση του οπτικού έργου βελτιώνεται καθώς αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού. Οι περισσότερες καθημερινές οπτικές λειτουργίες μπορούν να επιτευχθούν τόσο με φυσικό όσο και με τεχνητό φωτισμό όταν τα επίπεδα ποσότητας - κατανομής του φωτός ελεγχθούν κατάλληλα.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την οπτική λειτουργία, είναι η ηλικία. Εδώ παρουσιάζεται η ανάγκη για αύξηση των επιπέδων φωτισμού, σαν συνέπεια της μειωμένης μετάδοσης του φωτός στο μάτι του ηλικιωμένου.

3.2.1.2 Έλεγχος του κερκαδικού συστήματος

Πέρα από την προφανή προσφορά του φωτός στη ζωή του ανθρώπου που είναι η ικανότητα της όρασης χάρη σε αυτό, υπάρχει ένα πλήθος αντιδράσεων στο ανθρώπινο σώμα που ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από το φως, και ειδικότερα από τον κύκλο φως - σκοτάδι. Οι βιολογικοί ρυθμοί

καθορίζουν τη λειτουργία του οργανισμού και παίζουν σπουδαίο ρόλο στην εξασφάλιση μιας υγιούς ζωής.

Ο μηχανισμός που ελέγχει το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου ονομάζεται κίρκαδικό σύστημα το οποίο συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη ή μη του φωτός. Ως κίρκαδικός ρυθμός αναφέρεται κατά προσέγγιση ένας 24-ωρος κύκλος στις φυσιολογικές διεργασίες των ζωντανών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων των φυτών, των ζώων, των μυκήτων και των βακτηρίων. Υπό μία ακριβή έννοια, οι κίρκαδικοί ρυθμοί παράγονται ενδογενώς, αν και μπορούν να διαμορφωθούν και από εξωτερικά ερεθίσματα όπως το φως του ηλίου και η θερμοκρασία.

Ένα τέτοιο εξωτερικό ερέθισμα είναι το φως. Πιο συγκεκριμένα ο κίρκαδικός ρυθμός συνδέεται με τον κύκλο φως - σκοτάδι. Τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα που επαναρυθμίζουν τους ρυθμούς καθημερινά, ονομάζονται Zeitgebers (στα Γερμανικά, που σημαίνει "χρονικοί επισημαντές").

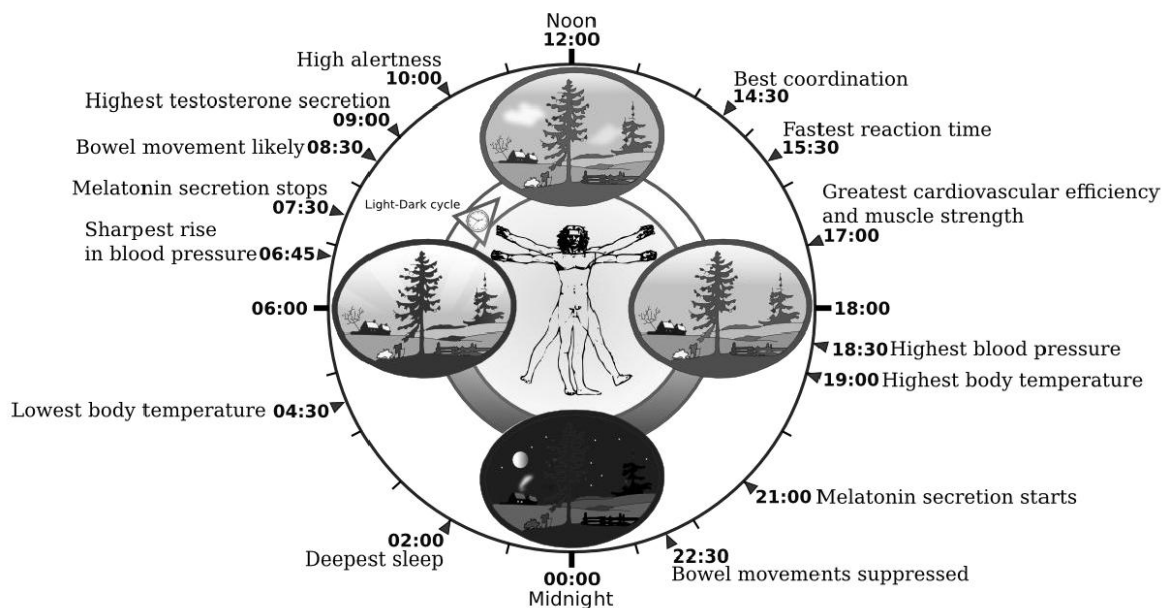
Οι διαταραχές του κίρκαδικού κύκλου μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις για την υγεία του ανθρώπου, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Πολλοί ταξιδιώτες έχουν βρεθεί σε μία κατάσταση γνωστή ως "Σύνδρομο αλλαγής χρονικής ζώνης" (Jet Lag) όπου εμφανίζονται συμπτώματα κούρασης, αποπροσανατολισμού και αϋπνίας. Διάφορες άλλες αναταραχές, παραδείγματος χάριν (διπολική αναταραχή) που αναφέρεται σε επαναλαμβανόμενες αναταραχές στη διάθεση καθώς και αναταραχές ύπνου συνδέονται με την ανώμαλη ή παθολογική λειτουργία του κίρκαδικού συστήματος.

Οι νυχτερινές βάρδιες, που αφορούν περίπου το 20% των εργαζομένων στις αναπτυγμένες χώρες (Ευρωπαϊκή Ένωση και ΗΠΑ) θεωρούνται ως «πιθανόν καρκινογόνες» από το Διεθνές Κέντρο Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC/CIRC), την υπηρεσία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας που ασχολείται με τον καρκίνο. Η νυχτερινή εργασία με ακανόνιστες εναλλαγές ημερήσιων και νυχτερινών βαρδιών ή και επί μία εβδομάδα με ρεπό τα Σαββατοκύριακα, που διαταράσσει το βιολογικό ρολόι, κατατάσσεται στην ίδια κατηγορία με άλλους "πιθανούς" καρκινογόνους παράγοντες, όπως οι αναθυμιάσεις των πετρελαιομηχανών, η υπεριώδης ακτινοβολία, ο μόλυβδος από τις παλιές μογιές και τις παλιές σωληνώσεις.

Οι νυχτερινές βάρδιες που συνεχίζονται σε μεγάλο χρονικό διάστημα, αυξάνουν τον κίνδυνο του καρκίνου του στήθους στις νοσοκόμες και στις αεροσυνοδούς, σε σχέση με τις συναδέλφους τους που

εργάζονται την ημέρα. Ωστόσο, η αύξηση αυτή χαρακτηρίζεται προς το παρόν «ήπια» από τους επιδημιολόγους.

Το φως διακόπτει την παραγωγή της μελατονίνης, της ορμόνης που παράγει φυσιολογικά το σώμα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η διακοπή αυτή ευνοεί την ανάπτυξη όγκων και η εναλλαγή του ύπνου με το ξενύχτι μπορεί να απορρυθμίσει τα γονίδια που εμπλέκονται στη διαδικασία δημιουργίας. Αυτή η σχετικά απλή χημική ένωση παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στις λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος. Παράγεται στον εγκέφαλο, σε μια περιοχή που ονομάζεται επίφυση (στα αγγλικά pineal gland) - εκεί που ο γάλλος φιλόσοφος Descartes πρότεινε ότι βρίσκεται η «έδρα της ψυχής» - και απελευθερώνεται στο αίμα. Είναι μία ορμόνη που ρυθμίζει την παραγωγή άλλων ορμονών και συντονίζει τον κirkάδιο (ημερήσιο) ρυθμό του σώματος, δηλαδή τις εναλλαγές ύπνου/ξύπνιου. Επομένως έκθεση σε έντονο φως τη νύχτα ή σε λιγιστό την ημέρα αποσυντονίζει τη ρύθμιση παραγωγής μελατονίνης και έχει ως αποτέλεσμα την κούραση και τη μη ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου καταλαβαίνουμε ολοφάνερα τον αποσυντονισμό της μελατονίνης, είναι η ανικανότητα προσαρμογής στους προηγούμενους ρυθμούς ύπνου/ξύπνιου μετά από ένα υπερατλαντικό ταξίδι. Έχει υπολογιστεί ότι για κάθε ώρα διαφοράς ώρας χρειάζεται μία μέρα για να επανέλθει ο οργανισμός στη φυσιολογική του κατάσταση. Δηλαδή για μία πτήση μεταξύ δύο χωρών που έχουν διαφορά 5 ωρών χρειάζονται 5 μέρες για την αποκατάσταση του κirkάδιου ρυθμού.



Εικόνα 3.2 Οι διάφορες φάσεις του κirkάδιου συστήματος του ανθρώπου [16]

Μακροπρόθεσμα, οι διαταραχές αυτές στους ρυθμούς μπορεί να έχουν εξαιρετικά δυσμενείς για την υγεία συνέπειες, όπως συνέπειες στα ζωτικά όργανα και την συμβολή στην ανάπτυξη ή την επιδείνωση καρδιαγγειακών παθήσεων.

Το φως έχει την δυνατότητα να επαναρυθμίζει το βιολογικό ρολόι. Η δυνατότητα αυτή του φωτός εξαρτάται από την καμπύλη της φάσης απόκρισης (Phase response Curve). Αναλόγως της φάσης του ύπνου, το φως μπορεί να προωθήσει ή να καθυστερήσει τον κερκαδικό ρυθμό. Η απαραίτητη ποσότητα φωτός που απαιτείται για αυτόν τον επαναπροσδιορισμό ποικίλλει από είδος σε είδος. Για παράδειγμα πολύ χαμηλότερα επίπεδα φωτός απαιτούνται για να επαναριθμήσουν τα ρολόγια στα νυκτερινά τρωκτικά από ότι στους ανθρώπους. Εκτός από την ένταση τους φωτός, το μήκος κύματος (ή χρώμα) του φωτός είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τον βαθμό στον οποίο το κερκαδικό ρολόι επαναρυθμίζεται.

3.2.1.3 Επίδραση στη διάθεση και την αντίληψη

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

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι άνθρωποι προτιμούν τον φυσικό από τον τεχνητό φωτισμό και τους αρέσει να βρίσκονται κοντά σε παράθυρα. Επίσης υπάλληλοι γραφείου φαίνεται να προτιμούν το φως του ηλίου από τον τεχνητό φωτισμό για επτά διαφορετικούς λόγους : άνεση, εμφάνιση γραφείου και ευχαρίστηση, υγεία, οπτική ικανοποίηση, χρωματική εμφάνιση των ανθρώπων και του εξοπλισμού, εκτέλεση της εργασίας, και για το λόγο ότι η δουλειά απαιτεί καλή παρατηρητικότητα.

Μεγαλύτερα ποσά φυσικού φωτός σχετίζονται και με υψηλότερη ικανοποίηση στην εργασία. Τα παράθυρα είναι πηγή φυσικού φωτός και θέας, και είναι φυσιολογικό ότι η ύπαρξη παραθύρων στο χώρο εργασίας θα μπορούσε να σχετιστεί με τη βελτίωση της διάθεσης και της εκτέλεσης της εργασίας. Ωστόσο αν και σε κάποιες μελέτες φαίνεται πως η πρόσβαση σε παράθυρα έχει θετικά

αποτελέσματα στην μείωση της κακής διάθεσης, υπάρχουν και κάποιες άλλες μελέτες όπου αυτό δεν ισχύει.

Τα αποτελέσματα των μελετών διαφοροποιούνται εξαιτίας των διαφορετικών προτιμήσεων και προσδοκιών των διαφόρων ατόμων στην αντίδραση τους κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού. Επίσης παράγοντες όπως η θάμβωση και η κακή θερμική άνεση μπορούν να επηρεάσουν τη διάθεση και την κατάσταση της εργασίας αρνητικά. Αν και τα στοιχεία που να δείχνουν ότι η παρουσία παραθύρων επηρεάζει θετικά τη διάθεση δεν είναι πολύ πειστικά, είναι ξεκάθαρο ότι η παρουσία του φυσικού φωτισμού αποτελεί την προτεινόμενη πηγή φωτισμού για το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων. Είναι λοιπόν απαραίτητο να υπάρχει πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό, λαμβάνοντας πάντα υπόψη την έντονη θάμβωση και τα επίπεδα της έντασης του φωτισμού.

3.2.1.4 Διευκόλυνση της λειτουργίας απορρόφησης κρίσιμων χημικών αντιδράσεων μέσα στο ανθρώπινο σώμα

Οι βιταμίνες είναι χημικές ουσίες, που αρχικά ορίστηκαν σαν οργανικές ενώσεις, βρίσκονται δε στις τροφές των ζώων και του ανθρώπου και είναι απαραίτητες για να διατηρήσουν τη ζωή, την καλή υγεία και να προωθήσουν την φυσιολογική ανάπτυξη. Το φυσικό φως του ηλίου φαίνεται πως καθορίζει σημαντικά τη λειτουργία της βιταμίνης D με το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής να διαδίδεται στο αίμα μέσω της έκθεσης στο ηλιακό φως.

Η βιταμίνη D είναι απαραίτητη στον οργανισμό για το μεταβολισμό του ασβεστίου, του φωσφόρου και για υγιή, δυνατά οστά. Πρόκειται για μια λιποδιαλυτή βιταμίνη, δηλαδή διαλύεται και αποθηκεύεται στο λίπος του οργανισμού και υπάρχει σε διάφορα φαγητά. Ωστόσο η πρόσληψη της από τη διατροφή δεν είναι αρκετή καθώς για να μετατραπεί σε ενεργό μορφή χρειάζεται έκθεση του δέρματος στον ήλιο. Το ηλιακό φως είναι αρκετό για το σχηματισμό της και τη διοχέτευση της στον οργανισμό. Εντούτοις σε βόρειες περιοχές το χειμώνα όπου η ηλιοφάνεια είναι ανύπαρκτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση των πόλεων και η πολύωρη εργασία σε κλειστούς χώρους μειώνει τις υπεριώδεις ακτίνες έτσι ώστε να μη σχηματίζεται αρκετή ποσότητα της βιταμίνης. Κάτω από τις συνθήκες αυτές πρέπει να δίνεται η βιταμίνη σαν συμπλήρωμα διατροφής.

Βιβλιογραφία 3^{ου} Κεφαλαίου

1. Schlangen, L. (2010). *White Paper, The role of lighting in promoting well-being and recovery within healthcare*. Koninklijke Philips Electronics N.V.
2. Πλακιά Ε., Πλατανίτη Β. (2013). *Διερεύνηση της συμβολής του χρώματος στο φυσικό φωτισμό και το εσωτερικό περιβάλλον θαλάμων νοσηλείας μέσω φωτορεαλιστικού λογισμικού*. Αθήνα: ΕΜΠ.
3. Sklavou E., Tzouvadakis I.E. (2015). Post Occupancy Evaluation of the Visual Environment in Patient Rooms. *Archdesign'15: Current Trends in Architectural Design and Methodologies* (σσ. 307-321). Instabul, Turkey: Archdesign'15.
4. Ulrich, R. S., Zimring, C. M., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H., Choi, Y., et al., 2008. *A review of the research literature on evidence-based healthcare design*. *Health Environments Research and Design Journal (HERD)*, 1(3), pp61-125.
5. Schweitzer, M., Gilpin, L., & Frampton, S., 2004. *Healing spaces: Elements of environmental design that make an impact on health*. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 10(1), pp71–83.
6. Shumaker, S. A., and Pequegnat, W., 1989. *Hospital design, health providers, and the delivery of effective health care*. In: E. H. Zube and G.T. Moore, eds., 1989. *Advances in environment, behavior and design*, Vol. 2. New York: Plenum Press. pp. 161–199.
7. Tsangrassoulis A., Synnefa A., Jacobs A., Wilson M., Solomon J., Fontoynt M., Pohl W., Zimmermann A., *SynthLight Handbook: European Educational Infrastructure on Energy Efficient Lighting Technologies, Assisted by 3D Environments, 2004*
8. Jakubiec, Reinhart (2012), *A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces, Lighting Research and Technology*
9. Dijkstra, K., Pieterse, M., Pruyn, A., 2006. *Physical Environmental Stimuli that turn Healthcare Facilities into healing environments through psychologically mediated effects: systematic review*. *Journal of Advanced Nursing* 56 (2), pp. 166-181
10. Σκλάβου Ε., Τ. Ι. (2012, 02). *Θεραπευτικό περιβάλλον και στοιχειοθετημένος σχεδιασμός, Η διεθνής εμπειρία και η περίπτωση της Ελλάδας*. *Αρχαία Ελληνικής Ιατρικής*, σσ. 154-161
11. Malkin J. *Hospital interior architecture*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1992
12. Κουφός Δ. (2014). *Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού και ηλιασμού θαλάμων νοσηλείας νοσοκομείου ΚΑΤ*. Αθήνα: ΕΜΠ.
13. Joseph, A. (2006). *The impact of light on outcomes in healthcare settings*. The Center for Health Design.
14. Ricardo Castro, Derek. C. Angus (2011). *The effect of light on critical illness*. *Critical Care* .
15. Ulrich R: *View through a window may influence recovery from surgery*. *Science* 1984, 224:420–421
16. Δρακόπουλος Π. (2012). *Σημειώσεις για το μάθημα "Εργονομία και Φωτισμός Περιβάλλοντος"*. Αθήνα: ΤΕΙ Αθήνας.

Κεφάλαιο 4: Χρησιμοποιούμενο λογισμικό

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, για την πραγματοποίηση των απαιτούμενων προσομοιώσεων, έγινε χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Google SketchUp το οποίο είναι συνδεδεμένο με το λογισμικό OpenStudio, μέσω αντίστοιχων επεκτάσεων (plug-in). Επιπλέον, έγινε χρήση του προγράμματος Radiance για την αξιολόγηση των επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας και απόδοσης φωτισμού. Τελικά, η θερμική ανάλυση και η εξαγωγή γενικότερων ενεργειακών παραμέτρων επετεύχθη μέσω του προγράμματος EnergyPlus.

4.1 Google Sketch_up

Το SketchUp είναι ένα πρόγραμμα σχεδίασης σε τρεις διαστάσεις, το οποίο δίνει την δυνατότητα αποτύπωσης κάθε κτιρίου, ενώ παράλληλα επιτρέπει και τον καθορισμό της λειτουργικότητας αυτού (π.χ. νοσοκομείο, κατοικία κ.α.) με έτοιμες προδιαγραφές. Περιλαμβάνει, δηλαδή, πέρα από την κατάρτιση της διάταξης, τις ιδιότητες της λειτουργικότητάς του, ενώ επιτρέπει την απόδοση επιφανειών με ποικίλους τρόπους. Υποστηρίζει πολλές επεκτάσεις προγραμμάτων (plug-ins), παρέχοντας διάφορες δυνατότητες εύκολα και άμεσα, όπως τη φωτο-ρεαλιστική απόδοση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Η λειτουργία legacy Open Studio plug-in που προσφέρει το λογισμικό Open Studio αποτελεί ένα μέσο γραφικής ενεργειακής μοντελοποίησης που υποστηρίζεται και “φιλοξενείται” στον περιβάλλοντα χώρο του SketchUp με τη μορφή μια επιπρόσθετης “ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης”, είναι το μέσο για την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Ο χρήστης δημιουργεί γρήγορα το κτίριο με την γεωμετρία του και τα χαρακτηριστικά του.[1]

Κατά το σχεδιασμό της γεωμετρίας στο περιβάλλον του SketchUp γίνεται συνδυασμός τόσο των εργαλείων του, όσο και αυτών του legacy Open Studio plug-in. Το τελευταίο, με το που σχεδιάζει ο χρήστης μια επιφάνεια, αυτόματα μετατρέπει το αρχείο σχεδιασμού που την περιέχει σε μορφή (.idf) αναγνώσιμη από το Energy Plus.[2]

4.2 OpenStudio

Το OpenStudio είναι μία πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής μοντελοποίησης ολόκληρου του κτιρίου, μέσω του EnergyPlus και της ανάλυσης φυσικού φωτός, μέσω του Radiance. Αφού εκχωρηθούν στην πλατφόρμα του OpenStudio η γεωμετρία και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του χώρου, που εισήχθησαν στο πρόγραμμα SketchUp, δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής και επεξεργασίας δεδομένων, όπως η στοιχειοθέτηση υλικών, η διαμόρφωση δομικών στοιχείων (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. Τελικώς, προστίθεται η χρήση μιας ετήσιας προσομοίωσης μέσω Radiance για τη μέτρηση φυσικού φωτισμού ή θάμβωσης σε προεπιλεγμένο σημείο του μοντέλου. [2]

Οι βασικές λειτουργίες του OpenStudio Plug-in παρέχουν τη δυνατότητα για:

- Δημιουργία και επεξεργασία θερμικών ζωνών και επιφανειών στο Energy Plus.
- Εισαγωγή δεδομένων στο Energy Plus, εκτέλεση του προγράμματος και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων μέσω του SketchUp.
- Ενοποίηση των επιφανειών που βρίσκονται σε γειτονικές θερμικές ζώνες.
- Αναζήτηση επιφανειών πληκτρολογώντας το όνομα τους.
- Προσθήκη των εσωτερικών θερμικών κερδών και της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Προσθήκη του ιδανικού συστήματος θέρμανσης και ψύξης για τον υπολογισμό του θερμικού φορτίου.
- Ρύθμιση και αλλαγή λανθασμένων κατασκευών.
- Προσθήκη στοιχείων ελέγχου του φυσικού φωτισμού και ηλιακών χαρτών. [2]

Περιλαμβάνει, επίσης εκτός 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.

4.3 Radiance

Το Radiance είναι ένα πρόγραμμα κατάλληλο για την ανάλυση και οπτικοποίηση του φυσικού φωτισμού στο σχεδιασμό καθώς και του τεχνητού. 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 πρόγραμμα χρησιμοποιεί γεωμετρικά μοντέλα τριών διαστάσεων σαν δεδομένα για να παράγει φασματικές τιμές ακτινοβολίας στη μορφή φωτορεαλιστικών εικόνων.

Τα αρχεία εισόδου είναι η γεωμετρία, τα υλικά, τα φωτιστικά, η ώρα, η ημερομηνία και οι συνθήκες του ουρανού (για τους υπολογισμούς του φυσικού φωτισμού). Τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τη φασματική ακτινοβολία (δηλαδή φωτεινότητα και χρώμα), την ακτινοβολία (φωτισμός και χρώμα) κ.ά. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορεί να εμφανίζονται ως έγχρωμες εικόνες ή αριθμητικές τιμές. Η ειδικότητά του ως πρόγραμμα είναι η παροχή τόσο ρεαλιστικών εικόνων όσο και αριθμητικών δεδομένων. Οι σχεδιαστές μπορούν να δουν πώς θα μοιάζει η δουλειά τους και ταυτόχρονα χρησιμοποιούν τα αριθμητικά δεδομένα (τιμές φωτεινότητας ή έντασης φωτισμού) για να ελέγξουν την επιθυμητή ποσότητα του φωτός ή να συγκρίνουν τις τιμές με εκείνες που προκύπτουν από άλλες πηγές φωτός.

Το Radiance πλεονεκτεί έναντι άλλων προγραμμάτων φωτισμού για διάφορους λόγους. Πρώτον, χρησιμοποιεί τεχνική προσομοίωσης ray-tracing, που συνεπάγεται τον υπολογισμό των ανακλάσεων σε όλες τις επιφάνειες του χώρου στο τελικό αποτέλεσμα. Επιπλέον, μπορεί να χειριστεί οποιοδήποτε είδος υλικού (κατοπτρικό, ημι-κατοπτρικό και διάχυτο) και δίνει καλά αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις, σε αντίθεση με κάθε άλλο πρόγραμμα προσομοίωσης φωτισμού. Τέλος, έχει κάποιες σημαντικές δυνατότητες που δεν υπάρχουν σε άλλα αντίστοιχα προγράμματα όπως η δυνατότητα για την ακριβή καταγραφή αλληπάλληλων ανακλάσεων (diffuse and specular interreflection) σε πολύπλοκους χώρους. Αυτή είναι μια βασική προϋπόθεση για την πρόβλεψη της φωτεινότητας σε αρχιτεκτονικές εφαρμογές.[3]

4.4 EnergyPlus

Το EnergyPlus είναι ένα εργαλείο προσομοίωσης ενέργειας θερμικού φορτίου και ενεργειακής ανάλυσης, υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Fortran, το οποίο αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α. με στόχο την προσομοίωση και την ενεργειακή ανάλυση των κτιρίων. Το πρόγραμμα πραγματοποιεί 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, 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.

Είναι βασισμένο σε δύο προηγούμενα λογισμικά, το BLAST (Building Loads and System Thermodynamics) και το DOE-2 (Department Of Energy-2), που δημιουργήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Τα προγράμματα αυτά είχαν κάποιες αδυναμίες τις οποίες το EnergyPlus έχει καταφέρει και έχει αντιμετωπίσει με την εφαρμογή καινοτόμων μεθόδων, όπως είναι η προσομοίωση με συστήματα ψύξης-θέρμανσης τελευταίας τεχνολογίας, η εξαγωγή αποτελεσμάτων με χρονικά βήματα κ.ά.

Το πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιούν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και ερευνητές για να μοντελοποιήσουν την ενέργεια και τη χρήση νερού ενός κτιρίου με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του ώστε να αποφέρει ενεργειακά οφέλη. Το εν λόγω λογισμικό δίνει στο χρήστη την επιλογή ανάλυσης ενός μεγάλου εύρους παραμέτρων, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση/ψύξη, ο αερισμός κι άλλες ροές ενέργειας, γεγονός που οδηγεί τελικώς σε μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσομοίωση του κτιρίου.

Για την υλοποίηση της κτιριακής προσομοίωσης το Energy Plus παρέχει, μεταξύ άλλων, τα υποπρογράμματα: IDF Editor και EP-Launch τα οποία αντίστοιχα εξυπηρετούν στη δημιουργία/επεξεργασία αρχείων εισόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων.

Το EP-Launch επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει τα αρχεία εισόδου που επιθυμεί να εκτελεστούν, μορφής .idf, (όπως αυτό που δημιουργήθηκε από τη “συνεργασία” των SketchUp και Legacy Open Studio plug-in) καθώς και τα αρχεία καιρού (τα οποία δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις

μετεωρολογικές συνθήκες της τοποθεσίας που ευρίσκεται το κτίριο) βάσει των οποίων θα προκύψει η ενεργειακή προσομοίωση με την επιλογή ‘simulate’. [4]

Βιβλιογραφία 4^ο Κεφαλαίου

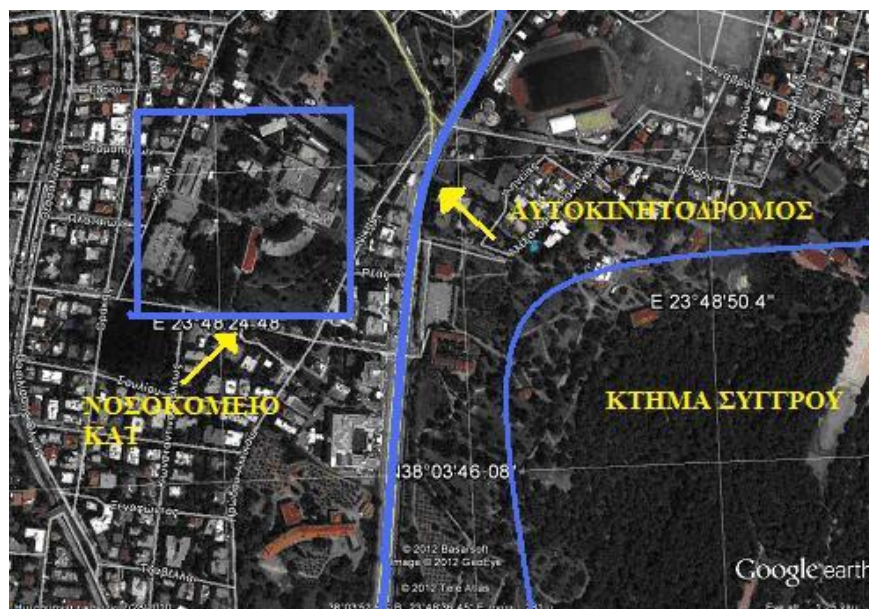
1. <http://en.wikipedia.org/wiki/SketchUp> (επίσκεψη 10/5/2016)
2. <http://openstudio.nrel.gov/> (επίσκεψη 7/5/2016)
3. Simon Crone, 1992, *Radiance User's Manual (Volume 2)*, <http://radsite.lbl.gov/radiance/refer/usman2.pdf> (assessed on 7/5/2016)
4. <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (επίσκεψη 7/5/2016)

Κεφάλαιο 5: Μελέτη περίπτωσης

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, σχετικά με τα αντικείμενα που περιγράφηκαν παραπάνω προσομοιώθηκε και μελετήθηκε ενεργειακά και από άποψη φωτισμού ένας μονόκλινος θάλαμος νοσηλείας του Γ.Ν. Αττικής «ΚΑΤ».

5.1 Το ΚΑΤ

Το νοσοκομείο ΚΑΤ, που ξεκινάει την ιστορία του ήδη από το 1949, βρίσκεται βόρεια της Αθήνας στην περιοχή της Κηφισιάς, περίπου 13km από το κέντρο της πόλης, ενώ το οικοπέδο γειτονεύει με το κτήμα Συγγρού, τη θέα του οποίου έχουν οι θάλαμοι νοσηλείας του νοσοκομείου. Η κύρια είσοδος έχει τοποθετηθεί στην ανατολική πλευρά του οικοπέδου ενώ υπάρχει ακόμα μία είσοδος στα δυτικά όπου βρίσκεται και ο χώρος στάθμευσης.



Εικόνα 5.1 Τοποθεσία Νοσοκομείου [1]

Η παρούσα νοσοκομειακή εγκατάσταση εντάσσεται στη Β Κλιματική ζώνη, σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010⁴.

⁴ Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 20701-1/2010 : «Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων και την Έκδοση του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης».

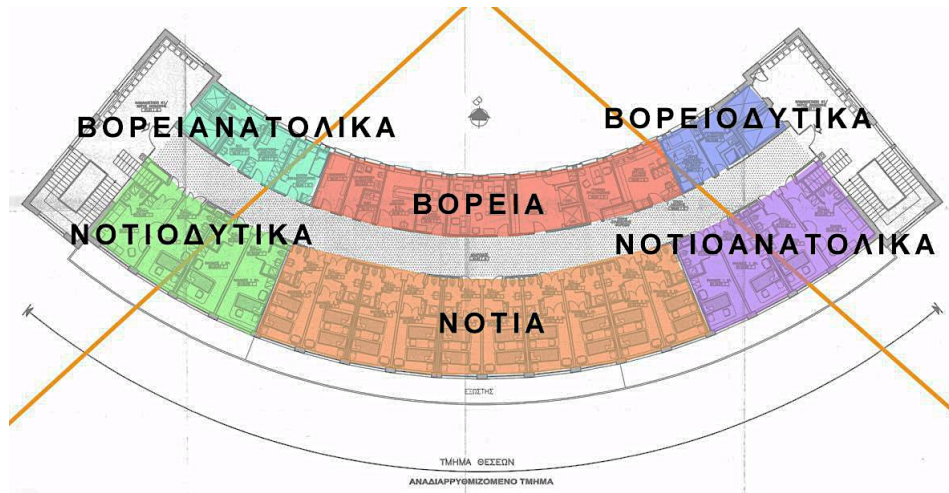
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Εικόνα 5.2 Διαχωρισμός σε κλιματικές ζώνες ελλαδικού χώρου [2]

Οι πτέρυγες νοσηλείας βρίσκονται στο κεντρικό κτίριο νότια του οικοπέδου το οποίο έχει ακτινωτό σχήμα και αποτελείται από ισόγειο (χώρος Γραφείων, Εργαστηρίων και Ιατρικών Μηχανημάτων) και έξι ορόφους – κλινικές νοσηλευομένων, με προσανατολισμό όψης Νότιο, Νοτιοανατολικό και Νοτιοδυτικό, με τους θαλάμους νοσηλείας να βρίσκονται από τα νοτιοδυτικά μέχρι τα νοτιοανατολικά, με θέα προς τη λεωφόρο Κηφισίας αλλά και το καταπράσινο άλσος του κτήματος Συγγρού. Στα βορειοανατολικά μέχρι τα βορειοδυτικά βρίσκονται οι χώροι εργασίας του προσωπικού οι χώροι υγιεινής αλλά και κάποια ελάχιστα γραφεία τα οποία έχουν μετατραπεί σε θαλάμους νοσηλείας.

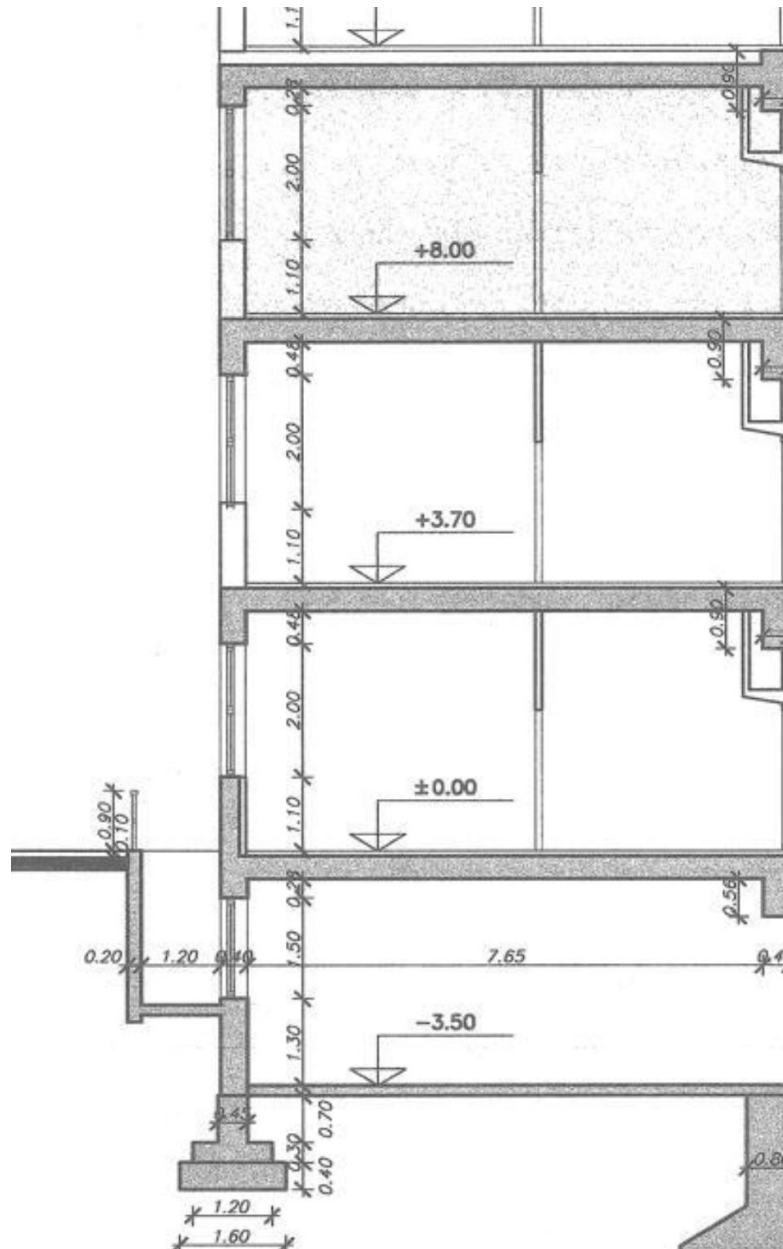


Εικόνα 5.3 Νοσοκομείο ΚΑΤ [3]



Εικόνα 5.4 Προσανατολισμός κεντρικού κτιρίου [4]

Όλοι οι όροφοι προ Ολυμπιακών Αγώνων (Αθήνα 2004) υπέστησαν καθολική ανακαίνιση, πλην του 5ου ορόφου, ο οποίος διατηρεί όλα τα παλαιά δομικά υλικά κατασκευής. (Ξύλινα κουφώματα, μωσαϊκό στα πατώματα, μόνο γυαλί στα παράθυρα και τις «μπαλκονόπορτες» και λευκό χρώμα σοβά, το οποίο έχει υποστεί αλλοιώσεις στο χρώμα και την υφή του. Οι υπόλοιποι όροφοι (1ος, 2ος, 3ος, 4ος, 6ος) έχουν υποστεί πλήρη ανακαίνιση. (Πατώματα από πλακάκια, κουφώματα αλουμινίου, διπλό στρώμα γυαλιού στις μπαλκονόπορτες και τα παράθυρα, λευκό ή ημίλευκο χρώμα σοβά και καινούργιες εσωτερικές πόρτες πορτοκαλί χρώματος – πλαστικής επικάλυψης). [5]



Εικόνα 5.5 Τομή κεντρικού κτηρίου [6]

Ο 2ος όροφος αποτελείται από 7 εξάκλινους θαλάμους νοσηλείας, 2 τρίκλινους και 2 δίκλινους. Στον όροφο αυτού του κεντρικού κτηρίου στεγάζεται η ΣΤ' Ορθοπεδική κλινική και τα γραφεία του Διευθυντή των Ιατρών και της Γραμματείας της κλινικής. Επίσης στο 2ο όροφο βρίσκεται και το τμήμα Αθλητικών κακώσεων το οποίο διαθέτει 16 κλίνες καθώς και τα γραφεία του Διευθυντή και των Ιατρών του τμήματος

Ο 3ος και 4ος όροφος αποτελούνται από 7 εξάκλινους θαλάμους νοσηλείας, 2 τρίκλινους και 2 δίκλινους.

Ο 5ος όροφος αποτελείται από 16 τρίκλινους θαλάμους νοσηλείας ενώ σε μέγεθος είναι περίπου το μισό από τους θαλάμους των προηγούμενων ορόφων.

Ο 6ος όροφος αποτελείται από 16 δίκλινους και 2 μονόκλινους θαλάμους νοσηλείας από τη νοτιοδυτική μέχρι τη νοτιοανατολική πλευρά, 1 δίκλινο θάλαμο και 2 μονόκλινους στη βόρεια πλευρά.



Εικόνα 5.6 Νοτιοανατολικός μονόκλινος θάλαμος στον έκτο όροφο Μήνας Δεκέμβριος, ώρα 9 πμ. [7]

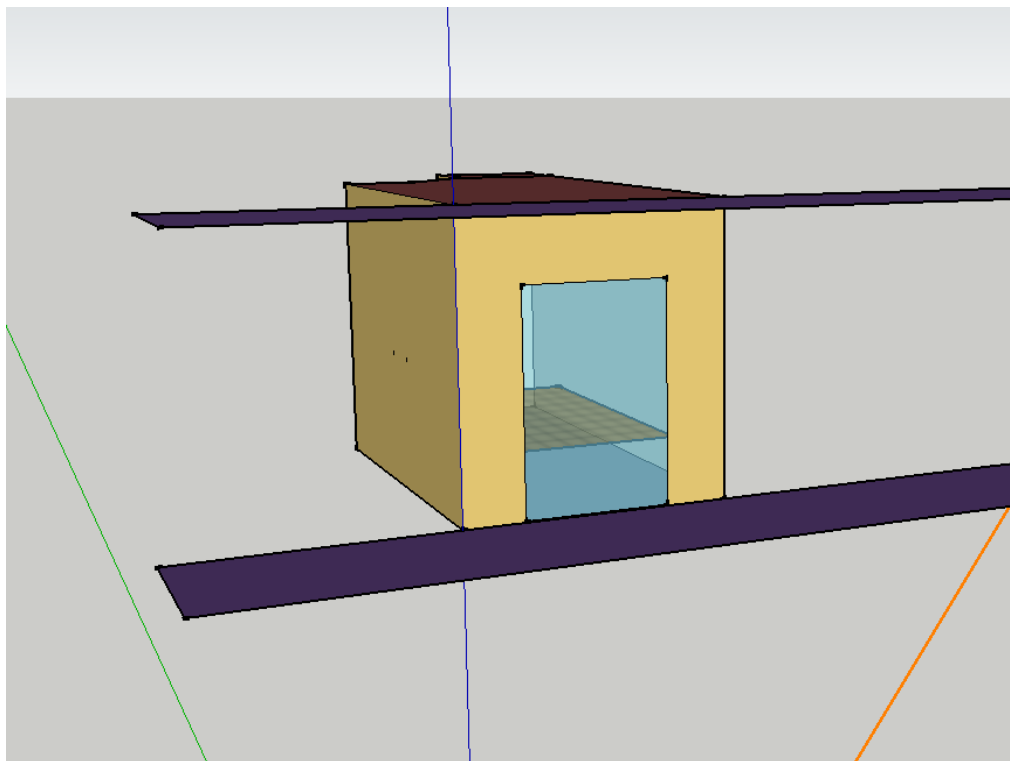
Η αξιολόγηση του φωτισμού και ηλιασμού των Θ.Ν. βασίζονται στα προκύπτοντα επίπεδα έντασης φυσικού φωτισμού αλλά και θάμβωσης και τέλος στα ενεργειακά κόστη για ψύξη και θέρμανση του θαλάμου.

5.2 Μελέτη φυσικού φωτισμού θαλάμου νοσηλείας

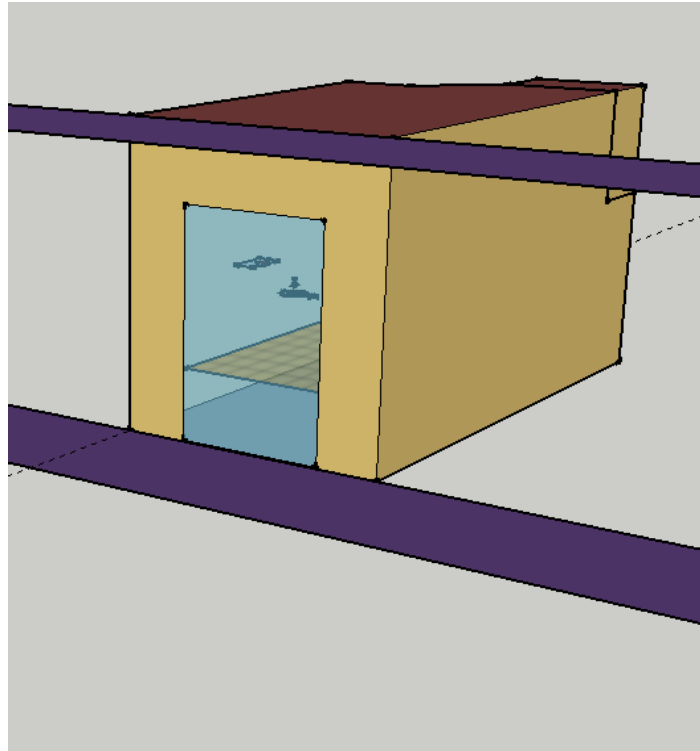
5.2.1 Γενικά - Περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων

Για την πραγματοποίηση της αξιολόγησης των παραμέτρων που αφορούν στο φυσικό φωτισμό του θαλάμου νοσηλείας πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις με το πρόγραμμα Radiance μέσω του λογισμικού OpenStudio.

Αρχικά, προσομοιώθηκε ο υπό μελέτη θάλαμος νοσηλείας με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Google SketchUp και εισήχθησαν τα δεδομένα που το αφορούν (χαρακτηρισμός χρήσης χώρου, θερμική ζώνη, υλικά, δομικά στοιχεία, κλπ.) παράλληλα με την πλατφόρμα του OpenStudio, τα βασικότερα από τα οποία περιγράφονται παρακάτω.

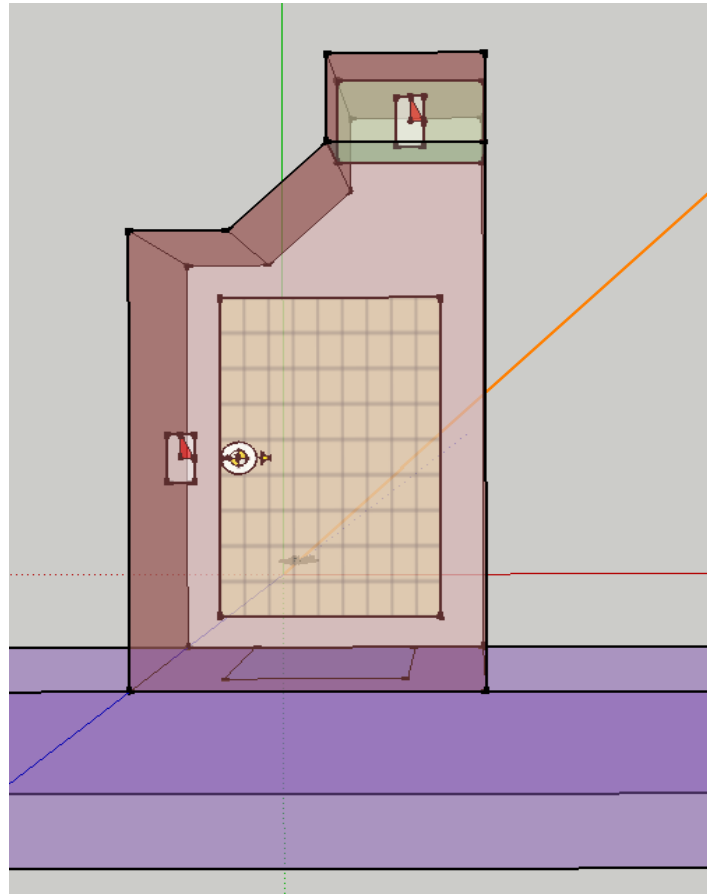


(α)



(β)

Εικόνα 5.7 (α), (β) Όψεις θαλάμου με μπαλκόνι [προσωπικό αρχείο]



Εικόνα 5.8 Κάτοψη θαλάμου με μπαλκόνι [προσωπικό αρχείο]

Για την αξιολόγηση του φωτισμού τοποθετήθηκαν εντός του θαλάμου δύο σένσορες (Εικόνα 5.8), ένας για την μέτρηση της έντασης φυσικού φωτισμού (daylight control) και ένας για την μέτρηση των επιπέδων θάμβωσης (glare sensor), στη θέση ενδιαφέροντος. Ακόμη, τοποθετήθηκε ειδικός χάρτης ένδειξης φωτισμού (illuminance map) σε ύψος 0.80 m από το δάπεδο, ο οποίος μετράει το φως που προσπίπτει σε κάθε σημείο του χώρου σε κάτοψη.

Η εξεταζόμενη θέση είναι η θέση που λαμβάνει ο ασθενής όταν βρίσκεται σε ανάκλιση, με ύψος ματιών 1.40m από το έδαφος, σε απόσταση 0.50m από τον τοίχο που ακουμπά το κρεβάτι.

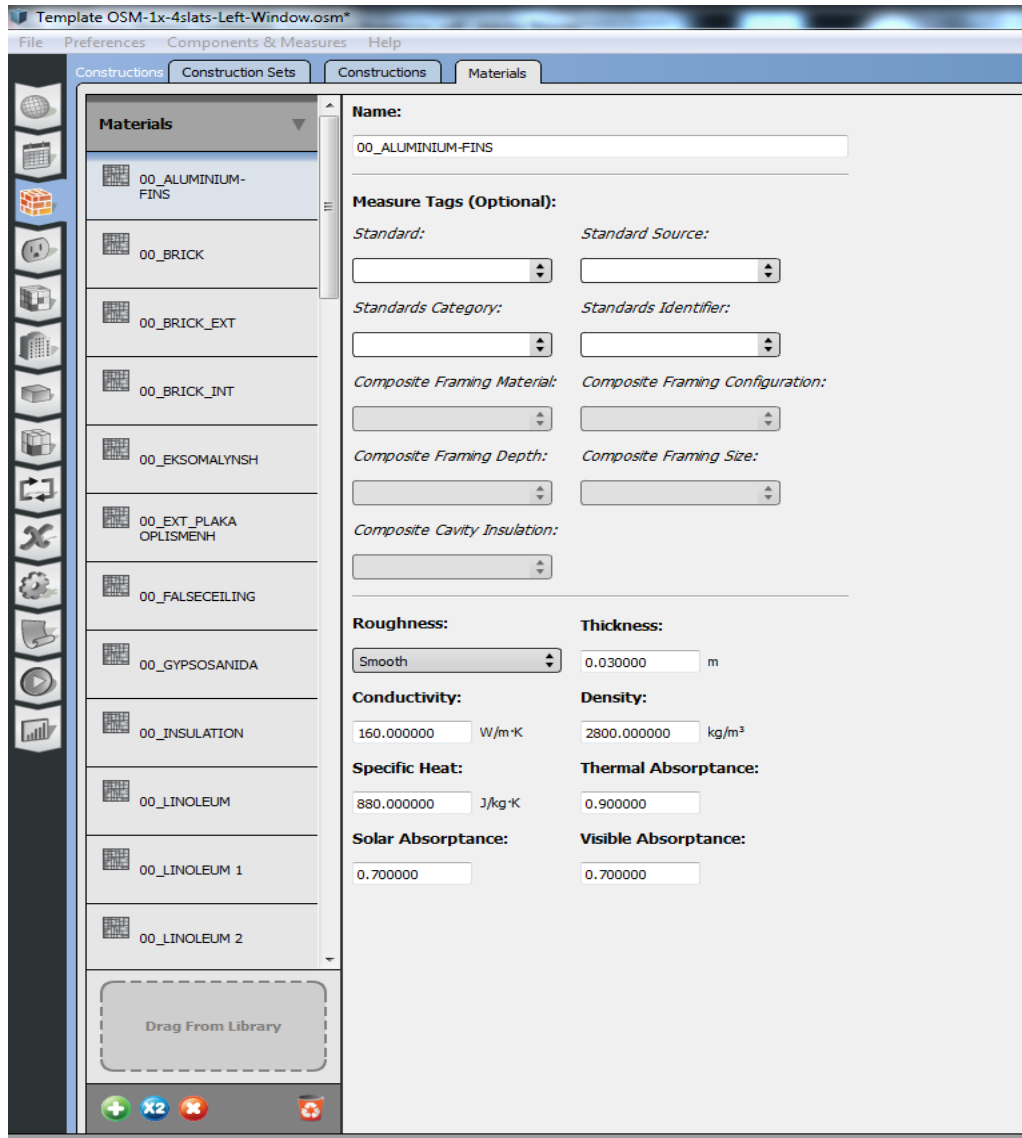
Η μελέτη, η προσομοίωση με το λογισμικό που αναφέρθηκε παραπάνω, η καταγραφή των αποτελεσμάτων, καθώς και η μεταξύ τους σύγκριση, αφορούν σε μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας.

Οι χαρακτηριστικές ημερομηνίες που μελετήθηκαν είναι 21 Ιουνίου (Θερινό Ηλιοστάσιο) και 21 Δεκεμβρίου (Χειμερινό Ηλιοστάσιο).

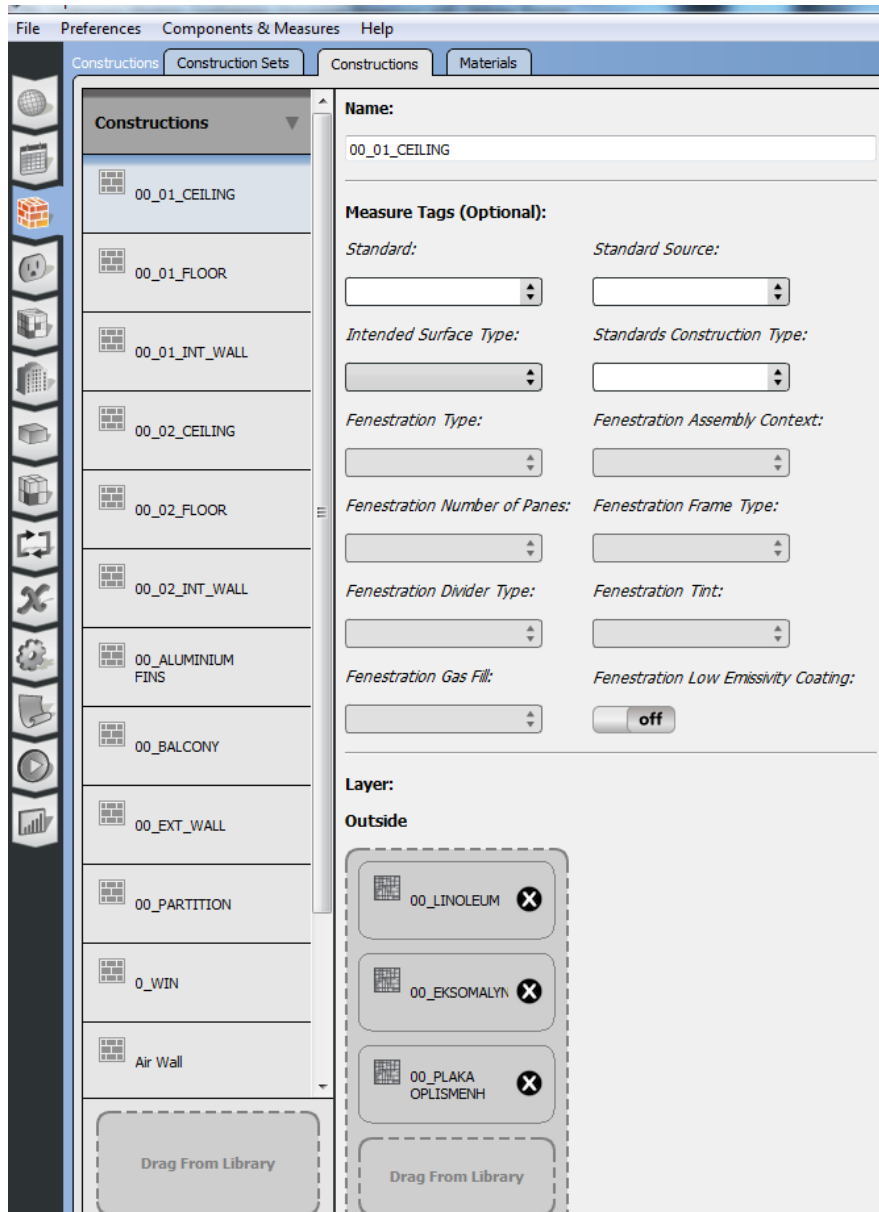
Κλιματικά/καιρικά δεδομένα (Design Days Files) λήφθηκαν υπόψη αυτά που αφορούν στην περιοχή της Αθήνας (Athens 167160 (IWEC), τα οποία διατίθενται από τη σελίδα του προγράμματος EnergyPlus και παρέχουν στοιχεία σχετικά με τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου κ.α.

Ο προσδιορισμός των υλικών έγινε μέσω της πλατφόρμας του OpenStudio, αφού το μοντέλο εισήλθε στο πρόγραμμα OpenStudio (υπό τη μορφή αρχείου .osm) προκειμένου να γίνει η επεξεργασία των ιδιοτήτων του και να πραγματοποιηθούν οι προσομοιώσεις για το φωτισμό. Συγκεκριμένα, στην ενότητα Constructions δίνεται η δυνατότητα να εισάγει ο χρήστης τα υλικά (materials), να τα τοποθετήσει σε στρώσεις δημιουργώντας ένα κατασκευαστικό στοιχείο (constructions) και τέλος να τα συνδυάσει σε κάποιο κατασκευαστικό σύνολο (construction sets).

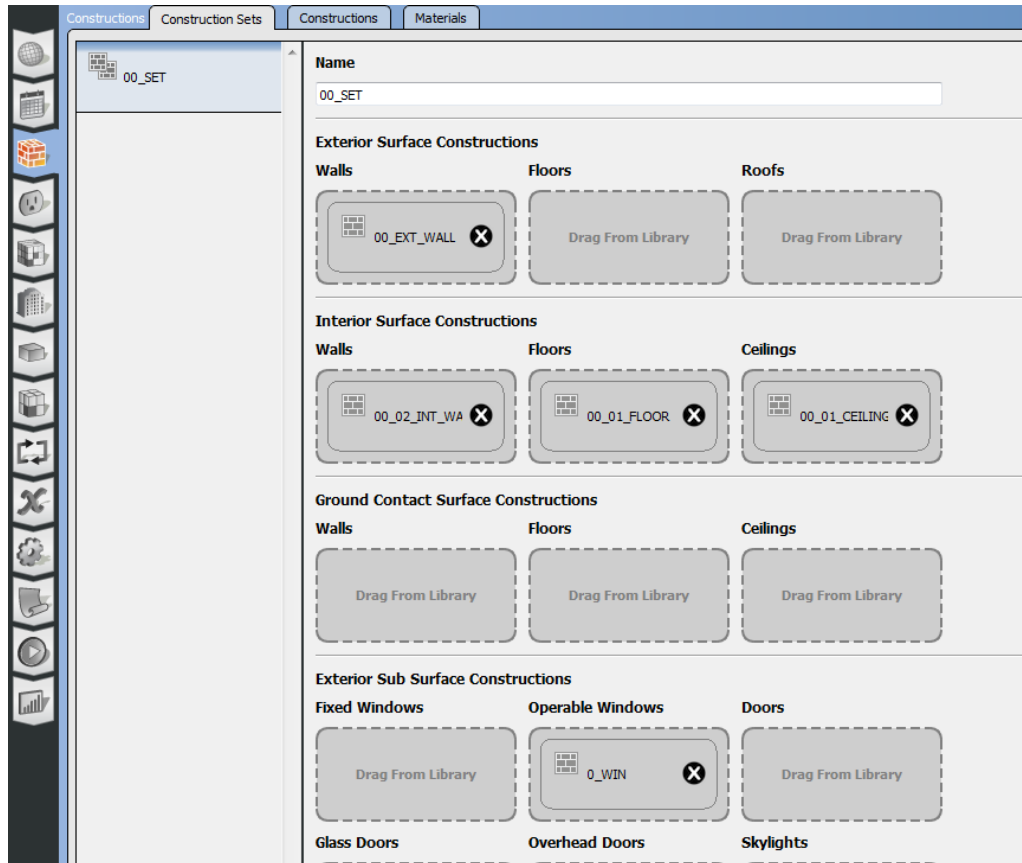
Για κάθε υλικό ορίζονται ιδιότητες όπως η τραχύτητά του (Roughness), το πάχος του (Thickness), η θερμική αγωγιμότητα (Conductivity), η πυκνότητα (Density), η ειδική θερμοχωρητικότητα (Specific Heat), η θερμική απορροφητικότητα (Thermal Absorptance), η ηλιακή απορροφητικότητα (Solar Absorptance) και η ορατή απορροφητικότητα (Visible Absorptance).



Εικόνα 5.9 Εισαγωγή υλικών στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]

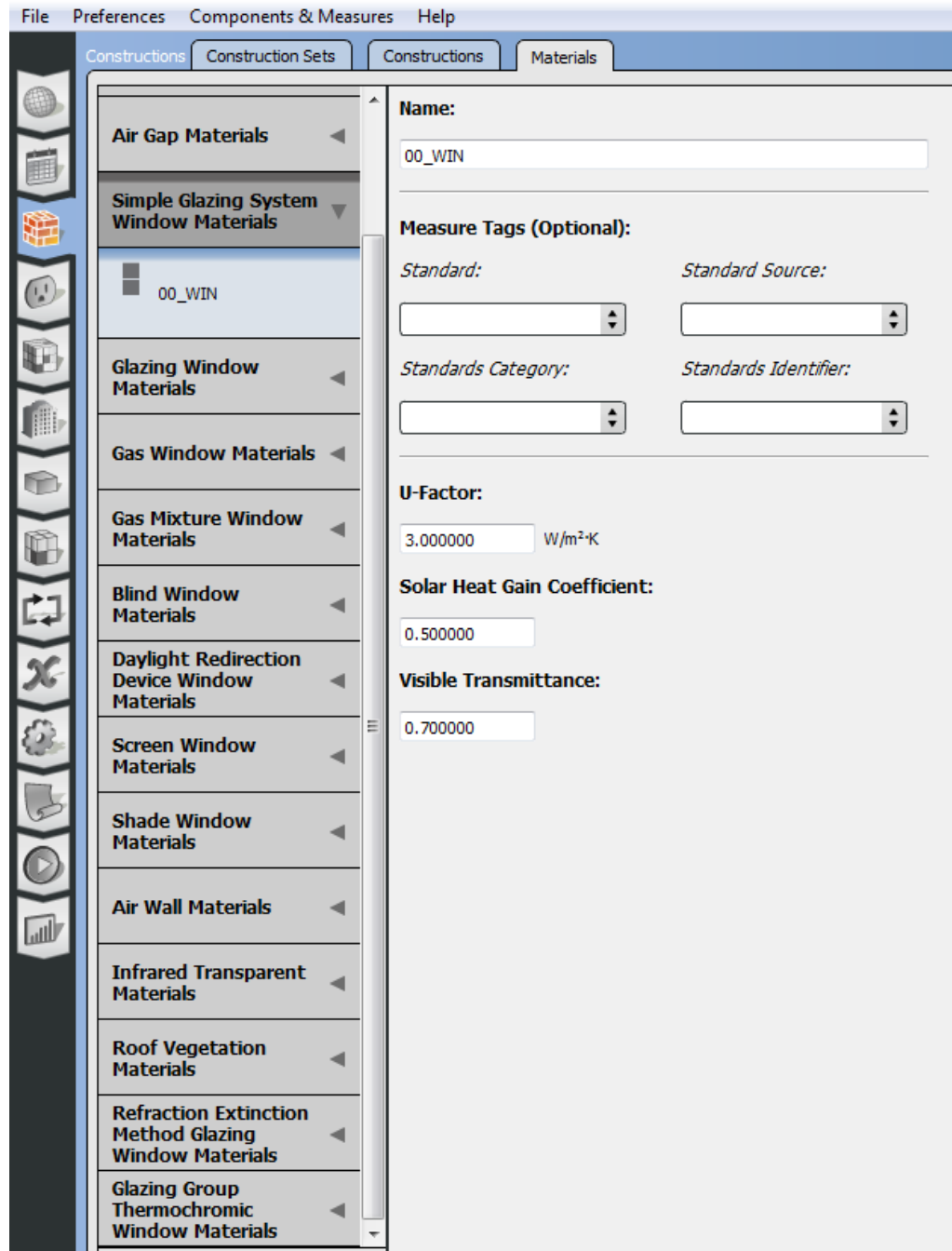


Εικόνα 5.10 Κατασκευαστικά στοιχεία στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]



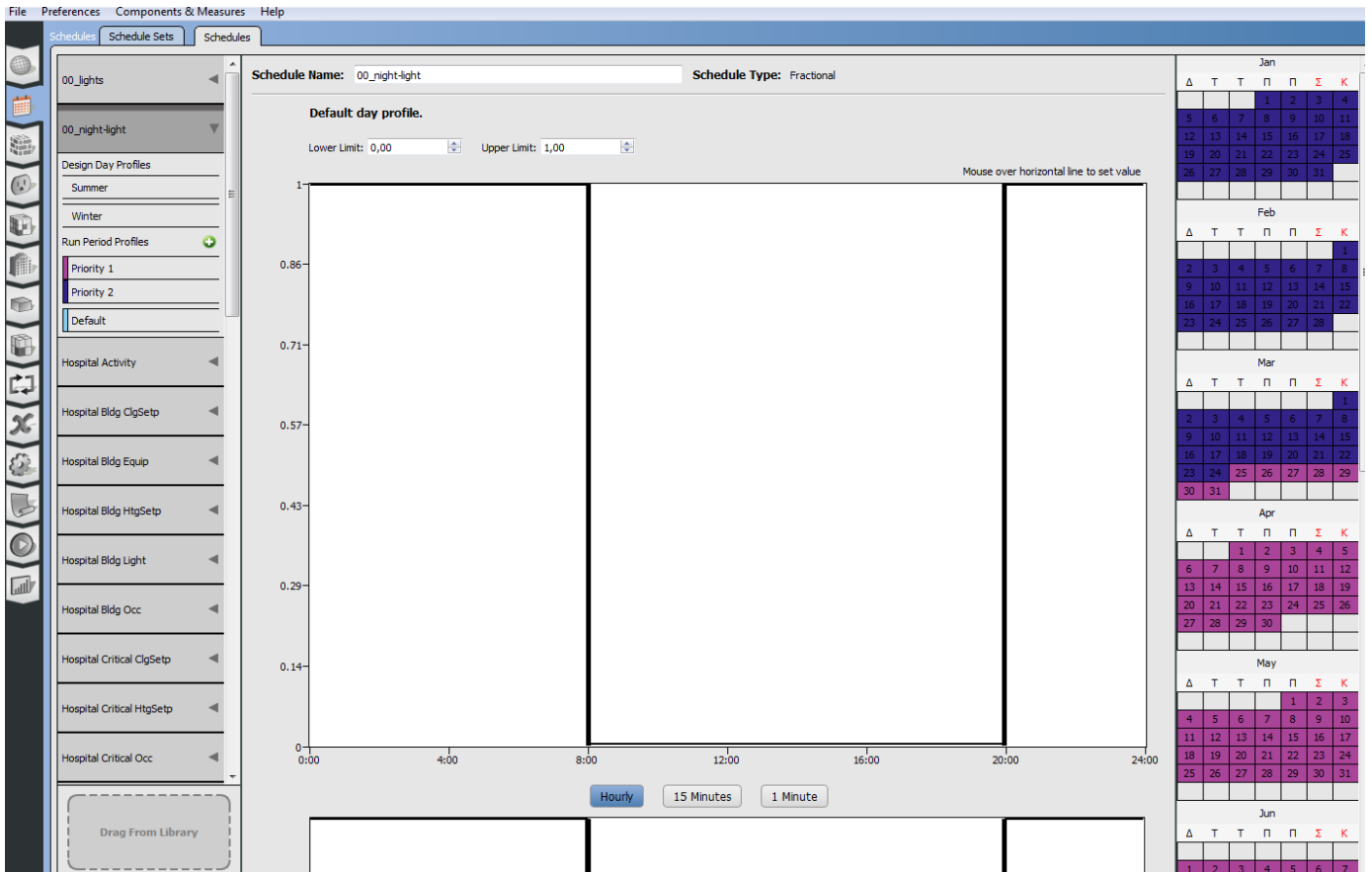
Εικόνα 5.11 Κατασκευαστικά σύνολα στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]

Τα παράθυρα, συγκεκριμένα, ορίζονται με την επιλογή Simple Glazing System Window Materials, θεωρώντας ένα ενιαίο σύστημα κουφώματος – υαλοπίνακα, στο οποίο χρειάζεται να ορίσουμε συντελεστή θερμοπερατότητας (U – value) - θερμικά κέρδη που περνάνε από το τζάμι (οι απλοί υαλοπίνακες έχουν πολύ μεγάλο συντελεστή, δηλαδή μεγάλες απώλειες θερμότητας), συντελεστή ηλιακού κέρδους (Solar Heat Gain Coefficient) - ηλιακά κέρδη, δηλαδή το συνολικό ποσό ενέργειας που περνάει από το τζάμι (από τον ήλιο και από θερμότητα) και οπτική διαπερατότητα (Visible Transmittance) - το ποσοστό ορατού φωτός που περνάει από το τζάμι.



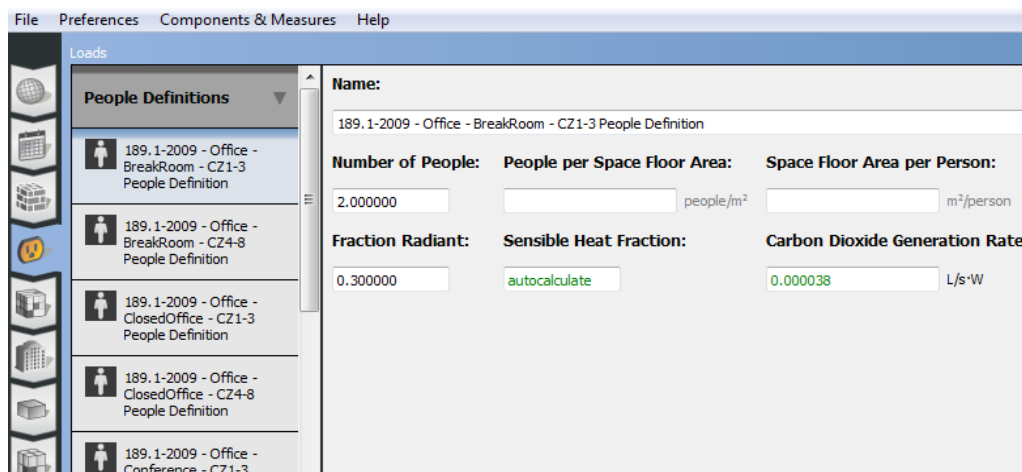
Εικόνα 5.12 Εισαγωγή ιδιοτήτων παραθύρων στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]

Επιπλέον στην καρτέλα Schedules, εισήχθησαν τα χρονοδιαγράμματα, τα οποία μας δίνουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε τον φωτισμό, την πυκνότητα των χρηστών στους χώρους του κτιρίου ανά θερμική ζώνη, τον φυσικό αερισμό του κτιρίου και τις ηλεκτρικές συσκευές.

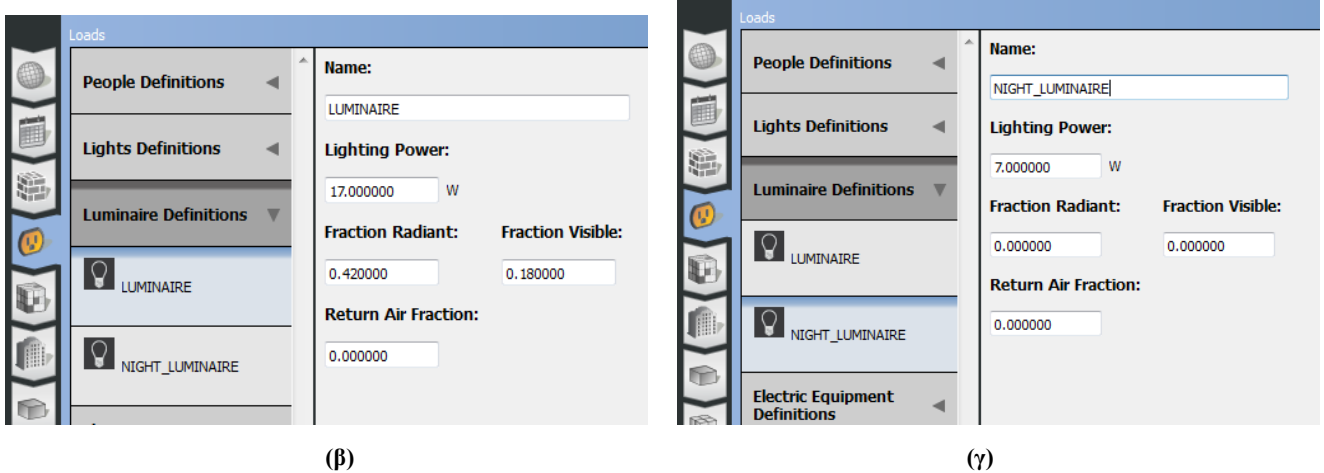


Εικόνα 5.13 Χρονοδιάγραμμα για το φωτιστικό νύχτας στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]

Στην καρτέλα Loads ορίζεται η ενεργειακή επίδραση από τα εσωτερικά φορτία (τους χρήστες του κτιρίου, τον τεχνητό φωτισμό κ.α.), των ‘φορτίων’ δηλαδή που υπάρχουν στο εσωτερικό του. Στο εξεταζόμενο μοντέλο ορίστηκαν 2 άτομα στο θάλαμο και από την άποψη του τεχνητού φωτισμού του θαλάμου ορίστηκαν 3 x φωτιστικά των 17 Watt και ένα φωτιστικό νύχτας των 7 Watt.

