



---

Μελέτη Ενεργειακής Αναβάθμισης των  
κτηριακών εγκαταστάσεων του  
Κεφαλληνιακού Ιδρύματος Ερευνών  
στην Κεφαλονιά

Κώστας Διονύσιος

Επιβλέπων: Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Χανιά Οκτώβριος 2013

Copyright © Κώστας Διονύσιος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

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

Ευχαριστώ θερμά τον επίκουρο καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Σπύρο Παπαευθυμίου για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια εκπόνησης αυτής της εργασίας, καθώς και τον κ. Νίκο Σολωμό, για τις συμβουλές και τις πληροφορίες που μοιράστηκε. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πρόεδρο του Κεφαλληνιακού Ιδρύματος Ερευνών, κ. Σωτήρη Κουρή, χωρίς τη συμβολή του οποίου, θα ήταν αδύνατο να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	1
Εισαγωγή .....	2
Κεφάλαιο 1	
Μοντελοποίηση Κτηριακού Κελύφους .....	5
1.1 Σχεδίαση Τρισδιάστατων Μοντέλων με το Google SketchUp.....	7
1.2 Σχεδίαση Κελύφους .....	7
1.3 Σχεδίαση Σκιάσεων.....	8
1.4 Σχεδίαση Κουφωμάτων .....	9
1.5 Δημιουργία Θερμικών Ζωνών .....	10
Κεφάλαιο 2	
Μοντελοποίηση με το OpenStudio.....	12
2.1 Εισαγωγή στο OpenStudio.....	13
2.2 Site (Τοποθεσία) .....	14
2.3 Schedules (Χρονοδιαγράμματα).....	16
2.4 Constructions (Κατασκευές).....	22
2.5 Loads (Φορτία) .....	26
2.6 Space Types (Είδη Χώρων) .....	27
2.7 Building Stories (Όροφοι) .....	29
2.8 Thermal Zones (Θερμικές Ζώνες) .....	30
2.9 Facility (Εγκατάσταση) .....	31
2.10 HVAC (Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού, Κλιματισμού).....	32
2.11 Output Variables (Μεταβλητές Εξόδου) .....	33
2.12 Simulation Settings (Ρυθμίσεις Προσομοίωσης).....	33

2.13 Scripts/Measures .....	34
2.14 Run Simulation (Εναρξη Προσομοίωσης) .....	35
2.15 Results Summary (Συνοπτικά Αποτελέσματα).....	36
 Κεφάλαιο 3	
Γενική Περιγραφή Κτηρίων.....	39
3.1 Κτήριο Προσωπικού .....	40
3.1.1 Διαχωρισμός σε Θερμικές Ζώνες .....	45
3.1.2 Κτηριακό Κέλυφος .....	48
3.1.3 Συντελεστής Θερμοπερατότητας και Συντελεστής Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων .....	52
3.1.4 Αερισμός.....	54
3.1.5 Πυκνότητα Πληθυσμού .....	58
3.1.6 Στάθμη Φωτισμού.....	58
3.1.7 Σύστημα Θέρμανσης .....	59
3.1.8 Κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης.....	61
3.2 Διοικητήριο – Ηλεκτρονικά.....	62
3.2.1 Διαχωρισμός σε Θερμικές Ζώνες .....	67
3.2.2 Κτηριακό Κέλυφος .....	68
3.2.3 Συντελεστής Θερμοπερατότητας και Συντελεστής Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων .....	69
3.2.4 Αερισμός.....	70
3.2.5 Πυκνότητα Πληθυσμού .....	70
3.2.6 Στάθμη Φωτισμού.....	71
3.2.7 Σύστημα Θέρμανσης.....	71
3.3 Λοιπά Κτήρια.....	71
3.4 Κλιματικά Δεδομένα.....	73

## Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα Προσομοίωσης.....	75
4.1 Κτήριο Προσωπικού .....	76
4.1.1 Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Αέρα ανά Ζώνη .....	76
4.1.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό.....	79
4.1.3 Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Αέρα ανά Ζώνη.....	79
4.1.4 Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα.....	81
4.2 Διοικητήριο – Ηλεκτρονικά.....	86
4.2.1 Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Αέρα ανά Ζώνη .....	86
4.2.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό.....	87
4.2.3 Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Αέρα.....	87
4.2.4 Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα.....	88
4.3 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων .....	91

## Κεφάλαιο 5

Προτάσεις για Βελτίωση.....	93
5.1 Κτήριο Προσωπικού .....	94
5.1.1 Σενάρια Βελτίωσης .....	94
5.1.2 Εφαρμογή Θερμομόνωσης και Αλλαγή Κουφωμάτων.....	96
5.1.3 Αναβάθμιση του Συστήματος Θέρμανσης.....	106
5.1.4 Εφαρμογή Συστήματος Κλιματισμού .....	106
5.1.5 Αντικατάσταση Λαμπτήρων .....	109
5.2 Διοικητήριο – Ηλεκτρονικά.....	109
5.2.1 Σενάρια Βελτίωσης .....	109
5.2.2 Εφαρμογή Θερμομόνωσης και Αλλαγή Κουφωμάτων.....	112
5.2.3 Αναβάθμιση του Συστήματος Θέρμανσης.....	115

5.2.4 Εφαρμογή Συστήματος Κλιματισμού .....	115
5.2.5 Αντικατάσταση Λαμπτήρων .....	116
5.3 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων .....	117
5.4 Συμπεράσματα .....	120

## **Περίληψη**

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ενεργειακή μελέτη και αναβάθμιση των κτηριακών εγκαταστάσεων του ιδρύματος ΕΥΔΟΞΟΣ στο όρος Αίνος Κεφαλληνίας. Αρχικά παρουσιάζονται τα πακέτα λογισμικού που χρησιμοποιούνται, καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους. Στη συνέχεια γίνεται καταγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών των κτηρίων, όπως η ακριβής θέση τους, οι κατασκευές των δομικών στοιχείων, τα είδη και η κατάσταση των κουφωμάτων τους καθώς και τα συστήματα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης. Έπειτα, γίνεται θερμική ανάλυση των κτηρίων η οποία οδήγησε σε συμπεράσματα για τις συνθήκες στο εσωτερικό τους. Τέλος, προτάθηκαν σενάρια βελτίωσης των θερμικών χαρακτηριστικών των κτηρίων και προσομοιώθηκαν έτσι ώστε να υπολογιστούν οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας και εκπομπές ρύπων.

## **Abstract**

The purpose of this dissertation is the energy design study and upgrade of the facilities of the EFDOXOS foundation on Aenos mountain at Kefallinia. On the first part is the presentation of the software that is being used and its way it functions. Second, the current conditions of the buildings are being recorded, including their exact position, their construction data, the sort and condition of the fenestration, as well as the heating and service hot water systems. Third, a thermal analysis is performed, which lead to conclusions about the thermal conditions in the interior of the buildings. Finally, some suggestions for improvements were proposed and simulated in order to improve the thermal characteristics of the buildings and to calculate the consumption of primary energy and the equivalent CO<sub>2</sub> emissions.

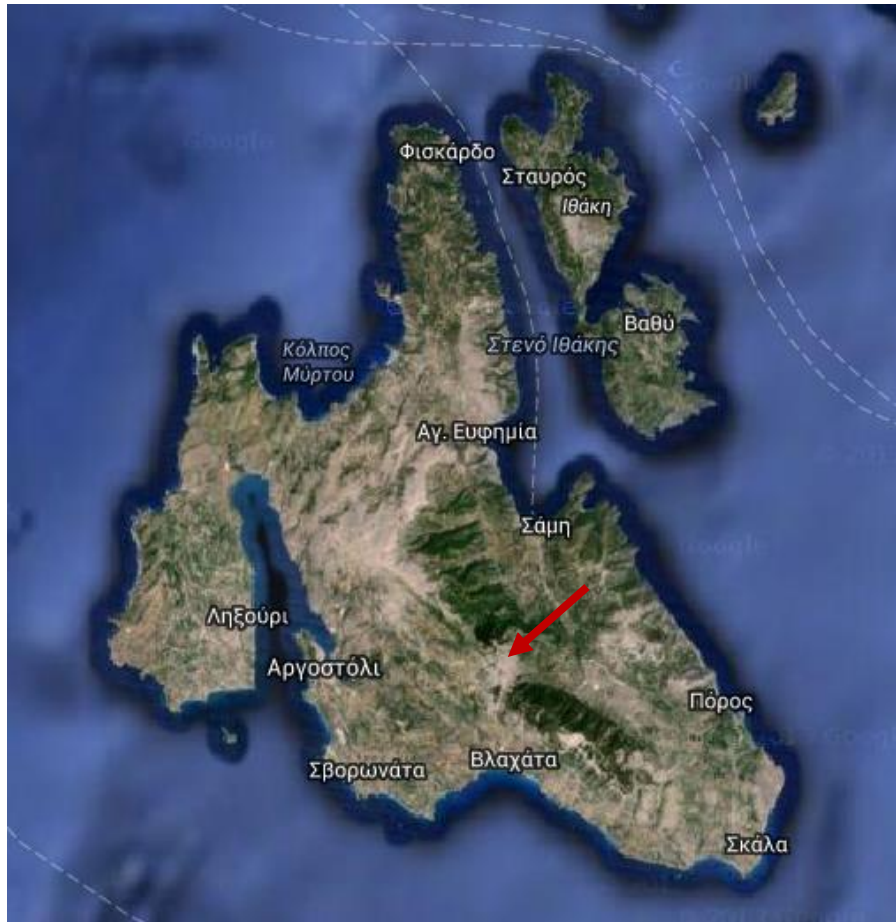


## Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αφορά στην αναλυτική αποτύπωση των κτηριακών εγκαταστάσεων του Κεφαλληνιακού Ιδρύματος Ερευνών στον Αίνο Κεφαλληνίας, τον υπολογισμό των ενεργειακών απωλειών, καθώς και προτεινόμενων μέτρων ενεργειακής συμμόρφωσης. Το Κεφαλληνιακό Ίδρυμα Ερευνών (ΚΙΕ) συναποτελείται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο της Εκπαιδεύσεως – ΕΥΔΟΞΟΣ, και το Εθνικό Κέντρο Αστρονομίας – ΕΥΔΟΞΟΣ και αποτελεί επιστημονικό κοινωφελές Ίδρυμα του Ελληνικού Κράτους. Το ΚΙΕ / ΕΥΔΟΞΟΣ έχει δημιουργηθεί προοδευτικά από το 1995 έως και το 2004 στο όρος Αίνος του νομού Κεφαλληνίας από διάφορες επιστημονικές ομάδες (Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΕΚΕΦΕ/Δημόκριτος), σε συνεργασία με την τοπική αυτοδιοίκηση. Από την ίδρυσή του μέχρι σήμερα έχει εξελιχθεί σε ένα ευρωπαϊκής εμβέλειας επιστημονικό κέντρο, με κύριους τομείς της δραστηριότητάς του να είναι η αστρονομική οργανολογία, η τηλεεργαστηριακή εκπαίδευση, οι διαστημικές εφαρμογές και η ατμοσφαιρική οπτική.



Για του σκοπούς του Ιδρύματος έχει δωριθεί από την Πολεμική Αεροπορία μεγάλη κτηματική έκταση (πρώην αναμεταδοτική βάση), μέσα στην οποία βρίσκονται ένα κτήριο ενδιαιτήσεως (κτήριο προσωπικού), ένα κτήριο ηλεκτροπαραγωγής/μηχανουργείο, ένα κτήριο ελέγχου ηλεκτρονικών, καθώς και ένας χώρος στάθμευσης δύο θέσεων. Επίσης, μέσα στις εγκαταστάσεις του ιδρύματος βρίσκονται 4 χαλύβδινα παραβολικά ραδιοκάτοπτρα διαμέτρου 18 μέτρων. Η θέση των εγκαταστάσεων του ΚΙΕ σημειώνεται στην αεροφωτογραφία που ακολουθεί.



Στην παρακάτω αεροφωτογραφία φαίνεται με κίτρινο χρώμα η συνολική έκταση των εγκαταστάσεων του Ιδρύματος (περίπου 35000 τ.μ.), καθώς και η θέση των υπό μελέτη κτηρίων. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι θέσεις των τεσσάρων ραδιοκατόπτρων.



Η μοντελοποίηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κτηρίων έγινε με την χρήση του λογισμικού “Google SketchUp v.8.0.” ([www.sketchup.com](http://www.sketchup.com)) σε συνδυασμό με το “OpenStudio v.1.3.0” ([www.openstudio.nrel.gov](http://www.openstudio.nrel.gov)). Η ενεργειακή προσομοίωση των κτηρίων έγινε με χρήση του λογισμικού “EnergyPlus v.7.0” (<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>), μέσω του οποίου υπολογίσθηκαν η συνολική, ανά χρήση και ανά θερμική ζώνη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, οι ενεργειακές απώλειες των θερμικών ζωνών, καθώς και οι αντίστοιχες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Για κάθε θερμική ζώνη υπολογίσθηκαν η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα όρια θερμικής άνεσης, η μέση ημερήσια σχετική υγρασία καθώς και τα κέρδη και οι απώλειες θερμότητας από τα υαλοστάσια. Επίσης υπολογίσθηκαν οι καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσεως με τις αντίστοιχες εκπομπές ρύπων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σενάρια βελτίωσης των χαρακτηριστικών των κτηρίων, με σκοπό την αναβάθμιση της ενεργειακής τους κατάταξης.

# Κεφάλαιο 1

## Μοντελοποίηση Κτηριακού Κελύφους

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του Google SketchUp (v8.0.1), του προγράμματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με το plugin του OpenStudio για την σχεδίαση του κελύφους των κτηρίων. Περιγράφεται η βασική μεθοδολογία δημιουργίας ενός τρισδιάστατου κελύφους κτηρίου, η τοποθέτηση σκιάσεων και κουφωμάτων καθώς και η δημιουργία θερμικών ζωνών.

## Εισαγωγή

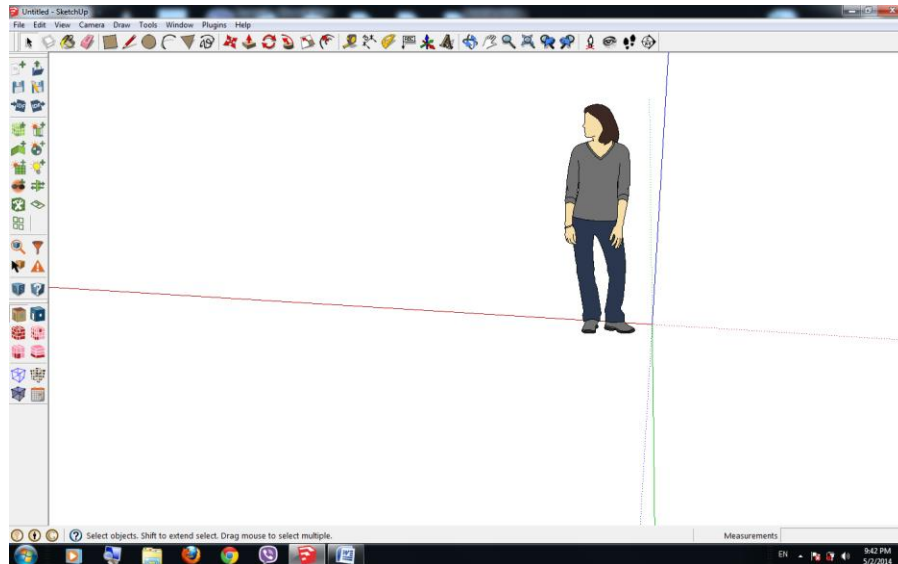
Το Google SketchUp είναι δωρεάν λογισμικό σχεδίασης τρισδιάστατων μοντέλων, ανεπτυγμένο από την Google. Ιδιαίτερα φιλικό προς τον χρήστη, παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων τρισδιάστατων μοντέλων.

Παρουσιάζεται η βασική μεθοδολογία δημιουργίας μοντέλων κτηρίων και η προετοιμασία τους για την μοντελοποίηση των θερμικών τους χαρακτηριστικών με τη βοήθεια του OpenStudio.



Εικόνα 1.1

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του Google SketchUp.



Εικόνα 1.2: Περιβάλλον εργασίας Google SketchUp

Στην επάνω πλευρά της οθόνης βρίσκονται τα εργαλεία του Google SketchUp, ενώ στην αριστερή πλευρά βρίσκονται τα εργαλεία του OpenStudio.


### 1.1 Σχεδίαση Τρισδιάστατων Μοντέλων με το Google SketchUp

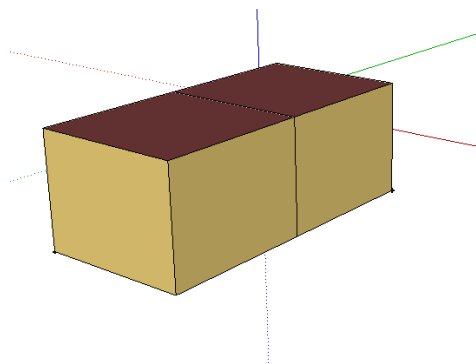
Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία του σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους στο Google SketchUp μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερα βήματα:

- Σχεδίαση κελύφους
- Σχεδίαση σκιάσεων
- Σχεδίαση κουφωμάτων
- Δημιουργία θερμικών ζωνών

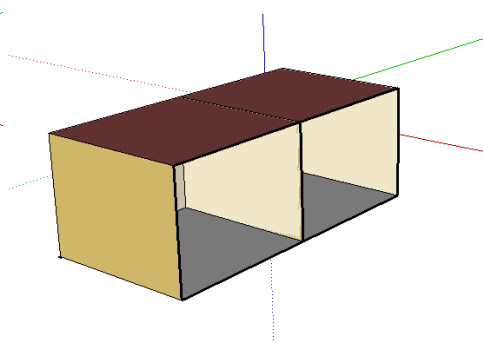
Τα βήματα σχεδιασμού του κτηριακού κελύφους περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

### 1.2 Σχεδίαση κελύφους


Ξεκινώντας την μοντελοποίηση του κτηριακού κελύφους, θα πρέπει αρχικά να σχεδιάσουμε την κάτοψη του χώρου που μας ενδιαφέρει. Για παράδειγμα, σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο με διαστάσεις 4m\*8m και έναν διαχωριστικό τοίχο στη μέση. Στη συνέχεια, αφού έχουμε επιλέξει το σχήμα αυτό, πατώντας το κουμπί  (create spaces from diagram) μας ζητείται από το πρόγραμμα να πληκτρολογήσουμε το ύψος του ορόφου καθώς και τον αριθμό των ορόφων σε περίπτωση που θέλουμε παραπάνω από έναν. Ολοκληρώνοντας αυτή την ενέργεια δημιουργείται το ακόλουθο τρισδιάστατο σχήμα:



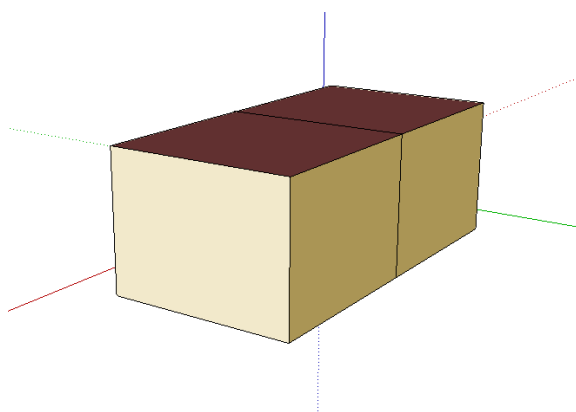
Εικόνα 1.3



Εικόνα 1.4

Με ανοιχτό καφέ χρώμα συμβολίζονται οι τοίχοι, με σκούρο κόκκινο η οροφή, ενώ με γκρι το πάτωμα. Χρησιμοποιώντας τα εργαλεία του SketchUp μπορούμε πάντα να αλλάξουμε τη μορφή των χώρων, ενώ αν θέλουμε να προσθέσουμε κάποιον άλλο, μπορούμε να το κάνουμε με το πλήκτρο  (New Space). Πολλές φορές κατά την διαδικασία της σχεδίασης οι επιφάνειες


εμφανίζονται ανεστραμμένες, με την εξωτερική πλευρά τους δηλαδή στραμμένη προς το εσωτερικό του κτηρίου, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.

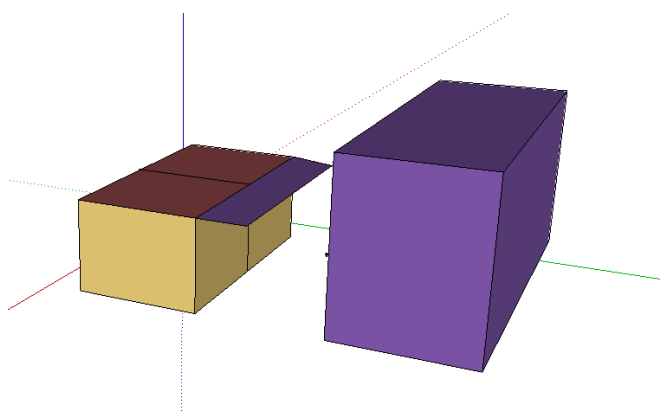


**Εικόνα 1.5**

Αυτό το πρόβλημα διορθώνεται εύκολα πατώντας δεξί κλικ πάνω στην επιφάνεια που μας ενδιαφέρει και επιλέγοντας την εντολή 'Reverse Faces'.

### **1.3 Σχεδίαση σκιάσεων**

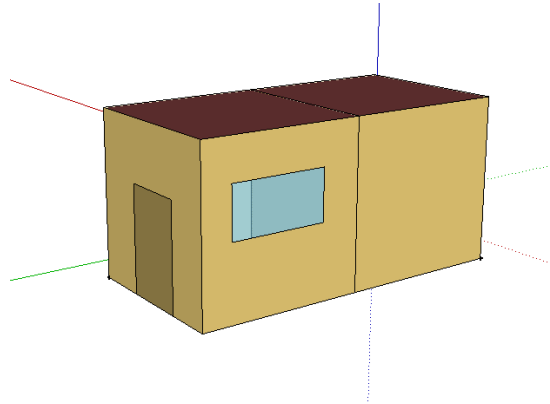
Για να προσθέσουμε οντότητες οι οποίες προσφέρουν σκίαση στο κέλυφός μας όπως π.χ. σκίαστρα, δέντρα ή παρακείμενα κτήρια, χρησιμοποιούμε το πλήκτρο  (New Shading Surface Group). Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα, οι οντότητες αυτές εμφανίζονται σε μωβ χρώμα.




**Εικόνα 1.6**

## 1.4 Σχεδίαση κουφωμάτων

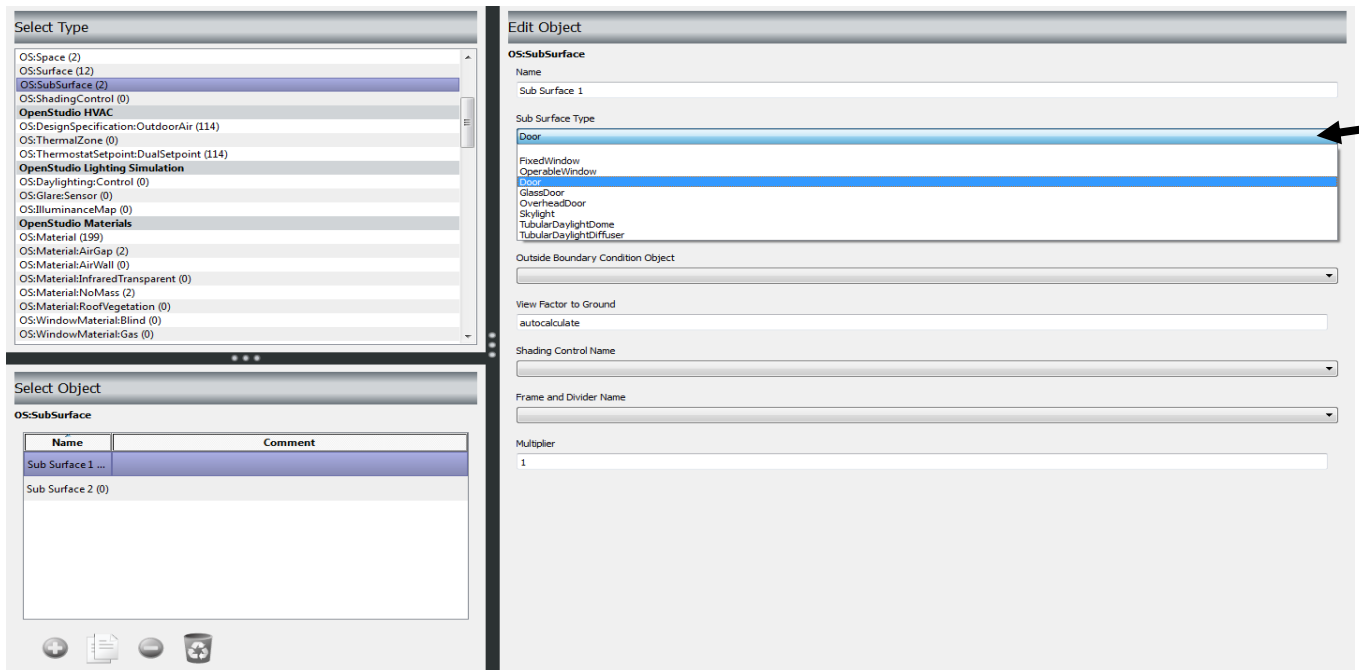
Για να σχεδιάσουμε τα κουφώματα πρέπει αρχικά να επιλέξουμε τον χώρο στον οποίο θέλουμε να τα τοποθετήσουμε. Σχεδιάζοντας επάνω σε τοίχο ορθογώνια τα οποία εφάπτονται στο δάπεδο, δημιουργούνται πόρτες (καφέ σκούρο), ενώ όσα δεν εφάπτονται σε δάπεδο γίνονται παράθυρα (διαφανές γαλάζιο)



Εικόνα 1.7

Ιδιαίτερα σημαντικό εργαλείο είναι το Inspector, το οποίο το καλούμε με το πλήκτρο  και μας προβάλλει πληροφορίες για κάθε οντότητα που έχουμε επιλέξει. Με τη χρήση αυτού του εργαλείου μπορούμε να αλλάξουμε τον τύπο των κουφωμάτων, π.χ. από αδιαφανή πόρτα, σε γυάλινη πόρτα ή σε παράθυρο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.





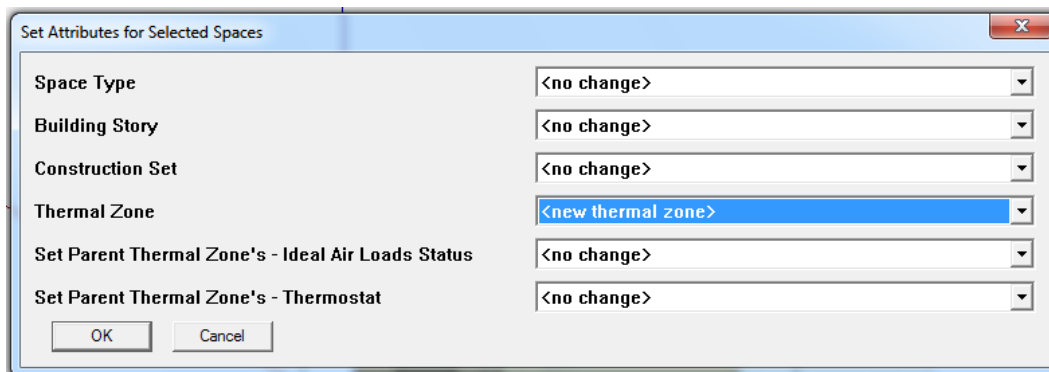
Εικόνα 1.8 : OpenStudio Inspector

## 1.5 Δημιουργία θερμικών ζωνών

Σε αυτό το στάδιο της μοντελοποίησης του κτηρίου που μας ενδιαφέρει, πρέπει να ορίσουμε τις διάφορες θερμικές ζώνες, τις ζώνες δηλαδή τις οποίες θέλουμε να προσομοιώσουμε. Έχοντας επιλέξει τον χώρο τον οποίο θέλουμε να ορίσουμε ως θερμική ζώνη, και πατώντας το πλήκτρο




(Set Attributes for selected Spaces), εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:





Εικ 1.9


Επιλέγοντας στο πεδίο Thermal Zone την επιλογή <new thermal zone> δημιουργείται μια νέα θερμική ζώνη με τον χώρο (ή χώρους) που έχουμε επιλέξει.

Πάντα με τη βοήθεια του Inspector, μπορούμε να μετονομάσουμε τις θερμικές ζώνες που έχουμε δημιουργήσει, με σκοπό να διευκολυνθούμε μετέπειτα στην μοντελοποίηση του κτηρίου.

Τέλος, με τη χρήση του πλήκτρου  (Surface Matching) διαιρούνται και τέμνονται όπου χρειάζεται οι κοινές επιφάνειες μεταξύ διαφορετικών θερμικών ζωνών, έτσι ώστε να επιτευχθεί μια ακριβής προσομοίωση.

Πριν την αποθήκευση του ολοκληρωμένου μοντέλου του κτηριακού κελύφους είναι ιδιαίτερα σημαντικό να χρησιμοποιήσουμε την εντολή 'Remove Orphan SubSurfaces' η οποία βρίσκεται στην καρτέλα: Plugins>OpenStudio User Scripts>Alter or Add Model Elements> Remove Orphan SubSurfaces. Με τη χρήση αυτής της εντολής, διαγράφονται επιφάνειες οι οποίες δεν εφάπτονται σε βασικές επιφάνειες του κελύφους (τοίχοι, οροφές και πατώματα) και μπορεί να έχουν δημιουργηθεί κατά λάθος. Με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται τα σφάλματα και παίρνουμε σωστά αποτελέσματα από την μετέπειτα προσομοίωση.

Για να αποθηκεύσουμε το μοντέλο του κτηριακού κελύφους σε μορφή η οποία αναγνωρίζεται από το OpenStudio (αρχείο με κατάληξη '.osm'), αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο  (Save OpenStudio Model As), ενώ το πλήκτρο  (Open OpenStudio Model) πρέπει να πατηθεί σε περίπτωση που θέλουμε να ανοίξουμε κάποιο αρχείο του OpenStudio.

Έχοντας ολοκληρώσει την διαδικασία μοντελοποίησης του κτηριακού κελύφους στο Google SketchUp, μεταφερόμαστε στο OpenStudio με το πλήκτρο  όπου θα συνεχιστεί η μοντελοποίηση του κτηρίου.

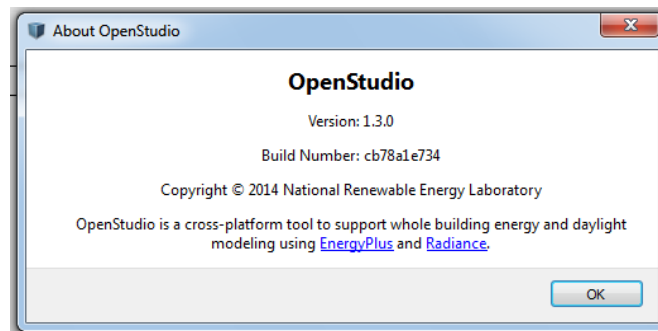
# **Κεφάλαιο 2**

## **Μοντελοποίηση με το OpenStudio**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του OpenStudio v.1.3.0, του προγράμματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την μοντελοποίηση των θερμοφυσικών χαρακτηριστικών των κτηρίων, των συστημάτων θέρμανσης/ψύξης, των εγκαταστάσεων φωτισμού, καθώς και των λοιπών φορτίων τους.

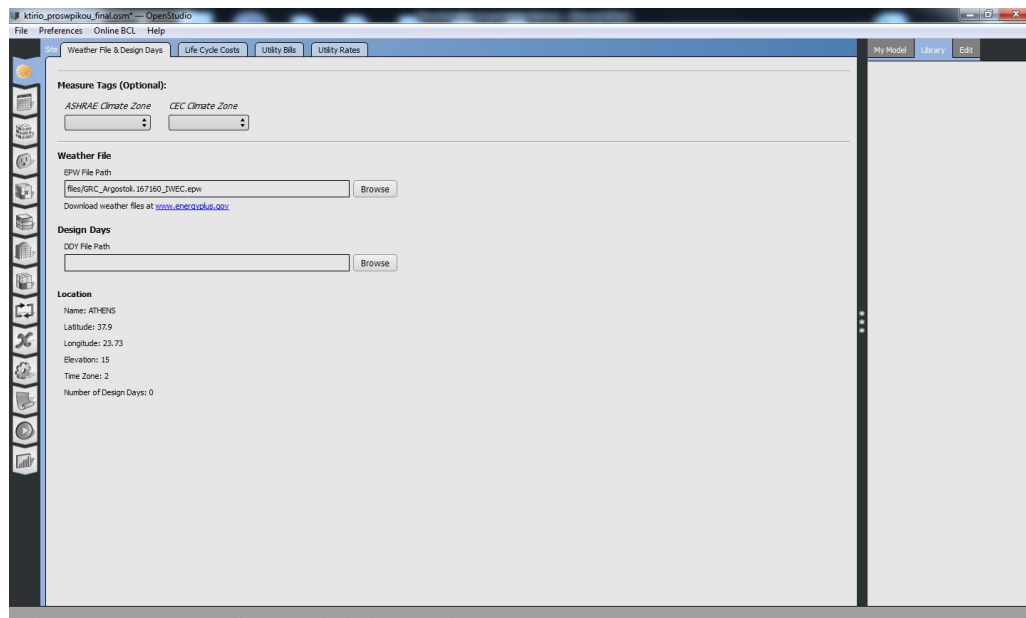
## 2.1 Εισαγωγή στο OpenStudio

Το OpenStudio είναι ανεπτυγμένο από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ (NREL - National Renewable Energy Laboratory), και επίσης διατίθεται δωρεάν. Είναι το εργαλείο το οποίο 'ντύνει' την γεωμετρία του κτηρίου που δημιουργήσαμε νωρίτερα με θερμοφυσικά χαρακτηριστικά, φορτία και συστήματα κλιματισμού, και ύστερα τροφοδοτεί με αυτόν τον τεράστιο όγκο δεδομένων το EnergyPlus, το οποίο είναι και ο πυρήνας της προσομοίωσης.



Εικόνα 2.1

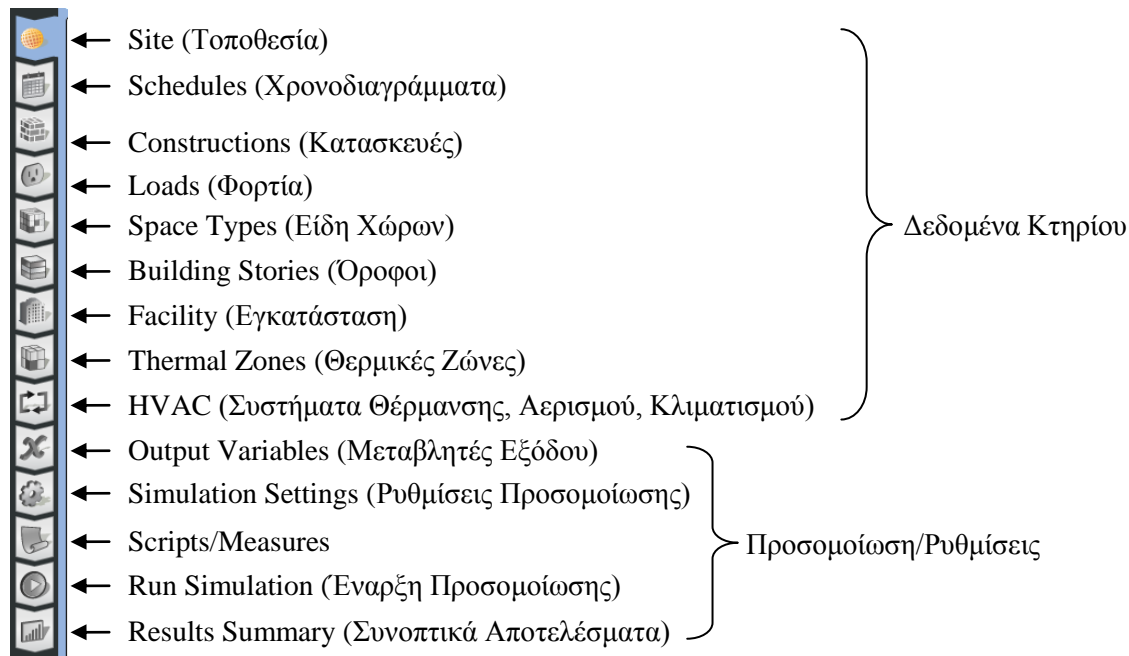
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του OpenStudio.



Εικόνα 2.2: Περιβάλλον εργασίας του OpenStudio

Στην αριστερή πλευρά της οθόνης βρίσκονται οι καρτέλες στις οποίες θα γίνει η εισαγωγή των δεδομένων της προσομοίωσης.

Συνοπτικά, η χρήση της κάθε καρτέλας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



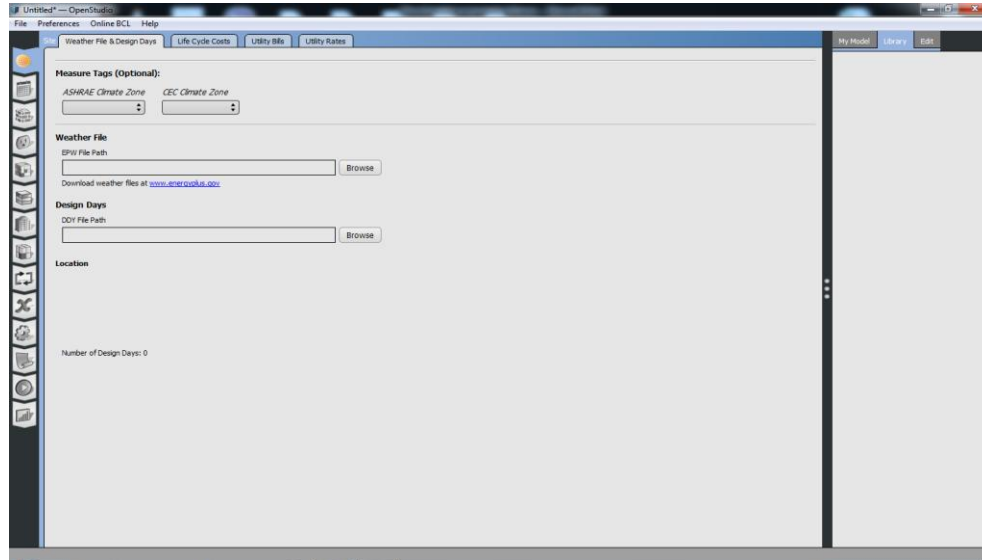
Σε γενικές γραμμές, η διαδικασία της εισαγωγής δεδομένων ξεκινάει συμπληρώνοντας τις καρτέλες από πάνω προς τα κάτω, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί κανόνα, αφού πολλές φορές μπορεί να χρειαστεί να ανατρέξουμε σε προηγούμενες καρτέλες για συμπλήρωση ή τροποποίηση των δεδομένων.

Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι λειτουργίες της κάθε καρτέλας καθώς και ο τρόπος συμπλήρωσής τους.

## 2.2 Site (Τοποθεσία)

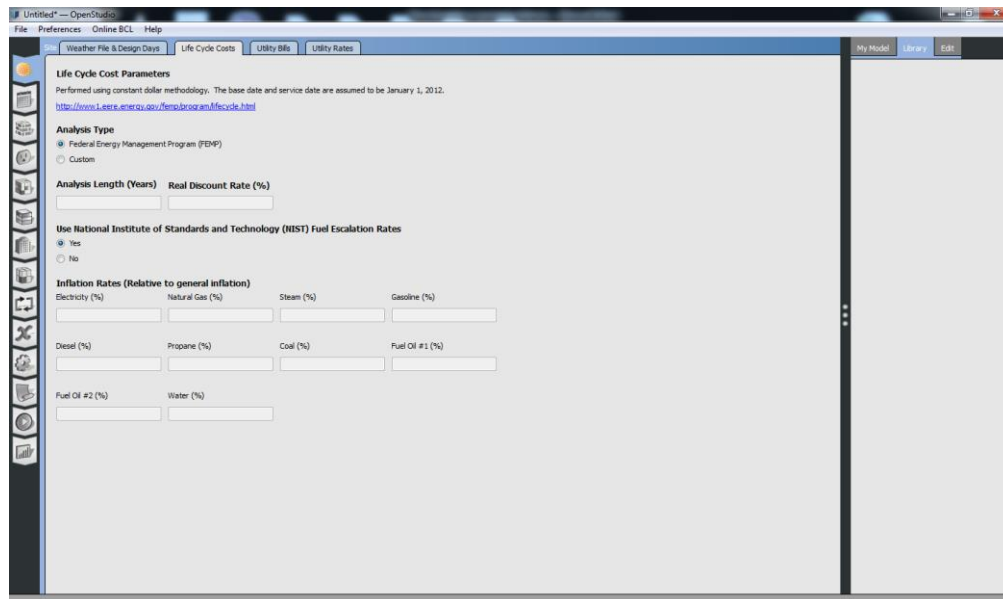
Στην πρώτη υποκαρτέλα (Weather File & Design Days) καλούμαστε να ορίσουμε την διεύθυνση στην οποία βρίσκεται το weather file (αρχείο καιρού) με κατάληξη '.erw'. Αυτό γίνεται πατώντας το πλήκτρο Browse και εντοπίζοντας το αρχείο με κατάληξη .erw στον υπολογιστή. Το αρχείο καιρού αποθηκεύεται στο αρχείο .osm ως διεύθυνση, δεν φορτώνεται μέσα σε αυτό,

και κατά συνέπεια δεν πρέπει να αλλάξουμε την τοποθεσία του στον υπολογιστή. Τα υπόλοιπα πεδία σε αυτή την καρτέλα (Measure Tags, Design Days) είναι προαιρετικά, και αναφέρονται σε πρότυπα και τυπικές τιμές δεδομένων της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers), οπότε και δεν θα χρειαστεί η συμπλήρωσή τους.



**Εικ 2.3: Καρτέλα Site**

Στη δεύτερη υποκαρτέλα (Life Cycle Costs) γίνεται η εισαγωγή δεδομένων και παραμέτρων σχετικά με την ανάλυση κόστους την οποία μπορεί να διεξάγει το OpenStudio.