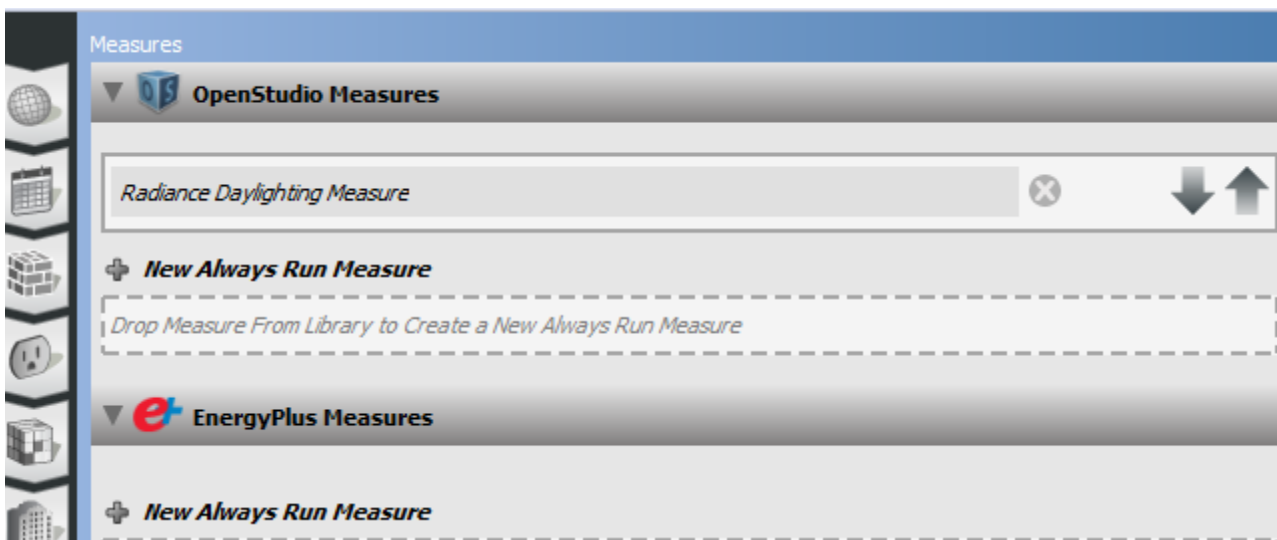


(α)



Εικόνα 5.14 (α), (β), (γ) Εισαγωγή εσωτερικών φορτίων στο περιβάλλον του OpenStudio [προσωπικό αρχείο]

Κάποιες ακόμα από τις παραμέτρους που ορίζονται σε αυτό το στάδιο είναι ο προσανατολισμός του θαλάμου στην καρτέλα Facility – Building, μέσω της καρτέλας Measures επιλέγεται το Radiance ως το εργαλείο με το οποίο θα γίνουν οι προσομοιώσεις για το φωτισμό και από τις καρτέλες Output Variables και Simulation Settings ρυθμίζονται παράμετροι (όπως η ηλιακή κατανομή, αν κα λάβουμε υπόψη τις ανακλάσεις κ.ά.) με τις οποίες θα γίνουν οι προσομοιώσεις και οι μεταβλητές εξόδου που επιλέγουμε να υπολογιστούν.



Εικόνα 5.15 Επιλογή του Radiance για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού [προσωπικό αρχείο]

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες προσομοιώσεις φυσικού φωτισμού που απαιτούσαν κάθε φορά μικρές αλλαγές στις παραμέτρους που ορίστηκαν αρχικά, ώστε

μέσω των αποτελεσμάτων να εξεταστεί το κατά πόσο αλλαγή σε αυτές επηρεάζει τους δείκτες φυσικού φωτισμού του χώρου.

5.2.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού όπως προέκυψαν μετά από μελέτη με χρήση του λογισμικού Radiance. Τα τελικά, αναλυτικότερα σχόλια για τις υπό μελέτη περιπτώσεις ακολουθούν, έπειτα και από την παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ενεργειακών αναγκών για την εκάστοτε περίπτωση, στις υποπαραγράφους της παραγράφου 5.3.2 του παρόντος κεφαλαίου.

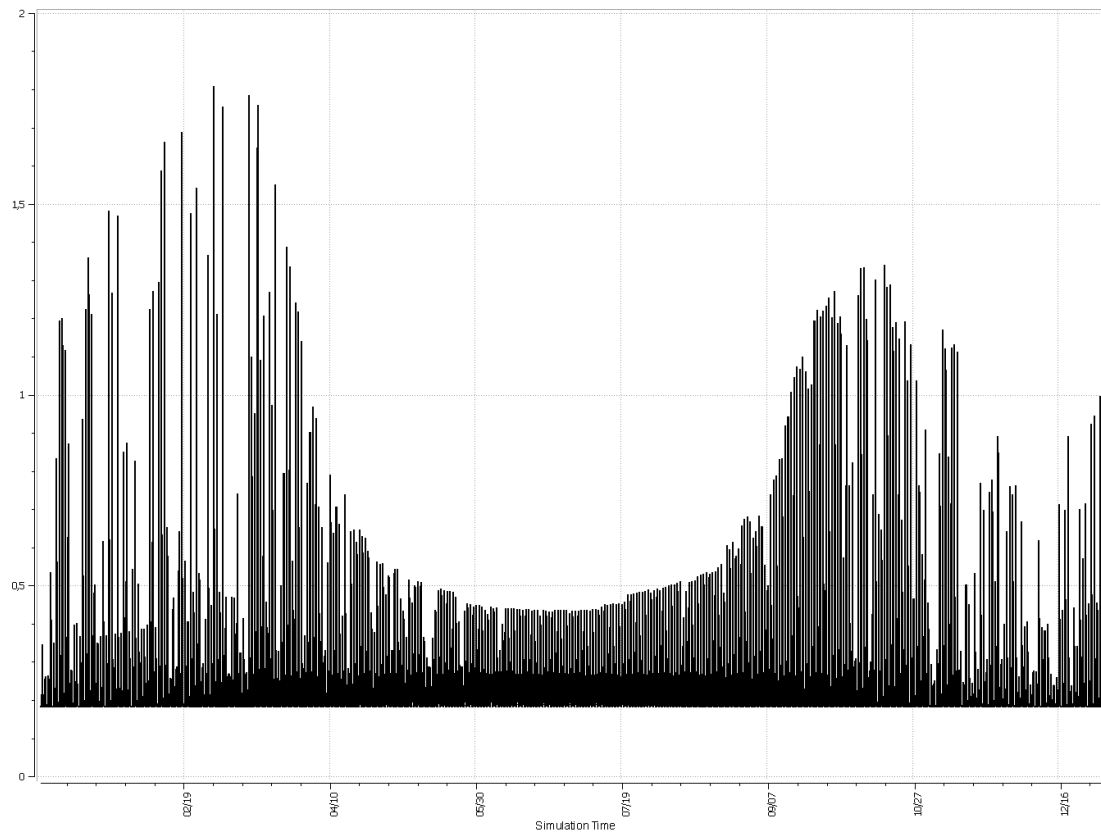
Τα μεγέθη που ελέγχθηκαν σε κάθε προσομοίωση ήταν:

- Illuminance (E) (lux),
- Maximum Simplified Daylight Glare Probability (sDGP),
- Daylight Autonomy (DA),
- Continuous Daylight Autonomy (conDA) και
- Useful Daylight Illuminance (UDI).

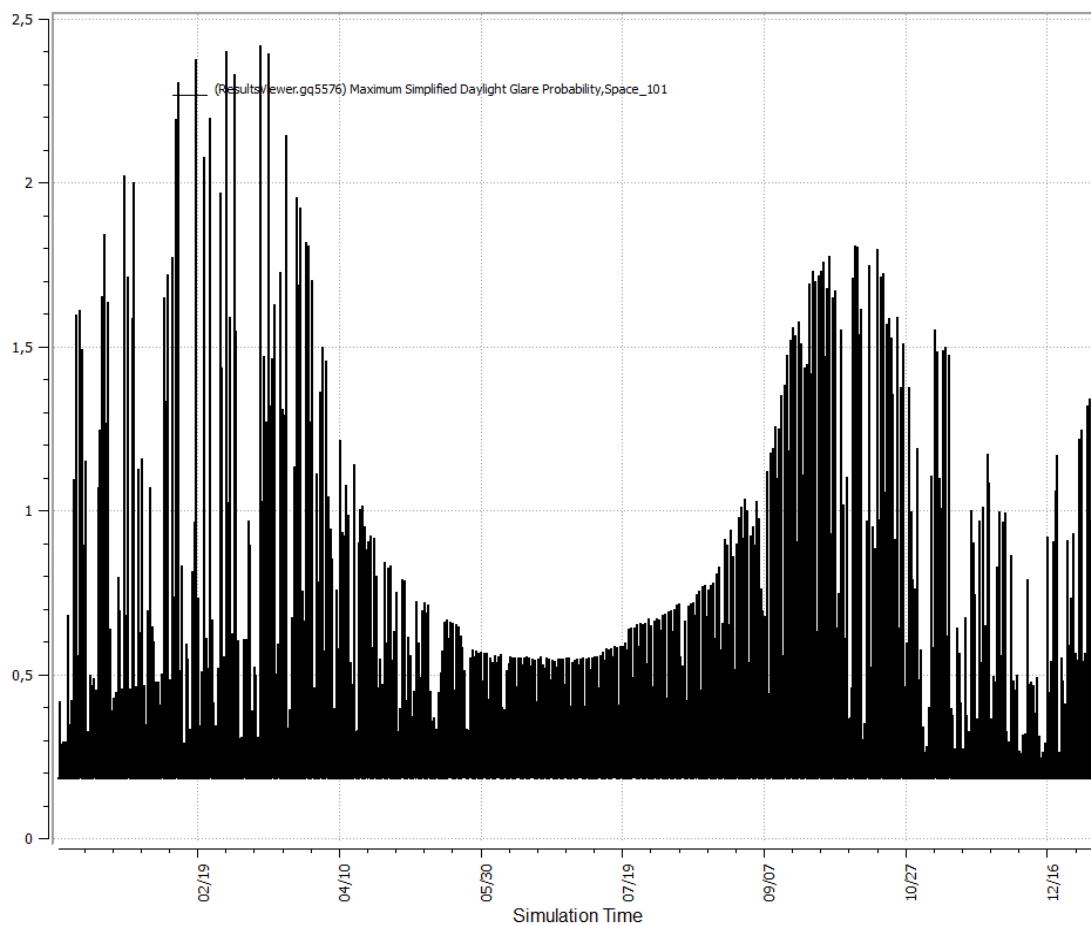
Όλα τα παραπάνω έχουν περιγραφεί και αναλυθεί στο θεωρητικό μέρος της παρούσας εργασίας.

5.2.2.1 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Σύγκριση μεγεθών για ύπαρξη ή μη συστήματος σκίασης (εξωτερικών περσίδων)

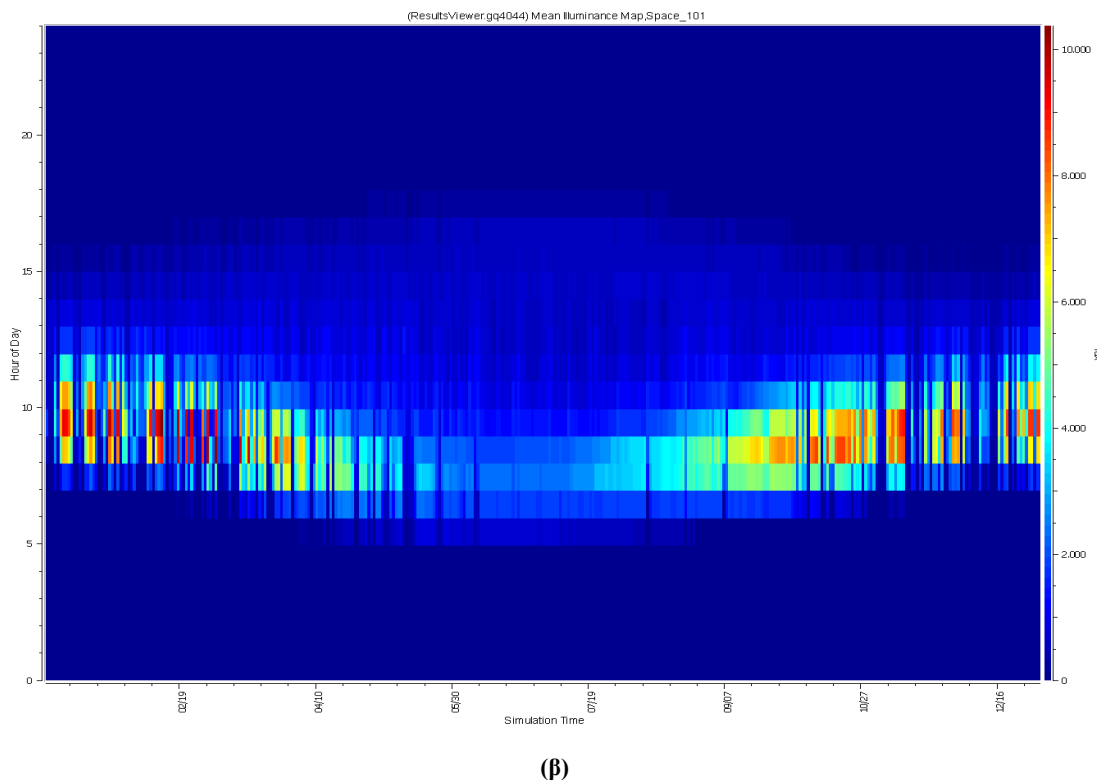
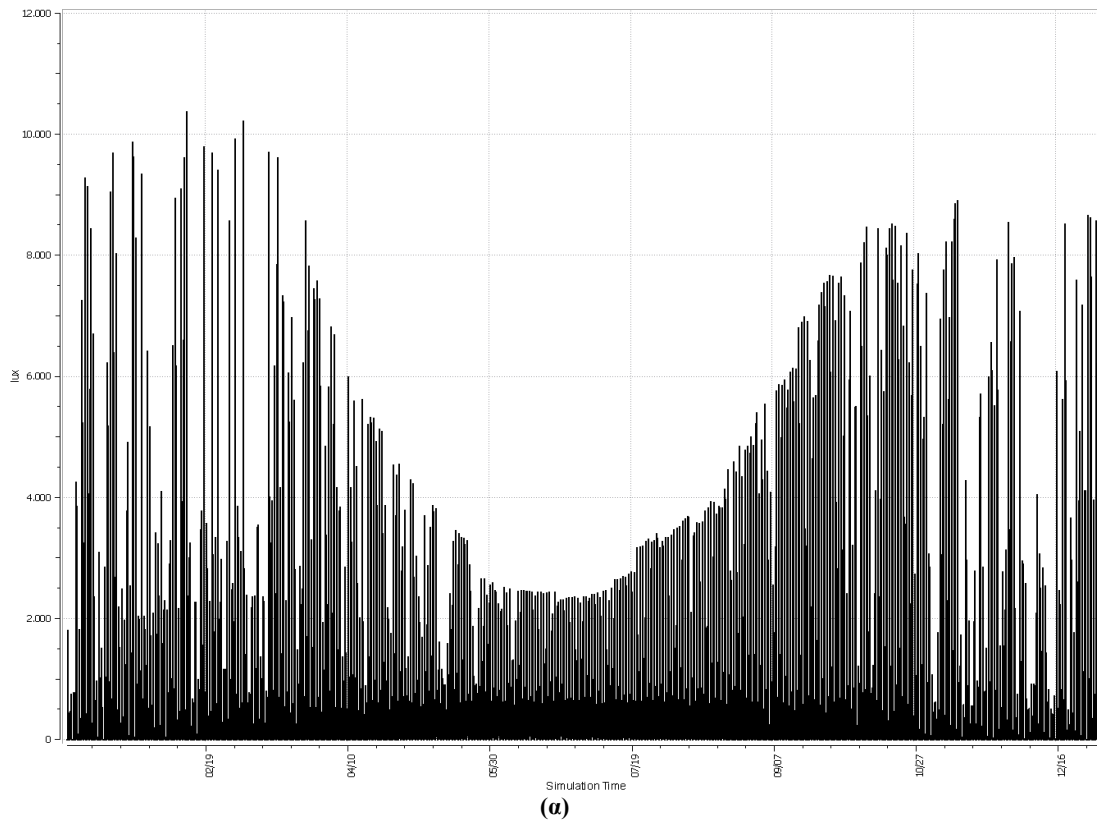
- Αποτελέσματα για Νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας (Θ.Ν.)
- Μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Προσομοιώσεις σεναρίων α) για θάλαμο νοσηλείας με σύστημα τεσσάρων σειρών κατακόρυφων εξωτερικών περσίδων με κάθ' ύψος απόσταση 0.6m από περσίδα σε περσίδα και β) για Θ.Ν. χωρίς εξωτερικά σκίαστρα.



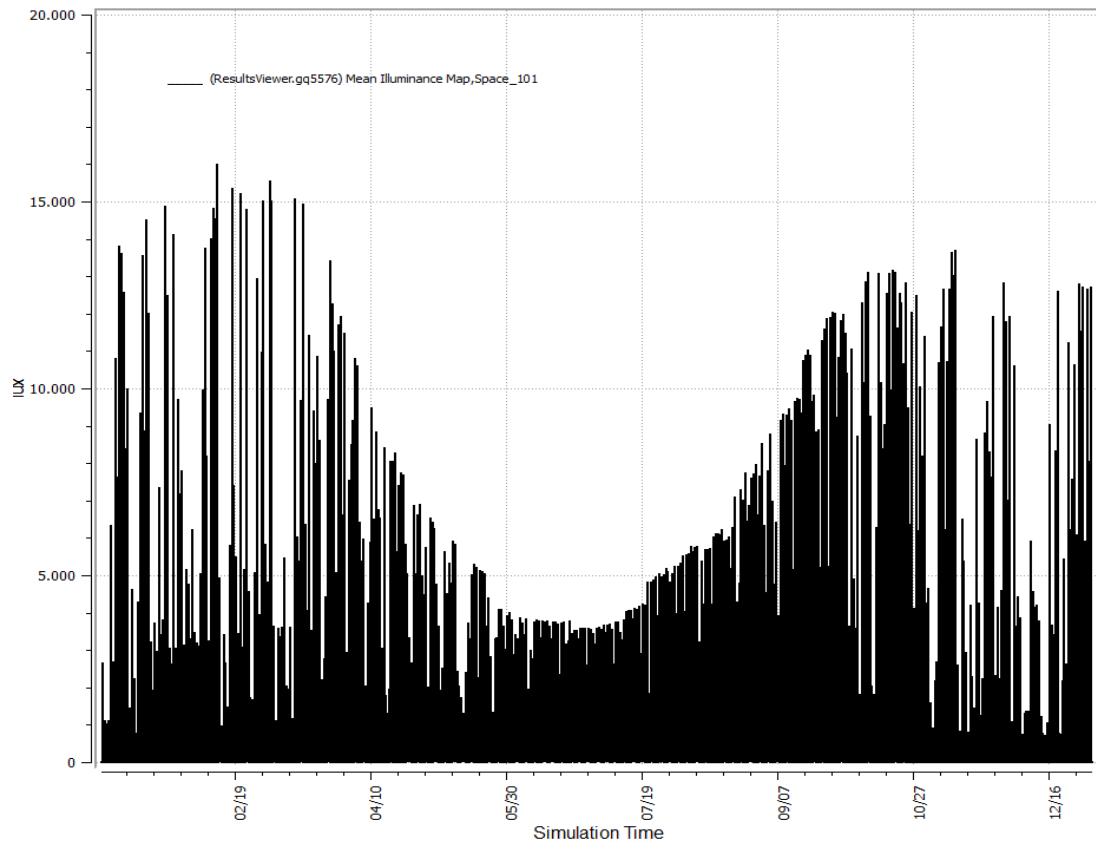
Εικόνα 5.16: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, με 4 σειρές κατακόρυφων εξωτερικών περιόδων



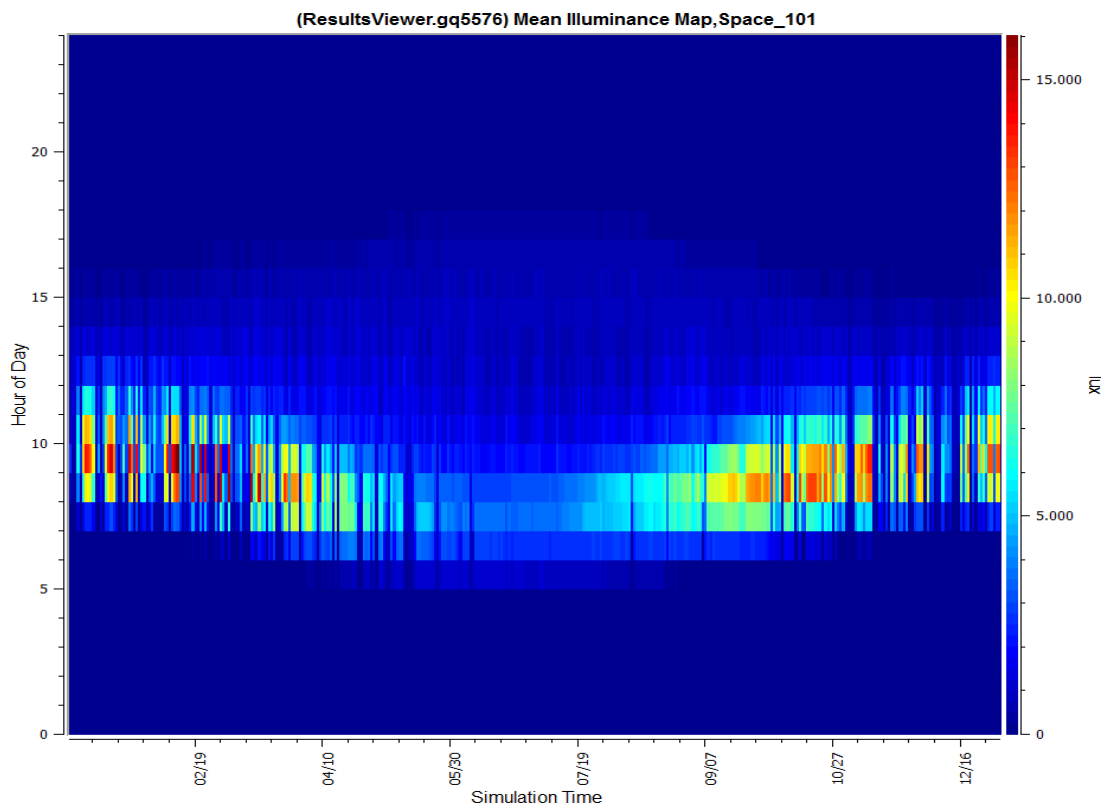
Εικόνα 5.17: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, χωρίς εξωτερικές περιόδους



Εικόνα 5.18 (α)-(β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, με 4 σειρές εξωτερικών περσίδων



(α)



(β)

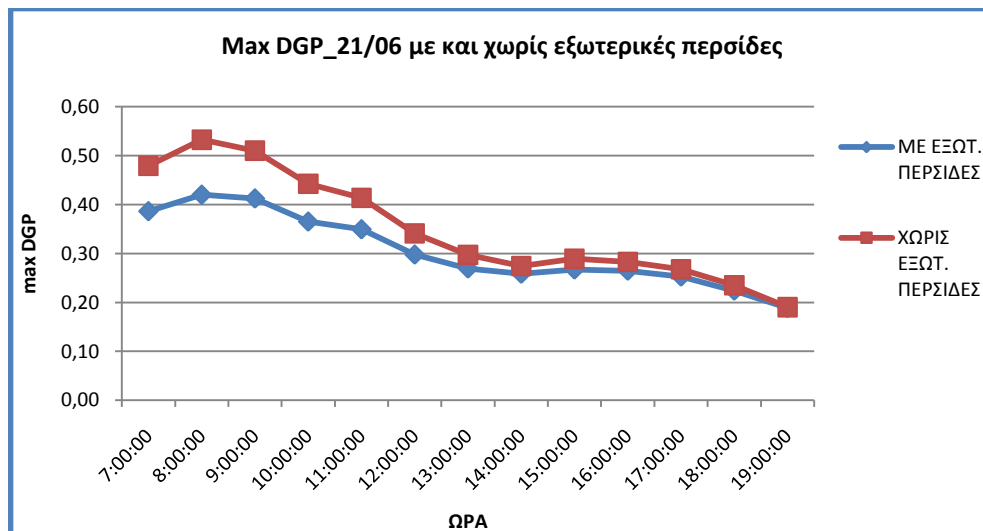
Εικόνα 5.19 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, χωρίς εξωτερικές περσίδες

DA(300)	Daylit Hours	0.74	3456	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.4	3463	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.74	3456	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.82	3841	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.44	3887	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.82	3841	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.75	3496	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.4	3527	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.75	3841	4685

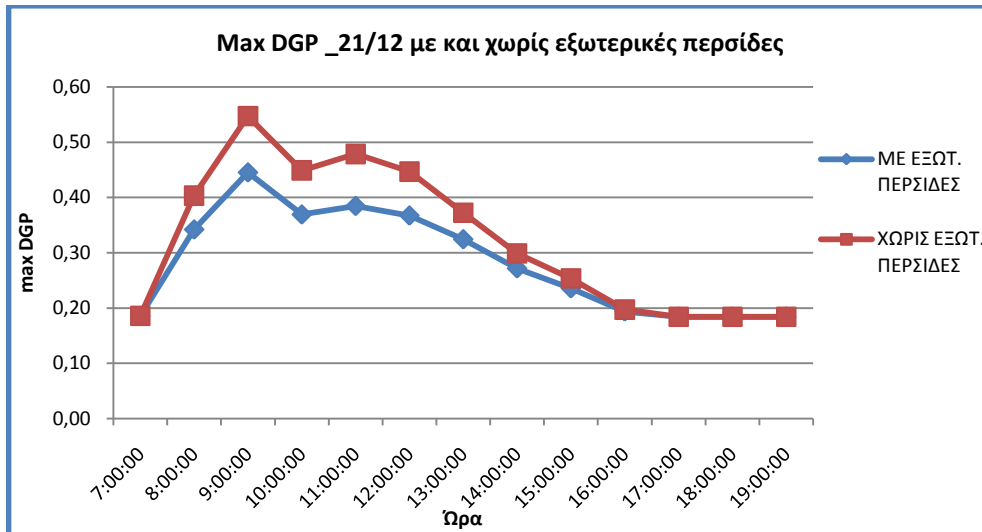
Εικόνα 5.20: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, με 4 σειρές εξωτερικών περιόδων

DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3938	4685

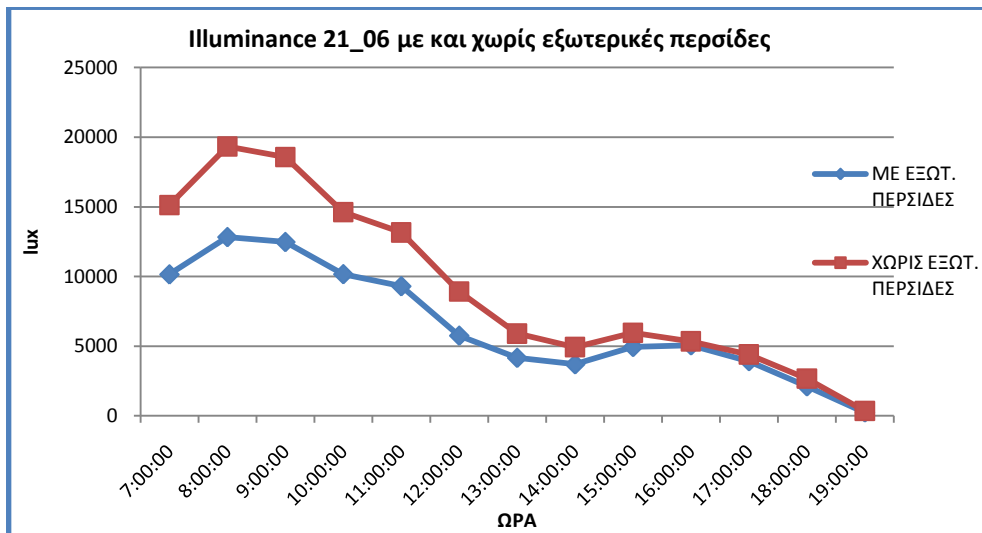
Εικόνα 5.21: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, χωρίς εξωτερικές περιόδους



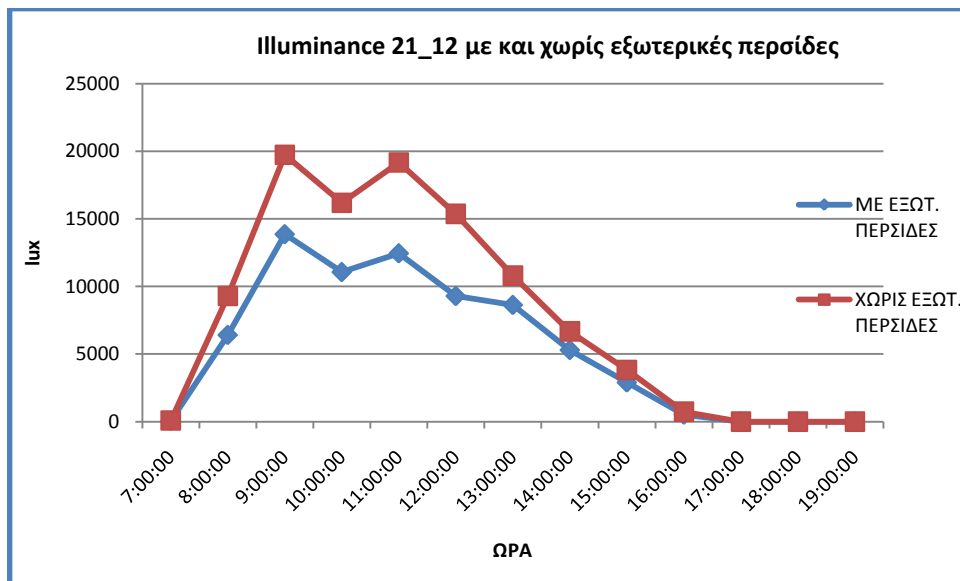
Εικόνα 5.22: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περιόδους



Εικόνα 5.23: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες



Εικόνα 5.24: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες



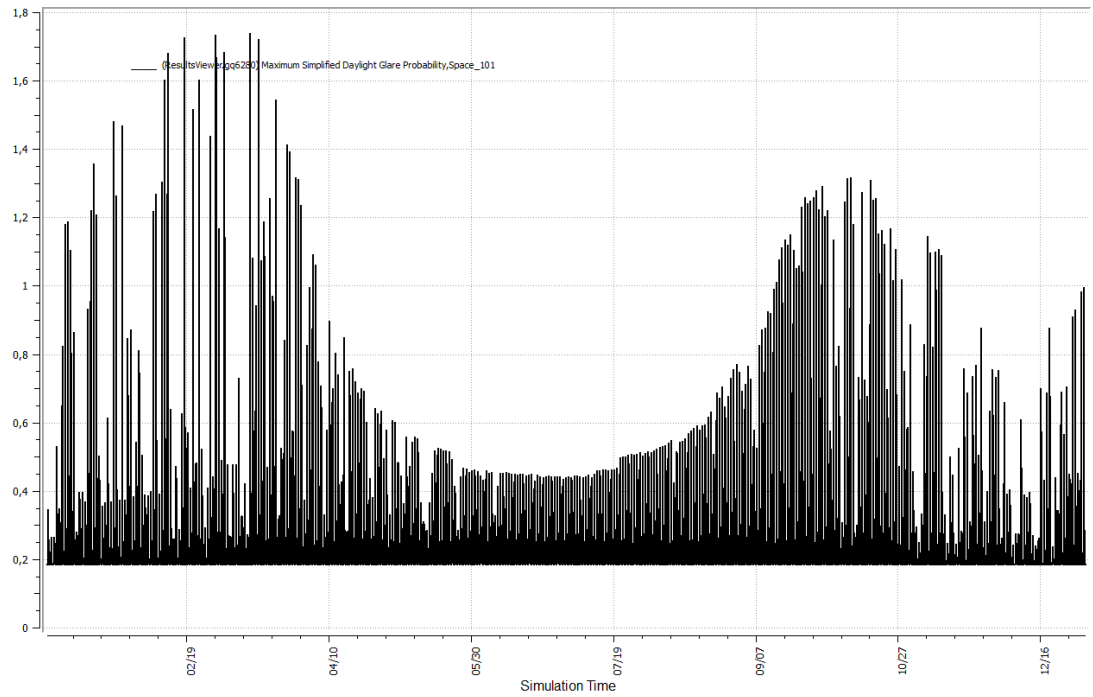
Εικόνα 5.25: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες

- Για την αποτελεσματική φροντίδα των ασθενών, τα επίπεδα φωτισμού της ευρύτερης επιφάνειας του κρεβατιού πρέπει να είναι τουλάχιστον 300 lux.
- Επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι με την τοποθέτηση των εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) μειώνεται συνολικά η πιθανότητα θάμβωσης, μειώνεται η ένταση συνολικά του φυσικού φωτισμού, χωρίς όμως να πέφτει κάτω από το όριο των 300 lux, μειώνονται ελαφρά οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού, αλλά αυξάνεται ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, αφού μειώνονται οι ακραία υψηλές τιμές έντασης φωτισμού και περισσότερες τώρα τιμές βρίσκονται στο επιθυμητό εύρος.
- Γενικά, παρατηρούνται τιμές πολύ υψηλότερες της τιμής των 300 lux γεγονός που οδηγεί σε μεγάλες γενικά αυτονομίες.
- Οι μέγιστες τιμές έντασης φωτισμού και πιθανότητας θάμβωσης σημειώνονται κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο για τις πρωινές προς μεσημεριανές ώρες.

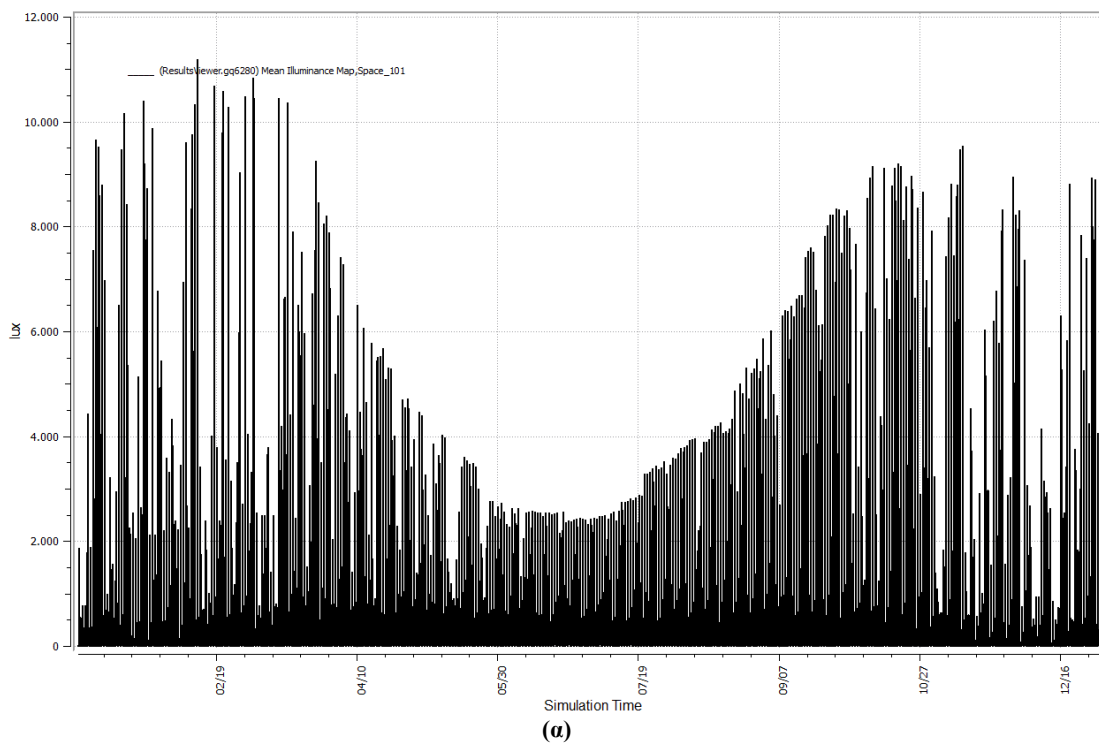
5.2.2.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επιρροής Οπτικής Διαπερατότητας (Window Tviz) υαλοπίνακα

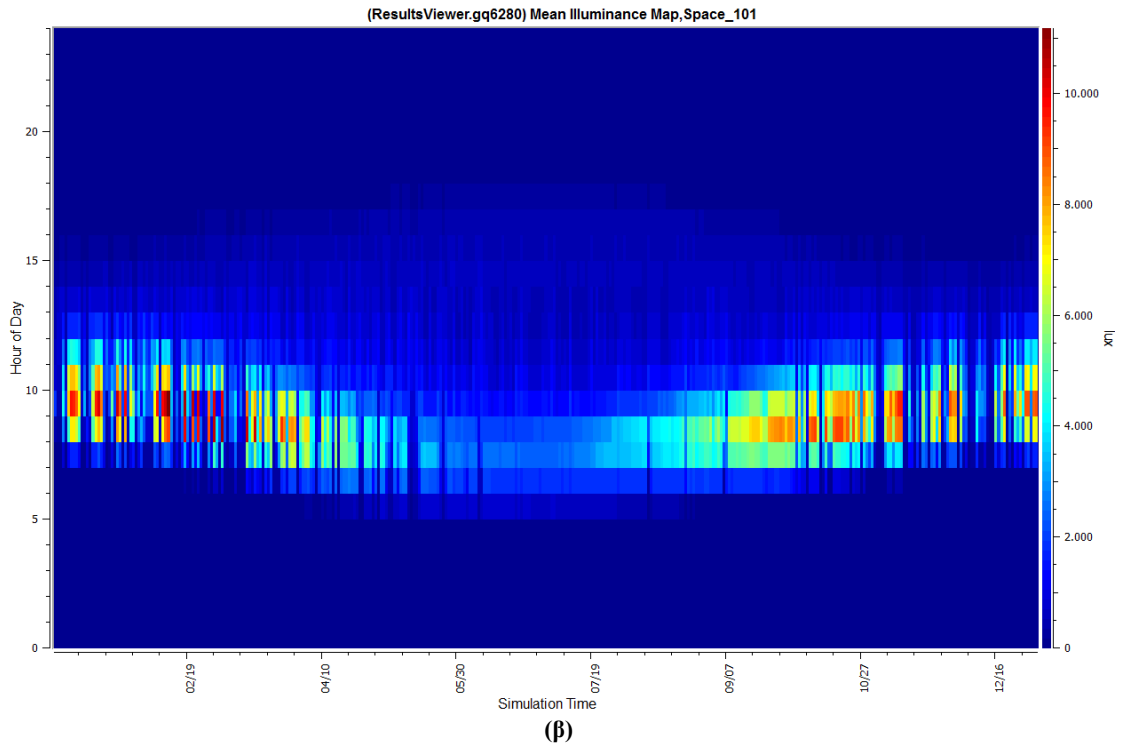
- Αποτελέσματα για Νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών περσίδων
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Τιμές Οπτικής Διαπερατότητας (Window Tviz) από 0.5 έως 0.8 με βήμα 0.1.

Αποτελέσματα για Οπτική Διαπερατότητα 0,5:



Εικόνα 5.26: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.



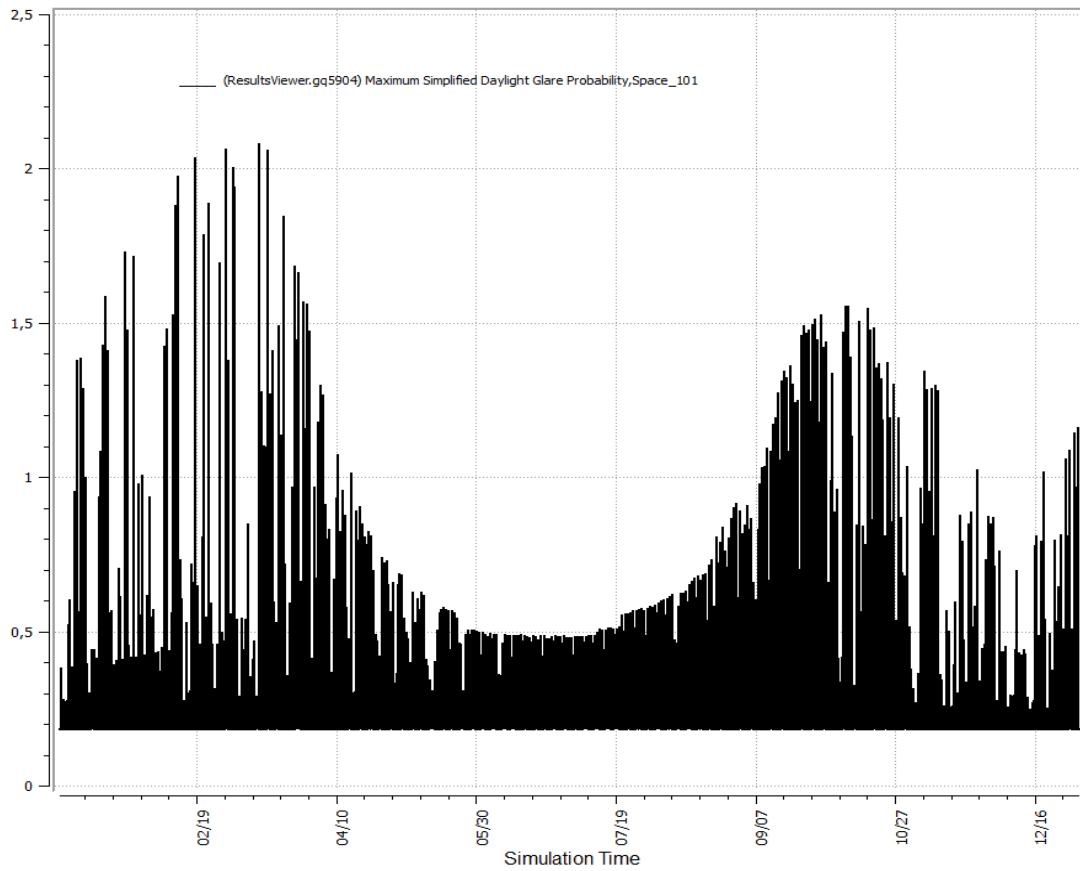


Εικόνα 5.27 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.

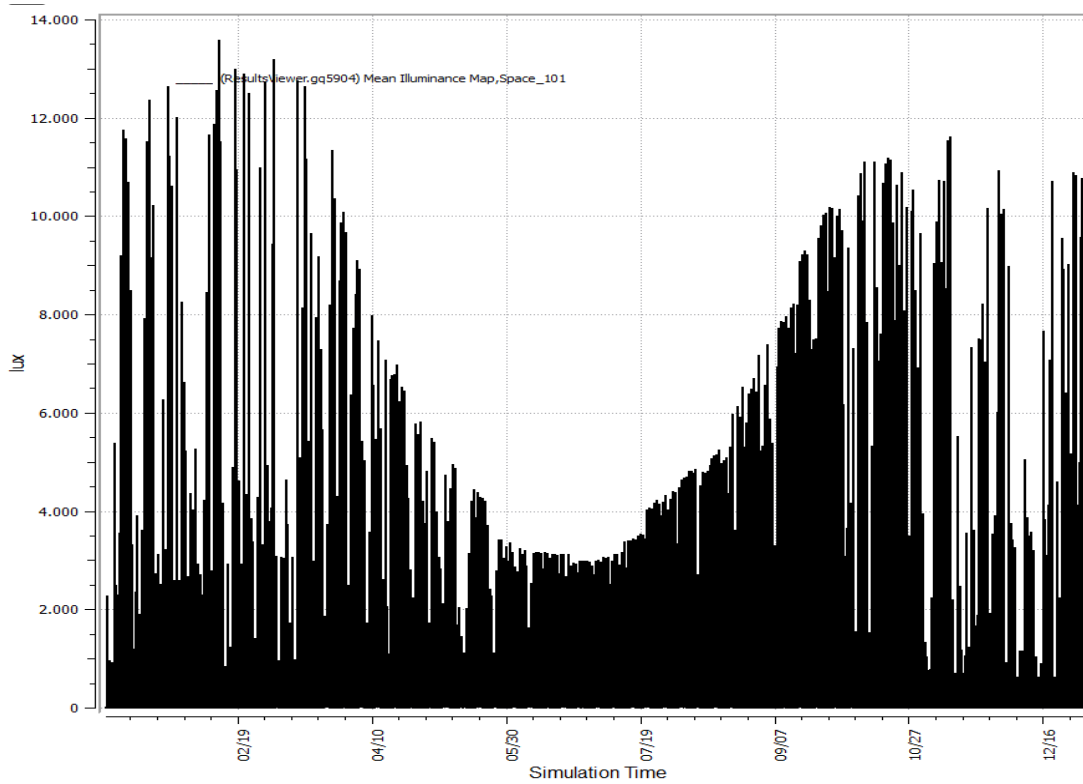
DA(300)	Daylit Hours	0.72	3351	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.38	3359	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.72	3351	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.81	3810	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.44	3857	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.81	3810	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.74	3463	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.4	3494	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.74	3810	4685

Εικόνα 5.28: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.

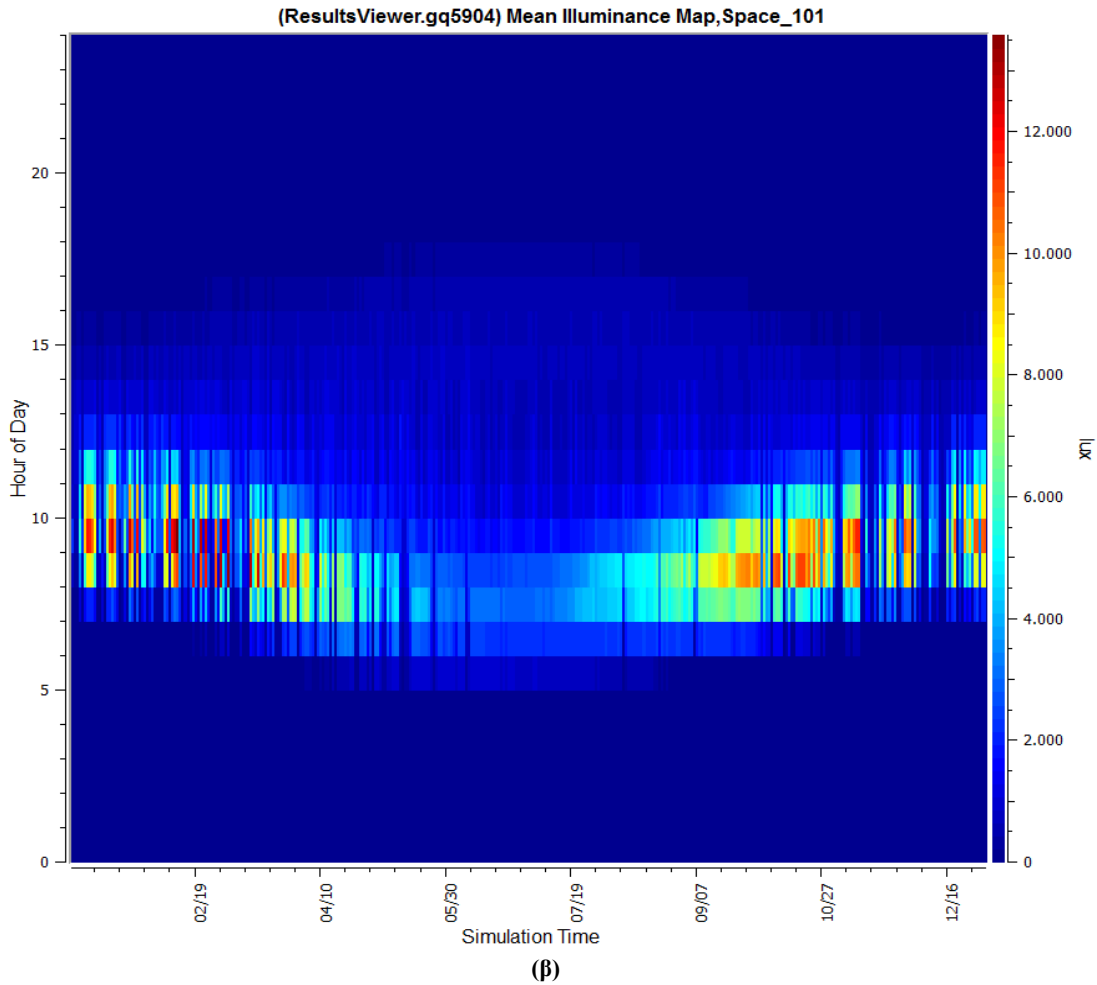
Αποτελέσματα για οπτική διαπερατότητα: 0,6:



Εικόνα 5.29: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6



(α)

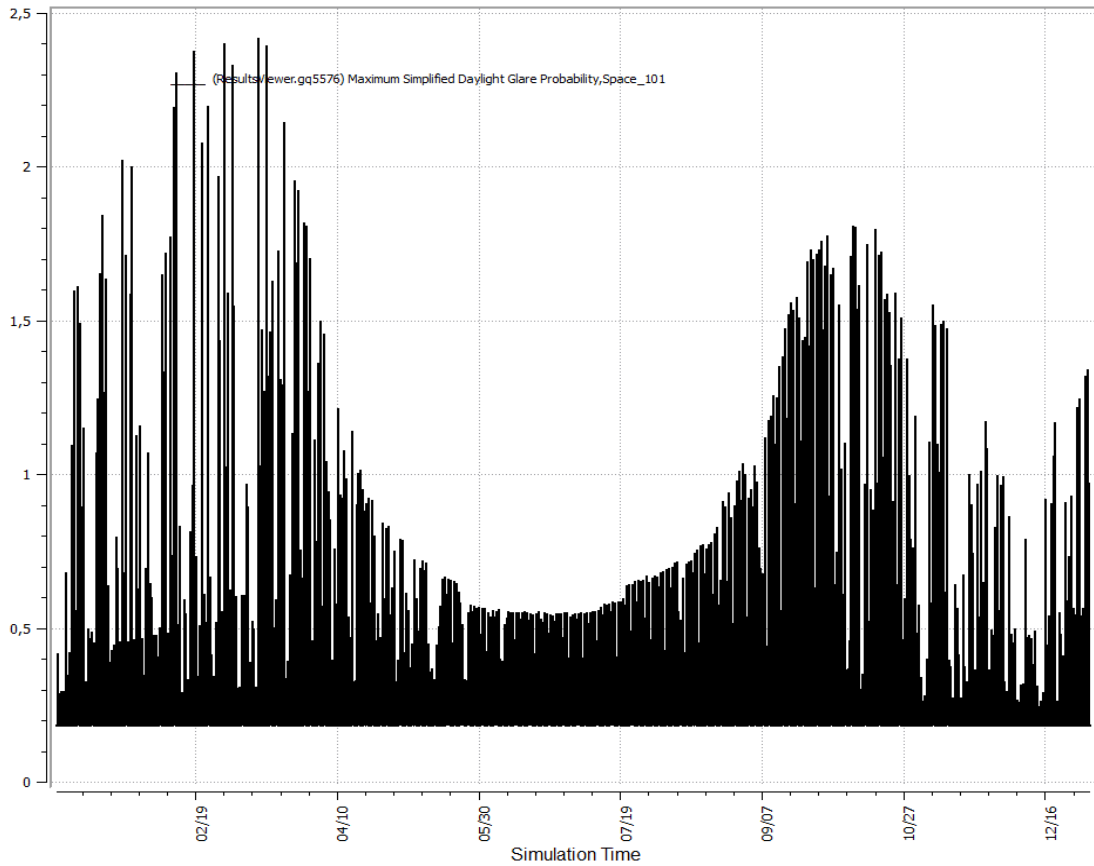


Εικόνα 5.30(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6.

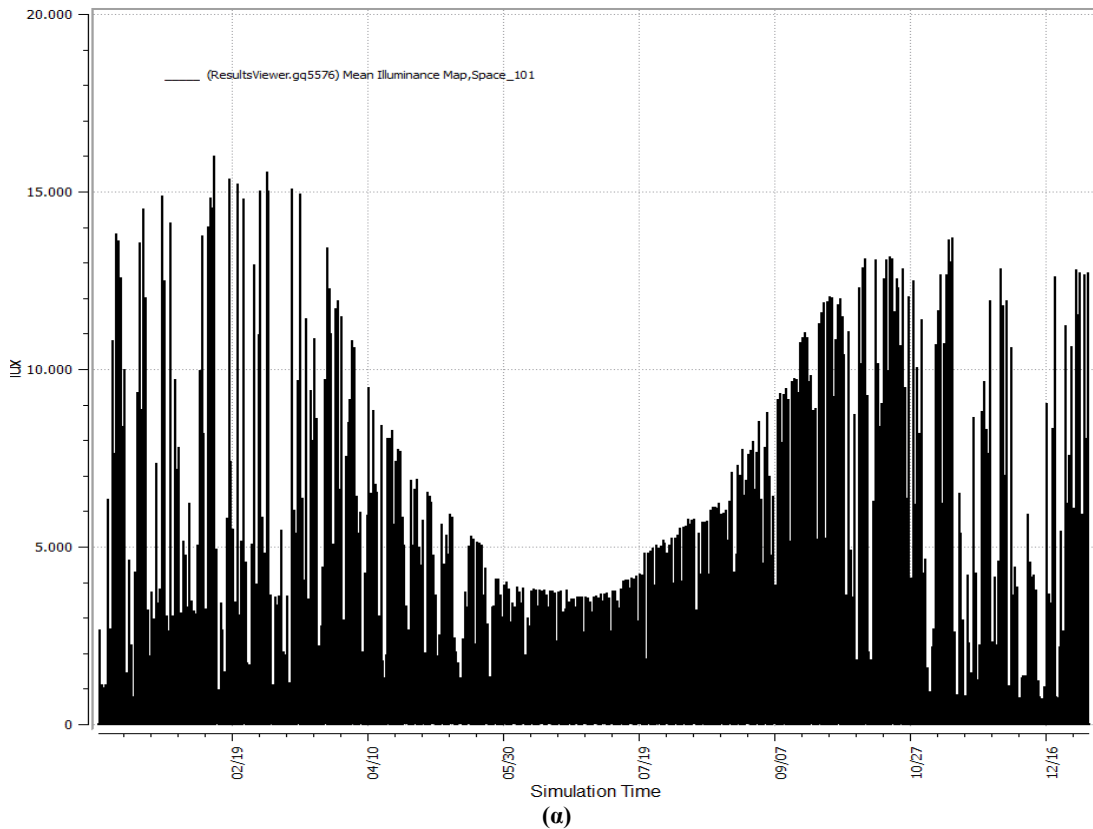
DA(300)	Daylit Hours	0.76	3552	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.41	3561	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.76	3552	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.83	3888	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.45	3943	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.83	3888	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.73	3406	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3447	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.73	3888	4685

Εικόνα 5.31: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6.

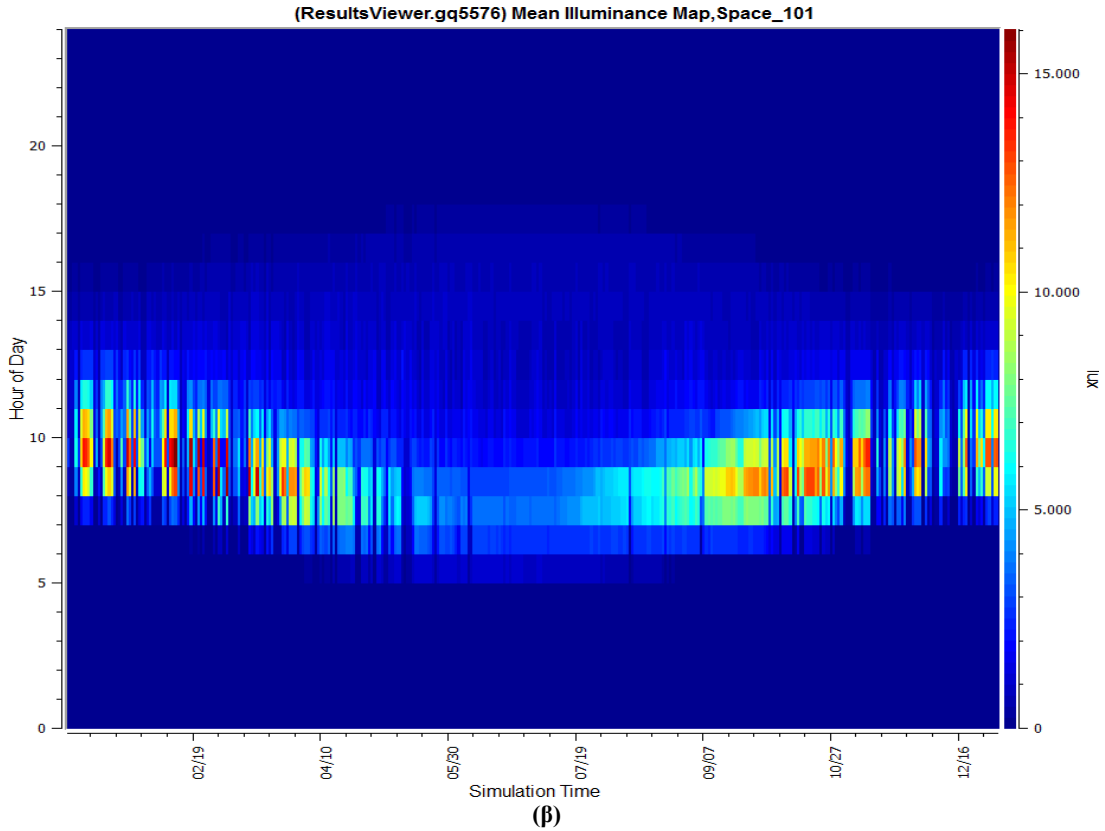
Αποτελέσματα για οπτική διαπερατότητα 0,7:



Εικόνα 5.32: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7



(α)

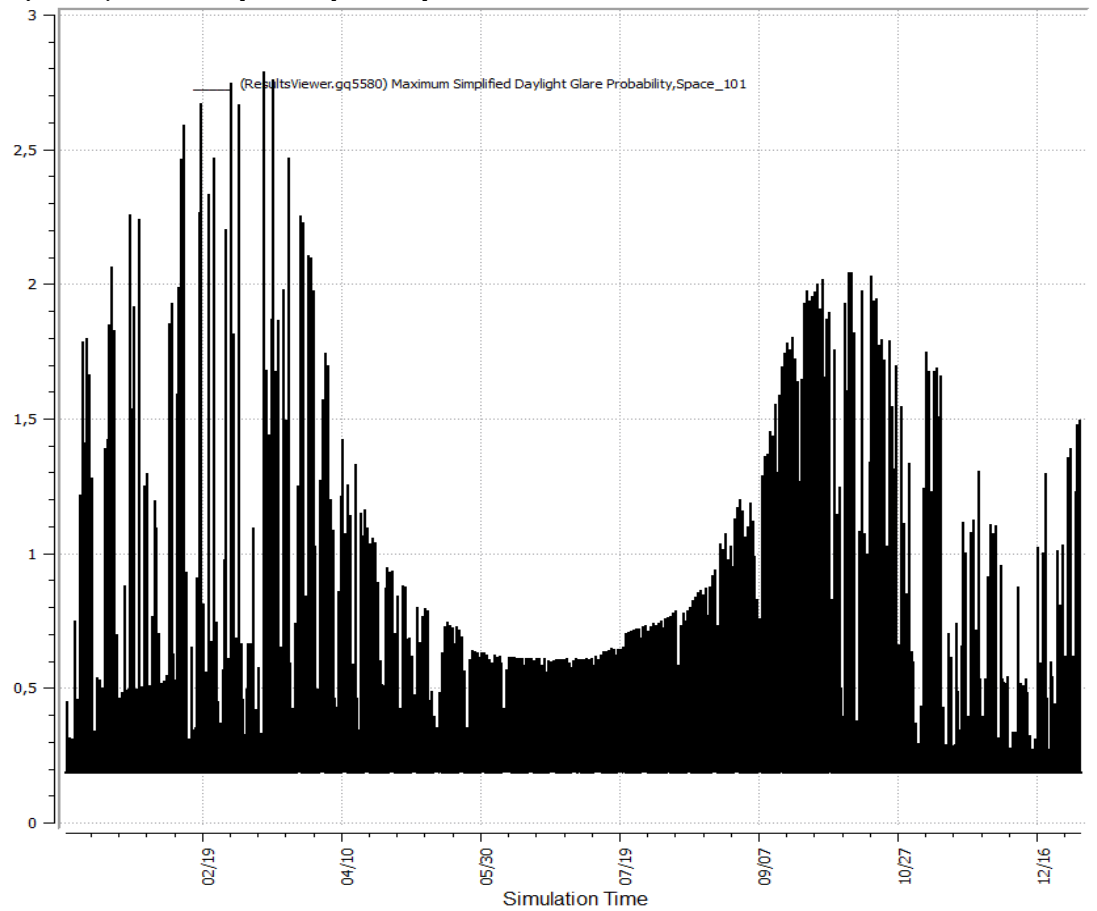


Εικόνα 5.33(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7.

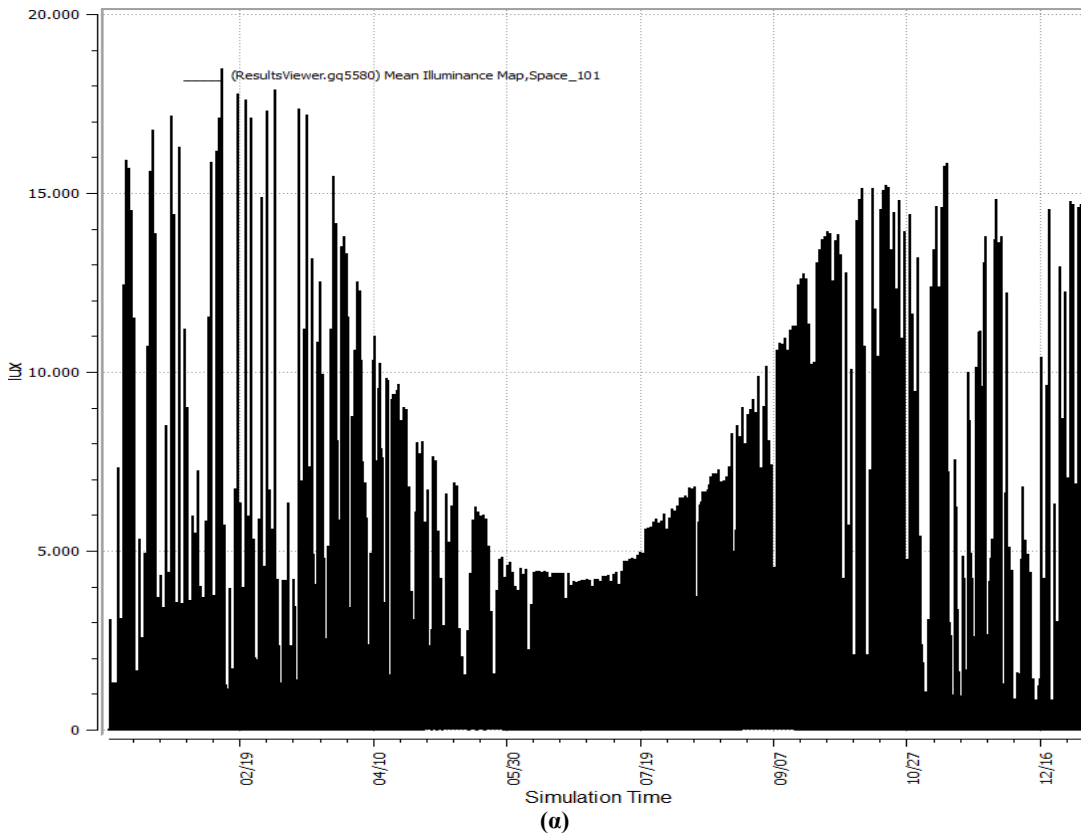
DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3938	4685

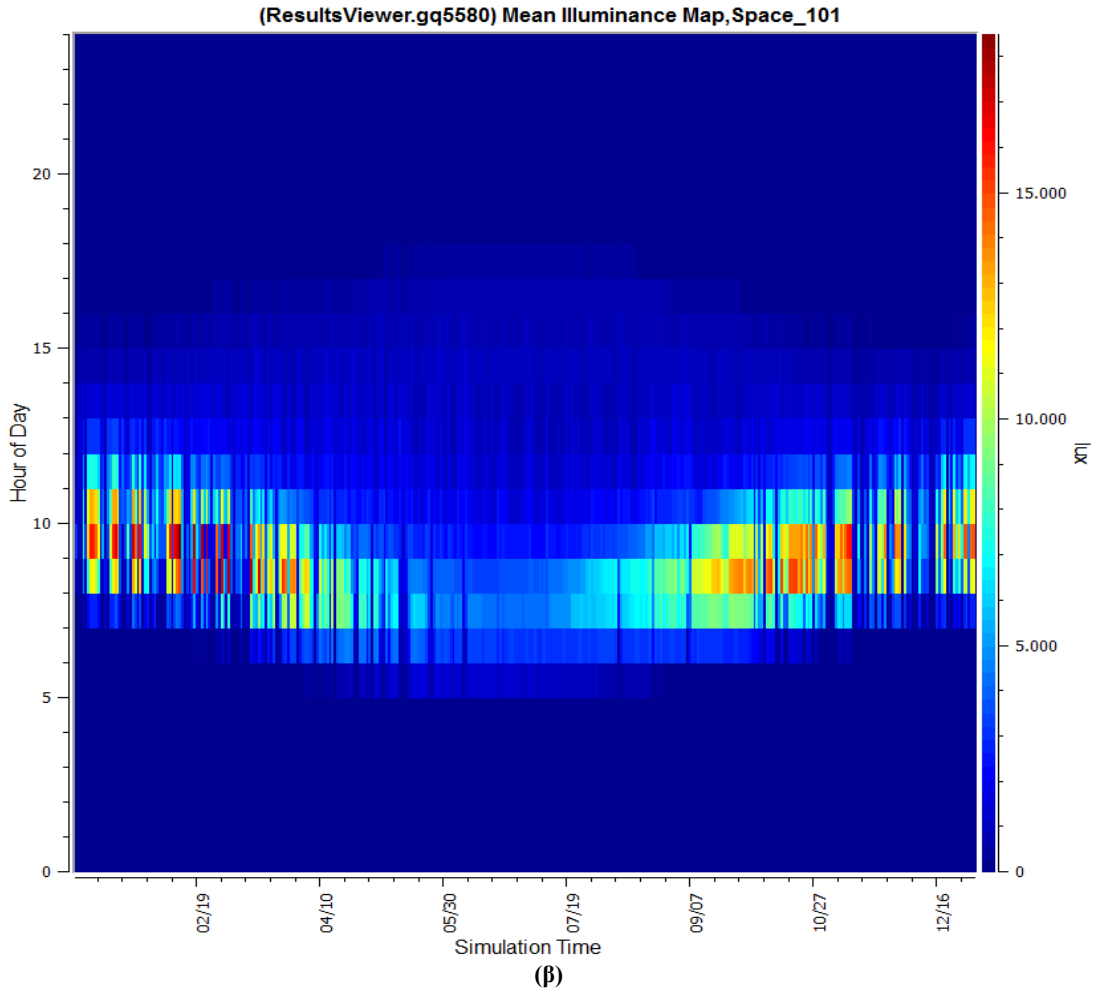
Εικόνα 5.34: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7.

Αποτελέσματα για οπτική διαπερατότητα 0,8:



Εικόνα 5.35: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8

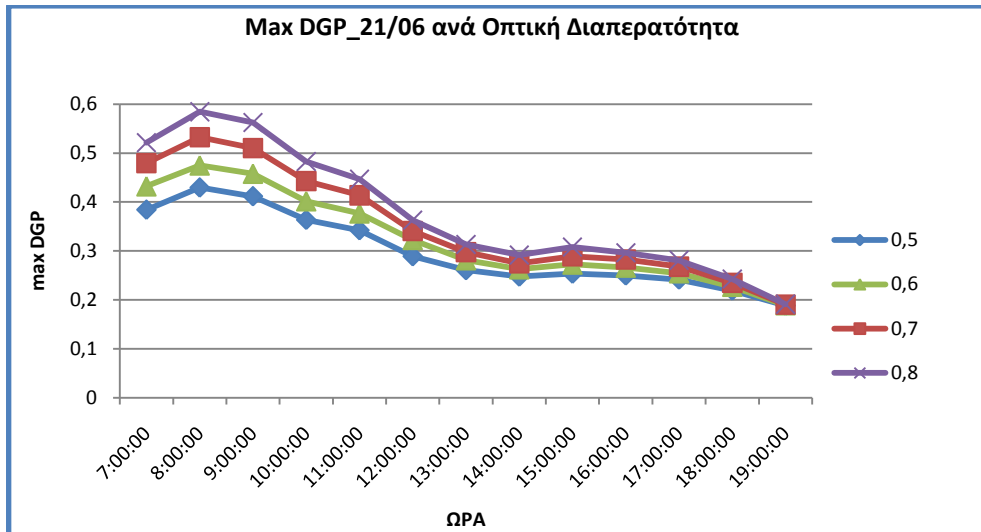




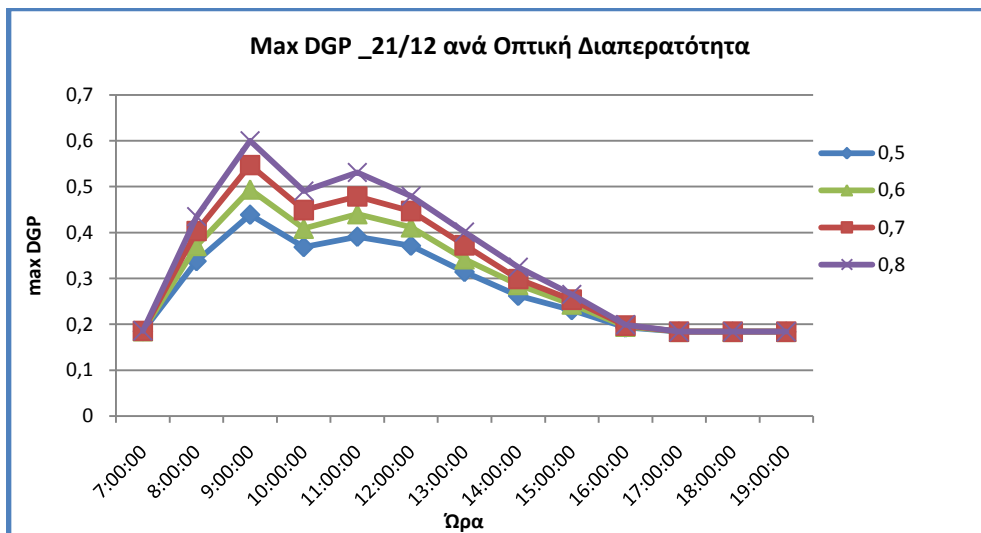
Εικόνα 5.36 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8.