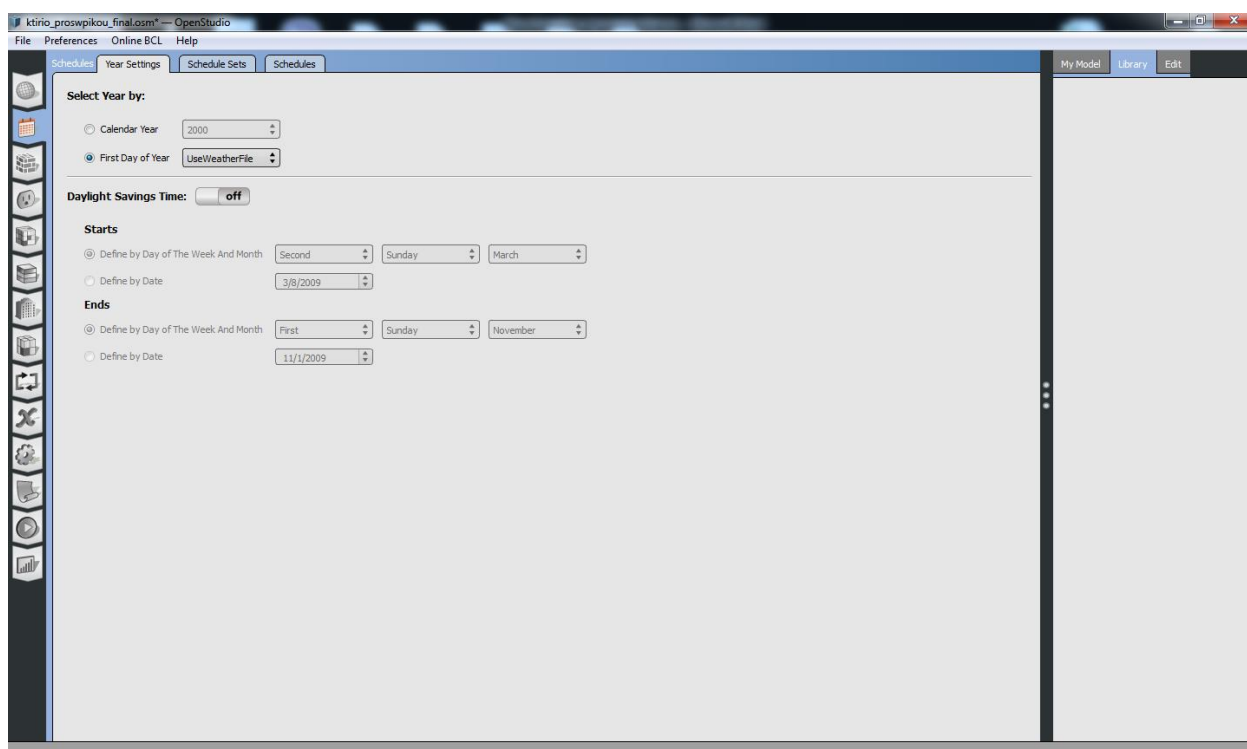


**Εικ 2.4: Καρτέλα Site**

Οι υποκαρτέλες Utility Bills και Utility Rates προς το παρόν βρίσκονται στην διαδικασία της ανάπτυξής τους και δεν είναι διαθέσιμες στην έκδοση 1.3.0 του OpenStudio.

## 2.3 Schedules (Χρονοδιαγράμματα)





Στην πρώτη υποκαρτέλα (Year Settings), στο πεδίο Calendar Year καλούμαστε να ορίσουμε από ποιο ημερολογιακό έτος θέλουμε να ξεκινήσει η προσομοίωσή μας, ή εναλλακτικά θα ξεκινήσει από το ημερολογιακό έτος το οποίο ορίζεται στο αρχείο καιρού (πεδίο First Day of Year). Στο πεδίο Daylight Savings Time μπορούμε να ορίσουμε, προαιρετικά, την αρχή και την λήξη της θερινής περιόδου, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί στην προσομοίωση η αλλαγή της ώρας για αυτή την περίοδο.

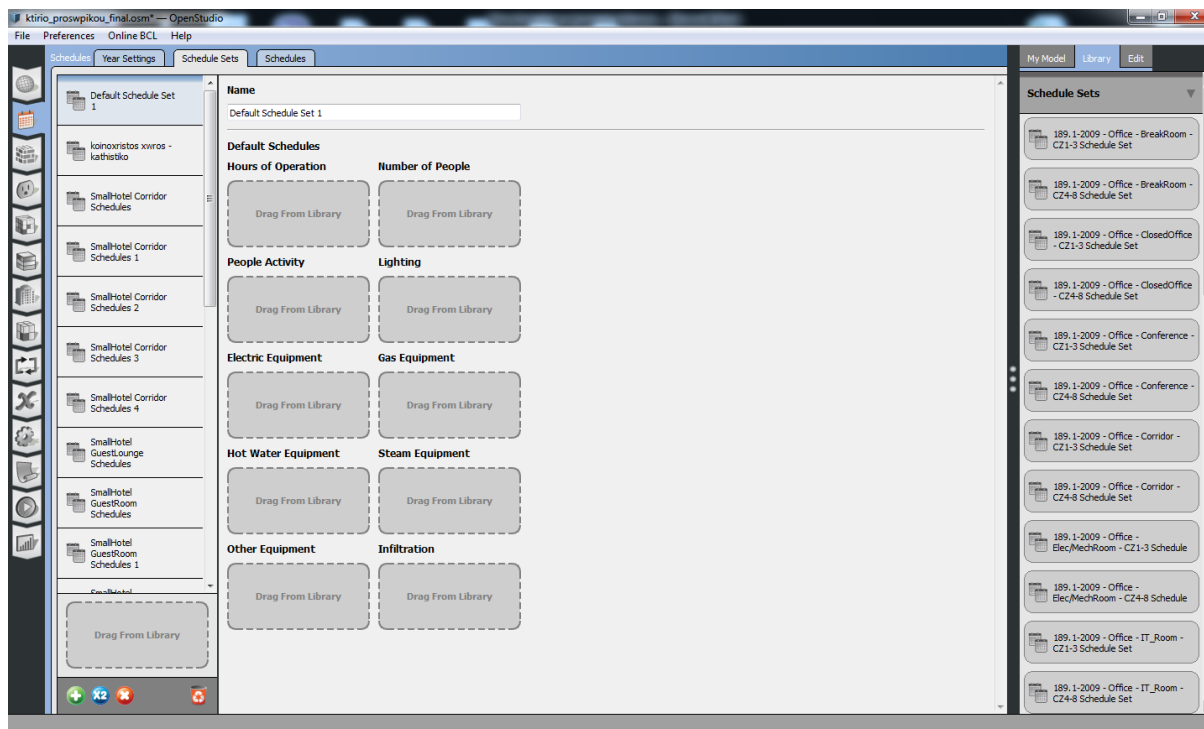


Εικόνα 2.5: Καρτέλα Schedules

Στην δεύτερη υποκαρτέλα (Schedule Sets) ομαδοποιούνται τα χρονοδιαγράμματα (δημιουργούνται στην υποκαρτέλα Schedules) έτσι ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν αργότερα στην διαδικασία της μοντελοποίησης σε έναν χώρο, σε έναν όροφο ή ακόμη και σε ένα ολόκληρο κτήριο. Τα χρονοδιαγράμματα μπορούμε να τα 'σύρουμε' από τη δεξιά πλευρά της

οθόνης στο αντίστοιχο κελί που μας ενδιαφέρει. Στη δεξιά πλευρά της οθόνης, στο πεδίο My Model βρίσκονται τα χρονοδιαγράμματα τα οποία έχουμε δημιουργήσει, ενώ στο πεδίο Library βρίσκονται τα χρονοδιαγράμματα τα οποία είναι ενσωματωμένα στις βιβλιοθήκες του Open studio.

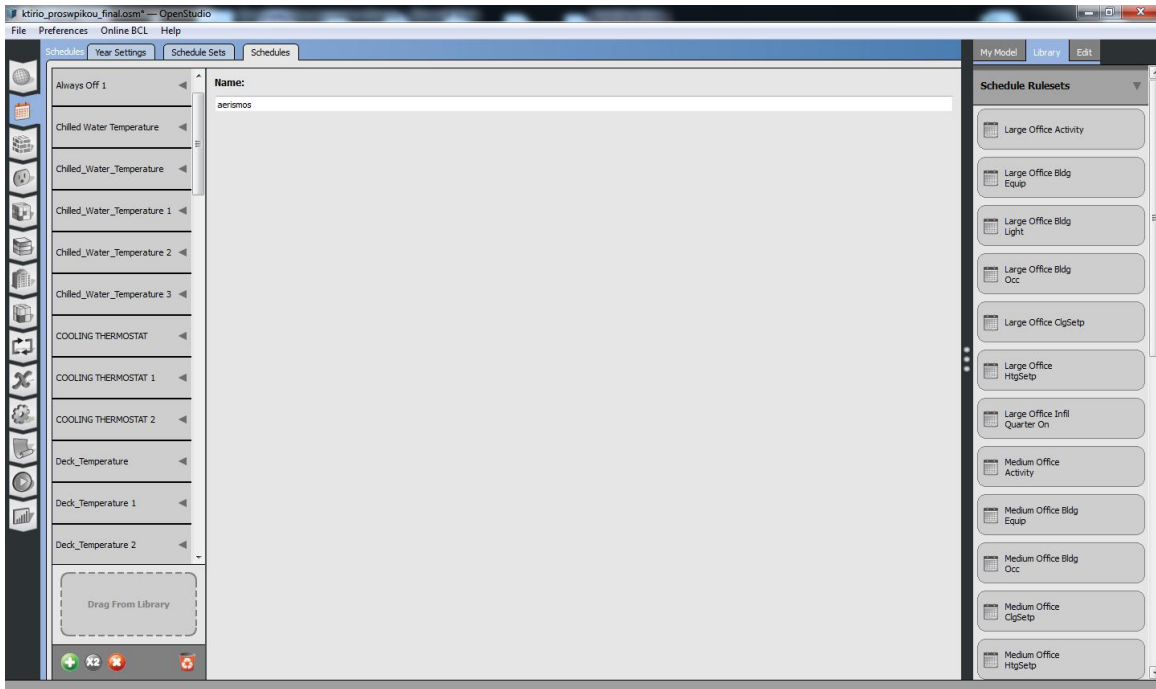
Πατώντας το πλήκτρο  στην κάτω αριστερή πλευρά της οθόνης μπορούμε να προσθέσουμε στην βιβλιοθήκη του προγράμματος κάποιο Schedule Set, με το πλήκτρο  δημιουργείται ένα αντίγραφο του επιλεγμένου Schedule Set, ενώ με το πλήκτρο  διαγράφεται. Τέλος, με το πλήκτρο  διαγράφονται όλα τα Schedule Sets που δεν χρησιμοποιούνται.




Εικόνα 2.6: Υποκαρτέλα Schedule Sets

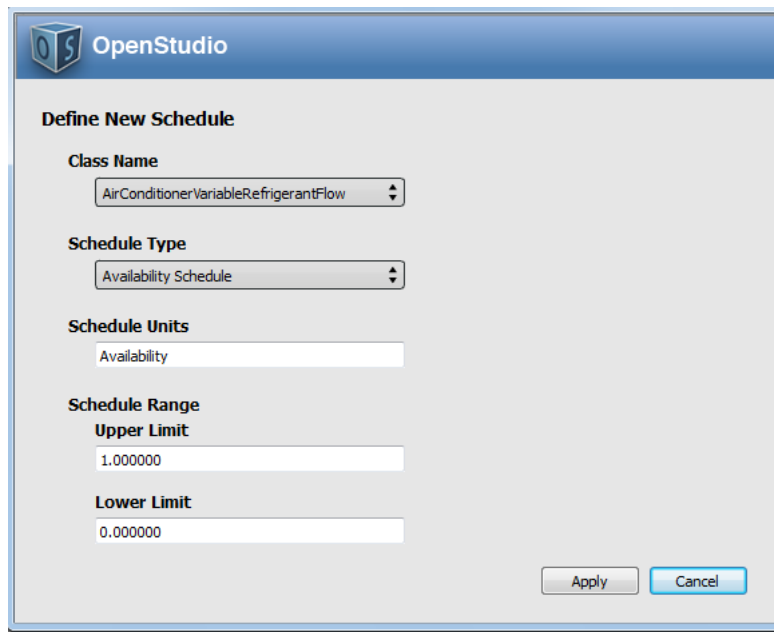
Στην υποκαρτέλα Schedules γίνεται η δημιουργία των χρονοδιαγραμμάτων.





**Εικόνα 2.7: Υποκαρτέλα Schedules**

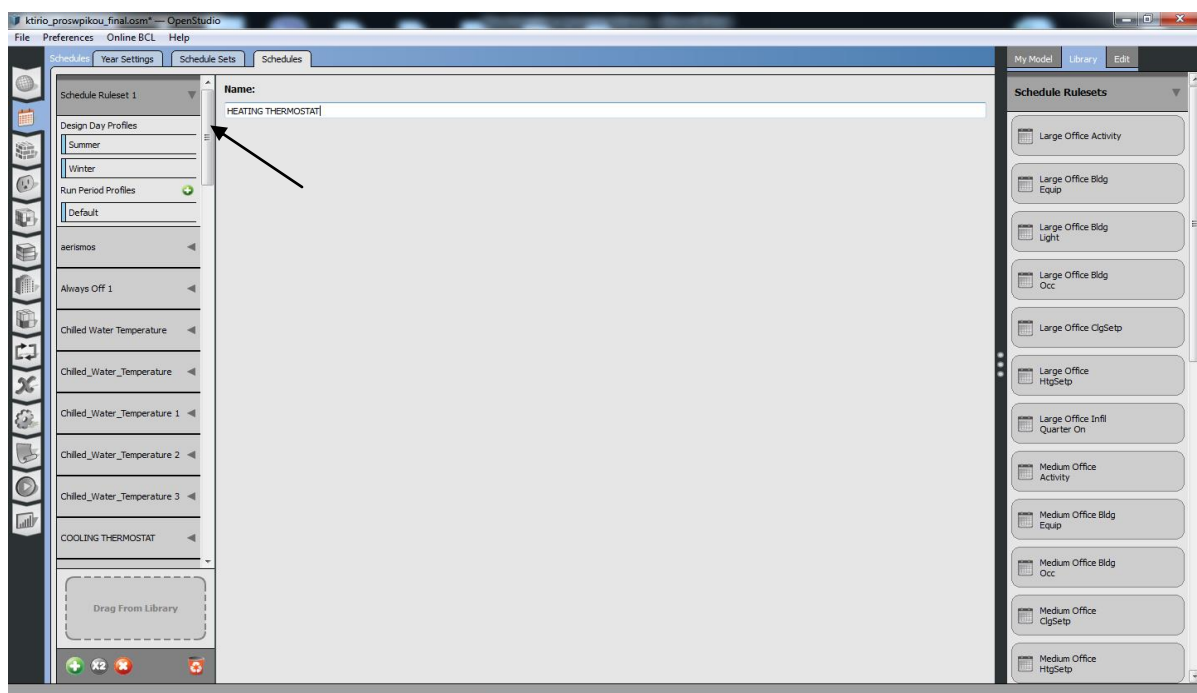
Η δημιουργία χρονοδιαγραμμάτων γίνεται αφού πατήσουμε το πλήκτρο  και εμφανιστεί το ακόλουθο παράθυρο:



**Εικόνα 2.8: Καρτέλα Add New Schedule**

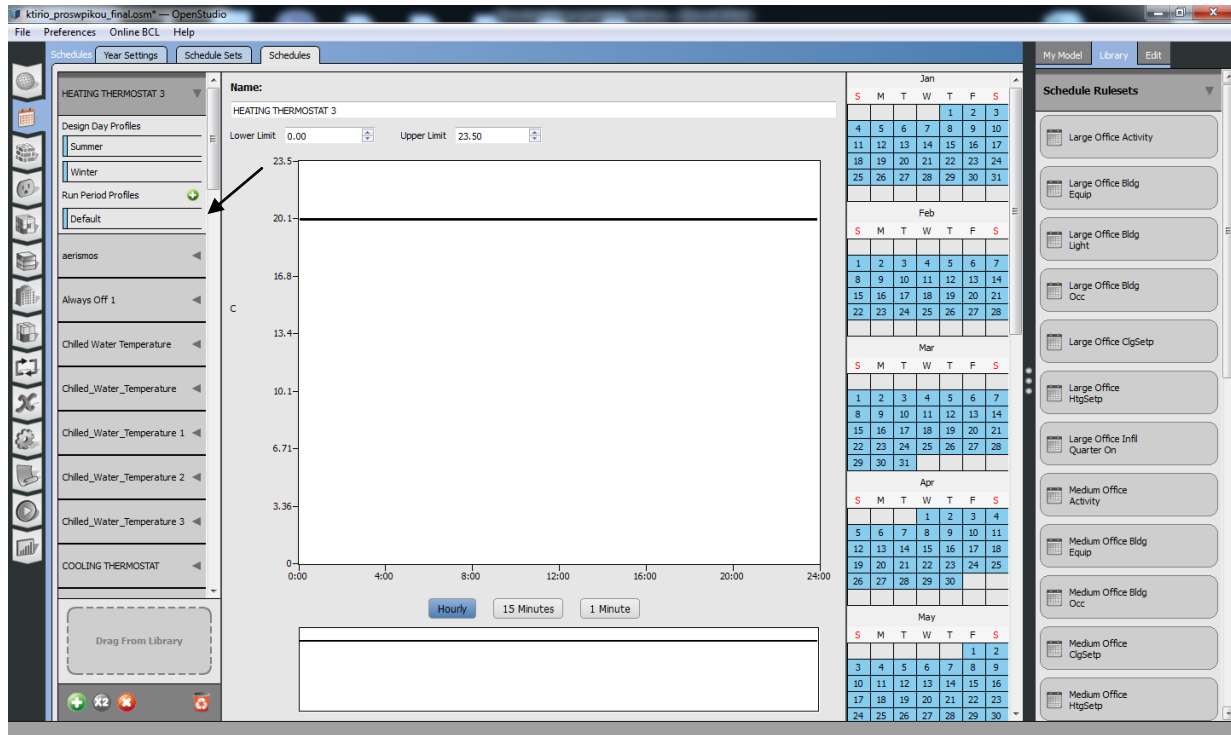
Στα πεδία Class Name και Schedule Type ορίζεται η ονομασία και ο τύπος του χρονοδιαγράμματος αντίστοιχα, αν π.χ. πρόκειται για χρονοδιάγραμμα το οποίο αφορά τις ώρες λειτουργίας ενός κτηρίου, τις ώρες λειτουργίας του φωτισμού, ή απλά αν αφορά έναν θερμοστάτη ενός συστήματος ψύξης/θέρμανσης. Στο πεδίο Schedule Range ορίζεται η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που μπορεί να πάρει το χρονοδιάγραμμα που πρόκειται να δημιουργήσουμε. Για παράδειγμα, στην περίπτωση δημιουργίας ενός θερμοστάτη θέρμανσης επιλέγουμε για Class Name την επιλογή 'ThermostatSetpointDualSetpoint', για Schedule Type την επιλογή 'Heating Setpoint Temperature', και πατάμε το πλήκτρο Apply.

Στη συνέχεια εμφανίζεται το χρονοδιάγραμμα που μόλις δημιουργήσαμε στην επάνω αριστερή πλευρά της οθόνη.



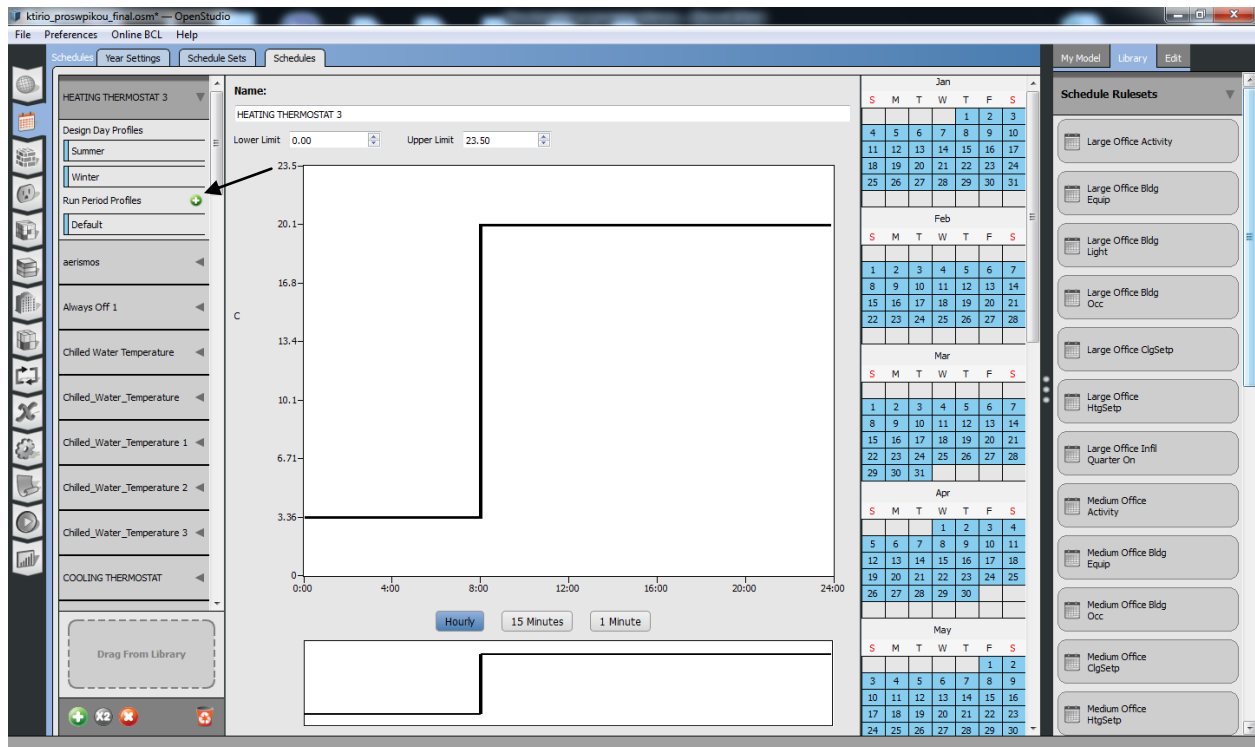
Εικόνα 2.9

Κάνοντας κλικ πάνω στο πλήκτρο Default, εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο, και μπορούμε να ξεκινήσουμε την ρύθμιση του θερμοστάτη θέρμανσης.




Εικόνα 2.10

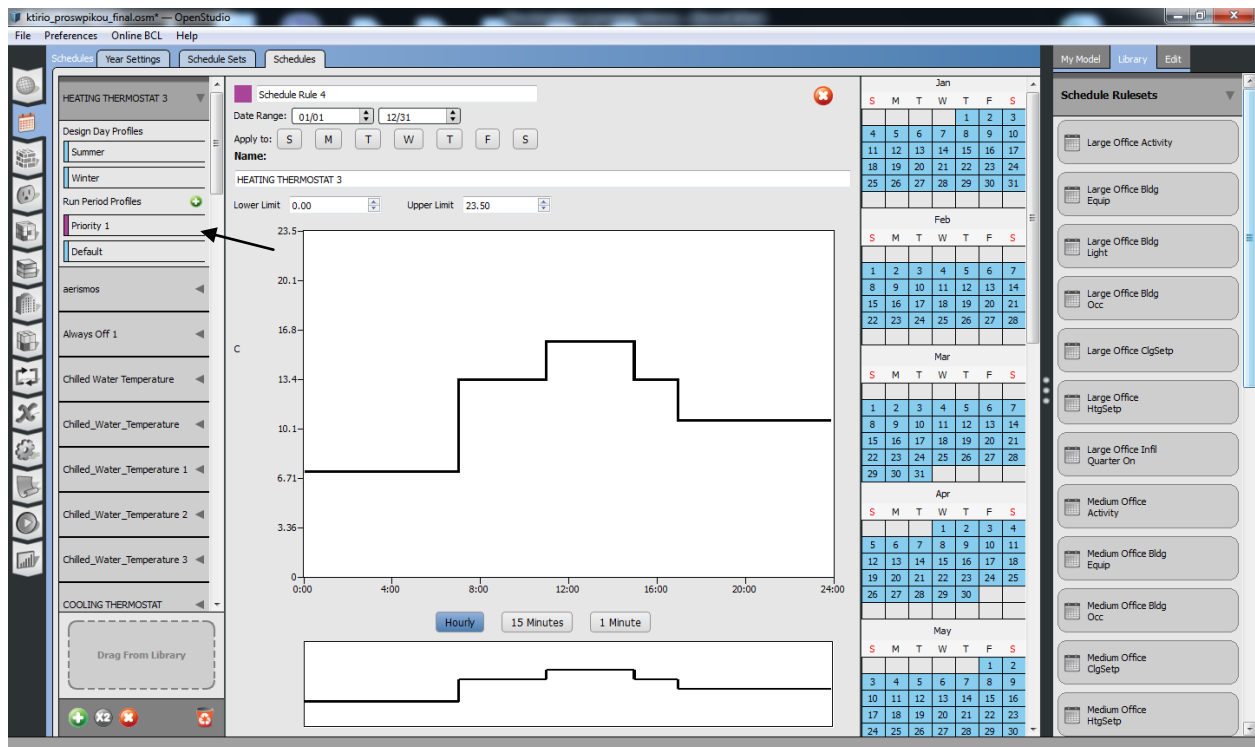
Στον κάθετο άξονα αναγράφεται η τιμή του χρονοδιαγράμματος (εδώ η θερμοκρασία κάτω από την οποία θα λειτουργεί ο θερμοστάτης – 20.1°C), ενώ στον οριζόντιο άξονα αναγράφεται ο χρόνος (εδώ οι ώρες της ημέρας). Μετακινώντας την έντονη, μαύρη γραμμή κάθετα, μπορούμε να αλλάξουμε την τιμή του θερμοστάτη. Κάνοντας διπλό κλικ πάνω σε κάποιο σημείο της γραμμής δημιουργείται ένα σημείο τομής, και τα δύο ευθύγραμμα τμήματα μπορούν να μετακινηθούν ανεξάρτητα. Για παράδειγμα, ο ακόλουθος θερμοστάτης είναι ορισμένος στους 3.36°C από τις 12.00 το βράδυ μέχρι τις 8.00 το πρωί, και από τις 8.00 το πρωί και μετά είναι ορισμένος στους 20.1°C.



Εικόνα 2.11

Σε περίπτωση που επιθυμούμε να δημιουργήσουμε ένα χρονοδιάγραμμα το οποίο μεταβάλλεται κατά την διάρκεια ενός ημερολογιακού έτους, αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο  στο πεδίο Run Period Profiles, και στη συνέχεια Add στο παράθυρο που εμφανίζεται.

Εμφανίζεται στην πάνω αριστερή πλευρά της οθόνης ένα πεδίο με ονομασία Priority 1. Αφού πατήσουμε σε αυτό το πεδίο, μεταφερόμαστε στην ακόλουθη σελίδα:




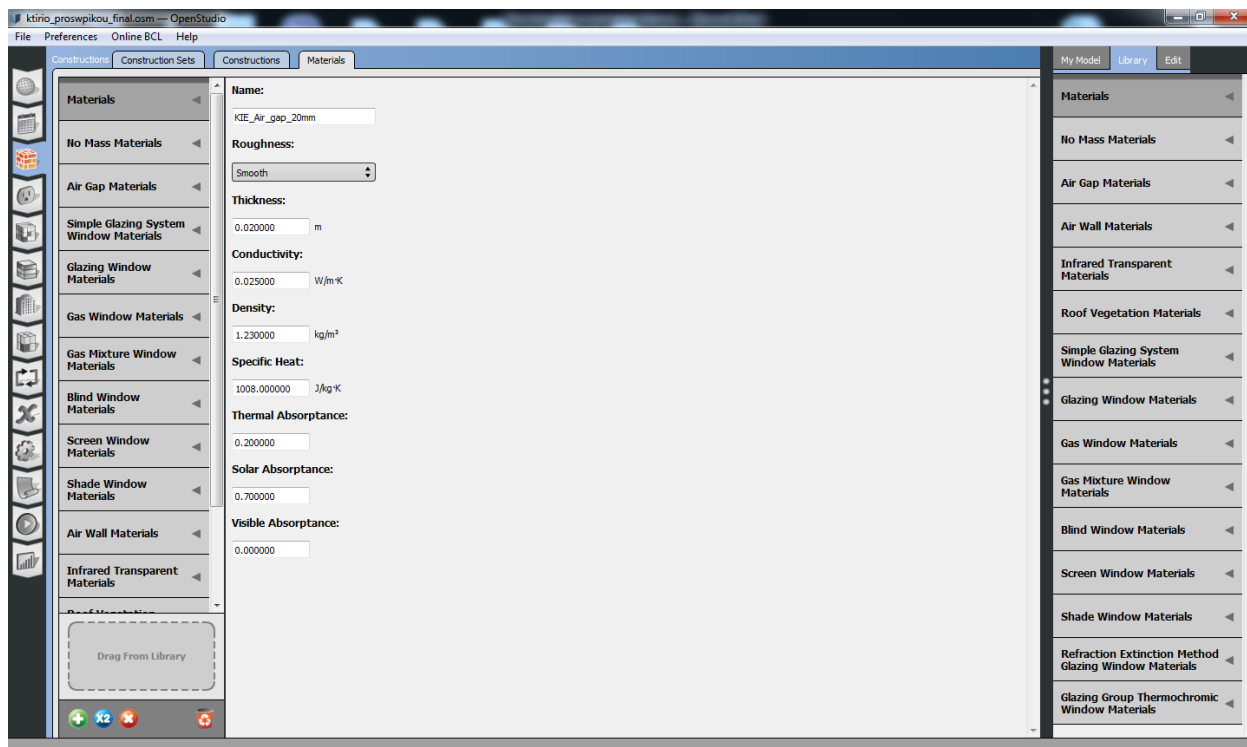
Εικόνα 2.12

Στο επάνω μέρος του παραθύρου αυτού (πεδίο Date Range) μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε το μέρος του έτους που θέλουμε να εφαρμόζεται το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα, αλλά και συγκεκριμένες ημέρες (πεδίο Apply to). Για παράδειγμα, για ένα κατάστημα το οποίο λειτουργεί ολόκληρη την εβδομάδα πλην Κυριακής, θα επιλέγαμε όλα τα κουτιά στο πεδίο Apply to: εκτός του πρώτου.

Σε περίπτωση δύο ή περισσότερων χρονοδιαγραμμάτων που συμπίπτουν, εφαρμόζεται πάντα αυτό με την μεγαλύτερη προτεραιότητα (Priority).


## 2.4 Constructions (Κατασκευές)

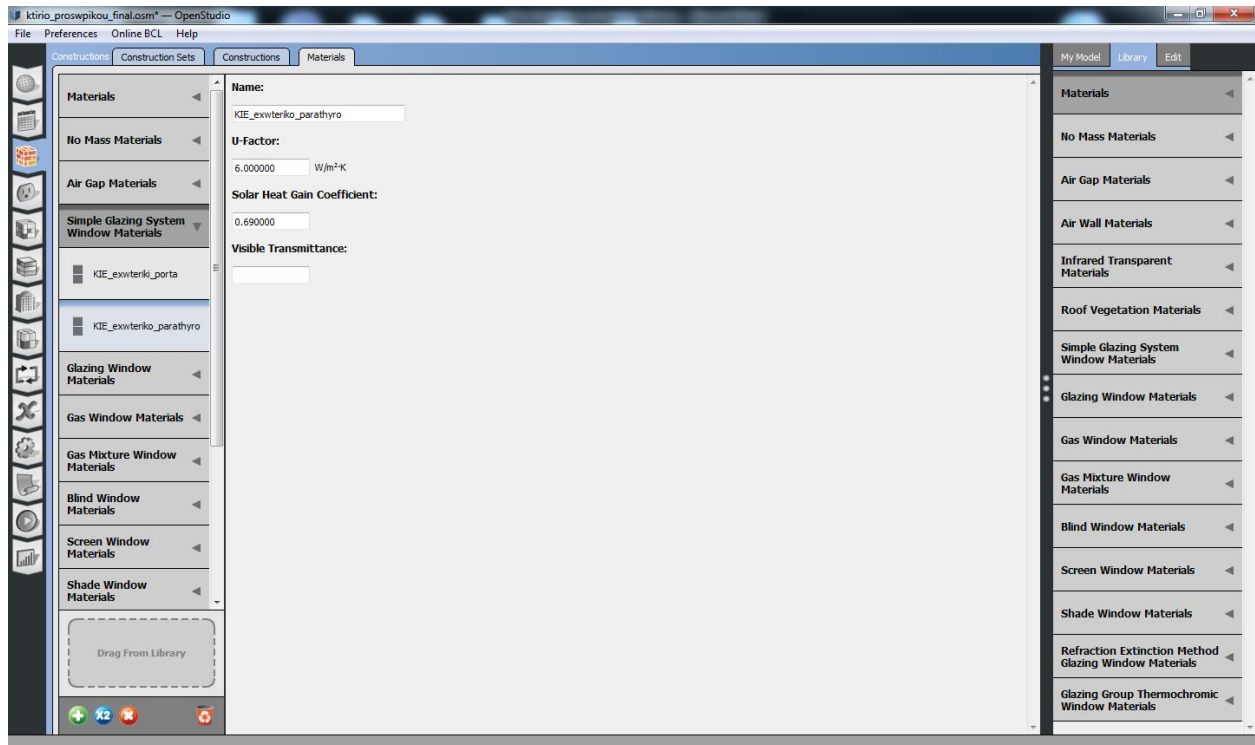
Για λόγους πρακτικότητας, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναλυθεί πρώτα η υποκαρτέλα Materials. Για να δημιουργήσουμε κάποιο υλικό αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο  έχοντας επιλεγμένο το πεδίο Materials.



**Εικόνα 2.13: Καρτέλα Constructions**

Στο πεδίο Name ορίζεται η ονομασία του υλικού που πρόκειται να δημιουργήσουμε. Στο πεδίο Roughness καλούμαστε να επιλέξουμε την τραχύτητα της εξωτερικής επιφάνειας του υλικού μέσα από μια κλίμακα έξι διαβαθμίσεων (από Very Rough, μέχρι Very Smooth). Πρόκειται για μια υποκειμενική κλίμακα που επαφίεται στην κρίση του χρήστη και επηρεάζει τον συντελεστή συναγωγής θερμότητας των επιφανειών με τον εξωτερικό αέρα. Στα επόμενα τέσσερα πεδία (Thickness, Conductivity, Density και Specific Heat) ορίζονται αντίστοιχα το πάχος του υλικού (σε μέτρα), η θερμική του αγωγιμότητα (σε W/m\*K), η πυκνότητά του (σε kg/m<sup>2</sup>) και η ειδική του θερμοχωρητικότητα (σε J/kg\*K). Στο πεδίο Thermal Absorptance ορίζεται το ποσοστό της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που απορροφάται από το υλικό, και χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της μετάδοσης θερμότητας μέσω ακτινοβολίας μεταξύ των επιφανειών. Στο πεδίο Solar Absorptance ορίζεται το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας (ορατό και μη ορατό φάσμα) που απορροφάται από το υλικό. Τέλος, στο πεδίο Visible Absorptance ορίζεται το ποσοστό της ορατής ακτινοβολίας που απορροφάται από το υλικό.

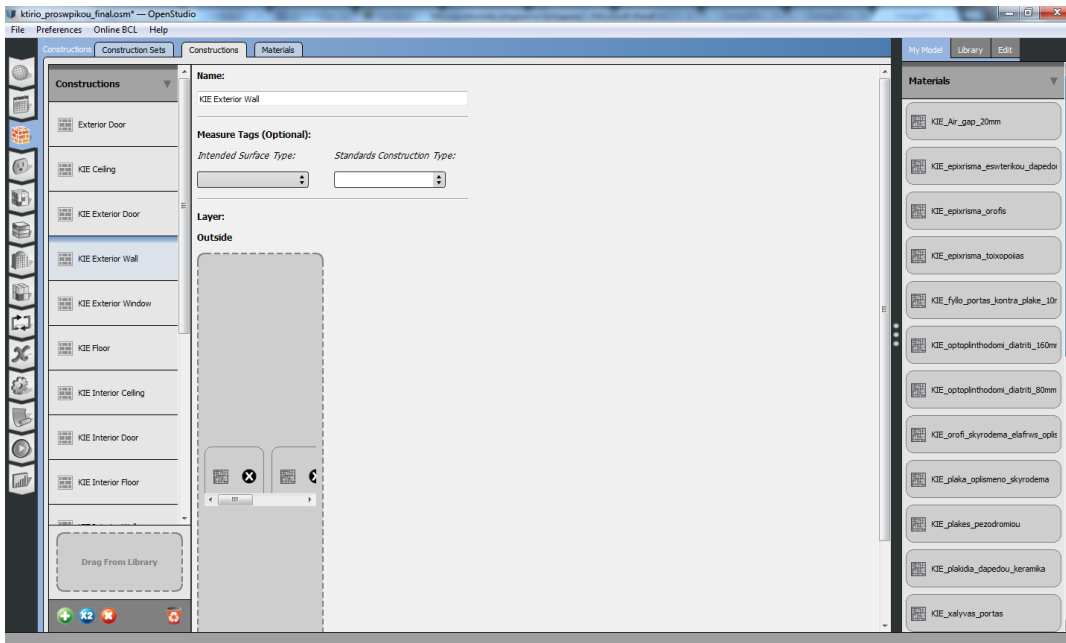
Για να δημιουργήσουμε κάποιο υλικό παραθύρου, επιλέγουμε το πεδίο Simple Glazing Window Materials και πατάμε το πλήκτρο .



Εικόνα 2.14

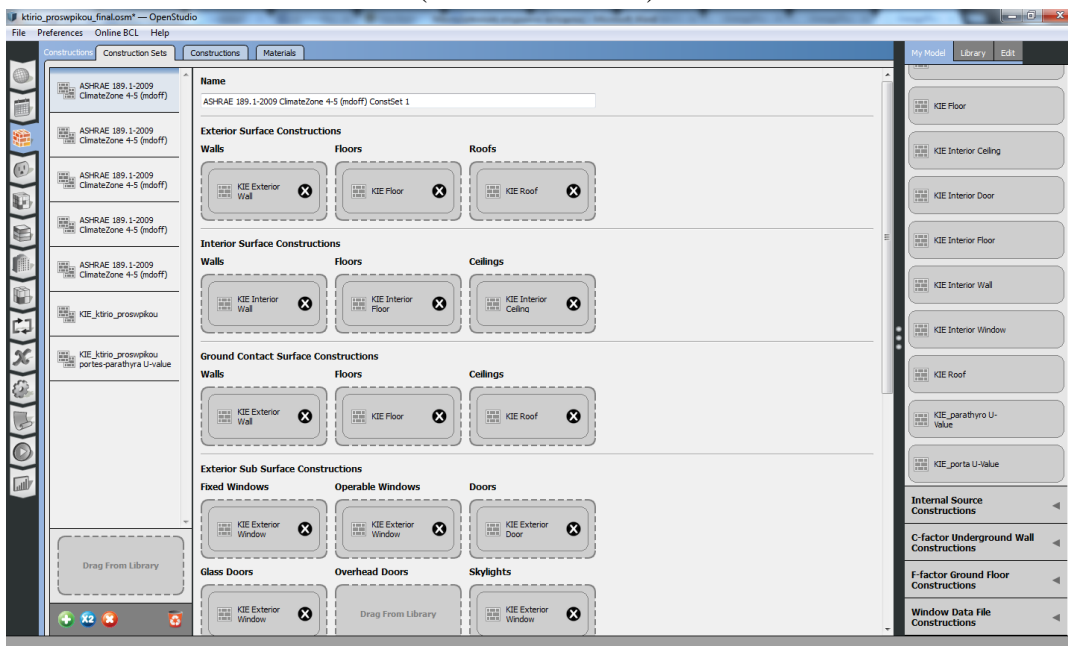
Στο πεδίο Name, όπως και προηγουμένως, ορίζουμε το όνομα του υλικού. Στο πεδίο U-Factor ορίζεται ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας (σε  $W/m^2 \cdot K$ ) όπως έχει υπολογιστεί με βάση την T.O.T.E.E. 20701-1, ενώ στο πεδίο Solar Heat Gain Coefficient ορίζεται ο συντελεστής ηλιακού κέρδους, επίσης υπολογισμένος από την T.O.T.E.E. 20701-1. Η συμπλήρωση του πεδίου Visible Transmittance είναι προαιρετική και αφορά τον συντελεστή εκπεμπτικότητας της ορατής ακτινοβολίας.

Έχοντας ολοκληρώσει την δημιουργία όλων των υλικών που θα χρησιμοποιήσουμε στο κτήριο προς μοντελοποίηση, προχωρούμε στην υποκαρτέλα Constructions. Σε αυτή την υποκαρτέλα δημιουργούνται οι κατασκευές, ή αλλιώς οι συναρμογές των υλικών σε δομικά στοιχεία.



Εικόνα 2.15

Στο πεδίο Name ορίζουμε το όνομα της κατασκευής (εδώ KIE Exterior Wall – εξωτερικός τοίχος). Στη συνέχεια σέρνουμε τα υλικά που έχουμε δημιουργήσει προηγουμένως στο πεδίο Layer, με σειρά από την εξωτερική επιφάνεια προς την εσωτερική. Έχοντας δημιουργήσει όλες τις κατασκευές που θα χρησιμοποιηθούν στο κτήριο, μεταβαίνουμε στην επόμενη υποκαρτέλα (ConstructionSets).



Εικόνα 2.16

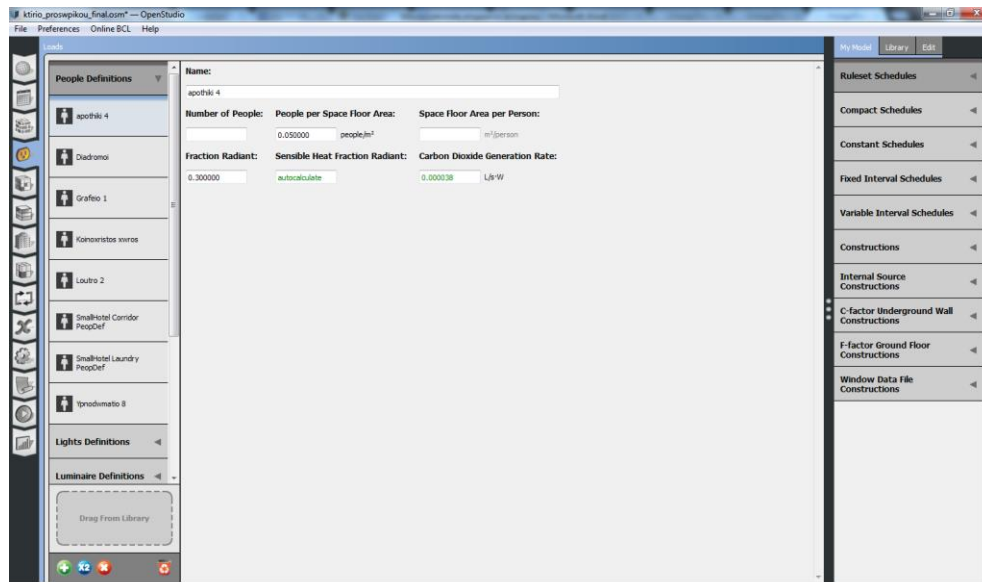


Σε αυτή την υποκαρτέλα αντιστοιχίζονται οι κατασκευές που έχουμε δημιουργήσει με τις επιφάνειες του κελύφους στο αρχείο .osm. Τα Construction Sets μπορούν να εφαρμοστούν μεμονωμένα σε ένα χώρο, σε έναν όροφο, ή ακόμη και σε ένα κτήριο. Οι κατασκευές (Constructions) σέρνονται από την αριστερή πλευρά της οθόνης, σε οποιοδήποτε από τα κελιά του κεντρικού τομέα της οθόνης.