DA(300)	Daylit Hours	0.8	3747	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.43	3761	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.8	3747	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.85	3974	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4046	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.85	3974	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.68	3201	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.37	3263	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.68	3974	4685

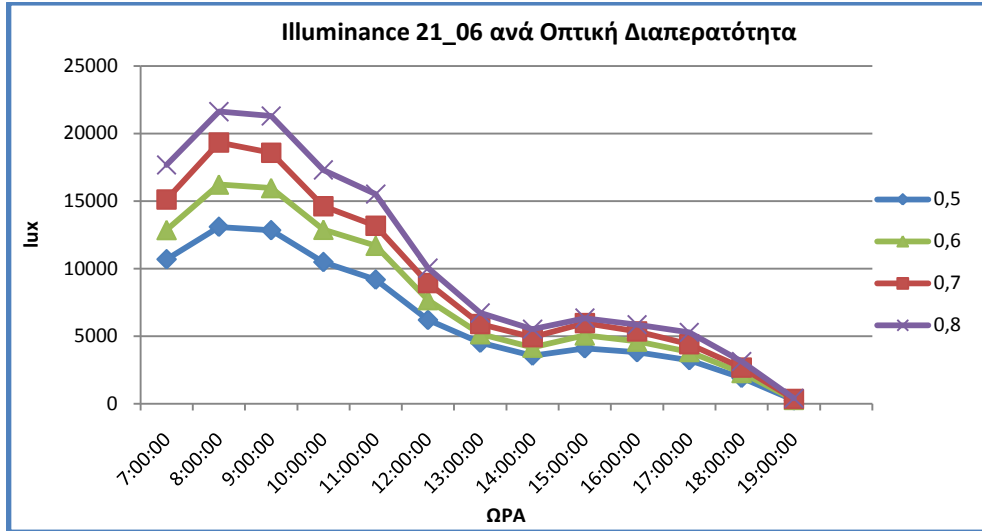
Εικόνα 5.37: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8.



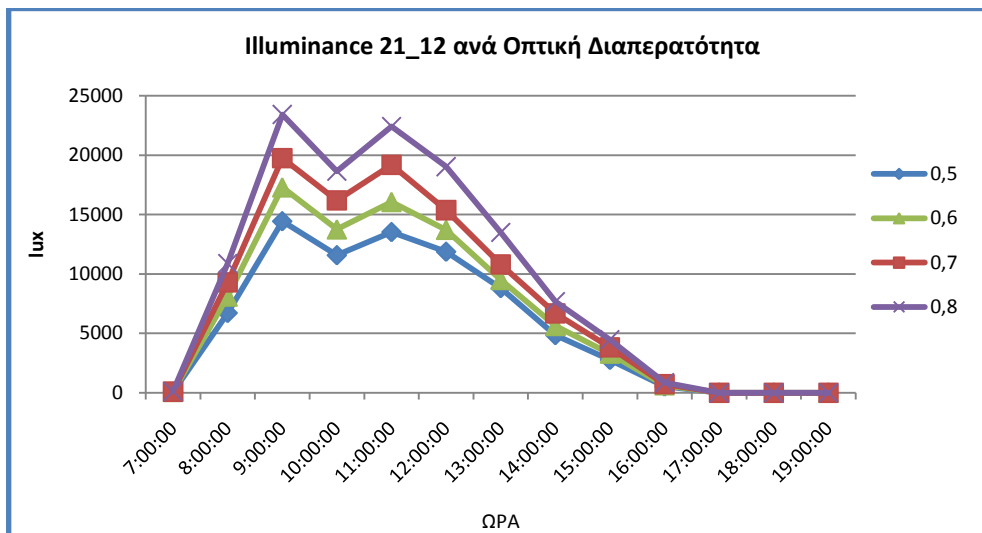
Εικόνα 5.38: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.



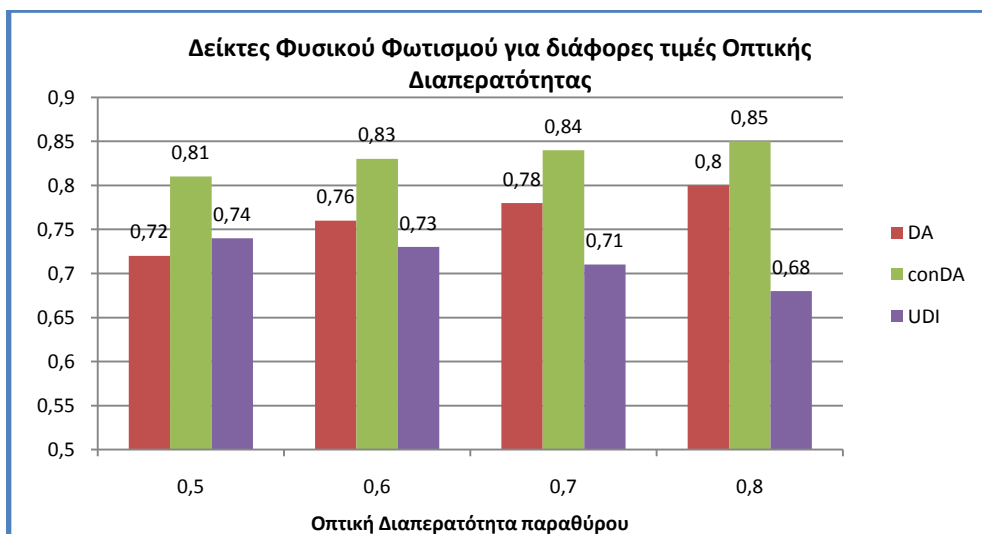
Εικόνα 5.39: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.



Εικόνα 5.40: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.



Εικόνα 5.41: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.



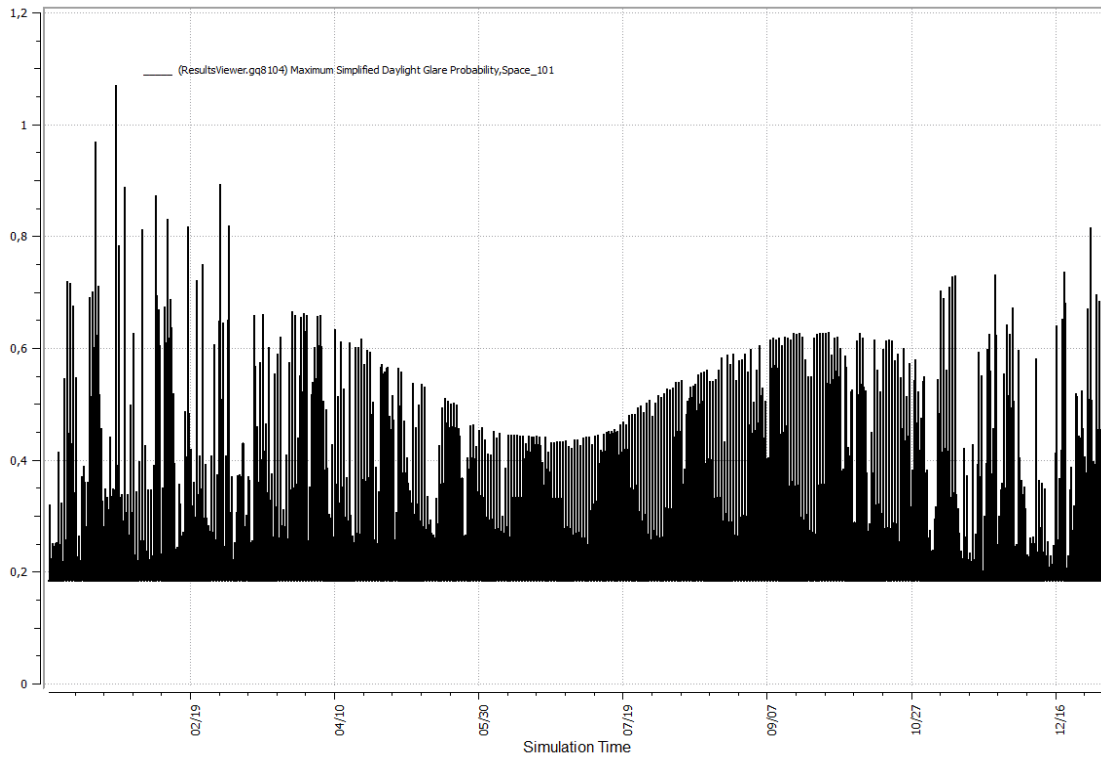
Εικόνα 5.42: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για τιμές Οπτικής Διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.

- Επιβεβαιώνεται από τα παραπάνω αποτελέσματα, η φυσική ερμηνεία της παραμέτρου Visible Transmittance (Οπτική Διαπερατότητα). Όπως ήταν αναμενόμενο, αυξανόμενης της τιμής οπτικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού, αφού επιτρέπεται η διείσδυση μεγαλύτερων επιπέδων ακτινοβολίας στο εσωτερικό του Θ.Ν. μέσω του παραθύρου.
Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται ελαφρά καθώς παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί.
- Γενικά, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται τιμές πολύ υψηλότερες της τιμής των 300 lux γεγονός που οδηγεί σε μεγάλες γενικά αυτονομίες.
- Οι μέγιστες τιμές έντασης φωτισμού και πιθανότητας θάμβωσης σημειώνονται κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο για τις πρωινές προς μεσημεριανές ώρες.

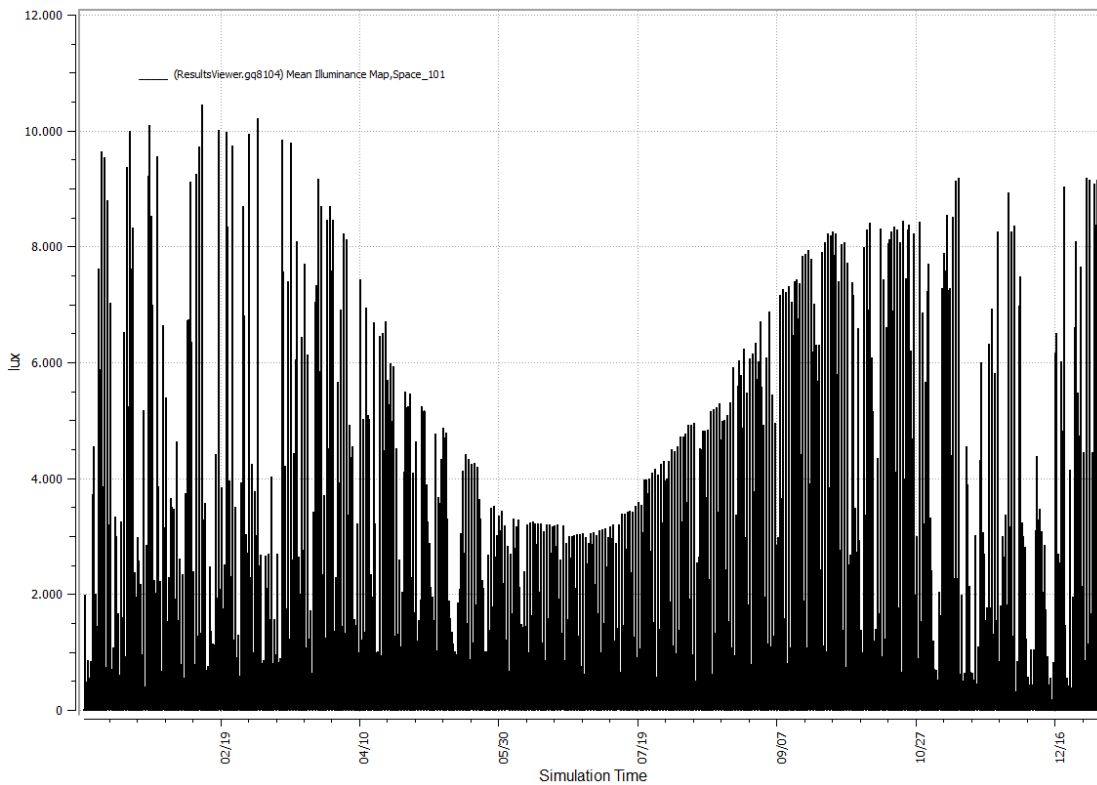
5.2.2.3 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους παραθύρου

- Αποτελέσματα για Νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Προσομοιώσεις για ύψη παραθύρου από 2.0 έως 3.0 m με βήμα 0.2m

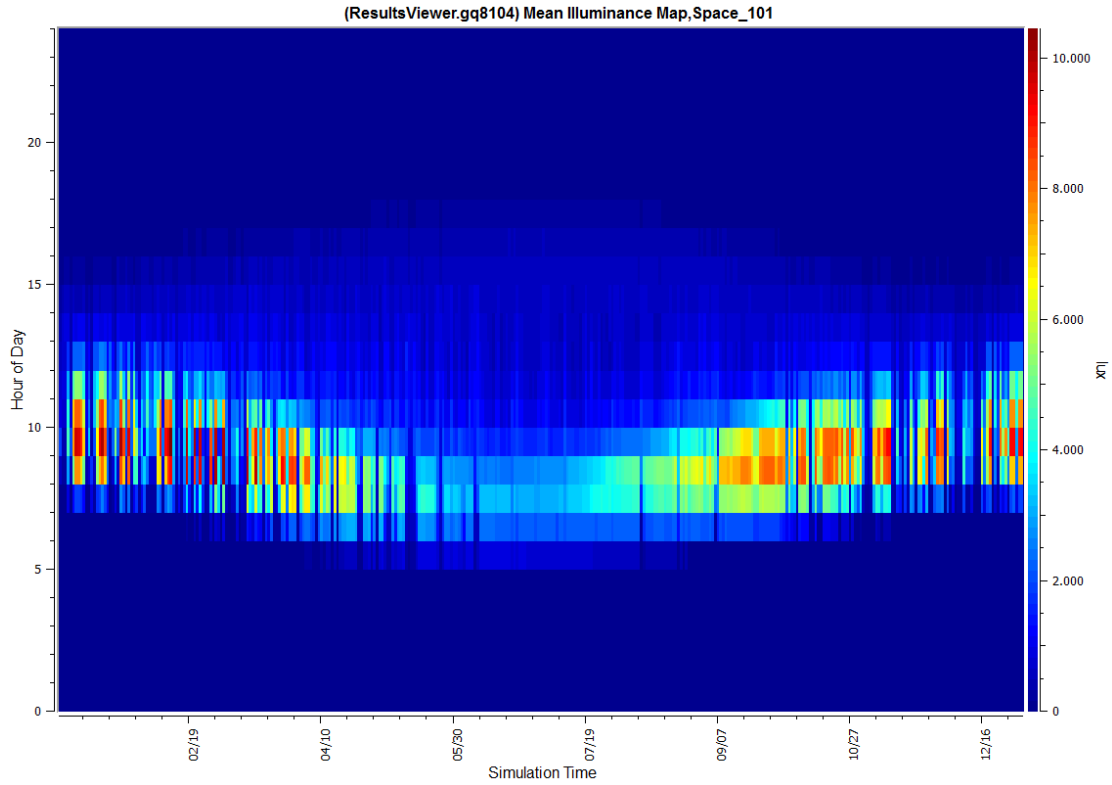
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 2,0 m:



Εικόνα 5.43: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,0 m



(α)



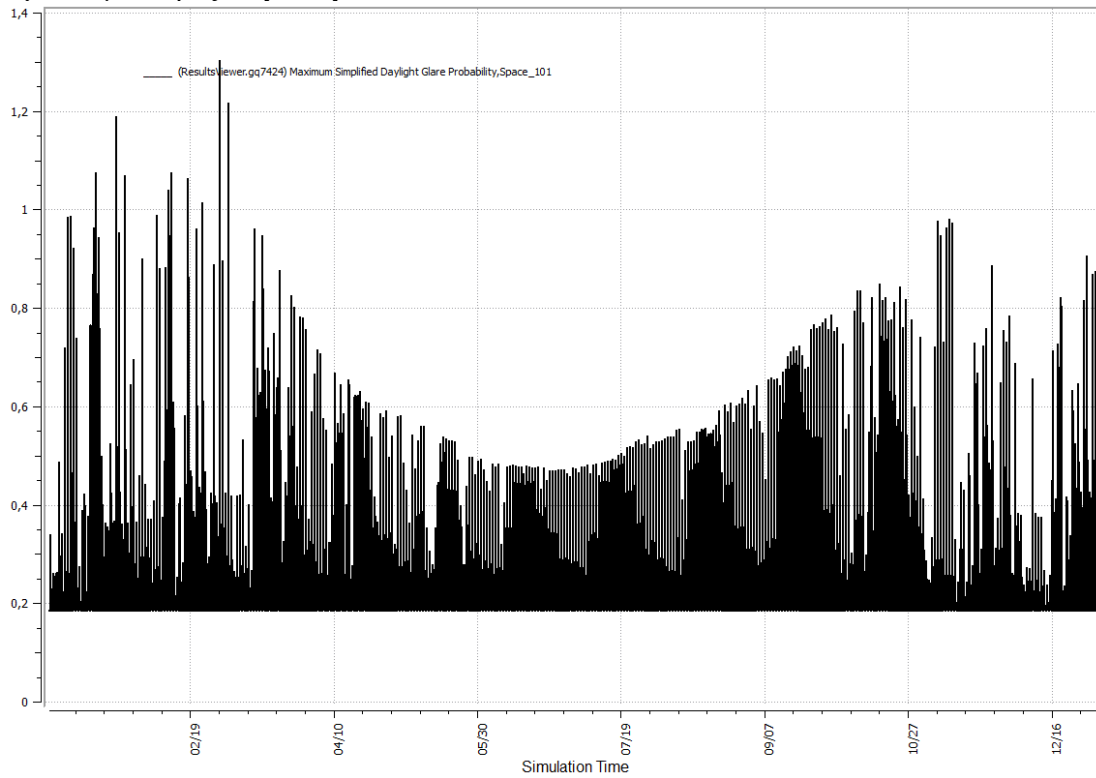
(β)

Εικόνα 5.44 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,0 m.

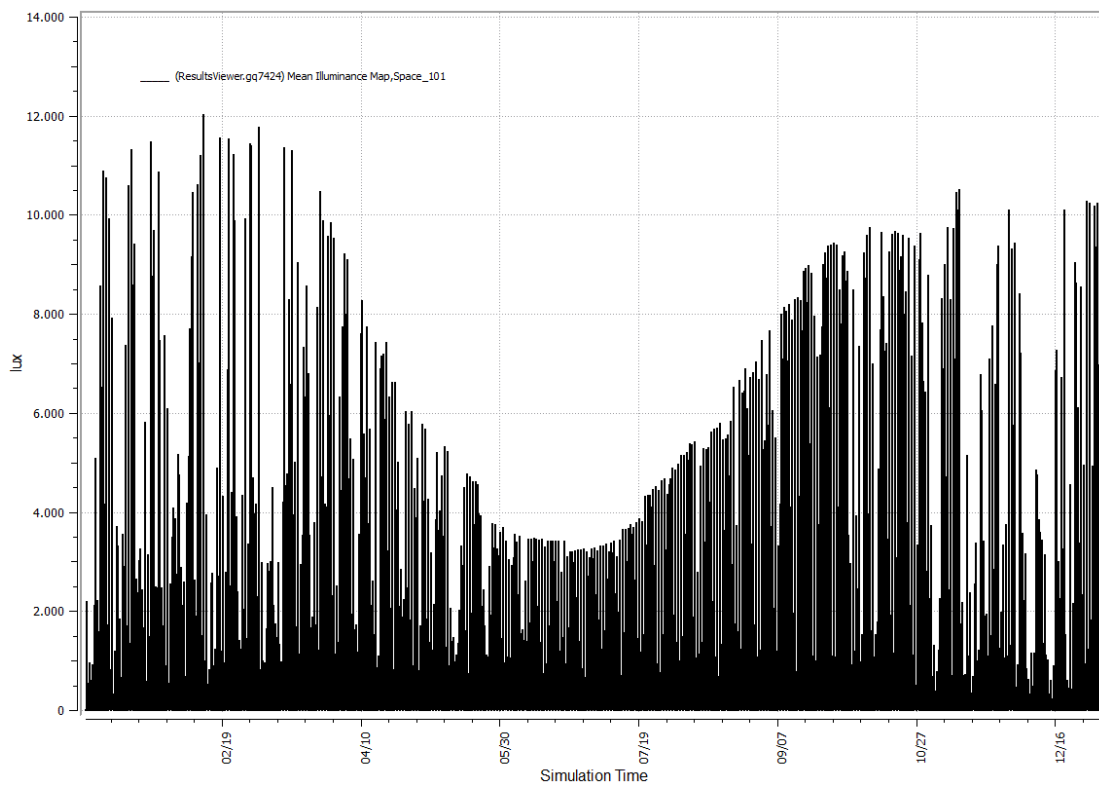
DA(300)	Daylit Hours	0.69	3213	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.37	3221	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.69	3213	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.8	3749	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.43	3798	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.8	3749	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.73	3438	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.4	3479	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.73	3749	4685

Εικόνα 5.45: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,0 m.

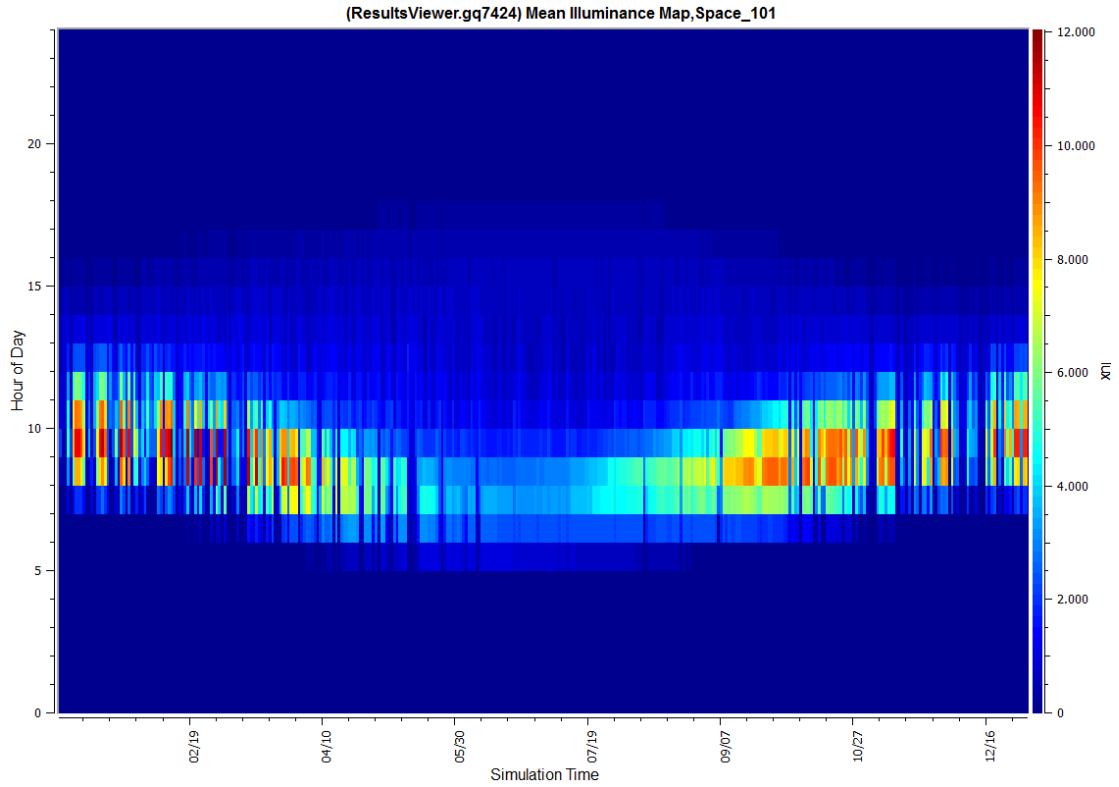
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 2,2 m:



Εικόνα 5.46: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,2 m



(α)



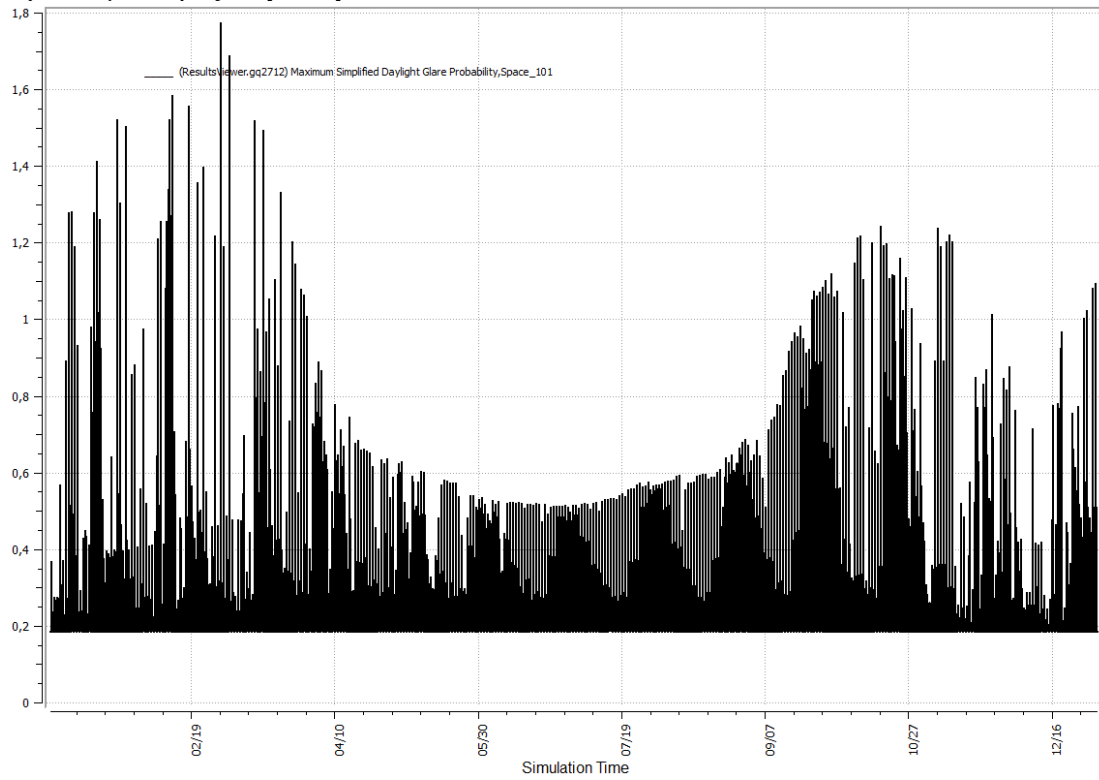
(β)

Εικόνα 5.47 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,2 m.

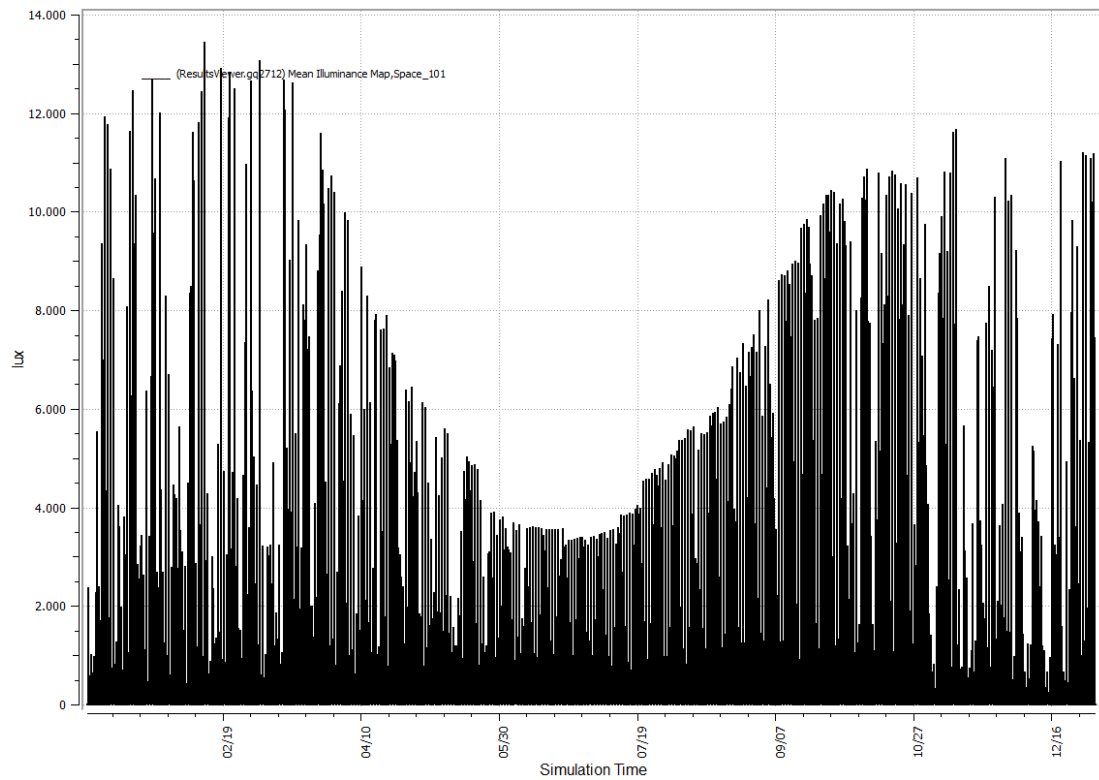
DA(300)	Daylit Hours	0.72	3373	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.39	3382	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.72	3373	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.82	3820	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.44	3874	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.82	3820	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.73	3409	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3453	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.73	3820	4685

Εικόνα 5.48: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,2 m.

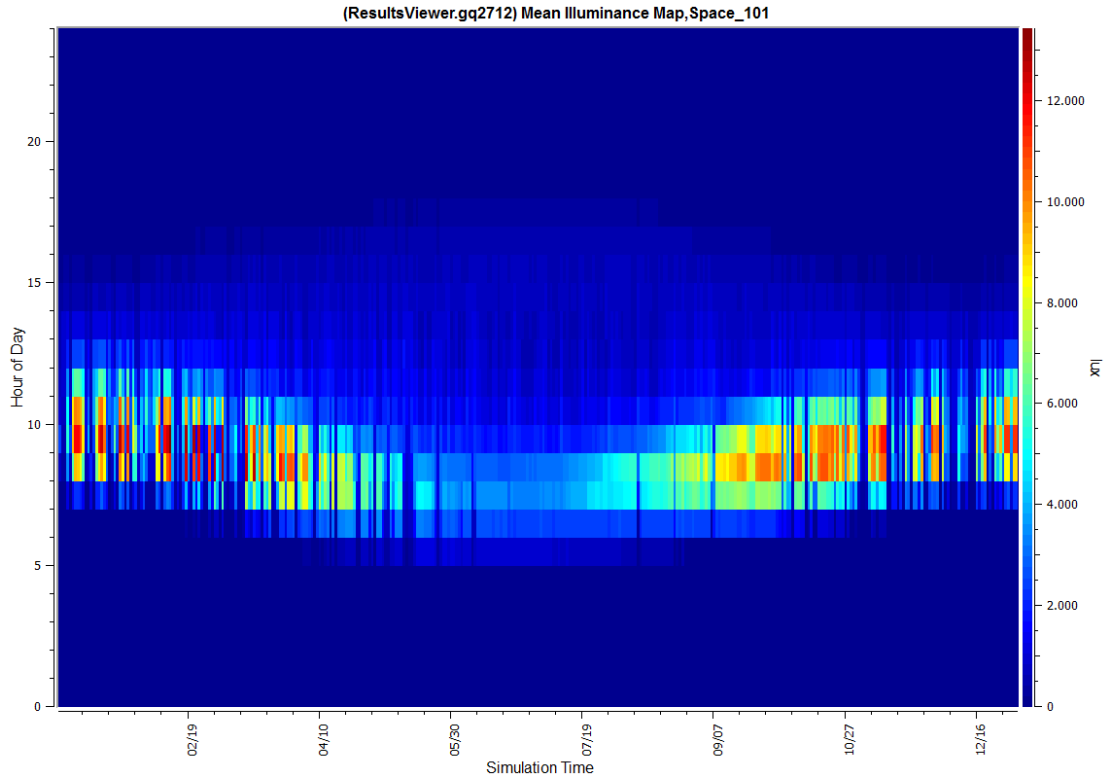
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 2,4 m:



Εικόνα 5.49: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,4 m



(α)



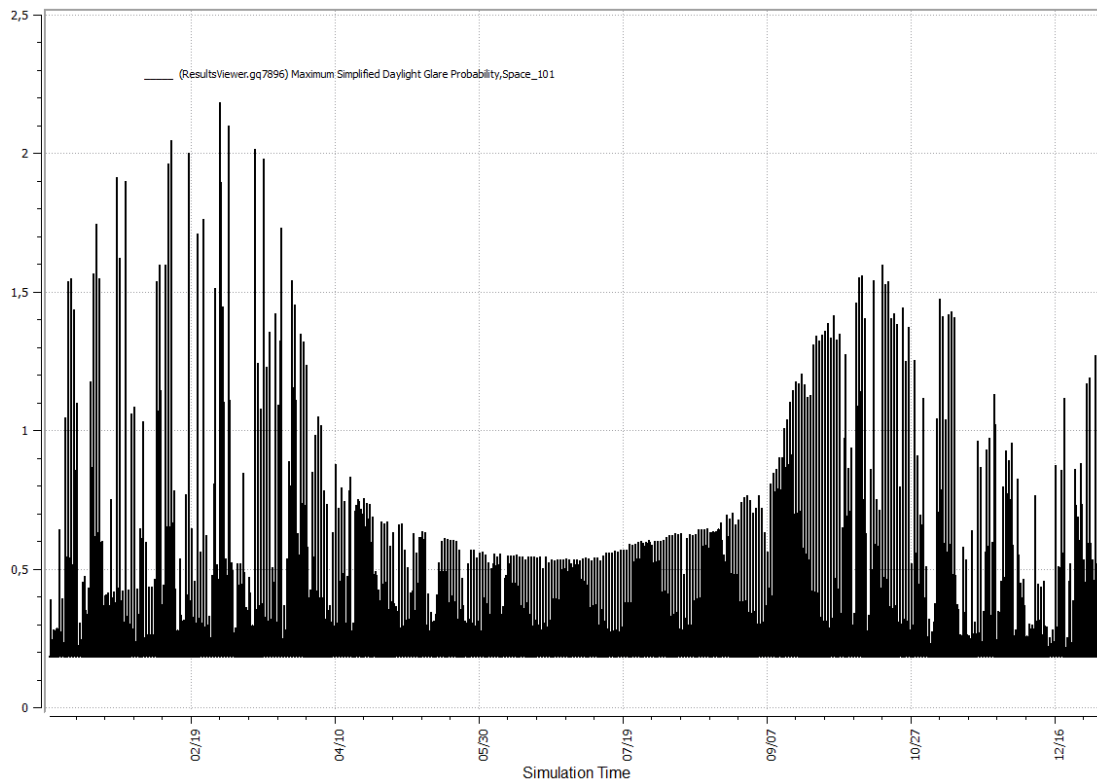
(β)

Εικόνα 5.50 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,4 m.

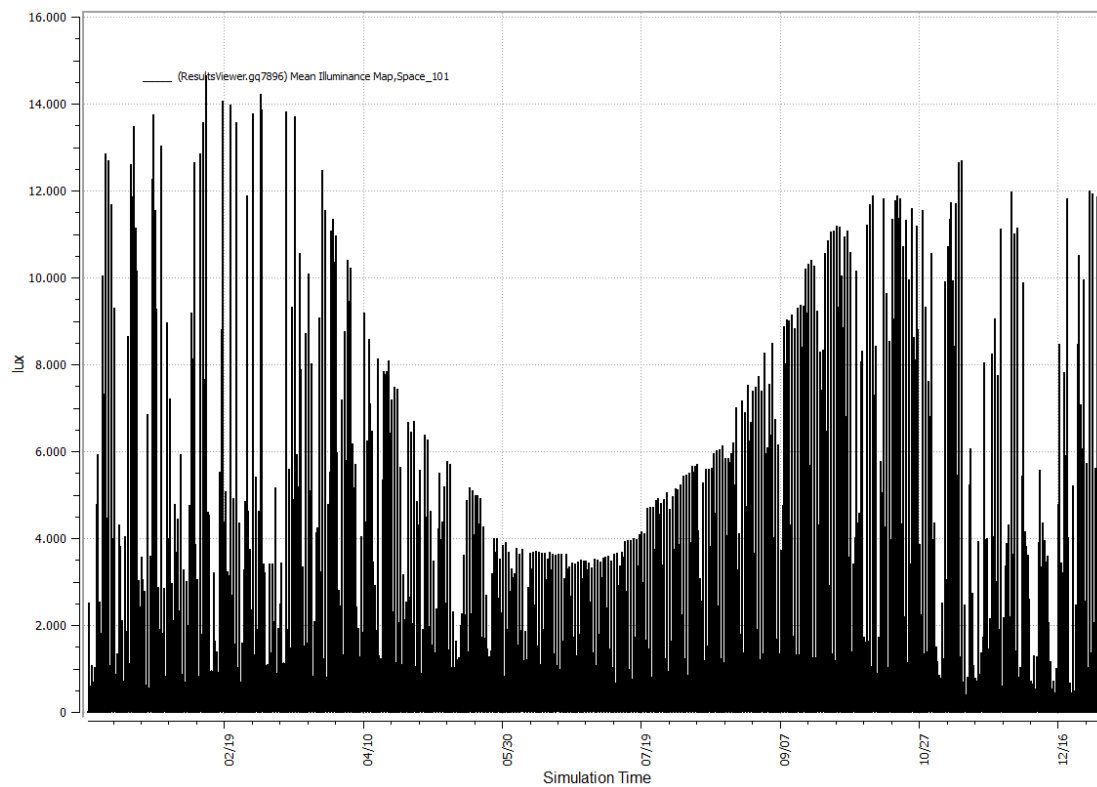
DA(300)	Daylit Hours	0.75	3493	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.4	3503	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.75	3493	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.83	3868	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.45	3926	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.83	3868	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.72	3377	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3424	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.72	3868	4685

Εικόνα 5.51: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,4 m.

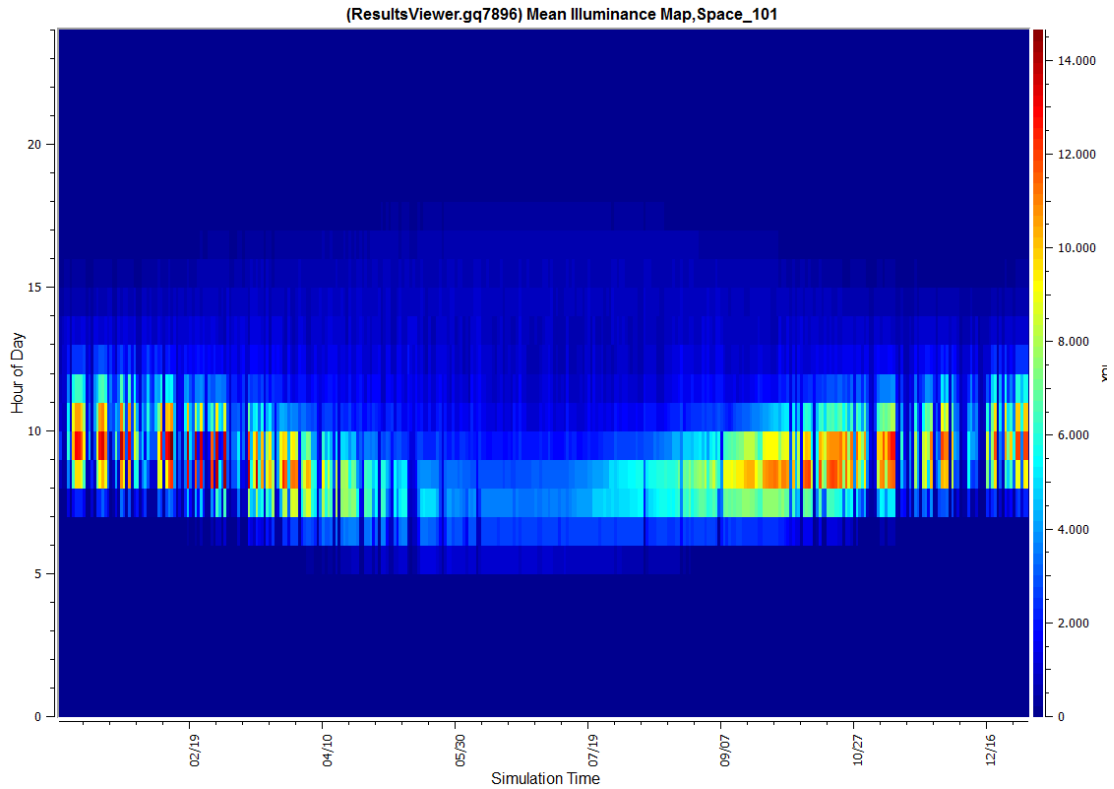
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 2,6 m:



Εικόνα 5.52: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,6 m



(α)



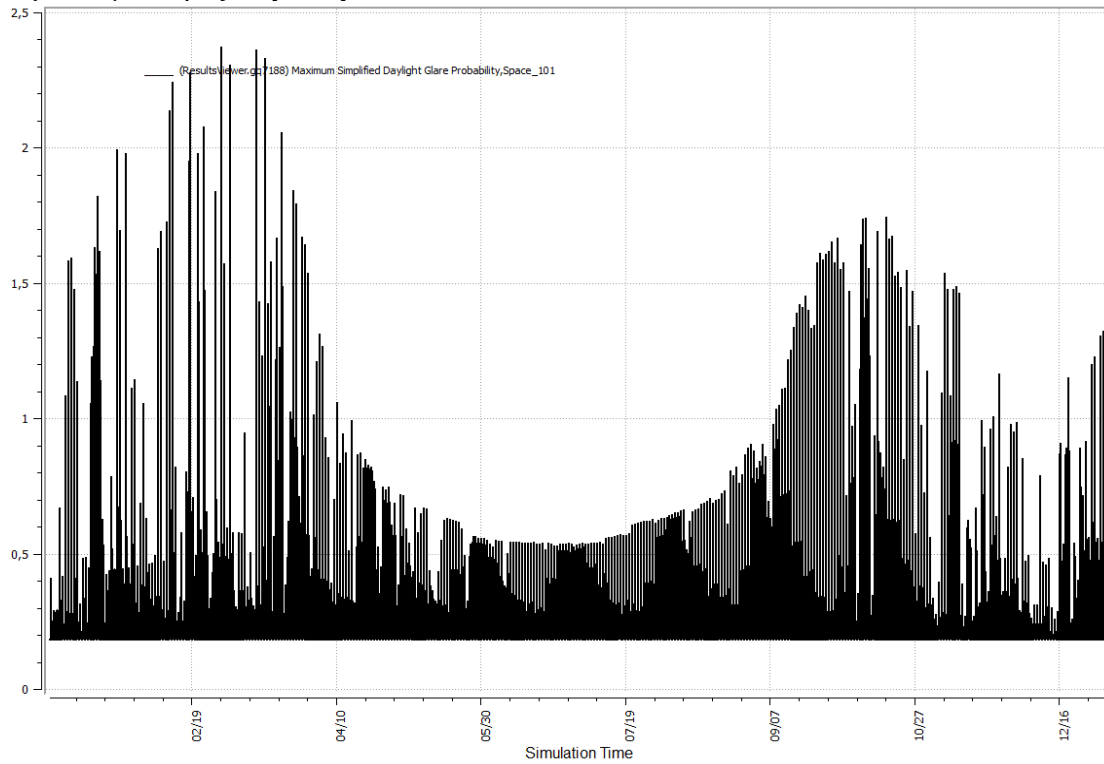
(β)

Εικόνα 5.53 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,6 m.

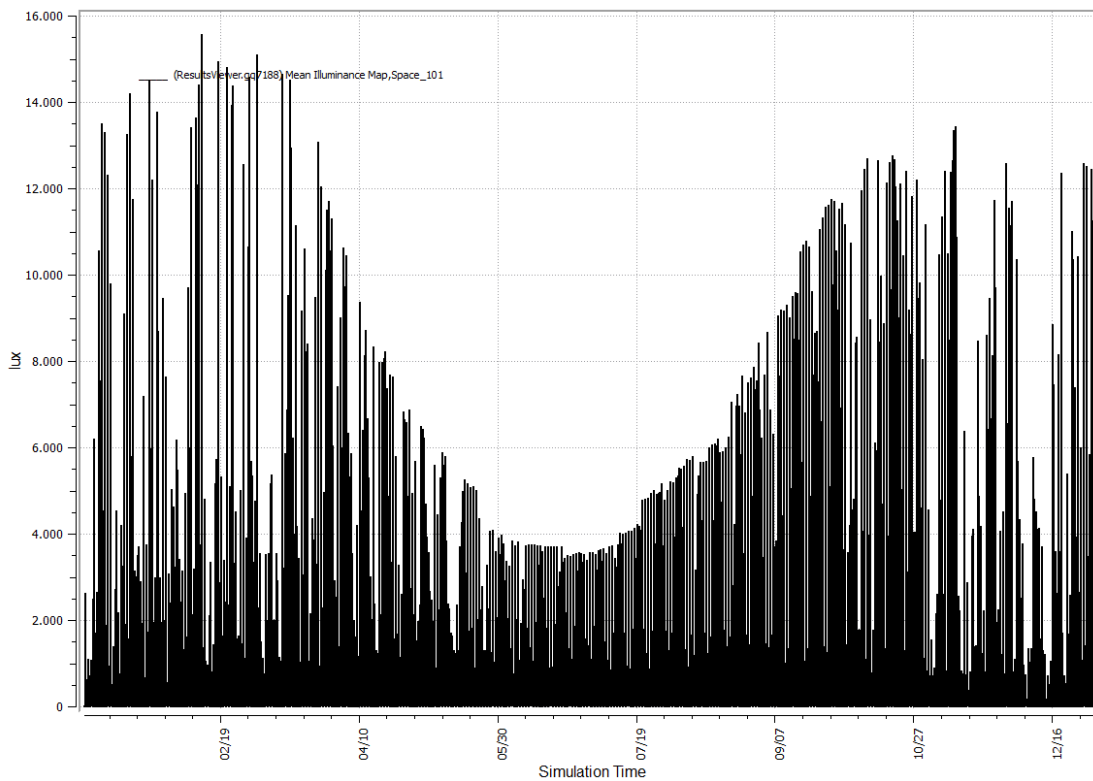
DA(300)	Daylit Hours	0.76	3579	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.41	3589	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.76	3579	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.83	3902	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.45	3962	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.83	3902	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.72	3353	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3401	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.72	3902	4685

Εικόνα 5.54: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,6 m.

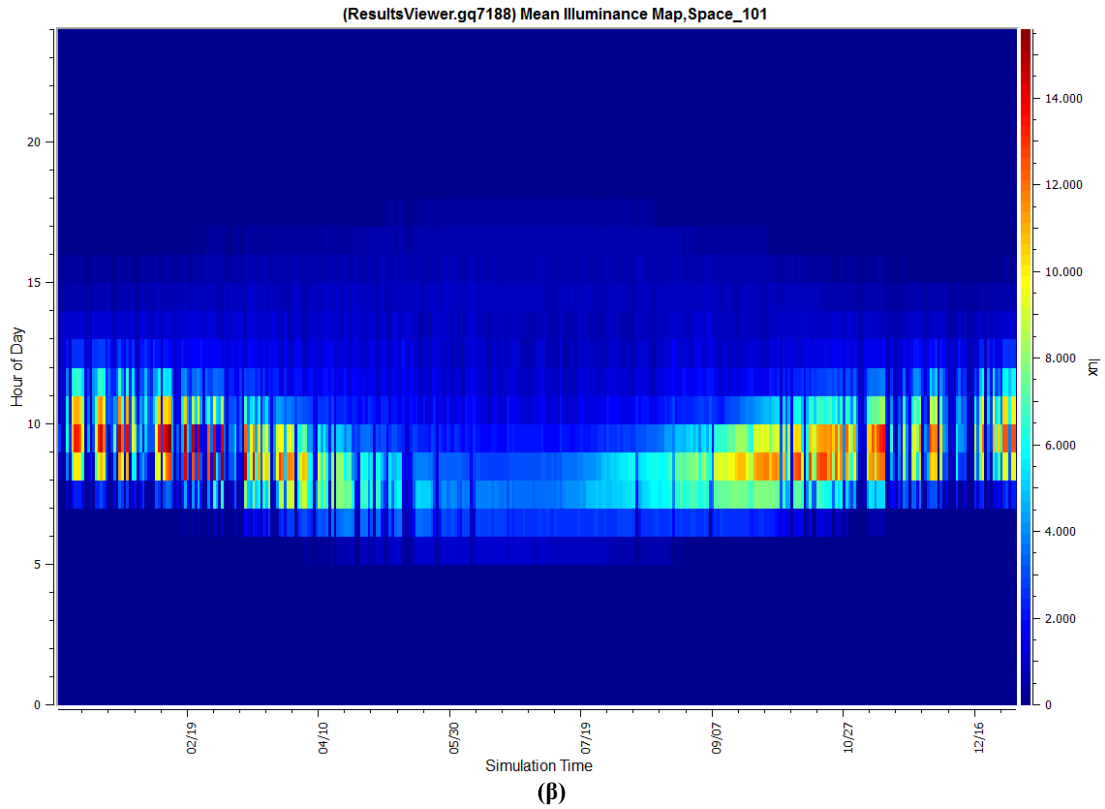
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 2,8 m:



Εικόνα 5.55: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,8 m



(α)

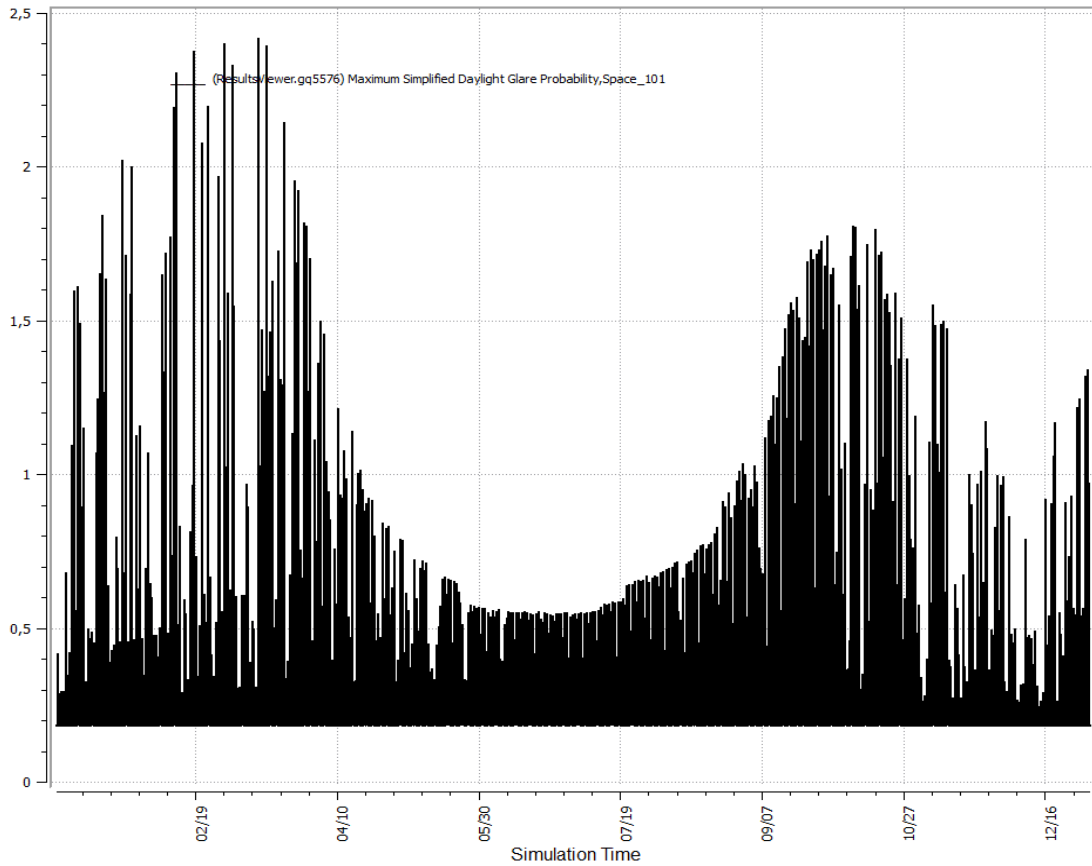


Εικόνα 5.56 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,8 m.

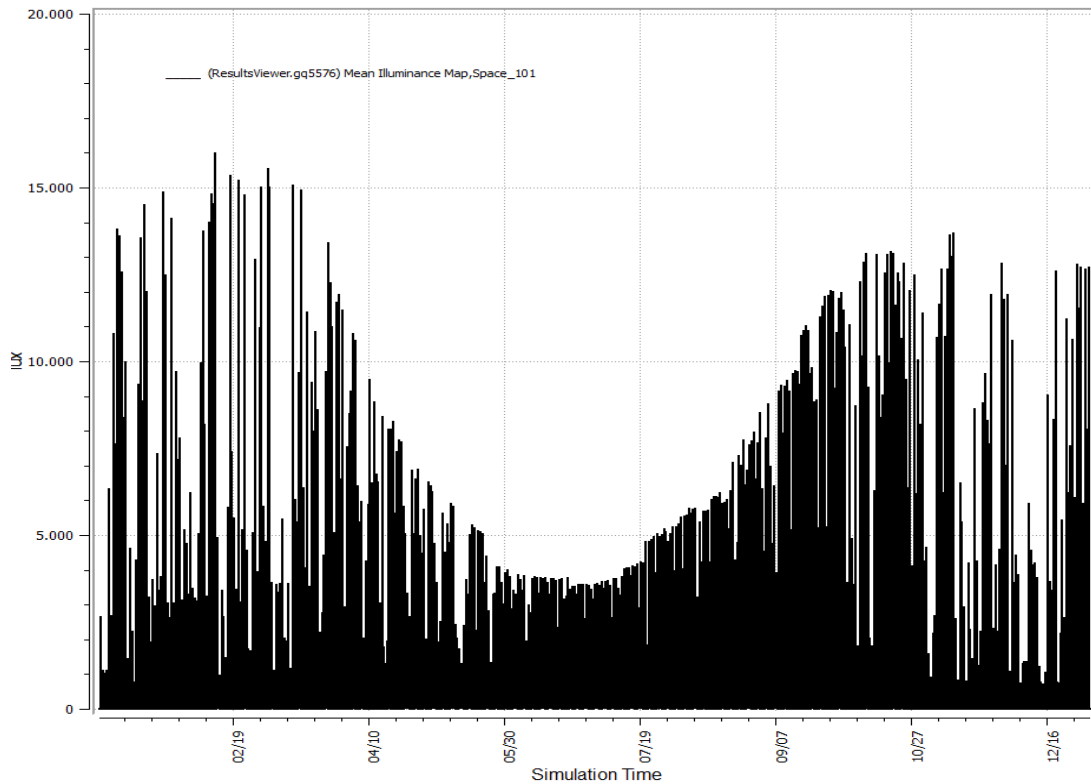
DA(300)	Daylit Hours	0.78	3638	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3650	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3638	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3925	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	3987	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3925	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3332	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3381	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3925	4685

Εικόνα 5.57: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,8 m.

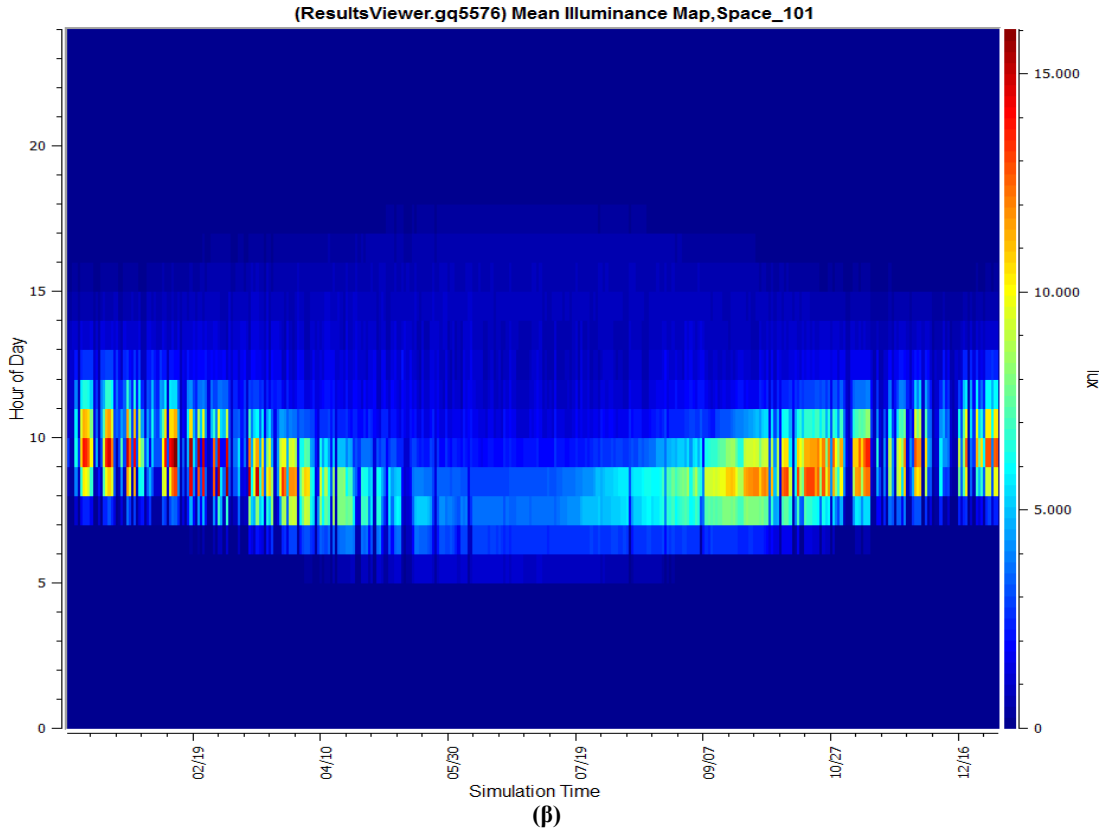
Αποτελέσματα για ύψος παραθύρου 3,0 m:



Εικόνα 5.58: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για ύψος παραθύρου 3,0 m.



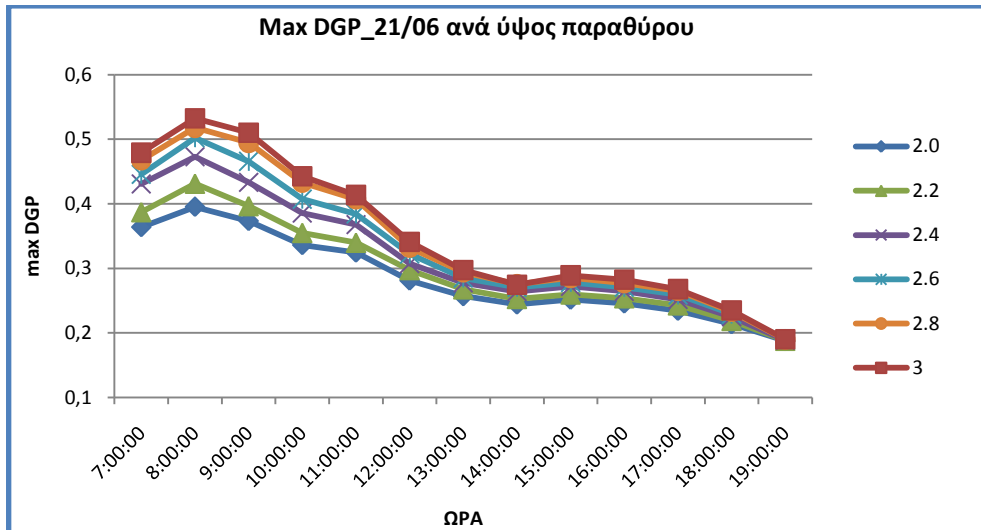
(α)



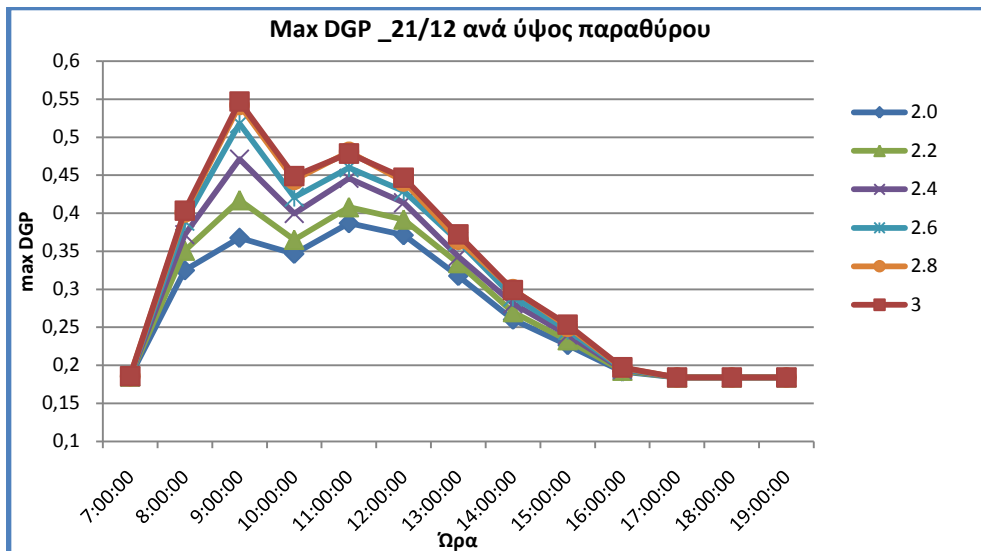
Εικόνα 5.59 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 3,0 m.

DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3938	4685

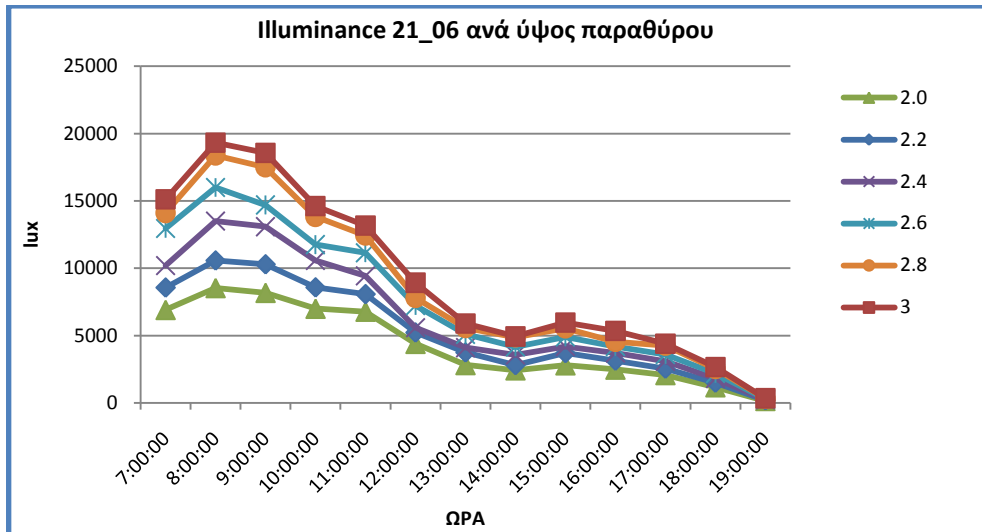
Εικόνα 5.60: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 3,0 m.



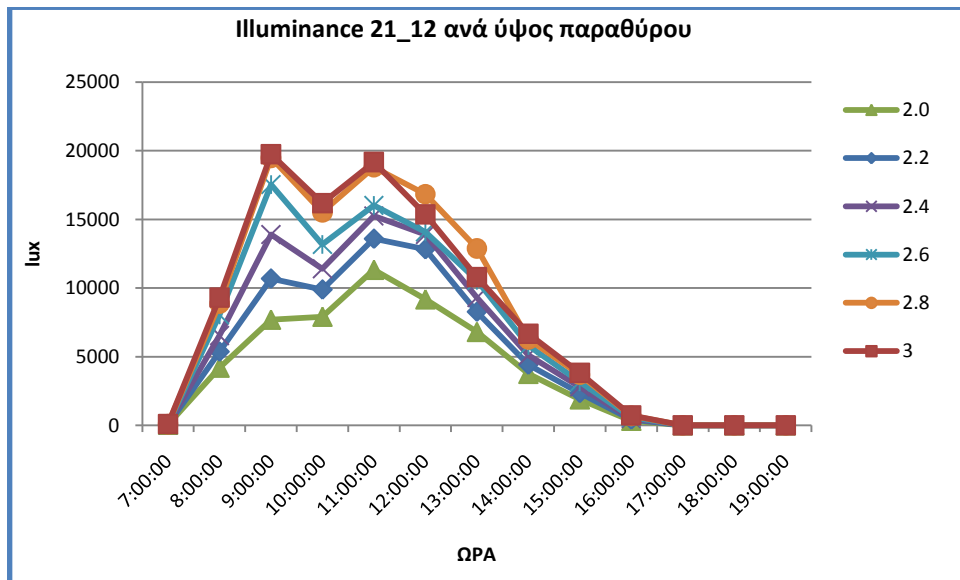
Εικόνα 5.61: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.



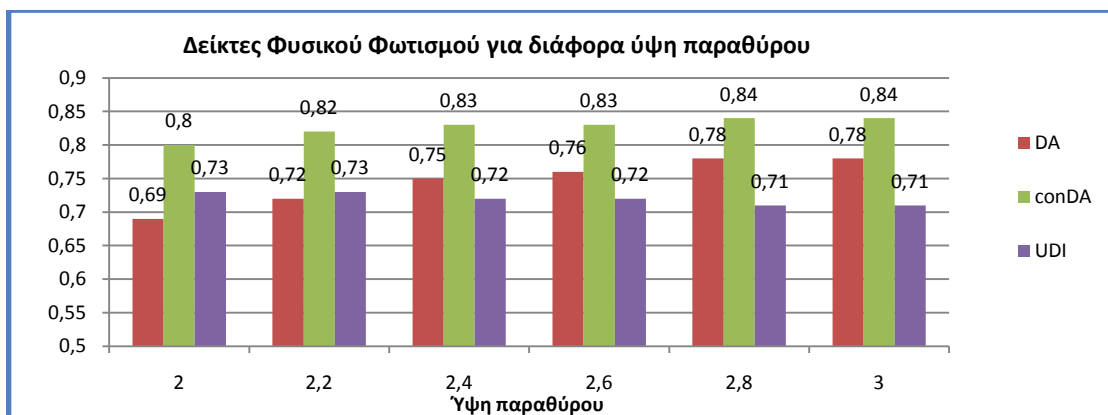
Εικόνα 5.62: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.63: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.64: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.65: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.

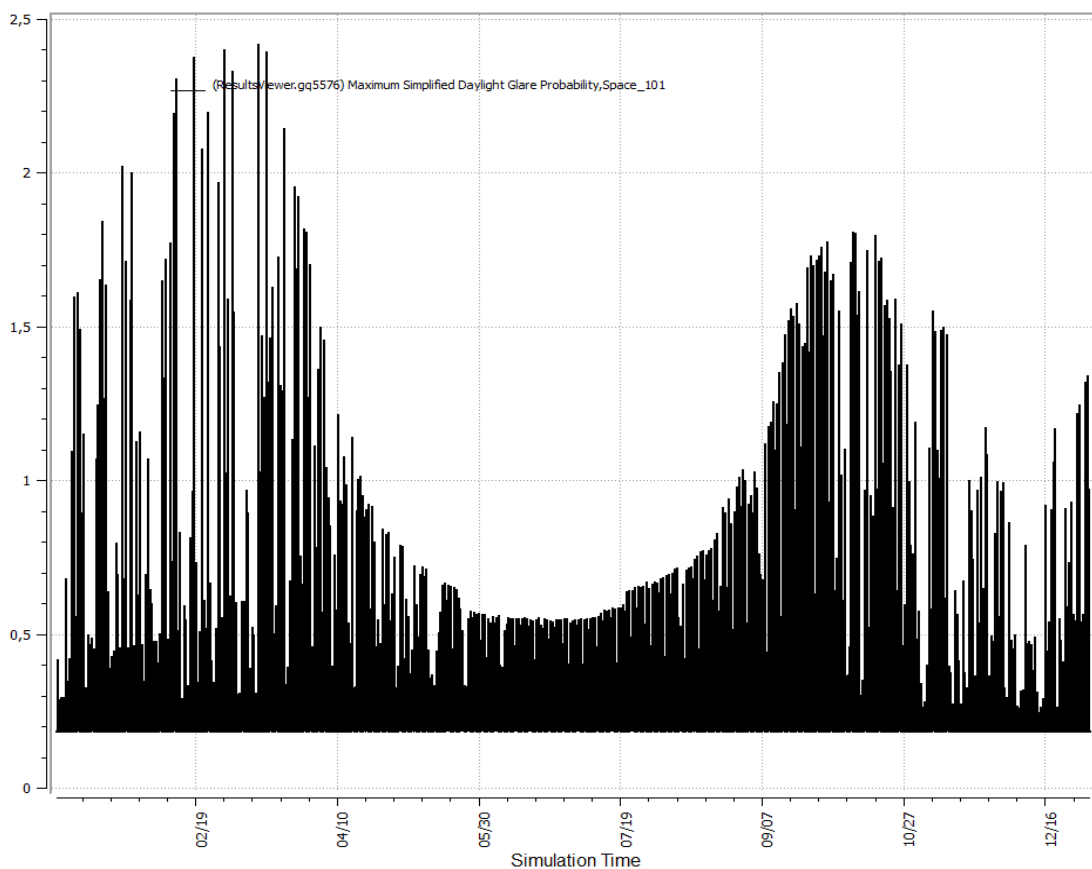
Σχόλια

- Παρατηρούμε ότι αυξανόμενου του ύψους παραθύρου, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού αυξάνονται ελαφρά.
Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται ελαφρά καθώς περισσότερες τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί.
- Γενικά, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές αυτονομίας φυσικού φωτός που ελαχιστοποιούν την ανάγκη χρήσης τεχνητών μέσων φωτισμού. Όμως οι τιμές αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν πάντα εφαρμόσιμες λόγω των ιδιαίτερα υψηλών τιμών έντασης φυσικού φωτισμού αλλά και θάμβωσης που προκαλούν δυσφορία.
- Οι μέγιστες τιμές έντασης φωτισμού και πιθανότητας θάμβωσης σημειώνονται κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο για τις πρωινές προς μεσημεριανές ώρες.
- Τα μεγαλύτερα ανοίγματα επιτρέπουν σε γενικές γραμμές τη διείσδυση μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής και θερμικής ενέργειας στο χώρο. Άρα, η προσπίπτουσα ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω των παραθύρων στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το πρέκι του παραθύρου αυτού.
- Ταυτόχρονα όμως πρέπει να εξεταστεί αν τα μεγαλύτερα ανοίγματα θα προκαλέσουν και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να απαιτούν τελικά μεγαλύτερα φορτία για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Άρα, η επίπτωση του ύψους παραθύρου θα αναλυθεί περαιτέρω μετά και από την ενεργειακή ανάλυση.
- Η γωνία της ηλιακής πρόσπτωσης και η αλληλεπίδρασή της με το υπερκείμενο μπαλκόνι είναι αυτή που επηρεάζει το σύστημα. Από ένα όριο και πάνω το κομμάτι του παραθύρου δεν λαμβάνει άμεσο ηλιακό φως, αλλά μόνο διάχυτο. Το ύψος αυτό εξαρτάται από τη μέγιστη ηλιακή γωνία.
- Για την επιλογή του βέλτιστου ύψους προεκτιμού είναι συνεπώς πάντα χρήσιμο να μελετείται η ηλιακή γεωμετρία.