## 2.5 Loads (Φορτία)

Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται τα φορτία τα οποία αργότερα θα αντιστοιχιστούν με τους διάφορους χώρους του κτηρίου. Τα φορτία αυτά μπορούν να είναι διαφόρων ειδών:

- People – Πλήθος ατόμων
- Lights/Luminaire – Ενέργεια για φωτισμό
- Electric Equipment – Ηλεκτρικός εξοπλισμός
- Steam Equipment – Εξοπλισμός ατμού
- Gas Equipment – Εξοπλισμός φυσικού αερίου
- Other Equipment – Άλλος εξοπλισμός
- Internal Mass – Μάζα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας
- Water Use Equipment – Εξοπλισμός νερού

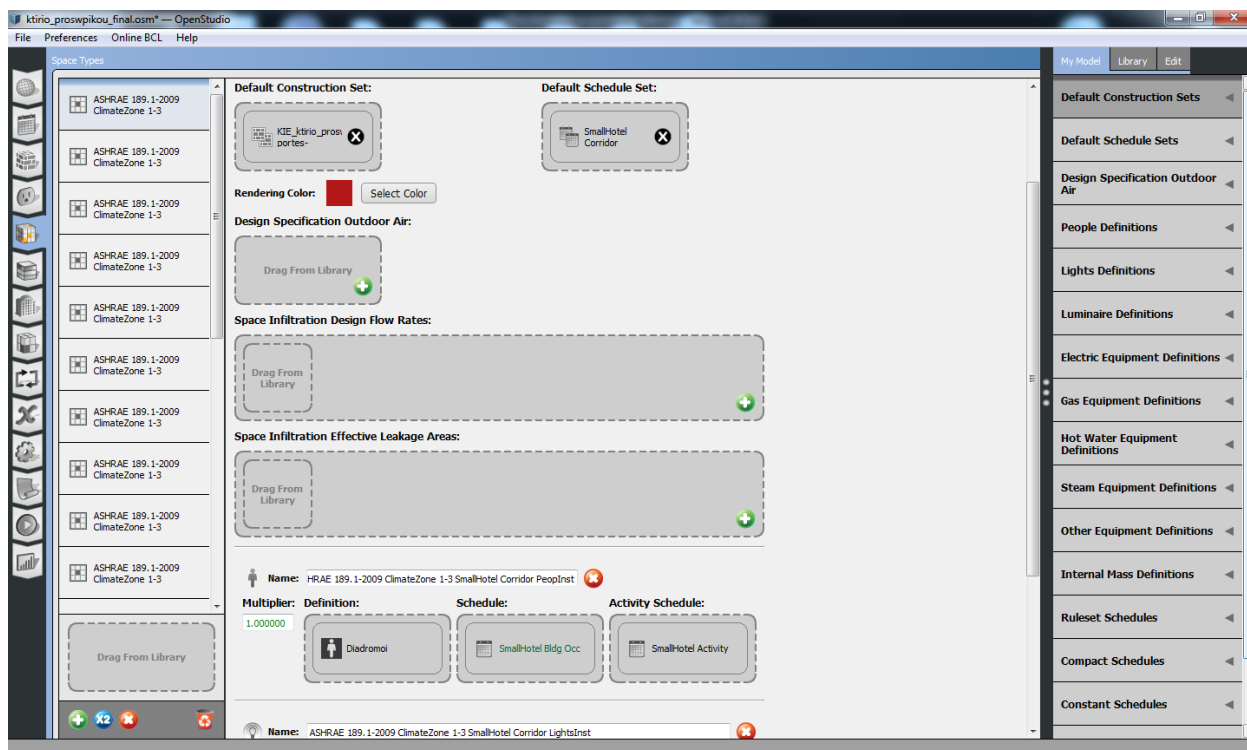


Εικόνα 2.17


Ανάλογα με την κατηγορία που θα επιλέξουμε, αλλάζουν και τα πεδία εισαγωγής στον κεντρικό τομέα. Εδώ θα χρησιμοποιηθούν οι τυπικές τιμές για πλήθος ατόμων ανά χώρο και για ενέργεια φωτισμού, όπως προκύπτουν από τους πίνακες 2.3 και 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.


## 2.6 Space Types (Είδη Χώρων)

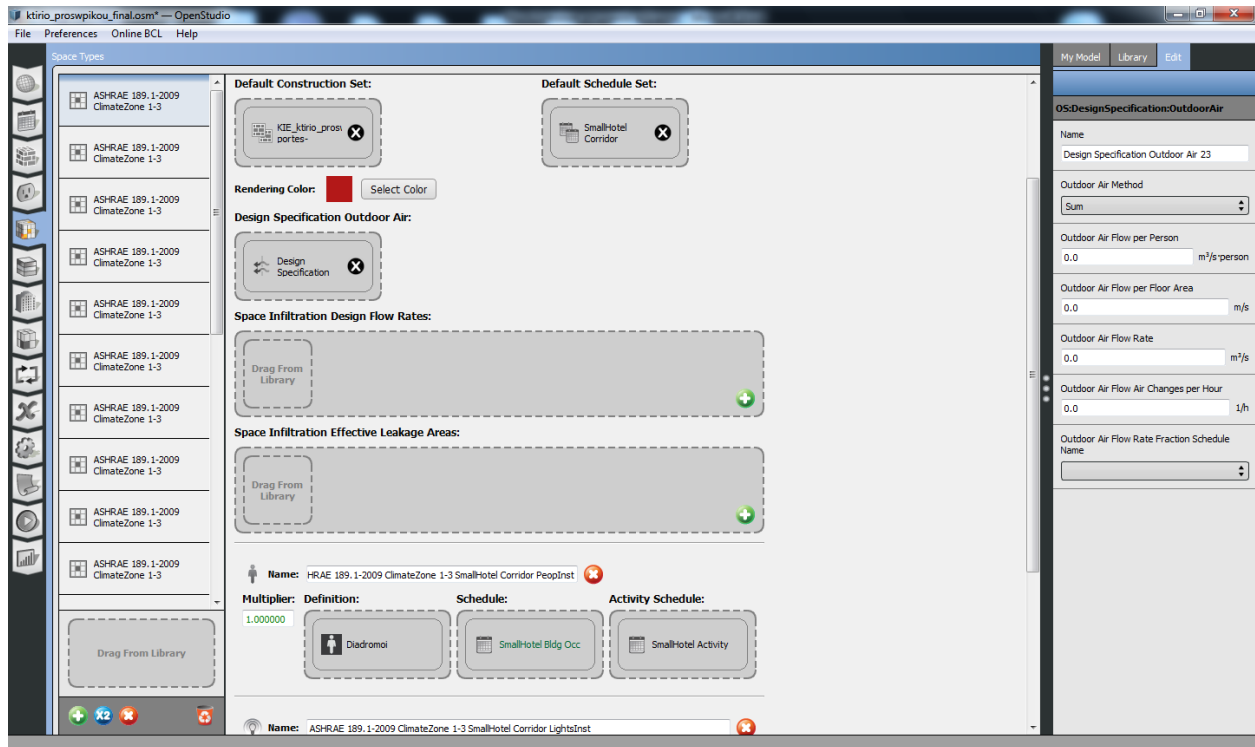
Στην καρτέλα αυτή μπορούμε εφαρμόσουμε τις κατασκευές (Constructions), τα φορτία (Internal Loads), τα σετ χρονοδιαγραμμάτων (Schedule Sets), καθώς και τον αερισμό, ανά χρήση χώρου.



Εικόνα 2.18

Με το πλήκτρο  δημιουργείται μια χρήση χώρου στην αριστερή πλευρά της οθόνης, και στη συνέχεια μπορούμε να σύρουμε στοιχεία από την δεξιά πλευρά στα κενά κελιά, και να ορίσουμε τα Construction Sets και τα Schedule Sets. Στην κάτω πλευρά της οθόνης, μπορούμε να σύρουμε τα φορτία (τα οποία έχουν δημιουργηθεί στην καρτέλα Loads) και να τα αντιστοιχίσουμε στον χώρο. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο κελί Activity Schedule τοποθετείται ένα διάγραμμα (Schedule) το οποίο δείχνει την ενέργεια που παράγεται από τα άτομα τα οποία βρίσκονται μέσα στον χώρο, σε Watt/άτομο (εδώ 120 W/Person).

Για να οριστεί ο αερισμός αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο  στο πεδίο Design Specification Outdoor Air.



Εικόνα 2.19

Το πεδίο αυτό παύει να είναι κενό, και αφού κάνουμε κλικ πάνω σε αυτό, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο στην αριστερή πλευρά της σελίδας

My Model Library Edit

**OS:DesignSpecification:OutdoorAir**

Name  
Design Specification Outdoor Air 23

Outdoor Air Method  
Sum

Outdoor Air Flow per Person  
0.0 m<sup>3</sup>/s-person

Outdoor Air Flow per Floor Area  
0.0 m/s

Outdoor Air Flow Rate  
0.0 m<sup>3</sup>/s

Outdoor Air Flow Air Changes per Hour  
0.0 1/h

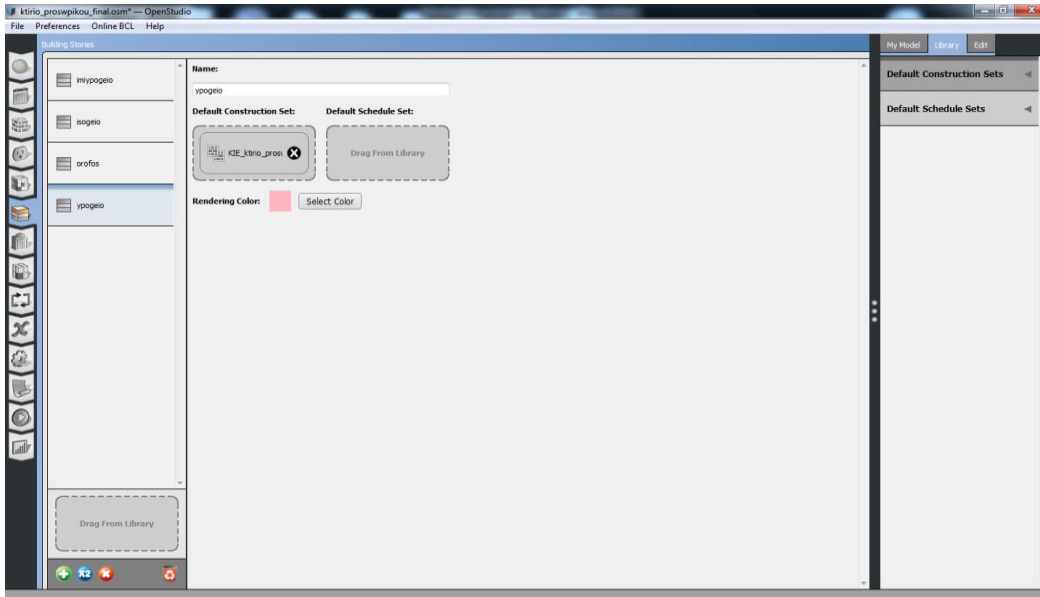
Outdoor Air Flow Rate Fraction Schedule Name

**Εικόνα 2.20: Ορισμός Φυσικού Αερισμού**

Εδώ μπορούμε να ορίσουμε τον νωπό αέρα ο οποίος εισέρχεται στον χώρο με τέσσερις διαφορετικούς τρόπους. Στο πεδίο Outdoor Air Method μπορούμε να ορίσουμε στο πρόγραμμα να επιλέγει για αερισμό είτε το άθροισμα των παρακάτω πεδίων (επιλογή Sum), είτε την μέγιστη τιμή από αυτά (επιλογή Max). Σε περίπτωση που θέλουμε ο αερισμός να είναι μεταβλητός, εισάγουμε ένα Ruleset Schedule (δημιουργείται στην καρτέλα Schedules) στο πεδίο Outdoor Air Flow Rate Fraction Schedule Name (η τιμή του πρέπει να είναι μεταξύ του 0 και 1, αφού συμβολίζει το ποσοστό του αερισμού που έχουμε ορίσει παραπάνω).

## **2.7 Building Stories (Όροφοι)**

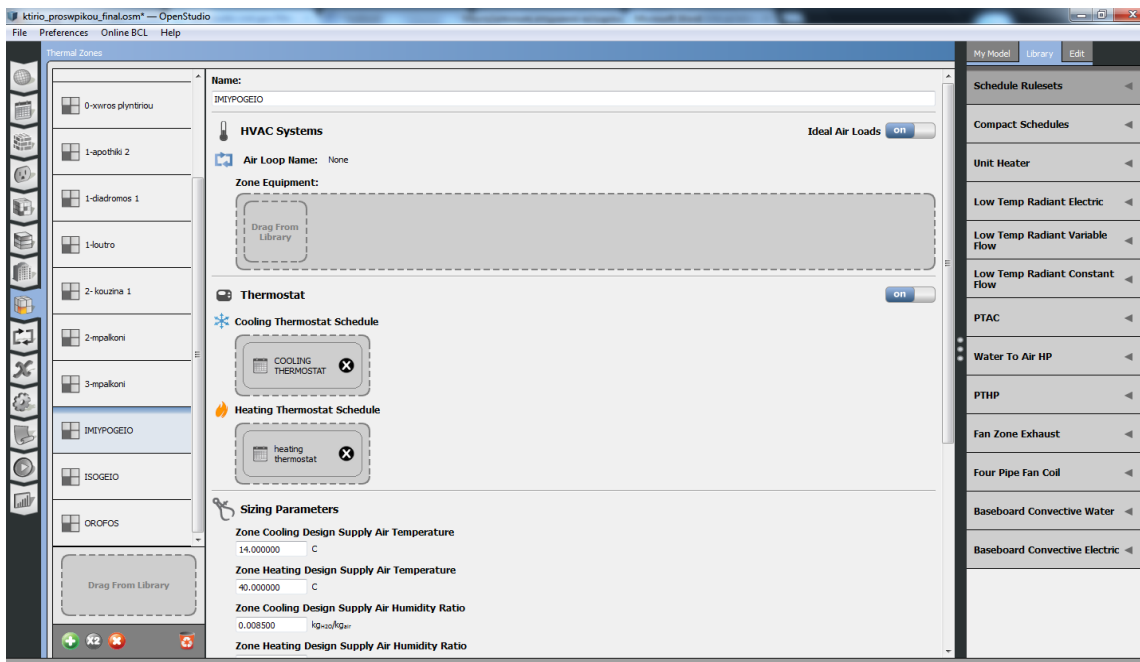
Σε αυτή την καρτέλα ορίζονται (προαιρετικά) τα Construction Sets και τα Schedule Sets που εφαρμόζονται ανά όροφο.



Εικόνα 2.21

## 2.8 Thermal Zones (Θερμικές Ζώνες)

Σε αυτήν την καρτέλα μπορούμε να ορίσουμε τα συστήματα θέρμανσης/ψύξης (αν υπάρχουν) για κάθε θερμική ζώνη του μοντέλου ξεχωριστά.

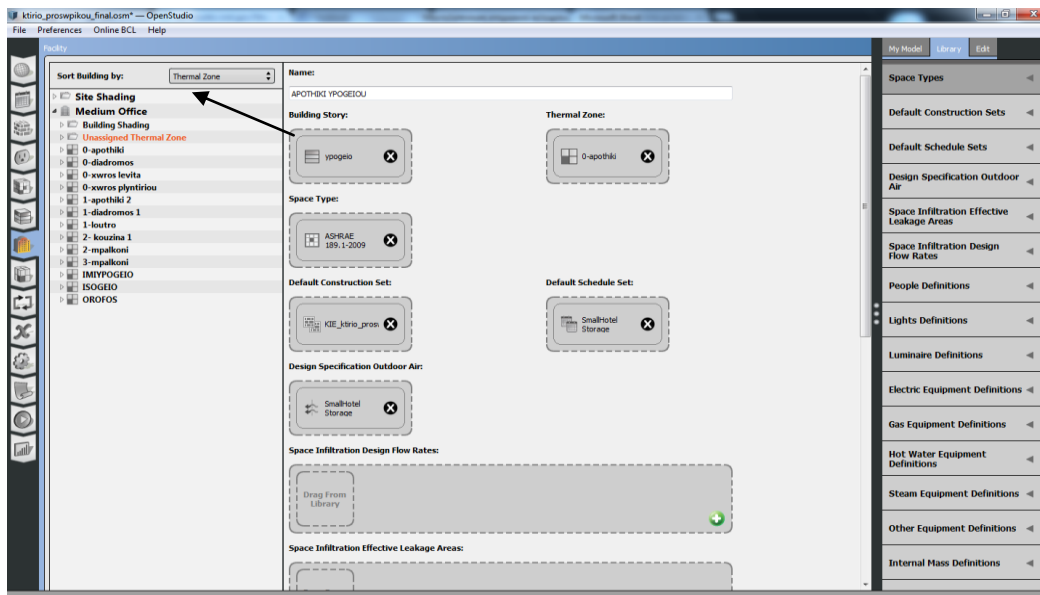


Εικόνα 2.22

Αρχικά φέρνουμε το πλήκτρο Thermostat στη θέση On, και στη συνέχεια σέρνουμε τα Schedule των θερμοστατών ψύξης και θέρμανσης στα πεδία Cooling Thermostat Schedule και Heating Thermostat Schedule αντίστοιχα (απαιτούνται και τα δύο πεδία συμπληρωμένα). Στη συνέχεια φέρνουμε το πλήκτρο Ideal Air Loads στη θέση On, και με αυτόν τον τρόπο η προσομοίωση θα μας επιστρέψει τα καθαρά ποσά ενέργειας που θα χρειαστεί η θερμική ζώνη για ψύξη και θέρμανση αντίστοιχα. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει σύστημα θέρμανσης ή ψύξης στη θερμική ζώνη, αρκεί να ορίσουμε τον θερμοστάτη σε μια τιμή η οποία δεν πρόκειται να τον ενεργοποιήσει ποτέ (για παράδειγμα θερμοστάτης ψύξης στους 90°C). Εάν δεν υπάρχει ούτε σύστημα ψύξης, ούτε σύστημα θέρμανσης στη θερμική ζώνη, αρκεί να αφήσουμε τα πλήκτρα Ideal Air Loads και Thermostat στη θέση Off. Παρακάτω στην καρτέλα βρίσκονται παράμετροι ρύθμισης των συστημάτων HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) τα οποία δεν θα μοντελοποιηθούν διότι η λειτουργία τους είναι ιδιαίτερα προβληματική στη παρούσα έκδοση του OpenStudio

## 2.9 Facility (Εγκατάσταση)

Στην καρτέλα αυτή μπορούμε να δούμε την δομή του μοντέλου μας ανά όροφο (Building Story), θερμική ζώνη (Thermal Zone) ή χρήση χώρου (Space Type), επιλέγοντας το αντίστοιχο από το πεδίο Sort Building By.

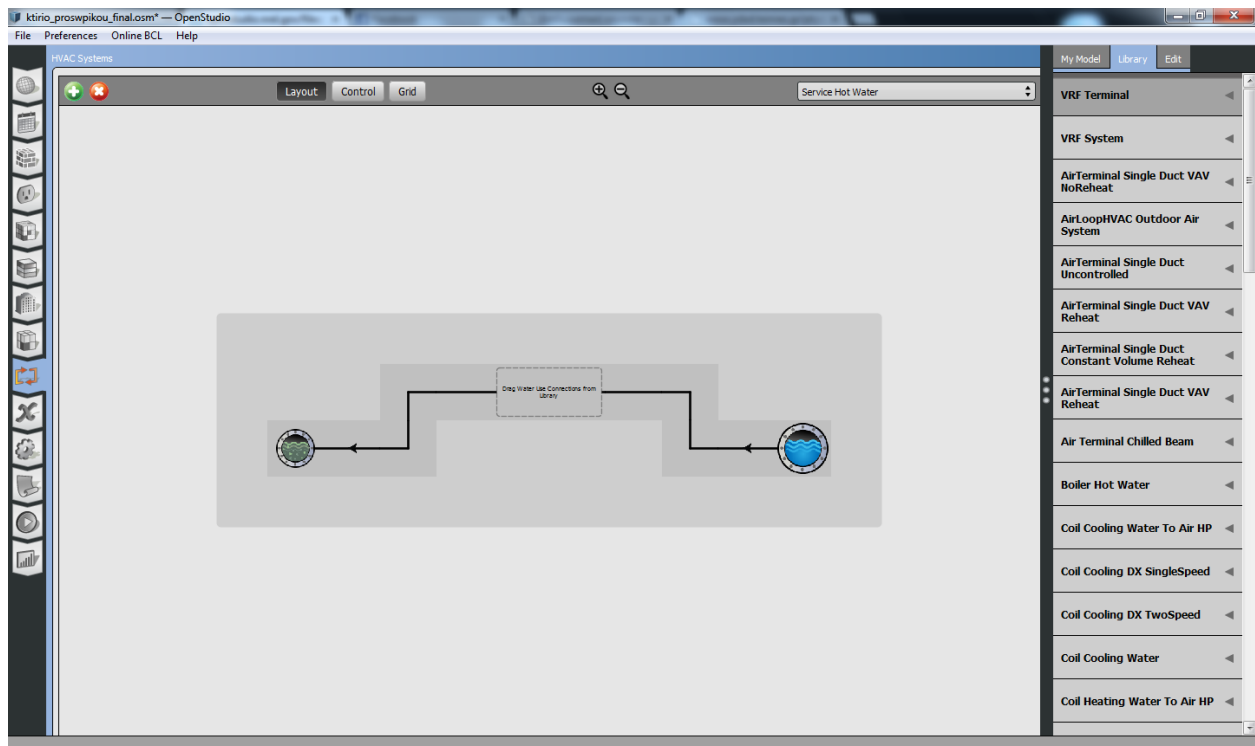


Εικόνα 2.23

Σε αυτή την καρτέλα μπορούμε να ελέγξουμε όλες τις παραμέτρους της του μοντέλου, καθώς και να κάνουμε τροποποιήσεις, καθώς μα δίνει μια συνοπτική, ιεραρχικά καταναμημένη εικόνα του κτηρίου προς μοντελοποίηση. Για παράδειγμα στο πεδίο Unassigned Thermal Zone φαίνονται οι χώροι του κτηρίου στους οποίους δεν έχει αντιστοιχιστεί κάποια θερμική ζώνη.

## 2.10 HVAC (Συστήματα Θέρμανσης, Αερισμού, Κλιματισμού)

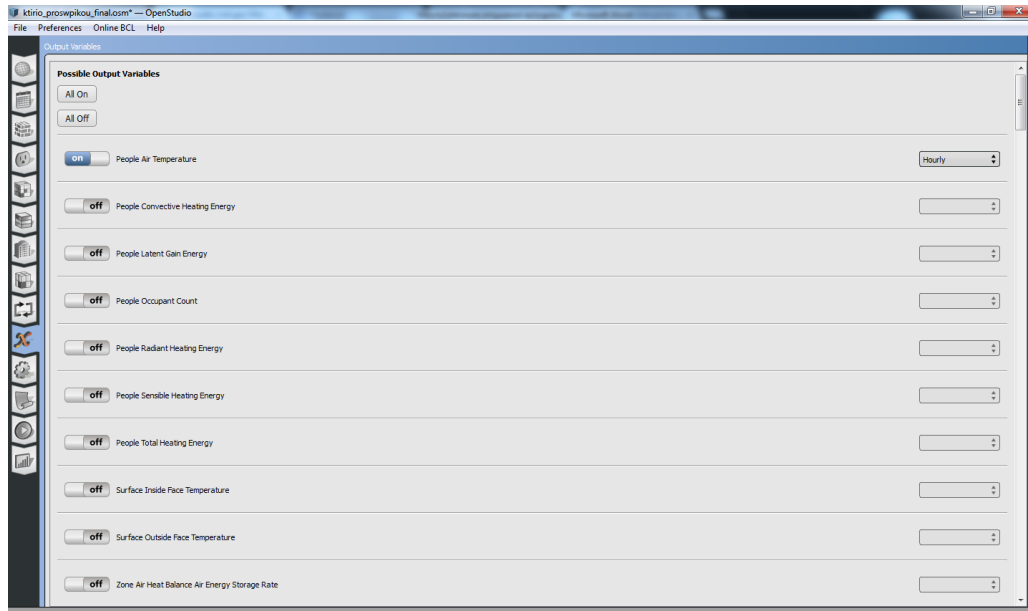
Στην καρτέλα αυτή γίνεται η δημιουργία συστημάτων Θέρμανσης/Ψύξης και Αερισμού.



Εικόνα 2.24

## 2.11 Output Variables (Μεταβλητές Εξόδου)

Στην καρτέλα αυτή γίνεται ο ορισμός των μεταβλητών τις οποίες θα επιστρέψει η προσομοίωση καθώς και η συχνότητα επιστροφής δεδομένων.

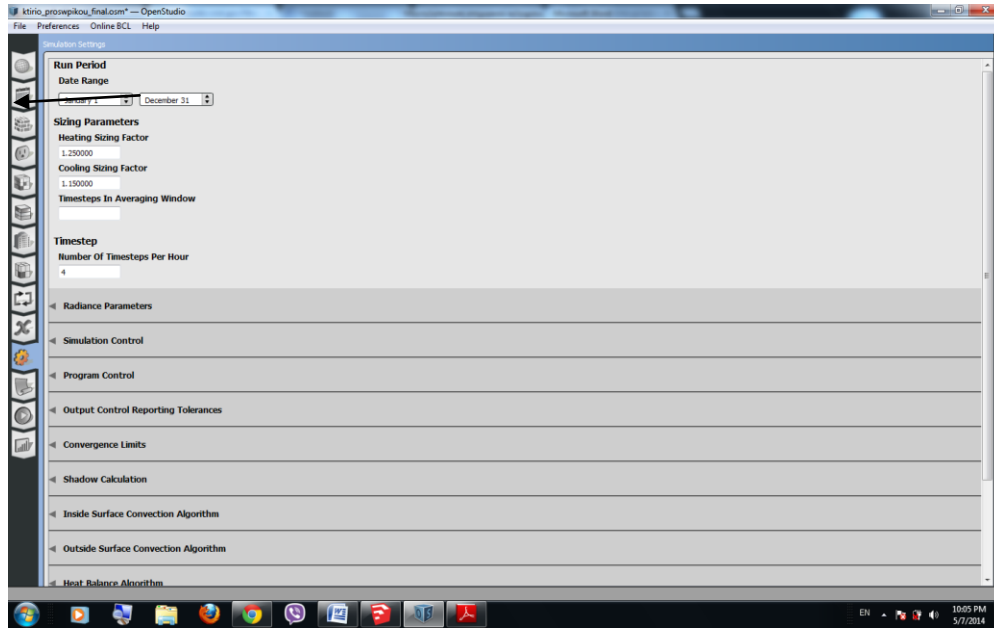


Εικόνα 2.25

## 2.12 Simulation Settings (Ρυθμίσεις Προσομοίωσης)

Σε αυτή την καρτέλα γίνονται εξειδικευμένες ρυθμίσεις για την προσομοίωση του μοντέλου που έχουμε δημιουργήσει. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο πεδίο Date Range μπορούμε να αλλάξουμε την διάρκεια της προσομοίωσης, σε περίπτωση που δεν επιθυμούμε προσομοίωση ενός ολόκληρου ημερολογιακού έτους.

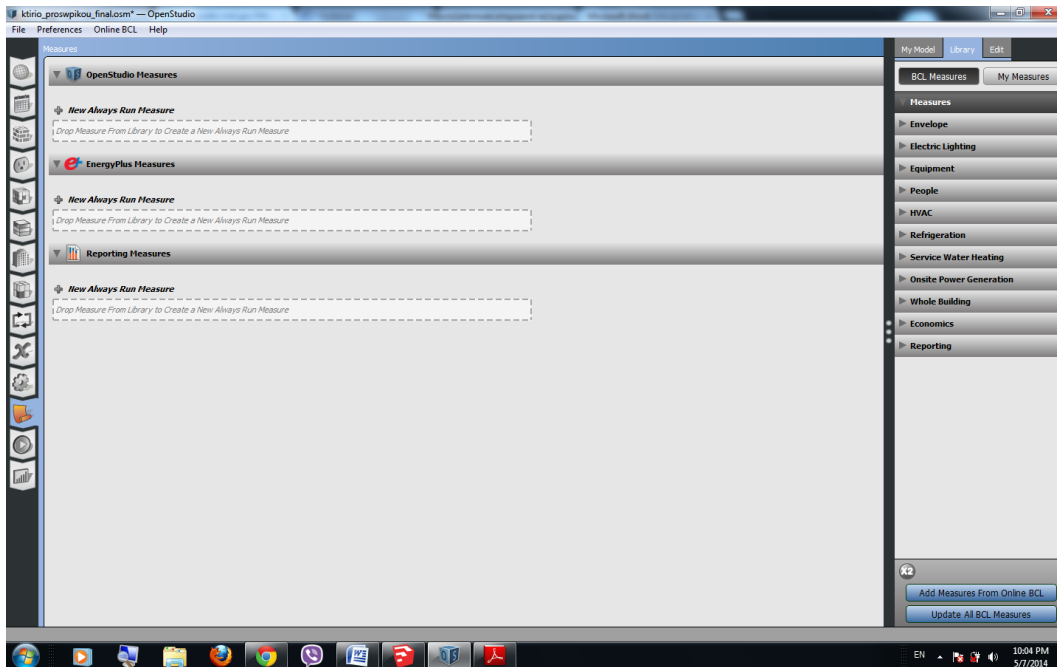




Εικόνα 2.26


## 2.13 Scripts/Measures

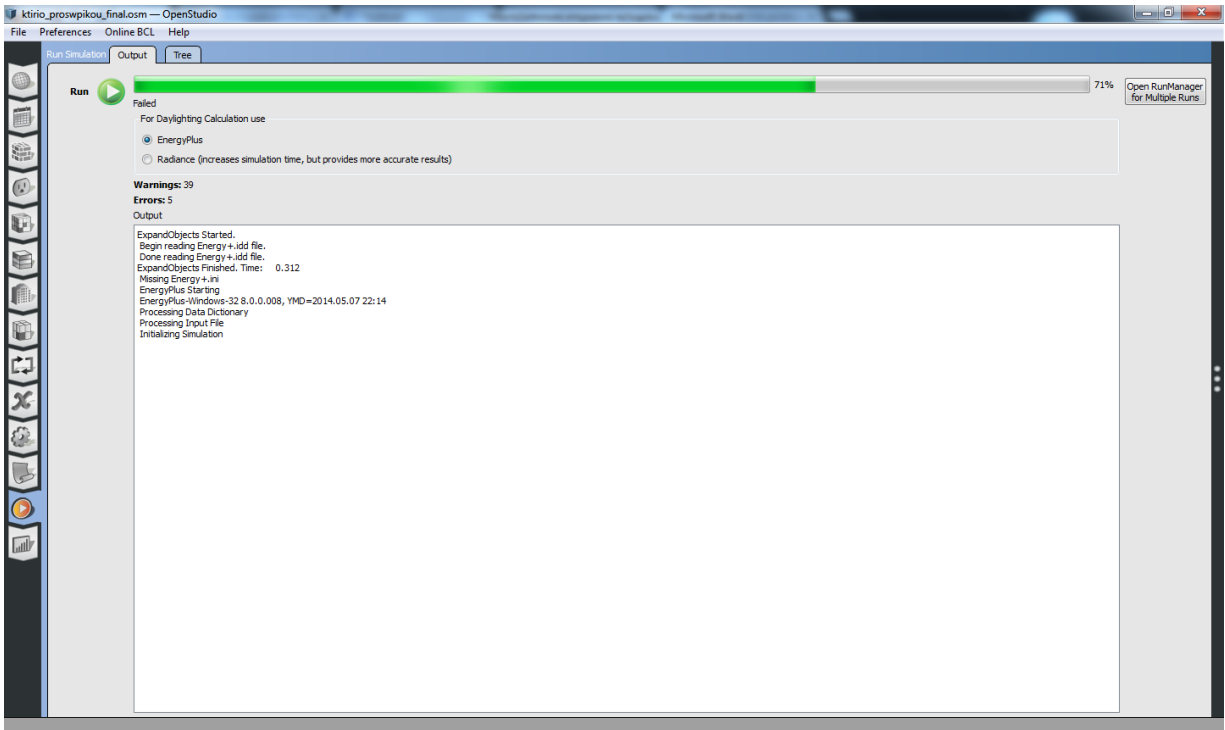
Η καρτέλα αυτή επιτρέπει στον χρήστη να εισάγει Scripts δημιουργημένα από τον ίδιο και να επεκτείνει τις δυνατότητες του OpenStudio, ανάλογα με τις δικές του απαιτήσεις.



Εικόνα 2.27

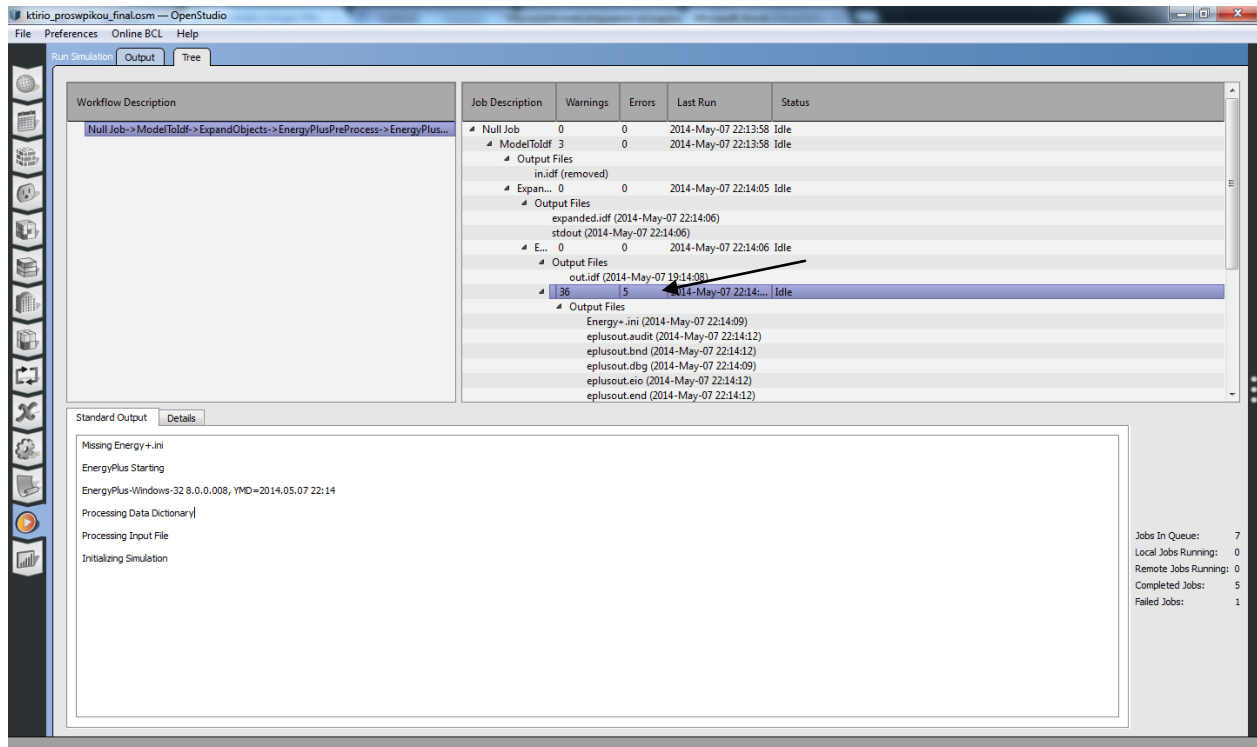
## 2.14 Run Simulation (Έναρξη Προσομοίωσης)

Πατώντας το  πλήκτρο γίνεται έλεγχος του μοντέλου για σφάλματα και στη συνέχεια γίνεται έναρξη της προσομοίωσης. Εάν εμφανιστεί κάποιο σφάλμα, εμφανίζεται το μήνυμα Failed.



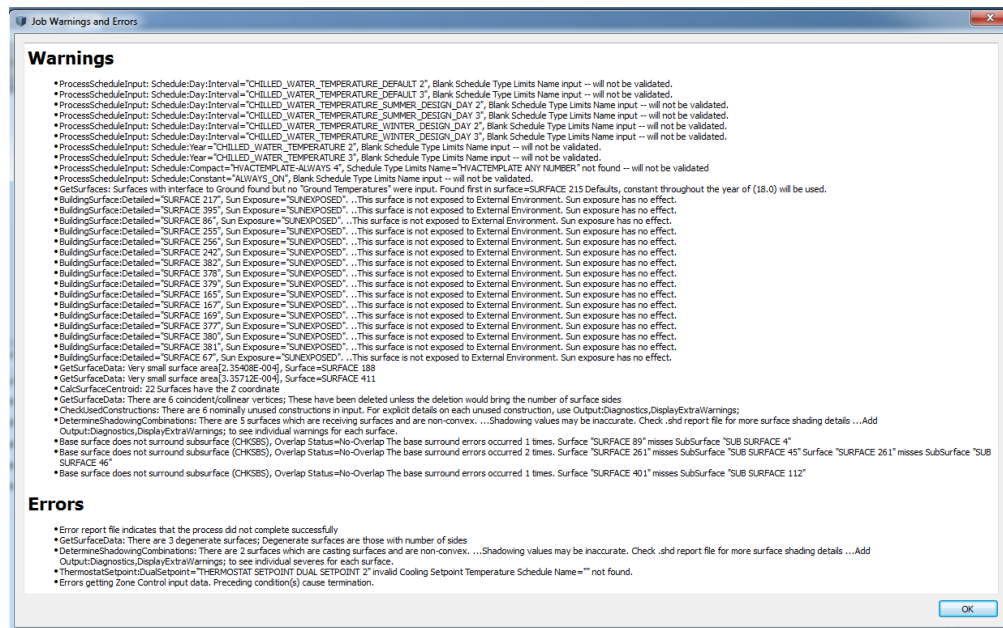
Εικόνα 2.28

Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να μεταβούμε στην υποκαρτέλα tree και να ελέγξουμε σε ποιο σημείο της μοντελοποίησης έχουν γίνει σφάλματα (errors).



Εικόνα 2.29

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα φαίνεται ότι υπάρχουν πέντε errors. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στα errors και επιλέγοντας Show Job Warnings and Errors εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο.



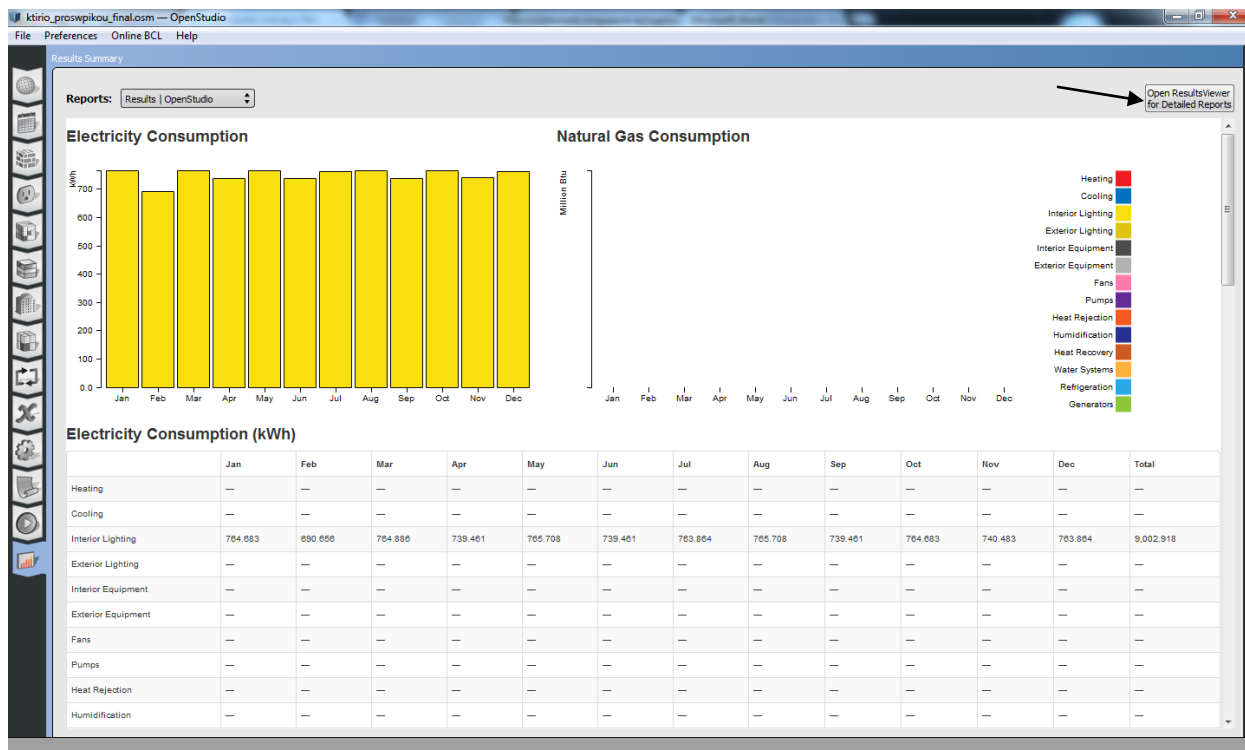
Εικόνα 2.30

Στην περιοχή Warnings σημειώνονται προειδοποιήσεις οι οποίες δεν επηρεάζουν την ολοκλήρωση της προσομοίωσης, και τις περισσότερες φορές σημειώνονται οι παραδοχές που έχουν γίνει από το πρόγραμμα. Στην περιοχή Errors βρίσκονται σημειωμένα τα σφάλματα τα οποία πρέπει να διορθωθούν έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η προσομοίωση.

Αφού διορθωθούν τα σφάλματα και ολοκληρωθεί η προσομοίωση, η προβολή των αποτελεσμάτων γίνεται στην επόμενη καρτέλα.

## 2.15 Results Summary (Συνοπτικά Αποτελέσματα)

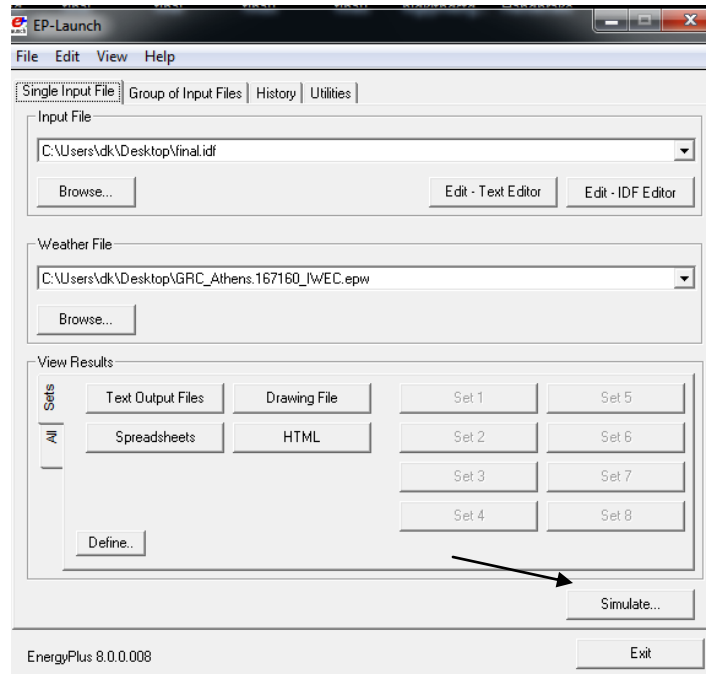
Σε αυτή την καρτέλα βρίσκονται συνοψισμένα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 2.31

Για πιο αναλυτικά αποτελέσματα αρκεί να πατήσουμε το πλήκτρο Open Results Viewer for Detailed Reports στην επάνω δεξιά πλευρά της οθόνης.

Εναλλακτικά, μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την προσομοίωση του κτηριακού μοντέλου εκτός του OpenStudio, με το EnergyPlus. Αυτό γίνεται πατώντας στην γραμμή Menu του OpenStudio: File>Export IDF. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα αρχείο .idf, το οποίο είναι αρχείο εισόδου του EnergyPlus. Ανοίγοντας το αρχείο αυτό εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



**Εικόνα 2.32**

Αφού επιλέξουμε αρχείο καιρού (Weather File), και πατήσουμε το πλήκτρο Simulate στην κάτω δεξιά πλευρά του παραθύρου, πραγματοποιείται η προσομοίωση. Στη συνέχεια μπορούμε να προβάλουμε τα αποτελέσματα αναλυτικά σε υπολογιστικά φύλλα πατώντας το πλήκτρο Spreadsheets.

# Κεφάλαιο 3

## Γενική Περιγραφή κτηρίων

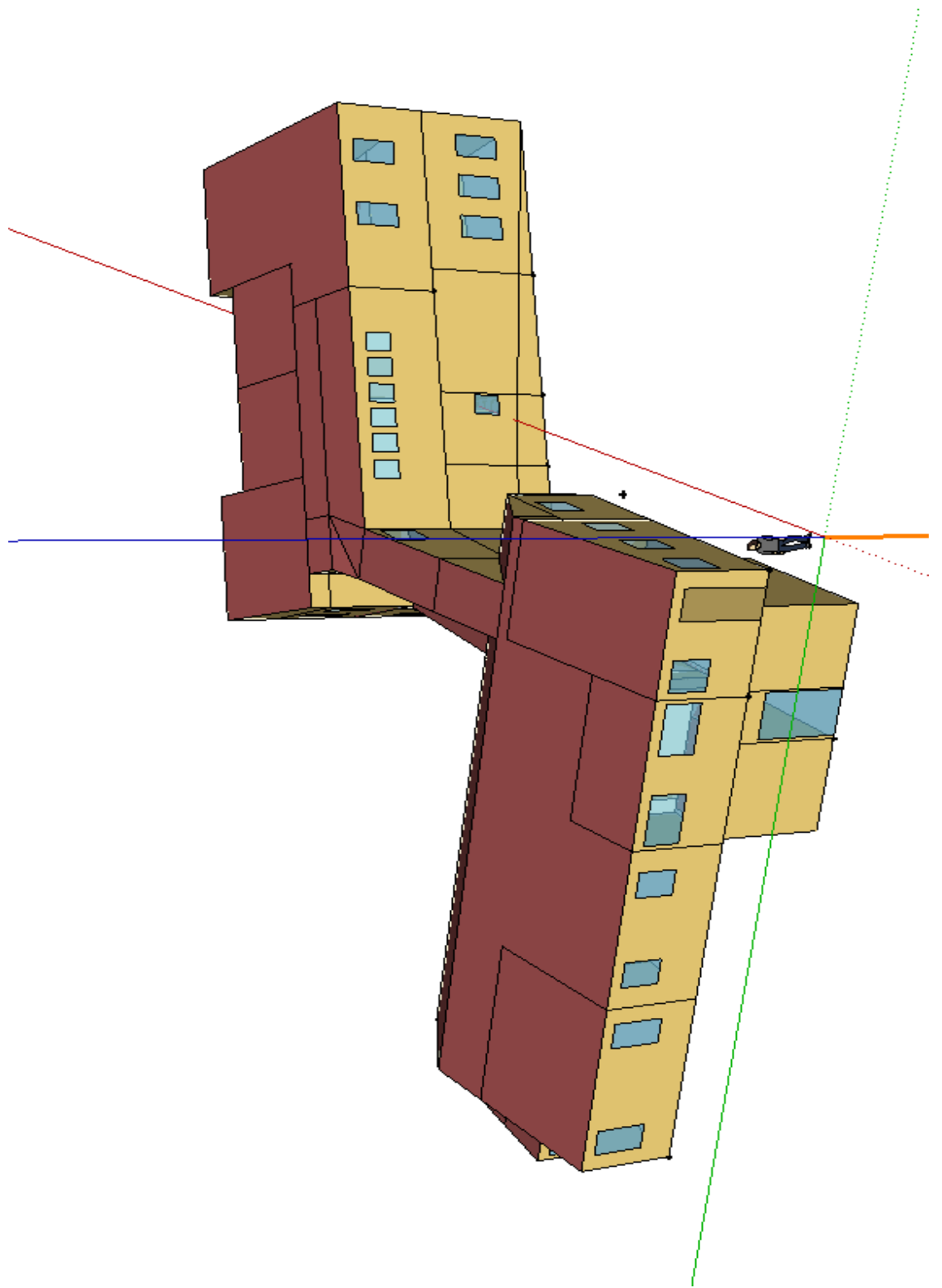
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η καταγραφή των τεχνικών χαρακτηριστικών των κτηρίων, όπως η θέση και οι διαστάσεις τους, τα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και των κουφωμάτων τους, τα συστήματα θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, καθώς και οι τύποι των εγκατεστημένων φωτιστικών σωμάτων. Στη συνέχεια υπολογίζονται οι συντελεστές θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων και των κουφωμάτων, οι συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους κουφωμάτων, ο αερισμός και η απαιτούμενη ενέργεια φωτισμού ανά χρήση χώρου.

### 3.1 Κτήριο Προσωπικού



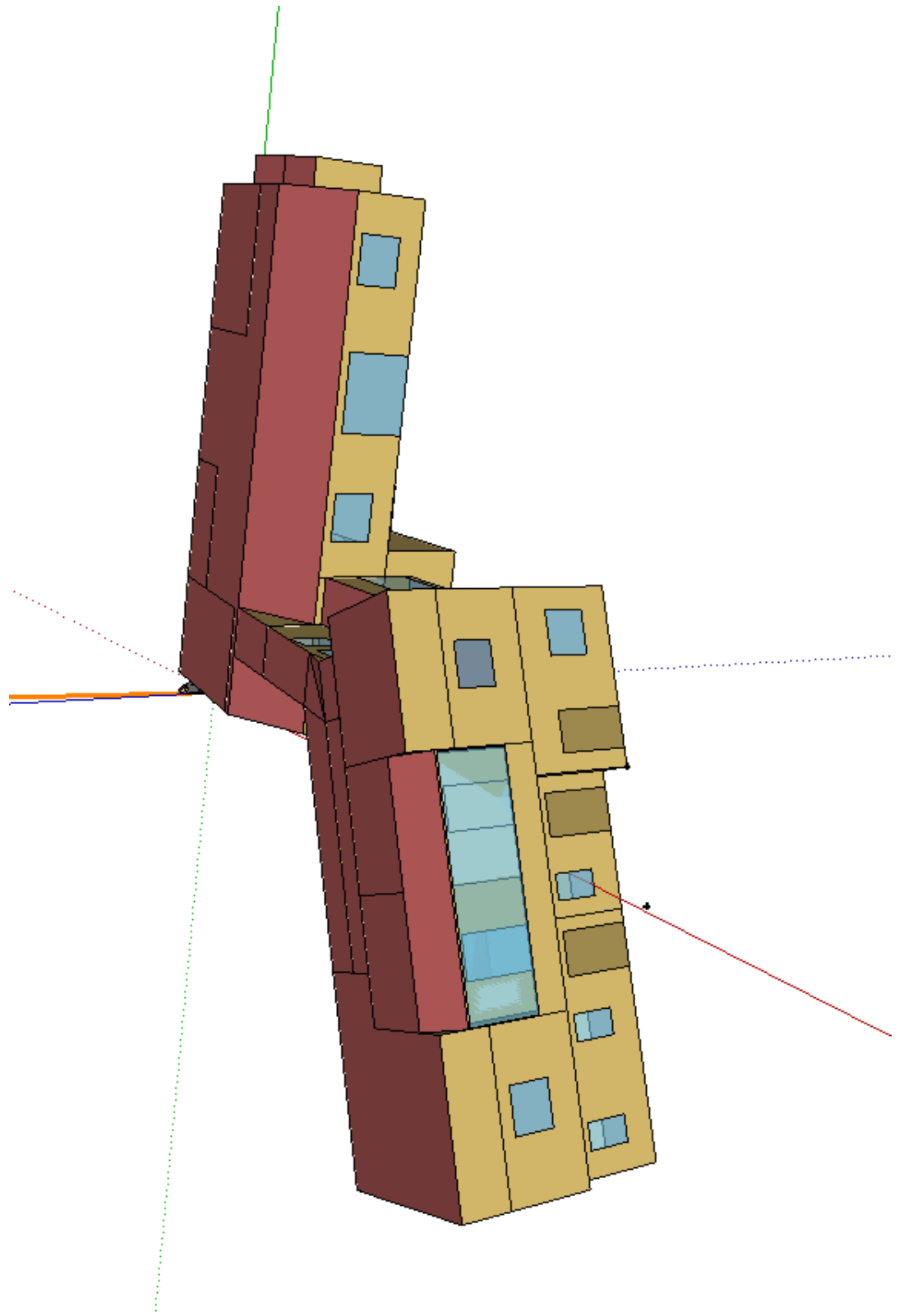
**Εικόνα 3.1: Βόρεια όψη Κτηρίου Προσωπικού**

Το κτήριο αυτό βρίσκεται στο νότιο άκρο των εγκαταστάσεων του ΚΙΕ σε υψόμετρο 994 μέτρων και αποτελείται από τέσσερα επίπεδα (υπόγειο, ημιυπόγειο, ισόγειο, όροφος) συνολικού εμβαδού  $430,73\text{m}^2$ . Στο υπόγειο ( $46,44\text{m}^2$ ) στεγάζεται το λεβητοστάσιο μαζί με βοηθητικούς χώρους. Στο ημιυπόγειο ( $111,31\text{m}^2$ ) στεγάζονται υπνοδωμάτια, αποθηκευτικοί χώροι καθώς και ένα κοινόχρηστο λουτρό. Στο ισόγειο ( $152,55\text{m}^2$ ) στεγάζεται ένα μεγάλο καθιστικό, ένας χώρος γραφείου και δύο χώροι που χρησιμοποιούνται ως κουζίνα. Τέλος, στον όροφο του κτηρίου προσωπικού ( $120,43\text{m}^2$ ) στεγάζονται μόνο υπνοδωμάτια και ένα μεγάλο κοινόχρηστο λουτρό. Τα παράθυρα όλα αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες πάχους 3mm με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και καλύπτουν το 16,08% της επιφάνειας του κτηρίου. Οι εξωτερικές πόρτες είναι χαλύβδινες, εκτός από ορισμένες οι οποίες είναι αλουμινένιες με μονό υαλοπίνακα πάχους 3mm, και οι εσωτερικές είναι ξύλινες. Στο ισόγειο και στον όροφο έχουν διαμορφωθεί ηλιακοί χώροι οι οποίοι συμβάλλουν στην θέρμανση του κτηρίου την χειμερινή περίοδο. Οι ενεργειακές ανάγκες του κτηρίου σε ηλεκτρισμό (όπως και των υπόλοιπων εγκαταστάσεων του ΚΙΕ) καλύπτονται από το δίκτυο, ενώ οι ανάγκες σε θέρμανση καλύπτονται αποκλειστικά από έναν λέβητα  $125000\text{ kcal/h}$  ο οποίος βρίσκεται στο υπόγειο του κτηρίου, και μια ανοικτή εστία καύσης (τζάκι) στο ισόγειο.

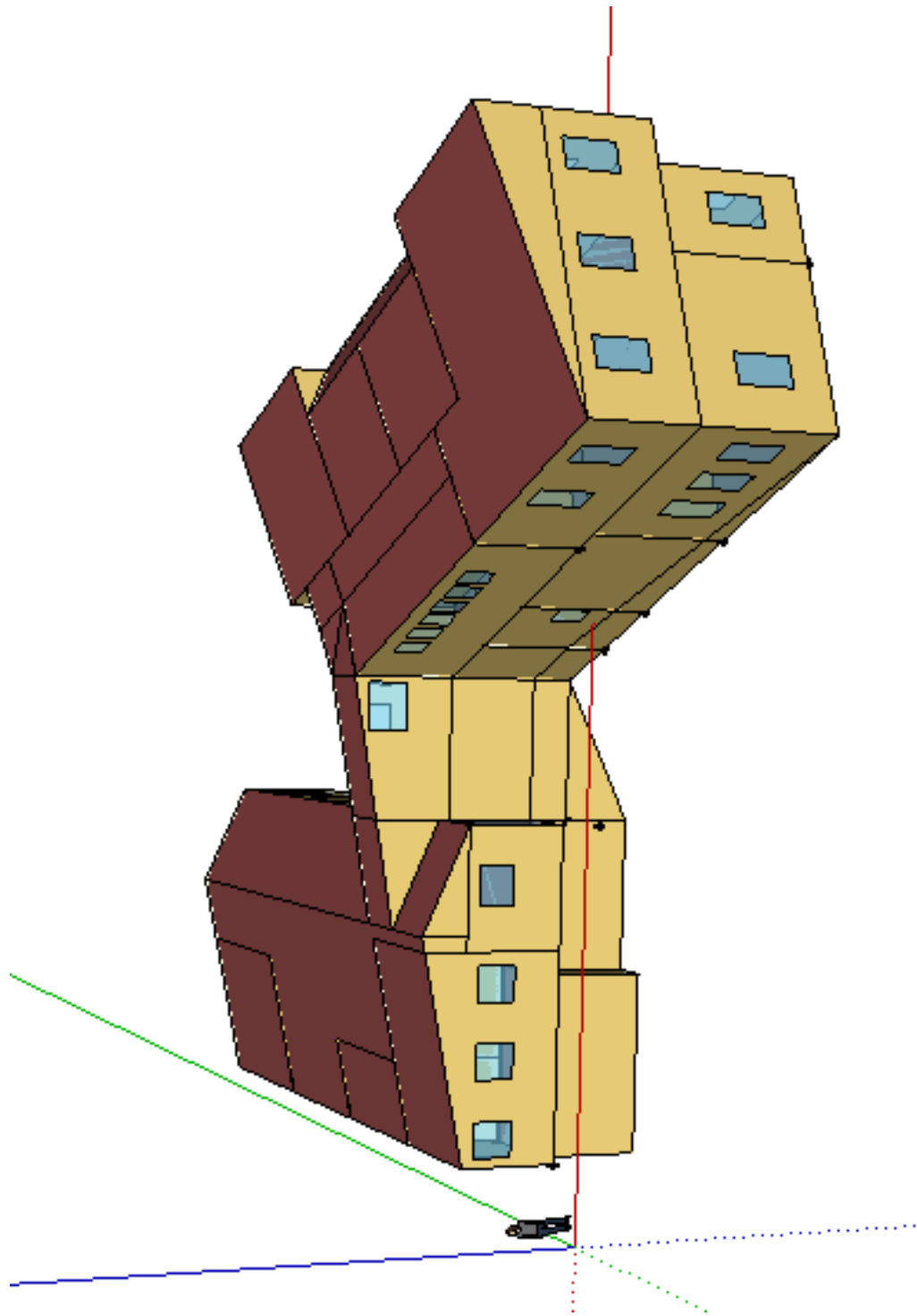


Εικόνα 3.2: Βόρεια όψη Κτηρίου Προσωπικού

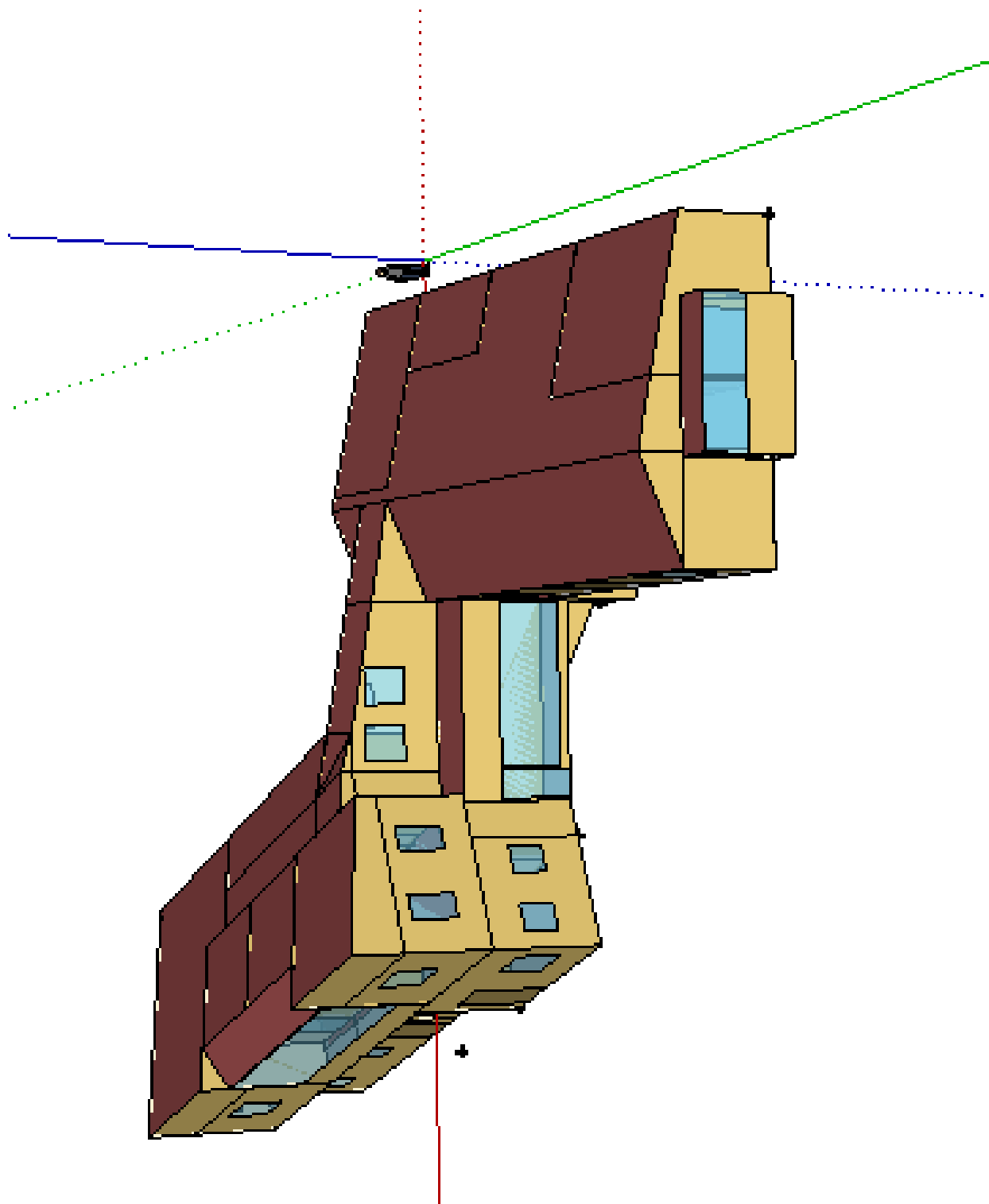




**Εικόνα 3.3: Νότια όψη Κτηρίου Προσωπικού**



**Εικόνα 3.4: Δυτική Όψη Κτηρίου Προσωπικού**



**Εικόνα 3.5: Ανατολική Όψη Κτηρίου Προσωπικού**

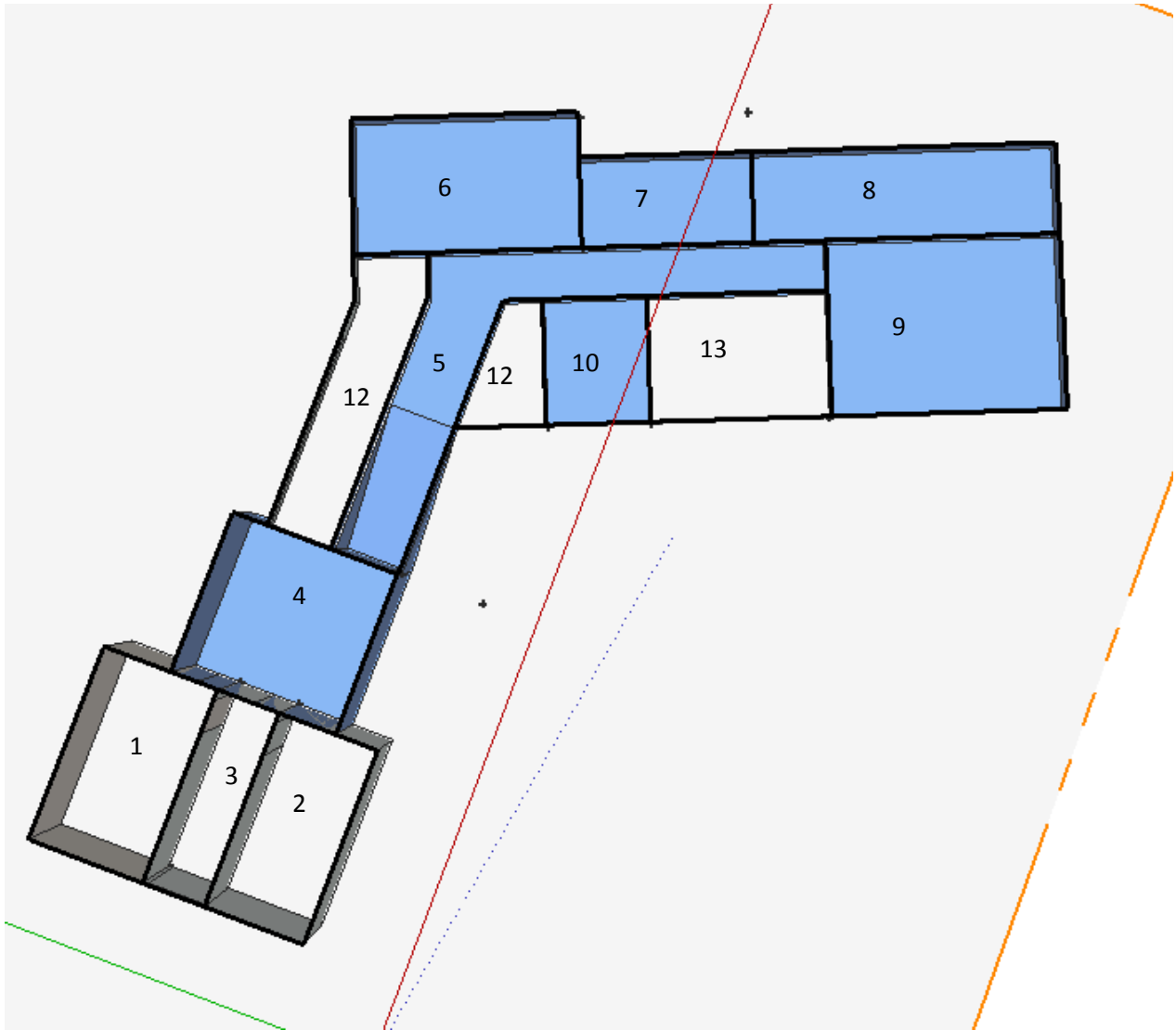
### 3.1.1 Διαχωρισμός σε Θερμικές Ζώνες

Το κτήριο προσωπικού χωρίστηκε συνολικά σε 24 θερμικές ζώνες. Εφ' όσον στο κτήριο αυτό υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, θεωρήθηκε σκόπιμο να ομαδοποιηθούν οι θερμικές ζώνες σε τρεις, όσες δηλαδή και οι ανεξάρτητες ζώνες του συστήματος θέρμανσης.

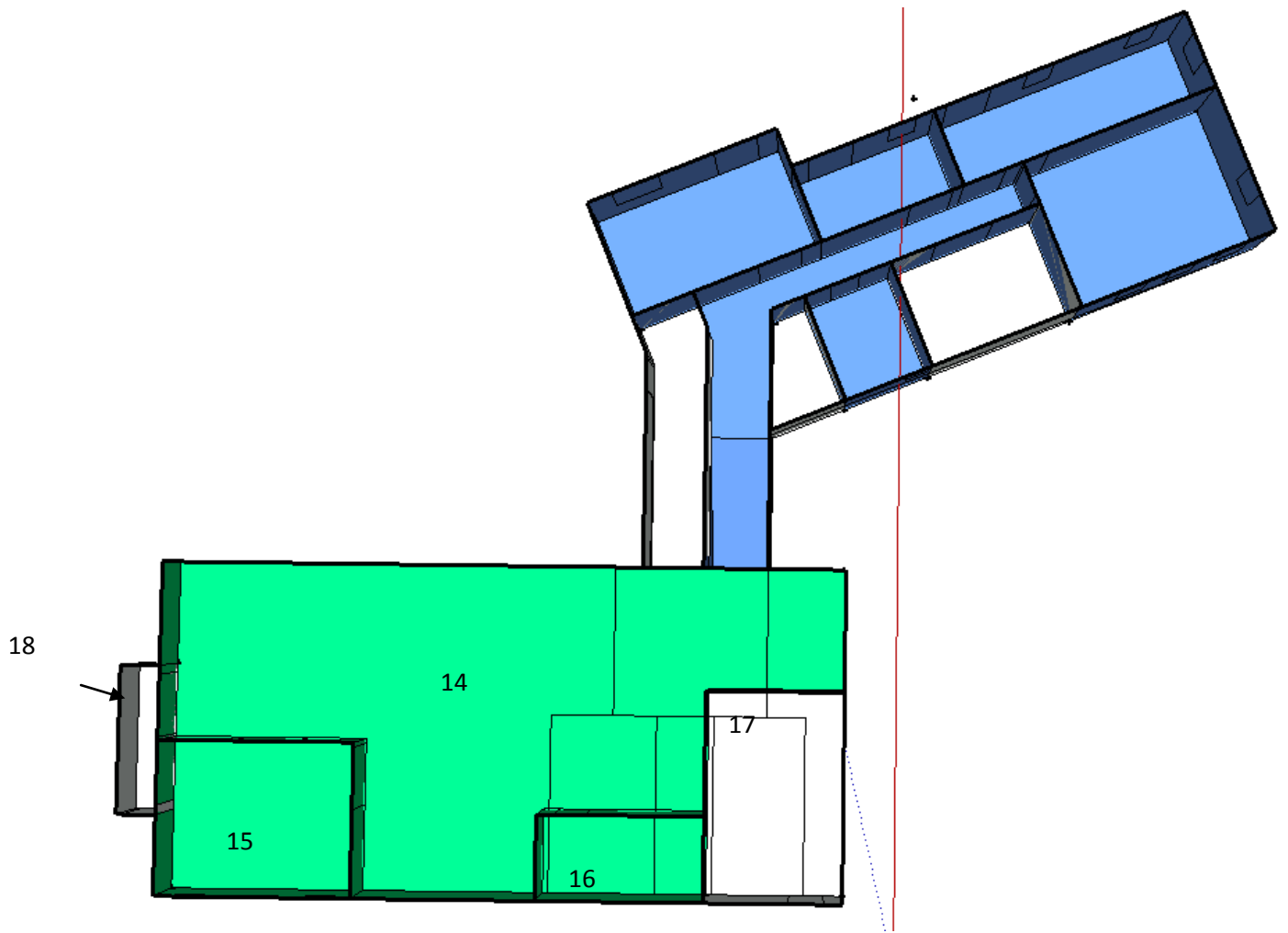
Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διαμόρφωση των θερμικών ζωνών, η χρήση του κάθε χώρου, καθώς και οι διαστάσεις του.

**Πίνακας 3.1.1: Διαμόρφωση Θερμικών Ζωνών Κτηρίου Προσωπικού**

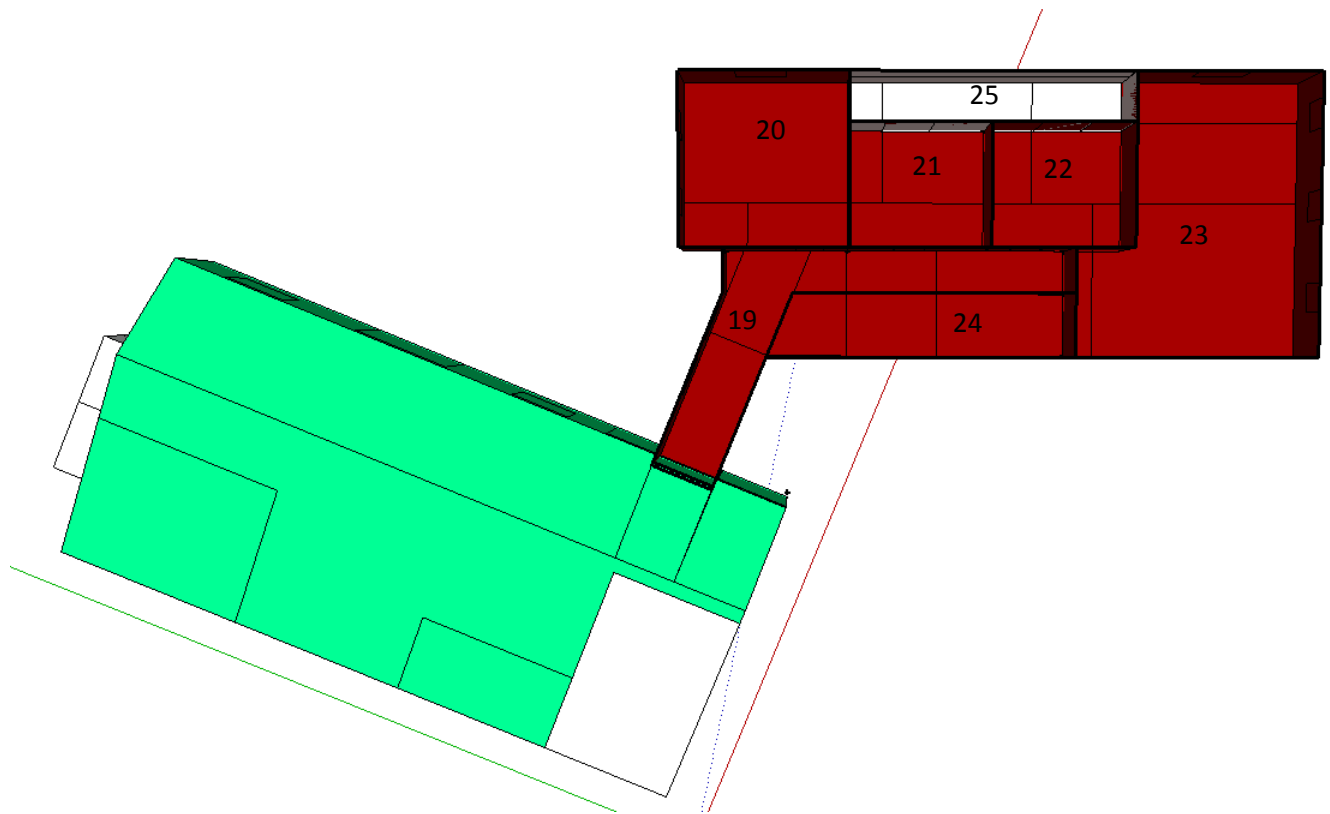
		Αρίθμηση Ζώνης	Χρήση Χώρου	Εμβαδόν Χώρου	Όγκος Χώρου	Θερμαινόμενη Ζώνη	Παρατηρήσεις Σχόλια
Ζώνη Θέρμανσης Ημιυπόγειου	Υπόγειο	1	Λεβητοστάσιο	12,83	34,63	Όχι	
		2	Βοηθητικός Χώρος - Πλυντήριο	11,11	30,00	Όχι	
		3	Διάδρομος	6,95	18,76	Όχι	
		4	Βοηθητικός Χώρος	15,56	42,00	Ναι	
	Ημιυπόγειο	5	Διάδρομος	10,82	35,15	Ναι	
		6	Υπνοδωμάτιο	16,67	54,17	Ναι	
		7	Υπνοδωμάτιο	8,38	27,24	Ναι	
		8	Υπνοδωμάτιο	14,88	48,36	Ναι	
		9	Υπνοδωμάτιο	21,92	71,24	Ναι	
		10	Υπνοδωμάτιο	6,96	22,62	Ναι	
		11	Αποθήκη	4,36	14,17	Όχι	
		12	Διάδρομος	10,82	35,15	Όχι	
		13	Λουτρό	12,04	39,11	Όχι	
Ζώνη Θέρμανσης Ισογείου	Ισόγειο	14	Κοινόχρηστος χώρος – Καθιστικό	201,36	267,28	Ναι	Διαθέτει τζάκι
		15	Βιβλιοθήκη – Γραφείο	19,75	57,52	Ναι	
		16	Κουζίνα	9,31	25,39	Ναι	
		17	Κουζίνα	19,01	58,18	Όχι	
		18	Ηλιακός Χώρος	3,80	9,50	Όχι	
Ζώνη Θέρμανσης Ορόφου	Όροφος	19	Διάδρομος	18,59	51,71	Ναι	
		20	Υπνοδωμάτιο	19,27	70,80	Ναι	
		21	Υπνοδωμάτιο	11,44	40,49	Ναι	
		22	Υπνοδωμάτιο	11,57	40,94	Ναι	
		23	Υπνοδωμάτιο	37,99	126,22	Ναι	
		24	Λουτρό	12,36	34,28	Ναι	
		25	Ηλιακός Χώρος	9,22	32,86	Όχι	



**Εικόνα 3.6: Ζώνη Θέρμανσης Ημιπογείου**



**Εικόνα 3.7: Ζώνη Θέρμανσης Ισογείου**



Εικόνα 3.8: Ζώνη Θέρμανσης Ορόφου

### 3.1.2 Κτηριακό Κέλυφος

Το κτήριο αυτό, όπως και τα υπόλοιπα κτήρια στις εγκαταστάσεις του ΚΙΕ ανεγέρθησαν την δεκαετία του 1970, οπότε ήταν πρακτικά αδύνατο να συγκεντρωθούν στοιχεία για αυτά από τον κατασκευαστή τους. Για αυτόν τον λόγο έγινε επιτόπια επιθεώρηση στις εγκαταστάσεις του ιδρύματος έτσι ώστε να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα για την μοντελοποίηση των κτηρίων. Πιο συγκεκριμένα, έγινε τοπογραφικό διάγραμμα για να καταγραφούν οι εξωτερικές διαστάσεις των κτηρίων και η σχετική τους θέση, μετρήθηκαν οι διαστάσεις των εσωτερικών χώρων, και έγινε τρυπανισμός σε ορισμένα σημεία της τοιχοποιίας για να διαπιστωθεί η αλληλουχία των υλικών. Για τον προσδιορισμό των ελλιπών δεδομένων έγιναν παραδοχές σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1, για κτήρια κατασκευασμένα πριν το 1979 και χωρίς θερμική μόνωση.

Από τα παραπάνω προέκυψαν οι εξής παρατηρήσεις:

- Η εξωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 300mm και αποτελείται από απλή δρομική οπτοπλιθοδομή επιχρισμένη και από τις δύο όψεις με τσιμεντοκονίαμα, χωρίς ύπαρξη θερμομόνωσης.
- Η εσωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 100mm, επίσης επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα και με απουσία θερμομόνωσης.
- Η οροφή αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 300mm, επιχρισμένη εσωτερικά με τσιμεντοκονίαμα και εξωτερικά καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου.
- Το πάτωμα αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 300mm καλυμμένη με κεραμικά πλακίδια.



**Εικόνα 3.9: Εμφανής Οπτοπλιθοδομή Τοιχοποιίας**





**Εικόνα 3.10: Οπλισμός Πλάκας Σκυροδέματος Οροφής**



**Εικόνα 3.11: Οροφή καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου**

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 3.1.2: Θερμοφυσικές Ιδιότητες Υλικών**

Ονομασία Υλικού	Πάχος (m)	Θερμική αγωγιμότητα (W/m*K)	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική Θερμοχωρητικότητα (J/kg*K)	Συντελεστής Απορρόφησης Θερμικής Ακτινοβολίας	Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας
Κενό αέρα 20mm	0,02	0,025	1,23	1008	0,2	0,7
Επίχρισμα εσωτερικού δαπέδου	0,05	1,4	2000	1100	0,2	0,6
Επίχρισμα οροφής	0,05	1,4	2000	1100	0,2	0,6
Επίχρισμα τοιχοποιίας	0,02	1,4	2000	1100	0,2	0,6
Φύλλο πόρτας κόντρα πλακέ	0,01	0,09	300	1600	0,2	0,8
Οπτοπλινθοδομή διάτρητη 160mm	0,16	0,45	1200	1000	0,2	0,6
Οπτοπλινθοδομή διάτρητη 80mm	0,08	0,45	1200	1000	0,2	0,6
Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος οροφής	0,2	2	2400	1000	0,2	0,6
Πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος	0,3	1,51	2300	1000	0,2	0,6
Πλάκες πεζοδρομίου	0,3	1,5	2100	1000	0,2	0,6
Πλακίδια δαπέδου κεραμικά	0,02	1,84	2000	840	0,2	0,4
Φύλλο χάλυβα	0,01	50	7800	450	0,2	0,6

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου προσωπικού, όπως υπολογίστηκαν από το EnergyPlus, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.1.3: Συντελεστές Θερμοπερατότητας Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων Κτηρίου Προσωπικού**

Construction	U-Factor with Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]	U-Factor no Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]
EXTERIOR WALL	1.87	2.603
KIE FLOOR	2.048	4.077
KIE ROOF	3.099	7.447
KIE EXTERIOR DOOR	1.249	1.249

### **3.1.3 Συντελεστής Θερμοπερατότητας και Συντελεστής Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων**

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του κτηρίου υπολογίστηκε αναλυτικά σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 και ξεχωριστά για κάθε κούφωμα. Επίσης, οι συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους των κουφωμάτων υπολογίστηκαν βάσει της παραγράφου 3.2.7 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1. Οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας των κουφωμάτων, καθώς και των αντίστοιχων συντελεστών ηλιακού θερμικού κέρδους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Σε παρένθεση φαίνονται οι συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους.

**Πίνακας 3.1.4: Συντελεστές Θερμοπερατότητας και Συντελεστές Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων Κτηρίου Προσωπικού**

	Χρήση Χώρου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Παραθύρων (W/m <sup>2</sup> *K)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Πορτών (W/m <sup>2</sup> *K)
<b>Υπόγειο</b>	Diadromos		6,06 (0,69)
<b>Ημιυπόγειο</b>	Υρnodwmatio 1	Ανατολικά 5,87 (0,63) Νότια 5,96 (0,67)	
	Υρnodwmatio 2	5,9 (0,65)	
	Υρnodwmatio 3	5,9 (0,65)	
	Υρnodwmatio	5,9 (0,65)	
	Apothiki 1	5,83 (0,60)	
	Diadromos 1	6,35 (0,72)	5,99 (0,67)
<b>Ισόγειο</b>	Kyriws xwros – Kathistiko	Νότια 6,00 (0,69) Δυτικά 5,88 (0,65) Βόρεια 5,88 (0,65)	Νότια 6,19 (0,72) Νότια Εισόδου 6,12 (0,71) Ανατολικά 6,08 (0,7)
	Vivliothiki	5,9 (0,65)	6,08 (0,7)
	Kouzina 1	5,94 (0,66)	
	Kouzina	5,88 (0,65)	
	Mpalkoni	6,21 (0,7)	5,99 (0,67)
<b>Όροφος</b>	Υρnodwmatio 4	Ανατολικά 5,90 (0,65) Νότια 5,95 (0,67)	
	Υρnodwmatio 5		6,05 (0,69)
	Υρnodwmatio 6		6,05 (0,69)
	Υρnodwmatio 7	Νότια 5,95 (0,67) Δυτικά 5,89 (0,64) Βόρεια 5,89 (0,64)	
	Loutro 1	5,83 (0,60)	
	Diadromos 3	5,92 (0,66)	
	Mpalkoni 1	6,67 (0,73)	



**Εικόνα 3.12: Κούφωμα αλουμινίου με μονό υαλοπίνακα 3mm**

### **3.1.4 Αερισμός**

Στο κτήριο αυτό δεν υπάρχει σύστημα μηχανικού αερισμού, οπότε θεωρήθηκε ότι ο αερισμός του κτηρίου είναι φυσικός. Πιο συγκεκριμένα, προέρχεται από τις χαραμάδες των κουφωμάτων και από την συναρμογή τους με τα περιμετρικά σε αυτά δομικά στοιχεία, καθώς και από την καμινάδα της εστίας καύσης που βρίσκεται στο ισόγειο. Ο αερισμός από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτηρίου και τους μεταξύ τους αρμούς επίσης θεωρήθηκε αμελητέος.