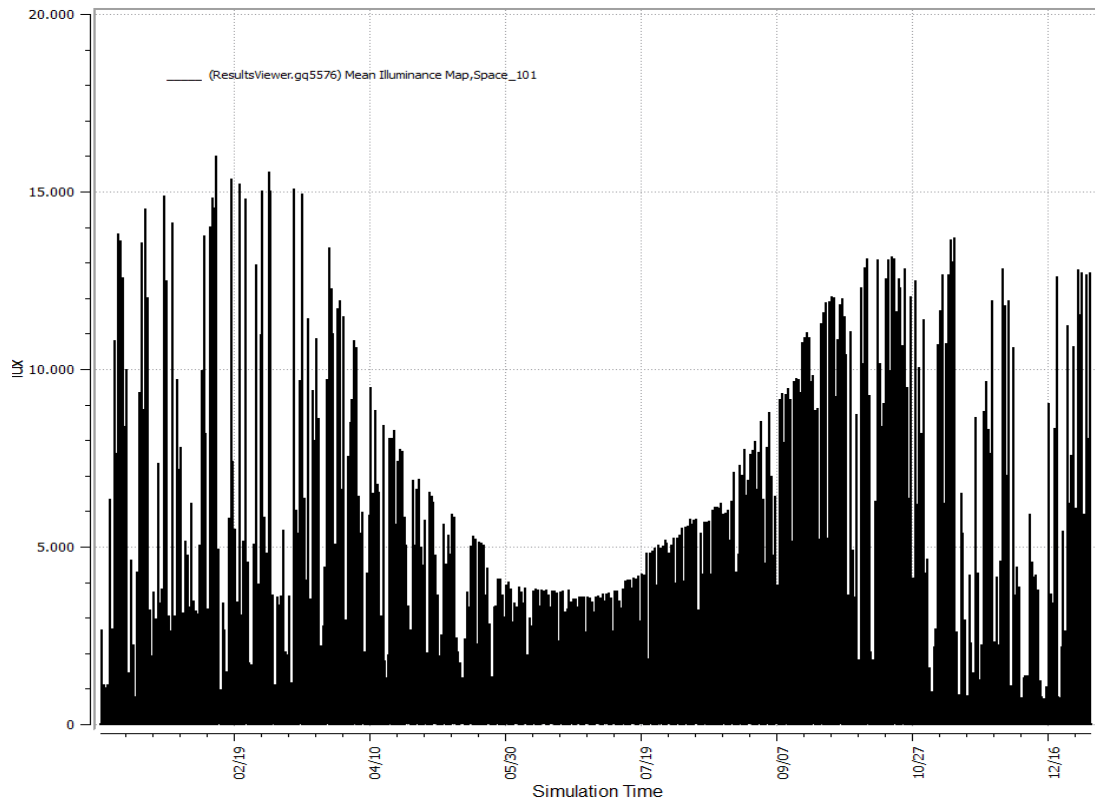
5.2.2.4 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής πλάτους παραθύρου

- Αποτελέσματα για νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Προσομοιώσεις για πλάτη παραθύρου 2,0– 3,0 m με βήμα 0,2

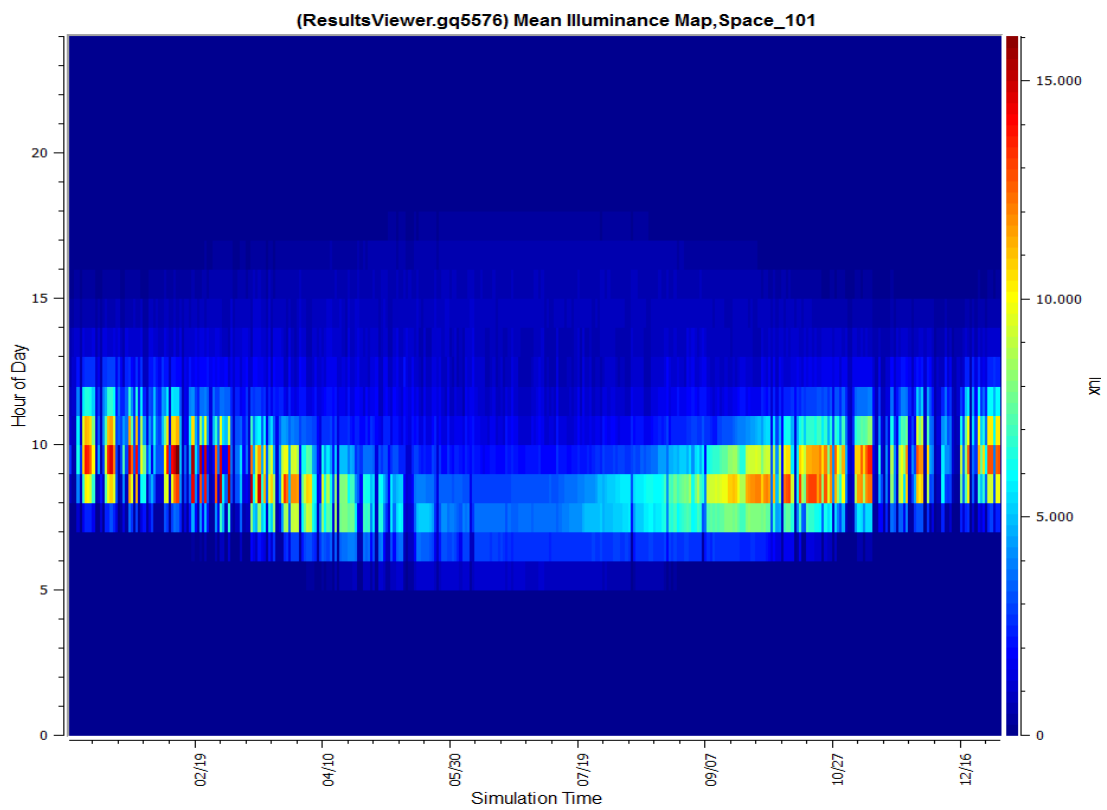
Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 2,0 m:



Εικόνα 5.66: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,0 m.



(α)



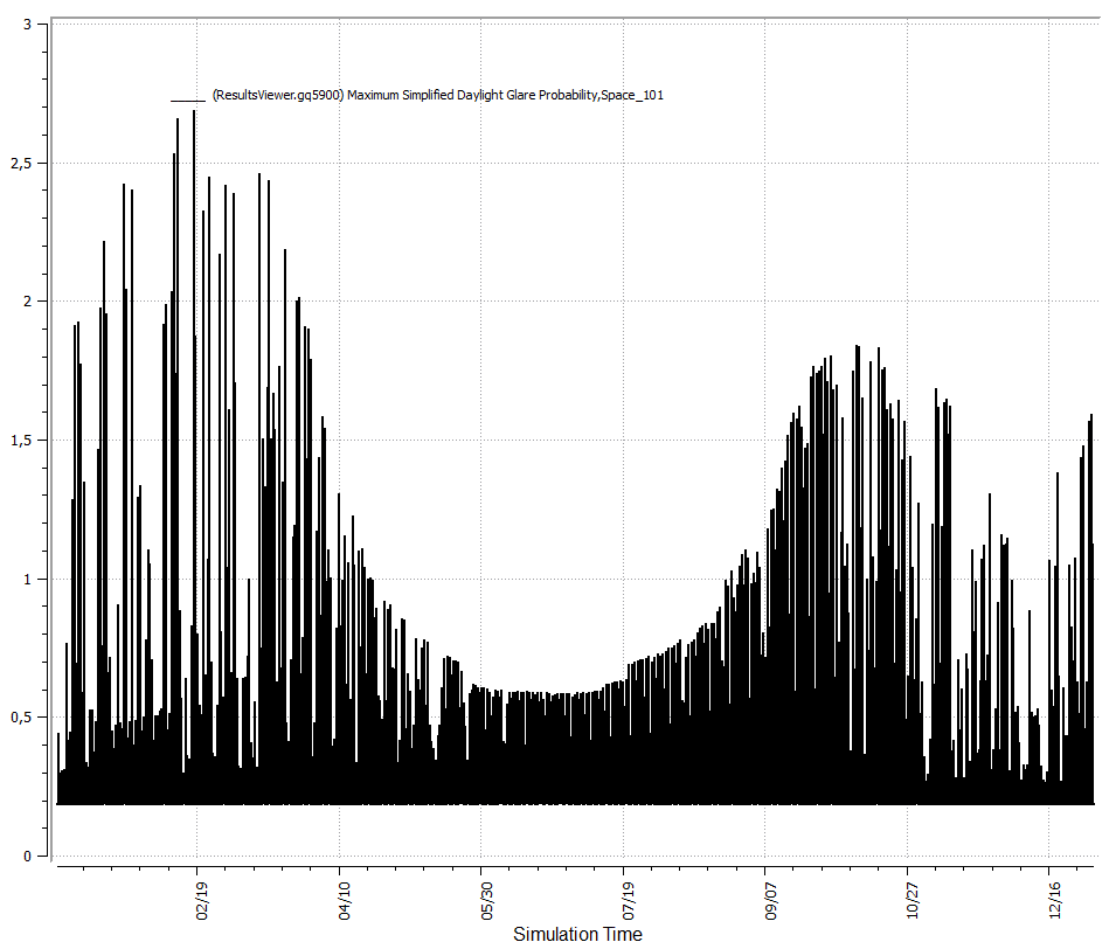
(β)

Εικόνα 5.67 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για πλάτους παραθύρου 2,0 m.

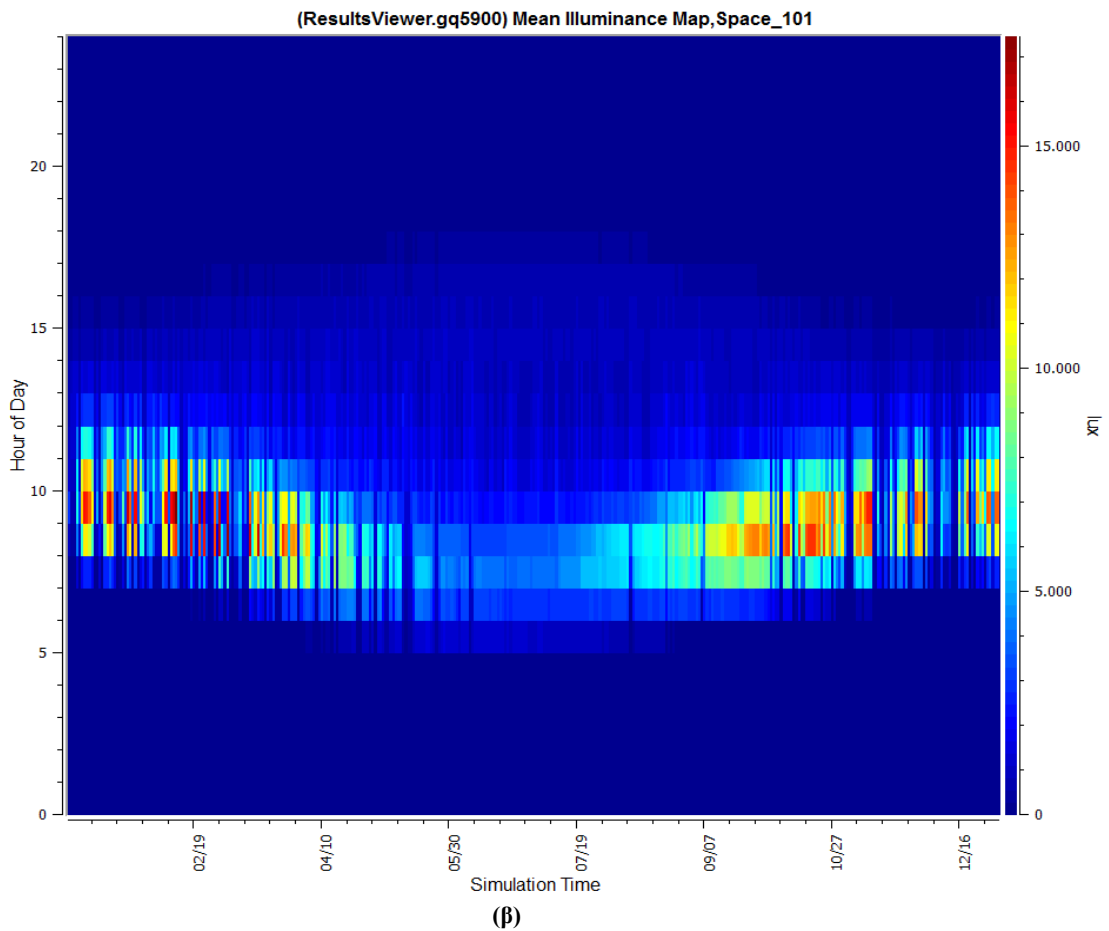
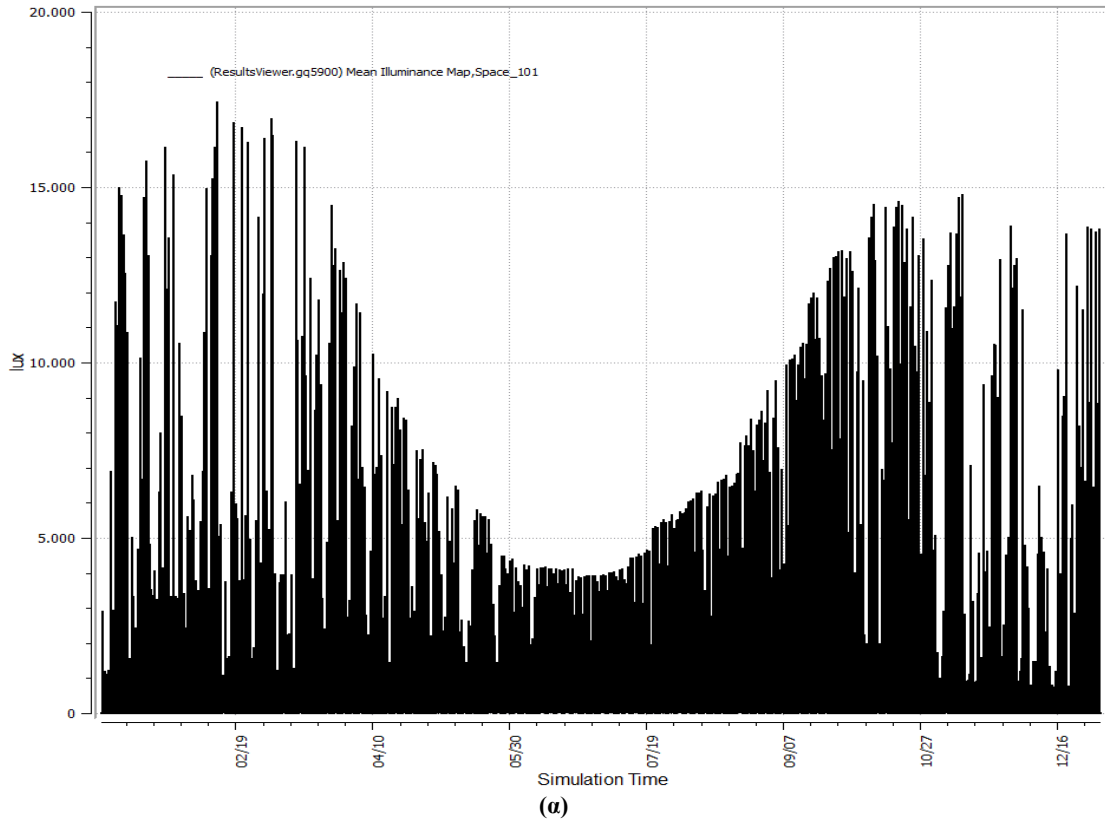
DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3315	4685

Εικόνα 5.68: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για πλάτος παραθύρου 2,0 m.

Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 2,2 m:



Εικόνα 5.69: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,2 m.

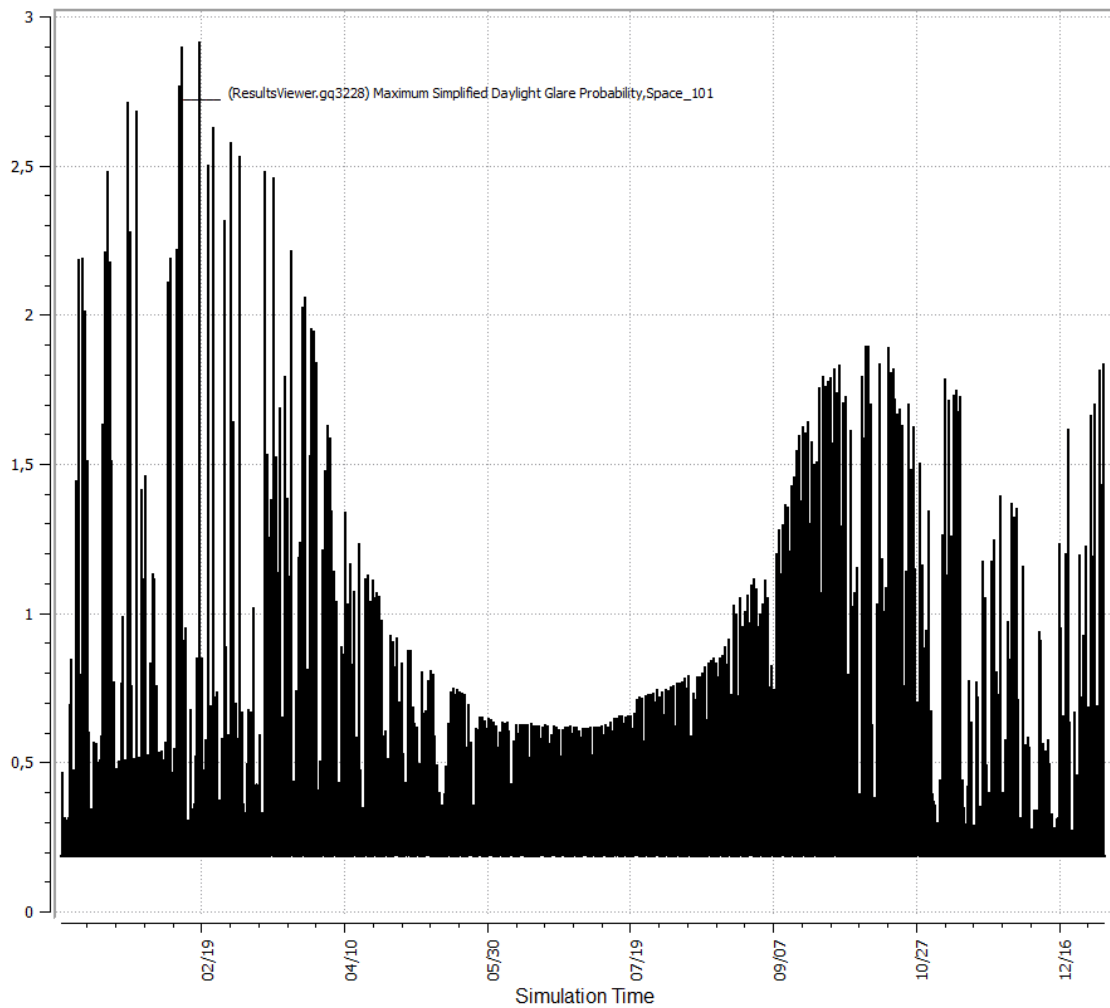


Εικόνα 5.70(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρων 2,2 m.

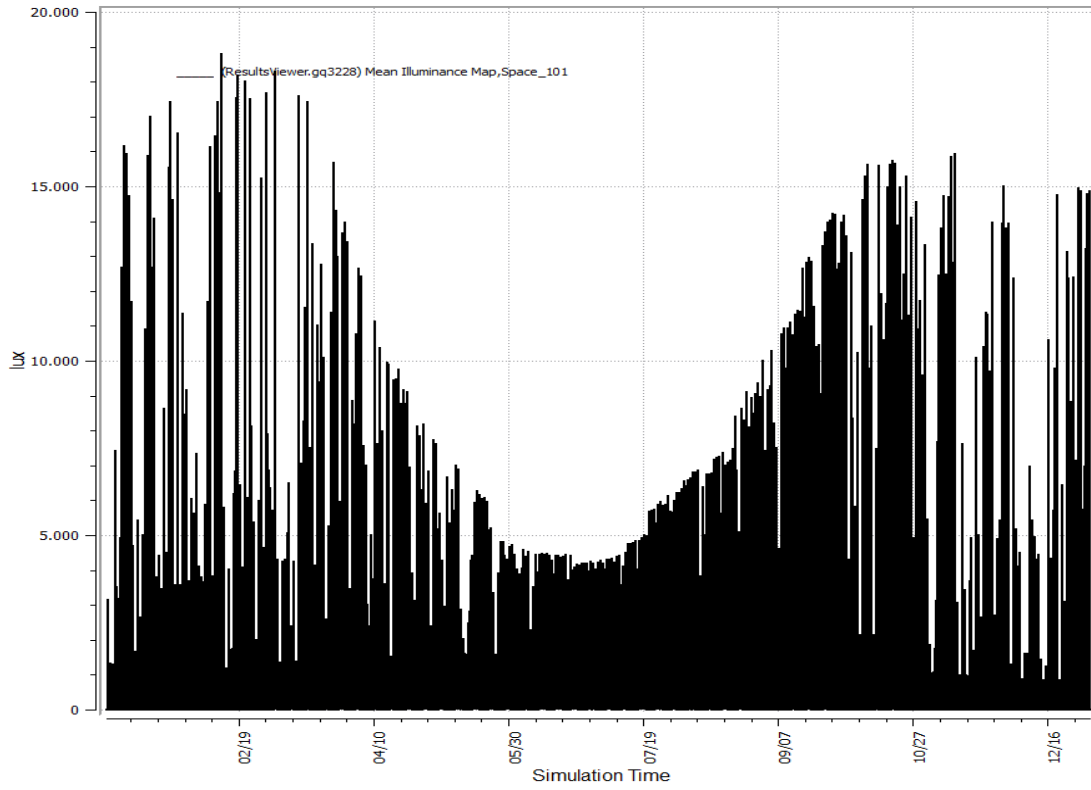
DA(300)	Daylit Hours	0.79	3724	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.43	3737	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.79	3724	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.85	3963	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4031	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.85	3963	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.69	3240	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3298	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.69	3963	4685

Εικόνα 5.71: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,2m.

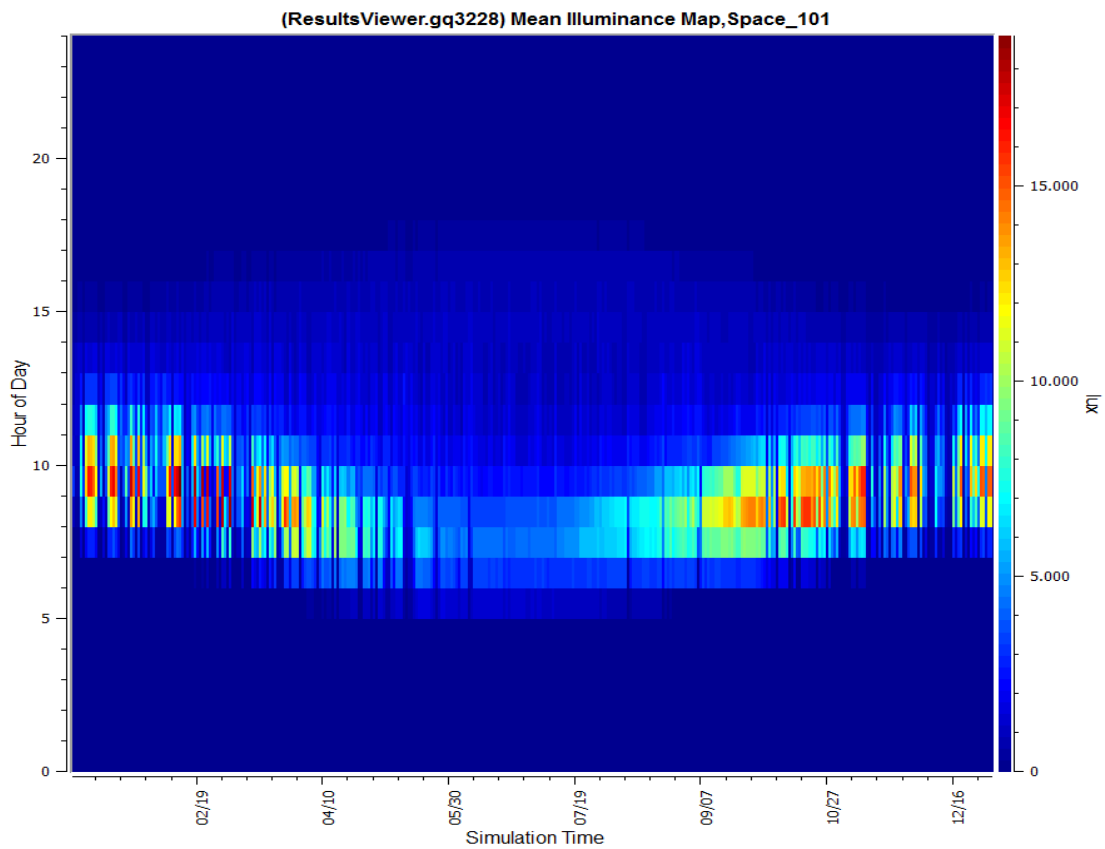
Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 2,4 m:



Εικόνα 5.72: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,4 m.



(α)



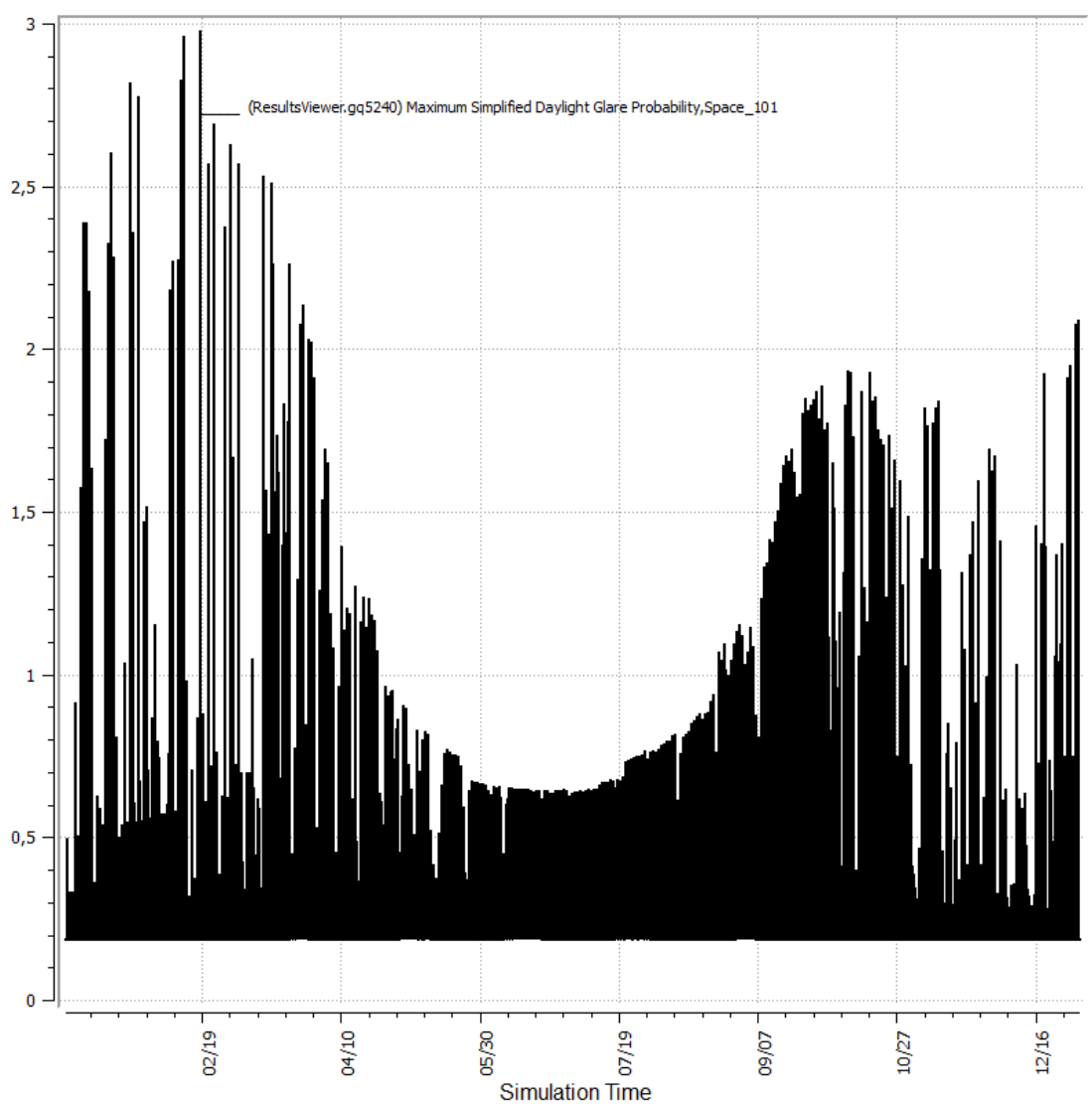
(β)

Εικόνα 5.73(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,4 m.

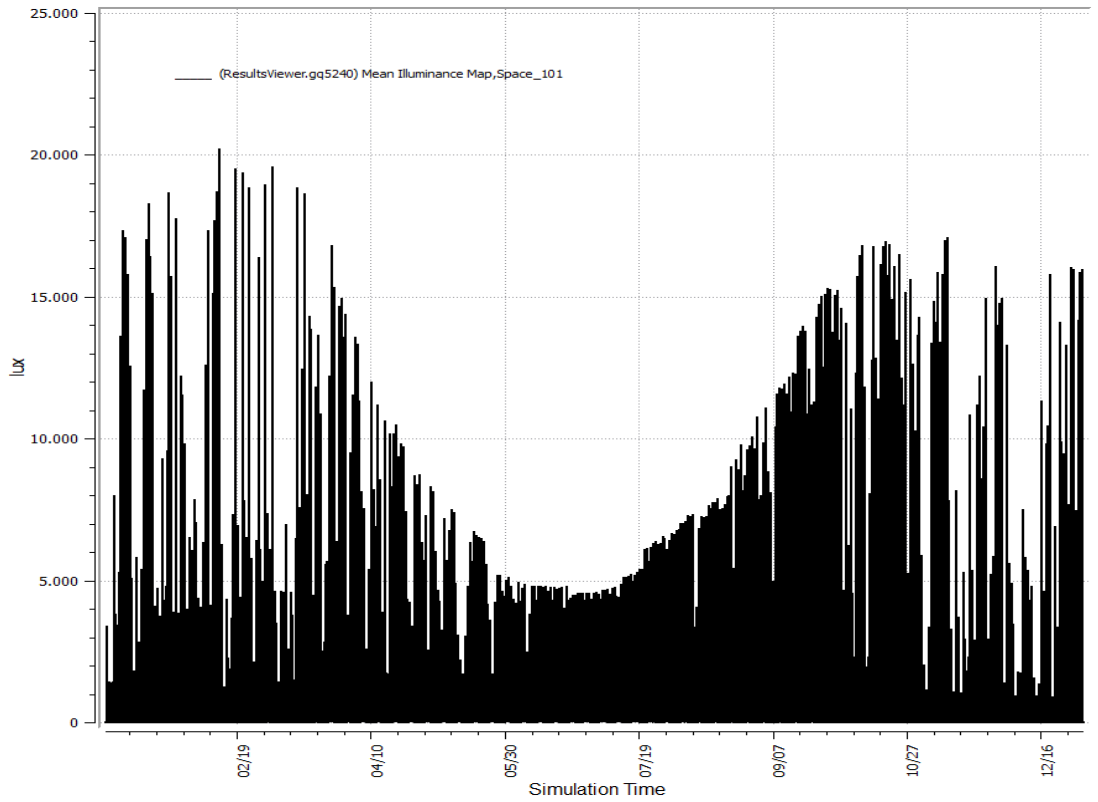
DA(300)	Daylit Hours	0.8	3762	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.43	3775	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.8	3762	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.85	3982	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4055	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.85	3982	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.67	3161	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.37	3226	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.67	3982	4685

Εικόνα 5.74: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για πλάτος παραθύρου 2,4m.

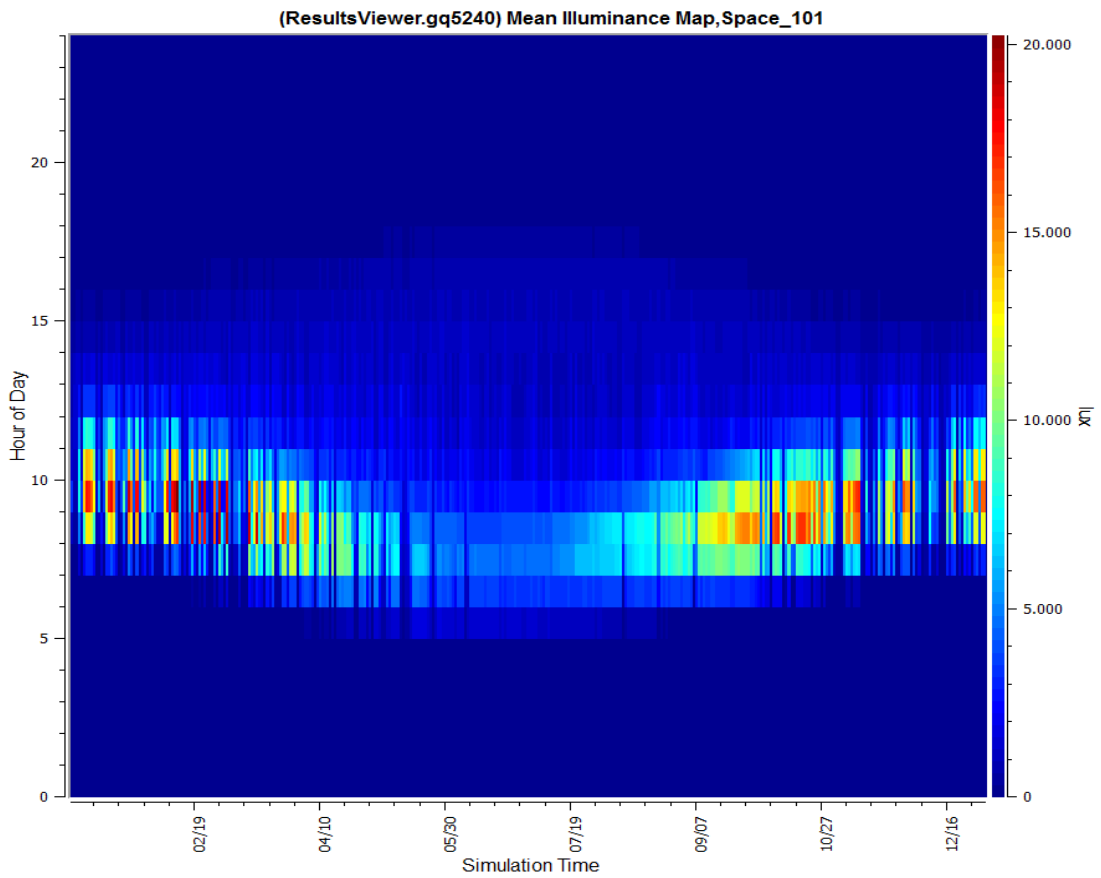
Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 2,6 m:



Εικόνα 5.75: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,6 m.



(α)



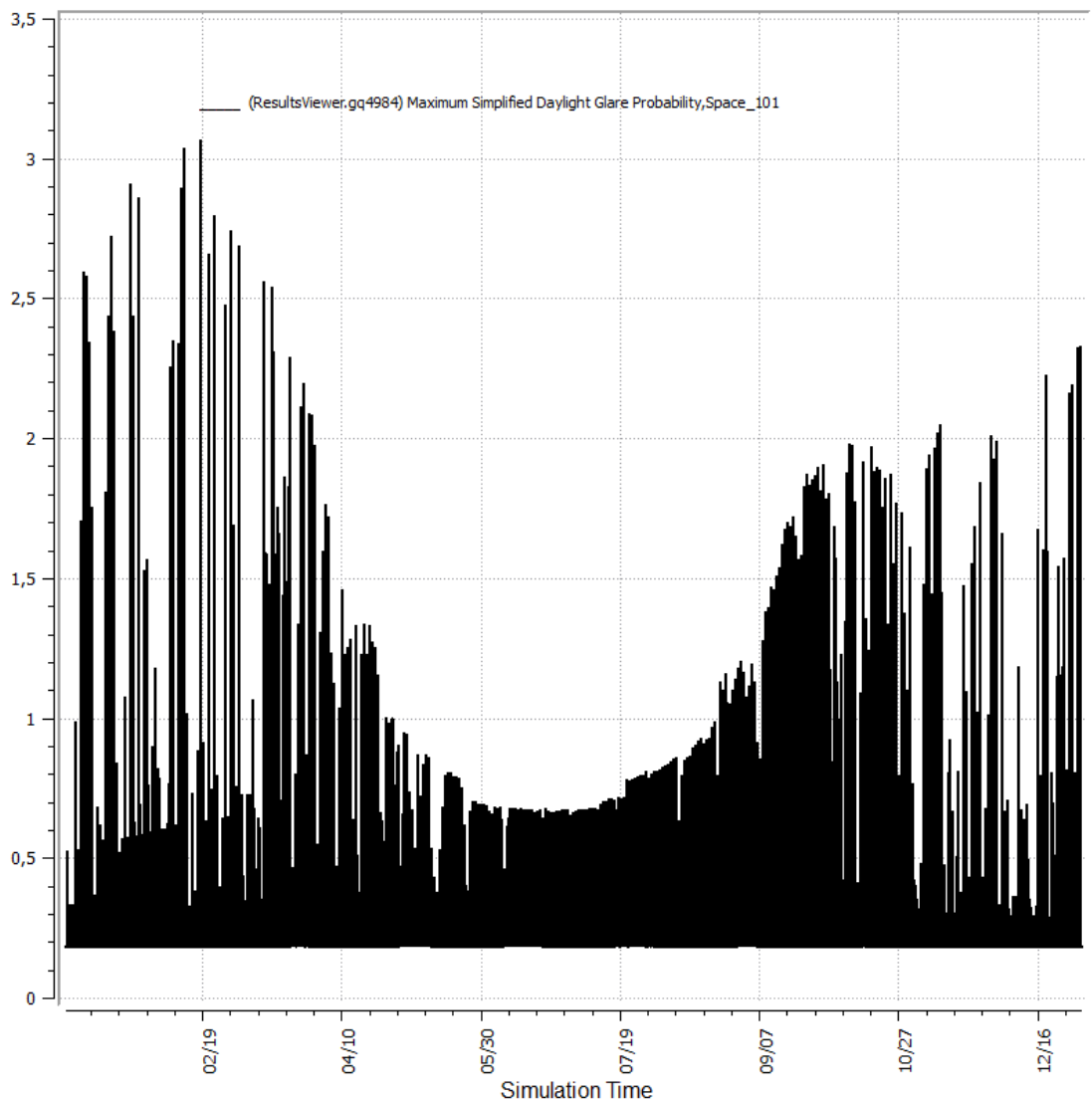
(β)

Εικόνα 5.76 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,6 m.

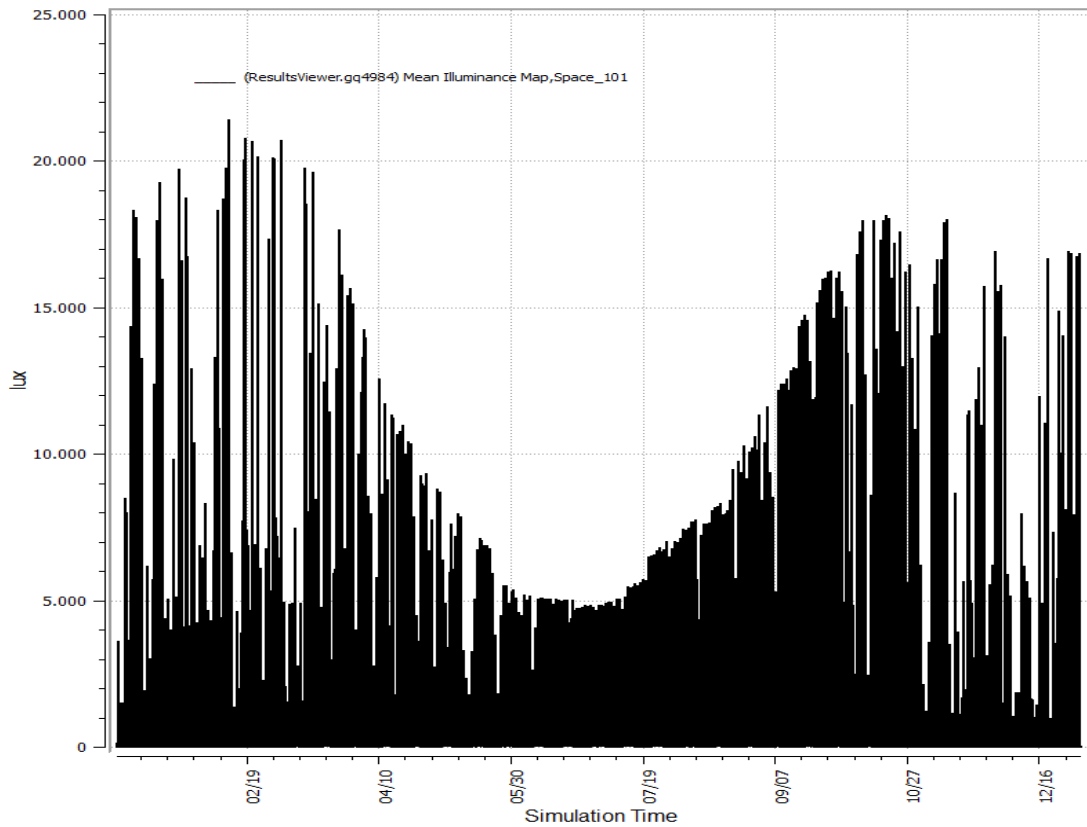
DA(300)	Daylit Hours	0.81	3792	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.43	3806	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.81	3792	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.85	3999	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.47	4077	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.85	3999	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.66	3081	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.36	3154	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.66	3999	4685

Εικόνα 5.77: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για πλάτος παραθύρου 2,6 m.

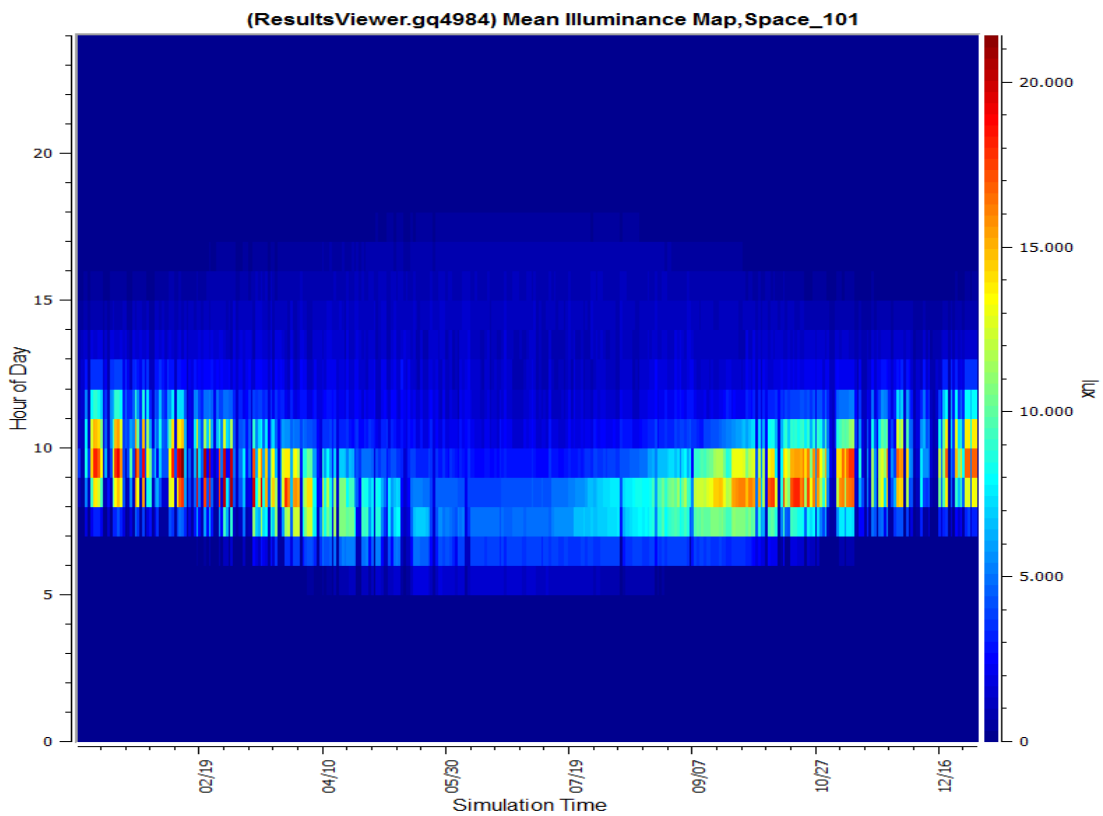
Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 2,8 m:



Εικόνα 5.78: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,8 m.



(α)



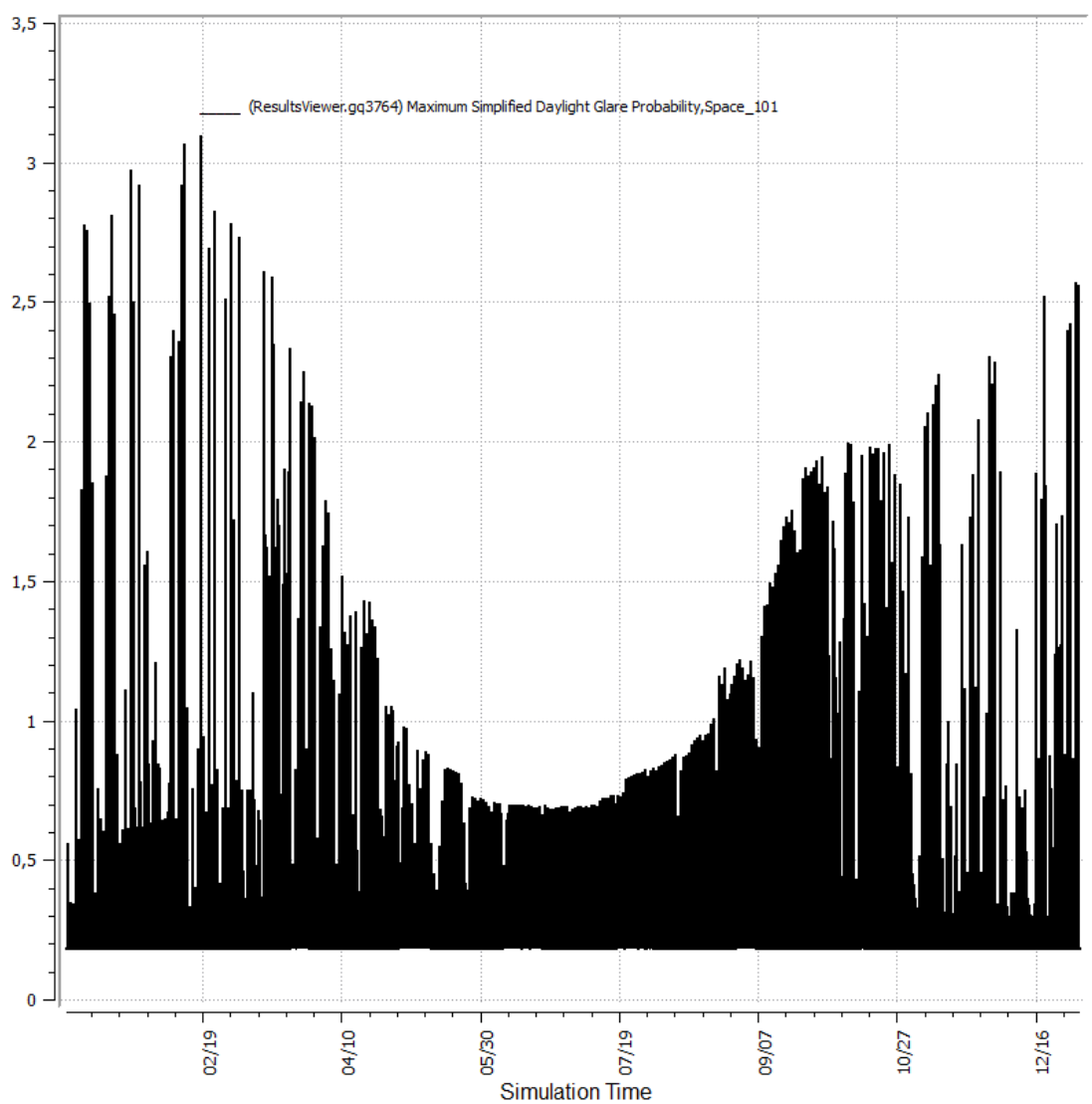
(β)

Εικόνα 5.79 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 2,8 m.

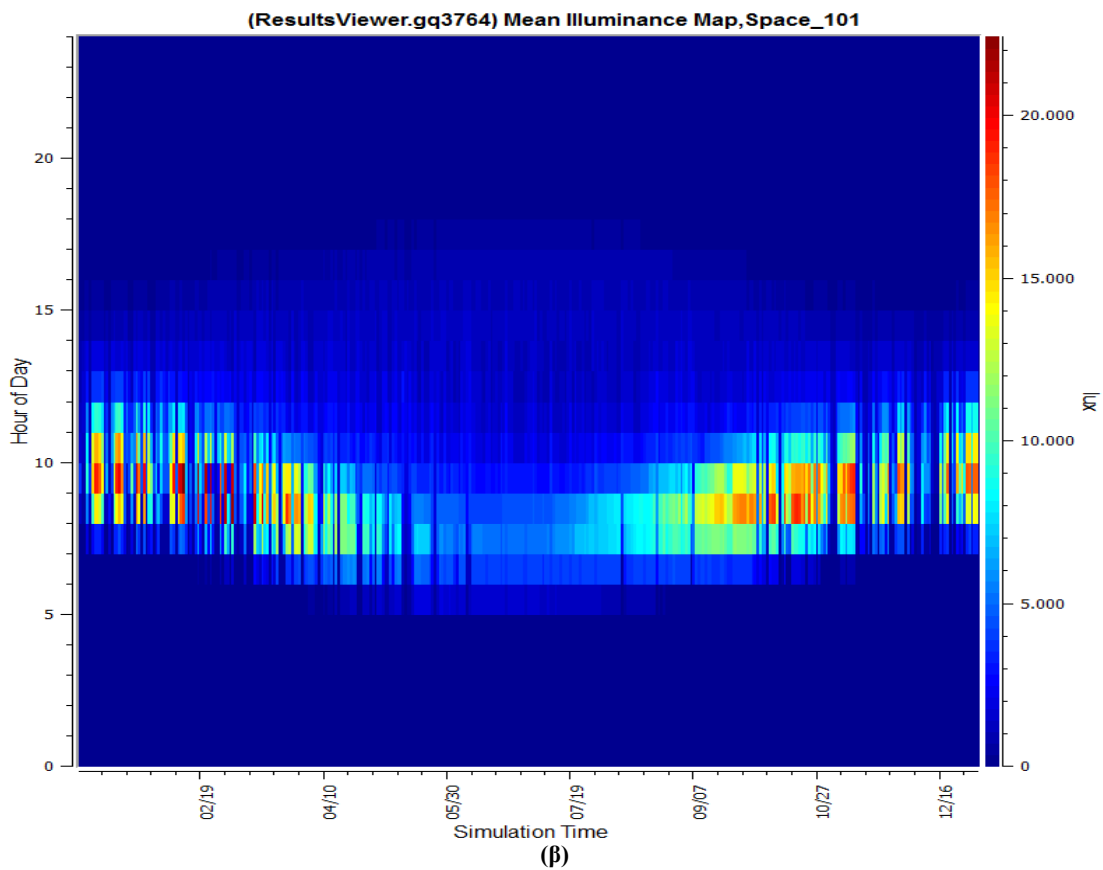
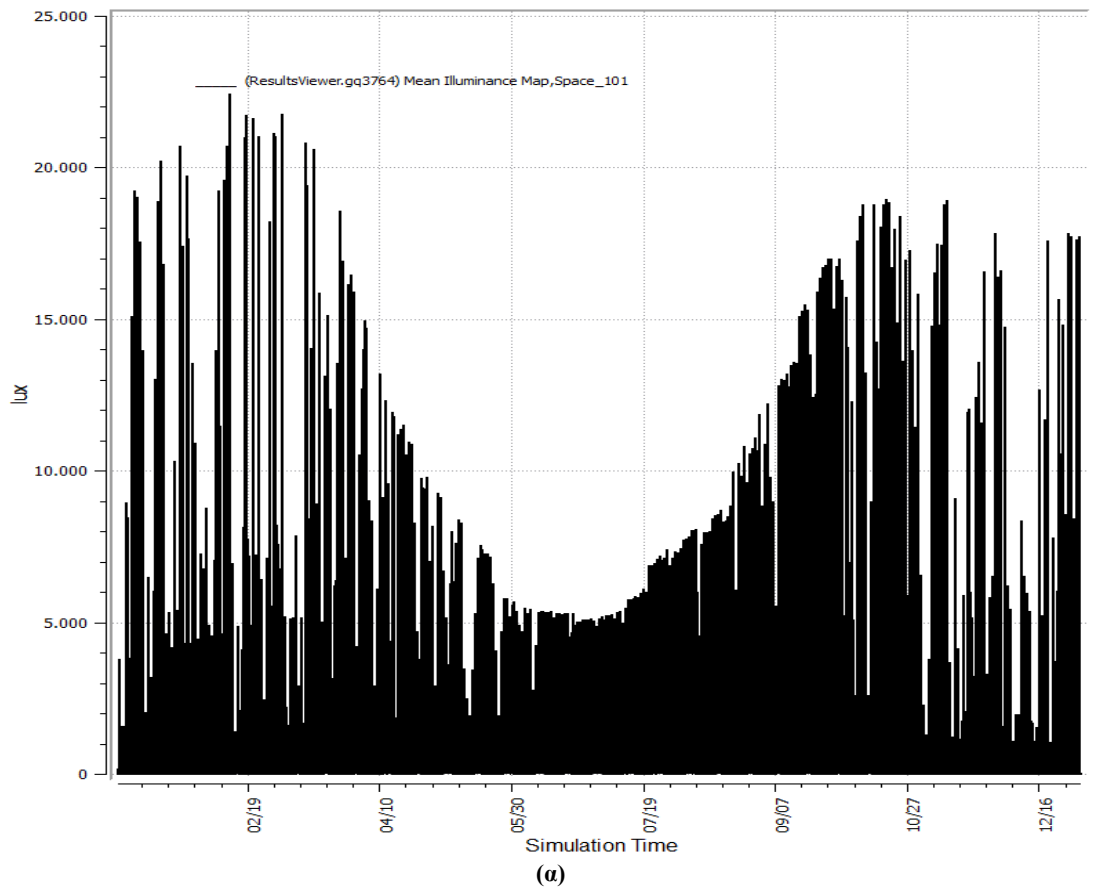
DA(300)	Daylit Hours	0.81	3817	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.44	3832	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.81	3817	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.86	4012	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.47	4094	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.86	4012	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.64	3012	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.35	3091	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.64	4012	4685

Εικόνα 5. 80: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,8 m.

Αποτελέσματα για πλάτος παραθύρου 3,0 m:



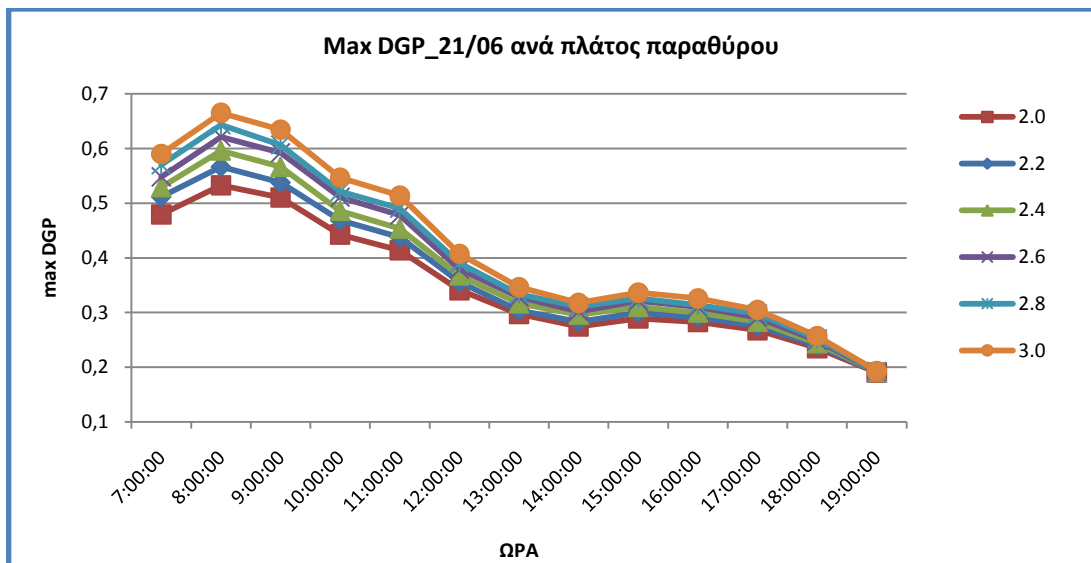
Εικόνα 5.81: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 3,0 m.



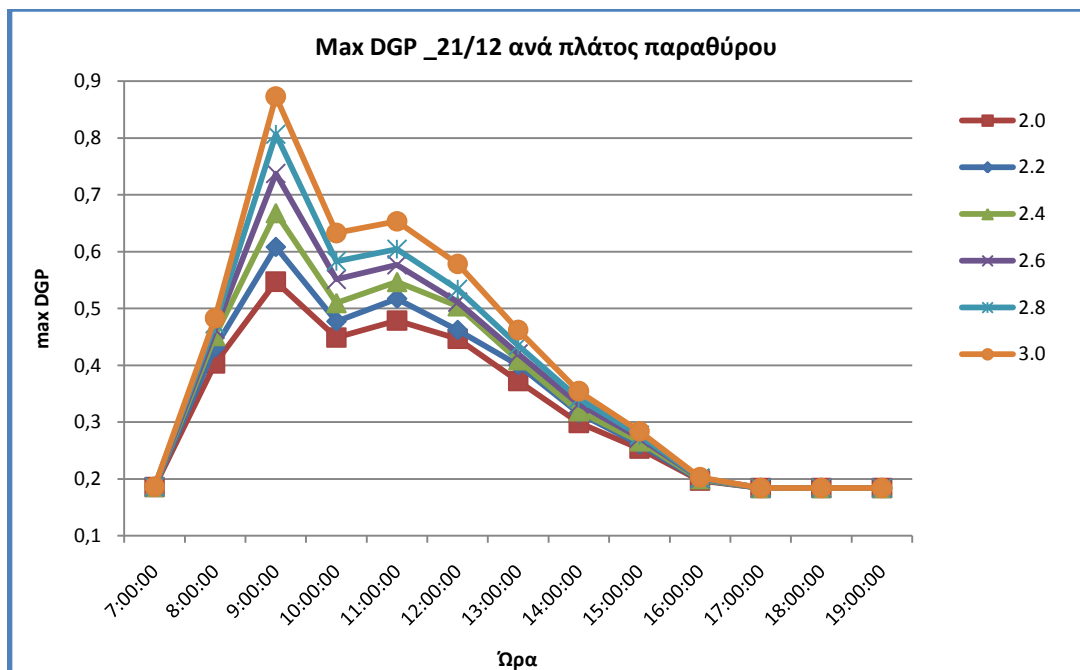
Εικόνα 5.82 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για πλάτος παραθύρου 3,0 m.

DA(300)	Daylit Hours	0.82	3838	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.44	3855	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.82	3838	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.86	4023	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.47	4109	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.86	4023	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.63	2947	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.35	3032	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.63	4023	4685

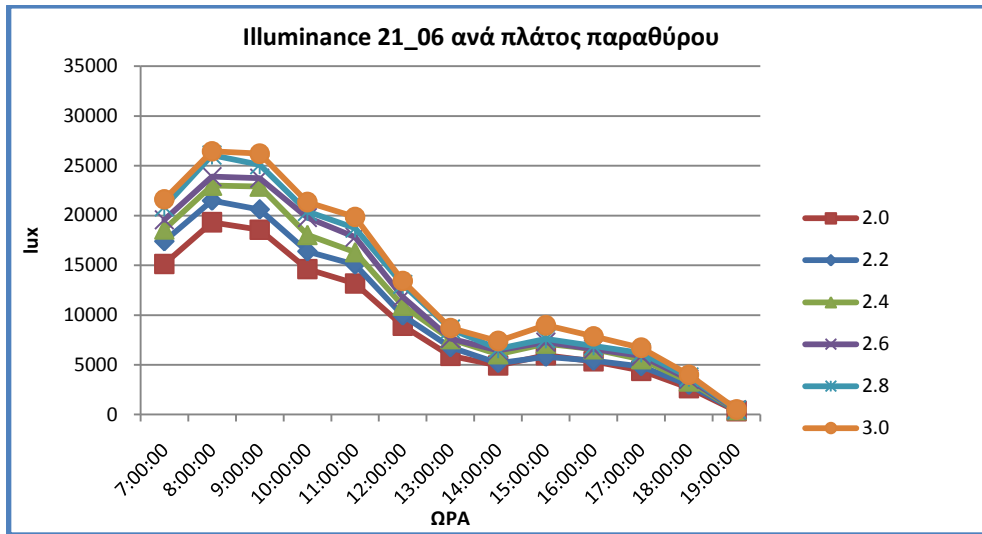
Εικόνα 5.83: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για πλάτος παραθύρου 3,0 m.



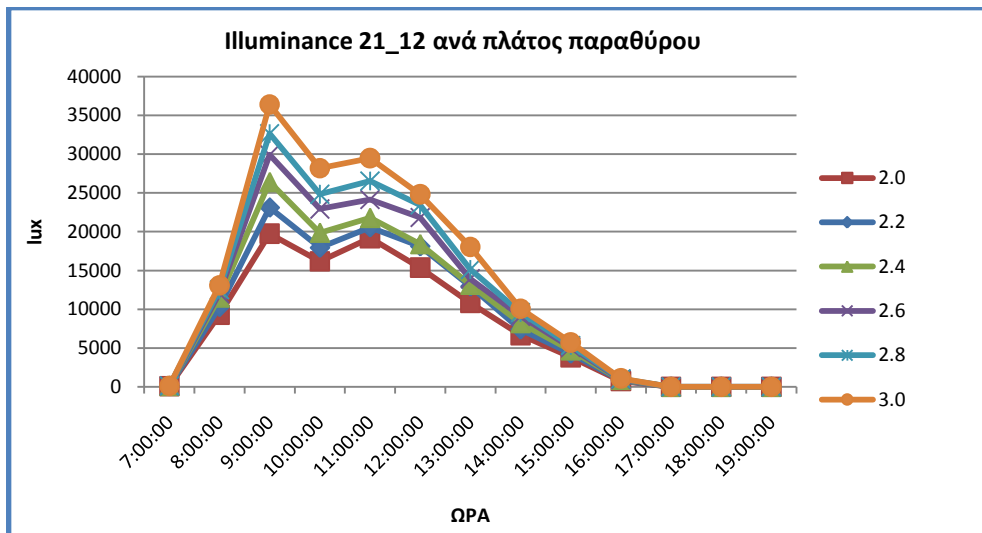
Εικόνα 5.84: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.



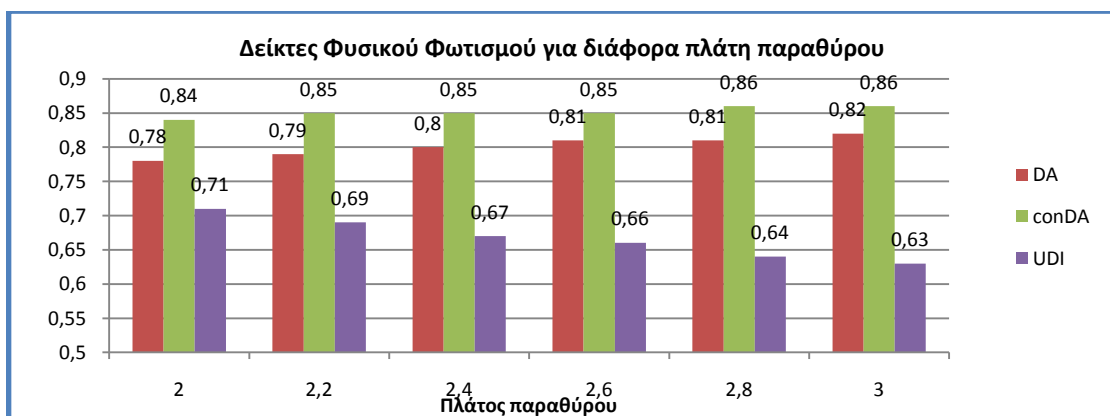
Εικόνα 5.85: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.86: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.87: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.



Εικόνα 5.88: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.

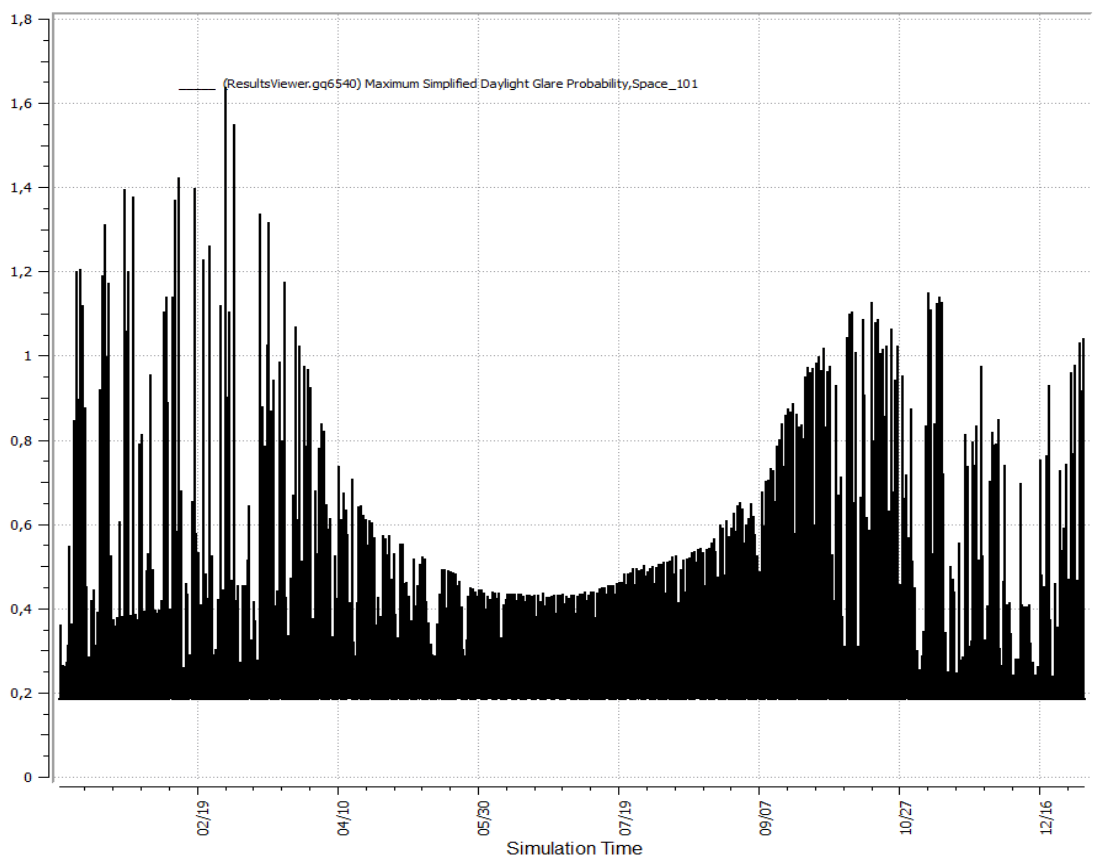
Σχόλια

- Αυξανόμενου του πλάτους παραθύρου, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού αυξάνονται ελαφρά. Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται καθώς εμφανίζονται περισσότερες τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί.
- Γενικά, και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές αυτονομίας φυσικού φωτός που ελαχιστοποιούν την ανάγκη χρήσης τεχνητών μέσων φωτισμού. Όμως οι τιμές αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν πάντα εφαρμόσιμες λόγω των ιδιαίτερα υψηλών τιμών έντασης φυσικού φωτισμού αλλά και θάμβωσης που προκαλούν δυσφορία.
- Οι μέγιστες τιμές έντασης φωτισμού και πιθανότητας θάμβωσης σημειώνονται κατά το χειμερινό ηλιοστάσιο για τις πρωινές προς μεσημεριανές ώρες.
- Τα μεγαλύτερα ανοίγματα επιτρέπουν σε γενικές γραμμές τη διείσδυση μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής και θερμικής ενέργειας στο χώρο. Άρα, η προσπίπτουσα ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω των παραθύρων στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το πλάτος του παραθύρου (όμοια με παραπάνω).
- Ταυτόχρονα όμως πρέπει και εδώ να εξεταστεί αν τα μεγαλύτερα ανοίγματα θα προκαλέσουν και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να απαιτούν τελικά μεγαλύτερα φορτία για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Άρα, η επίπτωση του πλάτους παραθύρου θα αναλυθεί και αυτή περαιτέρω μετά και από την ενεργειακή ανάλυση.
- Πρέπει ακόμη να συνυπολογιστεί ότι όσον αφορά και στο πλάτος και στο ύψος παραθύρου, τα μεγαλύτερα ανοίγματα προσφέρουν ευρύτερη θέα στο εξωτερικό περιβάλλον που επιδρά ιδιαίτερα θετικά στους χρήστες όπως έχει αναλυθεί παραπάνω στο θεωρητικό μέρος.