Οι τυπικές τιμές αερισμού λόγω ύπαρξης χαραμάδων ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.26, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, β' έκδοση).

**Πίνακας 3.1.5: Τυπικές Τιμές Αερισμού**

Είδος ανοίγματος (υαλοστάσια, πόρτες κ. ά.)	Διείσδυση του αέρα	
	Πόρτα	Παράθυρο
	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> ]
<b>Κουφώματα με ξύλινο πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	11,8	15,1
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	9,8	12,5
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση.	7,9	10,0
<b>Κουφώματα με μεταλλικό ή συνθετικό πλαίσιο</b>		
Κούφωμα με μονό υαλοπίνακα, μη αεροστεγές, χωνευτό, επάλληλο, ανοιγόμενο. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) και χωρίς αεροστεγανότητα.	7,4	8,7
Κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, επάλληλα συρόμενο, με ψήκτρες. Ανοιγόμενο κούφωμα, με διπλό υαλοπίνακα, χωρίς πιστοποίηση. Κούφωμα χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα) με αεροστεγανότητα μη πιστοποιημένη.	5,3	6,8
Ανοιγόμενο κούφωμα με διπλό υαλοπίνακα, αεροστεγές, με πιστοποίηση. Αεροστεγές κούφωμα, χωρίς υαλοπίνακα (πόρτα), με πιστοποίηση.	4,8	6,2
<b>Γυάλινες προσόψεις</b>		
Για τα μερικώς ανοιγόμενα τμήματα των γυάλινων προσόψεων (π.χ. με προβαλλόμενα τμήματα) λαμβάνεται υπόψη μόνο το μη σταθερό τμήμα, ανάλογα προς τις παραπάνω κατηγορίες αυτού του πίνακα.		

Επίσης, η τυπική τιμή για την διείσδυση αέρα από την καμινάδα του τζακιού ορίζεται από τον πίνακα 3.22 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1 στα 20 m<sup>3</sup>/h.

Για τους μη θερμαινόμενους χώρους και τους ηλιακούς χώρους, οι τιμές του συνολικού αερισμού του κάθε χώρου ελήφθησαν από τον πίνακα 3.27 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1:

**Πίνακας 3.1.6: Τυπικές Τιμές Αερισμού μη Θερμαινόμενων Χώρων**

Τύπος αεροστεγανότητας	Παροχή αέρα ανά όγκο μη θερμαινόμενου χώρου(m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> )
Δεν υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	0,1
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με επαρκή αεροστεγανότητα.	0,5
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με ανεπαρκή αεροστεγανότητα.	1
Υπάρχουν κουφώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με φθορές και συνεχή αερισμό.	3

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο αερισμός ανά μη θερμαινόμενο χώρο.

**Πίνακας 3.1.7: Αερισμός ανά μη Θερμαινόμενο Χώρο**

	Ονομασία μη θερμαινόμενου χώρου	Αερισμός ανά μονάδα όγκου [m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> ]	Όγκος χώρου [m <sup>3</sup> ]	Αερισμός [m <sup>3</sup> /h]	Αερισμός [m <sup>3</sup> /s]
<b>Υπόγειο</b>	Apothiki	0,1	42	4,2	0,0011
	Diadromos	1	18,75	18,75	0,0052
	Xwros levita	0,1	34,62	3,462	0,0009
	Xwros plyntiriou	0,1	30	3	0,0008
<b>Ημιώπ όγειο</b>	Apothiki 2	0,1	14,17	1,417	0,0003
	Diadromos 1	0,1	73,60	7,36	0,0020
	Loutro	0,1	39,11	3,911	0,0010
<b>Ισόγειο</b>	Kouzina 1	1	58,17	58,17	0,0161
	Mpalkoni	1	9,5	9,5	0,0026
<b>Όροφος</b>	Mpalkoni	1	32,82	32,82	0,0091

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για αερισμό ανά μονάδα επιφανείας παραθύρου  $8,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  και για αερισμό ανά μονάδα επιφανείας πόρτας  $7,4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , ο φυσικός αερισμός του κτηρίου προσωπικού ανά χώρο διαμορφώνεται ως εξής (ο αερισμός από τους εραπτόμενους στις θερμικές ζώνες ηλιακούς χώρους θεωρείται αμελητέος σύμφωνα με την παραδοχή του ευρωπαϊκού προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13789:2007):

**Πίνακας 3.1.8: Αερισμός ανά Θερμαινόμενο Χώρο**

		<b>Αερισμός από παράθυρα</b>	<b>Αερισμός από πόρτες</b>	<b>Σύνολο χώρου</b>	<b>Σύνολο χώρου σε <math>\text{m}^3/\text{s}</math></b>
<b>Ημιπρόγειο</b>	Apothiki 1	$4,24 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$4,24 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0011
	Ypnodwmatio 1	$27,75 \text{ m}^3/\text{h}$	$19,53 \text{ m}^3/\text{h}$	$47,28 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0131
	Ypnodwmatio 2	$8,48 \text{ m}^3/\text{h}$	$20,35 \text{ m}^3/\text{h}$	$28,83 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0080
	Ypnodwmatio 3	$33,93 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$33,93 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0094
	Ypnodwmatio	$25,45 \text{ m}^3/\text{h}$	$20,32 \text{ m}^3/\text{h}$	$45,77 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0127
	Diadromos 2	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	0
<b>Ισόγειο</b>	Kouzina 1	$23,96 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$23,96 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0066
	Kyriws xwros – kathistiko	$59,85 \text{ m}^3/\text{h}$	$74,30 \text{ m}^3/\text{h}$	$134,15+20=154,15 \text{ m}^3/\text{h}$ (καμινάδα τζακιού)	0,0428
	Vivliothiki	$16,96 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$16,96 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0047
<b>Όροφος</b>	Diadromos 3	$31,32 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$31,32 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0087
	Loutro 1	$23,49 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$23,49 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0065
	Ypnodwmatio 4	$30,01 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$30,01 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0083
	Ypnodwmatio 5	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	0
	Ypnodwmatio 6	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	0
	Ypnodwmatio 7	$54,92 \text{ m}^3/\text{h}$	$0 \text{ m}^3/\text{h}$	$54,92 \text{ m}^3/\text{h}$	0,0152



### 3.1.5 Πυκνότητα Πληθυσμού

Η πυκνότητα πληθυσμού (άτομα/m<sup>2</sup>) ανά χρήση καθορίστηκε σύμφωνα με τον πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, από όπου προέκυψαν και οι ακόλουθες τιμές.

**Πίνακας 3.1.9: Πυκνότητα Πληθυσμού ανά Χρήση**

Χρήση	Πυκνότητα πληθυσμού (άτομα/m <sup>2</sup> )
Κοινόχρηστοι χώροι	0,25
Υπνοδωμάτια	0,08
Λουτρά	0,1
Γραφεία	0,1
Αποθήκες	0,05
Διάδρομοι	0

### 3.1.6 Στάθμη Φωτισμού

Τα περισσότερα φωτιστικά σώματα στο κτήριο αυτό αποτελούνται από απλούς λαμπτήρες πυρακτώσεως και η απόδοσή τους θεωρήθηκε κατά παραδοχή στα 12lm/W (τυπική τιμή απόδοσης λαμπτήρα πυρακτώσεως αλογόνου). Επίσης, θεωρήθηκε ότι πληρούνται οι ελάχιστες στάθμες φωτισμού ανά χρήση χώρου, όπως φαίνονται στον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Έτσι προέκυψε η ενέργεια φωτισμού ανά τετραγωνικό μέτρο και ανά χρήση, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.1.10: Στάθμη φωτισμού και Ενέργεια ανά Χρήση χώρου**

Χρήση χώρου	Ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx)	Ενέργεια ανα τετραγωνικό μέτρο (W/m <sup>2</sup> )
Κοινόχρηστος χώρος	300	25
Υπνοδωμάτιο	250	20,83
Γραφείο	500	41,6
Λουτρό	200	16,6
Χώρος πλυντηρίου	200	16,6
Διάδρομοι	200	16,6
Αποθήκη	0	0



**Εικόνα 3.13:: Φωτιστικό Σώμα με Λαμπτήρα Πυρακτώσεως**

### **3.1.7 Σύστημα Θέρμανσης**

Η μονάδα παραγωγής θερμότητας του κτηρίου προσωπικού είναι ένας λέβητας πετρελαίου ισχύος 125000 kcal/h (145,37 kW). Σύμφωνα με την παράγραφο 4.1.2.1 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, η απαιτούμενη θερμική ισχύς του λέβητα είναι 75,76 kW. Παρατηρούμε λοιπόν ότι ο εγκατεστημένος λέβητας είναι υπερδιαστασιολογημένος σχεδόν κατά 100%, πράγμα που οδηγεί στη μείωση της αποδοτικότητάς του. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την κατάσταση της μόνωσής του, η οποία βρίσκεται σε πολύ κακή κατάσταση, η απόδοση του υπολογίζεται στο 75,3%.

Το δίκτυο διανομής διέρχεται εξ ολοκλήρου από το εσωτερικό του κτηρίου και δεν είναι μονωμένο. Κατά συνέπεια, ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής υπολογίζεται με βάση την παράγραφο 4.3.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στο 86%.

Η απόδοση των τερματικών μονάδων του συστήματος θέρμανσης (καλοριφέρ) υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 4.4.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στο 72%.

Από τα παραπάνω, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης του κτηρίου προσωπικού υπολογίζεται στο 47%.



Εικόνα 3.14: Καυστήρας Πετρελαίου



Εικόνα 3.15: Χαρακτηριστικά Καυστήρα Πετρελαίου



**Εικόνα 3.16: Δίκτυο Διανομής**



**Εικόνα 3.17: Μονάδα Απόδοσης Θερμότητας**

### **3.1.8 Κατανάλωση Ζεστού Νερού Χρήσης**

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1, η κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ορίζεται στα 21,90 m<sup>3</sup>/κλίνη ανά έτος. Το κτήριο προσωπικού διαθέτει συνολικά οκτώ υπνοδωμάτια, οπότε (υποθέτοντας δύο κλίνες ανά υπνοδωμάτιο) συνολικά διαθέτει δεκαέξι κλίνες. Άρα η συνολική κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης ανέρχεται στα 350,4 m<sup>3</sup>/έτος.

Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο υπολογίστηκε σύμφωνα με την παράγραφο 4.8.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 και ανέρχεται στα 35,89 kWh/ημέρα που ισοδυναμούν με 13099,85 kWh/έτος. Κατά την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης, η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης θεωρήθηκε ότι γίνεται αποκλειστικά από τον καυστήρα πετρελαίου του κτηρίου, ενώ κατά την καλοκαιρινή περίοδο γίνεται από δύο τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες που βρίσκονται στα δύο κοινόχρηστα λουτρά.

Ο βαθμός απόδοσης του λέβητα έχει υπολογιστεί στο 75,3%. Η απόδοση του δικτύου διανομής υπολογίζεται σύμφωνα με τον πίνακα 4.16 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 στο 73%.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον βαθμό απόδοσης του συστήματος παραγωγής και διανομής του ζεστού νερού χρήσης (54,9%), υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας του λέβητα για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης στα 10917,35 kWh/έτος.

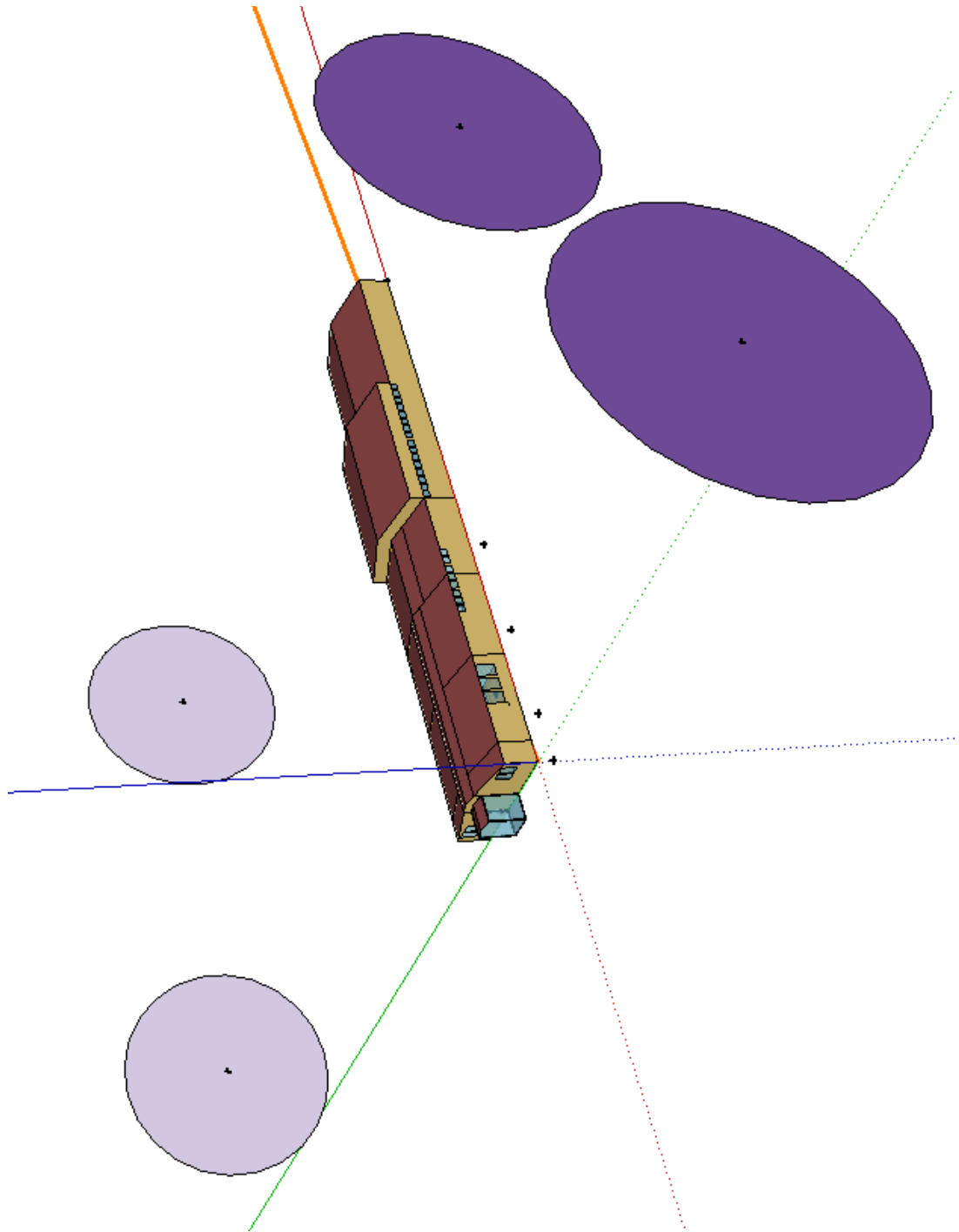
Η κατανάλωση ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης από τους τοπικούς ηλεκτρικούς θερμαντήρες υπολογίζεται στα 7106,22 kWh/έτος.

### 3.2 Διοικητήριο – Ηλεκτρονικά

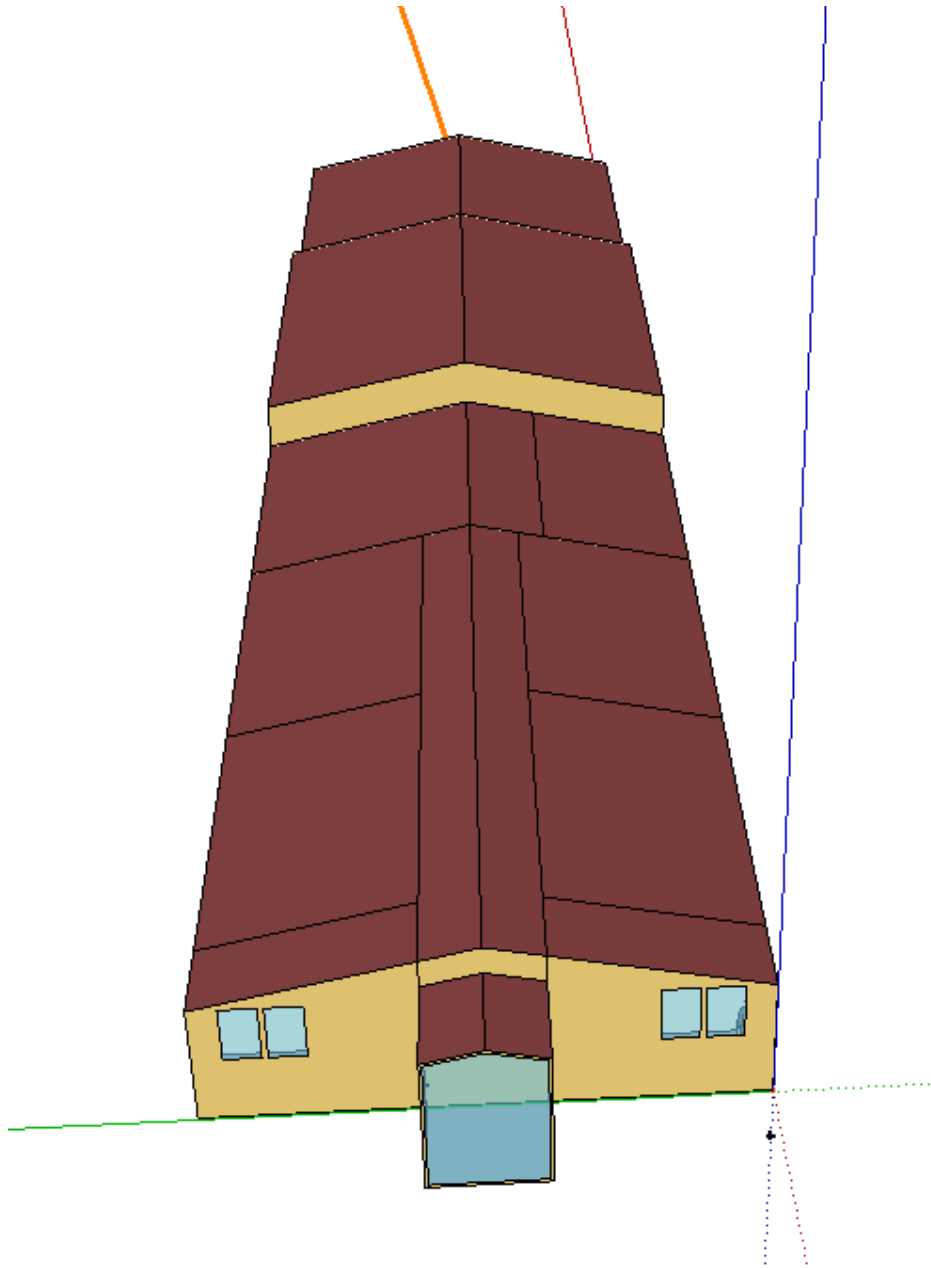


**Εικόνα 3.18: Διοικητήριο**

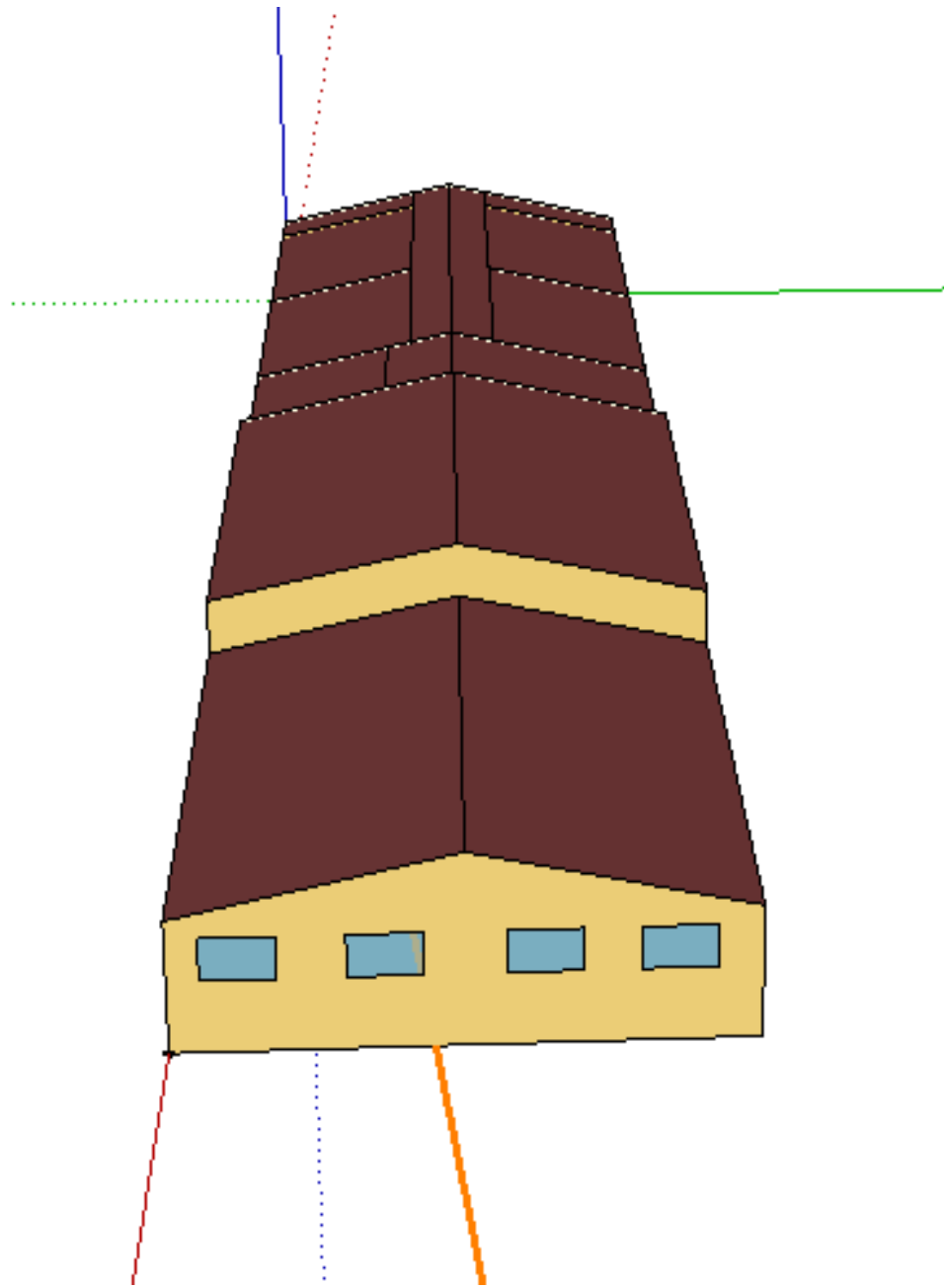
Το κτήριο του Διοικητηρίου βρίσκεται στο βόρειο άκρο των εγκαταστάσεων του ΚΙΕ σε υψόμετρο 1004 μέτρων και καλύπτει συνολικά 380,52m<sup>2</sup> σε ένα επίπεδο. Η βόρεια πλευρά του κτηρίου (190,44m<sup>2</sup>) στεγάζει τους κυματοδηγούς των ραδιοκατόπτρων και τον λοιπό ηλεκτρονικό εξοπλισμό, ενώ το υπόλοιπο μισό του κτηρίου (190,07m<sup>2</sup>) στεγάζει γραφεία. Τα παράθυρα αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες πάχους 3mm με κουφώματα αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και καλύπτουν το 8,39 % της επιφάνειας του κτηρίου. Η μοναδική εξωτερική πόρτα του κτηρίου (στη νότια πλευρά) είναι ξύλινη και ο προθάλαμος είναι εξ' ολοκλήρου κατασκευασμένος από αλουμινένια κουφώματα χωρίς θερμοδιακοπή με μονό υαλοπίνακα 3 mm. Οι ανάγκες του κτηρίου αυτού σε ηλεκτρισμό καλύπτονται από το δίκτυο, ενώ οι ανάγκες σε θέρμανση καλύπτονται από λέβητα πετρελαίου στον οποίο δεν υπήρχε πρόσβαση, οπότε θα θεωρηθεί όμοιος του κτηρίου προσωπικού (12500 kcal/h). Και σε αυτό το κτήριο δεν υπάρχει σύστημα ψύξης. Στην ανατολική και στη δυτική πλευρά του κτηρίου βρίσκονται από δύο παραβολικά ραδιοκάτοπτρα διαμέτρου 18 μέτρων το κάθε ένα, τα οποία θεωρήθηκε σκόπιμο να μοντελοποιηθούν, αφού λόγω της μεγάλης επιφάνειάς τους παρέχουν σκίαση στο κτήριο.



**Εικόνα 3.19: Γενική Όψη Διοικητηρίου**

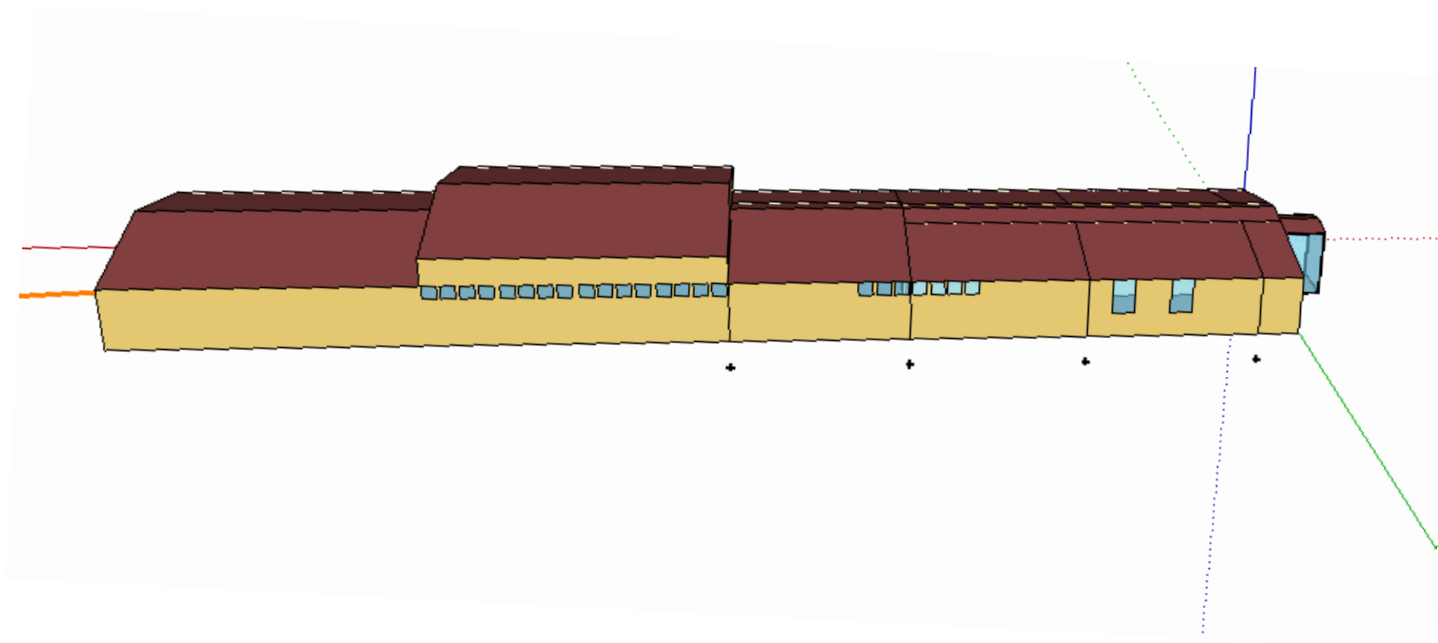


**Εικόνα 3.20: Νότια Όψη Διοικητηρίου**

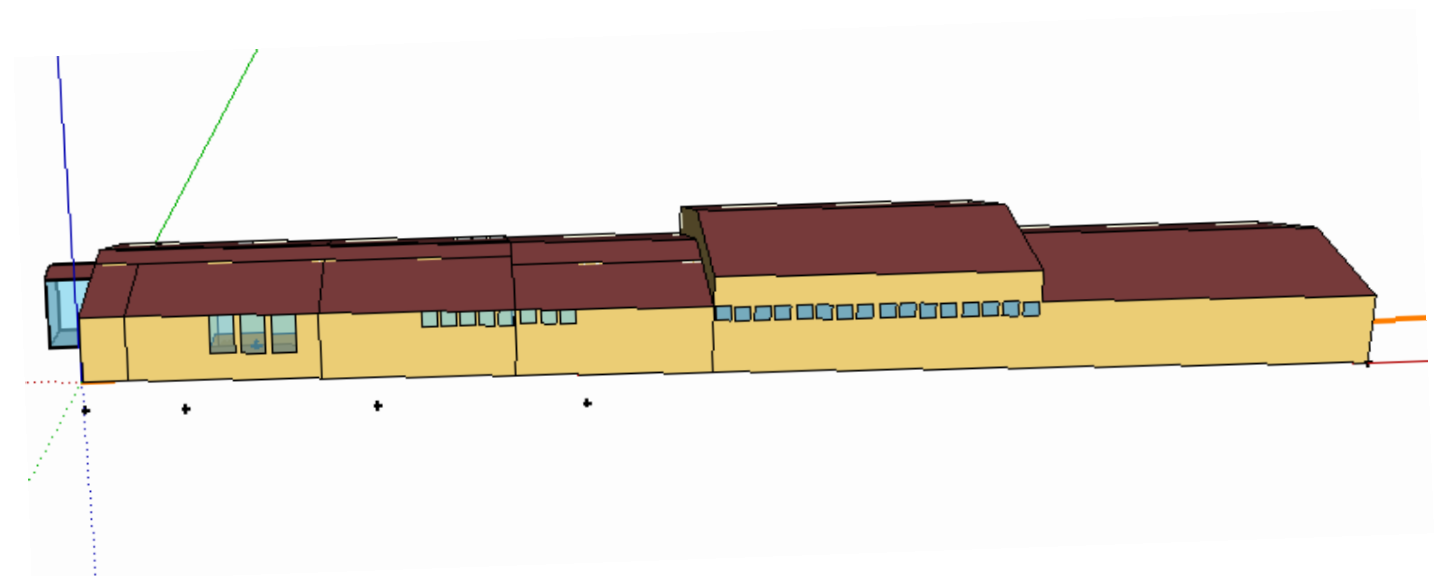


**Εικόνα 3.21: Βόρεια Όψη Διοικητηρίου**





**Εικόνα 3.22: Δυτική Όψη Διοικητηρίου**



**Εικόνα 3.23: Ανατολική Όψη Διοικητηρίου**

### 3.2.1 Διαχωρισμός σε Θερμικές Ζώνες

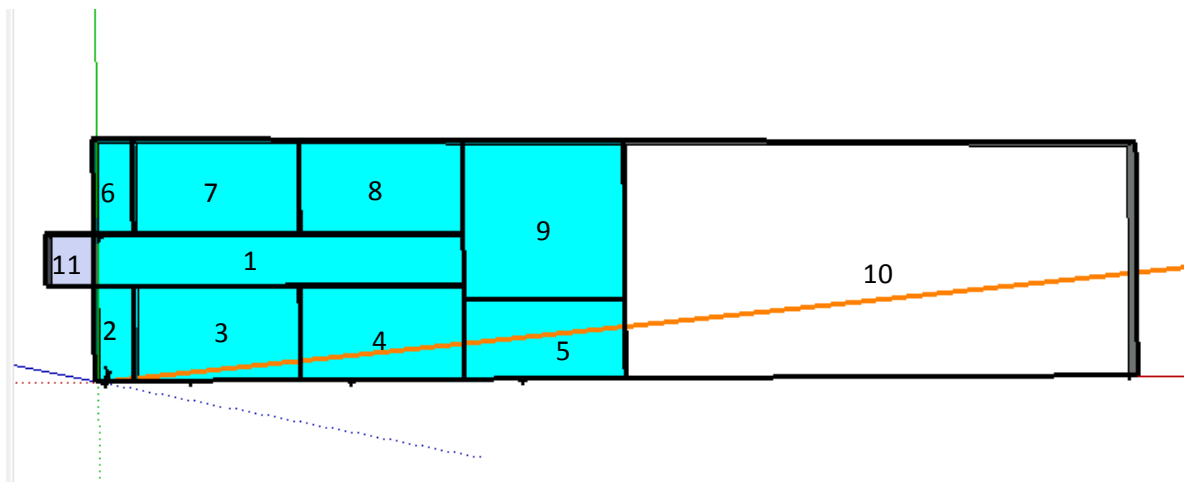
Το κτήριο αυτό, αφού διαθέτει σύστημα κεντρικής θέρμανσης, χωρίστηκε σε μια θερμική ζώνη η οποία περιλαμβάνει το μέρος του κτηρίου που στεγάζει τα γραφεία, και σε δύο μη θερμαινόμενους χώρους:

- Το βόρειο μισό του κτηρίου όπου στεγάζονται οι κυματοδηγοί των ραδιοκατόπτρων.
- Τον προθάλαμο της εισόδου.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η διαμόρφωση της θερμικής ζώνης, η χρήση του κάθε χώρου, και οι διαστάσεις του.

**Πίνακας 3.2.1: Διαχωρισμός Διοικητηρίου σε Θερμικές Ζώνες**

	Αρίθμηση Ζώνης	Χρήση Χώρου	Εμβαδόν Χώρου (m <sup>2</sup> )	Όγκος Χώρου (m <sup>3</sup> )	Θερμαινόμενη Ζώνη
Ζώνη Θέρμανσης	1	Κεντρικός διάδρομος	28,32	77,00	Ναι
	2	Γραφείο 1 Δεξιά	5,46	14,17	Ναι
	3	Γραφείο 2 Δεξιά	23,07	59,81	Ναι
	4	Γραφείο 3 Δεξιά	23,07	59,81	Ναι
	5	Γραφείο 4 Δεξιά	19,53	49,48	Ναι
	6	Γραφείο 1 Αριστερά	5,46	14,17	Ναι
	7	Γραφείο 2 Αριστερά	23,07	59,81	Ναι
	8	Γραφείο 3 Αριστερά	23,07	59,81	Ναι
	9	Γραφείο 4 Αριστερά	39,00	108,54	Ναι
	10	Χώρος Κυματοδηγών	190,44	610,69	Όχι
	11	Προθάλαμος	3,6	9,33	Όχι



Εικόνα 3.24: Διαχωρισμός Διοικητηρίου σε Θερμικές Ζώνες

### 3.2.2 Κτηριακό Κέλυφος

Ύστερα από επιτόπια επιθεώρηση, μέτρηση των ακριβών διαστάσεων του κτηρίου και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων, προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η εξωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 300mm και αποτελείται από απλή δρομική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις δύο όψεις με τσιμεντοκονίαμα, χωρίς ύπαρξη θερμομόνωσης.
- Η εσωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 100mm, επίσης επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα και με απουσία θερμομόνωσης.
- Η οροφή αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 300mm επιχρισμένη εσωτερικά με τσιμεντοκονίαμα και εξωτερικά καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου. Για τη βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών της οροφής έχουν τοποθετηθεί φύλλα αλουμινίου πάχους 3mm και ενδιάμεσα αυτών αφρός πολυουρεθάνης πάχους 40mm.
- Το πάτωμα αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος πάχους 300mm καλυμμένη με κεραμικά πλακίδια.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του διοικητηρίου, όπως υπολογίστηκαν από το EnergyPlus, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 3.2.2: Συντελεστές Θερμοπερατότητας Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων Διοικητηρίου**

Construction	U-Factor with Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]	U-Factor no Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]
EXTERIOR WALL	1.873	2.603
KIE FLOOR	2.048	4.077
KIE ROOF	0.768	0.897
KIE EXTERIOR DOOR	1.249	1.249

### 3.2.3 Συντελεστής Θερμοπερατότητας και Συντελεστής Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους (σε παρένθεση), φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 3.2.3: Συντελεστές Θερμοπερατότητας και Συντελεστές Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων Διοικητηρίου**

Χρήση Χώρου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Παραθύρων (W/m <sup>2</sup> *K)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Πορτών (W/m <sup>2</sup> *K)
Χώρος 1 Δεξιά	5,85 (0,61)	
Χώρος 2 Δεξιά	5,91 (0,65)	
Χώρος 3 Δεξιά	5,79 (0,54)	
Γραφείο 4 Δεξιά	5,79 (0,54)	
Χώρος 1 Αριστερά	5,85 (0,61)	
Χώρος 2 Αριστερά	5,91 (0,65)	
Χώρος 3 Αριστερά	5,79 (0,54)	
Γραφείο 4 Αριστερά	5,79 (0,54)	
Κεντρική αποθήκη	Βόρεια 5,88 (0,63) Δυτικά 5,79 (0,54) Ανατολικά 5,79 (0,54)	
Προθάλαμος		Νότια 6,13 (0,71) Ανατολικά 6,12 (0,71) Δυτικά 6,12 (0,71)

### 3.2.4 Αερισμός

Ο αερισμός του κτηρίου αυτού γίνεται εξ' ολοκλήρου με φυσικό τρόπο από τις χαραμάδες των κουφωμάτων και τη συναρμογή τους με τα δομικά στοιχεία του κτηρίου. Και σε αυτό το κτήριο θεωρήθηκε αμελητέος ο αερισμός λόγω διήθησης από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία. Οι τυπικές τιμές αερισμού ανά μονάδα επιφανείας κουφώματος ελήφθησαν από τον πίνακα 3.26 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για τις θερμικές ζώνες, και από τον πίνακα 3.27 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 για τους μη θερμαινόμενους χώρους. Έτσι διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας, όπου φαίνεται ο αερισμός ανά χώρο

**Πίνακας 3.2.4: Φυσικός Αερισμός ανά Χώρο**

	<b>Αερισμός από παράθυρα</b>	<b>Αερισμός από πόρτες</b>	<b>Σύνολο χώρου</b>	<b>Σύνολο χώρου σε m<sup>3</sup>/s</b>
Κεντρικός διάδρομος	0 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	0
Χώρος 1 Δεξιά	10,75 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	10,75 m <sup>3</sup> /h	0,0029
Χώρος 2 Δεξιά	27,25 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	27,25 m <sup>3</sup> /h	0,0075
Χώρος 3 Δεξιά	10,87 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	10,87 m <sup>3</sup> /h	0,0030
Γραφείο 4 Δεξιά	6,05 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	6,05 m <sup>3</sup> /h	0,0016
Χώρος 1 Αριστερά	10,75 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	10,75 m <sup>3</sup> /h	0,0029
Χώρος 2 Αριστερά	18,17 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	18,17 m <sup>3</sup> /h	0,0050
Χώρος 3 Αριστερά	10,87 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	10,87 m <sup>3</sup> /h	0,0030
Γραφείο 4 Αριστερά	6,05 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	6,05 m <sup>3</sup> /h	0,0016
Χώρος Κυματοδηγών - Αποθήκη	610,69 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	610,693 m <sup>3</sup> /h	0,1696
Προθάλαμος	9,33 m <sup>3</sup> /h	0 m <sup>3</sup> /h	9,33 m <sup>3</sup> /h	0,0025

### 3.2.5 Πυκνότητα Πληθυσμού

Η πυκνότητα πληθυσμού ανά χρήση χώρου, όπως προέκυψε από την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 ανά χρήση χώρου έχει ως εξής:

**Πίνακας 3.2.5: Πυκνότητα Πληθυσμού ανά Χρήση**

<b>Χρήση χώρου</b>	<b>Πυκνότητα πληθυσμού (άτομα/m<sup>2</sup>)</b>
Γραφεία	0,1
Αποθήκες	0,05
Διάδρομοι	0
Κοινόχρηστοι χώροι	0,25

### 3.2.6 Στάθμη Φωτισμού

Η στάθμη φωτισμού ανά χρήση χώρου, καθώς και η απαιτούμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο φωτιζόμενης επιφάνειας έχουν ως εξής:

Πίνακας 3.2.6: Στάθμη φωτισμού και Ενέργεια ανά Χρήση χώρου

Χρήση χώρου	Ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx)	Ενέργεια ανα τετραγωνικό μέτρο ( $W/m^2$ )
Γραφείο	500	41,6
Διάδρομοι	200	16,6
Αποθήκες	0	0
Κοινόχρηστοι Χώροι	300	20,83

### 3.2.7 Σύστημα Θέρμανσης

Η μονάδα θέρμανσης του διοικητηρίου, δεν είναι υπερδιαστασιοποιημένη, οπότε ο συντελεστής απόδοσης της λαμβάνεται ίσος με 89%.

Η απόδοση του δικτύου διανομής, το οποίο διέρχεται εξ ολοκλήρου από το εσωτερικό του κτηρίου, με απουσία θερμομόνωσης, λαμβάνεται ίση με 86%.

Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων θέρμανσης λαμβάνεται ίσος με 72%.

Συνοψίζοντας, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης του διοικητηρίου υπολογίζεται στο 55%.

### 3.3 Λοιπά Κτήρια

Εκτός από το κτήριο προσωπικού και το κτήριο του διοικητηρίου, εσωτερικά των εγκαταστάσεων του ΚΙΕ βρίσκονται ένας κλειστός χώρος στάθμευσης δύο θέσεων, συνολικού εμβαδού  $85,4 m^2$ , καθώς και ο χώρος στέγασης τεσσάρων γεννητριών πετρελαίου, εμβαδού  $218,4 m^2$ . Στον χώρο στέγασης των γεννητριών, υπάρχουν θυρίδες αερισμού, οπότε και ο αερισμός του χώρου αυτού είναι συνεχής. Και τα δύο κτίσματα αυτά δεν διαθέτουν κάποιο

σύστημα θέρμανσης, και χρησιμοποιούνται ως βοηθητικοί χώροι, κυρίως για αποθήκευση. Η κατασκευή τους είναι παρόμοια με αυτή του κτηρίου προσωπικού, δηλαδή:

- Η εξωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 300mm και αποτελείται από απλή δρομική οπτοπλινθοδομή επιχρισμένη και από τις δύο όψεις με τσιμεντοκονίαμα, χωρίς ύπαρξη θερμομόνωσης.
- Η εσωτερική τοιχοποιία είναι πάχους 100mm, επίσης επιχρισμένη με τσιμεντοκονίαμα και με απουσία θερμομόνωσης.
- Η οροφή αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 300mm, επιχρισμένη εσωτερικά με τσιμεντοκονίαμα και εξωτερικά καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου.
- Το πάτωμα αποτελείται από πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 300mm.
- Τα παράθυρα αποτελούνται από μονούς υαλοπίνακες πάχους 3mm, με πλαίσιο αλουμινίου, χωρίς θερμοδιακοπή.
- Οι εξωτερικές πόρτες είναι χαλύβδινες.