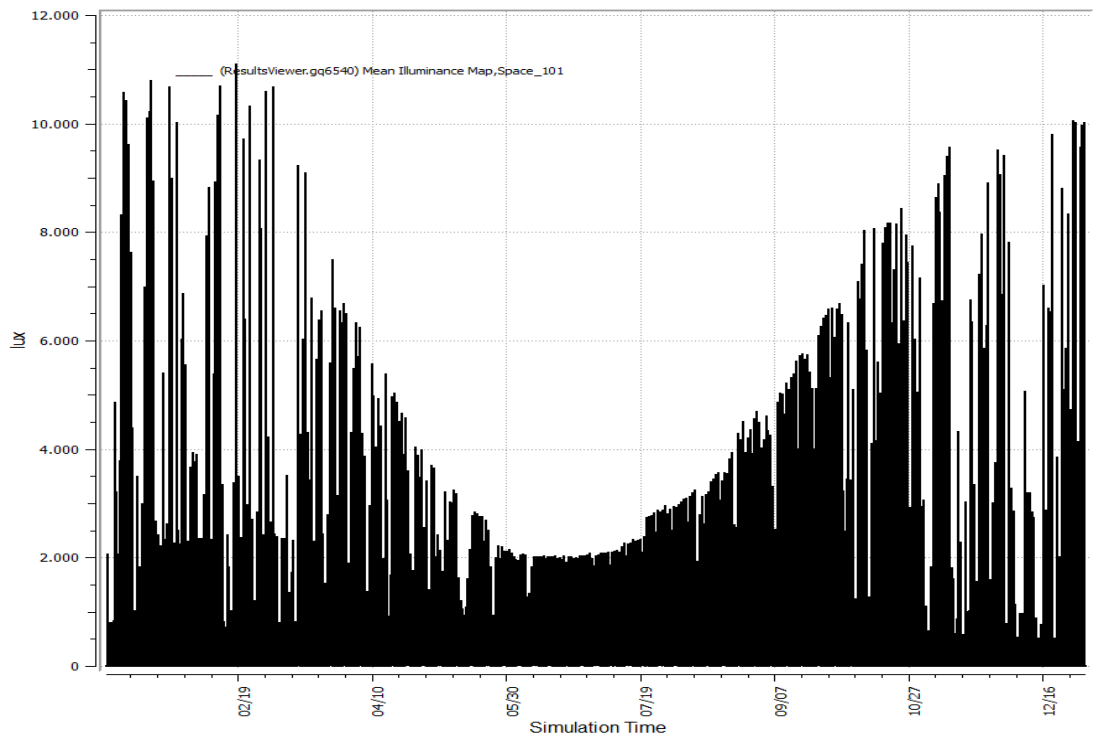
5.2.2.5 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού- Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους δωματίου

- Αποτελέσματα για νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Προσομοιώσεις για ύψη δωματίου 3,0-4,0 m με βήμα 0,5m
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

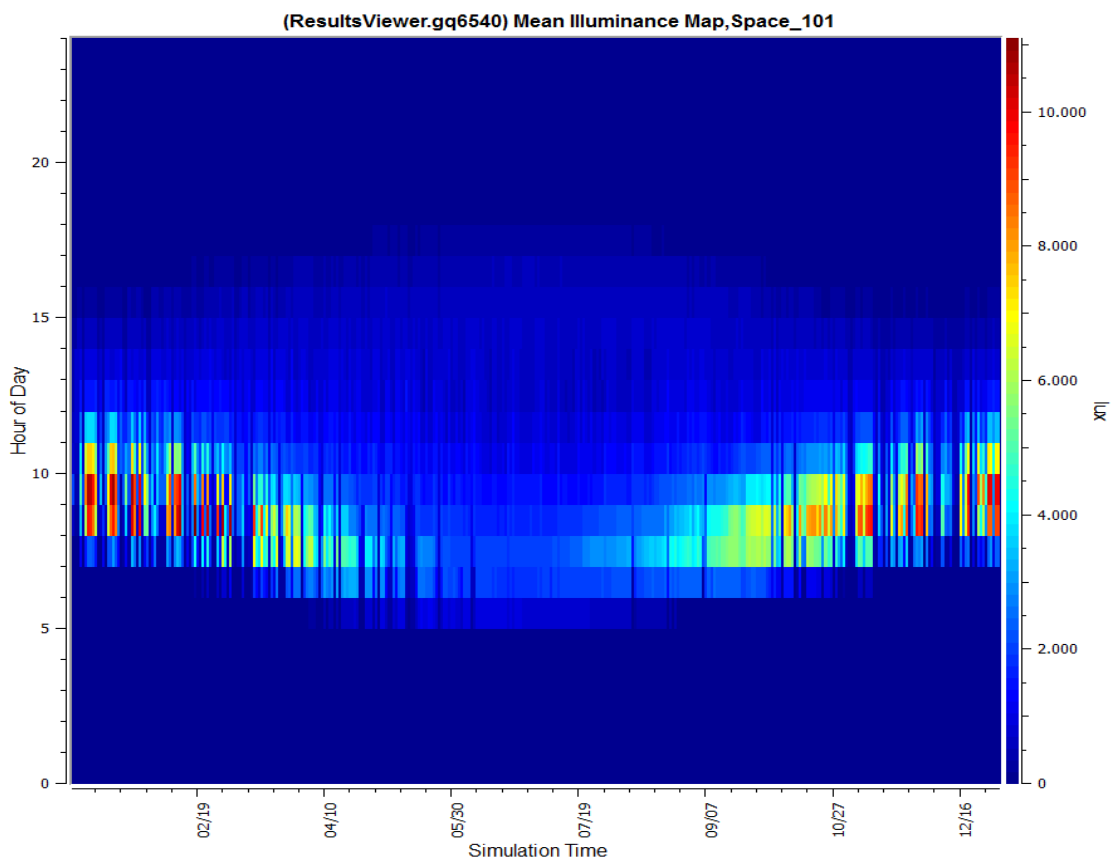
Αποτελέσματα για ύψος δωματίου 3,0 m:



Εικόνα 5.89: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,0 m.



(α)



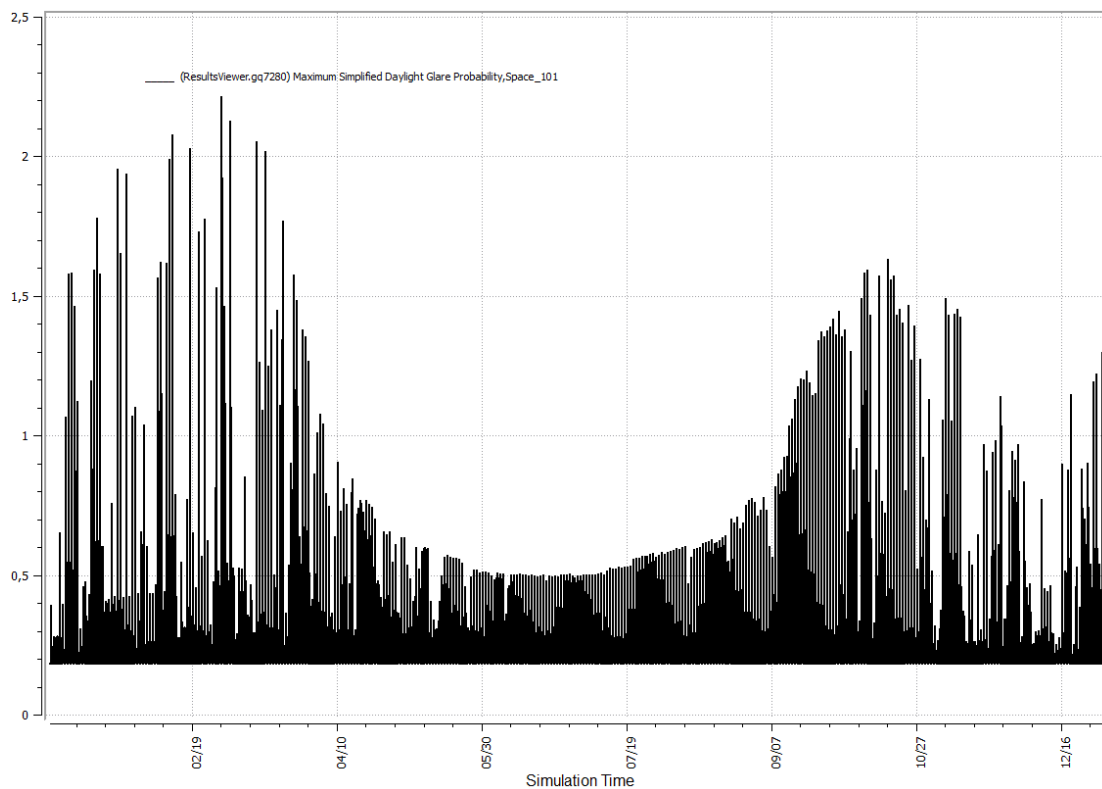
(β)

Εικόνα 5.90 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,0 m.

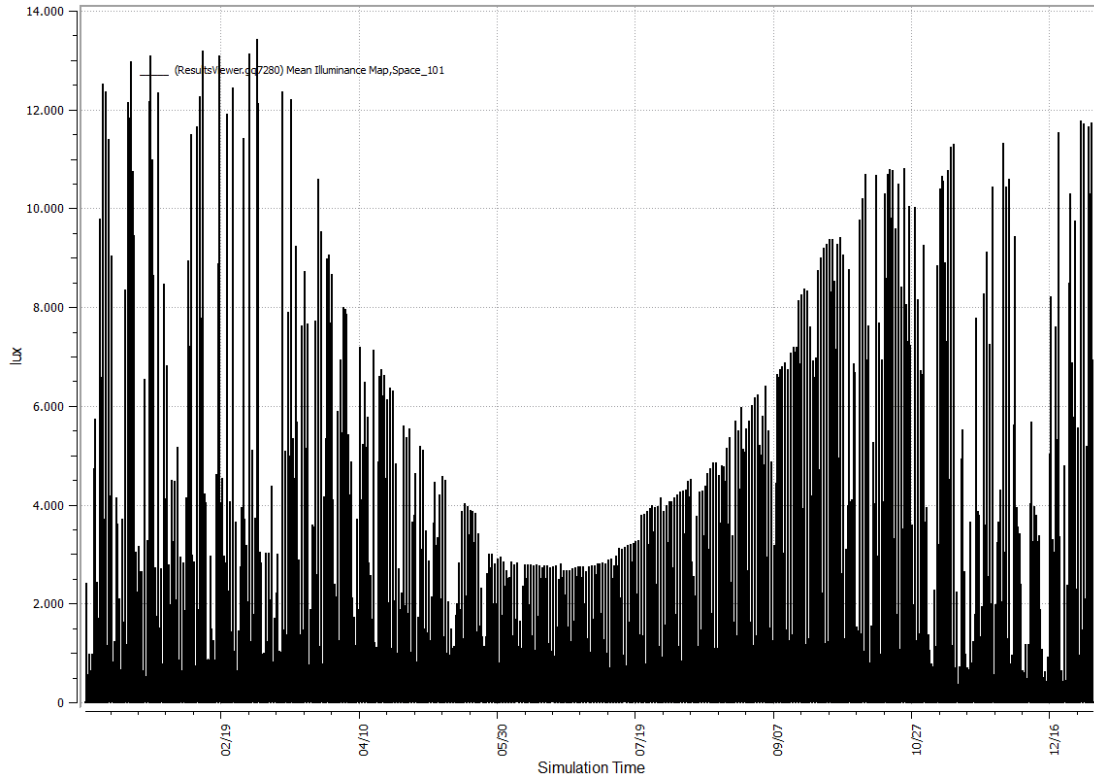
DA(300)	Daylit Hours	0.75	3520	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.4	3530	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.75	3520	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.82	3865	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.45	3915	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.82	3865	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.75	3515	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.4	3547	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.75	3865	4685

Εικόνα 5.91: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος δωματίου 3,0 m.

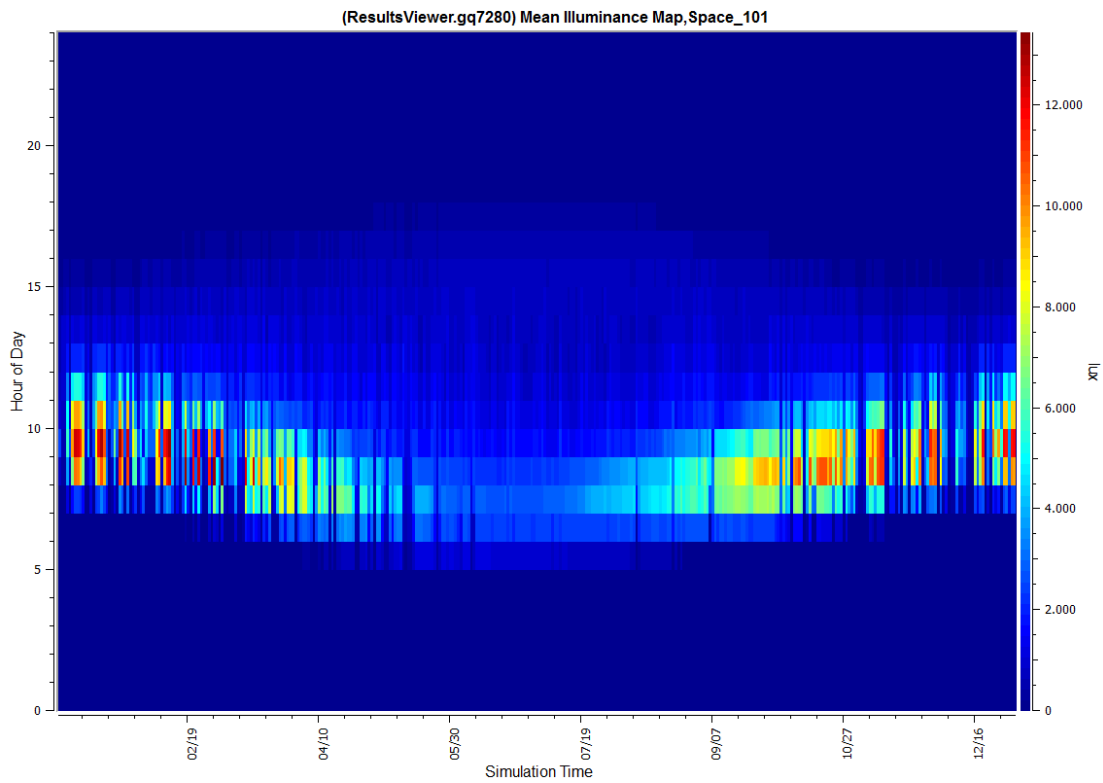
Αποτελέσματα για ύψος δωματίου 3,5 m:



Εικόνα 5.92: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,5 m.



(α)



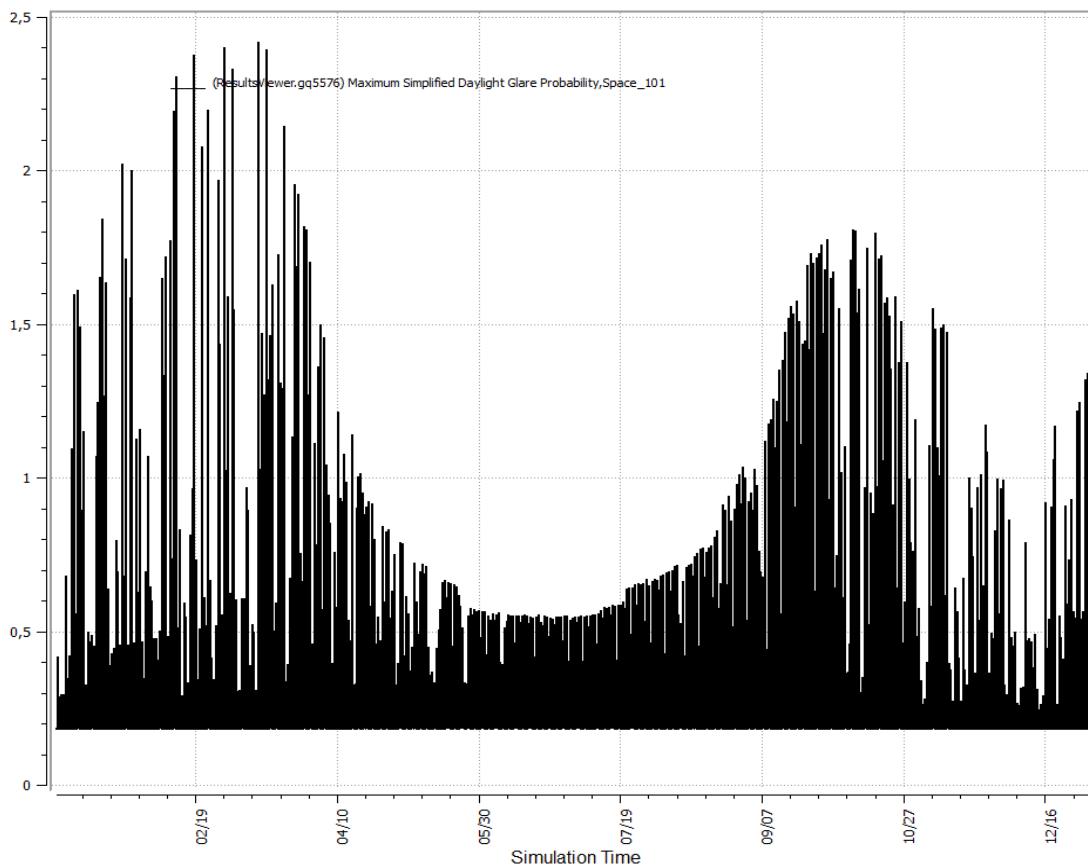
(β)

Εικόνα 5.93 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,5 m.

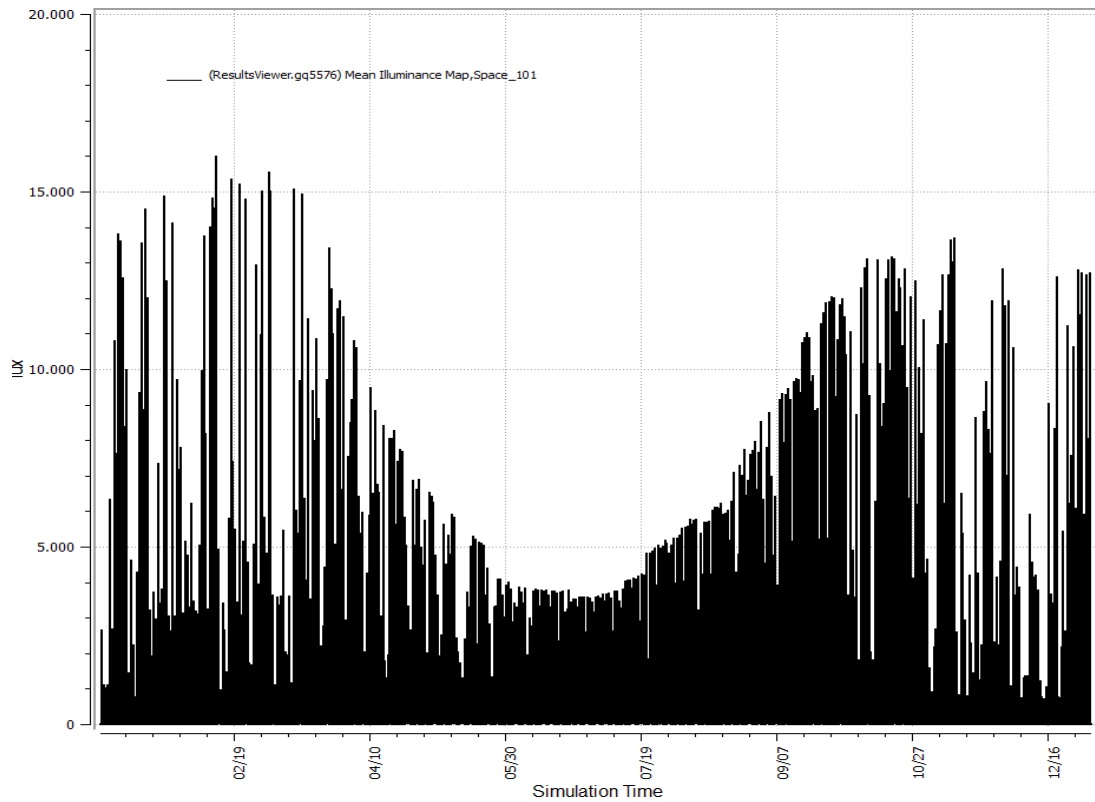
DA(300)	Daylit Hours	0.77	3618	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.41	3629	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.77	3618	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.83	3911	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.45	3968	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.83	3911	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.73	3410	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3452	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.73	3911	4685

Εικόνα 5.94: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος δωματίου 3,5 m.

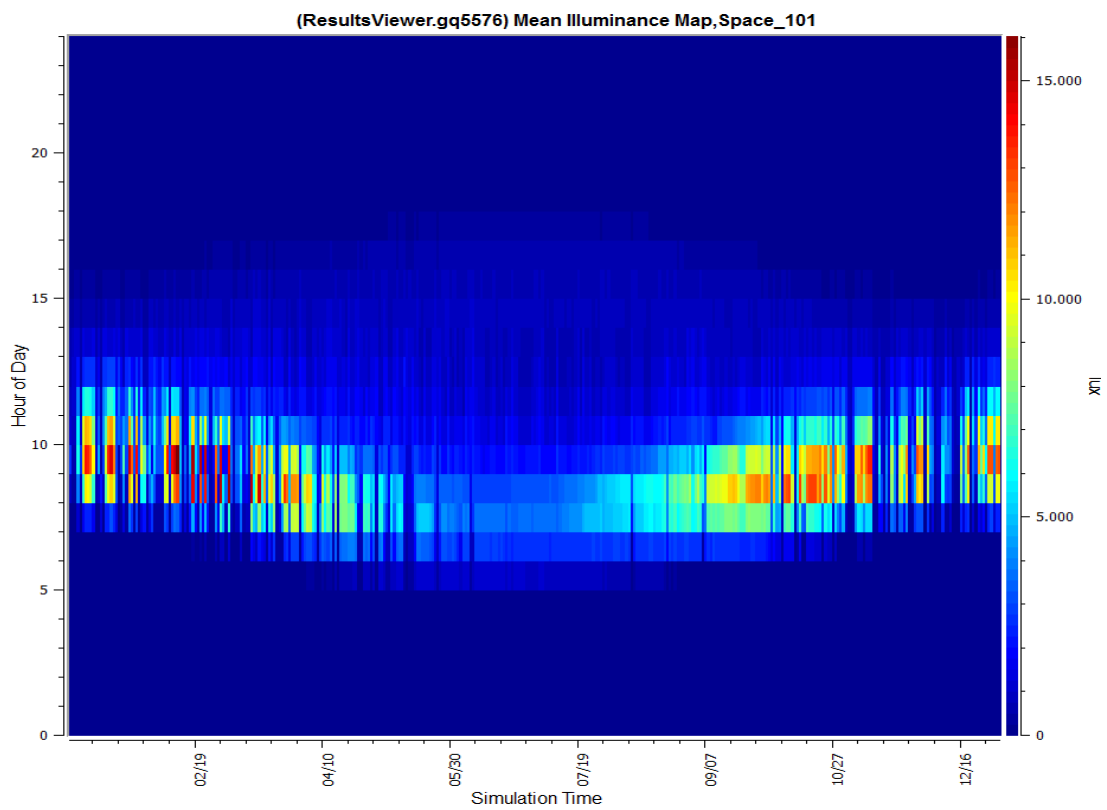
Αποτελέσματα για ύψος δωματίου 4,0 m:



Εικόνα 5.95: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 4,0 m.



(α)

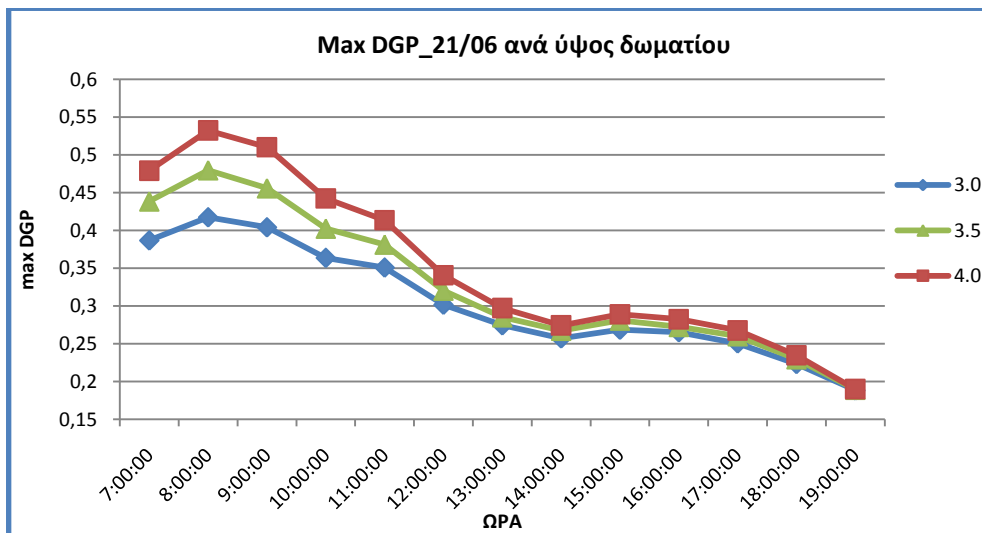


(β)

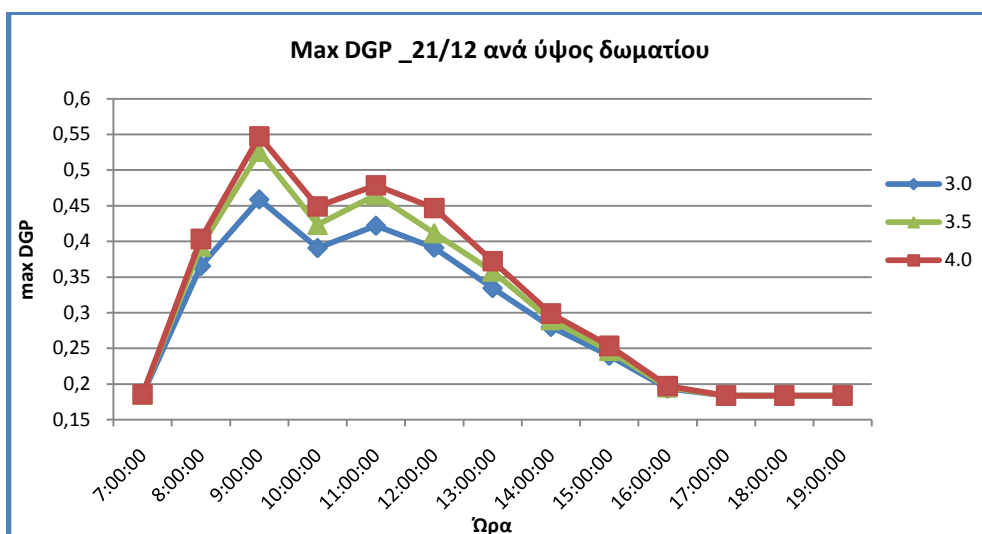
Εικόνα 5.96 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 4,0 m.

DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3938	4685

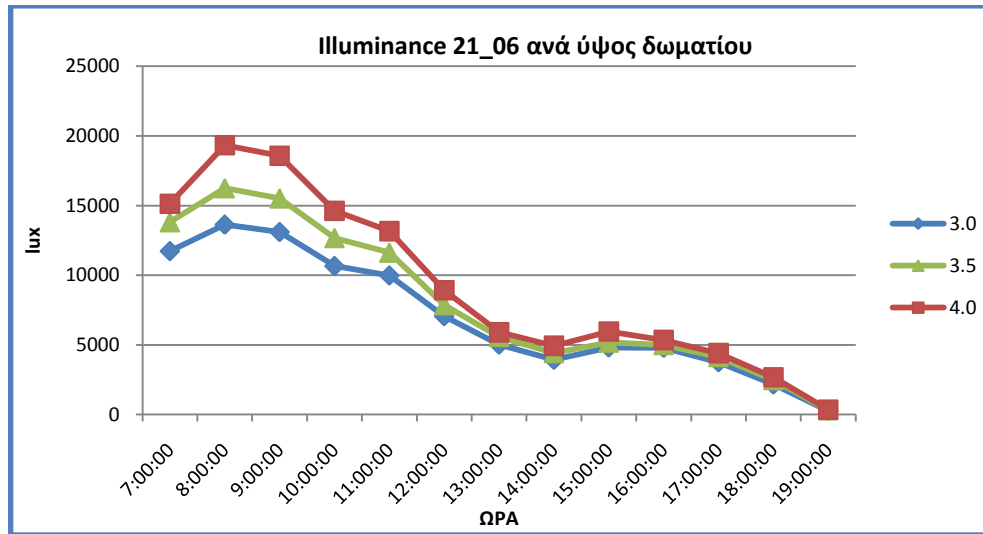
Εικόνα 5.97: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος δωματίου 4,0 m.



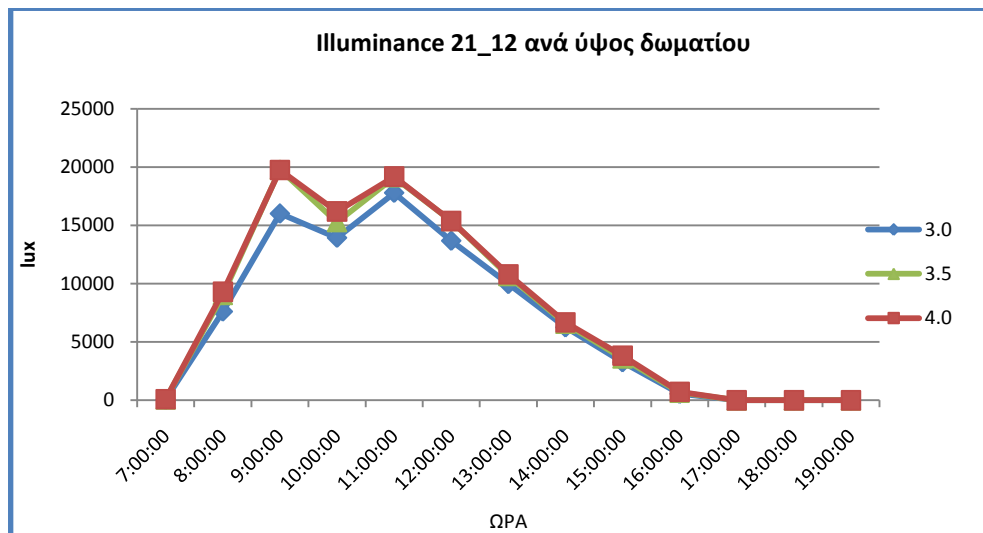
Εικόνα 5.98: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.



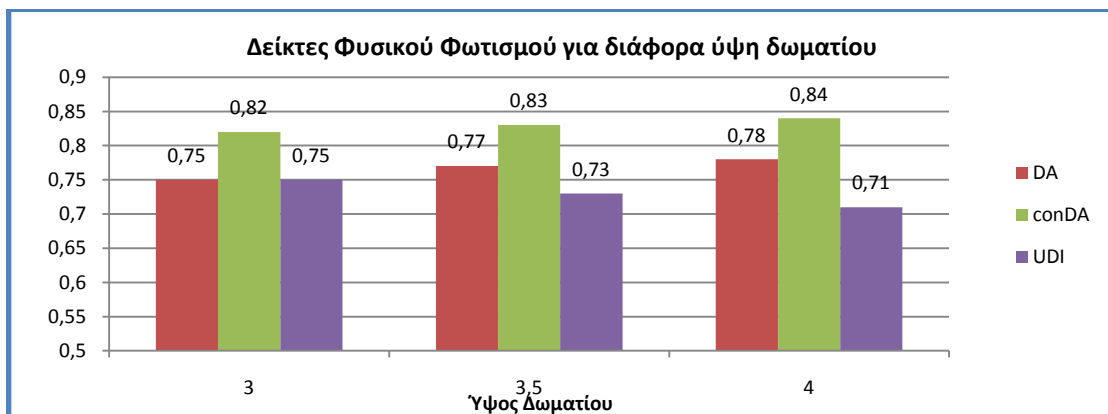
Εικόνα 5.99: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.



Εικόνα 5.100: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.



Εικόνα 5.101: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.



Εικόνα 5.102: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.

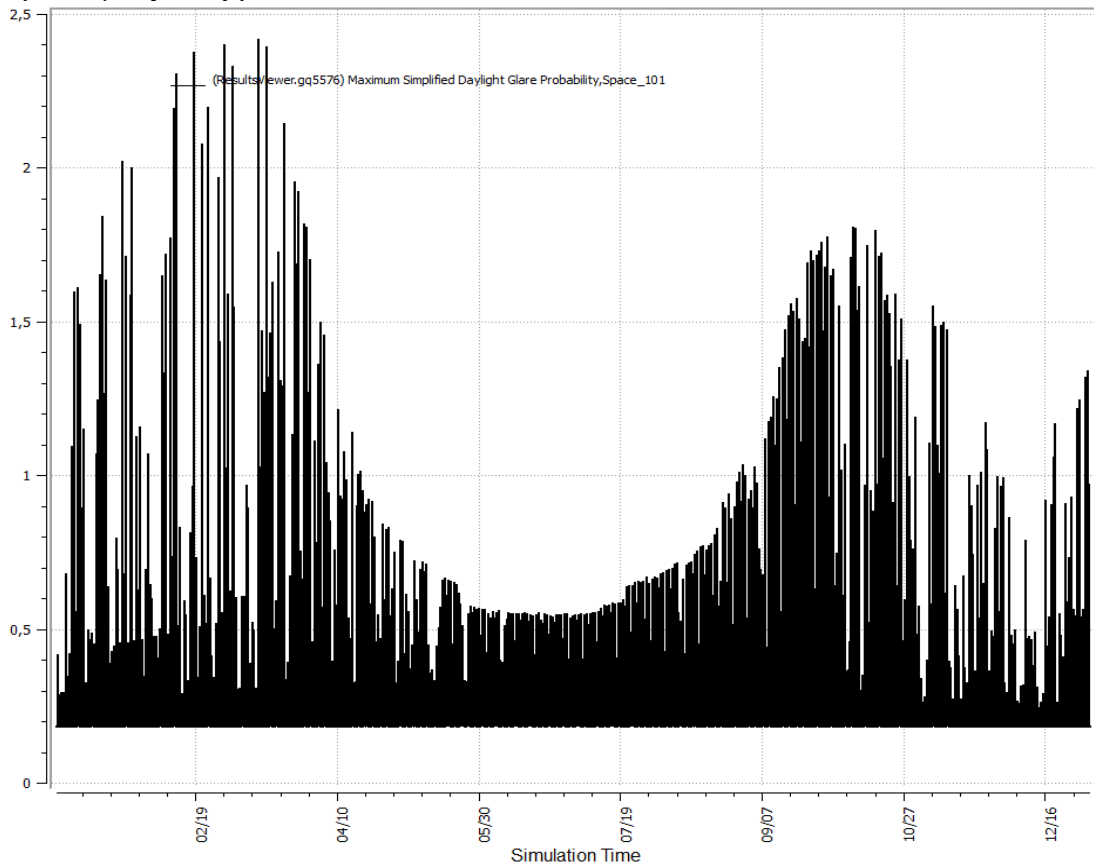
Σχόλια

- Τα μπαλκόνια παρέχουν οριζόντια σκίαση στις επιφάνειες της πρόσοψης ακριβώς από κάτω τους . Το μπαλκόνι πλάτους 2,0 m λειτουργεί σαν οριζόντιο σταθερό σκίαστρο και εκτείνεται και πέραν του μήκους του παραθύρου. Τα οριζόντια σκίαστρα μπλοκάρουν αποτελεσματικότερα την ανεπιθύμητη ακτινοβολία προς το εσωτερικό του θαλάμου όταν είναι ακριβώς πάνω από το παράθυρο και συνεχίζονται πέραν του μήκους τους.
- Άρα, εάν το παράθυρο φτάνει έως το δοκάρι της πλάκας οροφής, το μπαλκόνι είναι πιο αποτελεσματικό από άποψη σκίασης, απ' ότι σε περίπτωση χαμηλότερου προεκκλιού.
- Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα παραπάνω αποτελέσματα , αφού αυξανόμενου του ύψους του δωματίου και ενώ το πρέκι του παραθύρου παραμένει σταθερό, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού.
Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται καθώς εμφανίζονται περισσότερες τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί.
- Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές αυτονομίας φυσικού φωτός.

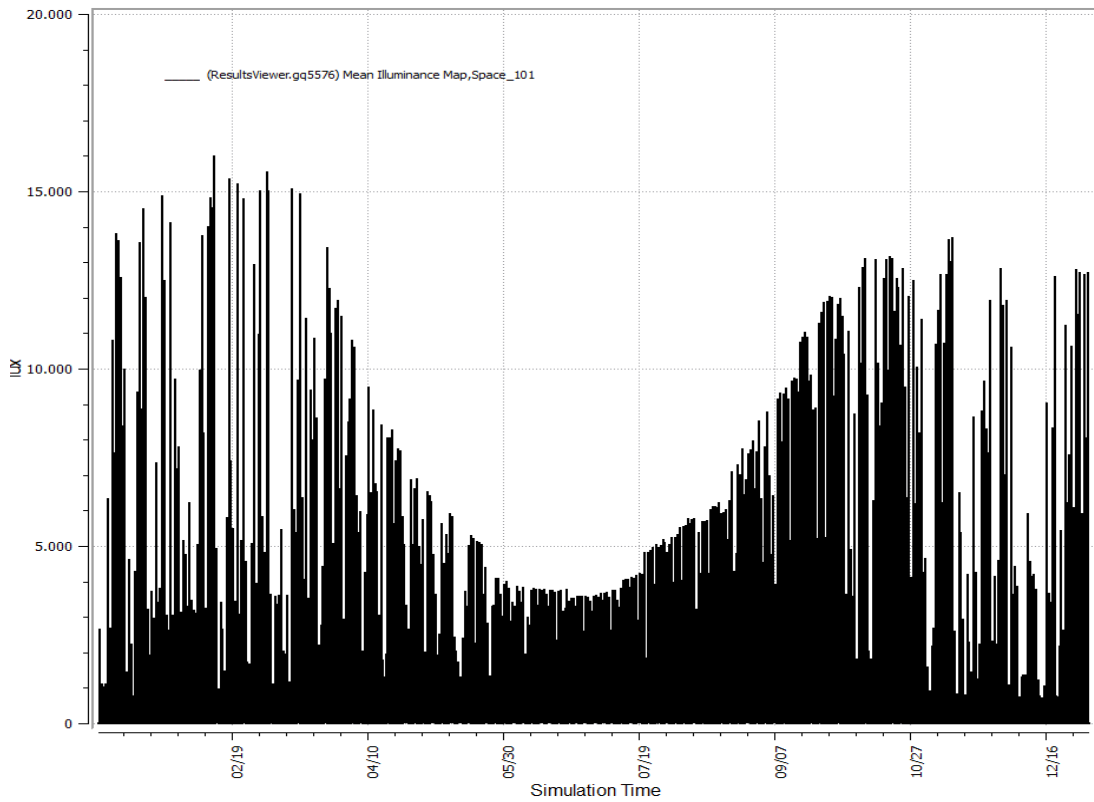
5.2.2.6 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής βάθους μπαλκονιού

- Αποτελέσματα για νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι
- Προσομοιώσεις για βάθος μπαλκονιού 2,0-2,4 m με βήμα 0,4m
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

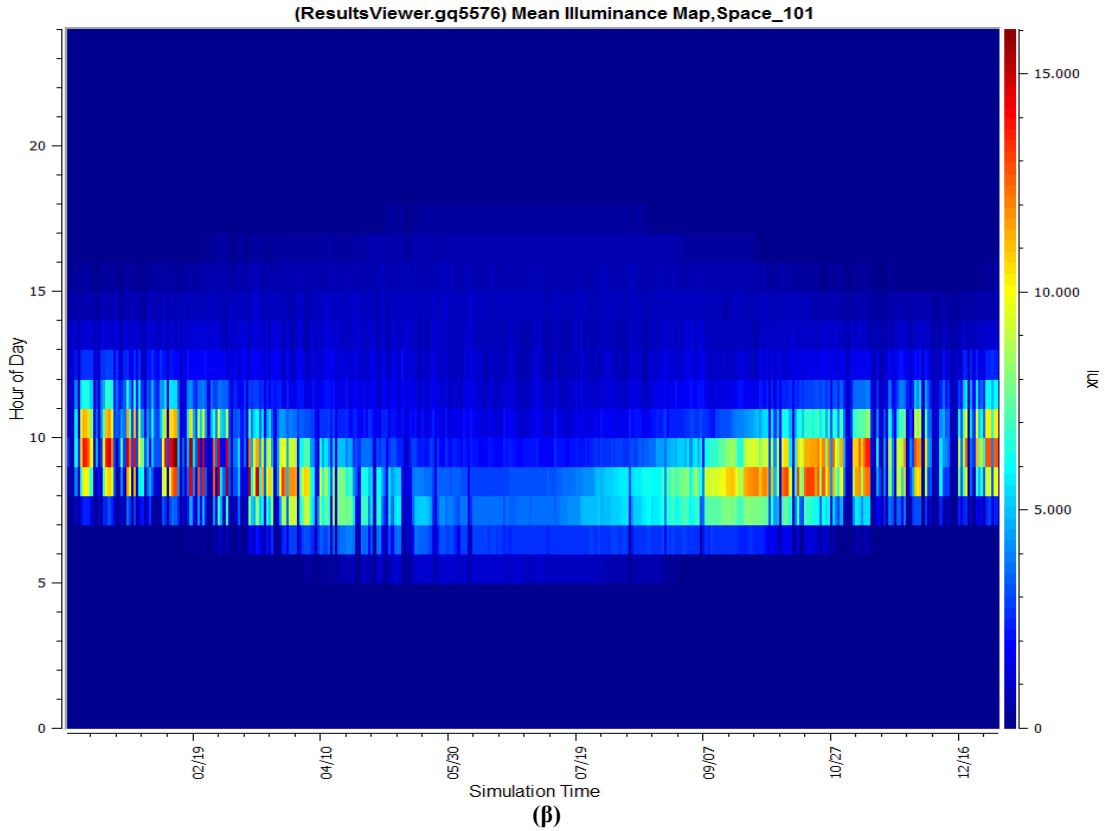
Αποτελέσματα για βάθος μπαλκονιού 2,0 m:



Εικόνα 5.103: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m



(α)

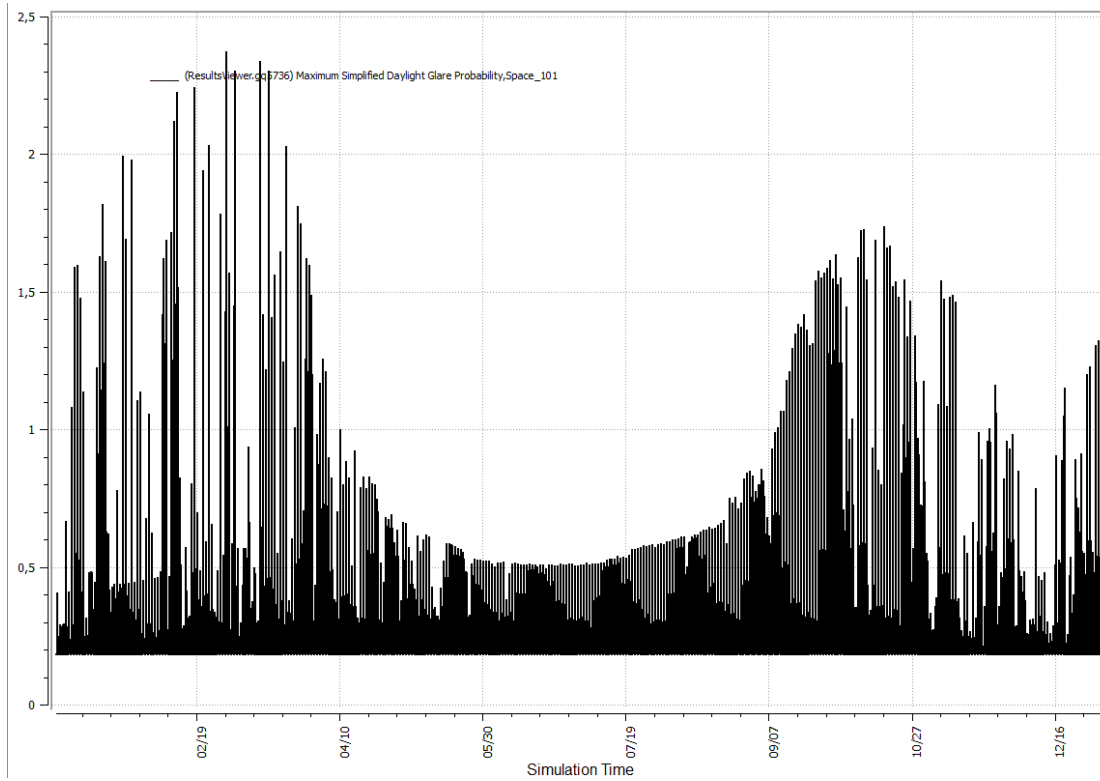


Εικόνα 5.104 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.

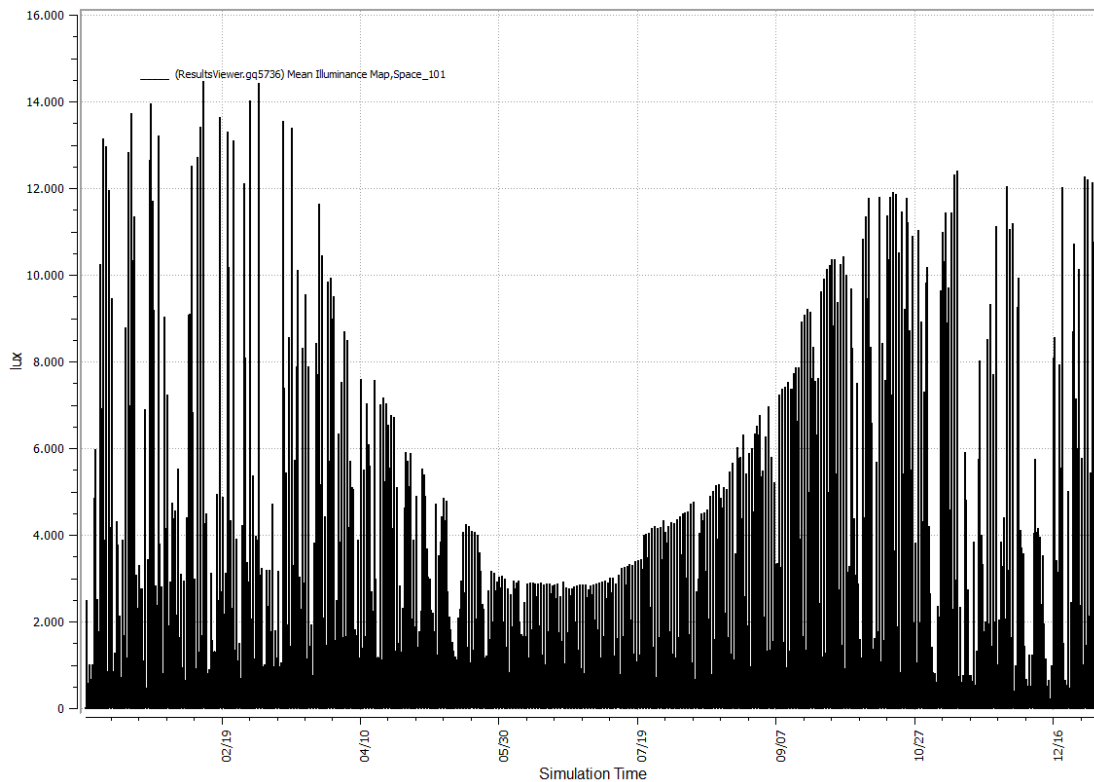
DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3938	4685

Εικόνα 5.105: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.

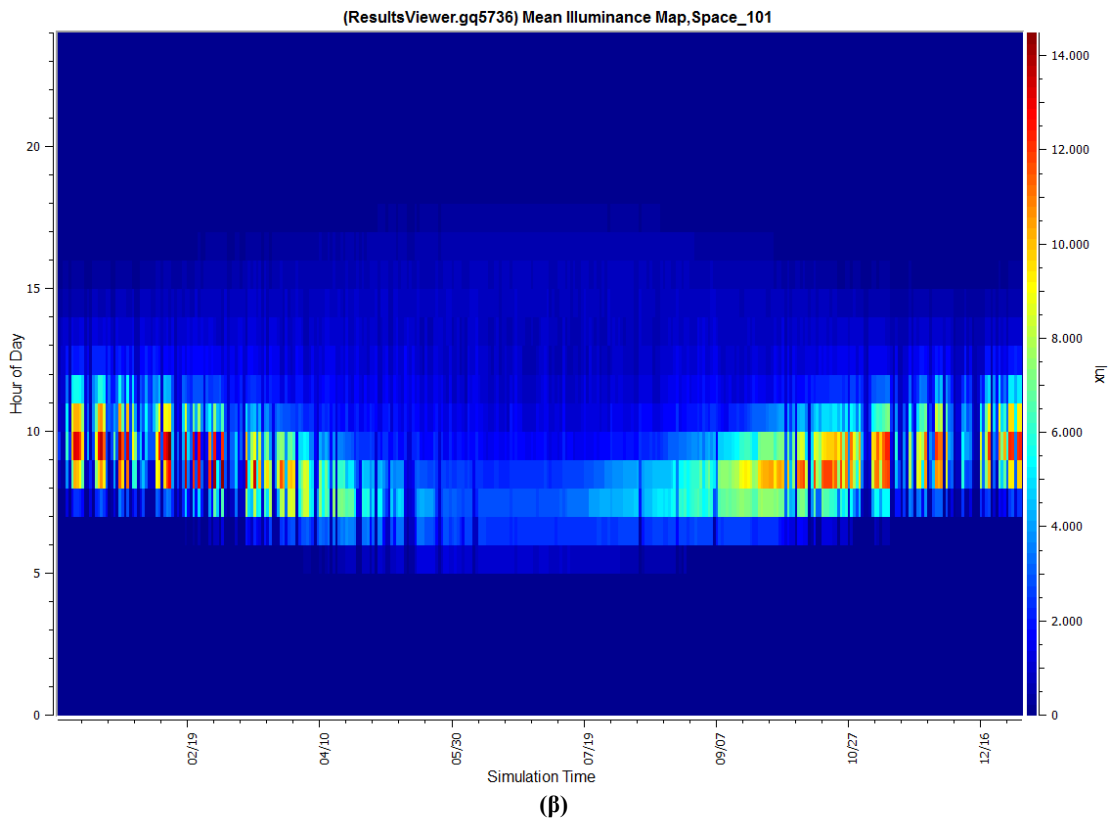
Αποτελέσματα για βάθος μπαλκονιού 2,4 m:



Εικόνα 5.106: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m



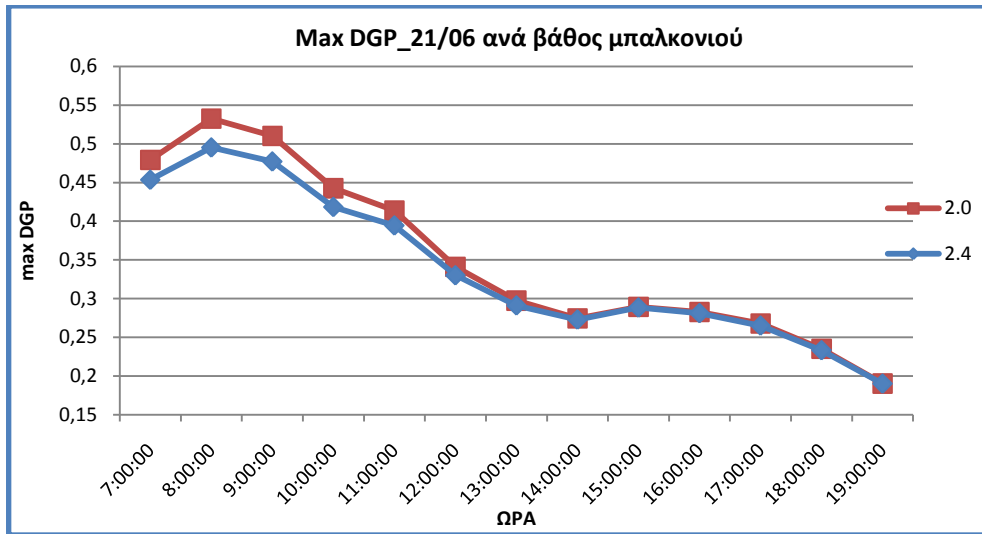
(α)



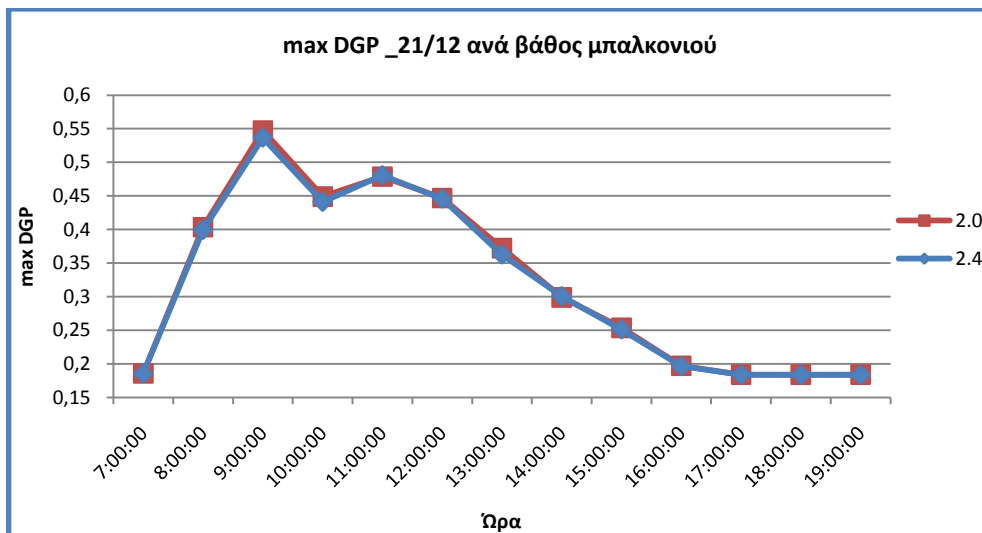
Εικόνα 5.107 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m.

DA(300)	Daylit Hours	0.78	3638	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3649	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3638	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3919	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0,45	3978	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3919	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.73	3397	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.39	3441	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.73	3919	4685

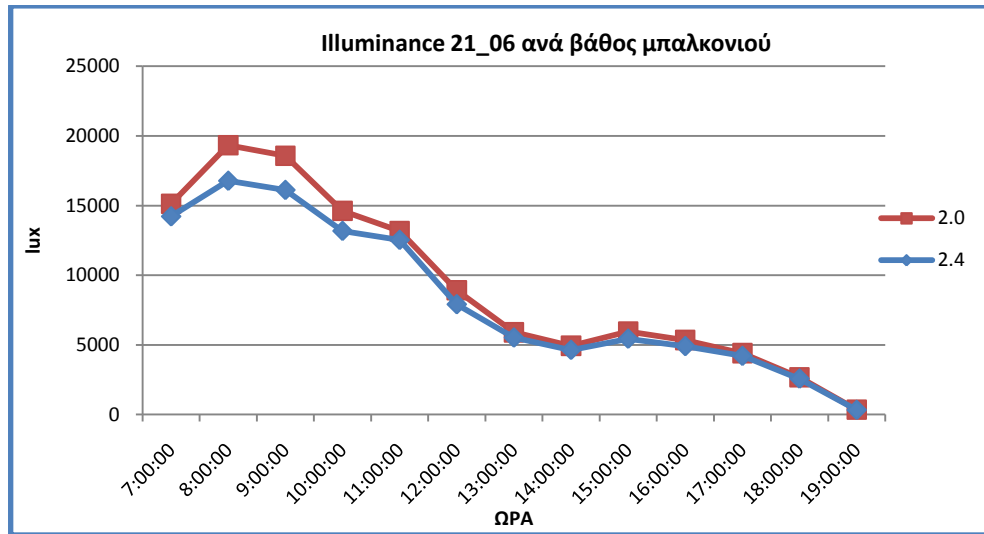
Εικόνα 5.108: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m.



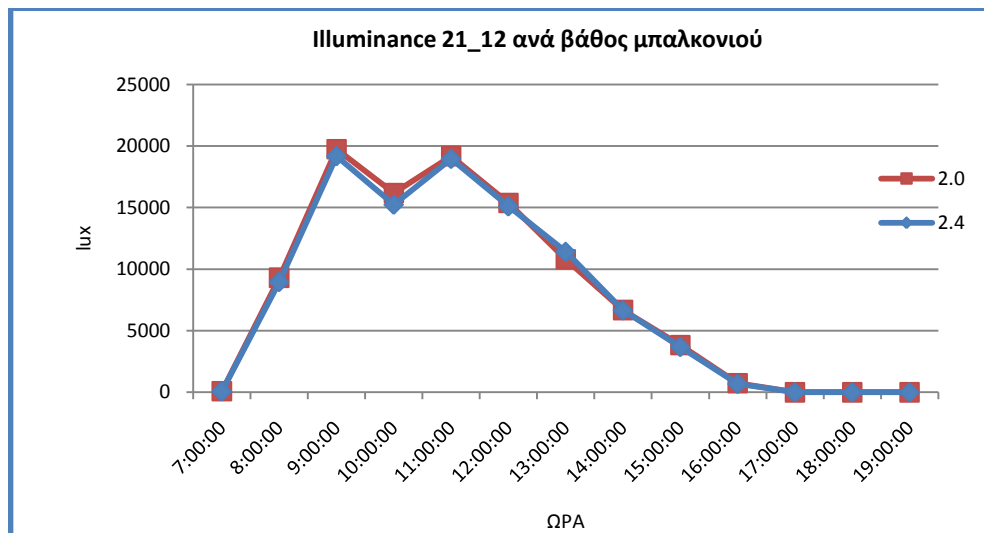
Εικόνα 5.109: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.



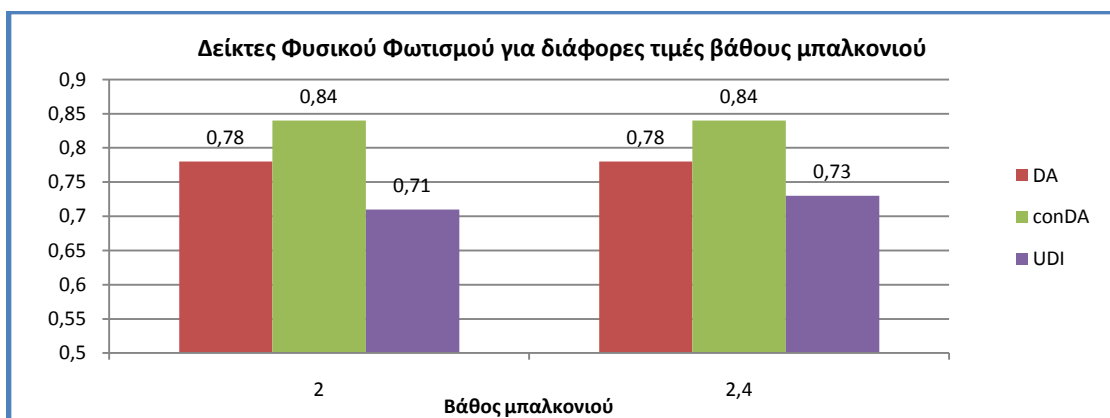
Εικόνα 5.110: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.



Εικόνα 5.111: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.



Εικόνα 5.112: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.



Εικόνα 5.113: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.

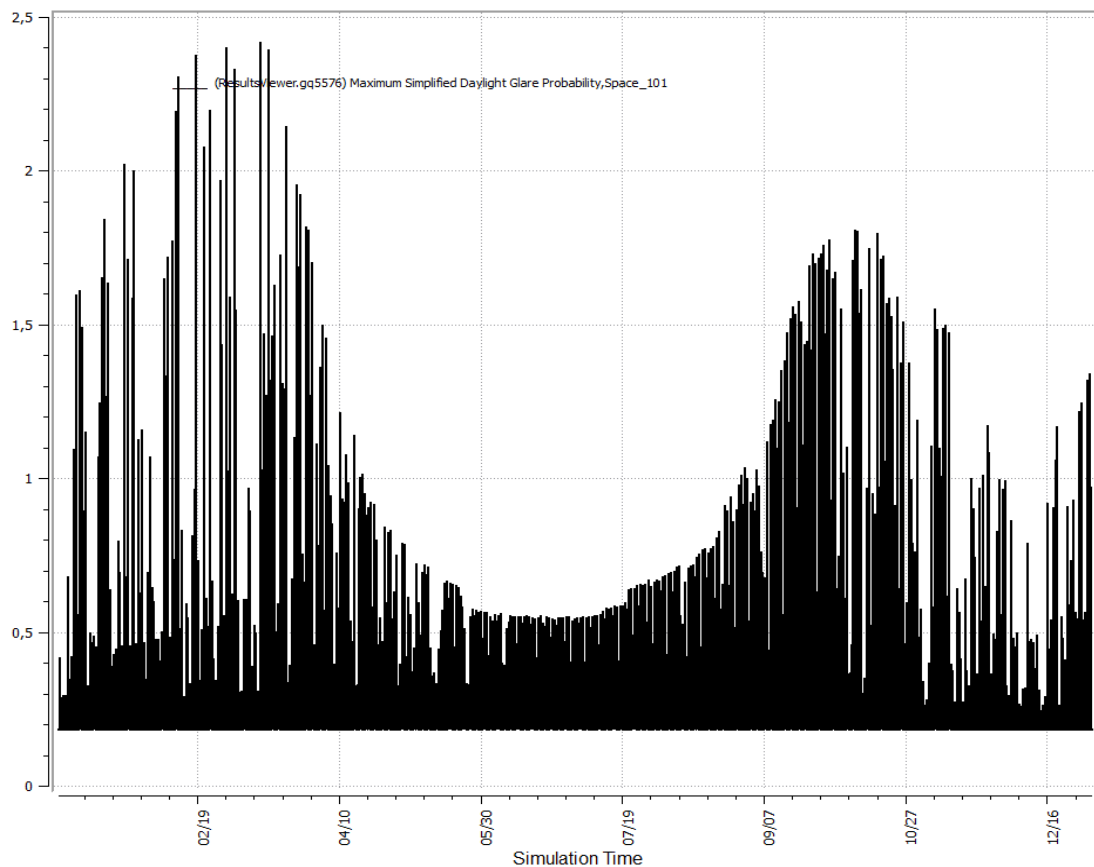
Σχόλια

- Το πλαίσιο των τιμών 2,0-2,4 m έχει επιλεγθεί ώστε το μπαλκόνι να είναι αρκετά ευρύχωρο και ασφαλές για τους ασθενείς και τις οικογένειές τους, ώστε να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν, να εξασφαλίζεται η άνεση στην κινητικότητα των ασθενών (αναπηρικά αμαξίδια κλπ.) αλλά και των επισκεπτών.
- Η οριζόντια σκίαση που παρέχεται από τα μπαλκόνια τους καλοκαιρινούς μήνες είναι επαρκής για να σκιάσει το σύνολο της πρόσοψης ακριβώς κάτω από αυτά. Η μόνη σημαντική διαφορά φαίνεται να αφορά την παρουσία ή την απουσία μπαλκονιού. Αποδεικνύεται, δηλαδή, ότι το βάθος του μπαλκονιού δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο.
- Παρατηρούμε, από τα παραπάνω, ότι το βάθος του μπαλκονιού επηρεάζει ελάχιστα τα μεγέθη του φυσικού φωτισμού. Αυξανόμενου του βάθους του μπαλκονιού, μειώνονται ελάχιστα τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου και ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, με διαφορές σχεδόν ανεπαίσθητες οι οποίες γίνονται πιο σημαντικές μόνο για τις πρωινές ώρες κατά το θερινό ηλιοστάσιο, ενώ οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού δεν παρουσιάζουν διαφορά. Τέλος, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) αυξάνεται ελαφρά.
- Ωστόσο, θα πρέπει κανείς να εξετάσει και την επιρροή του βάθους μπαλκονιού στις ενεργειακές ανάγκες του Θ.Ν., αφού ενώ -έστω και οριακά- το μεγαλύτερο βάθος μπαλκονιού δίνει καλύτερη ποιότητα φυσικού φωτισμού, θα πρέπει παράλληλα να εξεταστεί κατά πόσο επηρεάζει την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η πρόσοψη κατά τη διάρκεια του χειμώνα και πώς αυτό επιδρά στις ενεργειακές ανάγκες.[10]
- Φυσικά θα πρέπει συνυπολογίζεται πάντα και η συνεισφορά του μπαλκονιού στην δημιουργία του θεραπευτικού περιβάλλοντος.
- Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές αυτονομίας φυσικού φωτός.

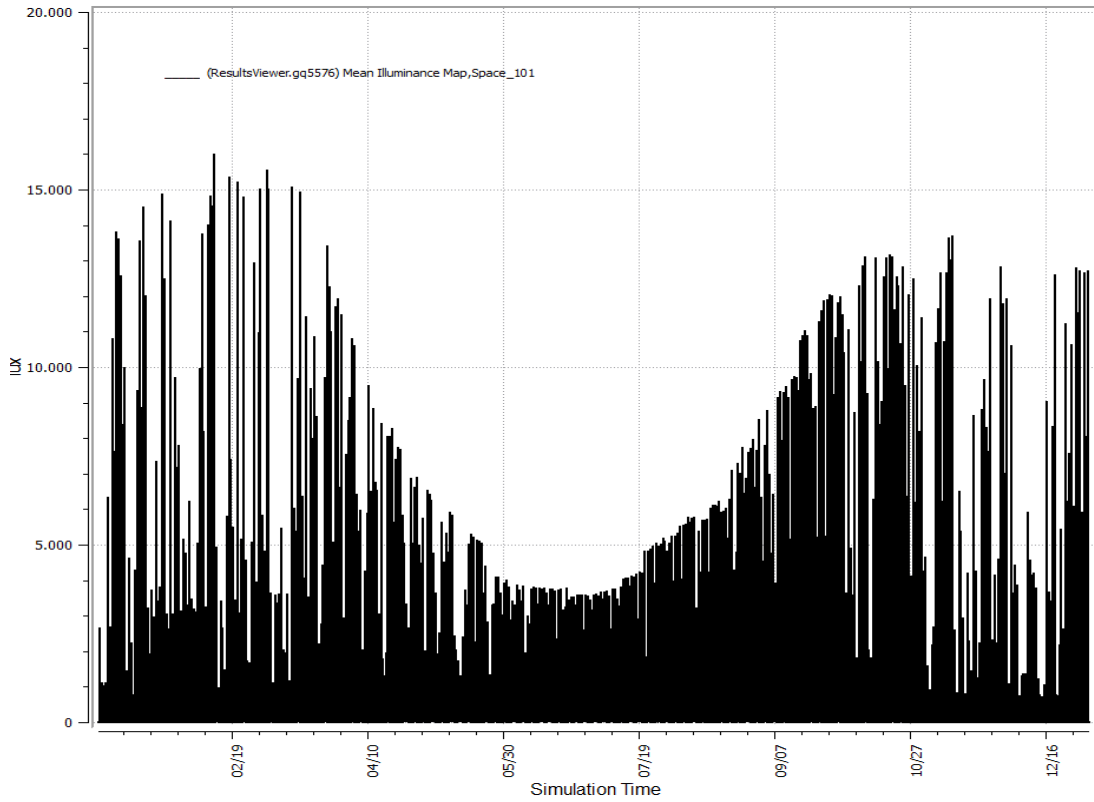
5.2.2.7 Αποτελέσματα προσομοιώσεων φυσικού φωτισμού – Διερεύνηση επίπτωσης ύπαρξης ή μη μπαλκονιού

- Αποτελέσματα για νοτιοανατολικό μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Προσομοιώσεις για νοτιοανατολικό ΘΝ με μπαλκόνι (βάθους 2 m που εκτείνεται και πέρα από το πλάτος του παραθύρου) και χωρίς μπαλκόνι (σκέτο παράθυρο)
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

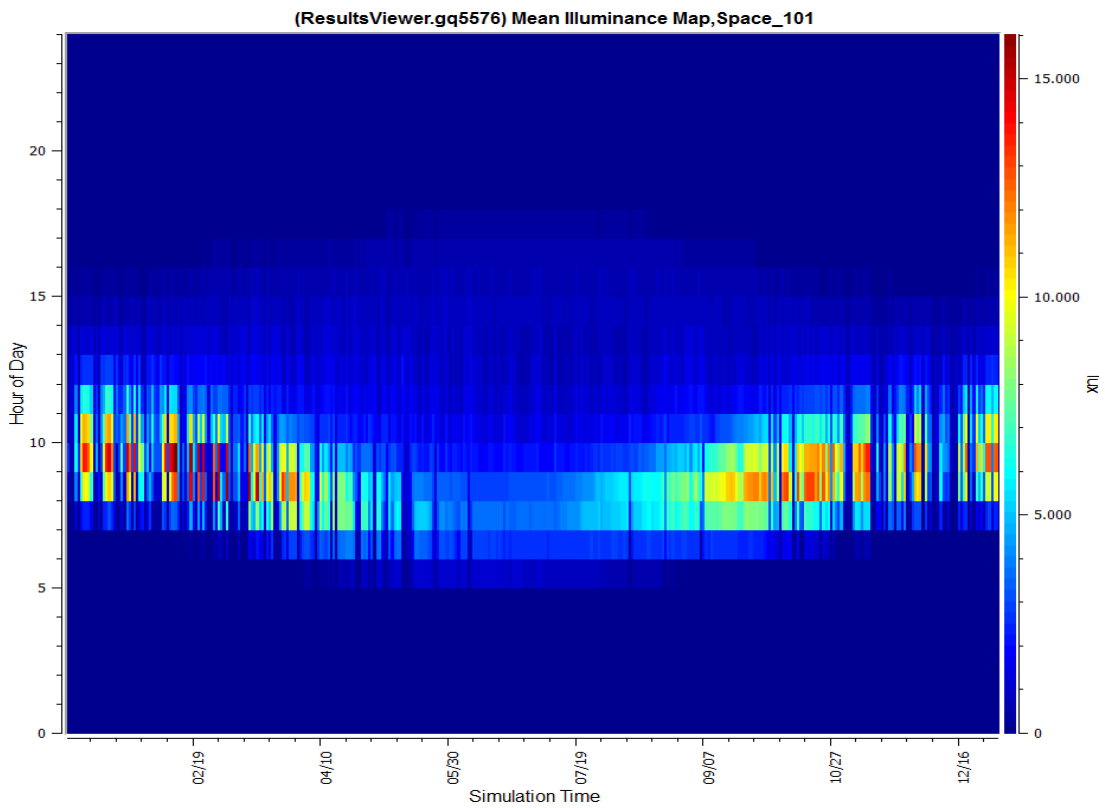
Αποτελέσματα με ύπαρξη μπαλκονιού:



Εικόνα 5.114: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m



(α)



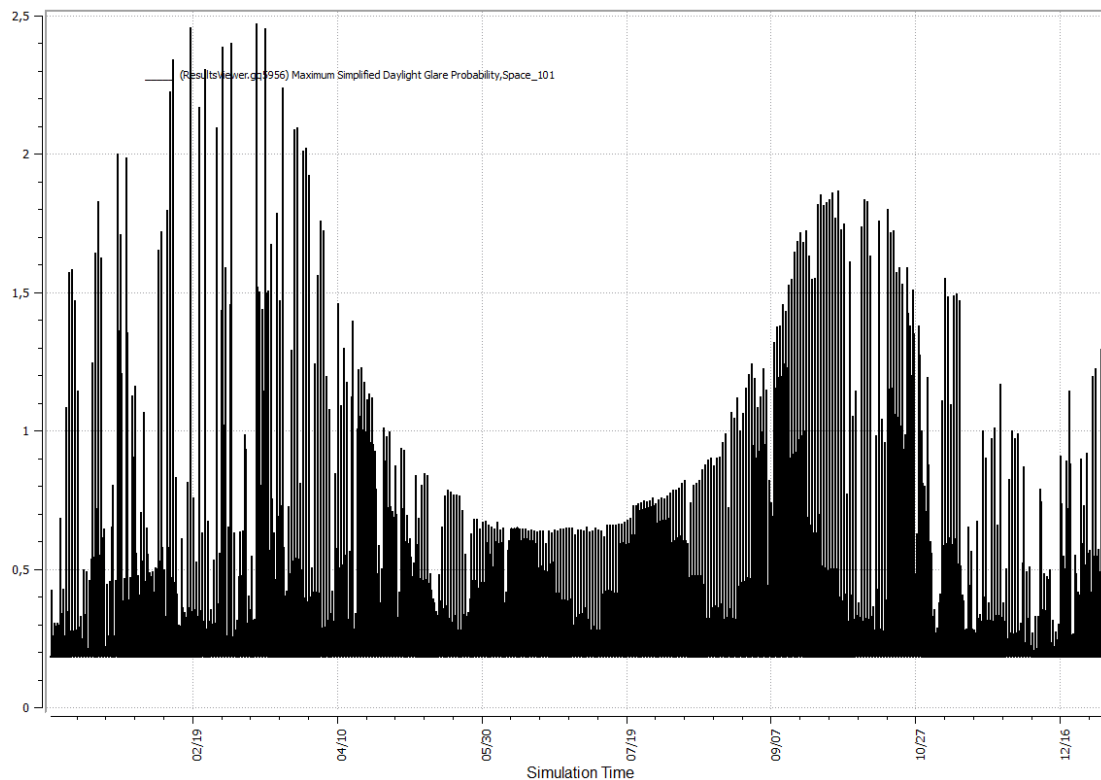
(β)

Εικόνα 5.115 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.

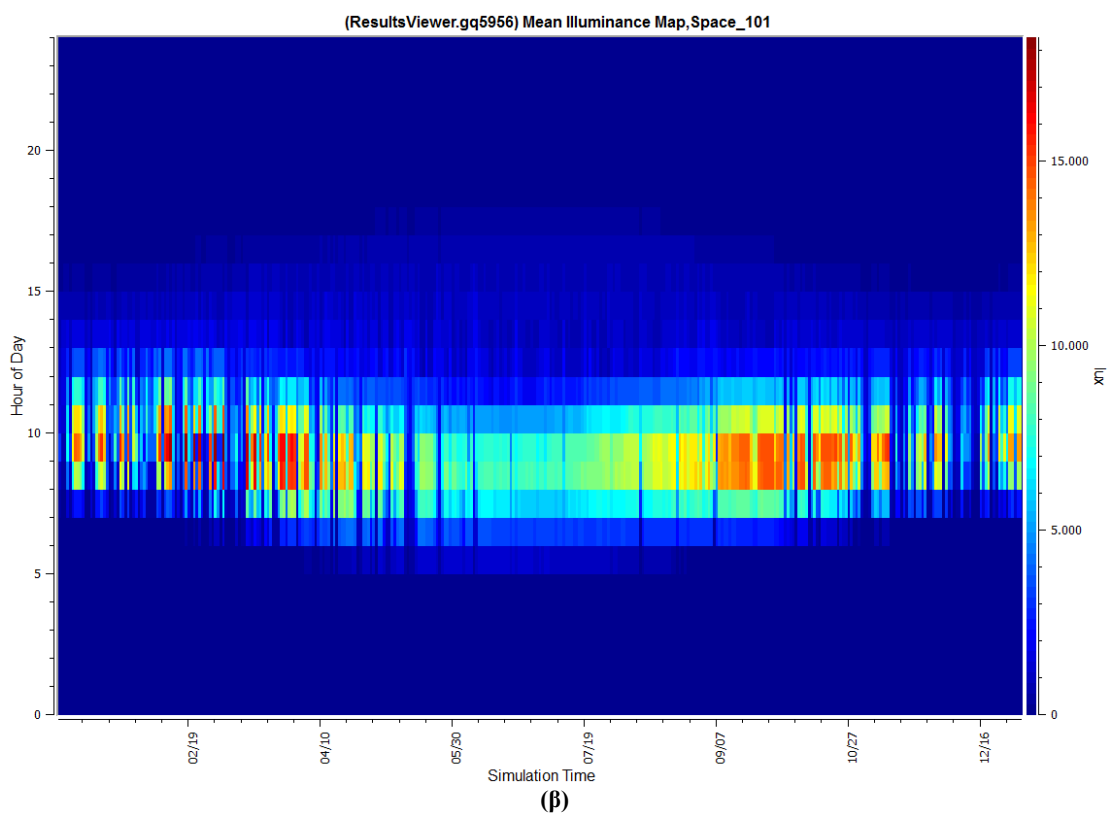
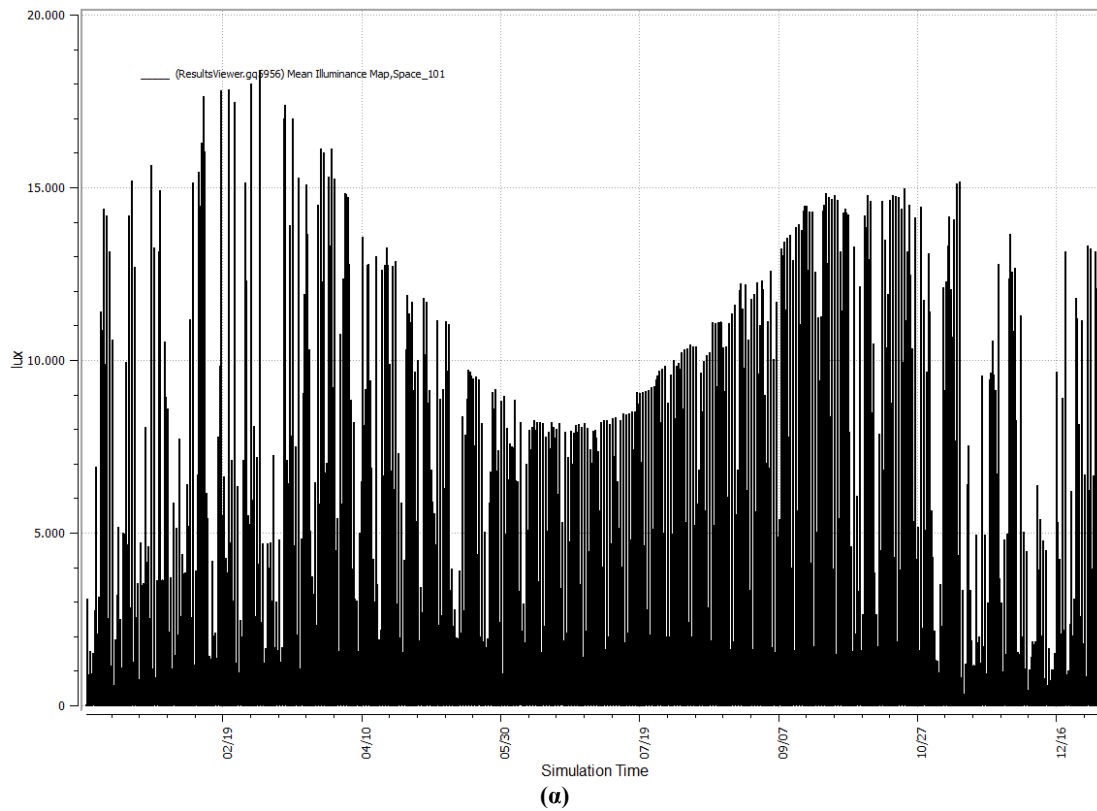
DA(300)	Daylit Hours	0.78	3671	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.42	3683	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.78	3671	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.84	3938	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4001	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.84	3938	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.71	3315	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.38	3366	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.71	3315	4685

Εικόνα 5.116: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.

Αποτελέσματα για τη μη ύπαρξη μπαλκονιού



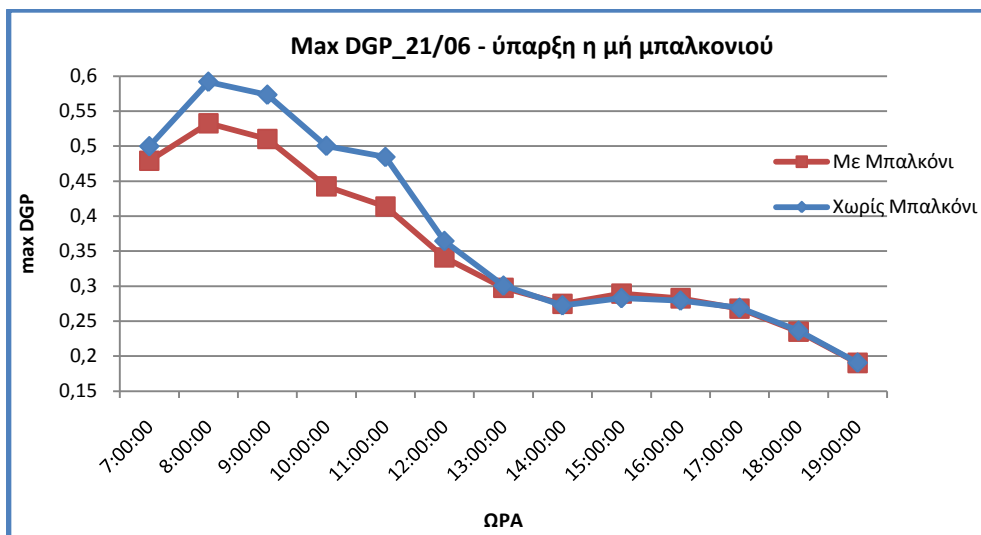
Εικόνα 5.117: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, χωρίς μπαλκόνι



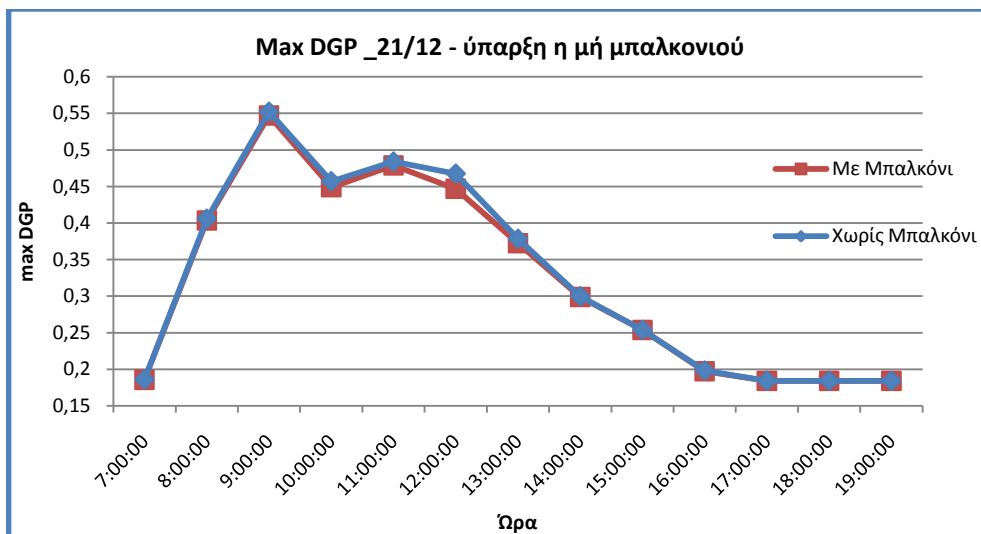
Εικόνα 5.118 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, χωρίς μπολκόνι

DA(300)	Daylit Hours	0.79	3717	4685
DA(300)	Occupied Hours	0.43	3736	8760
DA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.79	3717	4685
conDA(300)	Daylit Hours	0.85	3972	4685
conDA(300)	Occupied Hours	0.46	4052	8760
conDA(300)	Daylit and Occupied Hours	0.85	3972	4685
UDI(100-3000)	Daylit Hours	0.65	3062	4685
UDI(100-3000)	Occupied Hours	0.36	3137	8760
UDI(100-3000)	Daylit and Occupied Hours	0.65	3972	4685

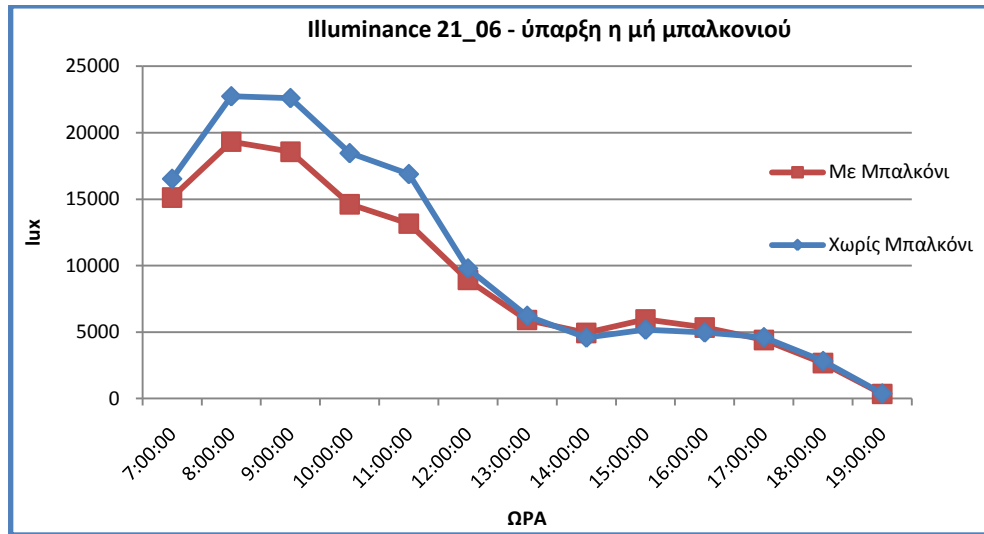
Εικόνα 5.119: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού,, χωρίς μπαλκόνι.



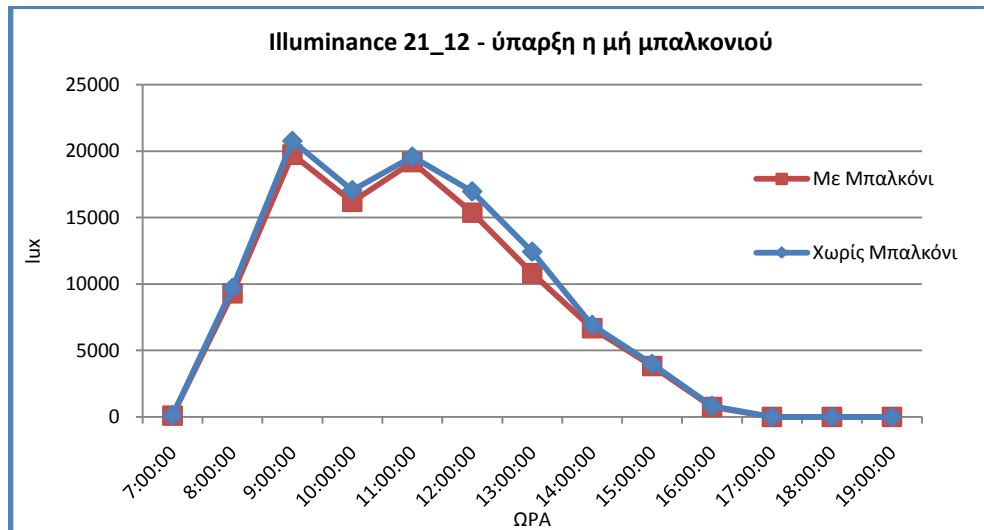
Εικόνα 5.120: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού



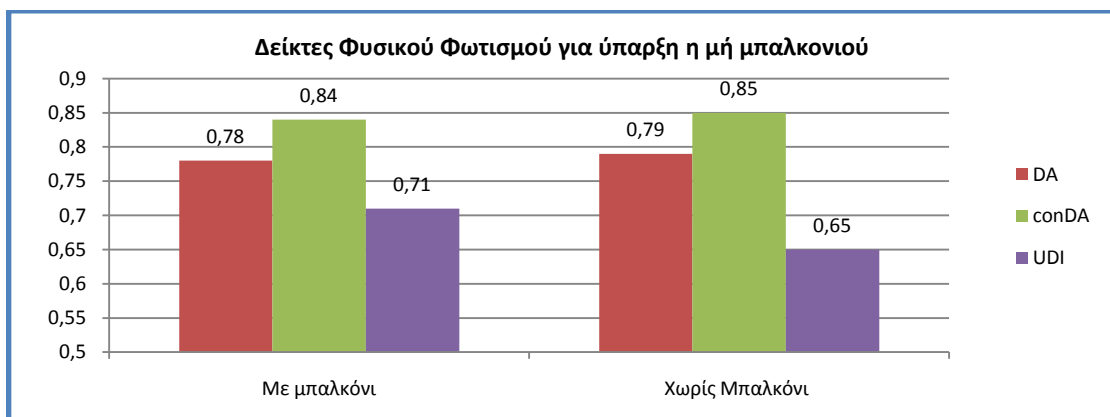
Εικόνα 5.121: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού



Εικόνα 5.122: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού



Εικόνα 5.123: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού



Εικόνα 5.124: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού.

Σχόλια

- Παρατηρούμε ότι η ύπαρξη μπαλκονιού δίνει μικρότερα επίπεδα φωτισμού ειδικά κατά το θερινό ηλιοστάσιο και κυρίως για τις πρωινές ώρες, χωρίς να ρίχνει τα ρίχνει κάτω από τις επιθυμητές τιμές. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, ειδικά στην Ελλάδα που μας ενδιαφέρει πολύ περισσότερο η υπερθέρμανση το καλοκαίρι. Με την ύπαρξη μπαλκονιού, μειώνονται ελαφρά τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου και ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, με τις διαφορές να γίνονται κυρίως αισθητές κατά το θερινό ηλιοστάσιο όπως περιγράφηκε παραπάνω, ενώ οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού μειώνονται ελάχιστα. Τέλος, τη σημαντικότερη διαφορά δίνει ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) ο οποίος αυξάνεται σημαντικά με την ύπαρξη μπαλκονιού που λειτουργεί σαν αποδοτική συσκευή σκίασης και ως εκ τούτου, προκύπτουν λιγότερες τιμές φωτισμού που ξεπερνούν το επιθυμητό εύρος.
- Μελέτες έχουν συσχετίσει την ύπαρξη μπαλκονιού στις νότιες προσόψεις με συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών περιβάλλοντος [11]-[12].
- Φαίνεται παρ' όλα αυτά ότι τα μπαλκόνια δεν αρκούν από μόνα τους ως αποκλειστικά εξωτερικά σκίαστρα καθώς άλλοι παράγοντες, όπως η διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία στο εσωτερικό του χώρου πρέπει να εξεταστούν.
- Και στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν πρέπει να ξεχνάμε την σημαντικότερη επίδραση της ύπαρξης του μπαλκονιού στη δημιουργία ενός θεραπευτικού περιβάλλοντος για τους ασθενείς.

Στη συνέχεια της παρούσας εργασίας, θα αναλυθούν και παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της επίδρασης του μπαλκονιού στις ενεργειακές ανάγκες του Θ.Ν., και θα εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα.

5.3 Μελέτη ενεργειακών αναγκών θαλάμου νοσηλείας

5.3.1 Γενικά – Περιγραφή μοντέλου και παραμέτρων

Αφού ολοκληρώθηκε ο έλεγχος φωτισμού, στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των ενεργειακών αναγκών του μονόκλινου θαλάμου νοσηλείας με τη βοήθεια του προγράμματος EnergyPlus. Επειδή το πρόγραμμα 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.

Το EnergyPlus, όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4, πραγματοποιεί 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, τις συνθήκες εν μέσω ενός δευτερεύοντος συστήματος HVAC, αλλά και την κατανάλωση ενέργειας του πρωτογενούς εξοπλισμού της μονάδας.

Τα βασικότερα δεδομένα που εισήχθησαν στο εν λόγω λογισμικό (EnergyPlus) μέσω του για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, είναι τα εξής:

- Μετεωρολογικά Δεδομένα (Weather File): ομοίως με την πλατφόρμα του OpenStudio εισήχθησαν τα μετεωρολογικά δεδομένα της Αθήνας από την ιστοσελίδα του EnergyPlus.
- Δομικά υλικά (Material): τα υλικά που αναφέρθηκαν 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.

Το τελικό εξαγόμενο που μας ενδιαφέρει είναι το ποσό 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 οι παράμετροι 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.

Στην παρούσα διπλωματική τα όρια θερμικής άνεσης που τέθηκαν κατά την προσομοίωση είναι 22-25 °C, σύμφωνα με τις διατάξεις της Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας. [2]

Κτίρια με ειδικές χρήσεις όπως π.χ. τα νοσοκομεία, η επιθυμητή θερμοκρασία καθορίζεται ανάλογα την χρήση των επιμέρους χώρων (γραφεία, δωμάτια ασθενών, χειρουργεία κλπ) [T.O.TEE 2425/86].

Είδος χώρου κτιρίου: Νοσοκομεία	Επιθυμητή θερμοκρασία (°C)
Γραφεία	20
Αίθουσες ασθενών, δωμάτια	20
Αίθουσες αναμονής	18
Αίθουσες εξετάσεων	18 - 21
Χειρουργεία	18 - 21
Διάδρομοι, κλιμακοστάσια, κλειστές αίθουσες διαλειμμάτων	16
Βοηθητικοί χώροι	15

Εικόνα 5.125 Επιθυμητή θερμοκρασίες ανάλογα την χρήση των επιμέρους χώρων για την περίοδο θέρμανσης κατά T.O.T.E.E. 2425/86 [8]

Στην Εικόνα 5.126 δίνονται οι συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού, (θερμοκρασία, υγρασία), για κλιματιζόμενους χώρους την χειμερινή και θερινή περίοδο, για κτίρια του οικιακού και τριτογενή τομέα, όπως ορίζονται στην Τεχνική Οδηγία ΤΕΕ 2425.

Χώρος Νοσοκομεία	Χειμερινή περίοδος		Θερινή περίοδος	
	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)	Θερμοκρασία (°C)	Υγρασία (%)
Αίθουσες	24	30	24	45-50
Χειρουργεία			20-24	50-60
Αναρρωτήρια			24	50-60
Γραφεία	21-23	30-35	25-26	40-50

Εικόνα 5.126 Θερμοκρασίες και υγρασίες για κλιματιζόμενα κτίρια[8]

Τα φορτία ψύξης υπολογίστηκαν για την περίοδο των τριών θερμότερων μηνών , Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο και τα φορτία θέρμανσης για την περίοδο των τριών ψυχρών μηνών, Δεκέμβρη, Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Προέκυψαν έτσι οι εποχιακές ανάγκες για φορτία ψύξης/θέρμανσης και τα αντίστοιχα κόστη ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας.

Τέλος, οι μεταβλητές που εισήχθησαν στο Output:Variable για να εξάγουν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα είναι οι :

- 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.

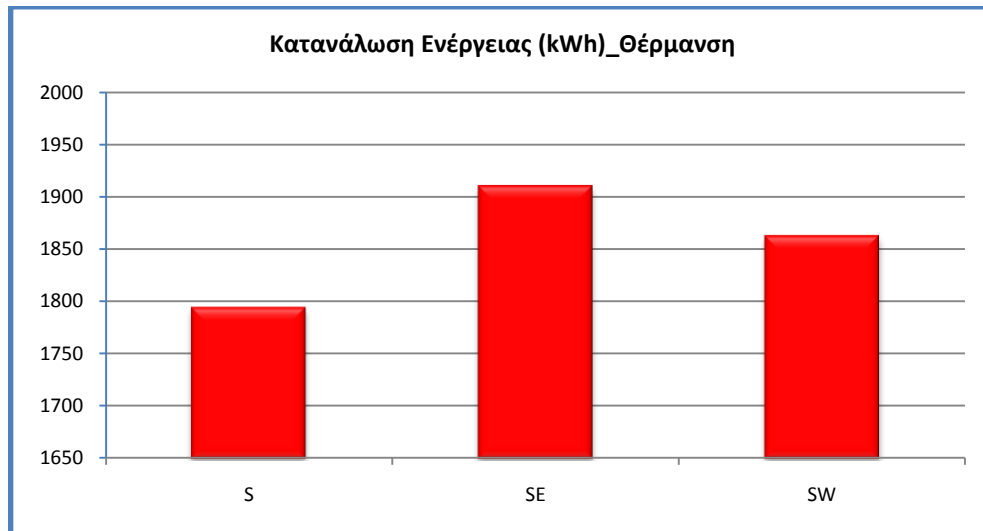
Τα αποτελέσματα των ενεργειακών απαιτήσεων προέκυψαν σε Joule για κάθε σενάριο, μετατράπηκαν σε kWh, με την κατάλληλη τροποποίηση ($1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J}$), και υπολογίστηκε το αντίστοιχο κάθε φορά κόστος, αφού πολλαπλασιάστηκαν με την τιμή αγοράς της κιλοβατώρας από τη Δ.Ε.Η. (ανάλογα με την ώρα και την ημερομηνία - $0,05062 \text{ €/ kWh}$ για μειωμένο και $0,06428 \text{ €/ kWh}$ για κανονικό τιμολόγιο).

5.3.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων ενεργειακών αναγκών

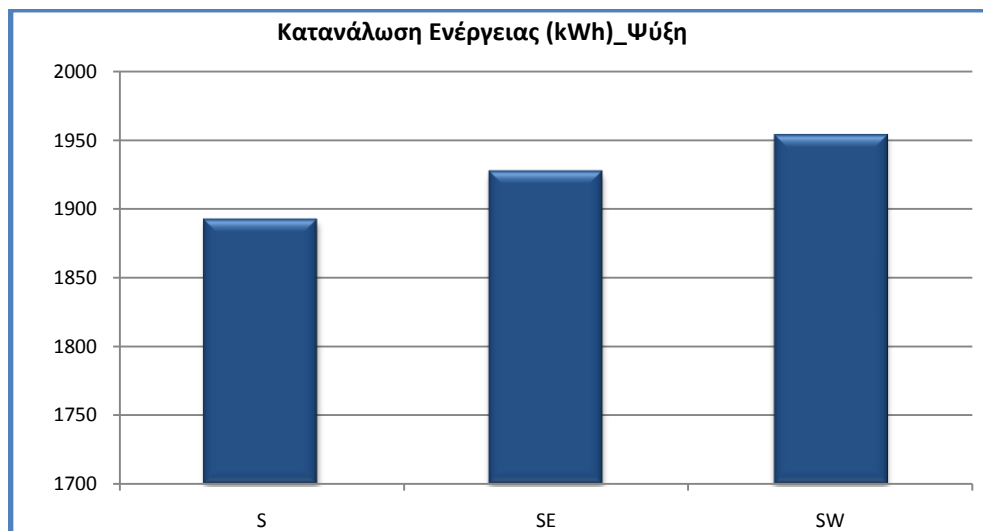
5.3.2.1 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση προσανατολισμού

- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας (Θ.Ν.) για νότιο (S), νοτιοανατολικό (SE) και νοτιοδυτικό (SW) προσανατολισμό
- Προσομοιώσεις με 4 σειρές κατακόρυφων εξωτερικών περσίδων σε απόσταση 0,60 m από σειρά σε σειρά καθ' ύψος
- Μπαλκόνι πλάτους 2,0 m

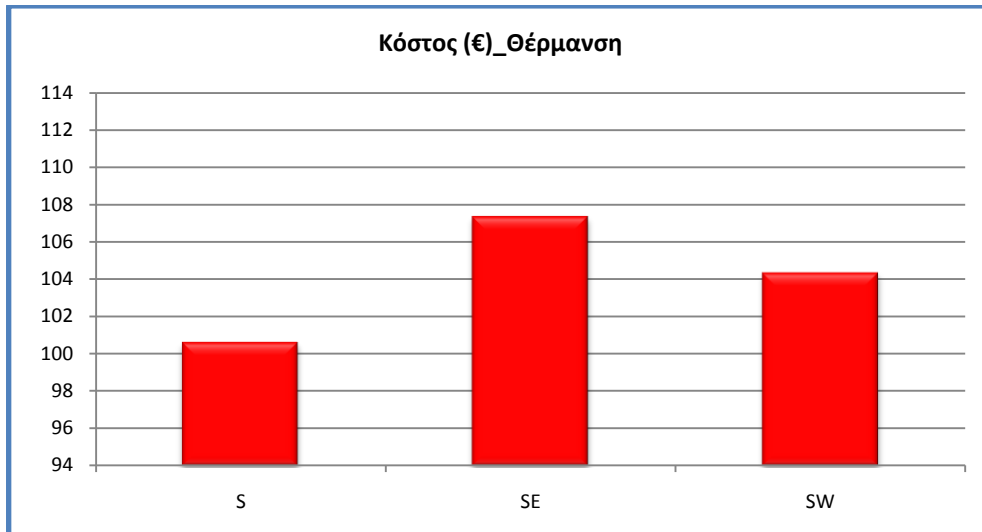
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.



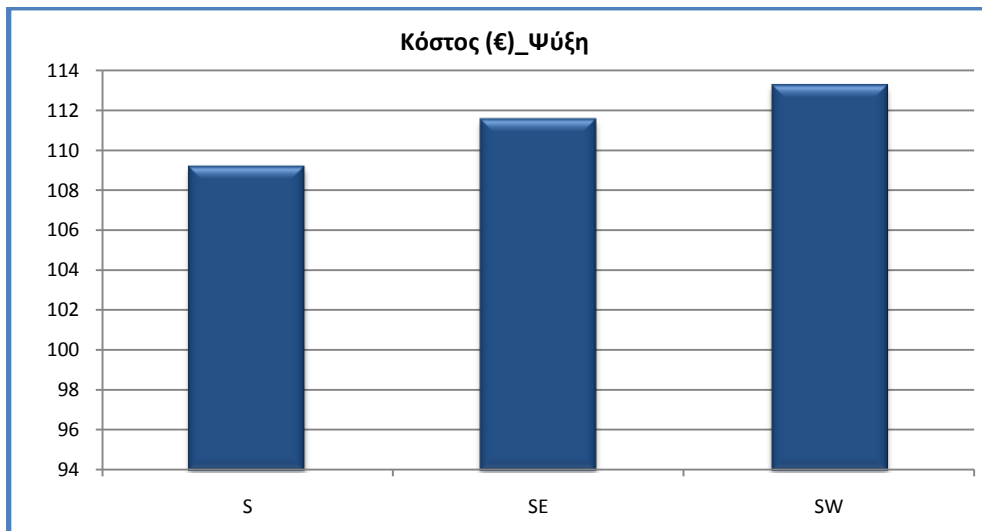
Εικόνα 5.127: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.128: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.129: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.130: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό

Σχόλια:

- Ποσοστιαία μεταβολή κόστους και αντίστοιχων καταναλώσεων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το Νότιο.

Σχόλια_θέρμανση			
	SE		SW
€	6,69%		3,70%
kWh	6,44%		3,78%

Σχόλια_ψύξη			
	SE		SW
€	2,16%		3,71%
kWh	1,84%		3,24%

Εικόνα 5.131: Συγκριτικά ποσοστά αύξησης ή μείωσης των απαιτήσεων ανά περίπτωση

- Το κόστος θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες και ψύξης κατά τους θερινούς μήνες είναι μικρότερο στο Νότιο προσανατολισμό συγκριτικά με τους άλλους δύο.
- Στο ΝΑ θάλαμο το κόστος θέρμανσης είναι μεγαλύτερο κατά 6,69% και το κόστος ψύξης 2,16% μεγαλύτερο συγκριτικά με το Νότιο. Αντίστοιχα η κατανάλωση σε kWh είναι 6,44% και 3,78% μεγαλύτερη.
- Στο ΝΔ θάλαμο το κόστος είναι μεγαλύτερο κατά 3,70% και το κόστος ψύξης 3,71% μεγαλύτερο συγκριτικά με το Νότιο. Αντίστοιχα η κατανάλωση σε kWh είναι 1,84% και 3,24% μεγαλύτερη.
- Από τους άλλους δυο προσανατολισμούς ευνοϊκότερος είναι ο νοτιοδυτικός όσον αφορά στη θέρμανση και ο νοτιοανατολικός όσον αφορά στην ψύξη.

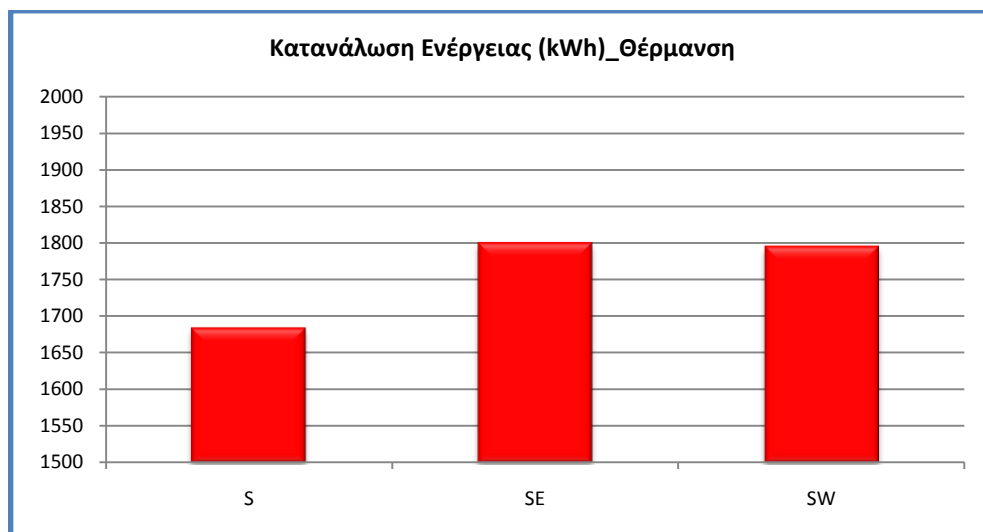
Αιτιολόγηση:

- Ο νότιος προσανατολισμός επιβεβαιώνεται (όπως περιμέναμε – βασική αρχή του βιοκλιματικού αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι τα μεγάλα ανοίγματα στο νότο) πως είναι ο ιδανικότερος (από τους εξεταζόμενους) προσανατολισμός (για το Βόρειο Ημισφαίριο). Τα νότια ανοίγματα δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατανεμημένη στις διάφορες εποχές του έτους με ευνοϊκό τρόπο. Κατά τους χειμερινούς μήνες οι ακτίνες του ήλιου βρίσκονται χαμηλά στον ορίζοντα και έτσι εισέρχονται βαθιά μέσα στον εσωτερικό χώρο θερμαίνοντας και φωτίζοντας τα δωμάτια. Αντίθετα το καλοκαίρι, η θέση του ήλιου είναι ψηλά και έτσι οι ακτίνες μπορούν να εμποδιστούν με ένα απλό στέγαστρο ή ακόμη και από το μπαλκόνι.
- Οι Θ.Ν με νότιο προσανατολισμό έχουν καλό φωτισμό πολλές ώρες την ημέρα, θερμαίνονται από τον ήλιο κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι και ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή οι ηλιακές ακτίνες εμποδίζονται εύκολα με σκίαστρα ή το ίδιο το μπαλκόνι όπως εδώ.
- Οι Θ.Ν. με νοτιοανατολικό προσανατολισμό απολαμβάνουν περισσότερο πρωινό ηλιασμό, θερμαίνονται το πρωί και δροσίζονται κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές. Αυτό συμβαίνει γιατί το χειμώνα που ο ήλιος είναι χαμηλά έχουμε άμεσο ηλιακό φως που προσπίπτει στο δωμάτιο τις πρωινές ώρες, αλλά από το μεσημέρι και μετά αρχίζει και

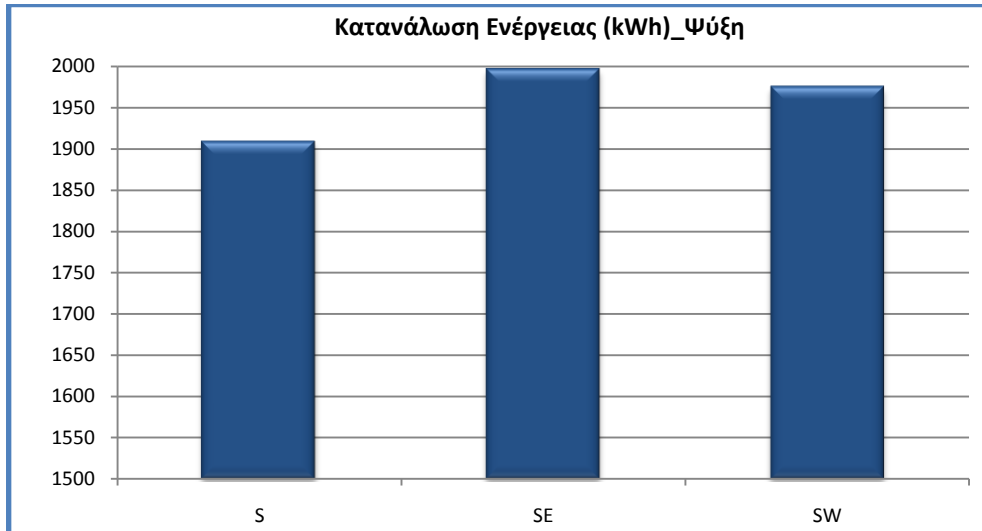
μειώνεται και τις απογευματινές ώρες όπου έχουμε και την πτώση της θερμοκρασίας ο νοτιοανατολικός θάλαμος δεν θερμαίνεται από τον ήλιο γι'αυτό έχουμε και αυξημένες καταναλώσεις και κόστη για θέρμανση. Οι Θ.Ν. με νοτιοδυτικό προσανατολισμό οι οποίοι θερμαίνονται κατά τις απογευματινές ώρες, απαιτούν σκίαση και πλήττονται από υπερθέρμανση κατά τους θερινούς μήνες (πολύ δυσμενείς το καλοκαίρι, καθώς δέχονται άμεσα ήλιο μετά το μεσημέρι) γι'αυτό και παρουσιάζουν αυξημένες ανάγκες για ψύξη και μειωμένες ανάγκες για θέρμανση, αφού θερμαίνονται από τον ήλιο κατά τις απογευματινές ώρες.

5.3.2.2 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση προσανατολισμού

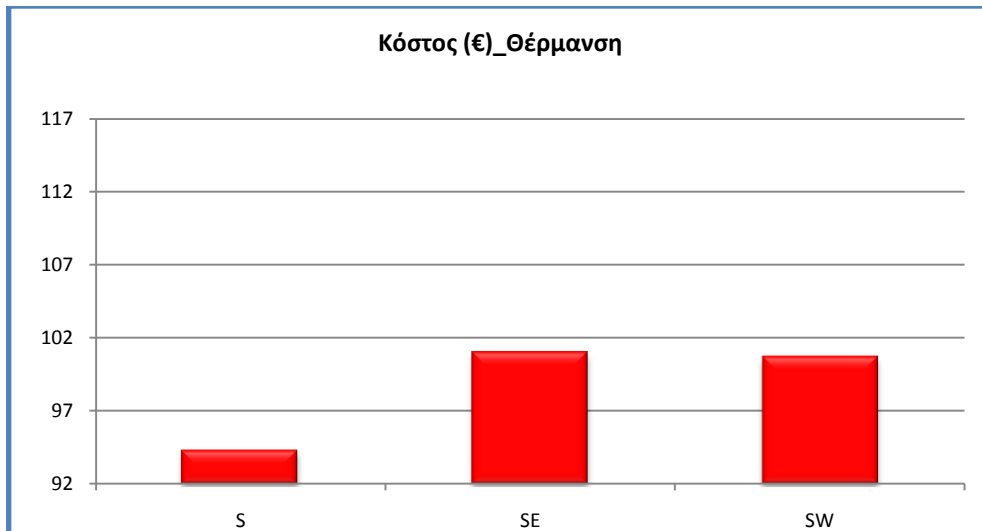
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας (Θ.Ν.) για νότιο (S), νοτιοανατολικό (SE) και νοτιοδυτικό (SW) προσανατολισμό
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.



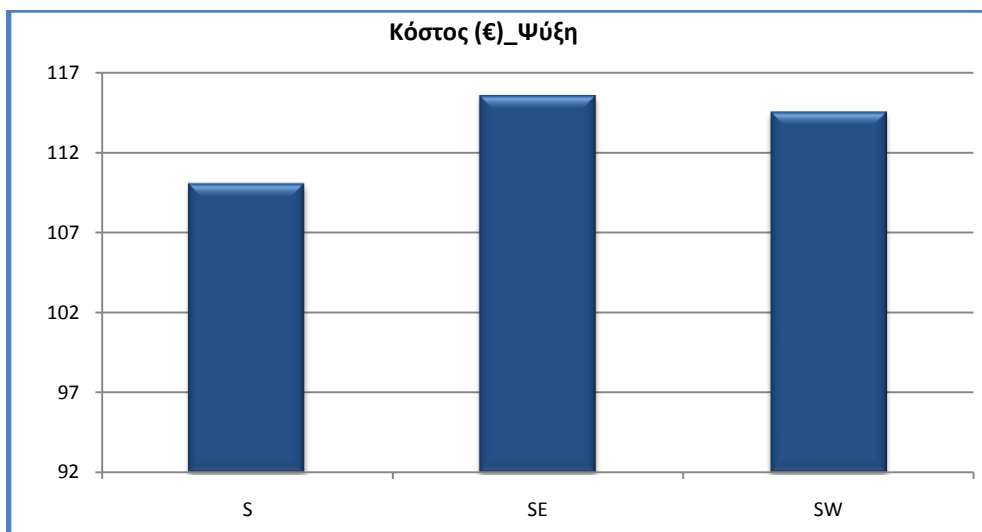
Εικόνα 5.132: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.133: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.134: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.135: Κόστος για ψύξη (€) ανά προσανατολισμό

Σχόλια:

- Ποσοστιαία μεταβολή κόστους και αντίστοιχων καταναλώσεων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το Νότιο.

Σχόλια_θέρμανση			
	SE		SW
€	7,05%		6,73%
kWh	6,86%		6,58%

Σχόλια_ψύξη			
	SE		SW
€	4,99%		4,05%
kWh	4,60%		3,48%

Εικόνα 5.136: Συγκριτικά ποσοστά αύξησης ή μείωσης των απαιτήσεων ανά περίπτωση

- Το κόστος θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες και ψύξης κατά τους θερινούς μήνες είναι μικρότερο στο Νότιο προσανατολισμό συγκριτικά με τους άλλους δύο.
- Στο ΝΑ θάλαμο το κόστος θέρμανσης είναι μεγαλύτερο κατά 7,05% και το κόστος ψύξης 4,99% μεγαλύτερο συγκριτικά με το Νότιο. Αντίστοιχα η κατανάλωση σε kWh είναι 6,86% και 4,60% μεγαλύτερη.
- Στο ΝΔ θάλαμο το κόστος είναι μεγαλύτερο κατά 6,73% και το κόστος ψύξης 4,05% μεγαλύτερο συγκριτικά με το Νότιο. Αντίστοιχα η κατανάλωση σε kWh είναι 6,58% και 3,48% μεγαλύτερη.
- Ο νότιος προσανατολισμός επιβεβαιώνεται και πάλι ότι είναι ο ευνοϊκότερος προσανατολισμός.

5.3.3.3 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Σύγκριση μεγεθών για την ύπαρξη ή μη περσίδων ανά προσανατολισμό

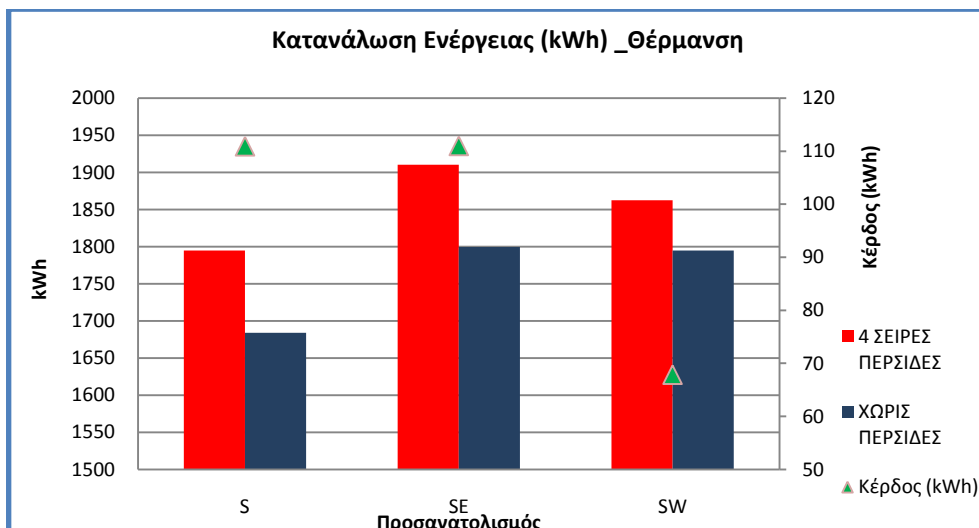
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.

4 ΣΕΙΡΕΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ			
	S	SE	SW
kWh	1794,73	1910,30	1862,57
€	100,62	107,35	104,35
ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ			
	S	SE	SW
kWh	1683,84	1799,34	1794,69
€	94,32	100,97	100,67

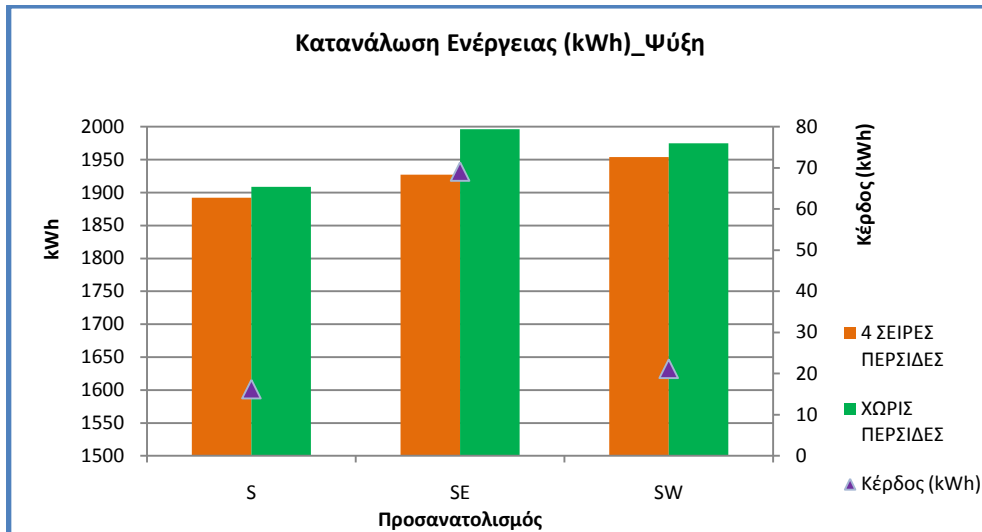
Εικόνα 5.137: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση ανά θάλαμο νοσηλείας

4 ΣΕΙΡΕΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ			
	S	SE	SW
kWh	1892,36	1927,25	1953,74
€	109,19	111,54	113,24
ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ			
	S	SE	SW
kWh	1908,56	1996,41	1974,89
€	110,06	115,55	114,51

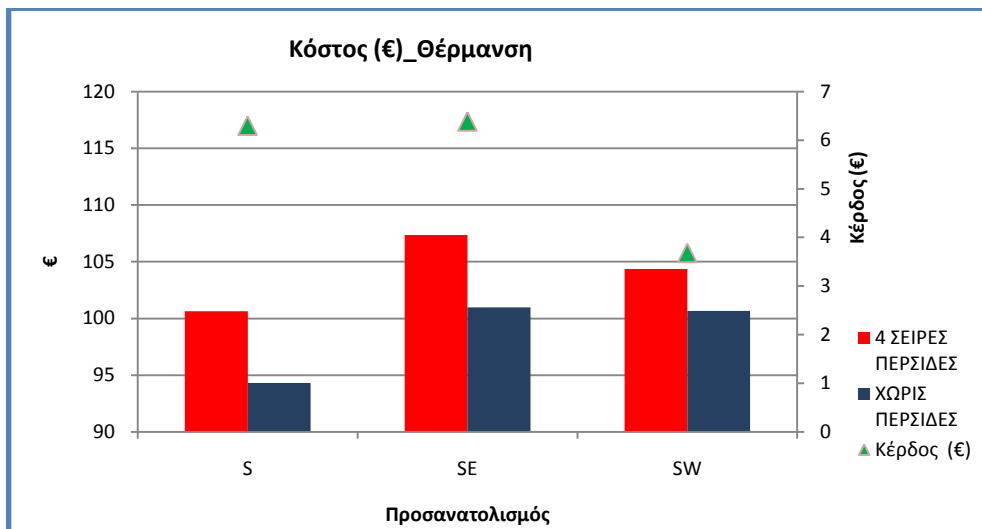
Εικόνα 5.138: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας



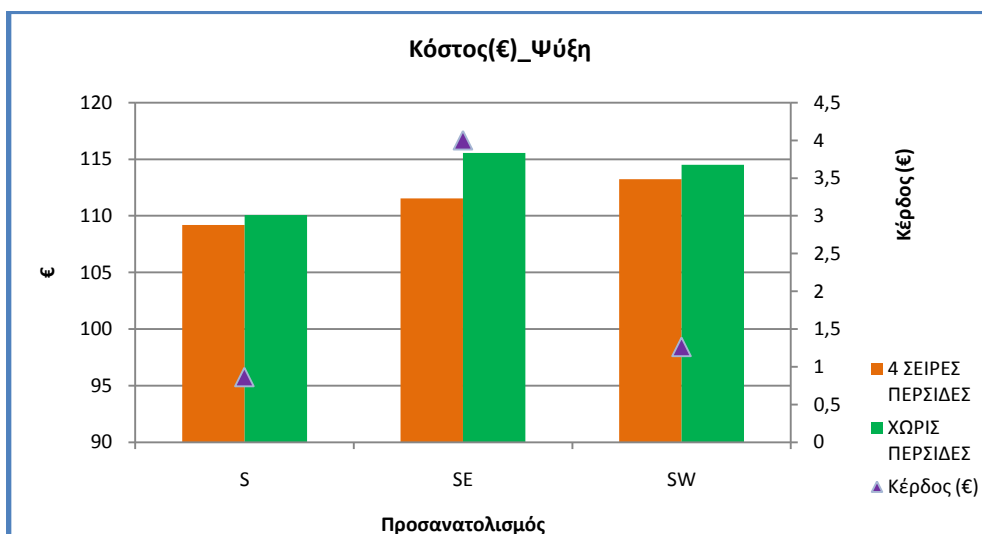
Εικόνα 1.139: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.



Εικόνα 5.140: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.



Εικόνα 5.141: Κόστος για θέρμανση (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.



Εικόνα 5.142: Κόστος για ψύξη (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.

- Επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι το κόστος θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες, είναι μεγαλύτερο με την τοποθέτηση περσίδων, ενώ το αντίστοιχο κόστος ψύξης κατά τους θερινούς μήνες μειώνεται.
- Στο Νότιο θάλαμο, το κόστος θέρμανσης με την τοποθέτηση 4 περσίδων είναι μεγαλύτερο κατά 6,68% και το αντίστοιχο κόστος ψύξης 0,79% μικρότερο συγκριτικά με τα κόστη χωρίς περσίδες.
- Στο ΝΑ θάλαμο το κόστος θέρμανσης με την τοποθέτηση 4 περσίδων, είναι μεγαλύτερο κατά 6,33% και το κόστος ψύξης 3,46 % μικρότερο συγκριτικά με τα αντίστοιχα κόστη χωρίς την τοποθέτηση περσίδων.
- Στο ΝΔ θάλαμο το κόστος είναι μεγαλύτερο κατά 3,66% και το κόστος ψύξης 1,07 % μικρότερο συγκριτικά με τα αντίστοιχα κόστη χωρίς την τοποθέτηση περσίδων.

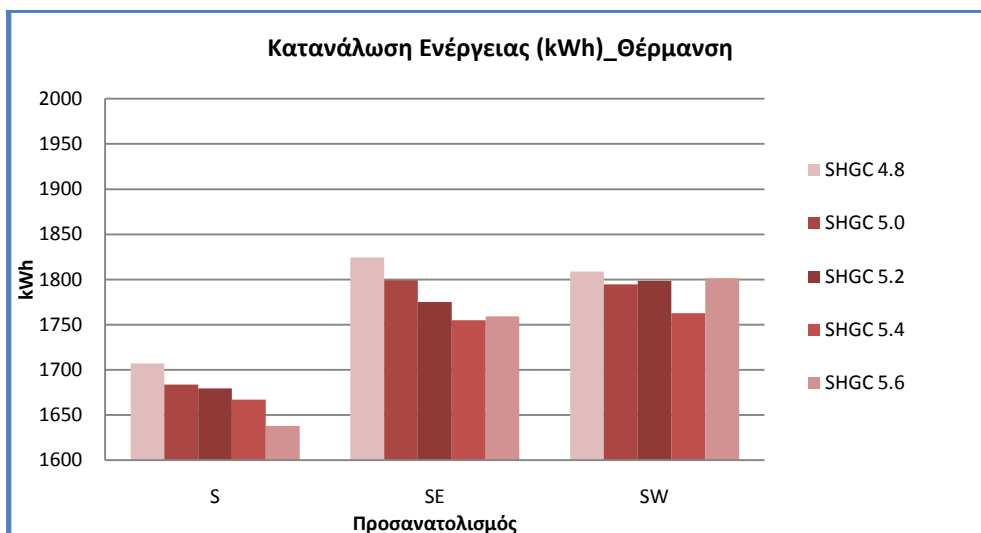
Αιτιολόγηση:

- Όπως αναμενόταν οι εξωτερικές περσίδες μπλοκάρουν την άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε ένα μεγάλο ποσοστό, οπότε σαν συνέπεια έχουμε σε όλες τις περιπτώσεις μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση τους χειμερινούς μήνες και μικρότερες ανάγκες για ψύξη τους καλοκαιρινούς.
- Η τοποθέτηση των κατάλληλων σκιάστρων-περσίδων οι οποίες θα δώσουν και τα μέγιστα δυνατά κέρδη από την εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση, απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση, καθώς ο ιδανικός τους σχεδιασμός που θα αποδώσει και τα βέλτιστα αποτελέσματα είναι αρκετά πολυπλοκότερος. Πρόκειται ιδανικά για ένα δυναμικό σύστημα που επηρεάζεται από τις κρίσιμες ηλιακές γωνίες ανά εποχή και προσαρμόζεται ανάλογα, με στόχο να μπλοκάρει την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στις δυσμενέστερες συνθήκες, χωρίς όμως να μπλοκάρει τη θέα. Μπαίνουν, επίσης, και πολλές ακόμη παράμετροι, όπως η οπτική άνεση και δυσφορία.

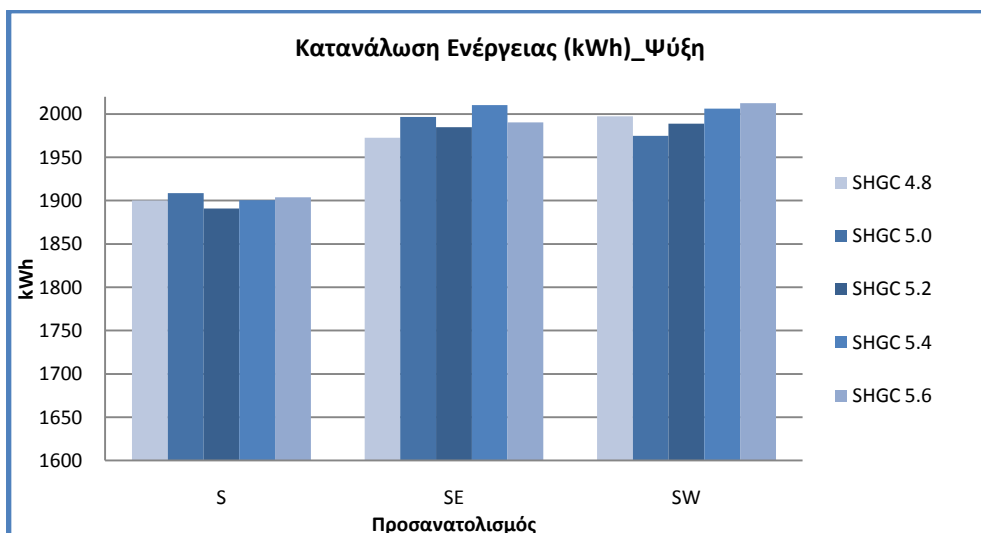
Στο σημείο αυτό είναι χρήσιμο να τονιστεί ότι στο παρόν κεφάλαιο αναφέρονται τα ευρήματα ψύξης-θέρμανσης απομονωμένα από τα υπόλοιπα, είτε αντικειμενικά (επίπεδα φωτισμού, θάμβωση κλπ.), είτε υποκειμενικά (αντιλαμβανόμενη οπτική άνεση και δυσφορία).

5.3.3.4 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επιρροής Συντελεστή ηλιακού Κέρδους (SHGC) υαλοπίνακα

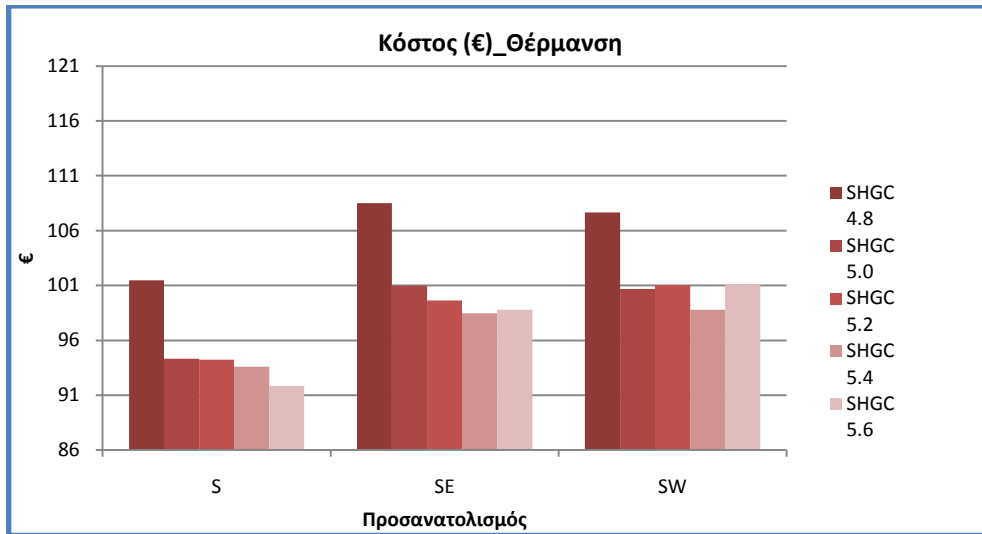
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (Solar heat gain coefficient – SHGC) 4.8 – 5.6 με βήμα 0,2 – συνολικά 15 προσομοιώσεις.



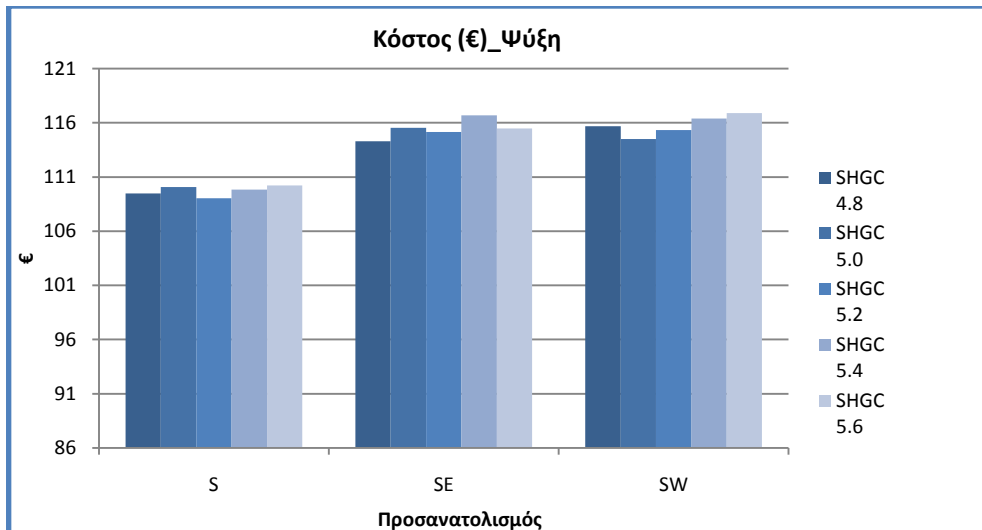
Εικόνα 5.143: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.144: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.145: Κόστος για θέρμανση (€) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.146: Κόστος για θέρμανση (€) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό

SHGC 5.0			
	S	SE	SW
kWh	1683,84	1799,34	1794,69
€	94,32	100,97	100,67
SHGC 4.8			
	S	SE	SW
kWh	1707,16	1824,25	1808,76
€	101,47	108,50	107,65
SHGC 5.2			
	S	SE	SW
kWh	1679,64	1775,23	1798,57
€	94,22	99,62	101,03

SHGC 5.4			
	S	SE	SW
kWh	1666,97	1754,81	1762,56
€	93,58	98,45	98,77

SHGC 5.6			
	S	SE	SW
kWh	1637,99	1759,24	1801,46
€	91,85	98,77	101,07

Εικόνα 5.147: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση ανά θάλαμο νοσηλείας

SHGC 5.0			
	S	SE	SW
kWh	1908,56	1996,41	1974,89
€	110,06	115,55	114,51

SHGC 4.8			
	S	SE	SW
kWh	1900,11	1972,42	1997,19
€	109,473	114,30	115,67

SHGC 5.2			
	S	SE	SW
kWh	1890,77	1984,76	1988,95
€	109,03	115,16	115,33

SHGC 5.4			
	S	SE	SW
kWh	1900,43	2010,06	2006,26
€	109,82	116,68	116,40

SHGC 5.6			
	S	SE	SW
kWh	1903,81	1990,19	2012,45
€	110,23	115,48	116,90

Εικόνα 5.148: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας

Σχόλια:

- Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι σε γενικές γραμμές επιβεβαιώνεται η φυσική ερμηνεία της παραμέτρου SHGC (Solar Heat Gain Coefficient). Όπως έχει περιγραφεί και παραπάνω, αφορά στους υαλοπίνακες των κουφωμάτων, δείχνει το ποσοστό της ηλιακής θερμότητας που περνά από το παράθυρο στον εσωτερικό χώρο και προσδιορίζεται ανάλογα τον τύπο τους και το ποσοστό πλαισίου του κουφώματος σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 (παράγραφος 3.2.7) [2]. Η κλίμακα μέτρησής του είναι από 0 έως 1 (για διέλευση

100% της διαθέσιμης ακτινοβολίας). Όσο χαμηλότερη είναι η τιμή του SHGC, τόσο καλύτερα μονωμένο είναι το τζάμι έναντι στη θερμική ακτινοβολία.

- Προτεινόμενες τιμές του παράγοντα ηλιακού θερμικού κέρδους για διάφορους τύπους κλίματος : Θερμά 0.55, Εύκρατα 0.40-0.55, Ψυχρά >0,55.
- Πιο συγκεκριμένα, αυξανόμενης της τιμής της SHGC, βλέπουμε ότι για όλους τους προσανατολισμούς μειώνονται οι απαιτούμενες ανάγκες για θέρμανση και αυξάνονται αντίστοιχα οι ανάγκες για ψύξη του χώρου. Ενδεικτικά, για SHGC 4.8, σε Νότιο προσανατολισμό, παρατηρείται 7.58% αύξηση του κόστους για θέρμανση σε σχέση με το αντίστοιχο SHGC, 5.0. Αντίστοιχα, το κόστος για ψύξη, μειώνεται κατά 0,54%.
- Ιδανικός συνδυασμός για τα ζεστά κλίματα είναι να έχουμε ένα παράθυρο που να μπλοκάρει την θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος (χαμηλός SHGC), αλλά να επιτρέπει την διέλευση της ορατής. Ένας χαμηλός παράγοντας θερμικού κέρδους μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για κλιματισμό, περισσότερο απ'ότι θα μείωνε η προσθήκη ενός επιπλέον φύλλου γυαλιού στο παράθυρο, για αύξηση της μόνωσης.

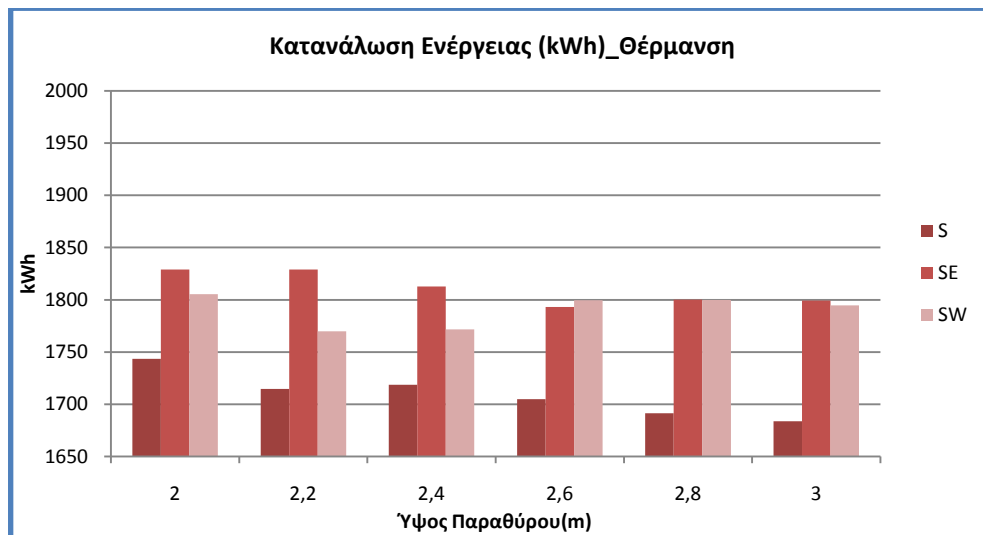
5.3.3.5 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης - Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους παραθύρου

- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Προσομοιώσεις για ύψη παραθύρου 2,0– 3,0 m με βήμα 0,2m – συνολικά 18 προσομοιώσεις

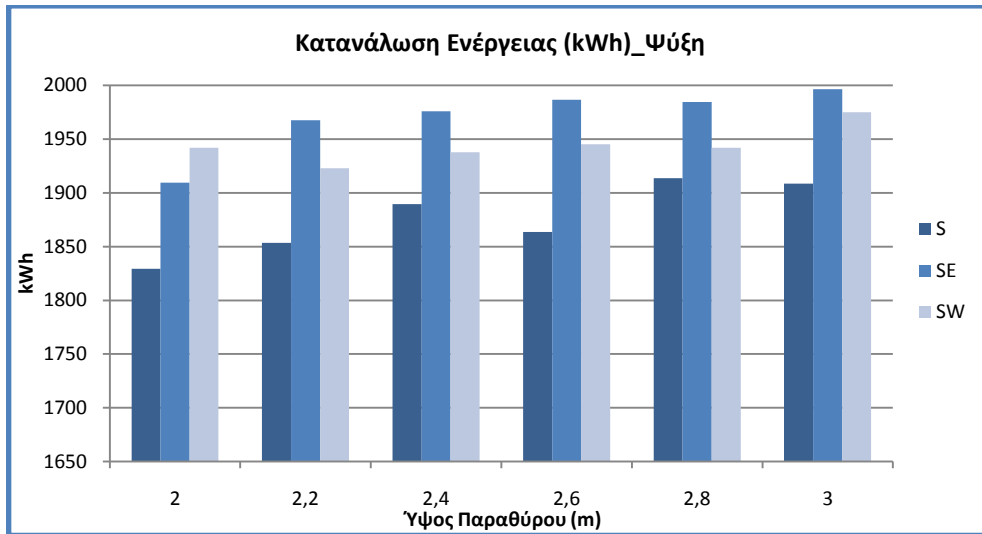
Ύψος Παραθύρου		Θέρμανση			Ψύξη		
		S	SE	SW	S	SE	SW
2	kWh	1743,44	1828,98	1805,34	1829,51	1909,45	1942,10
	€	98,00	102,66	101,32	105,30	110,28	112,31
2,2	kWh	1714,80	1828,84	1769,78	1853,41	1967,66	1923,00
	€	96,27	102,67	99,40	106,91	113,80	111,35
2,4	kWh	1718,78	1812,89	1771,81	1889,55	1975,82	1937,66
	€	96,54	101,70	99,19	109,07	114,09	112,30
2,6	kWh	1704,95	1793,08	1799,50	1863,75	1986,74	1945,37
	€	95,66	100,70	101,04	107,64	115,11	112,70
2,8	kWh	1691,54	1800,31	1799,77	1913,80	1984,63	1941,90
	€	94,74	101,00	100,90	110,37	114,92	112,38
3	kWh	1683,84	1799,34	1794,69	1908,56	1996,41	1974,89
	€	94,32	100,97	100,67	110,06	115,55	114,51

Εικόνα 5.149: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας

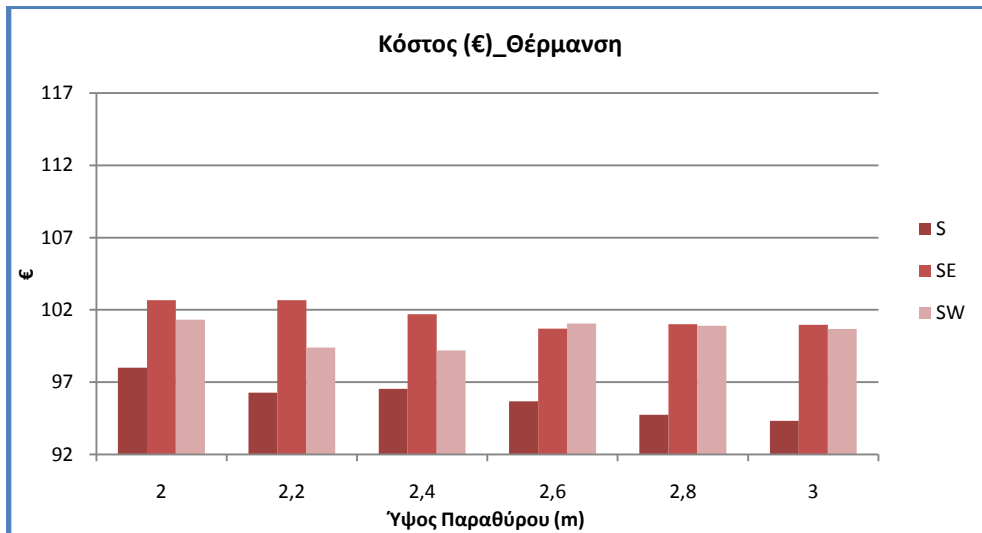
Παρατίθενται αρχικά τα συγκεντρωτικά διαγράμματα που παρουσιάζουν τα αποτελέσματα συνολικά για όλους τους προσανατολισμούς.