**Εικόνα 3.25: Χώρος Στάθμευσης**

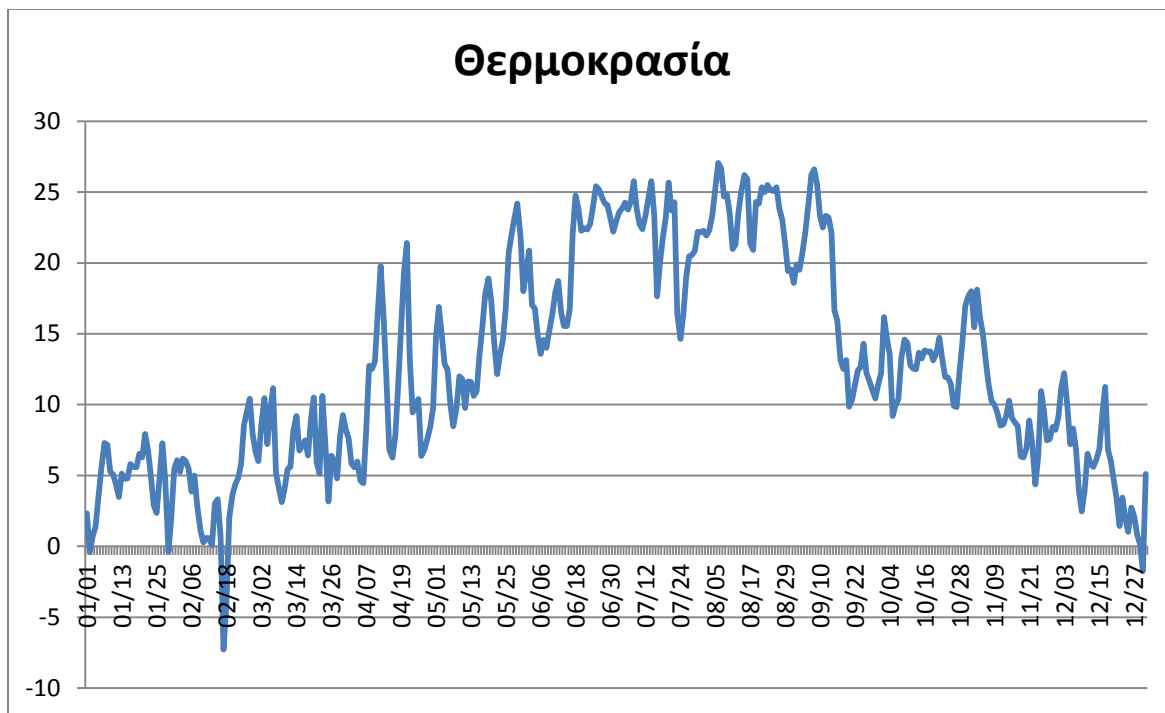


**Εικόνα 3.26: Χώρος Γεννητριών**

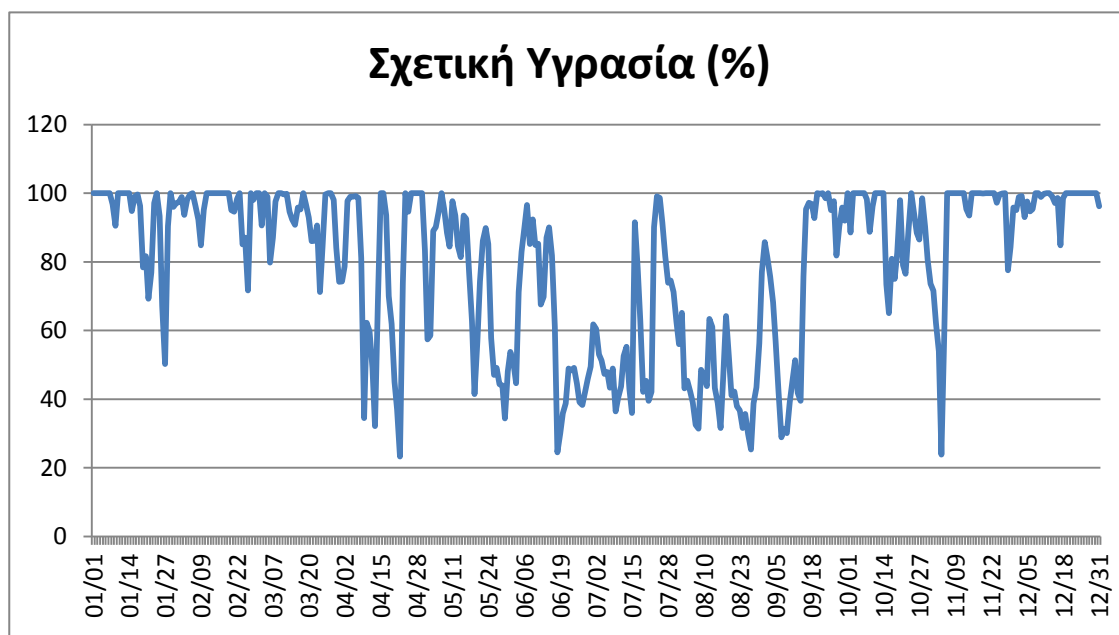
### **3.4 Κλιματικά Δεδομένα**

Για την εισαγωγή των κλιματικών δεδομένων επιλέχθηκε αρχείο καιρού (.erw) από τον μετεωρολογικό σταθμό του Αργοστολίου, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 149 μέτρων από τη μέση επιφάνεια της θάλασσας και σε μικρή απόσταση από τις εγκαταστάσεις του ΚΙΕ (περίπου 10 χιλιόμετρα). Η διαφορά υψόμετρου του μετεωρολογικού σταθμού με τις εγκαταστάσεις του ΚΙΕ (περίπου 850 μέτρα) θεωρήθηκε πολύ μεγάλη, και για αυτόν τον λόγο τροποποιήθηκε το αρχείο καιρού με δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου που βρίσκεται εντός των εγκαταστάσεων του ΚΙΕ. Πιο συγκεκριμένα, τροποποιήθηκαν η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του αέρα. Η ανεμόπτωση δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αφού έχει καθοριστεί σταθερή τιμή αερισμού ανά χώρο, ενώ η προσπίπτουσα ακτινοβολία θεωρήθηκε ότι δεν διαφοροποιείται. Η θερμοκρασία εδάφους ορίστηκε κατά παραδοχή στους 18°C. Με αυτές τις αλλαγές διασφαλίστηκε ότι θα λάβουμε όσο το δυνατόν πιο ακριβή αποτελέσματα από την προσομοίωση.





**Εικόνα 3.27: Μέση Θερμοκρασία Αέρα**



**Εικόνα 3.28: Σχετική Υγρασία Αέρα (%)**

# Κεφάλαιο 4

## Αποτελέσματα Προσομοίωσης

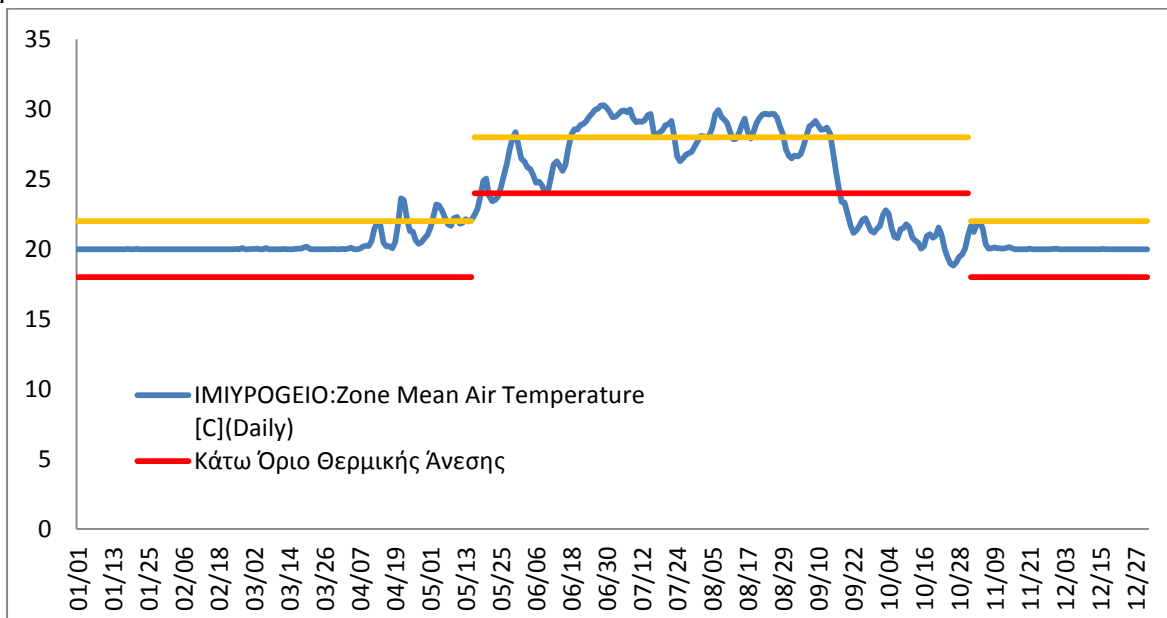
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται εξαγωγή και σχολιασμός των αποτελεσμάτων της ενεργειακής προσομοίωσης των κτηρίων που μοντελοποιήθηκαν. Παρουσιάζονται η μέση ημερήσια θερμοκρασία και μέση σχετική υγρασία αέρα ανά θερμική ζώνη, η απαιτούμενη ενέργεια που απαιτείται για την θέρμανση των χώρων, καθώς και τα θερμικά κέρδη και απώλειες από τα παράθυρα. Τέλος, παρουσιάζονται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας με τις αντίστοιχες εκπομπές ρύπων ανά θερμική ζώνη και ανά κτήριο.

## 4.1 Κτήριο Προσωπικού

### 4.1.1 Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Αέρα ανά Ζώνη

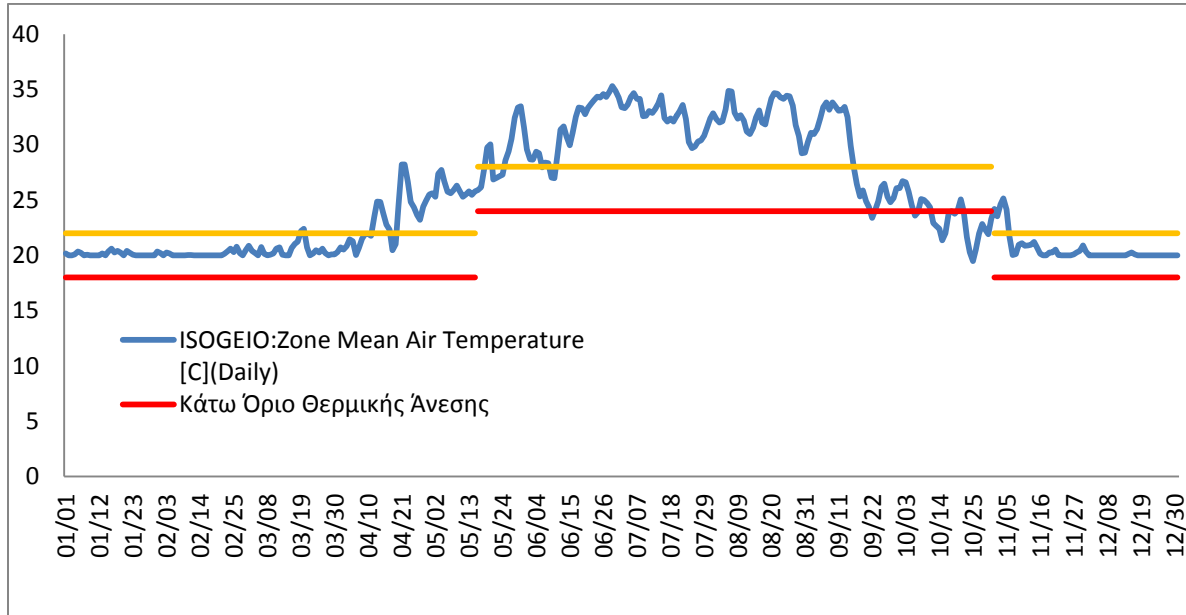
Παρακάτω φαίνεται αναλυτικά η κατανομή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια ενός έτους ανά θερμική ζώνη. Έχοντας ορίσει τα όρια θερμικής άνεσης από 180C έως 220C κατά την περίοδο θέρμανσης και από 240C έως 280C κατά την καλοκαιρινή περίοδο παρατηρούμε ότι από τις αρχές Νοεμβρίου, μέχρι και το πρώτο δεκαήμερο του Απριλίου, υπάρχουν συνθήκες θερμικής άνεσης στους χώρους του κτηρίου προσωπικού. Αυτό δεν αποτελεί έκπληξη, αφού παρά το γεγονός ότι η θερμοκρασία αυτή την περίοδο μπορεί να πέσει μέχρι και τους -7oC, το σύστημα θέρμανσης είναι σε λειτουργία (1/11 έως και 15/5) και ο θερμοστάτης έχει οριστεί στους 20oC. Το ποσό θερμικής ενέργειας που προσδίδεται στο κτήριο κατά τη διάρκεια αυτή υπολογίζεται (λαμβάνοντας υπ' όψιν και τον βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης – 47%) στα 54182 kWh, τα οποία αντιστοιχούν σε 4546 kg πετρελαίου θέρμανσης (κατώτερη θερμογόνος δύναμη 11.92 kWh/kg). Σχεδόν σε όλη την υπόλοιπη διάρκεια του έτους (10/4 έως 20/10) παρατηρούμε υπερθέρμανση του κτηρίου προσωπικού, με θερμοκρασίες οι οποίες φτάνουν έως και τους 38oC. Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλές τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων, στην απουσία σκιάσεων, καθώς και στα κουφώματα του κτηρίου αυτού.

Πιο αναλυτικά, στο υμιυπόγειο παρατηρείται υπερθέρμανση κυρίως κατά την περίοδο μεταξύ αρχών Ιουνίου με μέσα Σεπτεμβρίου, χωρίς όμως οι θερμοκρασίες στο εσωτερικό να ξεπερνούν τους 300C. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω των λίγων ανοιγμάτων που διαθέτει, σε συνδυασμό με τον μειωμένο ηλιασμό, αφού η οροφή του ημιυπογείου δεν είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα.



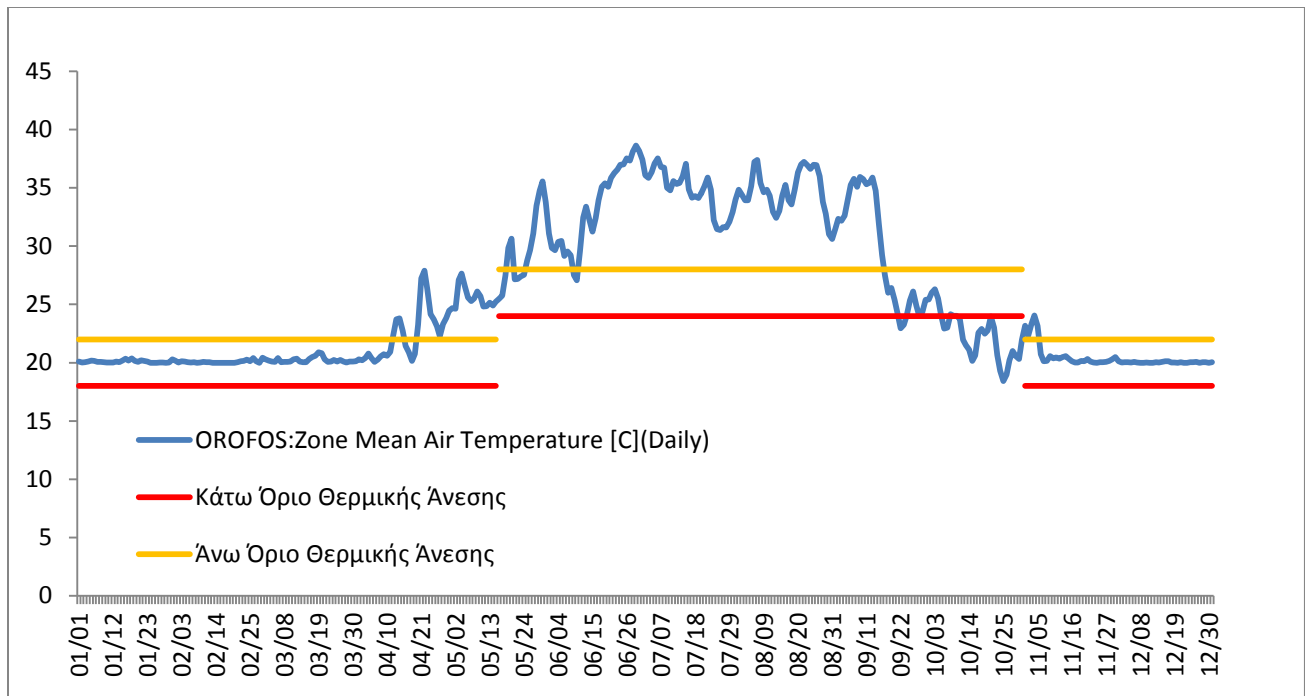
Εικόνα 4.1: Μέση Θερμοκρασία Ημιυπογείου

Στο ισόγειο παρατηρείται υπερθέρμανση από τα μέσα Μαΐου, μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου, όπου παρατηρούνται θερμοκρασίες μέχρι και 35°C, αρκετά πάνω δηλαδή από το άνω όριο θερμικής άνεσης, λόγω του πλήρους ηλιασμού της στέγης, των μεγάλων ανοιγμάτων, και του ηλιακού χώρου στην ανατολική πλευρά.



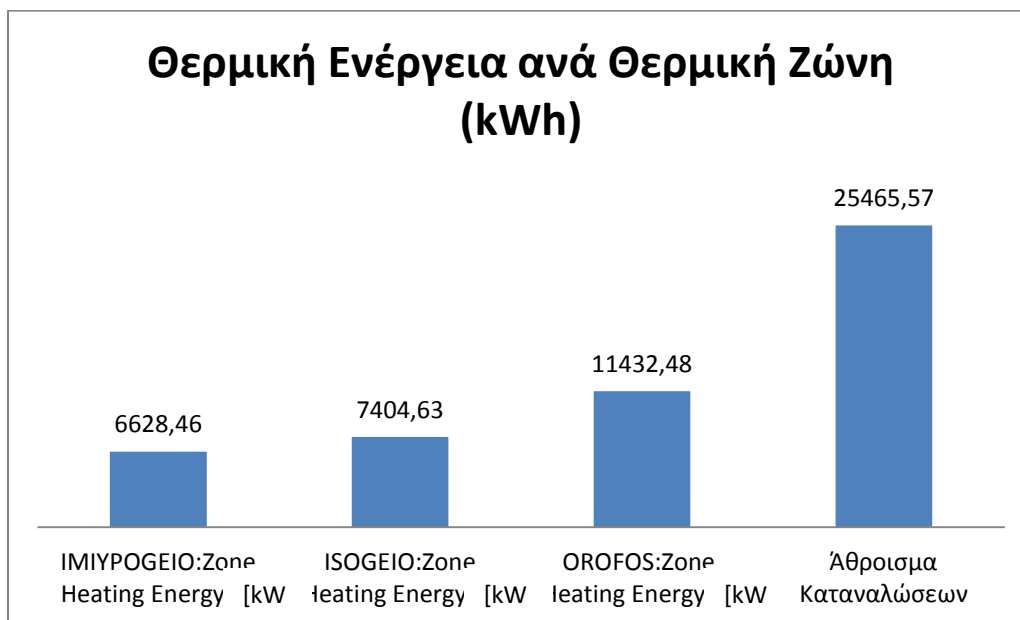
**Εικόνα 4.2: Μέση Θερμοκρασία Ισογείου**

Στον όροφο του κτηρίου προσωπικού παρατηρείται ακόμη περισσότερη υπερθέρμανση από τα μέσα Μαΐου έως και τα μέσα Σεπτεμβρίου, και εδώ λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων, του πλήρους ηλιασμού της στέγης και του μεγάλου ηλιακού χώρου στη νότια πλευρά.

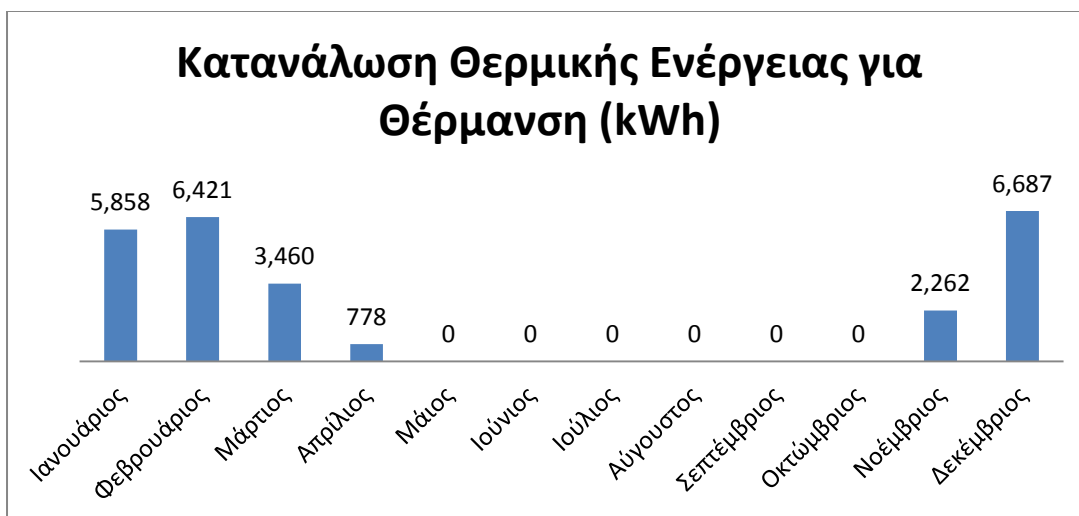


**Εικόνα 4.3: Μέση Θερμοκρασία Ορόφου**

Η θερμική ενέργεια που χρειάζεται η κάθε θερμική ζώνη έτσι ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία της πάνω από τους 20oC κατά την περίοδο θέρμανσης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Μεγαλύτερα ποσά ενέργειας απαιτούνται από τον όροφο του κτηρίου, ενώ ακολουθεί το ισόγειο και στη συνέχεια το ημιυπόγειο.



**Εικόνα 4.4: Απαιτούμενη Θερμική Ενέργεια ανά Ζώνη**



Εικόνα 4.5: Απαιτούμενη Θερμική Ενέργεια ανά Μήνα

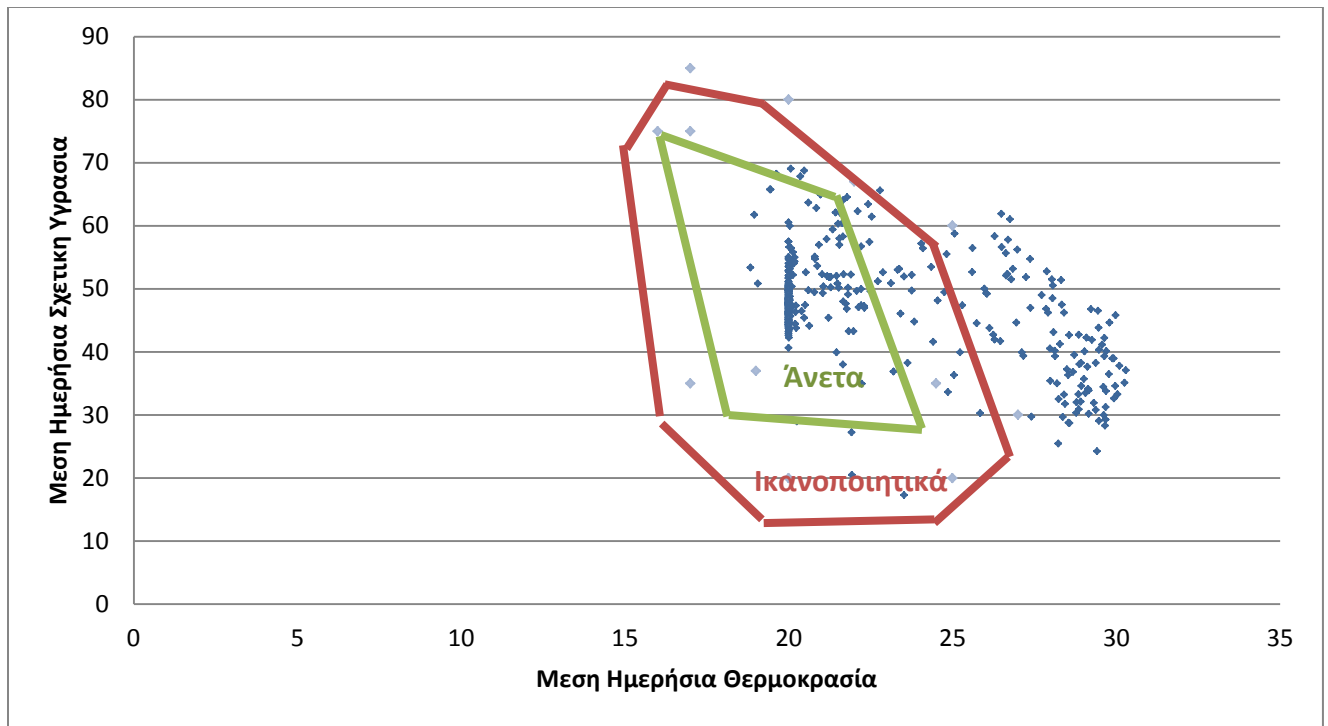
#### 4.1.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό

Το κτήριο προσωπικού καταναλώνει συνολικά 23219 kWh για τον φωτισμό του, ποσό το οποίο αποτελεί σχεδόν το ένα τρίτο της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης του κτηρίου.

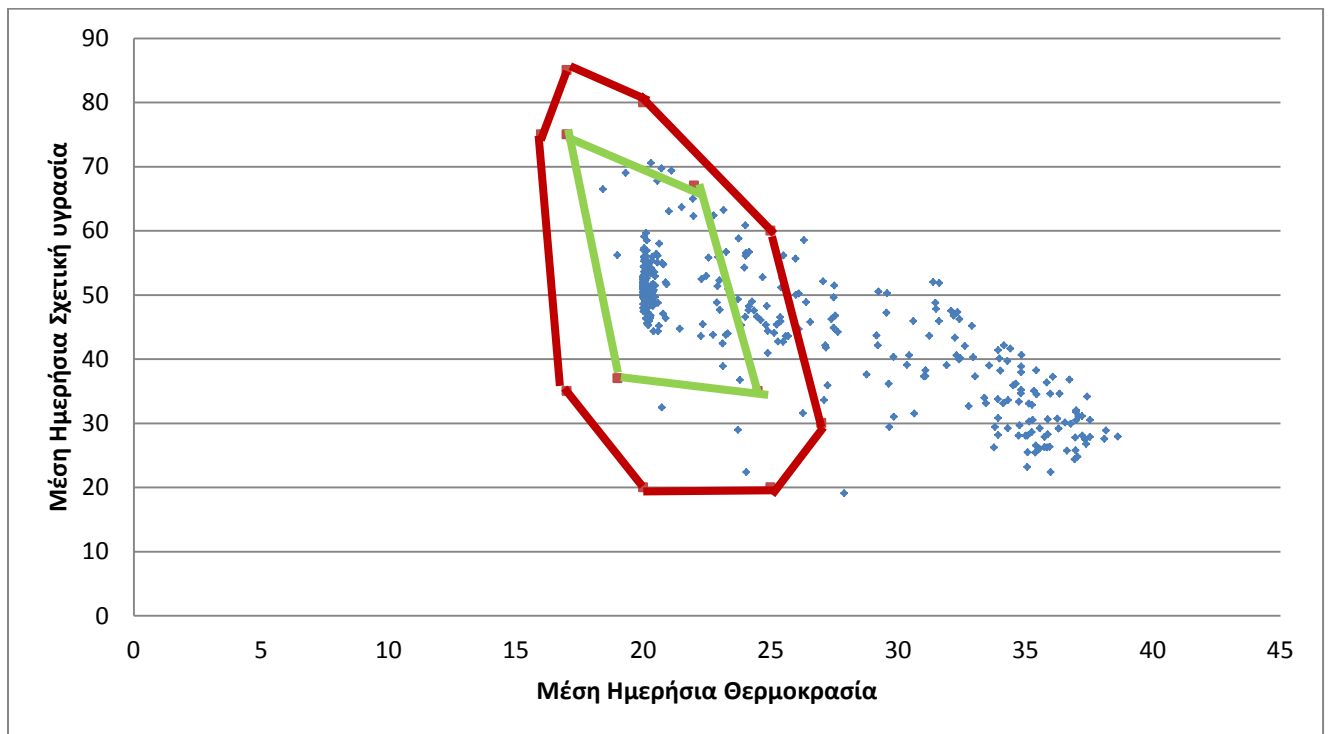
#### 4.1.3 Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Αέρα ανά Ζώνη

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνεται η επίτευξη θερμικής άνεσης συναρτήσει της μέσης ημερήσιας σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας. Εντός του πράσινου πολυγώνου θεωρείται ότι έχουμε πλήρη επίτευξη θερμικής άνεσης, ενώ εντός του κόκκινου πολυγώνου θεωρείται ότι τα επίπεδα θερμικής άνεσης είναι ικανοποιητικά. Στα διαγράμματα και των τριών θερμικών ζωνών (ημιυπόγειο, ισόγειο, όροφος) παρατηρούμε μεγάλο ποσοστό των σημείων εκτός του ορίου του ικανοποιητικού, κυρίως όταν η θερμοκρασία της κάθε θερμικής ζώνης βρίσκεται πάνω από τους 26°C (Μάιος έως Σεπτέμβριος).

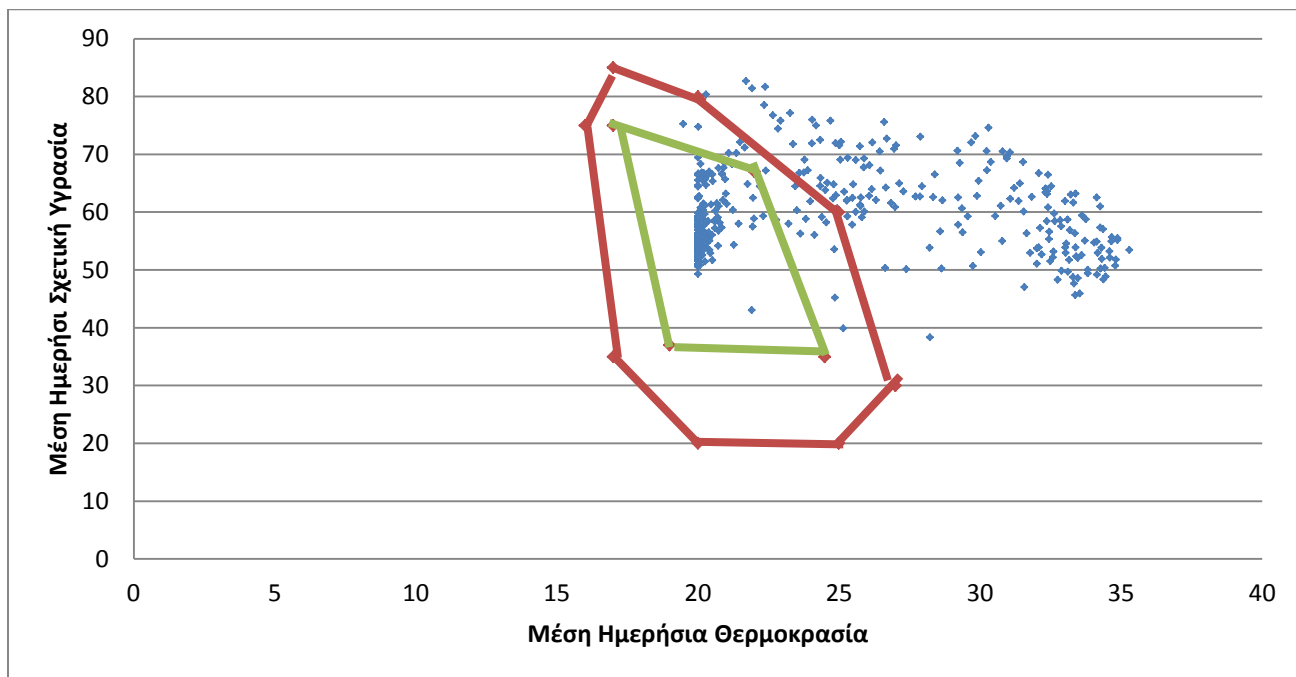
Πιο αναλυτικά, όταν δεν υπάρχουν συνθήκες θερμικής άνεσης, στο ημιυπόγειο και στο ισόγειο βλέπουμε μικρότερες τιμές σχετικής υγρασίας (20% - 60%), συγκριτικά με τον όροφο όπου η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 45% και 85%. Αυτό μας δείχνει ότι στον όροφο του κτηρίου προσωπικού όχι μόνο δεν αρκεί να γίνει μείωση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας, αλλά πρέπει να αυξηθεί και ο αερισμός, έτσι ώστε να έχουμε και μείωση της σχετικής υγρασίας.



Εικόνα 4.6: Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Ημωπογείου



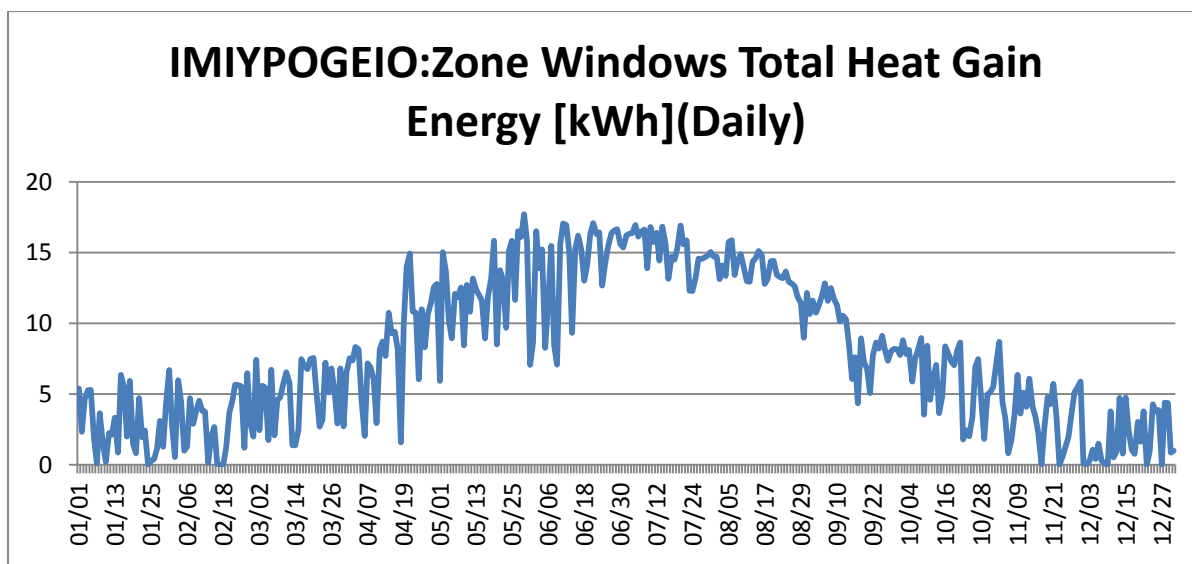
Εικόνα 4.7: Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Ισογείου



Εικόνα 4.8: Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Ορόφου

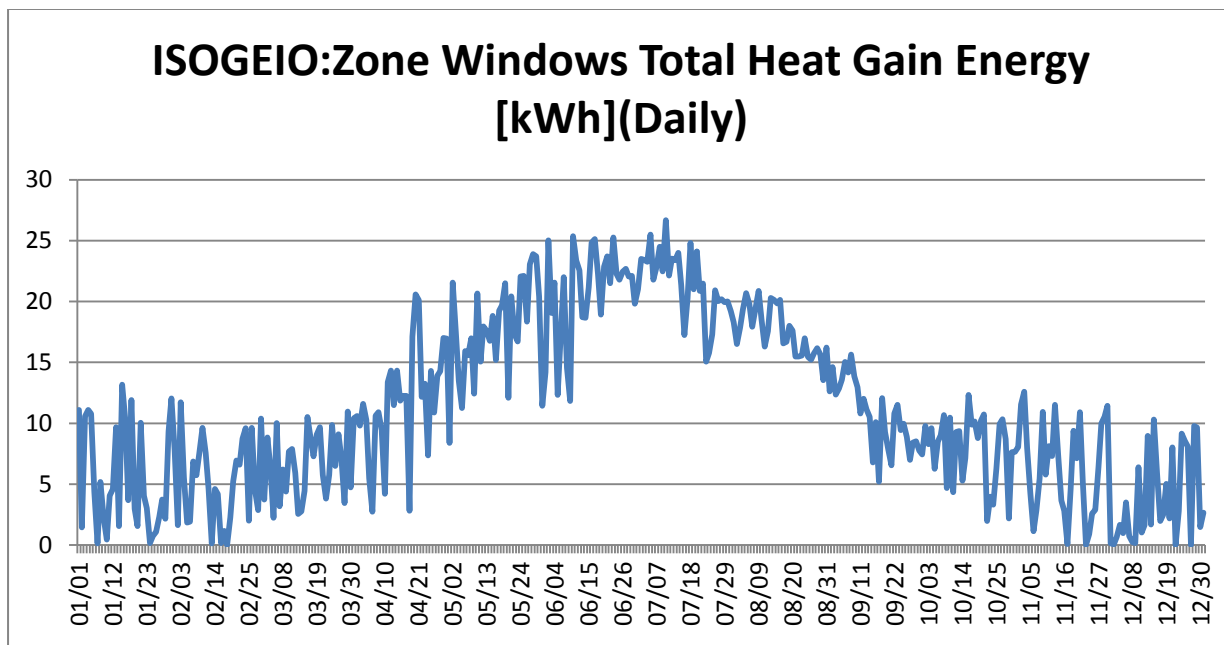
#### 4.1.4 Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, όπως φαίνεται και στα ακόλουθα διαγράμματα η θερμική ενέργεια που εισέρχεται στο κτήριο από τα παράθυρα μπορεί να φτάσει από 17 kWh έως και 28 kWh ημερησίως ανά ζώνη, με συνολικό μέγιστο κτηρίου τα 43 kWh (23 Ιουλίου).

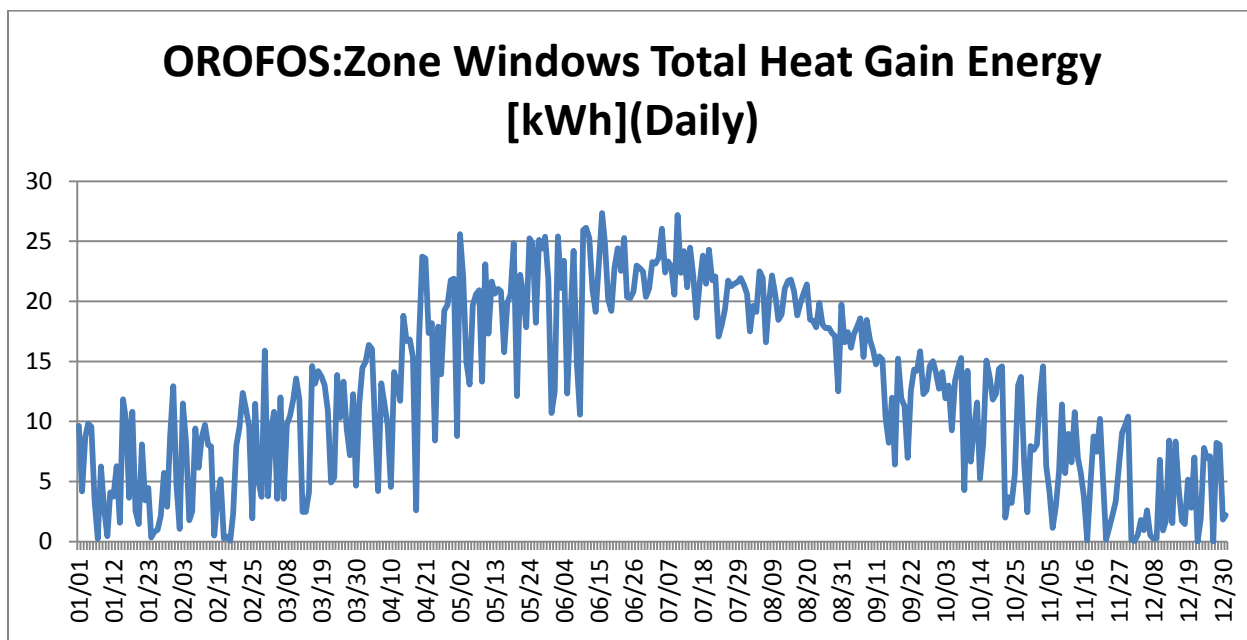


Εικόνα 4.9: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ημιυπογείου



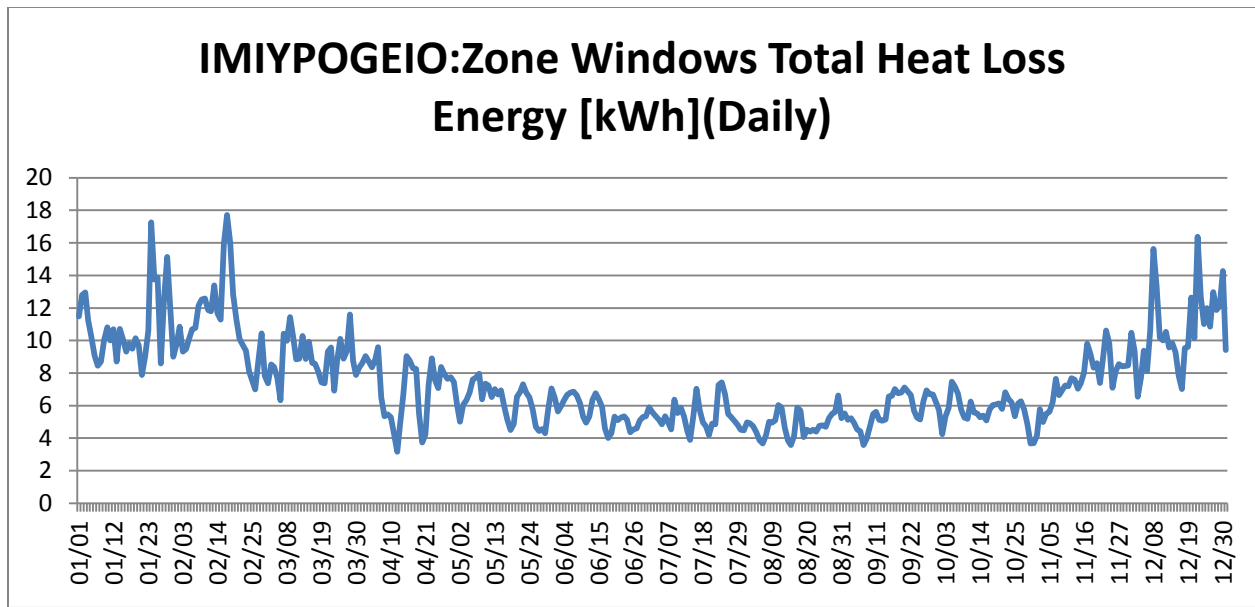


Εικόνα 4.10: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ισογείου

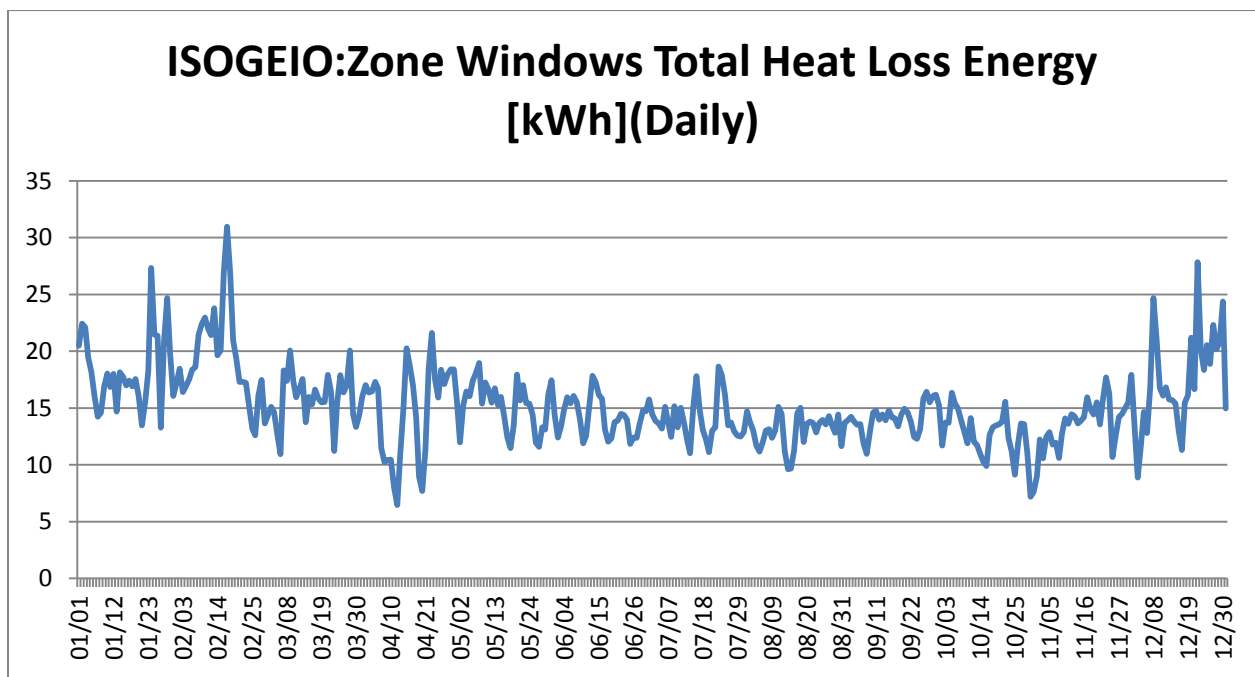


Εικόνα 4.11: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ορόφου

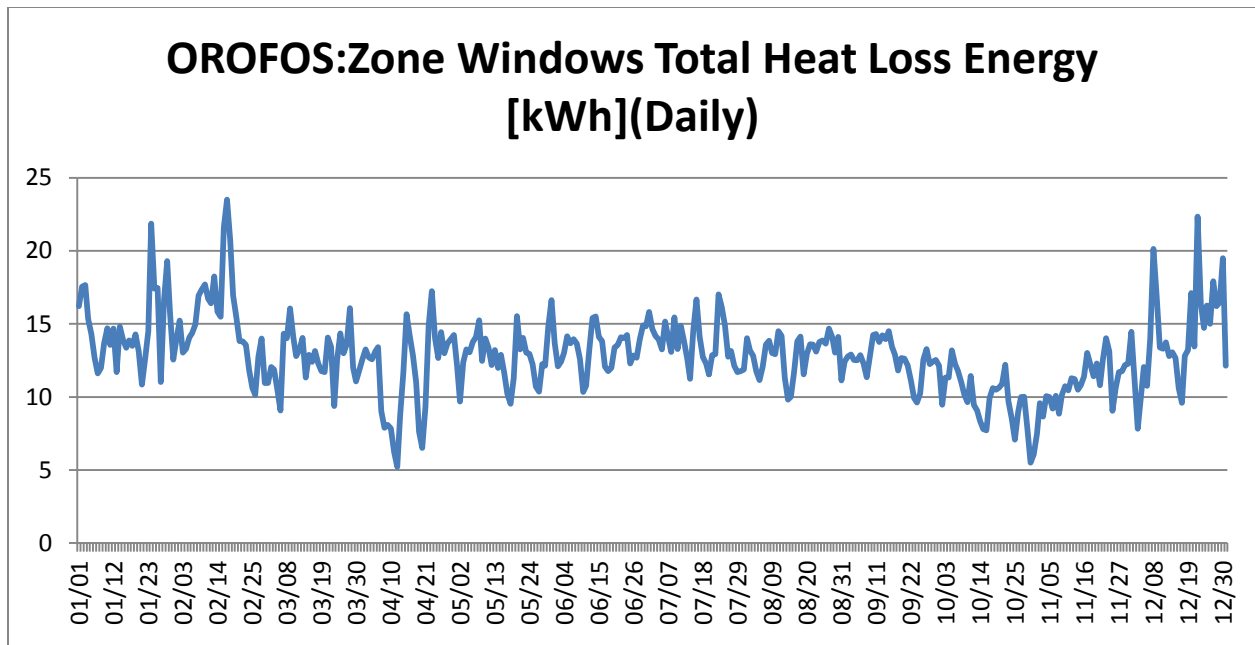
Από την άλλη πλευρά, οι απώλειες θερμικής ενέργειας κατά την περίοδο θέρμανσης φτάνουν στο ισόγειο μέχρι τα 31 kWh ημερησίως, στο ημιυπόγειο τα 18 kWh, και στον όροφο τα 24 kWh, με μέγιστες συνολικές ημερήσιες απώλειες του κτηρίου στα 72 kWh (17 Φεβρουαρίου)



**Εικόνα 4.12: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ημιπογείου**

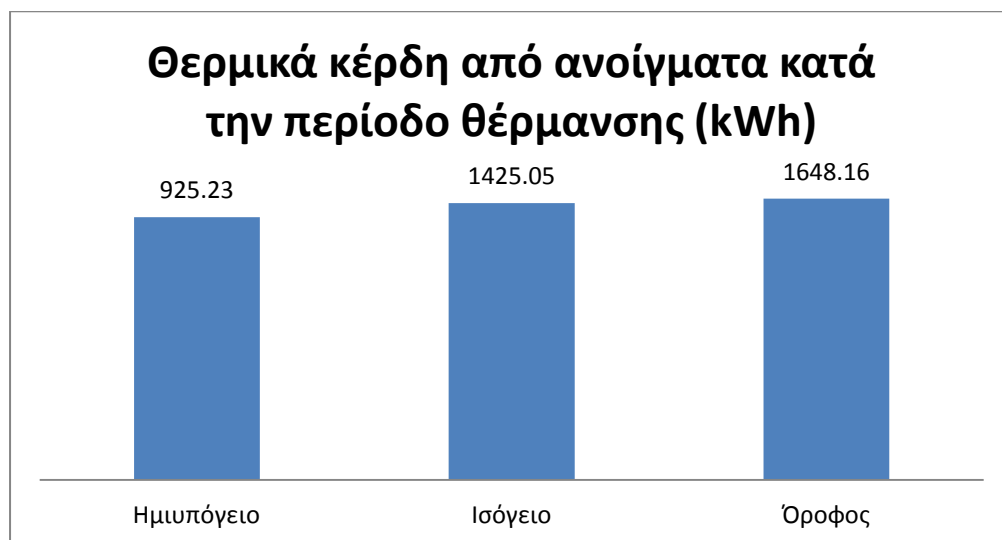


**Εικόνα 4.13: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ισογείου**



Εικόνα 4.14: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ορόφου

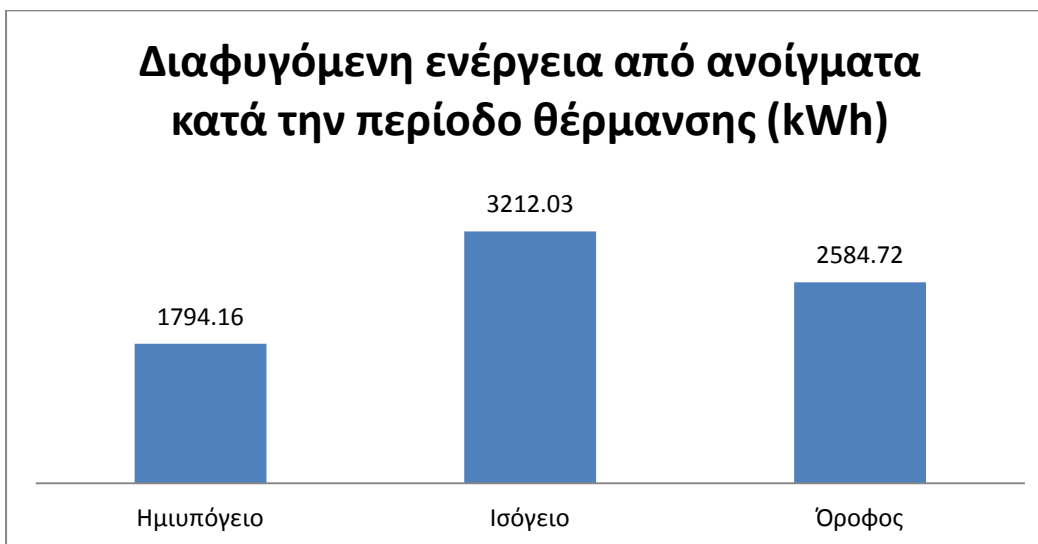
Όπως προαναφέρθηκε, τα κουφώματα του κτηρίου προσωπικού φέρουν πλαίσιο αλουμινίου χωρίς θερμοδιακοπή και μονό υαλοπίνακα. Παρά το γεγονός ότι ο μονός υαλοπίνακας έχει μεγάλο συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους (77%), τα κουφώματα όχι μόνο δεν συνεισφέρουν στην θέρμανση του κτηρίου κατά την περίοδο θέρμανσης, αλλά χάνουν συνολικά θερμότητα ύψους 46811 kWh. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του υψηλού συντελεστή θεμοπερατότητας τους.



Εικόνα 4.15: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα κατά την Περίοδο Θέρμανσης

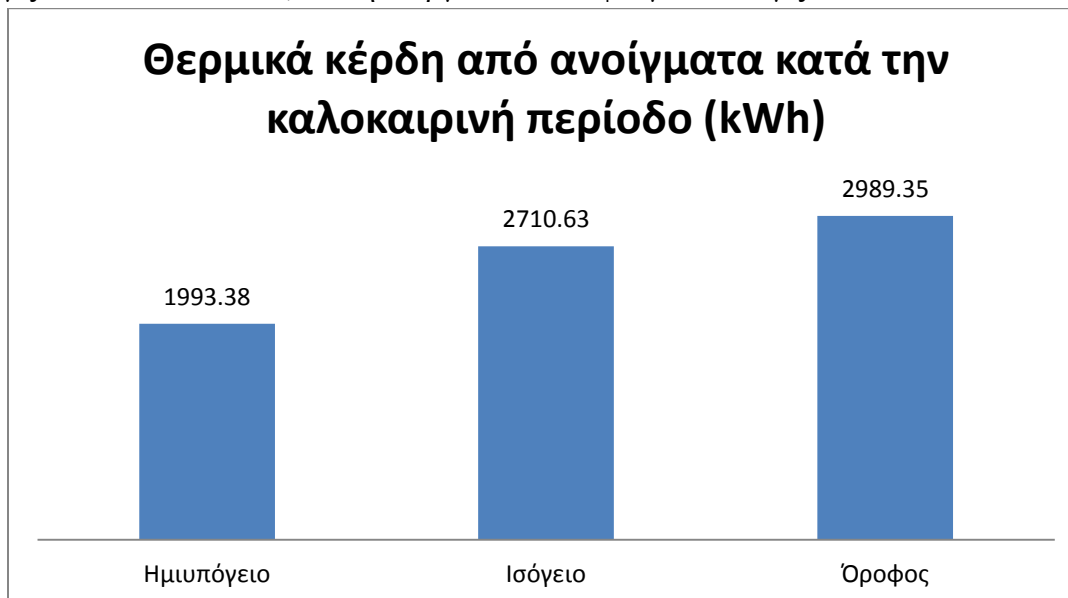
Τα θερμικά κέρδη από τα παράθυρα κατά την περίοδο θέρμανσης ανέρχονται συνολικά στα 3998 kWh.

Η θερμική ενέργεια η οποία διαφεύγει από τα παράθυρα του κτηρίου προσωπικού κατά την περίοδο θέρμανσης ανέρχεται συνολικά στα 7592 kWh

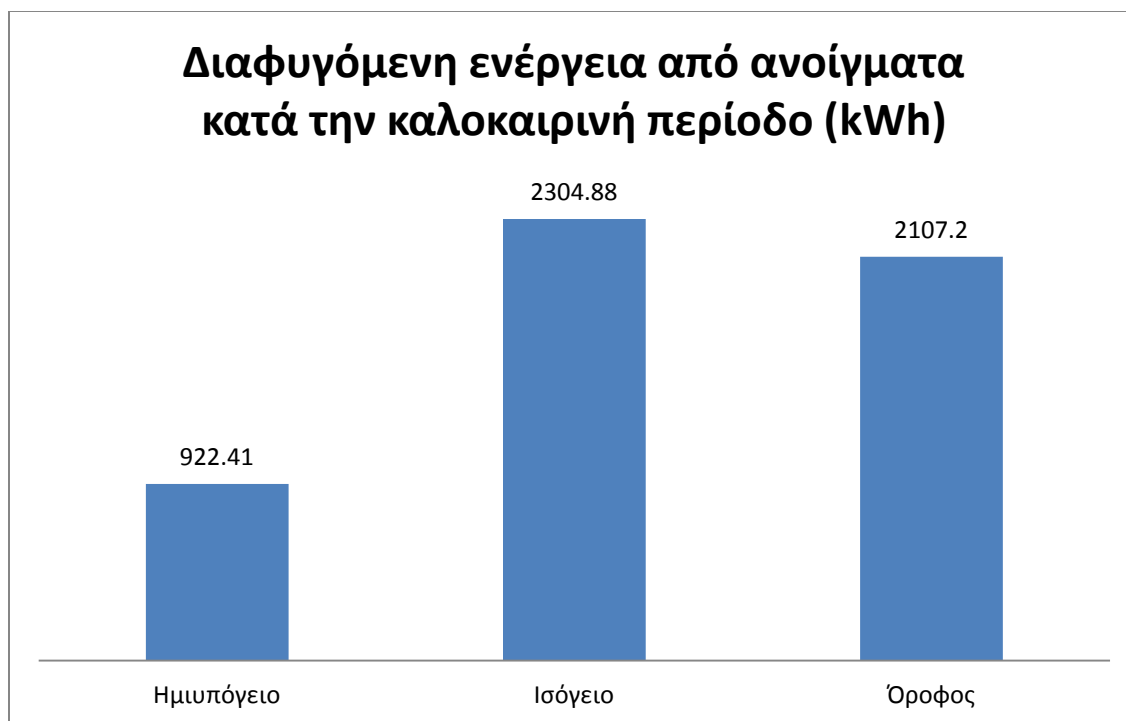


**Εικόνα 4.16: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα κατά την Περίοδο Θέρμανσης**

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο, η συνολική θερμική ενέργεια που εισέρχεται στο κτήριο υπολογίζεται στα 2359 kWh, ενώ η ενέργεια που διαφεύγει υπολογίζεται στα 5334 kWh.



**Εικόνα 4.17: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα κατά την Θερινή Περίοδο**

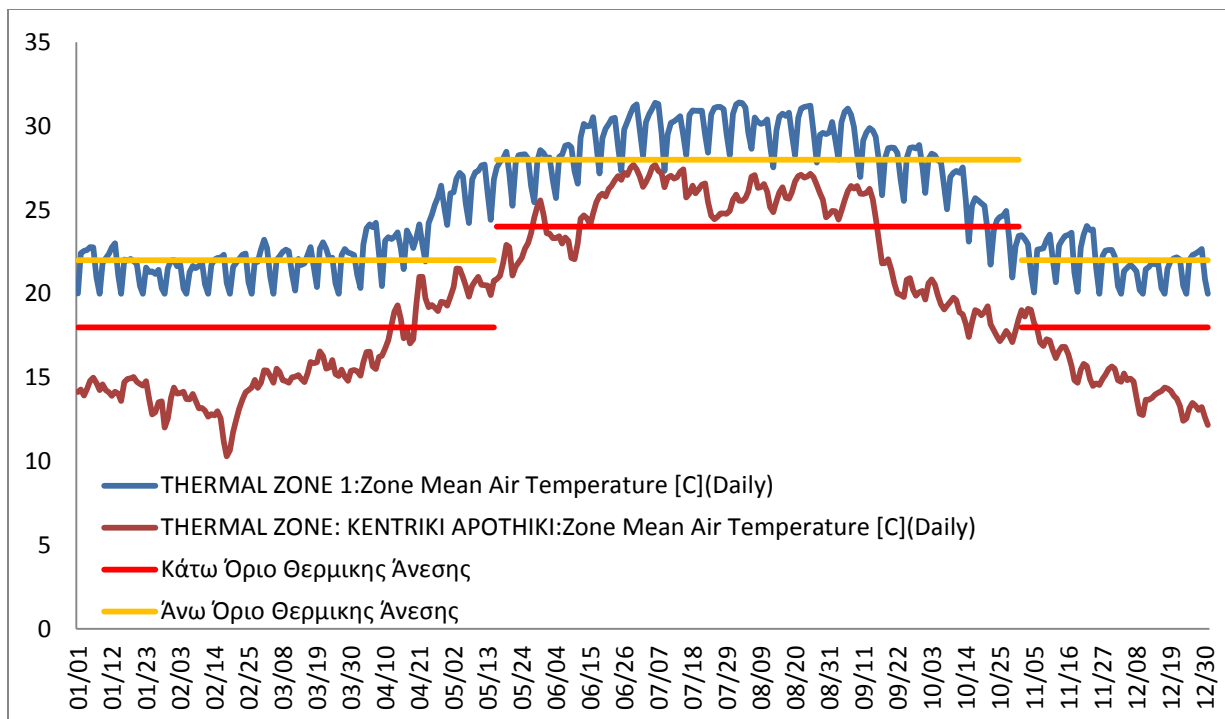


Εικόνα 4.18: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα κατά την Θερινή Περίοδο

## 4.2 Διοικητήριο

### 4.2.1 Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Αέρα ανά Ζώνη

Σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του διοικητηρίου μένει εντός των ορίων θερμικής άνεσης για την περίοδο 1 Ιανουαρίου – 3 Απριλίου και 26 Νοεμβρίου – 31 Δεκεμβρίου. Από τα μέσα Μαΐου μέχρι και 20 Σεπτεμβρίου παρατηρούμε αυξημένη θερμοκρασία στο εσωτερικό του διοικητηρίου, η οποία μπορεί να αγγίζει και τους 32οC. Παρ' όλο που ο θερμοστάτης του συστήματος θέρμανσης έχει οριστεί στους 20οC από Δευτέρα έως Παρασκευή, παρατηρούμε αρκετά πιο μεγάλες θερμοκρασίες στο εσωτερικό του κτηρίου κατά την περίοδο θέρμανσης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην θερμική ενέργεια η οποία συσσωρεύεται στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων του κτηρίου και της εκλυόμενης θερμικής ενέργειας από τους λαμπτήρες πυρακτώσεως. Όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα φτάσει στους 20οC, το σύστημα θέρμανσης σταματάει να λειτουργεί, και τότε αρχίζει να εκλύεται θερμότητα από τα δομικά στοιχεία. Παράλληλα, λόγω των λίγων παραθύρων, δεν εισέρχεται αρκετός νωπός αέρας από το εξωτερικό του κτηρίου έτσι ώστε να πέσει η θερμοκρασία του. Για αυτούς τους λόγους παρατηρούνται μεγάλες αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτηρίου κατά την χειμερινή περίοδο.



Εικόνα 4.19: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία ανά Ζώνη

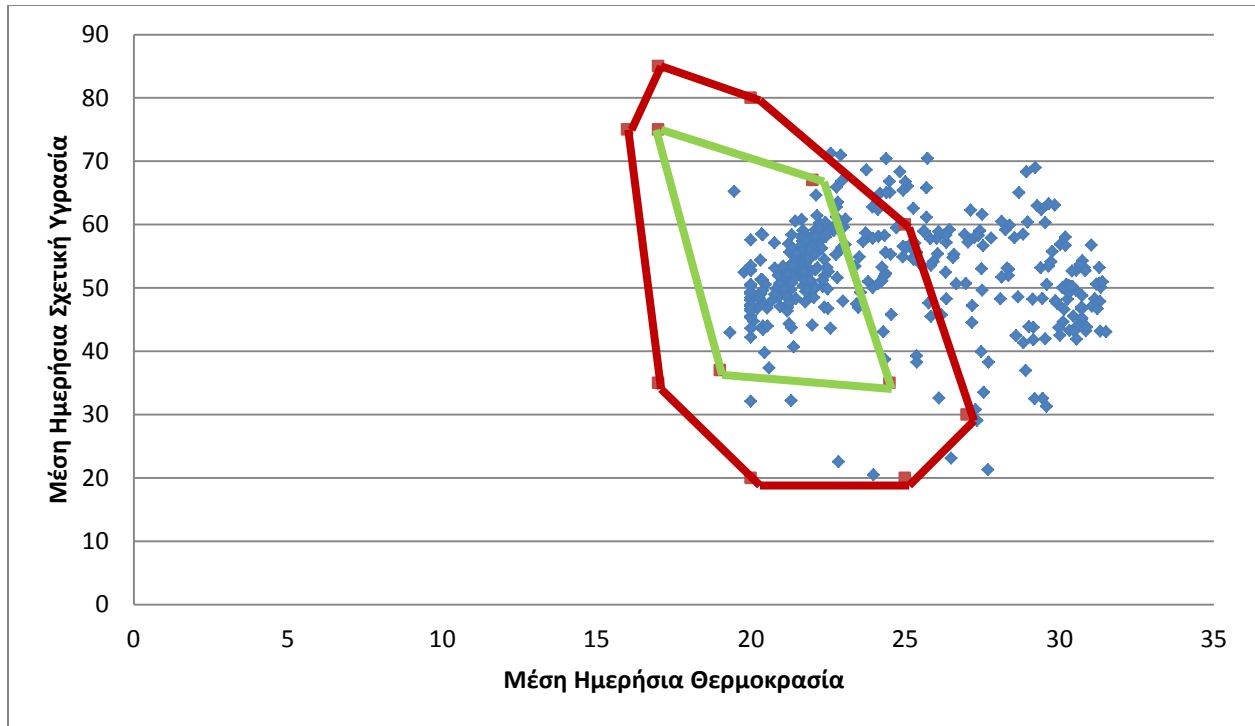
Η συνολική θερμική ενέργεια η οποία πρέπει να διοχετευθεί στο εσωτερικό του διοικητηρίου καθ' όλη την διάρκεια της περιόδου θέρμανσης είναι 1366 kWh. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τον βαθμό απόδοσης του συστήματος θέρμανσης (55%), η συνολική καταναλισκόμενη θερμότητα ανέρχεται στις 2485 kWh, οι οποίες αντιστοιχούν σε 208 kg πετρελαίου.

#### 4.2.2 Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας για Φωτισμό

Όπως υπολογίζεται από το EnergyPlus, η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται για τον φωτισμό του διοικητηρίου ανέρχεται στις 16302,7 kWh, και αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που καταναλώνεται από το κτήριο αυτό.

#### 4.2.3 Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία Αέρα

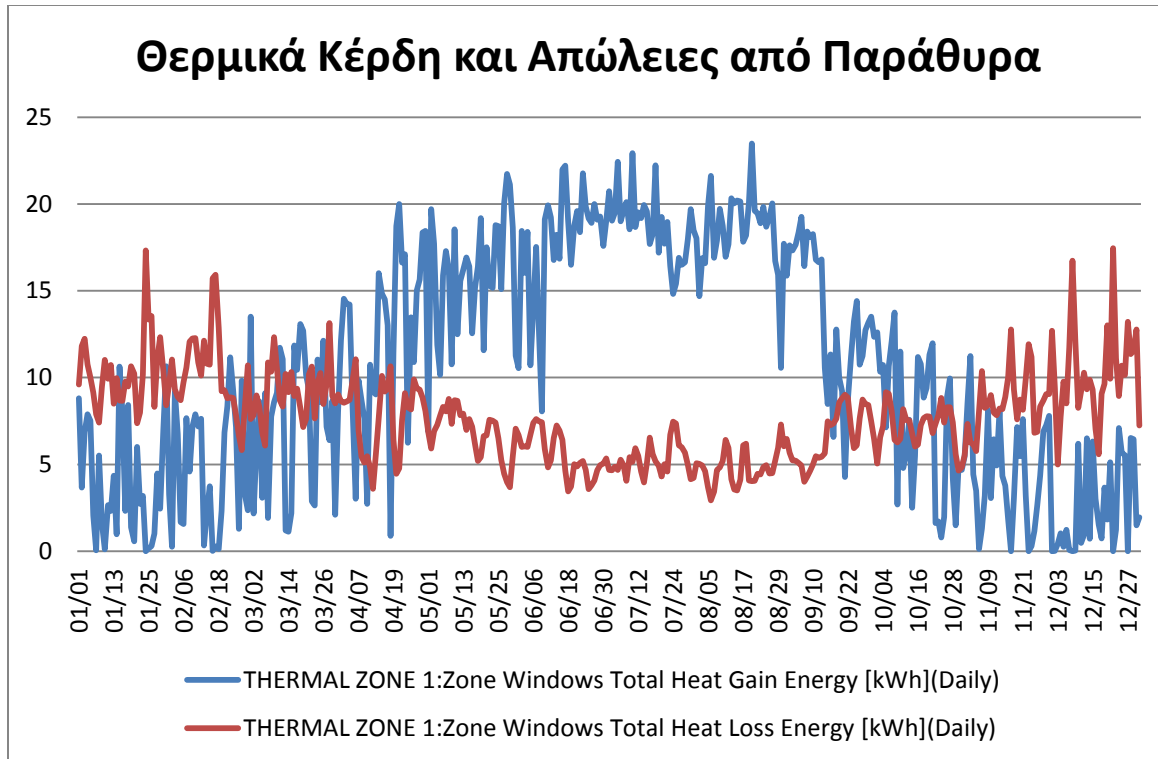
Όπως παρατηρούμε στο ακόλουθο διάγραμμα, μεγάλο μέρος των σημείων βρίσκεται εκτός της περιοχής όπου υπάρχει θερμική άνεση, κυρίως όταν η εσωτερική θερμοκρασία υπερβαίνει τους 26°C δηλαδή την περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου. Η σχετική υγρασία κυμαίνεται σε ικανοποιητικά επίπεδα, αφού ο κύριος όγκος των σημείων βρίσκεται μεταξύ του 40% και 70%.



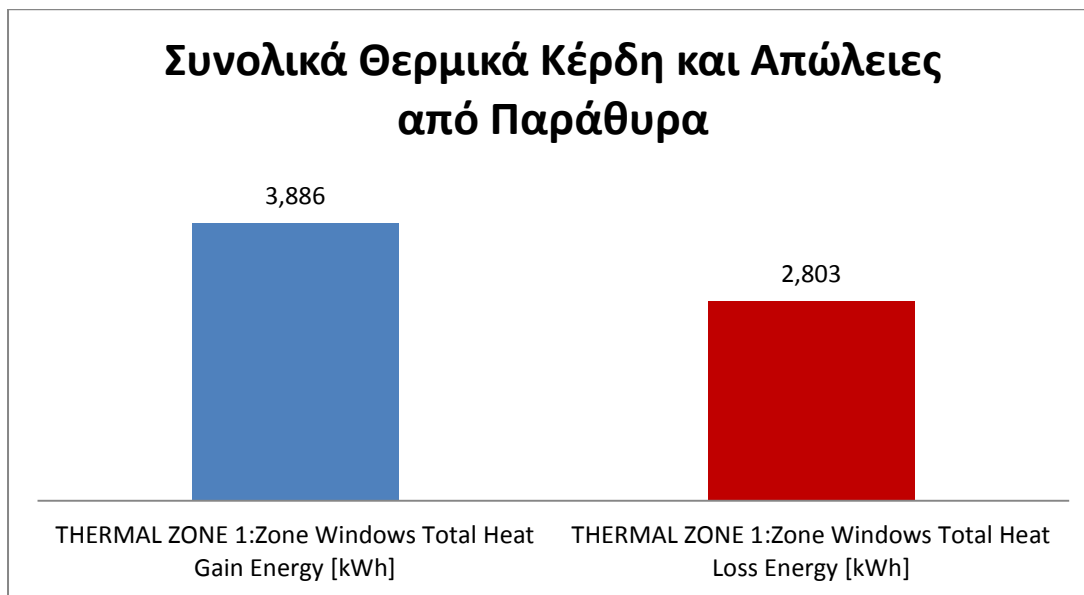
**Εικόνα 4.20: Μέση Ημερήσια Σχετική Υγρασία**

#### **4.2.4 Κέρδη και Απώλειες από Ανοίγματα**

Τα θερμικά κέρδη του διοικητηρίου από τα παράθυρα κυμαίνονται σε σχετικά μικρές τιμές, κυρίως λόγω των μικρών και λίγων παραθύρων. Ειδικότερα, όπως φαίνεται και από το ακόλουθο διάγραμμα, κατά την περίοδο θέρμανσης τα θερμικά κέρδη μπορούν να αγγίξουν τα 20 kWh ημερησίως. Την ίδια περίοδο, οι θερμικές απώλειες από τα ανοίγματα μπορούν να φτάσουν τα 17,5 kWh ημερησίως. Για τους ίδιους λόγους (λίγα και μικρά παράθυρα) τα κέρδη και οι απώλειες θερμικής ενέργειας από τα παράθυρα κυμαίνονται σε σχετικά μικρές τιμές (μέχρι 23.5 kWh κέρδη, μέχρι 7.5 kWh απώλειες ημερησίως).



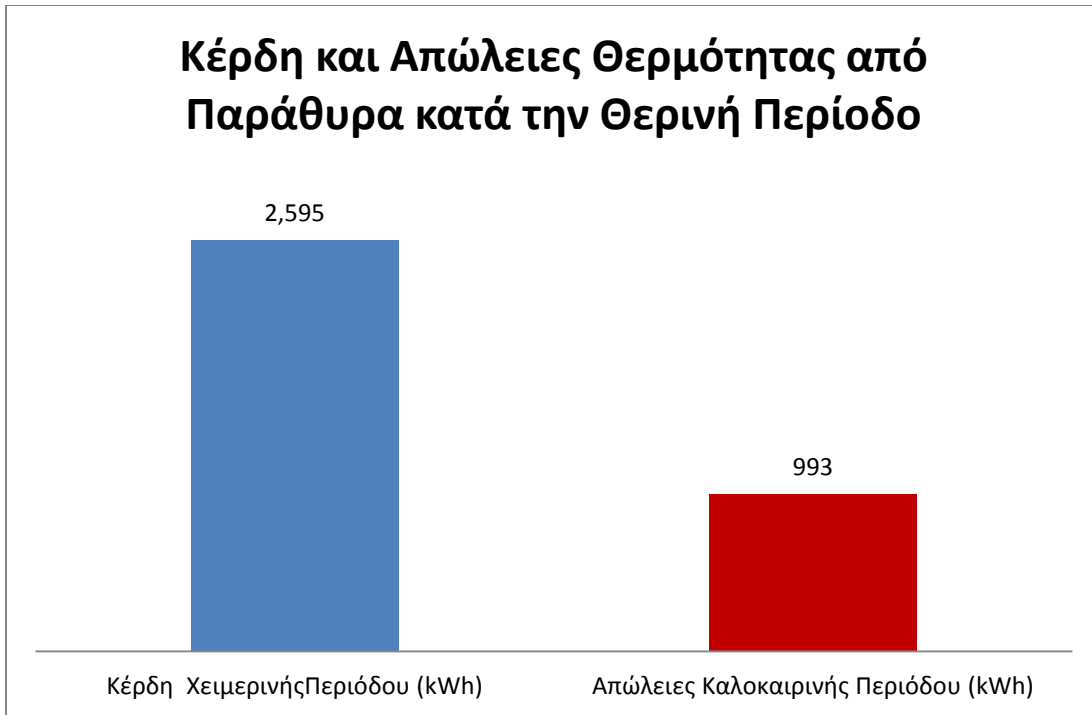
**Εικόνα 4.21: Θερμικά Κέρδη και Απώλειες από Παράθυρα**



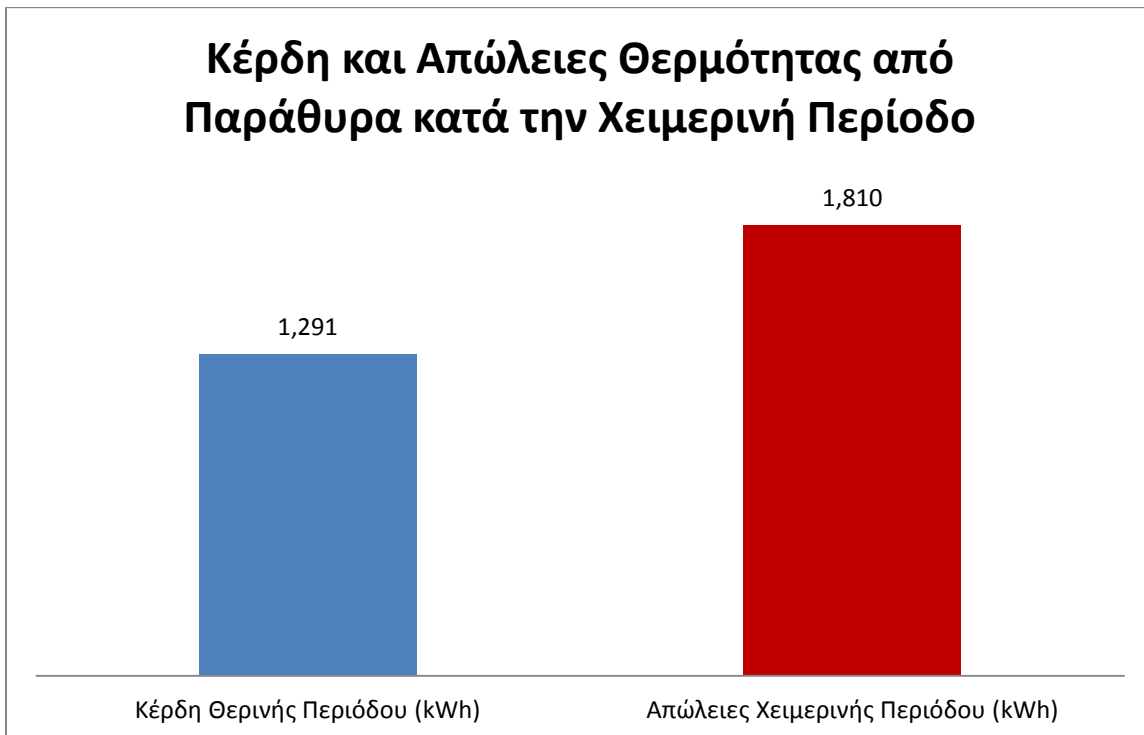
**Εικόνα 4.22: Αθροιστικά Θερμικά Κέρδη και Απώλειες από Παράθυρα**

Κατά την θερινή περίοδο, συνολικά εισέρχονται 1602 kWh θερμικής ενέργειας, ενώ κατά την χειμερινή περίοδο το διοικητήριο χάνει 519 kWh συνολικά.





**Εικόνα 4.23: Αθροιστικά Θερμικά Κέρδη και Απώλειες από Παράθυρα κατά την Θερινή Περίοδο**



**Εικόνα 4.24: Αθροιστικά Θερμικά Κέρδη και Απώλειες από Παράθυρα κατά την Χειμερινή Περίοδο**

### 4.3 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων

Παρακάτω φαίνεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο των κτηρίων του ΚΙΕ. Επίσης φαίνονται οι συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και οι αντίστοιχοι εκλυόμενοι ρύποι, σύμφωνα με τον πίνακα 1.2 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.

**Πίνακας 4.1: Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων ανά Κτήριο (kWh/m<sup>2</sup>)**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Πρωτογενής Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Κτήριο Προσωπικού</b>	430.73	325.05	125.79	25.35	166.254	63.95	16.5	233.305	399.559	274.6297
<b>Διοικητήριο</b>	380.52	190.07	6.52	0	7.172	42.84	0	124.236	131.41	124.76

**Πίνακας 4.2: Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων ανά Θερμική Ζώνη Κτηρίου Προσωπικού (kWh/m<sup>2</sup>)**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Υπόγειο</b>	46.44	0.00	0.00	0.00	0.00	7.59	0.00	22.01	22.01	21.77
<b>Ημιυπόγειο</b>	111.31	89.09	126.68	49.04	193.30	59.04	31.92	263.79	457.09	311.92
<b>Ισόγειο</b>	152.55	129.74	103.28	0.00	113.61	81.46	0.00	236.23	349.84	263.63
<b>Όροφος</b>	120.44	111.22	201.96	45.33	272.01	63.01	29.50	268.29	540.30	337.15

**Πίνακας 4.3: Συνολική Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων (kWh)**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh)	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh)	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh)	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh)	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh)	Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh)	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/)
Υπόγειο	46.44	0.00	0.00	0.00	0.00	352.48	0.00	1022.19	1022.19	1010.95
Ημιυπόγειο	111.31	89.09	14100.75	5459.02	21515.75	6571.74	3553.33	29362.72	50878.48	34719.89
Ισόγειο	152.55	129.74	15755.36	0.00	17330.90	12426.72	0.00	36037.50	53368.40	40216.44
Όροφος	120.44	111.22	24324.06	5459.02	32761.40	7588.92	3553.33	32312.55	65073.95	40606.12
									170343.01	116553.40

**Πίνακας 4.4: Συντελεστές Μετατροπής σε πρωτογενή Ενέργεια και Εκλούμενοι Ρύποι**

Πηγή Ενέργειας	Συντελεστής Μετατροπής σε Πρωτογενή Ενέργεια	Εκλούμενοι Ρύποι ανά Μονάδα Ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Πετρέλαιο Θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική Ενέργεια	2,90	0,989

# Κεφάλαιο 5

## Προτάσεις για Βελτίωση

Σε αυτό το κεφάλαιο προτείνονται διάφορα σενάρια βελτίωσης των ενεργειακών χαρακτηριστικών των κτηρίων του ΚΙΕ. Αρχικά γίνεται μοντελοποίηση των σεναρίων αυτών και στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης καθώς και οι αντίστοιχες καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας με τις αντίστοιχες εκπομπές ρύπων. Τέλος γίνεται σύγκριση με την αρχική κατάσταση των κτηρίων και παρουσιάζονται οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας, οι εκπομπές ρύπων καθώς και η ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων ανά εφαρμοζόμενο σενάριο.

## 5.1 Κτήριο Προσωπικού

### 5.1.1 Σενάρια Βελτίωσης

Προκειμένου να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας του κτηρίου αλλά και να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του, θα εξεταστούν τα παρακάτω σενάρια.

- Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία και την οροφή του κτηρίου, αντικατάσταση των κουφωμάτων και προσθήκη θυρίδας στην καμινάδα του τζακιού.
- Εφαρμογή κατάλληλων σκιάσεων.
- Αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης με αντικατάσταση του λέβητα και συντήρηση του δικτύου.
- Εφαρμογή συστήματος κλιματισμού.
- Αντικατάσταση των λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας.

Για την μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιλέχθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 3 εκατοστών, επιχρισμένη εξωτερικά με θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 1 εκατοστού. Για την μόνωση της οροφής επιλέχθηκε επίσης εξηλασμένη πολυστερίνη με θερμομονωτικό επίχρισμα. Για τα κουφώματα επιλέχθηκε συνθετικό πλαίσιο και δίδυμος υαλοπίνακας με διάκενο 6mm αέρα και επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας (low-e).

Οι θερμοφυσικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 5.1.1: Θερμοφυσικές Ιδιότητες Θερμομονωτικών Υλικών**

Όνομασία Υλικού	Πάχος (m)	Θερμική αγωγιμότητα α (W/m*K)	Ποκνότητα α (kg/m <sup>3</sup> )	Ειδική Θερμοχωρητικότητα (J/kg*K)	Συντελεστής Απορρόφησης Θερμικής Ακτινοβολίας	Συντελεστής Απορρόφησης Ηλιακής Ακτινοβολίας
Εξηλασμένη Πολυστερίνη	0,03	0,035	35	1450	0,2	0,7
Θερμομονωτικό Επίχρισμα	0,01	0,08	250	1100	0,2	0,6

Κατά συνέπεια, οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτηρίου προσωπικού διαμορφώνονται ως εξής:

**Πίνακας 5.1.2: Συντελεστές Θερμοπερατότητας Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων**

Construction	U-Factor with Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]	U-Factor no Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]
EXTERIOR WALL with insulation	0.66	0.732
KIE FLOOR	2.048	4.077
KIE ROOF with insulation	0.754	0.879
KIE EXTERIOR DOOR	1.249	1.249

Λόγω της αλλαγής των κουφωμάτων του κτηρίου, βελτιώνονται και οι τιμές του αερισμού τόσο για τους θερμαινόμενους, όσο και για τους μη θερμαινόμενους χώρους, σύμφωνα πάντα με τις παραγράφους 3.4.2 και 3.4.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1 και όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακες.