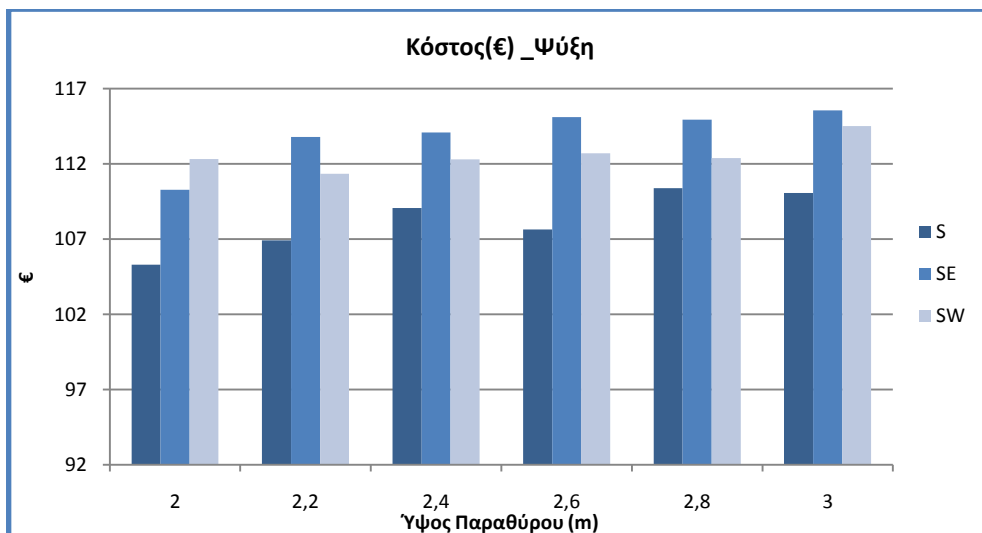
Εικόνα 5.150: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.151: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

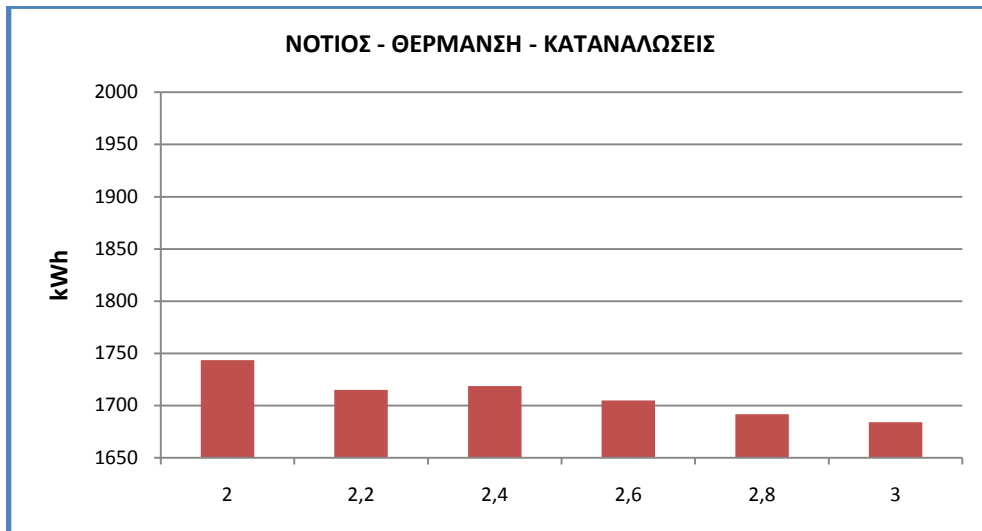


Εικόνα 5.152: Κόστος για θέρμανση (€) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

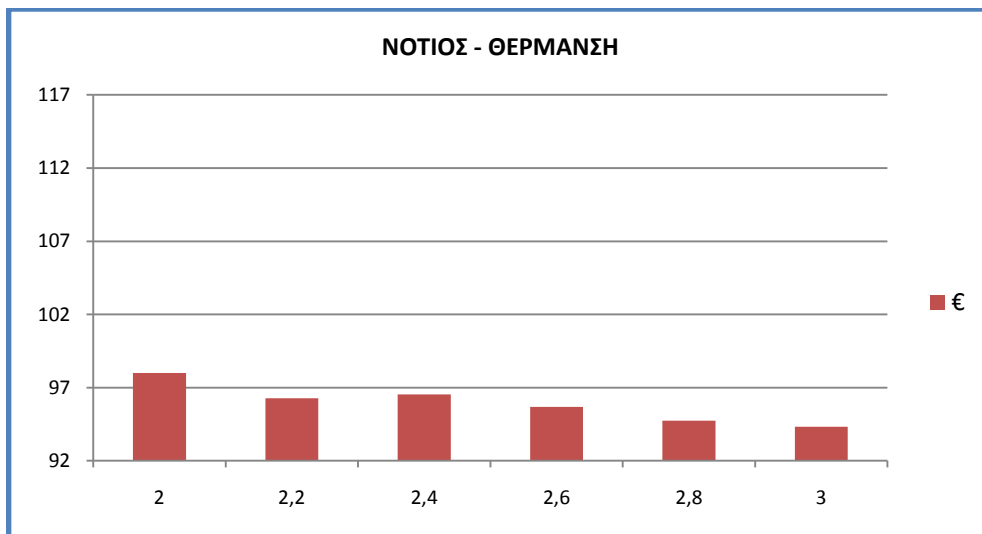


Εικόνα 5.153: Κόστος για ψύξη (€) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

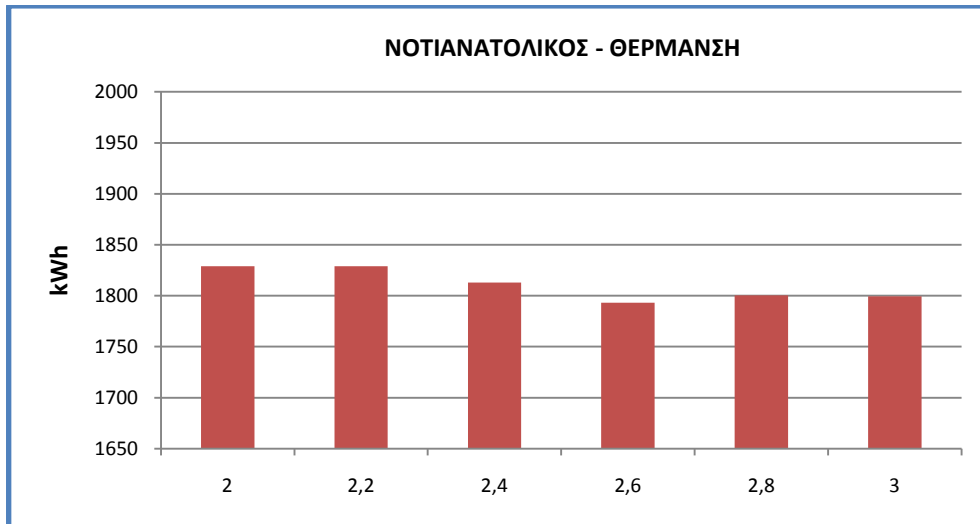
Στις Εικόνες που ακολουθούν, 5.154 - 5.165 φαίνονται τα διαγράμματα που παρουσιάζουν χωριστά για κάθε προσανατολισμό τις απαιτούμενες καταναλώσεις σε kWh καθώς και τα αντίστοιχα κόστη ανά ύψος παραθύρου:



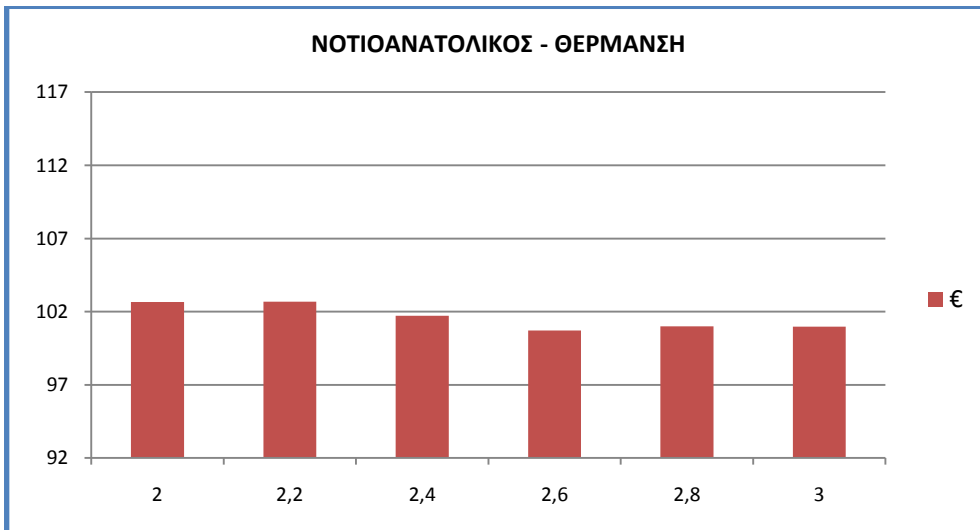
Εικόνα 5.154: Νότιος Θάλαμος - Καταναλώσεις



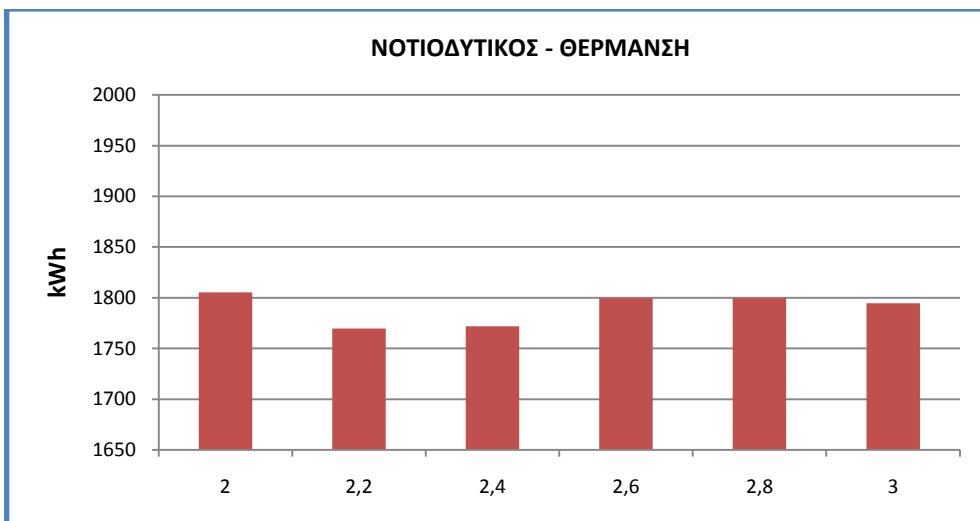
Εικόνα 5.155 Νότιος Θάλαμος – Κόστος



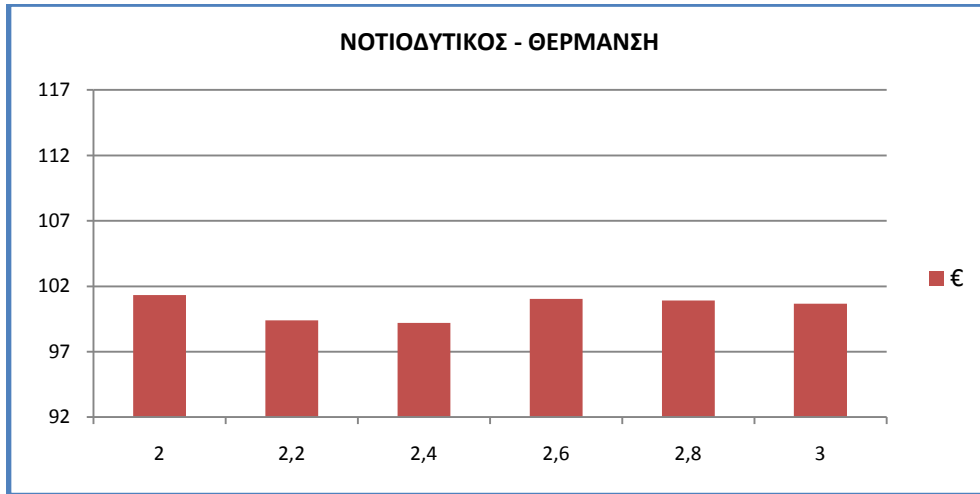
Εικόνα 5.156: Νοτιοανατολικός Θάλαμος – Καταναλώσεις



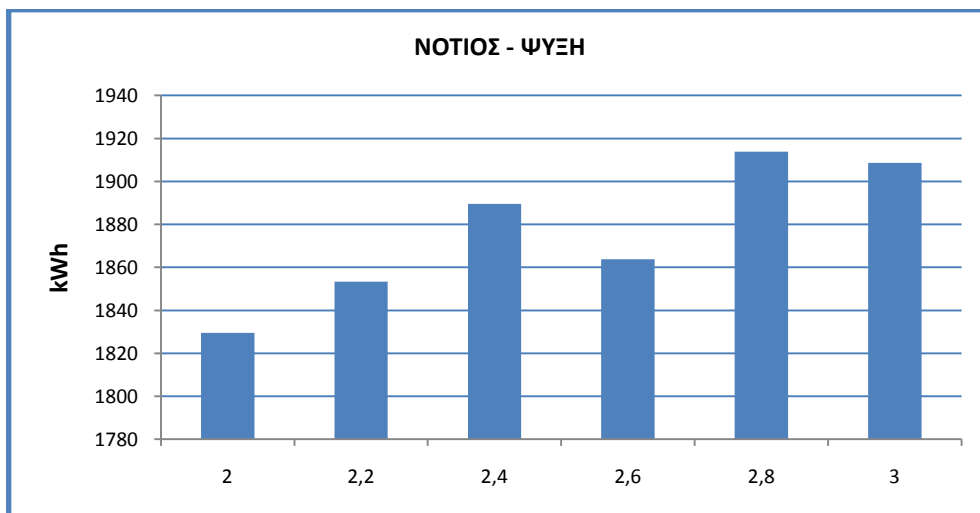
Εικόνα 5.157: Νοτιοανατολικός Θάλαμος – Κόστος



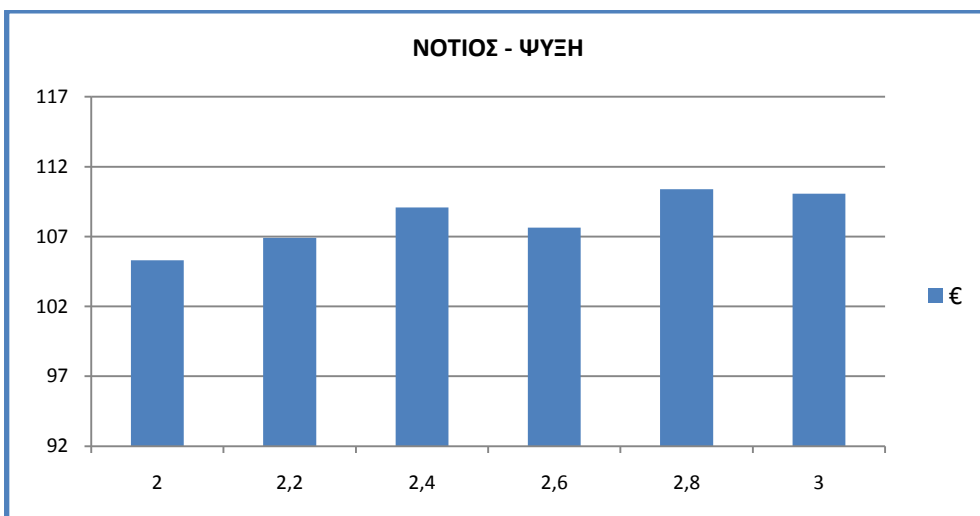
Εικόνα 5.158: Νοτιοδυτικός Θάλαμος – Καταναλώσεις



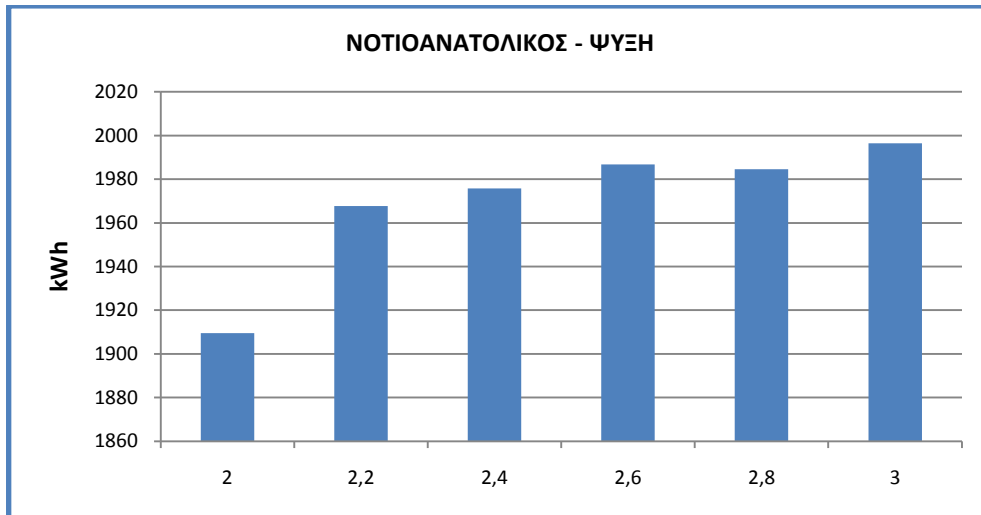
Εικόνα 5.159: Νοτιοδυτικός Θάλαμος – Κόστος



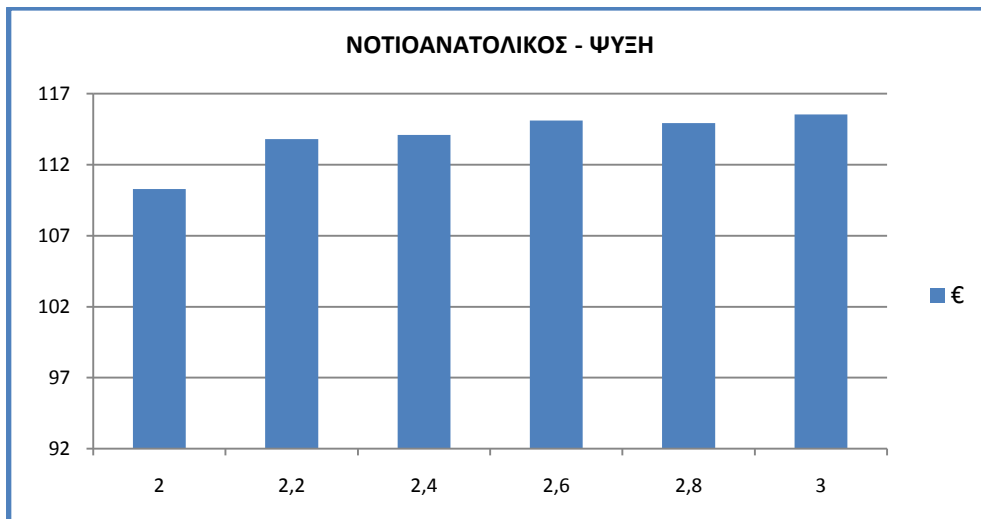
Εικόνα 5.160: Νότιος Θάλαμος - Καταναλώσεις



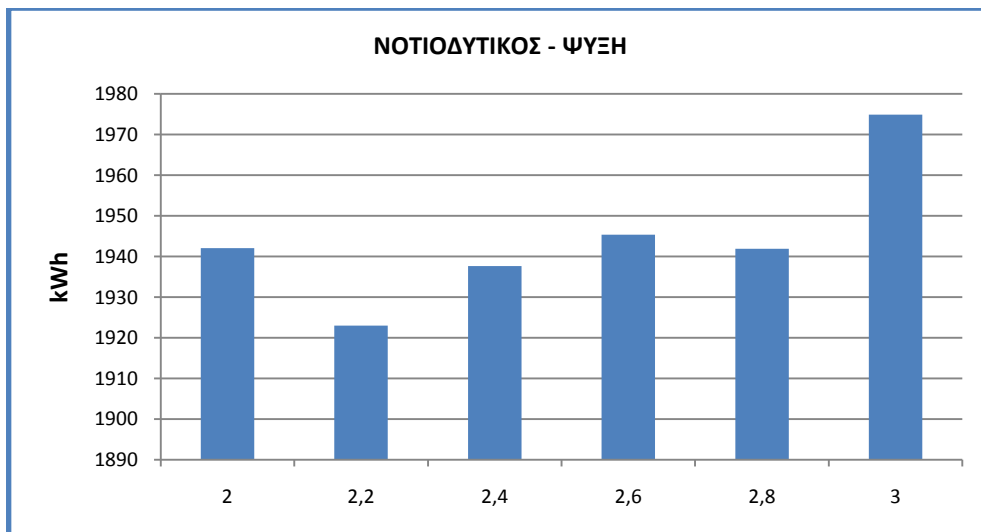
Εικόνα 5.161: Νότιος Θάλαμος - Κόστος



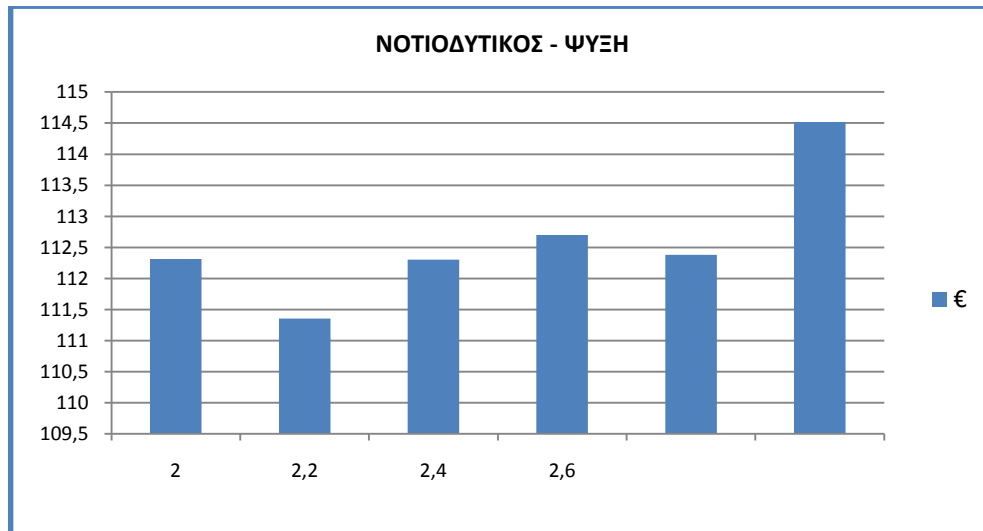
Εικόνα 5.162: Νοτιοανατολικός Θάλαμος - Καταναλώσεις



Εικόνα 5.163: Νοτιοανατολικός Θάλαμος - Κόστος



Εικόνα 5.164: Νοτιοδυτικός Θάλαμος - Καταναλώσεις



Εικόνα 5.165: Νοτιοδυτικός Θάλαμος - Κόστος

Σχόλια:

- Τα μεγαλύτερα ανοίγματα επιτρέπουν σε γενικές γραμμές τη διείσδυση μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής και θερμικής ενέργειας στο χώρο με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μικρότερες ανάγκες για θέρμανση και μεγαλύτερες για ψύξη. Άρα, η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω των παραθύρων στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το πρέκι του παραθύρου αυτού.
- Ταυτόχρονα όμως πρέπει να συνυπολογιστεί ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να απαιτούν μεγαλύτερα φορτία για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση.
- Στην πραγματικότητα αύξηση μέχρι ένα ύψος πρεκιού φαίνεται να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα (περίπου 2,4-2,6, ανάλογα την εξεταζόμενη περίπτωση). Από εκεί και πάνω περαιτέρω αύξηση του ύψους παραθύρου δεν φαίνεται να επιδρά πάντα θετικά ως προς τα εξεταζόμενα μεγέθη.
- Η γωνία της ηλιακής πρόσπτωσης και η αλληλεπίδρασή της με το υπερκείμενο μπαλκόνι είναι αυτή που επηρεάζει το σύστημα.

- Από ένα όριο και πάνω το κομμάτι του παραθύρου δεν λαμβάνει άμεσο ηλιακό φως, αλλά μόνο διάχυτο. Το ύψος αυτό εξαρτάται από τη μέγιστη ηλιακή γωνία. Αν π.χ. η μεγαλύτερη ηλιακή γωνία της ημέρας φτάνει σε στάθμη ύψους 2,6μ, από εκεί και πάνω το φορτίο που προσπίπτει είναι άμεση διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία και όχι άμεση από ηλιακές ακτίνες. Άρα το ύψος αυτό δημιουργεί ένα όριο. Πάνω από το όριο αυτό τα παράθυρα προκαλούν θερμικές απώλειες που οδηγούν σε μεγαλύτερο φορτίο για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Κάτω από το όριο αυτό αρχίζει πάλι να φαίνεται ασύμφορη η μείωση του ύψους του προεκκινίου, καθώς εμποδίζεται σημαντικά η ηλιακή διείσδυση στο χώρο, οπότε και η εκμετάλλευση της θερμικής της ιδιότητας.
- Για την επιλογή του βέλτιστου ύψους προεκκινίου είναι συνεπώς πάντα χρήσιμο να μελετείται η ηλιακή γεωμετρία.
- Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται πως για το νότιο ΘΝ με μπαλκόνι βάθους 2 m και ύψος δωματίου 4 m, ένα ύψος προεκκινίου 2,6 m θα ήταν μια καλή επιλογή.
- Το ίδιο ύψος φαίνεται πως θα ήταν η επιλογή και για τον νοτιοανατολικό ΘΝ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ύψος προεκκινίου 2,6 m δίνει 1,90% μικρότερο κόστος για θέρμανση ανά θάλαμο σε σχέση με ύψος προεκκινίου 2,0 m .
- Για τον νοτιοδυτικό ΘΝ καταλληλότερο φαίνεται πως θα ήταν ένα ύψος προεκκινίου 2,4 m. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ύψος προεκκινίου 2,4 m δίνει 2,11% μικρότερο κόστος για θέρμανση ανά θάλαμο σε σχέση με ύψος προεκκινίου 2,0 m.

5.3.3.6 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής πλάτους παραθύρου

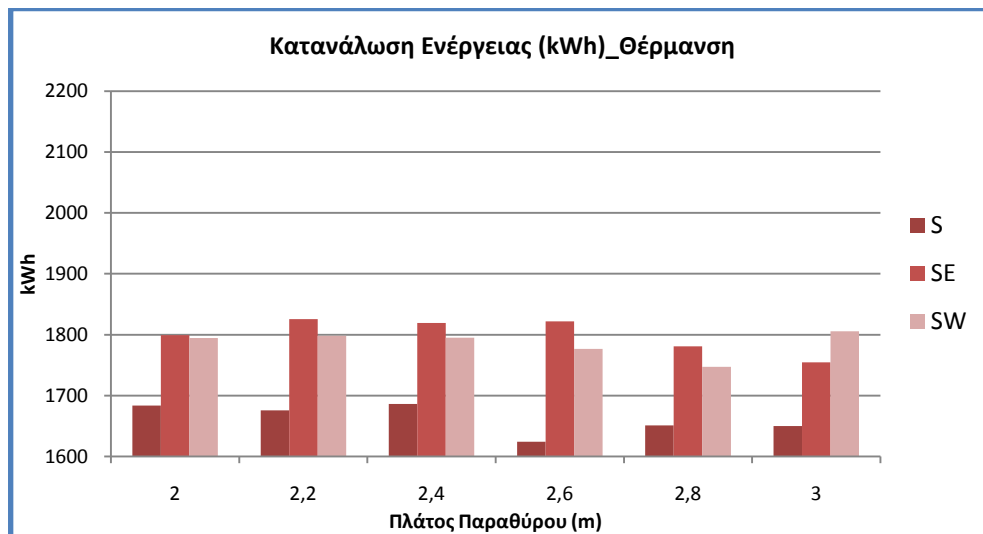
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m

- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Προσομοιώσεις για πλάτη παραθύρου 2,0– 3,0 m με βήμα 0,2m – συνολικά 18 προσομοιώσεις

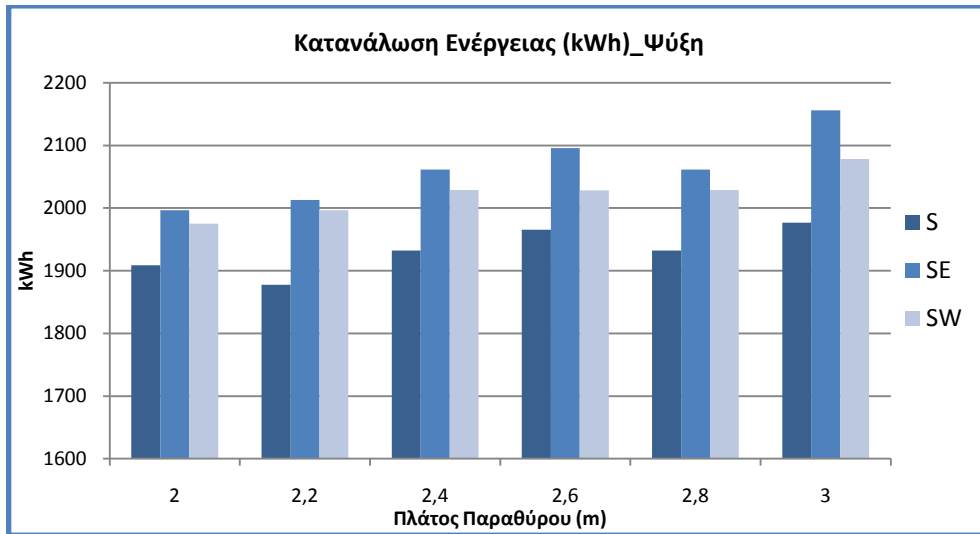
Πλάτος Παραθύρου		Θέρμανση			Ψύξη		
		S	SE	SW	S	SE	SW
2	kWh	1683,84	1799,34	1794,69	1908,56	1996,41	1974,89
	€	94,32	100,97	100,67	110,06	115,55	114,51
2,2	kWh	1675,52	1825,81	1798,42	1877,44	2012,89	1996,48
	€	93,95	102,33	100,76	108,28	116,95	115,86
2,4	kWh	1686,25	1819,38	1795,14	1932,12	2061,66	2028,84
	€	94,55	101,96	100,69	111,70	119,57	117,86
2,6	kWh	1624,46	1821,98	1776,57	1965,61	2095,62	2028,17
	€	90,81	102,30	99,61	113,86	121,95	117,84
2,8	kWh	1650,89	1781,16	1747,12	1953,52	2128,99	2087,66
	€	92,32	99,72	98,04	113,08	123,85	121,25
3	kWh	1649,88	1754,44	1805,63	1976,58	2155,97	2078,20
	€	92,37	98,31	101,39	114,54	125,45	121,03

Εικόνα 5.166: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας

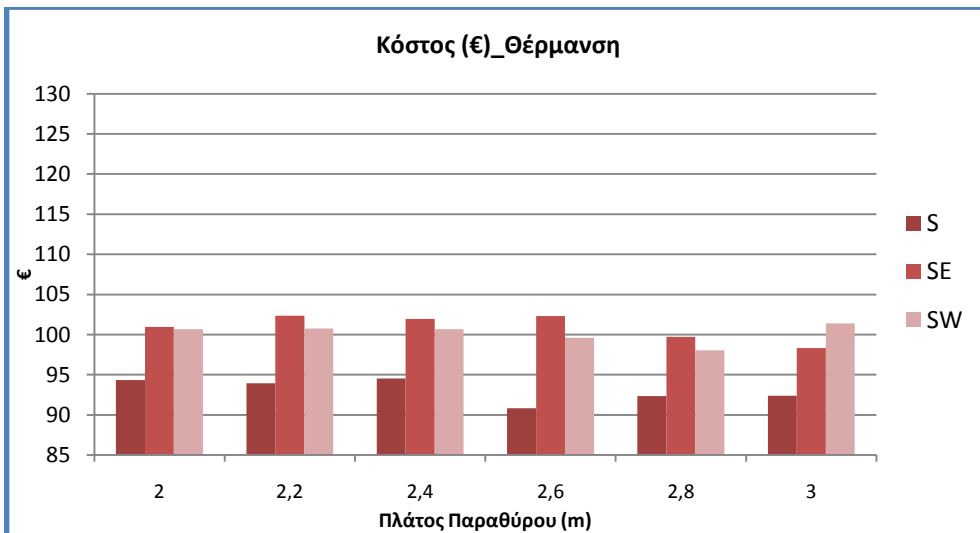
Συγκεντρωτικά διαγράμματα για όλους τους προσανατολισμούς:



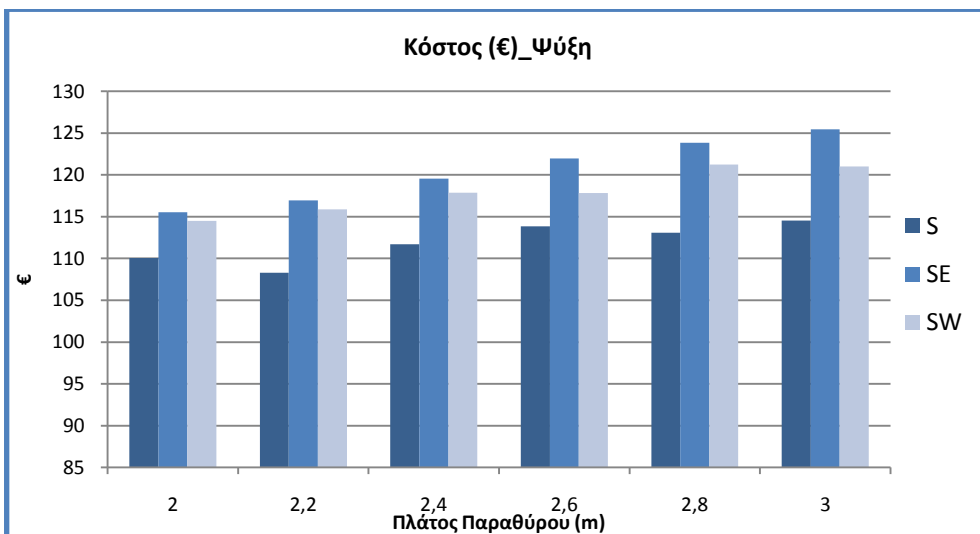
Εικόνα 5.167: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.168: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

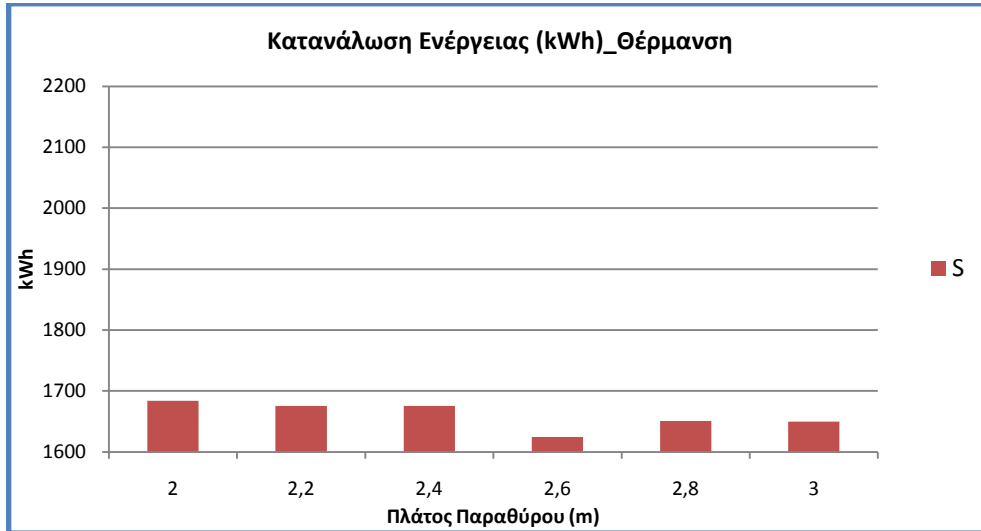


Εικόνα 5.169: Κόστος για θέρμανση (€) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

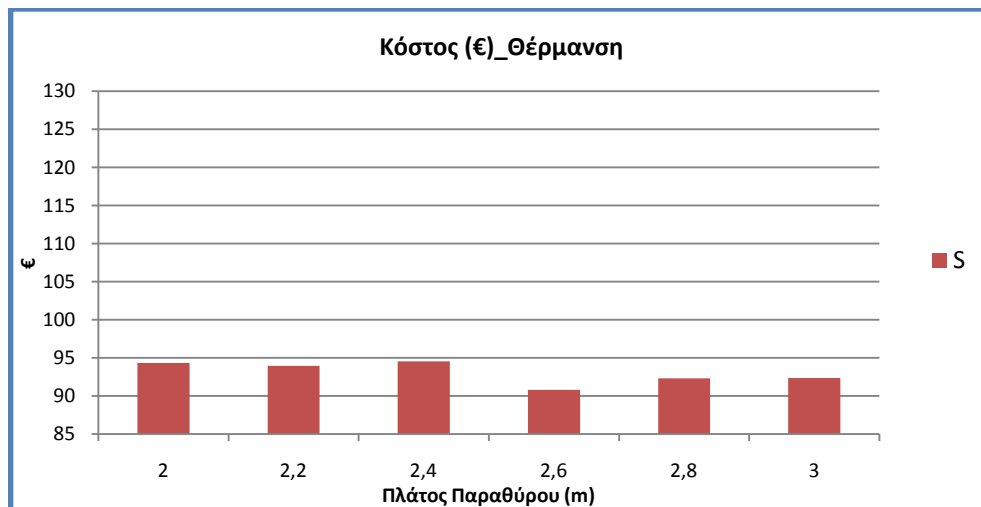


Εικόνα 5.170: Κόστος για ψύξη (€) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό

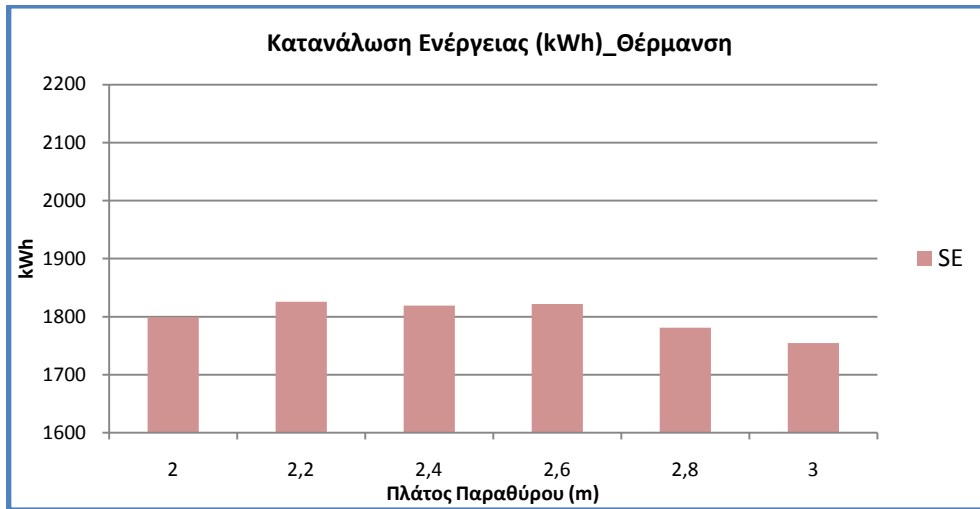
Στις Εικόνες 5.171 έως 5.182 που ακολουθούν, φαίνονται τα διαγράμματα που παρουσιάζουν χωριστά για κάθε προσανατολισμό τις απαιτούμενες καταναλώσεις σε kWh και τα αντίστοιχα κόστη ανά πλάτος παραθύρου:



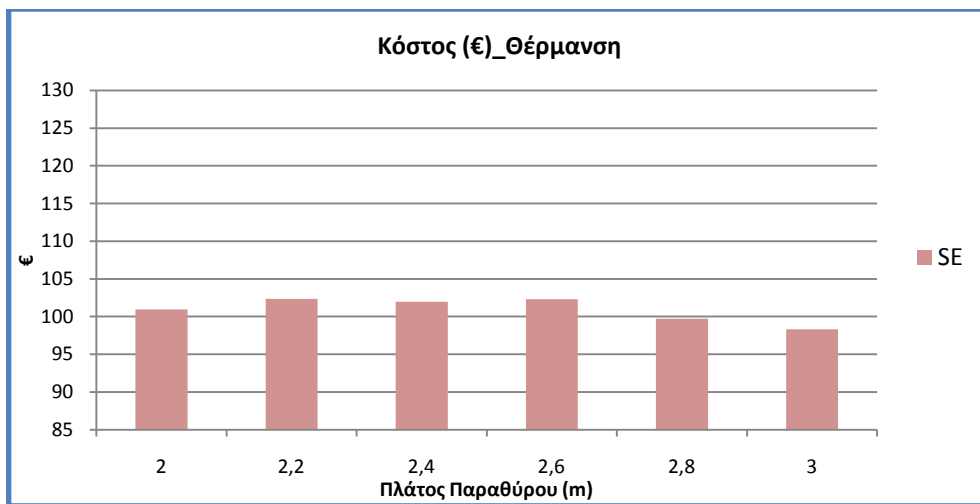
Εικόνα 5.171: Κατανάλωση Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



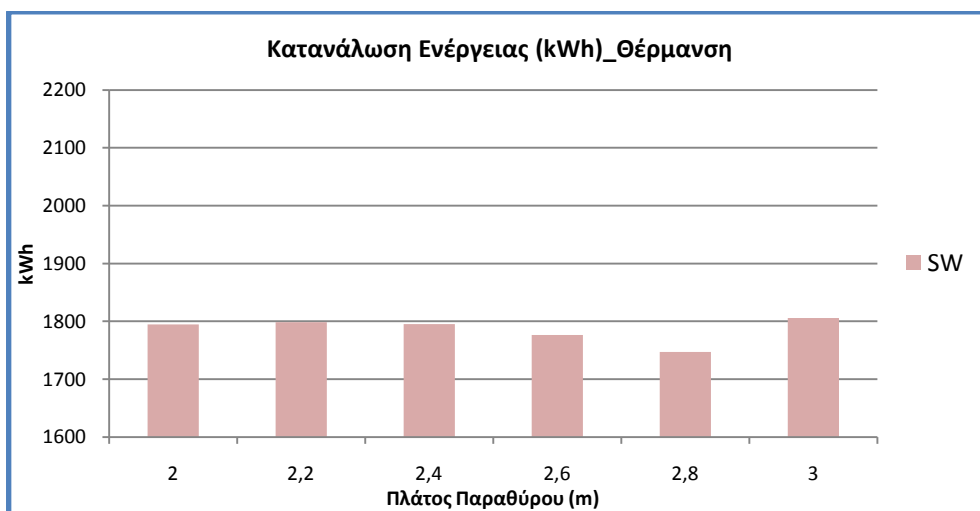
Εικόνα 5.172: Κόστος Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



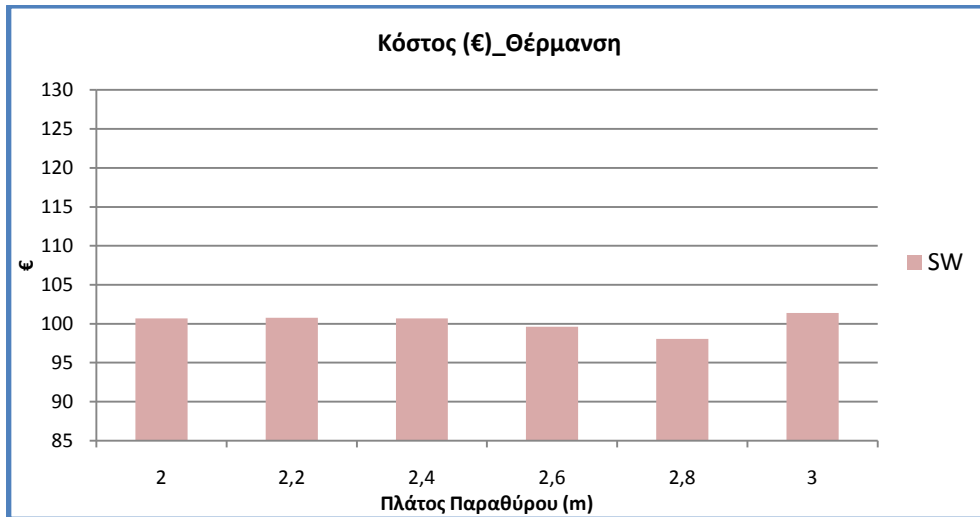
Εικόνα 5.173: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



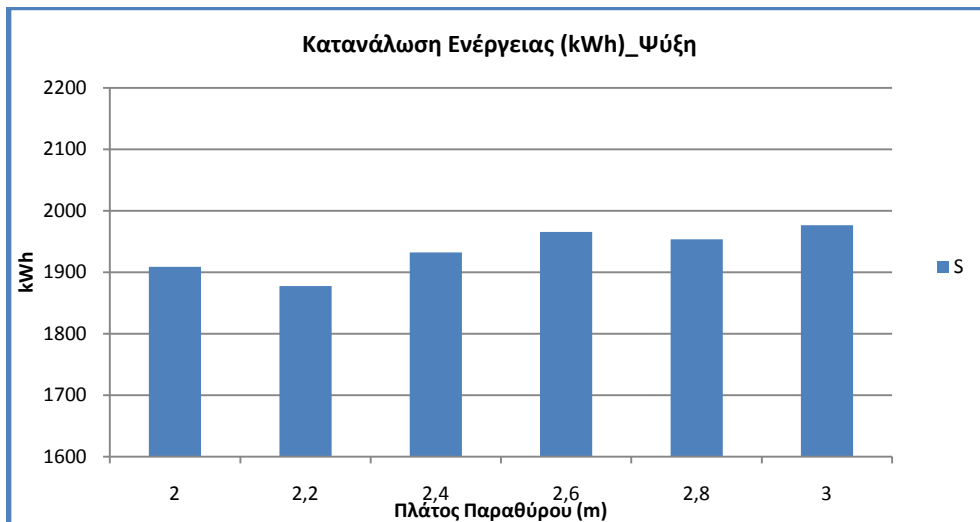
Εικόνα 5.174: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



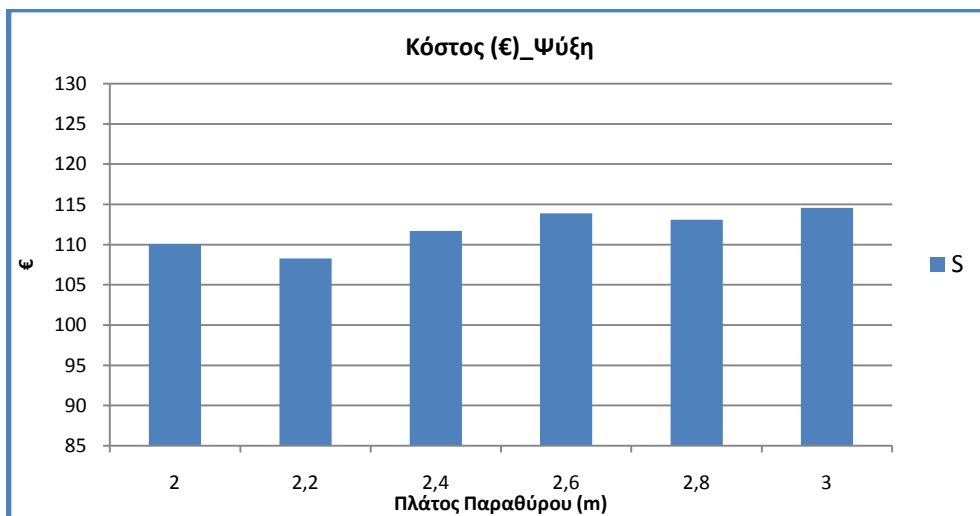
Εικόνα 5.175: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



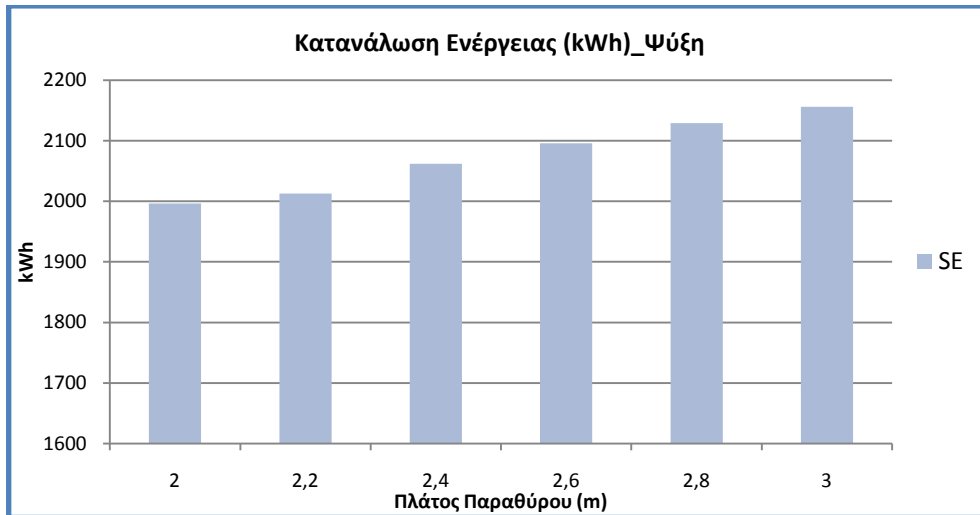
Εικόνα 5.176: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



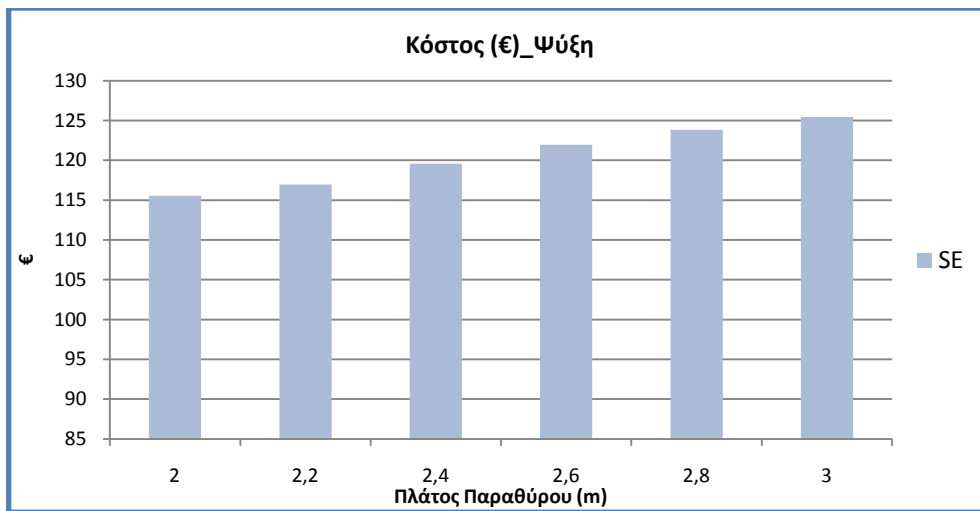
Εικόνα 5.177: Κατανάλωση Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



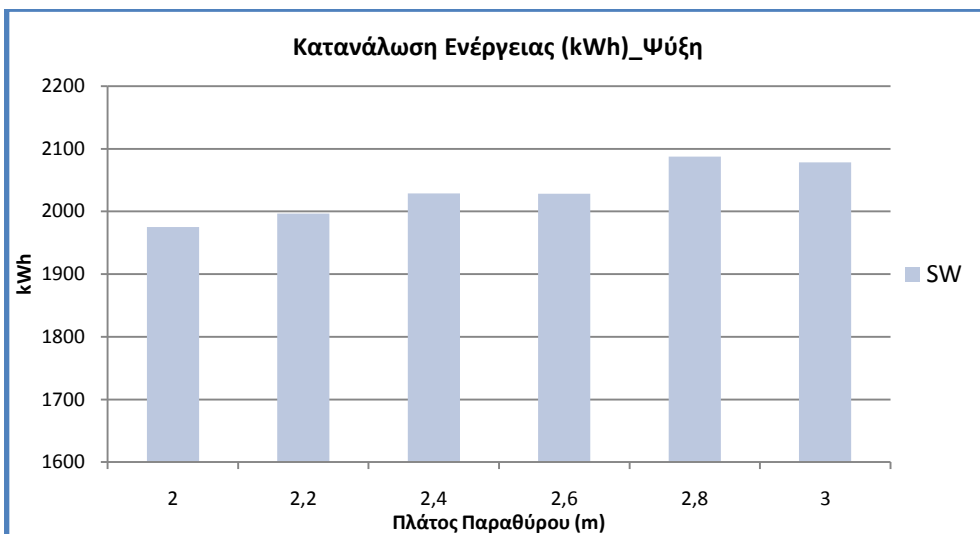
Εικόνα 5.178: Κόστος Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



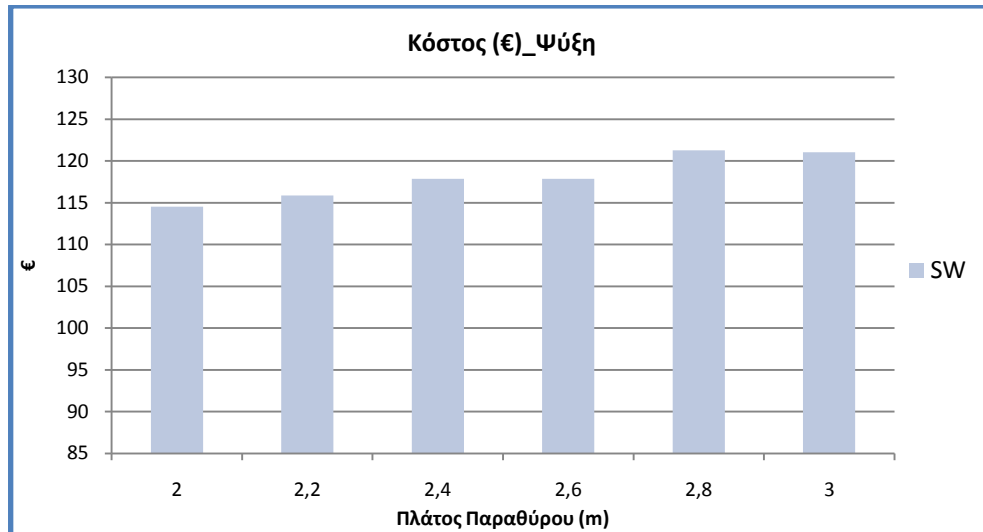
Εικόνα 5.179: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.180: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.181: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.182: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός

Σχόλια:

- Τα μεγαλύτερα ανοίγματα επιτρέπουν σε γενικές γραμμές τη διείσδυση μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας στο χώρο με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μικρότερες ανάγκες για θέρμανση και μεγαλύτερες για ψύξη. Άρα, η άμεση προσπίπτουσα ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω των παραθύρων στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το πλάτος του παραθύρου αυτού.
- Ταυτόχρονα όμως πρέπει να συνυπολογιστεί ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να απαιτούν πάνω από ένα όριο μεγαλύτερα φορτία για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση.
- Στην πραγματικότητα σε κάποιες από τις εξεταζόμενες περιπτώσεις μέχρι ένα πλάτος παραθύρου φαίνεται να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα (όπως για παράδειγμα για το νότιο ΘΝ μέχρι πλάτος παραθύρου 2,6 m μειώνονται οι απαιτήσεις για θέρμανση και παρουσιάζεται εκεί η βέλτιστη τιμή, αλλά από 2,6 m και πάνω οι απαιτήσεις για θέρμανση αυξάνονται και πάλι). Από εκεί και πάνω περαιτέρω αύξηση του πλάτους παραθύρου δεν φαίνεται δηλαδή να επιδρά πάντα θετικά ως προς τα εξεταζόμενα μεγέθη.
- Από ένα όριο και πάνω τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν θερμικές απώλειες που οδηγούν σε μεγαλύτερο φορτίο για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Κάτω από το όριο αυτό αρχίζει πάλι να φαίνεται ασύμφορη η μείωση του πλάτους του ανοίγματος, καθώς εμποδίζεται

σημαντικά η ηλιακή διείσδυση στο χώρο, οπότε και η εκμετάλλευση της θερμικής της ιδιότητας.

- Για την επιλογή του βέλτιστου πλάτους ανοίγματος είναι συνεπώς χρήσιμο να μελετάται και πάλι η ηλιακή γεωμετρία. Για το πλάτος του παραθύρου δεν έχει να κάνει η ηλιακή γωνία, αλλά ενδεχομένως το ηλιακό αζιμούθιο.
-
- Πρέπει ακόμη να συνυπολογιστεί ότι πέρα από την σκοπιά της εξοικονόμησης ενέργειας, τα μεγαλύτερα ανοίγματα προσφέρουν ευρύτερη θέα στο εξωτερικό περιβάλλον που επιδρά ιδιαίτερα θετικά στους χρήστες όπως έχει αναλυθεί παραπάνω στο θεωρητικό μέρος.
- Ενδεικτικά φαίνεται πως για το νότιο ΘΝ με μπαλκόνι βάθους 2 m και ύψος δωματίου 4 m, ένα πλάτος παραθύρου 2,6 m δίνει 3,72% μικρότερο κόστος για θέρμανση σε σχέση με το πλάτος παραθύρου 2 m. Ωστόσο όσον αφορά τις απαιτήσεις για ψύξη του ΘΝ, βέλτιστο προκύπτει το ύψος των 2,2 m. Συνεπώς θα ήταν συνετή η επιλογή ενός ενδιάμεσου πλάτους παραθύρου. Γενικότερα, βέβαια, στην Ελλάδα η ψύξη είναι ακόμη πιο κρίσιμη από τη θέρμανση.
- Για τον νοτιοανατολικό ΘΝ φαίνεται πώς όσο αυξάνει το πλάτος του ανοίγματος μειώνονται τα φορτία για θέρμανση και αυξάνονται τα φορτία για ψύξη.
- Για τον νοτιοδυτικό ΘΝ, όσον αφορά τις απαιτήσεις για θέρμανση βέλτιστο προκύπτει το πλάτος των 2,8 m, ενώ για θέρμανση το πλάτος των 2,0 m.

5.3.3.7 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής ύψους δωματίου

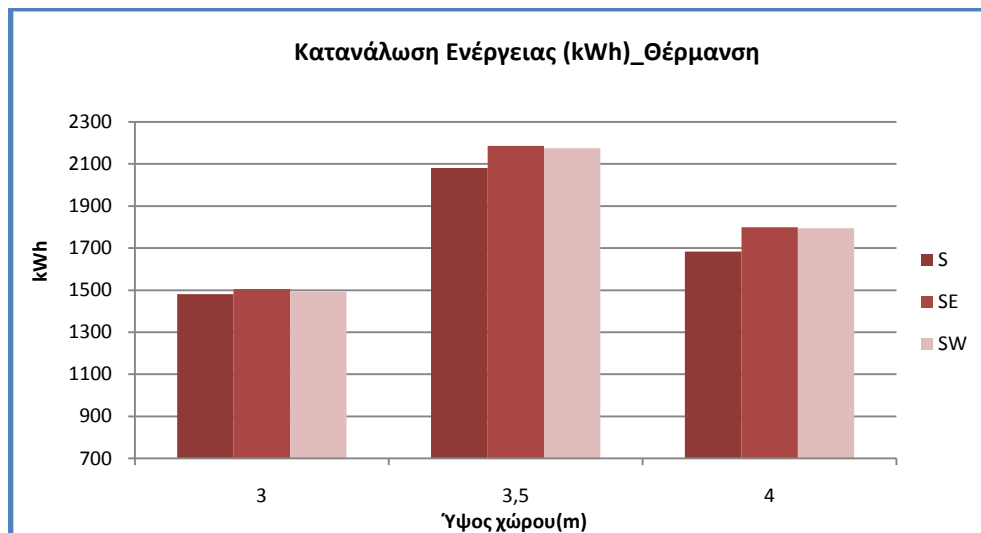
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες

- Με μπαλκόνι πλάτους 2,0 m
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Προσομοιώσεις για ύψη δωματίου 3,0-4,0 m με βήμα 0,5m – συνολικά 9 προσομοιώσεις
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

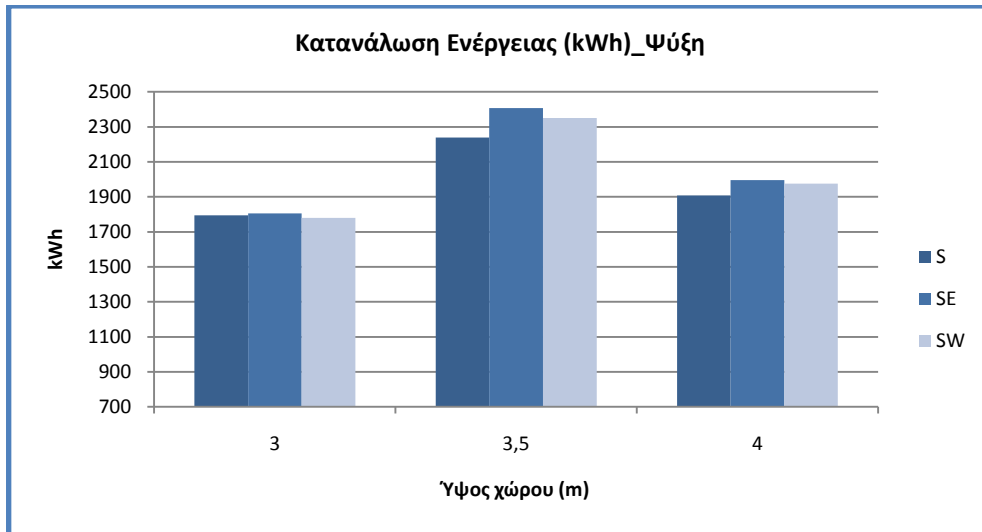
Ύψος Δωματίου (m)		Θέρμανση			Ψύξη		
		S	SE	SW	S	SE	SW
3	kWh	1481,32	1504,89	1493,60	1794,57	1805,98	1780,09
	€	83,75	85,18	84,69	103,19	104,40	102,39
3,5	kWh	2079,99	2185,5	2175,27	2239,81	2407,44	2350,02
	€	115,90	121,75	121,47	129,97	139,85	136,55
4	kWh	1683,84	1799,34	1794,69	1908,56	1996,41	1974,89
	€	94,32	100,97	100,67	110,06	115,55	114,51

Εικόνα 5.183: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας

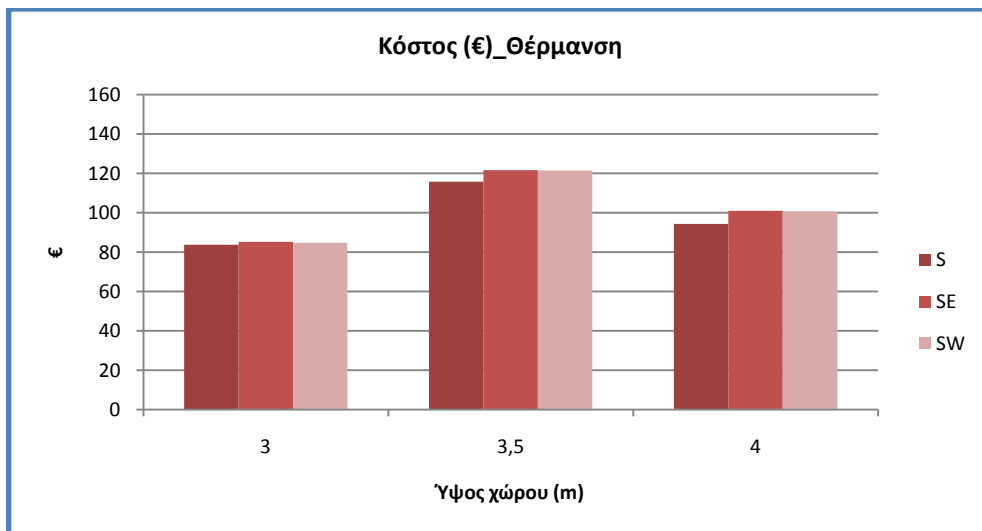
Συγκεντρωτικά διαγράμματα για όλους τους προσανατολισμούς:



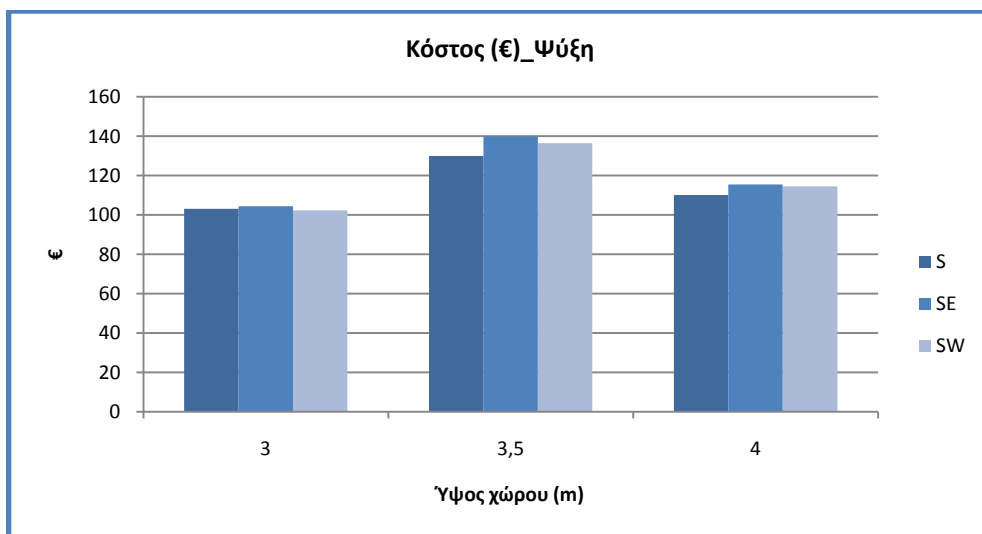
Εικόνα 5.184: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό



Εικόνα 5.185: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό

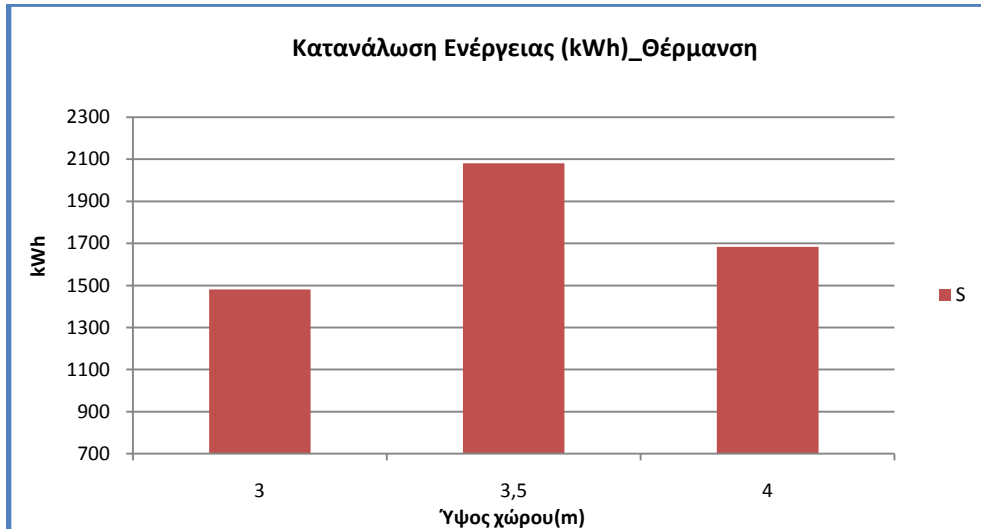


Εικόνα 5.186: Κόστος για θέρμανση (€) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό

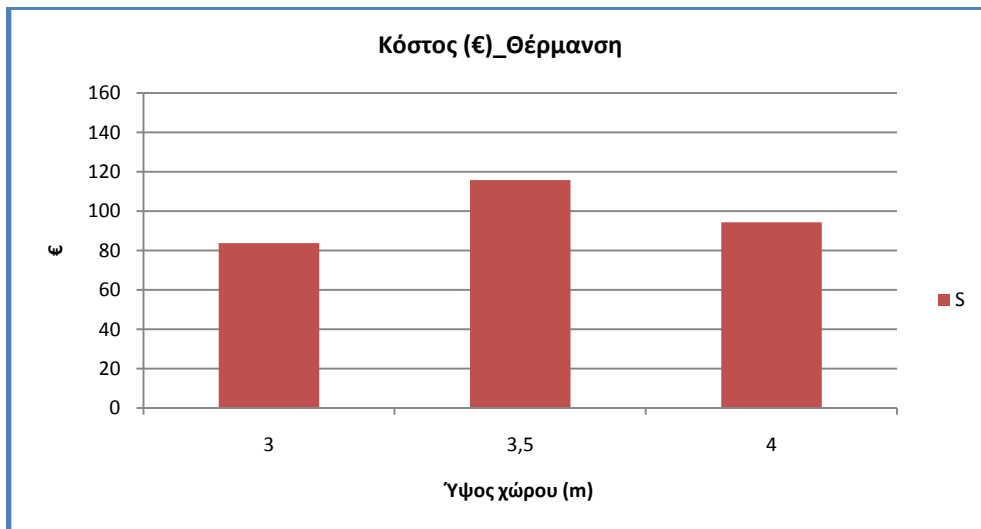


Εικόνα 5.187: Κόστος για ψύξη (€) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό

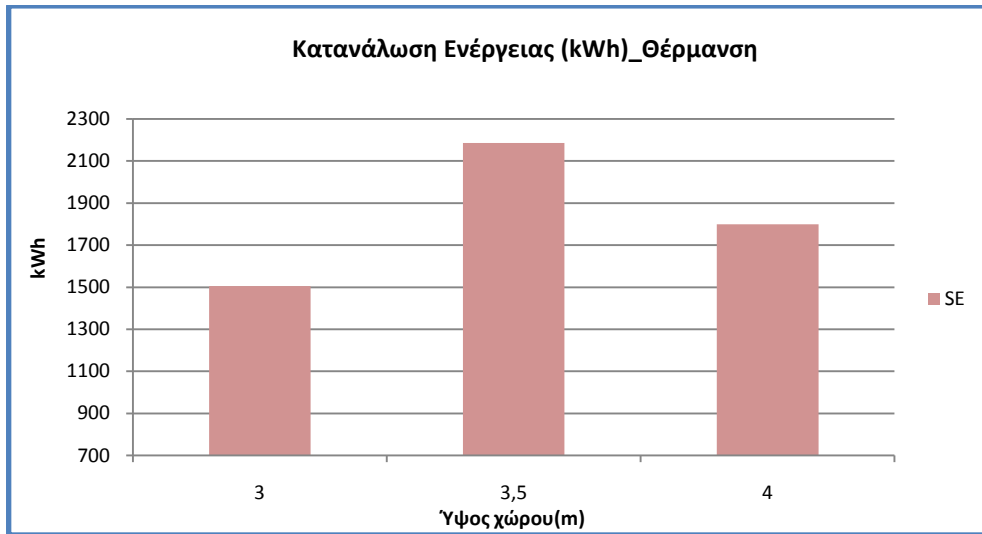
Στις Εικόνες 5.188 – 5.199 που ακολουθούν, φαίνονται τα διαγράμματα που παρουσιάζουν χωριστά για κάθε προσανατολισμό τις απαιτούμενες καταναλώσεις σε kWh και τα αντίστοιχα κόστη ανά ύψος δωματίου:



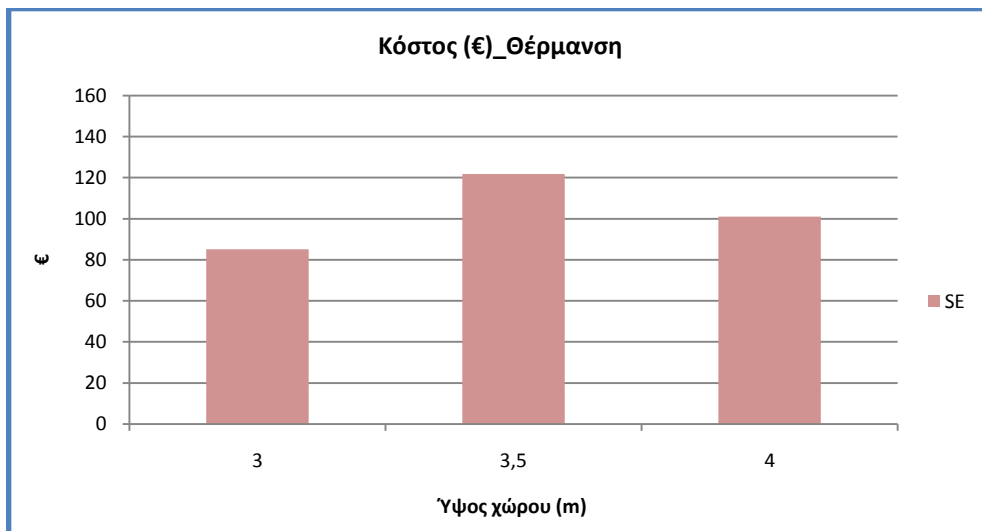
Εικόνα 5.188: Κατανάλωση ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



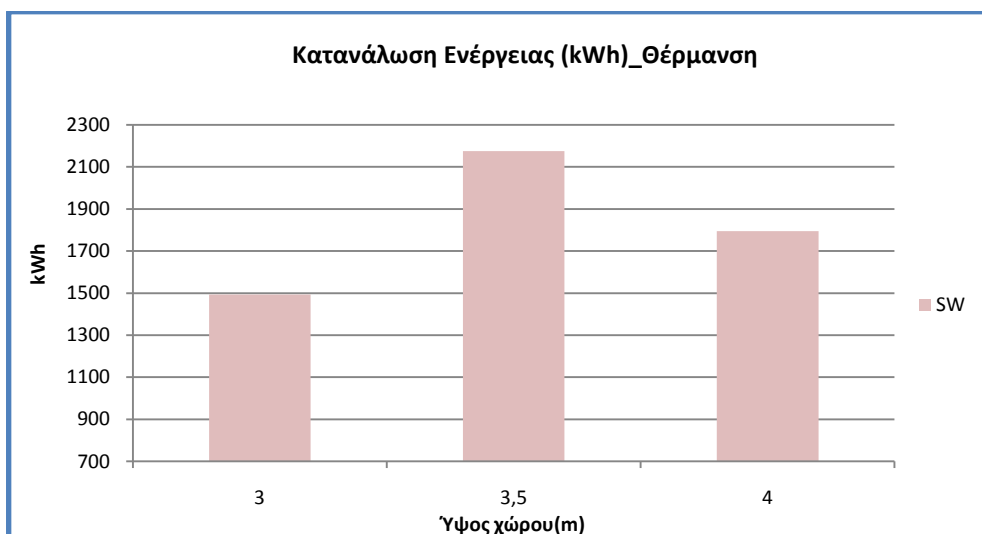
Εικόνα 5.189: Κόστος ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



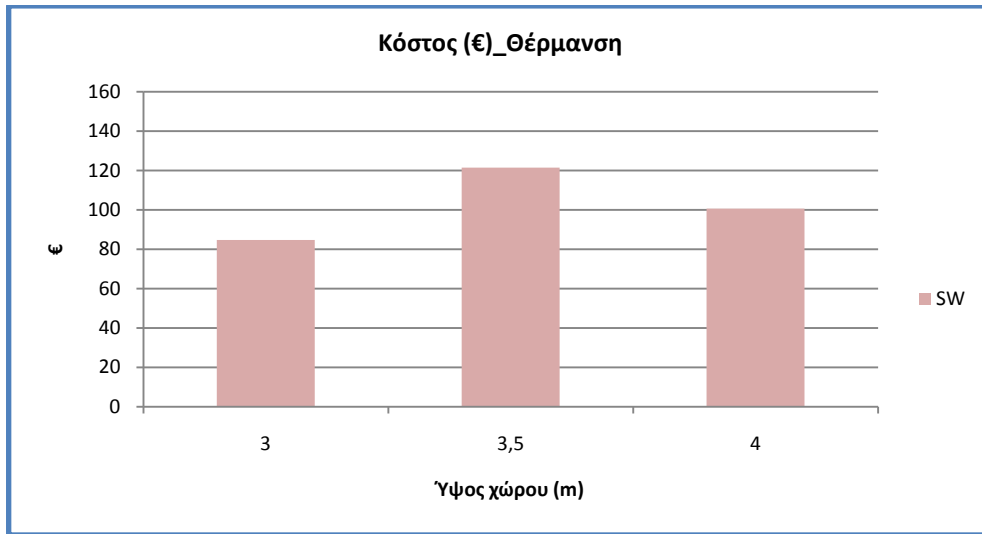
Εικόνα 5.190: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



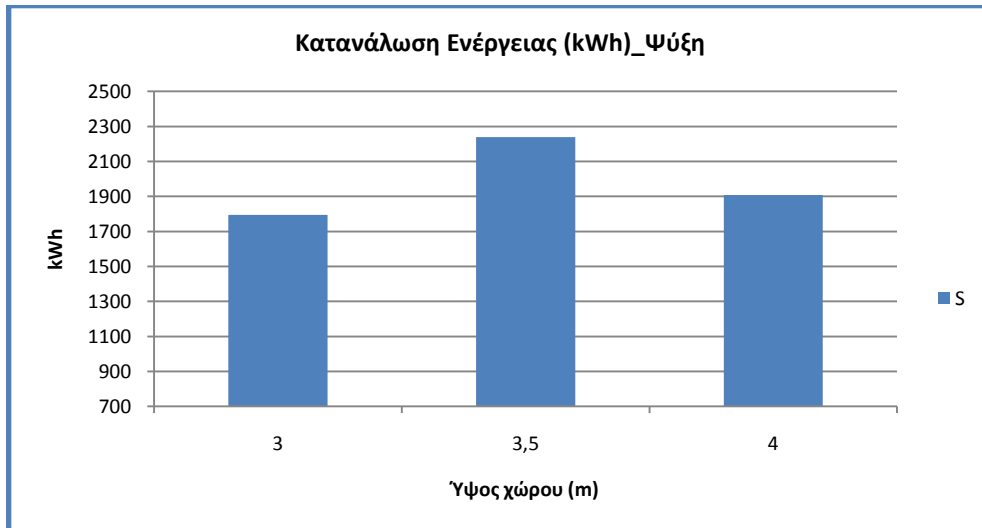
Εικόνα 5.191: Κόστος ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



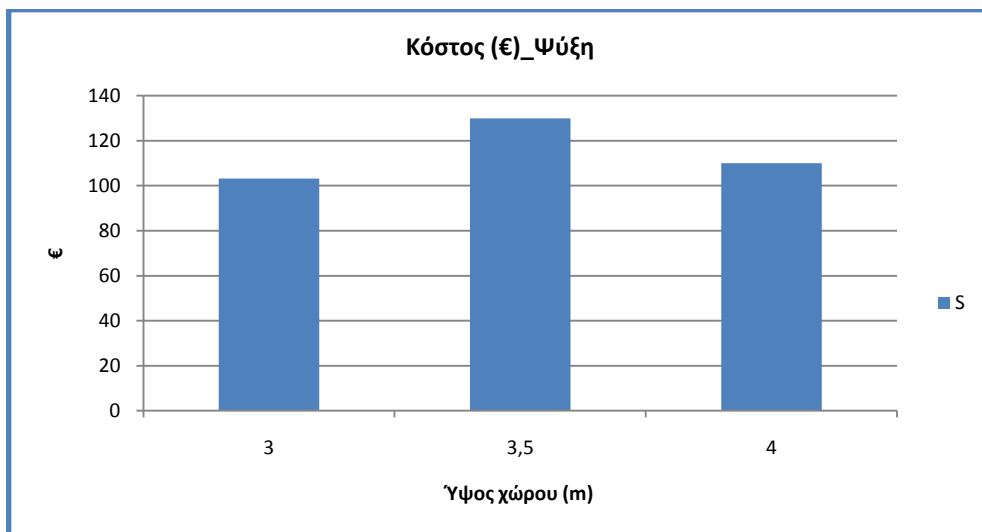
Εικόνα 5.192: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



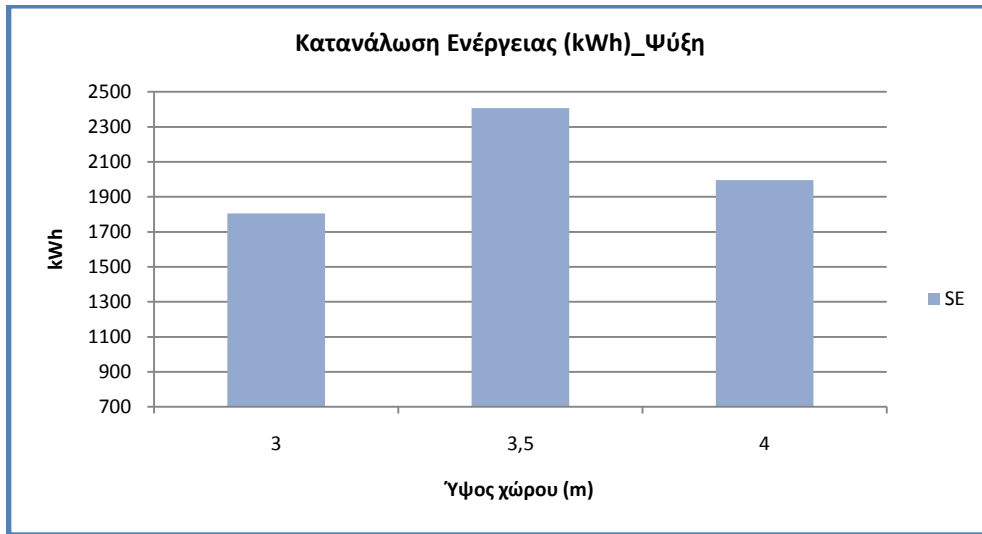
Εικόνα 5.193: Κόστος ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



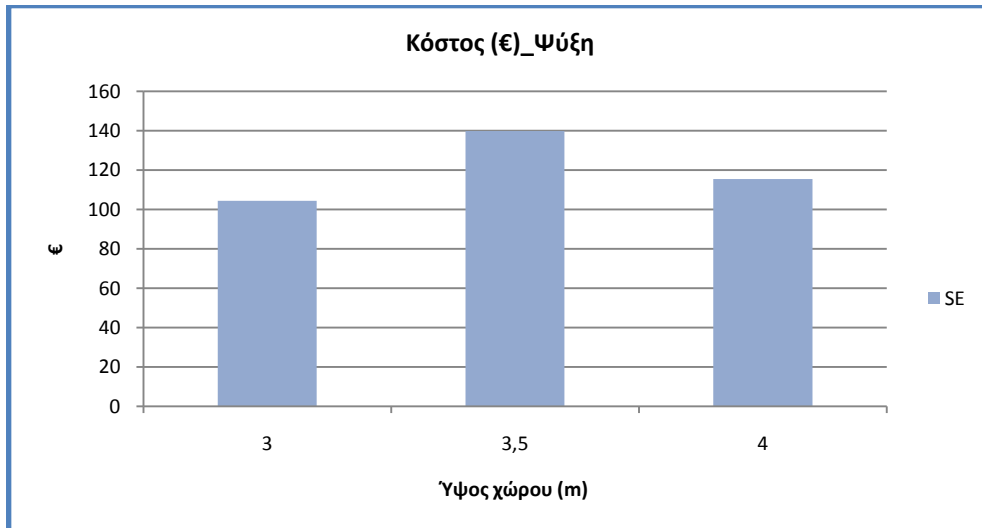
Εικόνα 5.194: Κατανάλωση ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



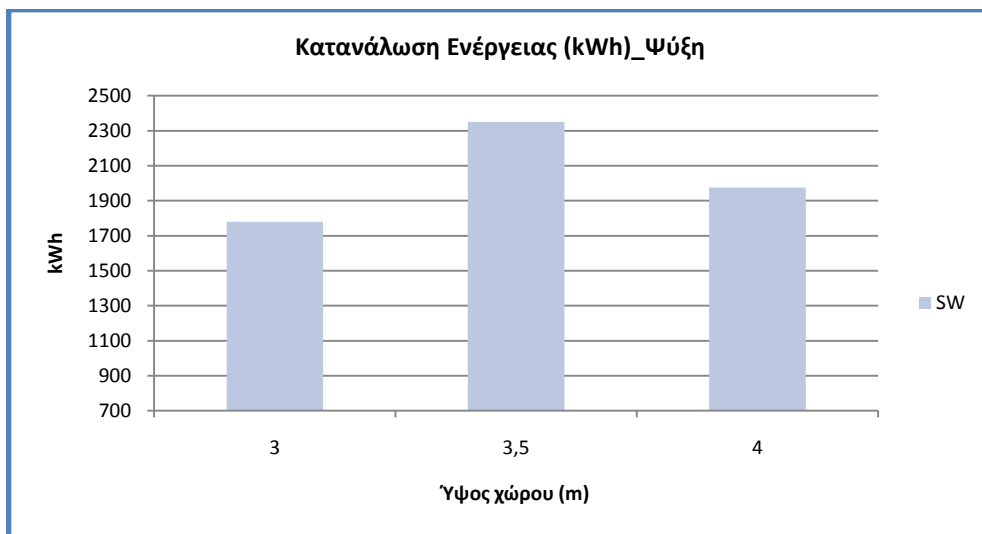
Εικόνα 5.195: Κόστος ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός



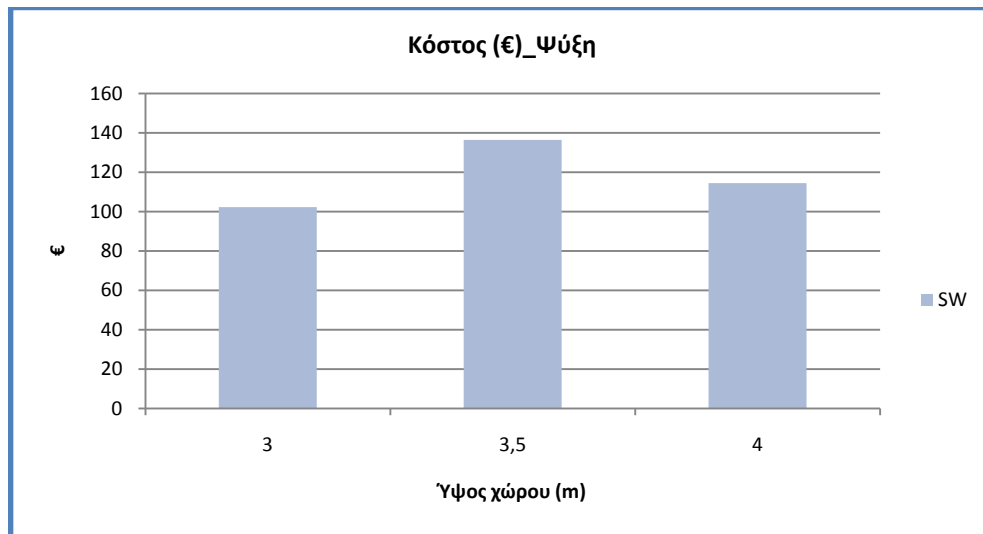
Εικόνα 5.196: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.197: Κόστος ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.198: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός



Εικόνα 5.199: Κόστος ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός

Σχόλια:

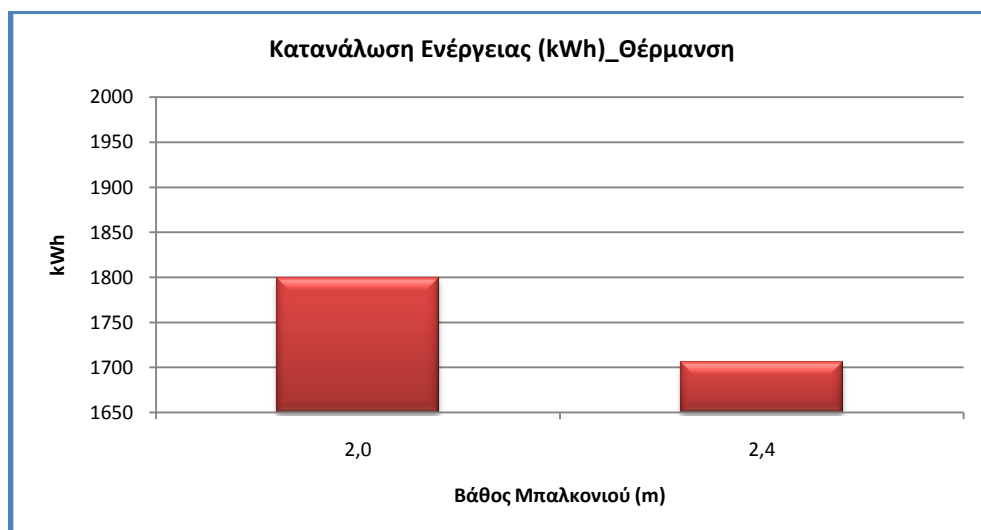
- Τα οριζόντια σκίαστρα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά και οικονομικά όταν είναι ακριβώς πάνω από το παράθυρο και συνεχίζονται πέραν του μήκους τους. Εδώ το μπαλκόνι πλάτους 2,0 m λειτουργεί σαν οριζόντιο σταθερό σκίαστρο και εκτείνεται και πέραν του μήκους του παραθύρου.
- Άρα, εάν το παράθυρο φτάνει έως το δοκάρι της πλάκας οροφής, το μπαλκόνι είναι πιο αποτελεσματικό από άποψη σκίασης, απ' ότι σε περίπτωση χαμηλότερου προεκτού. Το πρέκι του παραθύρου μας είναι στα 3 m, για αυτό και το ύψος χώρου των 3,0 m δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με τα ύψη 3,5 m και 4,0 m για όλες τις περιπτώσεις.
- Ενδεικτικά αναφέρεται πως για το νότιο ΘΝ με μπαλκόνι βάθους 2 m ένα ύψος δωματίου 3 m δίνει 11,2 % μικρότερο κόστος για θέρμανση και 6,23 % μικρότερο κόστος για ψύξη σε σχέση με ύψος χώρου 4 m.

5.3.3.8 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης μεταβολής βάθους μπαλκονιού

- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Με μπαλκόνι
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Προσομοιώσεις για βάθος μπαλκονιού 2,0-2,4 m με βήμα 0,4m
- Νοτιοανατολικός προσανατολισμός⁵
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

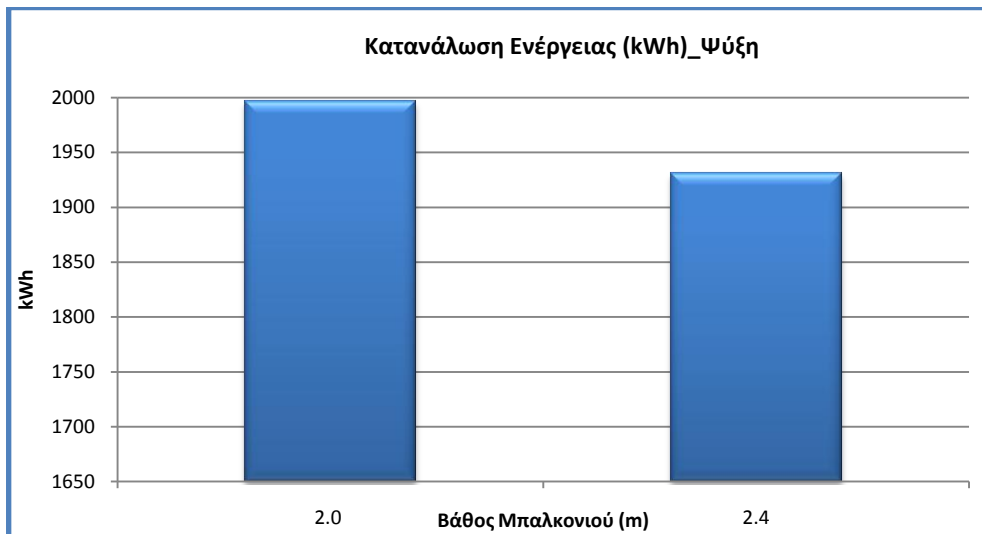
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΨΥΞΗ	
Βάθος Μπαλκονιού(m)	2,0	2,4	2,0	2,4
kWh	1799,34	1705,97	1996,41	1930,52
€	100,97	95,48	115,55	111,94

Εικόνα 5.200: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας

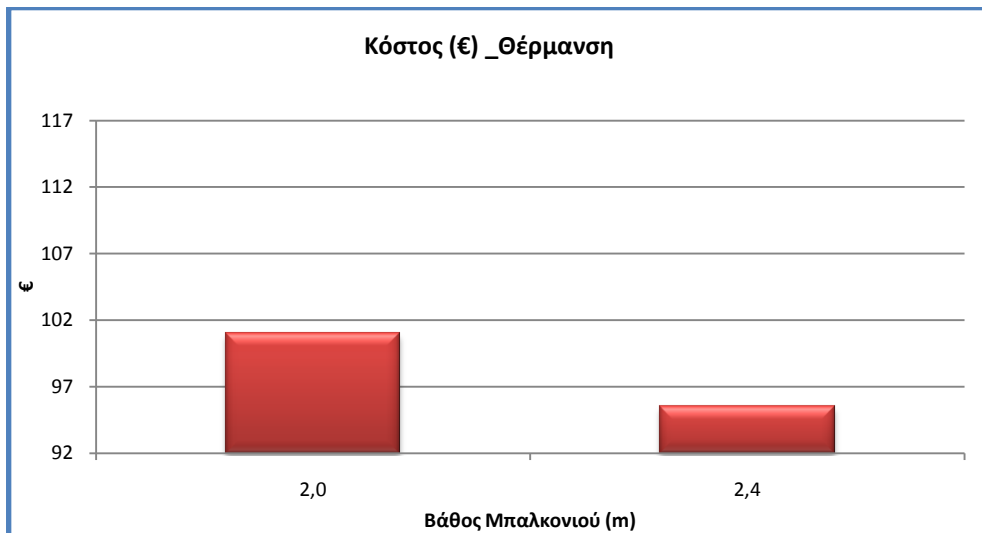


Εικόνα 5.201: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για νοτιοανατολικό ΘΝ ανά βάθος μπαλκονιού

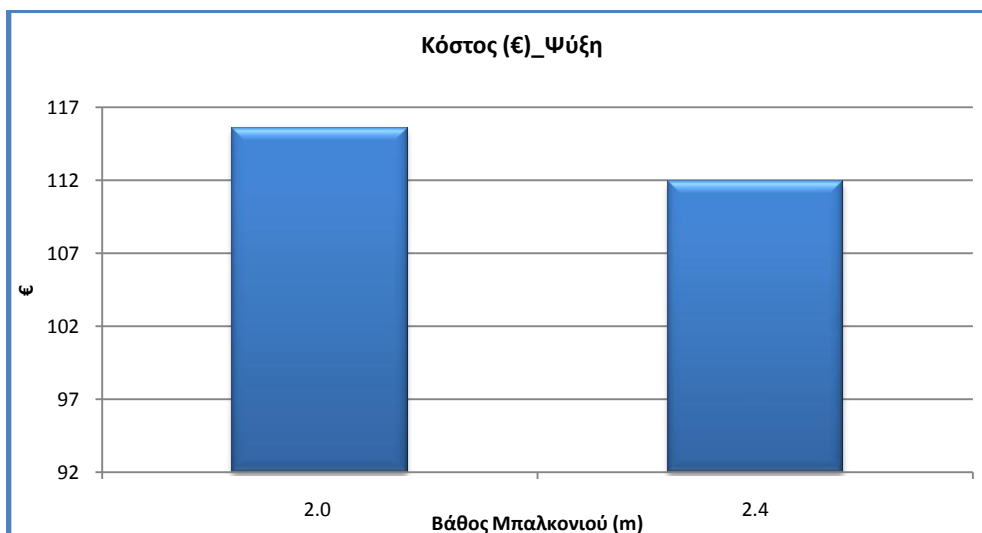
⁵ Στο σημείο αυτό θεωρήθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής, αφού αποδείξαμε ότι ο νότιος προσανατολισμός υπερέρχει όλων των εξεταζόμενων να επικεντρωθούμε στο νοτιοανατολικό θάλαμο νοσηλείας (για τον οποίο πραγματοποιήθηκε και η μελέτη φυσικού φωτισμού) και να διερευνήσουμε τι συμβαίνει σε αυτόν για όποιες μεταβλητές ελεγχθούν από εδώ και κάτω.



Εικόνα 5.202: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού



Εικόνα 5.203: Κόστος για θέρμανση (€)για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού



Εικόνα 5.204: Κόστος για ψύξη (€)για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιου

Σχόλια:

- Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο βάθος μπαλκονιού των 2,4 m δίνει καλύτερα αποτελέσματα και σε ψύξη και σε θέρμανση σε σχέση με το βάθος μπαλκονιού των 2,0 m για τον νοτιοανατολικό ΘΝ.
- Συγκεκριμένα στο ΝΑ θάλαμο το κόστος θέρμανσης για βάθος μπαλκονιού 2,4 m είναι μικρότερο κατά 5,44% και το κόστος ψύξης 3,12% μικρότερο συγκριτικά με βάθος μπαλκονιού 2,0 m.
- Τα μπαλκόνια παρέχουν οριζόντια σκίαση στις επιφάνειες της πρόσοψης ακριβώς από κάτω τους. Γενικά, ειδικά για νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο, τα μπαλκόνια μπορούν να είναι ιδιαίτερα αποδοτικές συσκευές σκίασης.
Ωστόσο, θα πρέπει πάντα να διερευνάται αν το μεγαλύτερο μπαλκόνι δρα αρνητικά στα επίπεδα φωτισμού κατά τη διάρκεια του χειμώνα, γεγονός που δεν φαίνεται να συμβαίνει στην παρούσα μελέτη.
- Το πλαίσιο των τιμών 2,0-2,4 m έχει επιλεγθεί ώστε το μπαλκόνι να είναι αρκετά ευρύχωρο και ασφαλές για τους ασθενείς και τις οικογένειές τους, ώστε να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν, να εξασφαλίζεται η άνεση στην κινητικότητα των ασθενών (αναπηρικά αμαξίδια κλπ.) αλλά και των επισκεπτών.
- Έχει αποδειχθεί ότι η οριζόντια σκίαση που παρέχεται από τα μπαλκόνια τους καλοκαιρινούς μήνες είναι επαρκής για να σκιάσει το σύνολο της πρόσοψης ακριβώς κάτω από αυτά. Η μόνη σημαντική διαφορά αφορά την παρουσία ή την απουσία μπαλκονιού. Αποδεικνύεται, δηλαδή, ότι το βάθος μπαλκόνι δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Τα μεσημέρια του καλοκαιριού συχνά απαιτείται πολύ μικρότερη οριζόντια διάταξη σκίασης για την πλήρη σκίαση της πρόσοψης κάτω από τα μπαλκόνια. Μελέτες που έχουν γίνει, έχουν αποδείξει ότι ακόμη και μια πλάκα προβολής 1,1 εκ είναι αρκετή [9]. Ωστόσο, μεγαλύτερα βάθη μπαλκονιού θα επηρεάσουν την ηλιακή ακτινοβολία που δέχεται η πρόσοψη κατά τη διάρκεια του χειμώνα. [10]. Από την άλλη πλευρά, το μπαλκόνι στην περίπτωση ενός Θ.Ν. συνεπάγεται την σύνδεση της συνέχισης του χώρου του δωματίου του ασθενούς με το εξωτερικό περιβάλλον. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να είναι αρκετά ευρύχωρο και ασφαλές. Πολύ μεγάλα βάθη μπαλκονιού θα μπορούσαν, βέβαια, να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητη σκίαση της πρόσοψης κατά τη διάρκεια

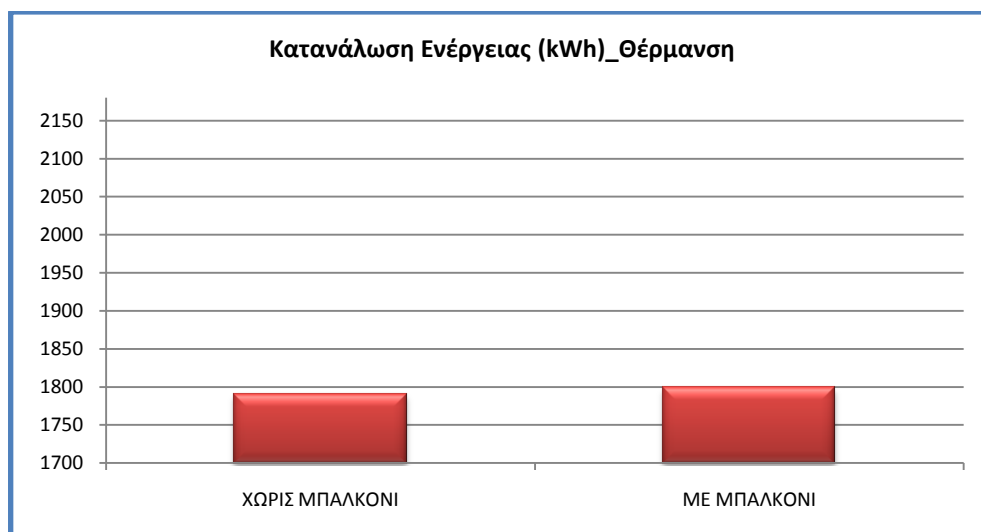
του χειμώνα, και να προκαλέσουν απώλειες θερμότητας που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ζήτησης για θέρμανση.[10]

5.3.3.9 Καταναλισκόμενη ενέργεια και κόστος ψύξης-θέρμανσης – Διερεύνηση επίπτωσης ύπαρξης ή μη μπαλκονιού

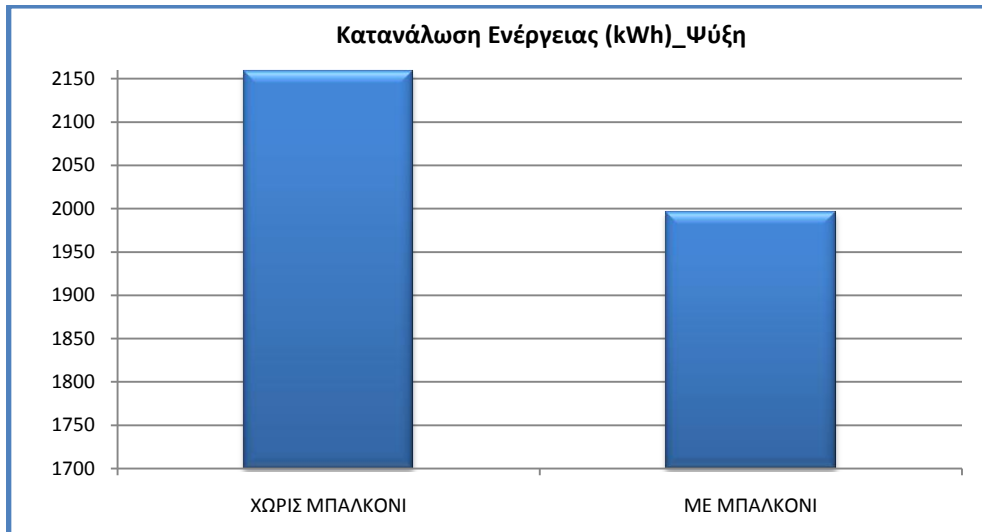
- Αποτελέσματα ανά μονόκλινο θάλαμο νοσηλείας
- Χωρίς εξωτερικές περσίδες
- Αποτελέσματα για το σύνολο των χειμερινών (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) και των αντίστοιχων καλοκαιρινών (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος) μηνών.
- Προσομοιώσεις για νοτιοανατολικό ΘΝ με μπαλκόνι (βάθους 2 m που εκτείνεται και πέρα από το πλάτος του παραθύρου) και χωρίς μπαλκόνι (σκέτο παράθυρο)
- Ύψος παραθύρου:3,0m , Πλάτος παραθύρου:2,0 m

ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΨΥΞΗ		
	ΧΩΡΙΣ ΜΠΑΛΚΟΝΙ	ΜΕ ΜΠΑΛΚΟΝΙ	ΧΩΡΙΣ ΜΠΑΛΚΟΝΙ	ΜΕ ΜΠΑΛΚΟΝΙ
kWh	1791,06	1799,34	2158,39	1996,41
€	100,54	100,97	125,62	115,55

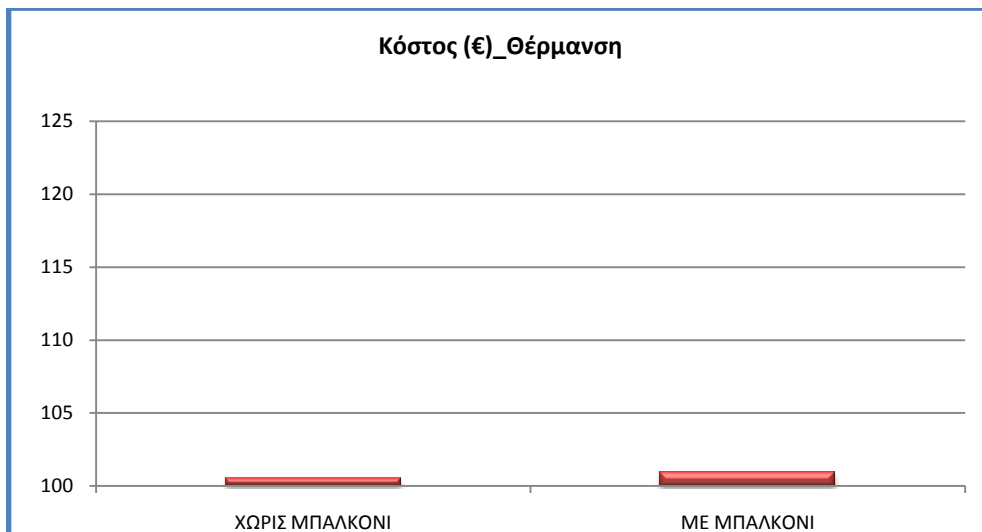
Εικόνα 5.205: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας



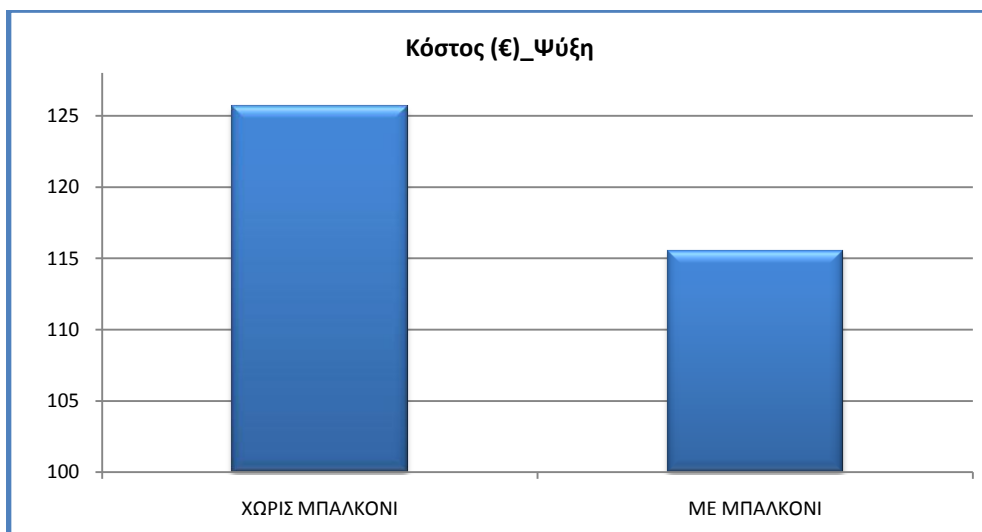
Εικόνα 5.206: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για νοτιοανατολικό ΘΝ χωρίς και με μπαλκόνι



Εικόνα 5.207: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για νοτιοανατολικό ΘΝ χωρίς και με μπαλκόνι



Εικόνα 5.208: Κόστος για θέρμανση (€) για νοτιοανατολικό ΘΝ χωρίς και με μπαλκόνι



Εικόνα 5.209: Κόστος για ψύξη (€) για νοτιοανατολικό ΘΝ χωρίς και με μπαλκόνι

Σχόλια:

- Παρατηρούμε ότι η ύπαρξη μπαλκονιού δίνει σημαντική εξοικονόμηση σε ποσά για ψύξη σε σχέση με την περίπτωση του σκέτου παραθύρου για τον νοτιοανατολικό ΘΝ. Εμφανίζεται μια ελάχιστη αύξηση των απαιτήσεων για θέρμανση, η οποία όμως εκμηδενίζεται εντελώς όταν συνυπολογίσει κανείς ότι υπάρχει και η μη ποσοτικά αξιολογήσιμη ωφέλεια του μπαλκονιού ως κοινωνικός χώρος. Ταυτόχρονα, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω ειδικά στην Ελλάδα μας ενδιαφέρει πολύ περισσότερο η υπερθέρμανση το καλοκαίρι.
- Τα μπαλκόνια, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο παρέχουν οριζόντια σκίαση στις επιφάνειες της πρόσοψης ακριβώς από κάτω τους. Ειδικά για νότιο προσανατολισμό στο βόρειο ημισφαίριο, τα μπαλκόνια μπορούν να είναι αποδοτικές συσκευές σκίασης.
- Μελέτες έχουν συσχετίσει την ύπαρξη μπαλκονιού στις νότιες προσόψεις με συμβολή στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση των συνθηκών περιβάλλοντος [11]-[12].
- Ειδικά για τον νοτιοανατολικό προσανατολισμό το μπαλκόνι που δρα εν μέρει ως οριζόντια σκίαση είναι πολύ σημαντικό στην εξοικονόμηση μεγάλων ποσών για ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αφού τότε είναι και ιδιαίτερα αποτελεσματικά τα οριζόντια συστήματα σκίασης λόγω του ότι ο ήλιος βρίσκεται ψηλά. Τότε δίνει και τα βέλτιστα αποτελέσματα εμποδίζοντας την εισροή άμεσης ανεπιθύμητης ακτινοβολίας και υψηλών ποσών θερμικής ενέργειας στο χώρο σε σημαντικό βαθμό. Ταυτόχρονα τον χειμώνα που ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά δεν επηρεάζει παρά ελάχιστα.
- Συγκεκριμένα στο ΝΑ θάλαμο το κόστος θέρμανσης χωρίς την ύπαρξη μπαλκονιού (σκέτο παράθυρο) είναι 0,42% μικρότερο, ενώ το κόστος ψύξης 8,72% μεγαλύτερο συγκριτικά με την ύπαρξη μπαλκονιού βάθους 2,0 m
- Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ύπαρξη μπαλκονιού είναι ιδιαίτερα προσοδοφόρα στο εξεταζόμενο σύστημα από την σκοπιά της εξοικονόμησης ενέργειας. Αν τώρα προσθέσει κανείς στα ενεργειακά οφέλη τη σημαντική συμβολή του μπαλκονιού στη διαμόρφωση ενός θεραπευτικού περιβάλλοντος για τους χρήστες του νοσοκομείου, η ύπαρξη του μπαλκονιού

είναι καθοριστική. Τα μπαλκόνια, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, προσφέρουν την ευκαιρία ενός ενδιάμεσου χώρου μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου και είναι θεμελιώδους σημασίας για τους ασθενείς, δεδομένου ότι βοηθούν στη σύνδεση με τη φύση και την έκθεση στο ηλιακό φως [13]–[14]. Το φυσικό περιβάλλον έχει τη δυνατότητα να είναι θεραπευτικό, δημιουργεί θετικούς περισπασμούς, παρέχει ευκαιρίες για χαλάρωση κ.α. [14]. Ως εκ τούτου το μπαλκόνι μπορεί να θεωρηθεί ως σημαντικό στοιχείο ενός στοιχειοθετημένου αρχιτεκτονικού σχεδιασμού σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης και ειδικά σε δωμάτια ασθενών, διότι ενέχει ένα κοινωνικό ρόλο που εκτείνεται πολύ πέρα από το τυπικό, δηλαδή τη διαμόρφωση θεραπευτικού περιβάλλοντος [10].

Βιβλιογραφία 5^{ου} Κεφαλαίου

1. <http://www.google.maps.com> (επίσκεψη 1/6/2016)
2. 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
3. Sklavou E., Tzouvadakis I.E. (2015). *Post Occupancy Evaluation of the Visual Environment in Patient Rooms. Archdesign'15: Current Trends in Architectural Design and Methodologies* (σσ. 307-321). Instabul, Turkey: Archdesign'15.
4. Παναγοπούλου Γ. (2013). *Φυσικός Φωτισμός Θαλάμων Νοσηλείας*. Αθήνα: ΕΜΠ.
5. <http://www.kat-hosp.gr/> (επίσκεψη 2/6/2016)
6. Κουφός Δ. (2014). *Μελέτη παραμέτρων φυσικού φωτισμού και ηλιασμού θαλάμων νοσηλείας νοσοκομείου ΚΑΤ*. Αθήνα: ΕΜΠ.
7. Πλακιά Ε., Πλατανίτη Β. (2013). *Διερεύνηση της συμβολής του χρώματος στο φυσικό φωτισμό και το εσωτερικό περιβάλλον θαλάμων νοσηλείας μέσω φωτορεαλιστικού λογισμικού*. Αθήνα: ΕΜΠ.
8. Τ.Ο.ΤΕΕ 2425/86 – *Εγκαταστάσεις σε κτήρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτηριακών χώρων*.
9. Sklavou, E., Sotiropoulou, A.G., Stamos, A.A., Tzouvadakis, I.E., Balis, A., 2013. Balconies in Mediterranean building façades; their influence on environmental comfort. In: The International Conference, “*Changing Cities: Spatial, morphological, formal & socio-economic dimensions*”, Skiathos, Greece, June 18-21, 2013.
10. Sklavou, E., Kleidaraki A., Tzouvadakis, I.E. *Balconies as sustainable and evidence based design architectural features*.
11. Chan, A.L.S., Chow, T.T., (2010). *Investigation on energy performance and energy payback period of application of balcony for residential apartment in Hong Kong. Energy and Buildings 42, pp.2400–2405*.
12. Florides G.A., Tassou S.A., Kalogirou S.A., Wrobel L.C., (2002). *Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness. Applied Energy 73, pp.299–328*.
13. Ulrich, R.S., Zimring, C.M., Zhu, X., DuBose, J., Seo, H., Choi, Y., et al., (2008) *A review of the research literature on evidence-based healthcare design. Health Environments Research & Design 1(3), pp.61-125*
14. Malkin Jain, 2003. *Healing Environments at the Century Mark: the Quest for Optimal Patient Experiences, unpublished article by summarizing a presentation given at a mini-course sponsored by the Institute for Healthcare Improvement and The Center for Health Design, October 2003*.
15. <http://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference/page-010.html> (επίσκεψη 02/05/2016)

Κεφάλαιο 6: Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η παρούσα εργασία υπέδειξε για μια ακόμη φορά, αυτό που η σύγχρονη διεθνής ακαδημαϊκή και επιστημονική κοινότητα έχει τονίσει τα τελευταία χρόνια, ότι η διαμόρφωση του δομημένου περιβάλλοντος των κτιριακών εγκαταστάσεων και η ορθολογική χρήση ενέργειάς τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένα.

Ειδικότερα στην περίπτωση των χώρων υγείας, όπου ο άνθρωπος βρίσκεται στην πλέον ευαίσθητη και ευάλωτη θέση, το περιβάλλον έχει ακόμη πιο μεγάλη επίδραση, οπότε και πρέπει να έχει χαρακτήρα θεραπευτικό, υποστηρικτικό και να εστιάζει στον άνθρωπο. Το θεραπευτικό περιβάλλον ταυτόχρονα, συμβάλει στην εξοικονόμηση ενέργειας και στο βιώσιμο σχεδιασμό. Αποτελεί λοιπόν πρόκληση η παροχή συνθηκών θεραπευτικού περιβάλλοντος και η ταυτόχρονη επίτευξη εξοικονόμησης ενέργειας.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν ο εντοπισμός των παραμέτρων σχεδιασμού που επηρεάζουν τον φυσικό φωτισμό και ηλιασμό σε θαλάμους νοσηλείας, με απώτερο ζητούμενο τον εντοπισμό των παραμέτρων αυτών του δομημένου περιβάλλοντος που συμβάλλουν περισσότερο στην δημιουργία θεραπευτικού περιβάλλοντος και την ελαχιστοποίηση των αντίστοιχων ενεργειακών αναγκών των νοσοκομειακών μονάδων γενικότερα.

Για το σκοπό αυτό μελετήθηκε ένας τυπικός μονόκλινος θάλαμος νοσηλείας του Γενικού Νοσοκομείου Αττικής «ΚΑΤ» για διάφορα σενάρια σχεδιασμού.

Η αξιολόγηση του κάθε σεναρίου έγινε ως προς τα επίπεδα φωτισμού, την πιθανότητα θάμβωσης φυσικού φωτισμού, τους δείκτες αυτονομίας φυσικού φωτισμού, τον δείκτη ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη και θέρμανση και το τελικό κόστος που προκύπτει για την ικανοποίηση των αναγκών αυτών. Τα αποτελέσματα που αφορούν στο φωτισμό ελέγχθηκαν για τα δυο ηλιοστάσια, θερινό και χειμερινό (όπως έχουν αναλυθεί στον κορμό της εργασίας) και τα αποτελέσματα που αφορούν στις ανάγκες για ψύξη και θέρμανση του χώρου ελέγχθηκαν για το σύνολο των καλοκαιρινών και αντίστοιχα των χειμερινών μηνών (όπως έχουν επίσης περιγραφεί παραπάνω).

Τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων των διαφόρων σεναρίων συνοψίζονται ως εξής:

- Η παράμετρος που επηρεάζει στο μέγιστο βαθμό τα αποτελέσματα είναι ο προσανατολισμός. Ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδανικότερος. Τα νότια ανοίγματα δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία κατανομημένη στις διάφορες εποχές του έτους με ευνοϊκό τρόπο και οι θάλαμοι νοσηλείας με νότιο προσανατολισμό απαιτούν σημαντικά μειωμένα ποσά για να καλύψουν τις ανάγκες τους για ψύξη και θέρμανση.
- Η τοποθέτηση εξωτερικού συστήματος σκίασης (περσίδων) κρίνεται ιδιαίτερα επωφελής, αφού μειώνει συνολικά την πιθανότητα θάμβωσης, αυξάνει τον δείκτη ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, αφού μειώνονται οι ακραία υψηλές τιμές έντασης φωτισμού μπλοκάροντας την άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε ένα μεγάλο ποσοστό. Αυξάνει ελαφρά τις ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση, αλλά μειώνει τις ανάγκες για ψύξη, γεγονός που είναι και το πιο κρίσιμο σε μια χώρα όπως η Ελλάδα, με πολύ υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και ήπιους, σε σχέση με την υπόλοιπη Ευρώπη χειμώνες, όπου κρίνεται σημαντικότερη η προστασία από τα υπερβολικά ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι από ότι μια μικρή μείωσή τους τον χειμώνα που είναι πιθανό να προκύψει από τη χρήση συστημάτων σκίασης.
- Όσον αφορά στους υαλοπίνακες, αυξανόμενης της τιμής οπτικής διαπερατότητας του υαλοπίνακα (Visible transmittance) αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού, αφού επιτρέπεται η διείσδυση μεγαλύτερων επιπέδων ακτινοβολίας στο εσωτερικό του Θ.Ν. μέσω του παραθύρου. Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται ελαφρά καθώς παρουσιάζονται ιδιαίτερα υψηλές τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί. Αντίστοιχα, αυξανόμενου του συντελεστή ηλιακού κέρδους (Solar Heat Gain Coefficient) μειώνονται οι απαιτούμενες ανάγκες για θέρμανση και αυξάνονται αντίστοιχα οι ανάγκες για ψύξη του χώρου. Ιδανικός συνδυασμός για τα ζεστά κλίματα είναι να έχουμε ένα παράθυρο που να μπλοκάρει την θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος (χαμηλός SHGC), αλλά να επιτρέπει την διέλευση της ορατής. Ένας χαμηλός παράγοντας θερμικού κέρδους μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για κλιματισμό, περισσότερο απ'ότι θα μείωνε η προσθήκη ενός επιπλέον φύλλου γυαλιού στο παράθυρο, για αύξηση της μόνωσης. Άρα επιθυμούμε γενικά μικρές τιμές των παραμέτρων αυτών.
- Σχετικά με τη γεωμετρία των ανοιγμάτων καταλήγουμε ότι:

- ο Αυξανόμενου του ύψους παραθύρου παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές αυτονομίας φυσικού φωτισμού. Όμως οι τιμές αυτές δεν μπορούν να θεωρηθούν πάντα εφαρμόσιμες λόγω των ιδιαίτερα υψηλών τιμών έντασης φυσικού φωτισμού αλλά και θάμβωσης που προκαλούν δυσφορία. Τα μεγαλύτερα ανοίγματα επιτρέπουν σε γενικές γραμμές τη διείσδυση μεγαλύτερου ποσοστού ηλιακής και θερμικής ενέργειας στο χώρο με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μικρότερες ανάγκες για θέρμανση και μεγαλύτερες για ψύξη. Ταυτόχρονα πρέπει να εξετάζεται αν τα μεγαλύτερα ανοίγματα θα προκαλέσουν και μεγαλύτερες θερμικές απώλειες με αποτέλεσμα να απαιτούν τελικά μεγαλύτερα φορτία για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Τελικά, η γωνία της ηλιακής πρόσπτωσης και η αλληλεπίδρασή της με το υπερκείμενο μπαλκόνι είναι αυτή που επηρεάζει το σύστημα. Από ένα όριο και πάνω το κομμάτι του παραθύρου δεν λαμβάνει άμεσο ηλιακό φως, αλλά μόνο διάχυτο. Το ύψος αυτό εξαρτάται από τη μέγιστη ηλιακή γωνία. Άρα, για την επιλογή του βέλτιστου ύψους προκειμένου είναι συνεπώς πάντα χρήσιμο να μελετάται η ηλιακή γεωμετρία.
- ο Αυξανόμενου του πλάτους παραθύρου, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού. Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται καθώς εμφανίζονται περισσότερες τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία που μεταδίδεται μέσω των παραθύρων στο εσωτερικό του θαλάμου αυξάνεται όσο αυξάνεται το πλάτος του παραθύρου (όμοια με παραπάνω). Σε κάποιες από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, μέχρι ένα πλάτος παραθύρου φαίνεται να δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα και από εκεί και πάνω οι απαιτήσεις για θέρμανση αυξάνονται και πάλι, περαιτέρω αύξηση του πλάτους παραθύρου δεν φαίνεται δηλαδή να επιδρά πάντα θετικά ως προς τα εξεταζόμενα μεγέθη. Από ένα όριο και πάνω τα μεγάλα παράθυρα προκαλούν θερμικές απώλειες που οδηγούν σε μεγαλύτερο φορτίο για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση. Κάτω από το όριο αυτό αρχίζει πάλι να φαίνεται ασύμφορη η μείωση του πλάτους του ανοίγματος, καθώς εμποδίζεται σημαντικά η ηλιακή διείσδυση στο χώρο, οπότε και η εκμετάλλευση της θερμικής της ιδιότητας. Για την επιλογή του βέλτιστου πλάτους ανοίγματος είναι συνεπώς χρήσιμο να μελετάται και πάλι η ηλιακή γεωμετρία. Για το πλάτος του παραθύρου δεν έχει να κάνει η ηλιακή γωνία, αλλά ενδεχομένως το ηλιακό αζιμούθιο.

Τέλος, πρέπει πάντα να συνυπολογίζεται ότι τα μεγαλύτερα ανοίγματα προσφέρουν ευρύτερη θέα στο εξωτερικό περιβάλλον που επιδρά ιδιαίτερα θετικά στους χρήστες όπως έχει αναλυθεί παραπάνω.

- Όσον αφορά το ύψος του δωματίου, αυξανόμενου του ύψους του δωματίου και ενώ το πρέκι του παραθύρου παραμένει σταθερό, αυξάνονται τα επίπεδα φωτισμού εντός του χώρου, ο δείκτης πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού, καθώς και οι δείκτες αυτονομίας και συνεχούς αυτονομίας φυσικού φωτισμού. Αντιθέτως, ο δείκτης ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, (UDI) μειώνεται καθώς εμφανίζονται περισσότερες τιμές έντασης φωτισμού που ξεπερνούν το εύρος τιμών ωφέλιμου φυσικού φωτισμού, όπως αυτό έχει οριστεί. Αυτό συμβαίνει διότι το μπαλκόνι που λειτουργεί σαν οριζόντιο σταθερό σκίαστρο παρέχει οριζόντια σκίαση στις επιφάνειες της πρόσοψης ακριβώς από κάτω του. Έτσι μπλοκάρει αποτελεσματικότερα την ανεπιθύμητη ακτινοβολία προς το εσωτερικό του θαλάμου όταν είναι ακριβώς πάνω από το παράθυρο. Άρα, εάν το παράθυρο φτάνει έως το δοκάρι της πλάκας οροφής, το μπαλκόνι είναι πιο αποτελεσματικό από άποψη σκίασης, απ' ότι σε περίπτωση χαμηλότερου πρεκιού. Η βέλτιστη επιλογή ύψους του χώρου, συνεπώς, πρέπει να γίνεται πάντα σε συνδυασμό με τη γεωμετρία του παραθύρου.
- Το βάθος του μπαλκονιού φαίνεται πως δεν παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, αφού φαίνεται να επηρεάζει ελάχιστα τα μεγέθη του φυσικού φωτισμού και των ενεργειακών αναγκών. Το μεγαλύτερο βάθος μπαλκονιού λειτουργεί λίγο καλύτερα όσον αφορά στη σκίαση και τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη, αλλά η μόνη σημαντική διαφορά αφορά στην παρουσία ή την απουσία του μπαλκονιού. Η ύπαρξη μπαλκονιού δίνει σημαντική εξοικονόμηση σε ποσά για ψύξη σε σχέση με την περίπτωση του σκέτου παραθύρου και αν κανείς συνυπολογίσει ότι υπάρχει και η μη ποσοτικά αξιολογήσιμη ωφέλεια του μπαλκονιού ως κοινωνικός χώρος, ο οποίος επιδρά καθοριστικά στη δημιουργία ενός θεραπευτικού περιβάλλοντος για τους ασθενείς, η ύπαρξη μπαλκονιού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στο σχεδιασμό. Φαίνεται παρ' όλα αυτά ότι τα μπαλκόνια δεν αρκούν από μόνα τους ως αποκλειστικά εξωτερικά σκίαστρα καθώς άλλοι παράγοντες, όπως η διάχυτη και ανακλώμενη ακτινοβολία στο εσωτερικό του χώρου πρέπει να εξεταστούν.

Κλείνοντας την παρούσα εργασία, πρέπει να τονιστεί ότι τόσο η συγκεκριμένη όσο και οποιαδήποτε προσέγγιση στο σχεδιασμό φυσικού φωτός βασισμένη σε δείκτες αποτελεί ένα τμήμα μόνο της πρόκλησης για ποιοτικό σχεδιασμό φωτισμού. Αντίστοιχα το ανάλογο ισχύει και για το κομμάτι που

αφορά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η εξασφάλιση της οπτικής άνεσης και κατ' επέκταση και όλων των συνακόλουθων θετικών επιδράσεων που συνδέονται με αυτή, σχετίζεται και αλληλεπιδρά με πλήθος παραγόντων.

Ο επιτυχής σχεδιασμός εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης προϋποθέτει την ικανοποίηση πλήθους αντικειμενικών-πρακτικών αλλά και υποκειμενικών-ψυχολογικών παραγόντων καθιστώντας τον έτσι ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο επιστημονικό αντικείμενο. Επιπροσθέτως, στα πλαίσια μιας περισσότερο μακροσκοπικής ανάλυσης, η περιοχή ενός βέλτιστου "ποιοτικά" και "ποσοτικά" χώρου δεν μπορεί να επιτευχθεί με την επιμεριστική θεώρηση των εμπλεκόμενων παραμέτρων, ακόμα και αν οι αποδομημένες παράμετροι προσεγγιστούν κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Η αλληλοσυσχέτιση των επιστημονικών περιοχών και η συνεργασία των αρμόδιων επαγγελματιών κρίνεται απαραίτητη για την καλύτερη εποπτεία κάθε μελέτης και την υλοποίηση της βέλτιστης λειτουργίας της κατασκευής.

Μελλοντικές εργασίες πάνω στο θέμα που εξετάστηκε θα μπορούσαν να αντιπροσωπεύουν μια πιο ολιστική προσέγγιση που θα λαμβάνει υπόψη και άλλες περιβαλλοντικές μεταβλητές, όπως για παράδειγμα ο θόρυβος ώστε να διερευνηθεί και το κομμάτι της ακουστικής άνεσης. Ακόμη, θα παρουσίαζε ιδιαίτερο ενδιαφέρον η προσπάθεια εξαγωγής συμπερασμάτων για τα ετήσια κόστη ψύξης και θέρμανσης σε επίπεδο πλέον ολόκληρης της νοσηλευτικής μονάδας και η διεξαγωγή οικονομοτεχνικής μελέτης που θα παρουσίαζε την ανάλυση κόστους-ωφελειών για την τοποθέτηση π.χ. της εξωτερικής σκίασης και την εφαρμογή όλων των άλλων παραμέτρων σχεδιασμού που φαίνεται να επιδρούν θετικά σε ολόκληρη την νοσηλευτική μονάδα (όπως αυτές έχουν προκύψει από όλες τις αντίστοιχες εργασίες). Μια τέτοια ενδεχόμενη έρευνα θα ήταν δυνατό να διαπιστώσει και την εκάστοτε οικονομική απόσβεση κάθε σεναρίου στην πάροδο του χρόνου.

Παράρτημα 1

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1.1 Κατανάλωση Ενέργειας ανά τομέα	16
Εικόνα 1.2 Ανάλυση μέσης καταναλισκόμενης ενέργειας ανά m ² και χρήση σε Νοσοκομεία	17
Εικόνα 1.3 Ανάλυση μέσης καταναλισκόμενης ενέργειας σε νοσοκομεία ανά κλιματική ζώνη	18
Εικόνα 1.4 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού	22
Εικόνα 1.5 Σύστημα άμεσου κέρδους	23
Εικόνα 1.6 Τοίχος Trombe	24
Εικόνα 1.7 Τοίχοι Trombe σε Κτήρια Χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης	24
Εικόνα 1.8 Ηλιακοί Χώροι	25
Εικόνα 1.9 Νότια ηλιοπροστασία (αριστερά), Ανατολική-Δυτική ηλιοπροστασία (δεξιά)	27
Εικόνα 1.10 Διάφορες μορφές σκιάστρων ανά προσανατολισμό	28
Εικόνα 1.11 Φυσικός αερισμός	29
Εικόνα 2.1 Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα	32
Εικόνα 2.2 Φωτοπική και σκοτοπική απόκριση οφθαλμού	33
Εικόνα 2.3 Συνιστώσες ηλιακής ακτινοβολίας	34
Εικόνα 2.4 Τυπικοί φωτισμοί επιφανειών το μεσημέρι μιας ηλιόλουστης μέρας	35
Εικόνα 2.5 Προτεινόμενες τιμές για χώρους υγειονομικής περίθαλψης κατά CIBSE	36
Εικόνα 2.6 Σχηματική απεικόνιση βασικών φωτομετρικών μεγεθών	38
Εικόνα 2.7 Θάμβωση δυσφορίας όρασης	39
Εικόνα 2.8 Θάμβωση αδυναμίας όρασης	39
Εικόνα 2.9 Έμμεση θάμβωση	40
Εικόνα 2.10 Τροχιά της γης γύρω από τον ήλιο	46
Εικόνα 2.11 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)	47
Εικόνα 2.12 Ηλιακές τροχιές	48
Εικόνα 2.13 Ηλιακή τροχιά για ελληνικές περιοχές με γεωγραφικό πλάτος 38° Β.	48
Εικόνα 2.14 Γωνία πρόσπτωσης του Ήλιου	49
Εικόνα 2.15 Ηλιακές Γωνίες	50
Εικόνα 3.1 Οπτικές και μη επιδράσεις του φυσικού φωτός σε ασθενείς.	57
Εικόνα 3.2 Οι διάφορες φάσεις του κερκάδιου συστήματος του ανθρώπου	59
Εικόνα 5.1 Τοποθεσία Νοσοκομείου	69
Εικόνα 5.2 Διαχωρισμός σε κλιματικές ζώνες ελλαδικού χώρου	70
Εικόνα 5.3 Νοσοκομείο ΚΑΤ	70
Εικόνα 5.4 Προσανατολισμός κεντρικού κτιρίου	71
Εικόνα 5.5 Τομή κεντρικού κτιρίου	72
Εικόνα 5.6 Νοτιοανατολικός μονόκλινος θάλαμος στον έκτο όροφο Μήνας Δεκέμβριος, ώρα 9 πμ.	73
Εικόνα 5.7 (α), (β) Όψεις θαλάμου με μπαλκόνι	74
Εικόνα 5.8 Κάτοψη θαλάμου με μπαλκόνι	75
Εικόνα 5.9 Εισαγωγή υλικών στο περιβάλλον του OpenStudio	77

Εικόνα 5.10 Κατασκευαστικά στοιχεία στο περιβάλλον του OpenStudio	78
Εικόνα 5.11 Κατασκευαστικά σύνολα στο περιβάλλον του OpenStudio	79
Εικόνα 5.12 Εισαγωγή ιδιοτήτων παραθύρων στο περιβάλλον του OpenStudio	80
Εικόνα 5.13 Χρονοδιάγραμμα για το φωτιστικό νύχτας στο περιβάλλον του OpenStudio	81
Εικόνα 5.14 (α), (β), (γ) Εισαγωγή εσωτερικών φορτίων στο περιβάλλον του OpenStudio	81
Εικόνα 5.15 Επιλογή του Radiance για τον υπολογισμό του φυσικού φωτισμού	82
Εικόνα 5.16: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, με 4 σειρές κατακόρυφων εξωτερικών περσίδων	84
Εικόνα 5.17: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, χωρίς εξωτερικές περσίδες	84
Εικόνα 5.18 (α)-(β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, με 4 σειρές εξωτερικών περσίδων	85
Εικόνα 5.19 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, χωρίς εξωτερικές περσίδες	86
Εικόνα 5.20: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, με 4 σειρές εξωτερικών περσίδων	87
Εικόνα 5.21: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, χωρίς εξωτερικές περσίδες	87
Εικόνα 5.22: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες	87
Εικόνα 5.23: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες	88
Εικόνα 5.24: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες	88
Εικόνα 5.25: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, με και χωρίς εξωτερικές περσίδες	88
Εικόνα 5.26: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.	90
Εικόνα 5.27 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.	90
Εικόνα 5.28: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5.	91
Εικόνα 5.29: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6	92
Εικόνα 5.30(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6.	92
Εικόνα 5.31: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,6.	93
Εικόνα 5.32: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7	94
Εικόνα 5.33(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7.	94
Εικόνα 5.34: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,7.	95
Εικόνα 5.35: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8	96

Εικόνα 5.36 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8.	96
Εικόνα 5.37: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για συντελεστή οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,8.	97
Εικόνα 5.38: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.	98
Εικόνα 5.39: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.	98
Εικόνα 5.40: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.	99
Εικόνα 5.41: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για τιμές οπτικής διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.	99
Εικόνα 5.42: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για τιμές Οπτικής Διαπερατότητας παραθύρου 0,5 – 0,8.	99
Εικόνα 5.43: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,0 m	101
Εικόνα 5.44 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,0 m.	101
Εικόνα 5.45: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,0 m.	102
Εικόνα 5.46: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,2 m	103
Εικόνα 5.47 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,2 m.	103
Εικόνα 5.48: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,2 m.	104
Εικόνα 5.49: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,4 m	105
Εικόνα 5.50 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,4 m.	105
Εικόνα 5.51: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,4 m.	106
Εικόνα 5.52: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,6 m	107
Εικόνα 5.53 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,6 m.	107
Εικόνα 5.54: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,6 m.	108
Εικόνα 5.55: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,8 m	109
Εικόνα 5.56 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος παραθύρου 2,8 m.	109
Εικόνα 5.57: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος παραθύρου 2,8 m.	110
Εικόνα 5.58: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για ύψος παραθύρου 3,0 m.	111
Εικόνα 5.59 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για ύψος παραθύρου 3,0 m.	111
Εικόνα 5.60: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για ύψος παραθύρου 3,0 m.	112

Εικόνα 5.61: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.	113
Εικόνα 5.62: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.	113
Εικόνα 5.63: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.	114
Εικόνα 5.64: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.	114
Εικόνα 5.65: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m.	114
Εικόνα 5.66: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,0 m.	116
Εικόνα 5.67 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,0 m.	117
Εικόνα 5.68: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,0 m.	118
Εικόνα 5.69: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,2 m.	118
Εικόνα 5.70(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,2 m.	119
Εικόνα 5.71: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,2m.	120
Εικόνα 5.72: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,4 m.	120
Εικόνα 5.73(α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,4 m.	121
Εικόνα 5.74: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,4m.	122
Εικόνα 5.75: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,6 m.	122
Εικόνα 5.76 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,6 m.	123
Εικόνα 5.77: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,6 m.	124
Εικόνα 5.78: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,8 m.	124
Εικόνα 5.79 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 2,8 m.	125
Εικόνα 5. 80: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 2,8 m.	126
Εικόνα 5.81: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 3,0 m.	126
Εικόνα 5.82 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, , για πλάτος παραθύρου 3,0 m.	127
Εικόνα 5.83: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για πλάτος παραθύρου 3,0 m.	128
Εικόνα 5.84: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.	128
Εικόνα 5.85: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.	128
Εικόνα 5.86: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.	129

Εικόνα 5.87: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.	129
Εικόνα 5.88: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m.	129
Εικόνα 5.89: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,0 m.	131
Εικόνα 5.90 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,0 m.	132
Εικόνα 5.91: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος δωματίου 3,0 m.	133
Εικόνα 5.92: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,5 m.	133
Εικόνα 5.93 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 3,5 m.	134
Εικόνα 5.94: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, για ύψος δωματίου 3,5 m.	135
Εικόνα 5.95: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 4,0 m.	135
Εικόνα 5.96 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για ύψος δωματίου 4,0 m.	136
Εικόνα 5.97: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού, , για ύψος δωματίου 4,0 m.	137
Εικόνα 5.98: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.	137
Εικόνα 5.99: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.	137
Εικόνα 5.100: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.	138
Εικόνα 5.101: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.	138
Εικόνα 5.102: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m για ύψη δωματίου από 3,0 έως 4,0 m.	138
Εικόνα 5.103: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m	140
Εικόνα 5.104 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.	141
Εικόνα 5.105: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού,, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.	141
Εικόνα 5.106: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m	142
Εικόνα 5.107 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m.	142
Εικόνα 5.108: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού,, για βάθος μπαλκονιού 2,4 m.	143
Εικόνα 5.109: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.	144
Εικόνα 5.110: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.	144
Εικόνα 5.111: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.	145
Εικόνα 5.112: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.	145
Εικόνα 5.113: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για βάθος μπαλκονιού από 2,0 έως 2,4 m.	145

Εικόνα 5.114: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m	147
Εικόνα 5.115 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.	148
Εικόνα 5.116: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού,, για βάθος μπαλκονιού 2,0 m.	149
Εικόνα 5.117: Τιμές maximum Daylight Glare Probability –ολόκληρο το έτος, χωρίς μπαλκόνι	149
Εικόνα 5.118 (α), (β): Mean Illuminance Map (μέση τιμή εντάσεως φωτισμού που προσπίπτει στο χώρο σε lux) για ολόκληρο το έτος, χωρίς μπαλκόνι	150
Εικόνα 5.119: Δείκτες απόδοσης φυσικού φωτισμού,, χωρίς μπαλκόνι.	151
Εικόνα 5.120: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού	151
Εικόνα 5.121: Διάγραμμα πιθανότητας θάμβωσης φυσικού φωτισμού για το χειμερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού	151
Εικόνα 5.122: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού	152
Εικόνα 5.123: Διάγραμμα έντασης φυσικού φωτισμού στη θέση ενδιαφέροντος για το θερινό ηλιοστάσιο, για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού	152
Εικόνα 5.124: Συγκριτικό Διάγραμμα Δεικτών φυσικού φωτισμού για ύπαρξη ή μη μπαλκονιού.	152
Εικόνα 5.125 Επιθυμητή θερμοκρασίες ανάλογα την χρήση των επιμέρους χώρων για την περίοδο θέρμανσης κατά T.O.T.E.E. 2425/86 [8]	156
Εικόνα 5.126 Θερμοκρασίες και υγρασίες για κλιματιζόμενα κτίρια[8]	156
Εικόνα 5.127: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) ανά προσανατολισμό	158
Εικόνα 5.128: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) ανά προσανατολισμό	158
Εικόνα 5.129: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό	159
Εικόνα 5.130: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό	159
Εικόνα 5.131: Συγκριτικά ποσοστά αύξησης ή μείωσης των απαιτήσεων ανά περίπτωση	159
Εικόνα 5.132: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) ανά προσανατολισμό	161
Εικόνα 5.133: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) ανά προσανατολισμό	162
Εικόνα 5.134: Κόστος για θέρμανση (€) ανά προσανατολισμό	162
Εικόνα 5.135: Κόστος για ψύξη (€) ανά προσανατολισμό	162
Εικόνα 5.136: Συγκριτικά ποσοστά αύξησης ή μείωσης των απαιτήσεων ανά περίπτωση	163
Εικόνα 5.137: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση ανά θάλαμο νοσηλείας	164
Εικόνα 5.138: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	164
Εικόνα 1.139: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.	164
Εικόνα 5.140: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.	165
Εικόνα 5.141: Κόστος για θέρμανση (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.	165
Εικόνα 5.142: Κόστος για ψύξη (kWh) με την ύπαρξη και χωρίς την ύπαρξη εξωτερικών σκιάστρων (περσίδων) ανά προσανατολισμό.	165
Εικόνα 5.143: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό	167
Εικόνα 5.144: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό	167

Εικόνα 5.145: Κόστος για θέρμανση (€) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό	168
Εικόνα 5.146: Κόστος για θέρμανση (€) για τιμές Συντελεστή Ηλιακού Κέρδους (SHGC) 4,8-5,6 ανά προσανατολισμό	168
Εικόνα 5.147: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση ανά θάλαμο νοσηλείας	168
Εικόνα 5.148: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	169
Εικόνα 5.149: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	171
Εικόνα 5.150: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	171
Εικόνα 5.151: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	172
Εικόνα 5.152: Κόστος για θέρμανση (€) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	172
Εικόνα 5.153: Κόστος για ψύξη (€) για ύψη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	172
Εικόνα 5.154: Νότιος Θάλαμος - Καταναλώσεις	173
Εικόνα 5.155 Νότιος Θάλαμος – Κόστος	173
Εικόνα 5.156: Νοτιοανατολικός Θάλαμος – Καταναλώσεις	174
Εικόνα 5.157: Νοτιοανατολικός Θάλαμος – Κόστος	174
Εικόνα 5.158: Νοτιοδυτικός Θάλαμος – Καταναλώσεις	174
Εικόνα 5.159: Νοτιοδυτικός Θάλαμος – Κόστος	175
Εικόνα 5.160: Νότιος Θάλαμος - Καταναλώσεις	175
Εικόνα 5.161: Νότιος Θάλαμος - Κόστος	175
Εικόνα 5.162: Νοτιοανατολικός Θάλαμος - Καταναλώσεις	176
Εικόνα 5.163: Νοτιοανατολικός Θάλαμος – Κόστος	176
Εικόνα 5.164: Νοτιοδυτικός Θάλαμος - Καταναλώσεις	176
Εικόνα 5.165: Νοτιοδυτικός Θάλαμος - Κόστος	177
Εικόνα 5.166: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	179
Εικόνα 5.167: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	179
Εικόνα 5.168: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	180
Εικόνα 5.169: Κόστος για θέρμανση (€) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	180
Εικόνα 5.170: Κόστος για ψύξη (€) για πλάτη παραθύρου 2,0-3,0 m ανά προσανατολισμό	180
Εικόνα 5.171: Κατανάλωση Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	181
Εικόνα 5.172: Κόστος Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	181
Εικόνα 5.173: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	182
Εικόνα 5.174: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	182
Εικόνα 5.175: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	182
Εικόνα 5.176: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	183
Εικόνα 5.177: Κατανάλωση Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	183
Εικόνα 5.178: Κόστος Ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	183
Εικόνα 5.179: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	184
Εικόνα 5.180: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	184
Εικόνα 5.181: Κατανάλωση Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	184
Εικόνα 5.182: Κόστος Ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	185

Εικόνα 5.183: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	187
Εικόνα 5.184: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό	187
Εικόνα 5.185: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό	187
Εικόνα 5.186: Κόστος για θέρμανση (€) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό	188
Εικόνα 5.187: Κόστος για ψύξη (€) για ύψη δωματίου 3-4 m ανά προσανατολισμό	188
Εικόνα 5.188: Κατανάλωση ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	189
Εικόνα 5.189: Κόστος ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	189
Εικόνα 5.190: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	190
Εικόνα 5.191: Κόστος ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	190
Εικόνα 5.192: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	190
Εικόνα 5.193: Κόστος ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	191
Εικόνα 5.194: Κατανάλωση ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	191
Εικόνα 5.195: Κόστος ενέργειας – Νότιος Προσανατολισμός	191
Εικόνα 5.196: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	192
Εικόνα 5.197: Κόστος ενέργειας – Νοτιοανατολικός Προσανατολισμός	192
Εικόνα 5.198: Κατανάλωση ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	192
Εικόνα 5.199: Κόστος ενέργειας – Νοτιοδυτικός Προσανατολισμός	193
Εικόνα 5.200: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	194
Εικόνα 5.201: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού	194
Εικόνα 5.202: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού	195
Εικόνα 5.203: Κόστος για θέρμανση (€)για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού	195
Εικόνα 5.204: Κόστος για ψύξη (€)για νοτιοανατολικό ΘN ανά βάθος μπαλκονιού	195
Εικόνα 5.205: Τιμές καταναλισκόμενης ενέργειας και κόστους για θέρμανση και ψύξη ανά θάλαμο νοσηλείας	197
Εικόνα 5.206: Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh) για νοτιοανατολικό ΘN χωρίς και με μπαλκόνι	197
Εικόνα 5.207: Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh) για νοτιοανατολικό ΘN χωρίς και με μπαλκόνι	198
Εικόνα 5.208: Κόστος για θέρμανση (€)για νοτιοανατολικό ΘN χωρίς και με μπαλκόνι	198
Εικόνα 5.209: Κόστος για ψύξη (€)για νοτιοανατολικό ΘN χωρίς και με μπαλκόνι	198