**Πίνακας 5.1.3: Αερισμός ανά μη Θερμαινόμενο Χώρο**

	Όνομασία μη θερμαινόμενου χώρου	Αερισμός ανά μονάδα όγκου [m <sup>3</sup> /h/m <sup>3</sup> ]	Όγκος χώρου [m <sup>3</sup> ]	Αερισμός [m <sup>3</sup> /h]	Αερισμός [m <sup>3</sup> /s]
Υπόγειο	Apothiki	0.10	42.00	4.2000	0.0012
	Diadromos	0.50	18.75	9.3750	0.0026
	Xwros levita	0.10	34.62	3.4620	0.0010
	Xwros plyntiriou	0.10	30.00	3.0000	0.0008
Ημιυπόγειο	Apothiki 2	0.10	14.17	1.4170	0.0004
	Diadromos 1	0.10	73.60	7.3600	0.0020
	Loutro	0.10	39.11	3.9110	0.0011
Ισόγειο	Kouzina 1	0.50	58.17	29.0850	0.0081
	Mpalkoni	0.50	9.50	4.7500	0.0013
Όροφος	Mpalkoni	0.50	32.82	16.4100	0.0046

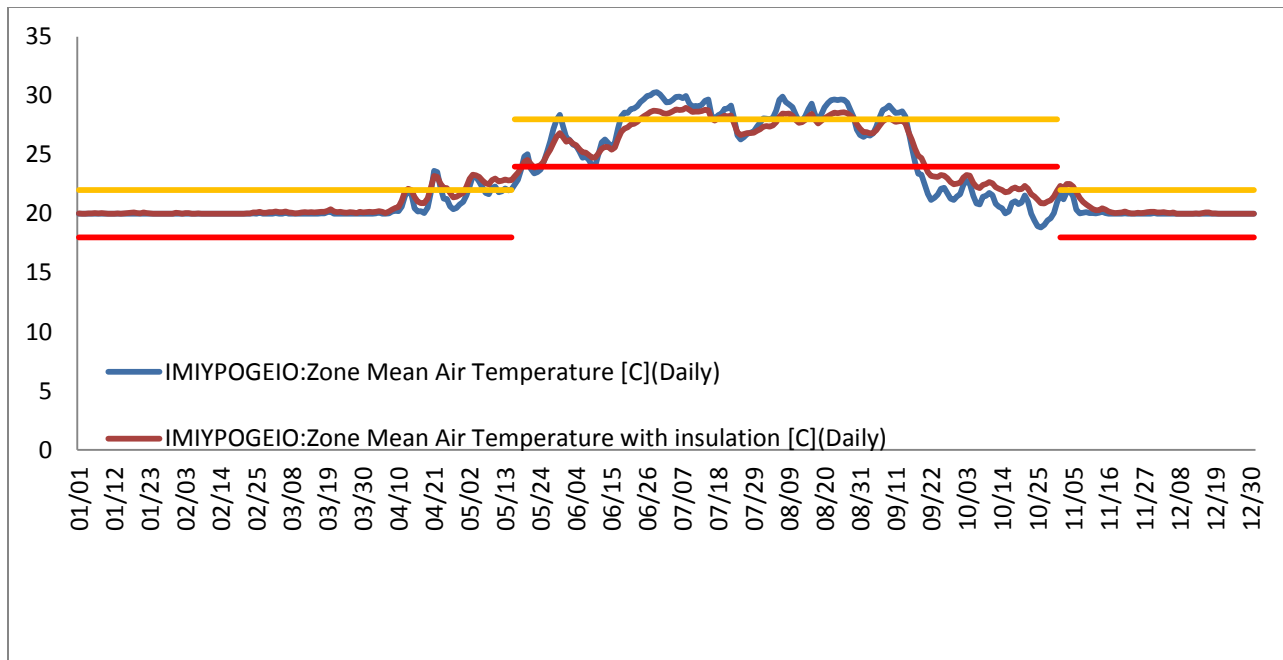
**Πίνακας 5.1.3: Αερισμός ανά Θερμαινόμενο Χώρο**

		Αερισμός από παράθυρα	Αερισμός από πόρτες	Σύνολο χώρου	Σύνολο χώρου σε m <sup>3</sup> /s
<b>Ημιυπόγειο</b>	Apothiki 1	4.2400	0.0000	3.0216	0.0008
	Υρnodwmatio 1	27.7500	19.5300	32.4440	0.0090
	Υρnodwmatio 2	8.4800	20.3500	19.2432	0.0053
	Υρnodwmatio 3	33.9300	0.0000	24.1800	0.0067
	Υρnodwmatio	25.4500	20.3200	31.3173	0.0087
	Diadromos 2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Ισόγειο</b>	Kouzina 1	23.9600	0.0000	17.0749	0.0047
	Kyriws xwros – kathistiko	59.8500	74.3000	90.8463	0.0252
	Vivliothiki	16.9600	0.0000	12.0864	0.0034
<b>Όροφος</b>	Diadromos 3	31.3200	0.0000	22.3200	0.0062
	Loutro 1	23.4900	0.0000	16.7400	0.0047
	Υρnodwmatio 4	30.0100	0.0000	21.3864	0.0059
	Υρnodwmatio 5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Υρnodwmatio 6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Υρnodwmatio 7	54.9200	0.0000	39.1384	0.0109

### 5.1.2 Εφαρμογή Θερμομόνωσης και Αλλαγή Κουφωμάτων

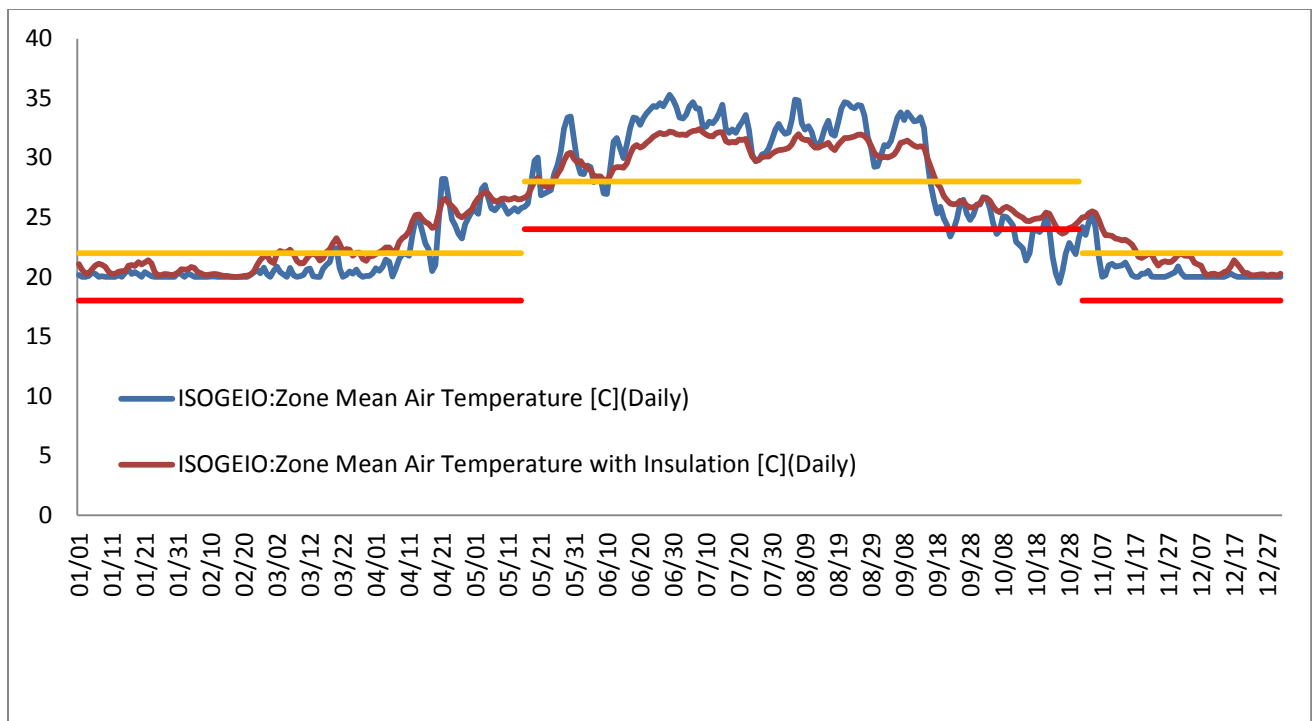
Μετά την εφαρμογή της μόνωσης στο κτήριο προσωπικού, καθώς και την αλλαγή κουφωμάτων, παρατηρούμε γενικότερα πτώση της μέσης θερμοκρασίας κατά την θερινή περίοδο, ενώ παράλληλα οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας έχουν μικρότερο εύρος.

Πιο συγκεκριμένα, η μέση θερμοκρασία στο ημιυπόγειο κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους βρίσκεται εντός των ορίων θερμικής άνεσης, ενώ όταν βρίσκεται εκτός (κατά τους θερινούς μήνες) υπερβαίνει το όριο αυτό μόλις κατά έναν βαθμό.



**Εικόνα 5.1: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ημιπογείου**

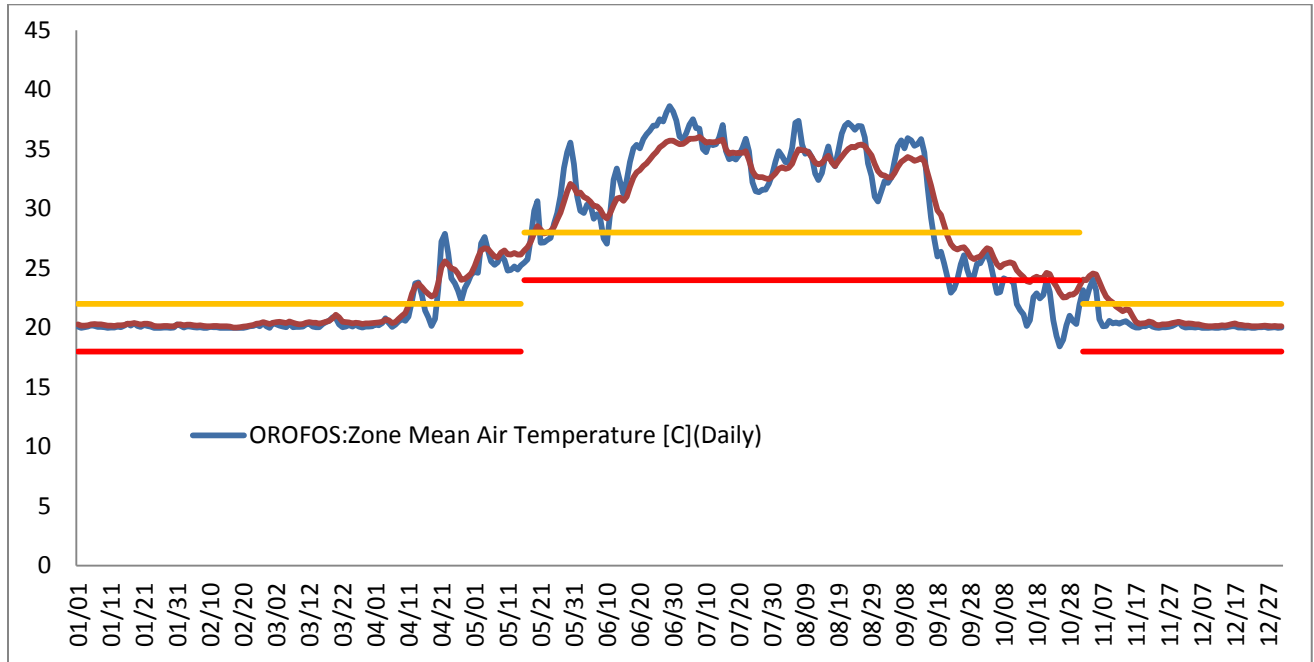
Στο ισόγειο, παρά το γεγονός ότι η μέση θερμοκρασία σε ορισμένες περιπτώσεις έχει πέσει μέχρι και τρεις βαθμούς, από τα μέσα Μαΐου μέχρι και τα μέσα Σεπτεμβρίου παρατηρούμε υπερθέρμανση.



**Εικόνα 5.2: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ισογείου**

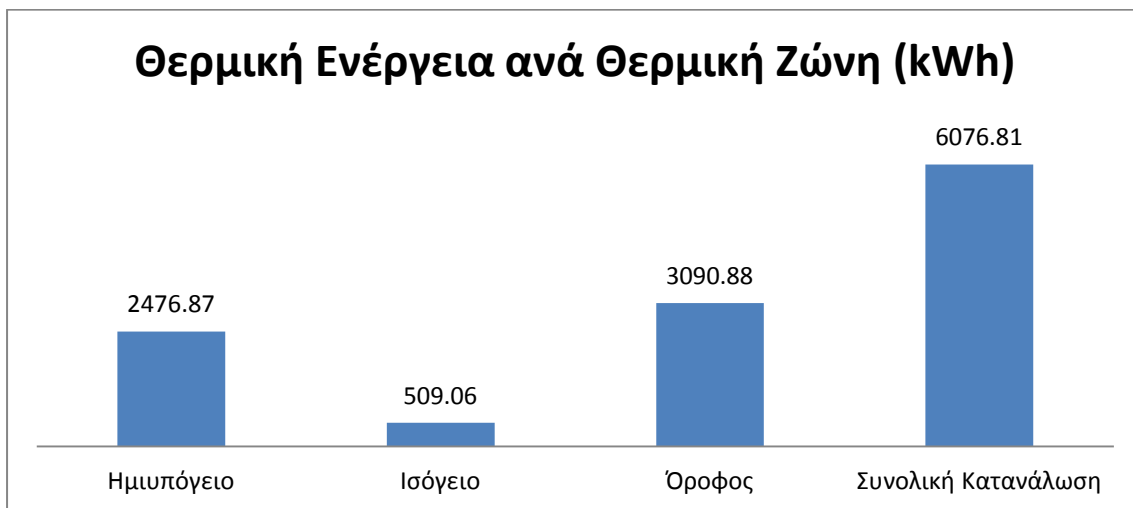


Στον όροφο του κτηρίου παρατηρούμε παρόμοια κατάσταση με αυτή του ισόγειου, με ακόμη μεγαλύτερο το πρόβλημα της υπερθέρμανσης.

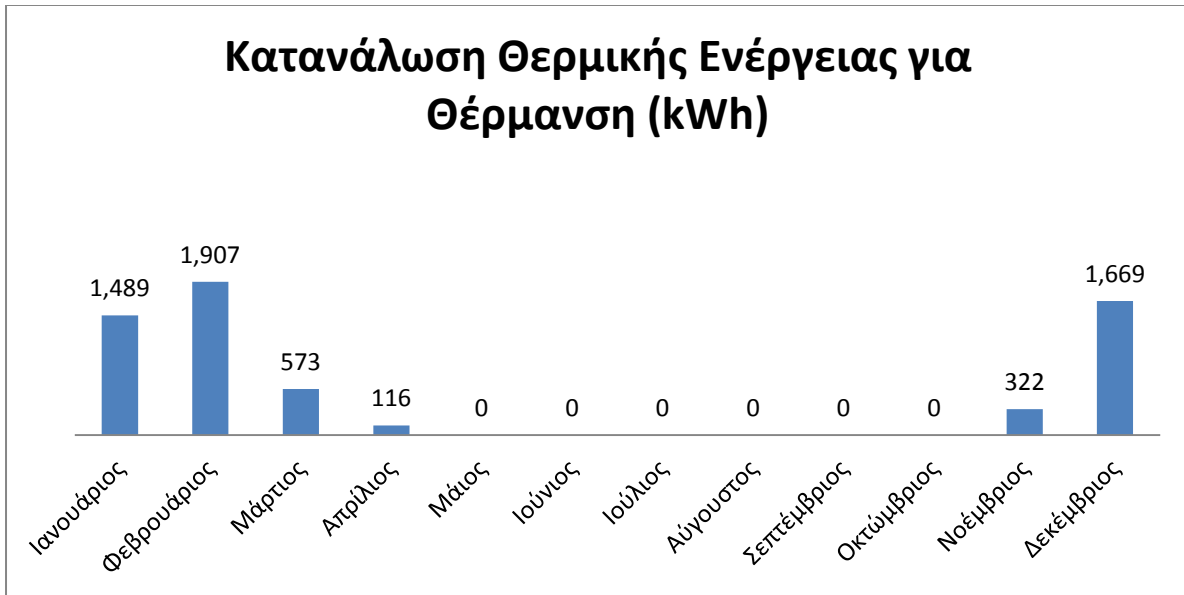


**Εικόνα 5.3: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ορόφου**

Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας κατά την περίοδο θέρμανσης σημείωσε δραματική πτώση μετά την αλλαγή κουφωμάτων και εφαρμογή θερμομόνωσης. Πιο συγκεκριμένα για θέρμανση καταναλώθηκαν συνολικά (συμπεριλαμβανομένου του βαθμού απόδοσης του συστήματος θέρμανσης) 26087 kWh, που αντιστοιχούν σε 2352 kg πετρελαίου θέρμανσης (48% μείωση στην κατανάλωση πετρελαίου).

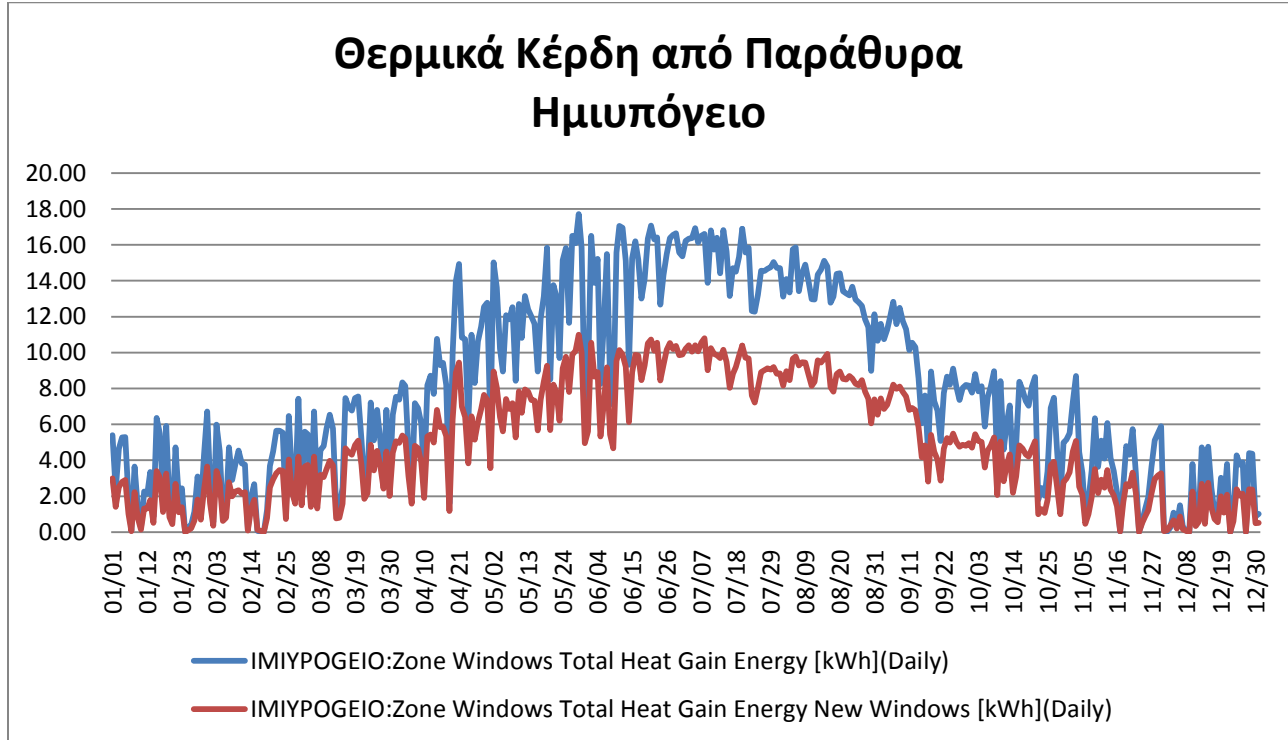


**Εικόνα 5.4: Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας ανά Θερμική Ζώνη**

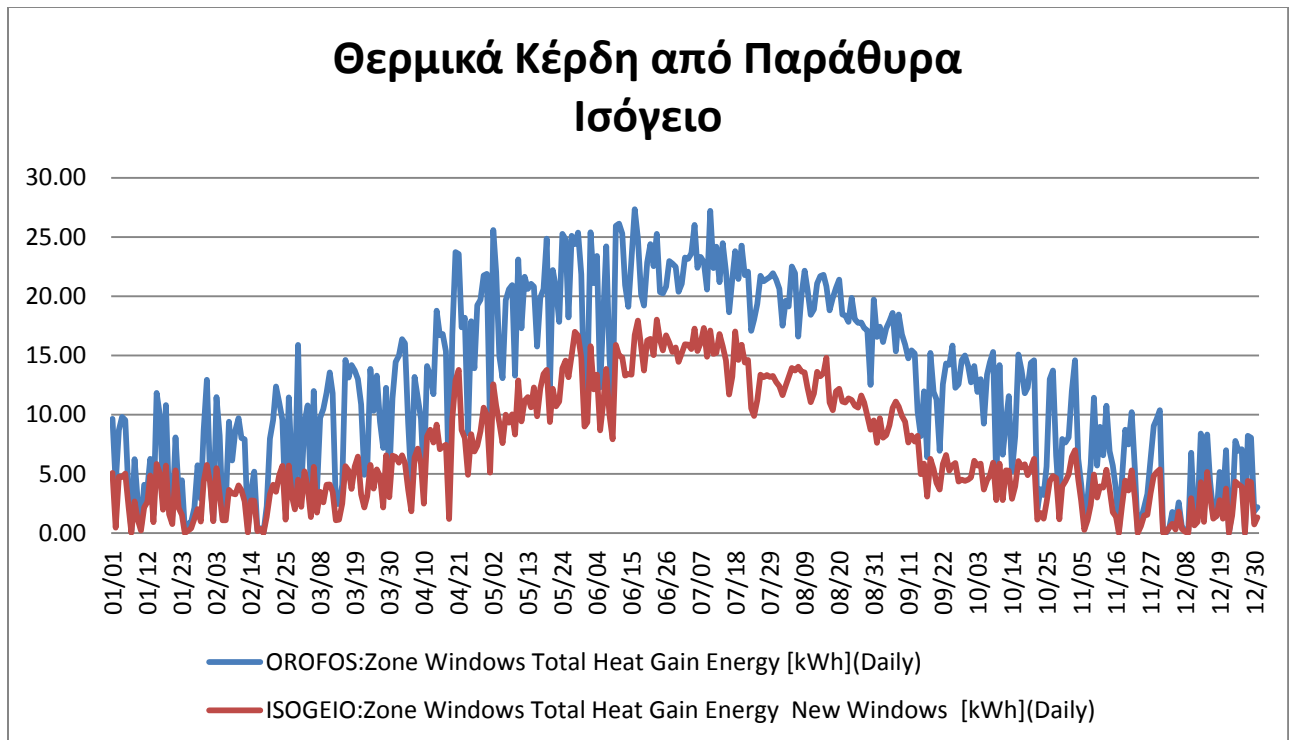


**Εικόνα 5.5: Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας ανά Μήνα**

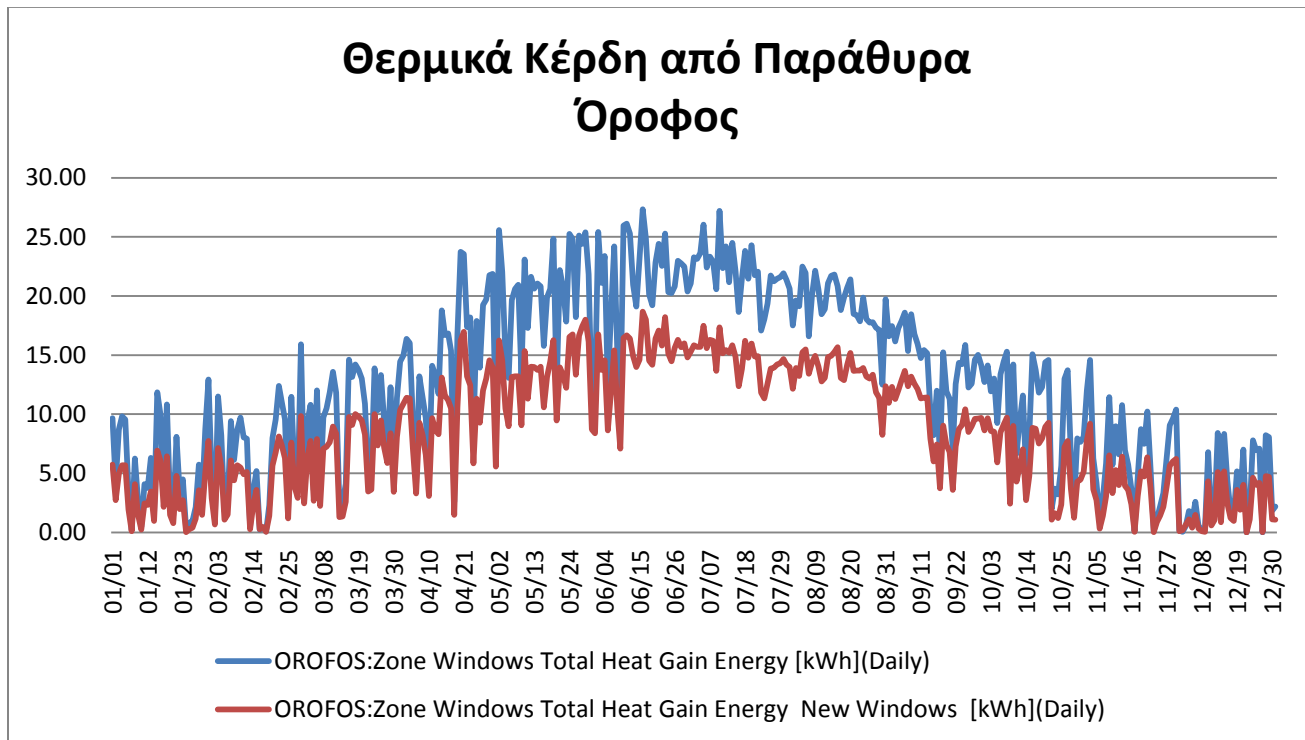
Σε γενικές γραμμές το κτήριο προσωπικού βγαίνει κερδισμένο από την εφαρμογή συνθετικών κουφωμάτων με low-e υαλοπίνακες, αφού έχουν σημαντικά μειωμένο συντελεστή θερμοπερατότητας, και εμποδίζουν την είσοδο θερμότητας με την μορφή ακτινοβολίας κατά την θερινή περίοδο.



**Εικόνα 5.6: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ημιυπόγειου**

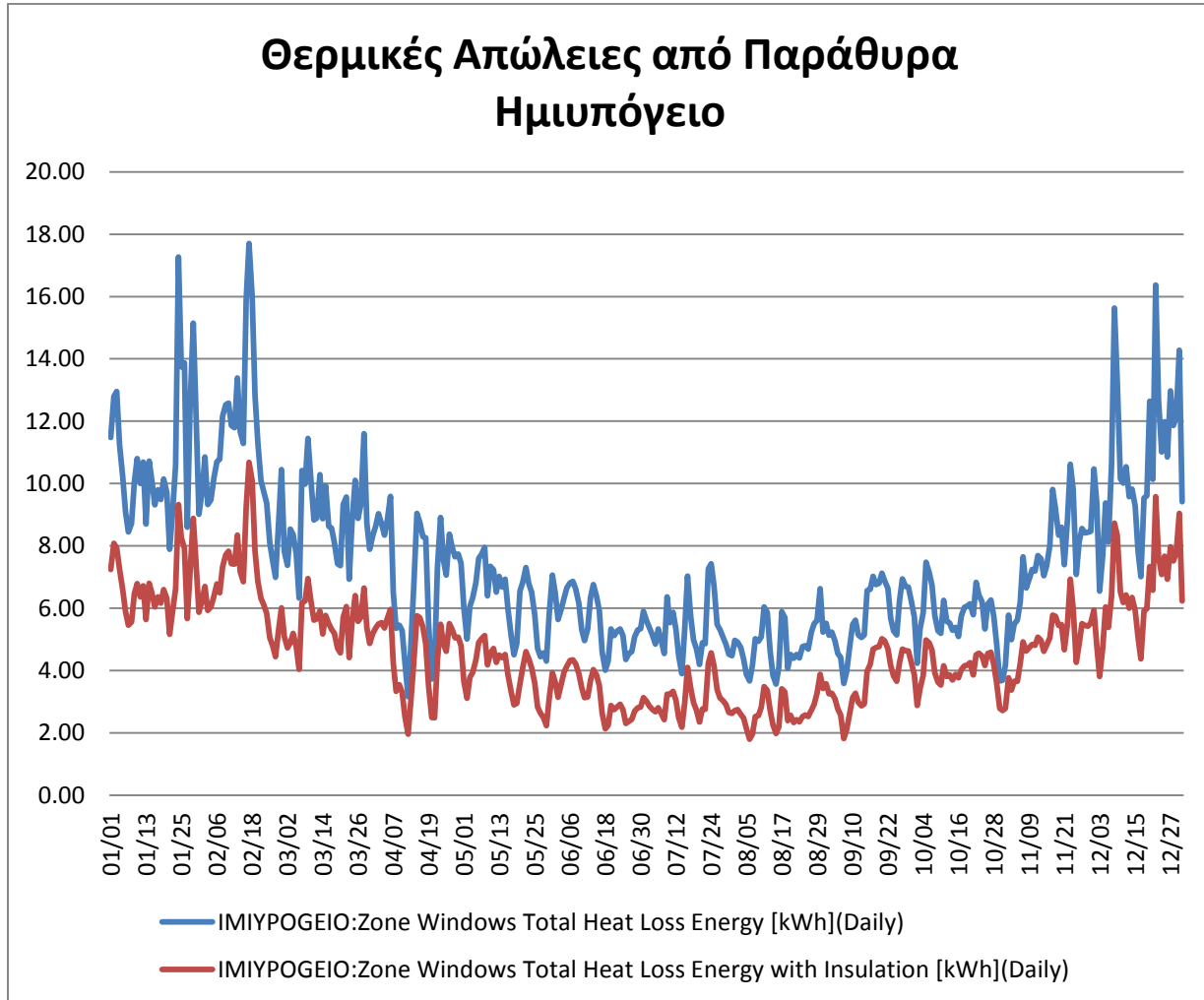


**Εικόνα 5.7: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ισογείου**

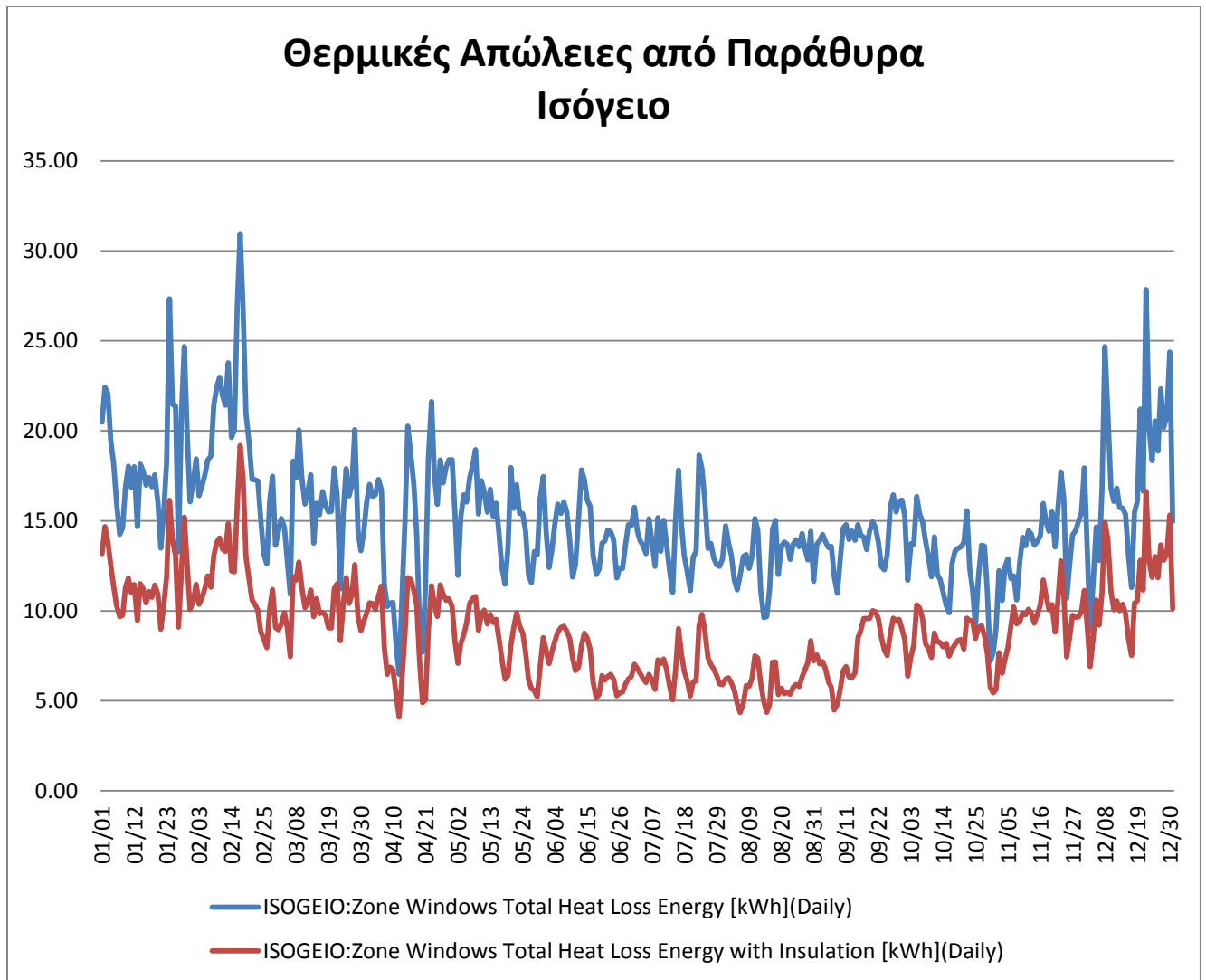


**Εικόνα 5.8: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα Ορόφου**

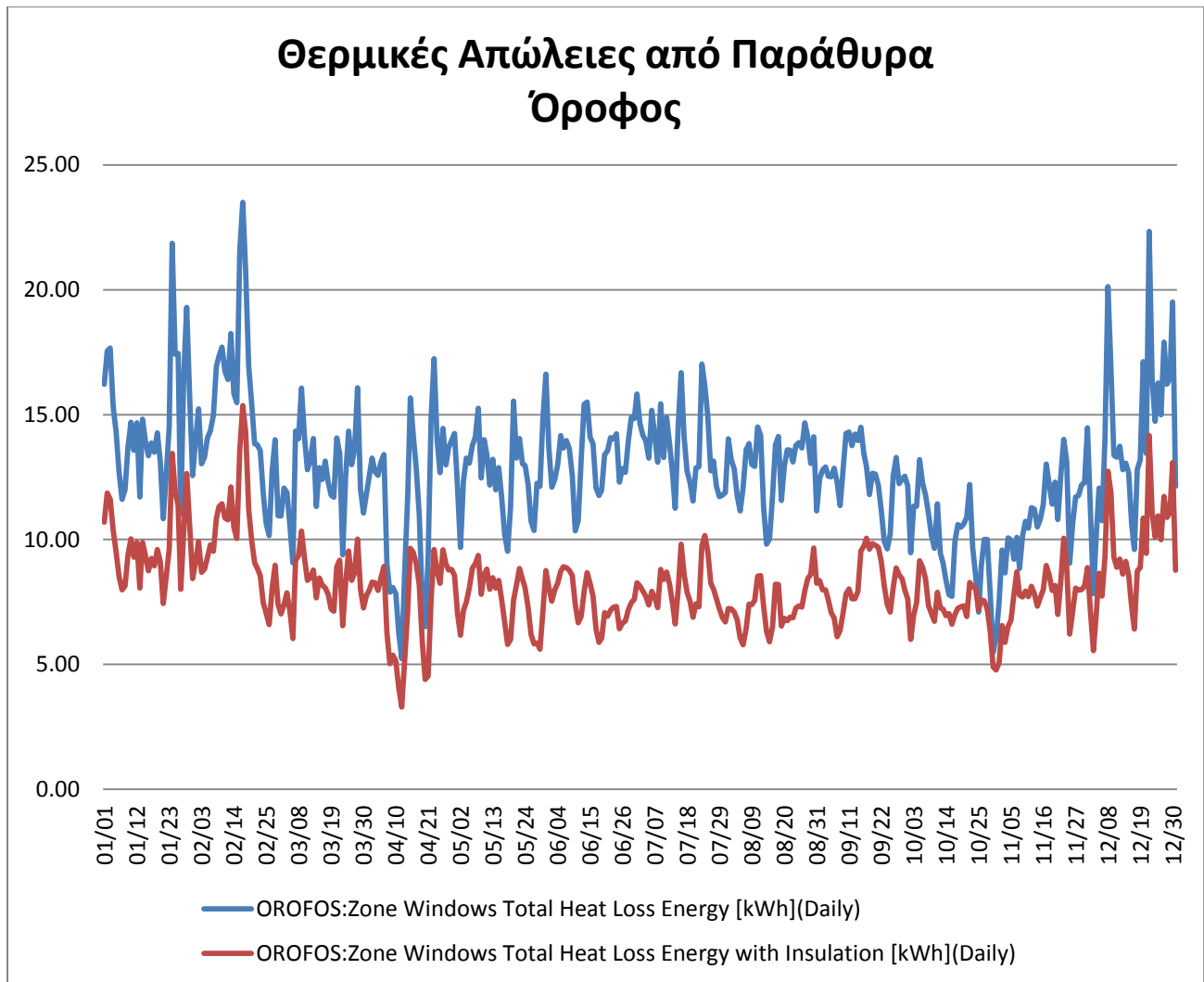
Η θερμική ενέργεια που διαφεύγει από τα κουφώματα κατά τους θερινούς μήνες εμφανίζεται μειωμένη, σε ορισμένες περιπτώσεις μέχρι και κατά 6 kWh/ημέρα. Με αυτόν τον τρόπο παραμένει θερμότητα στο εσωτερικό του κτηρίου και περιορίζεται η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης



Εικόνα 5.9: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ημιυπογείου

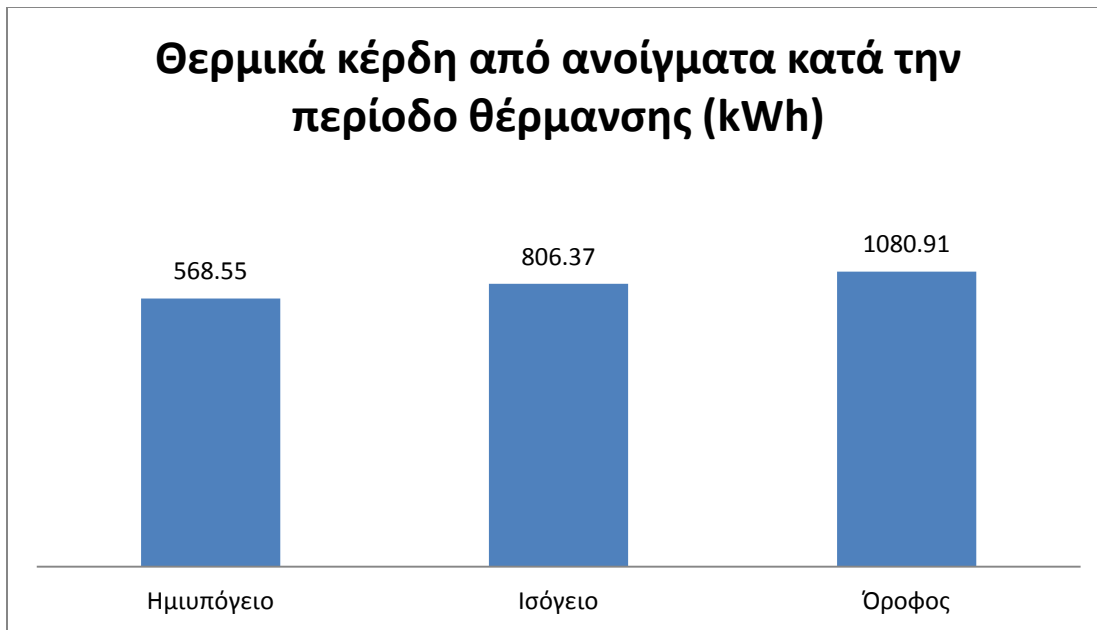


**Εικόνα 5.10: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ισογείου**

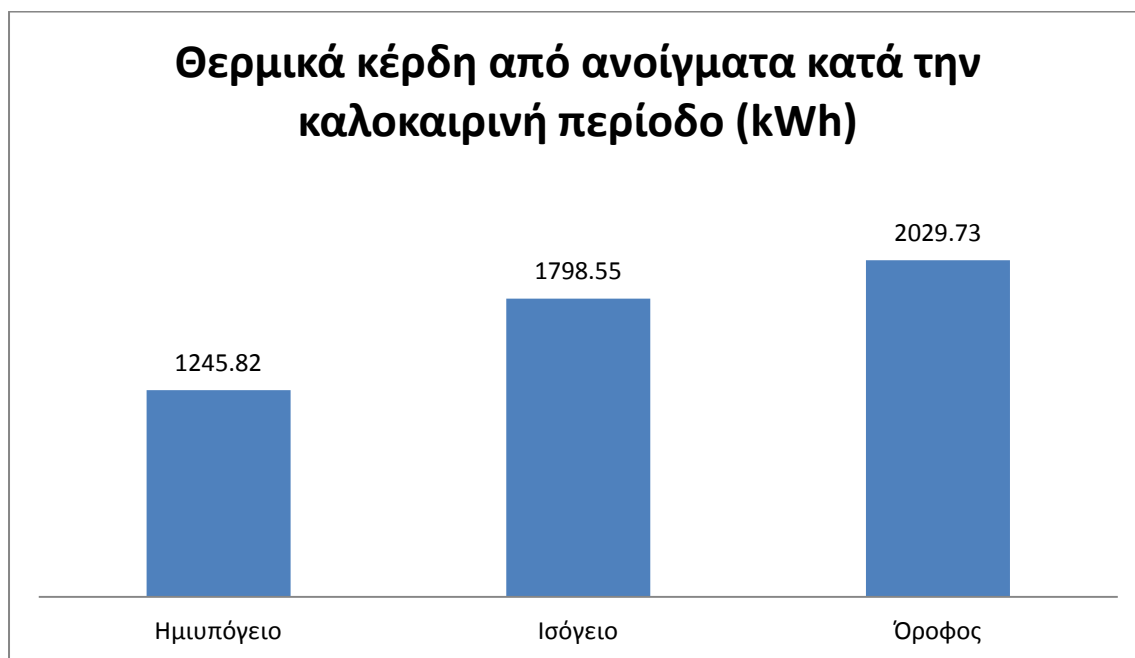


**Εικόνα 5.11: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα Ορόφου**

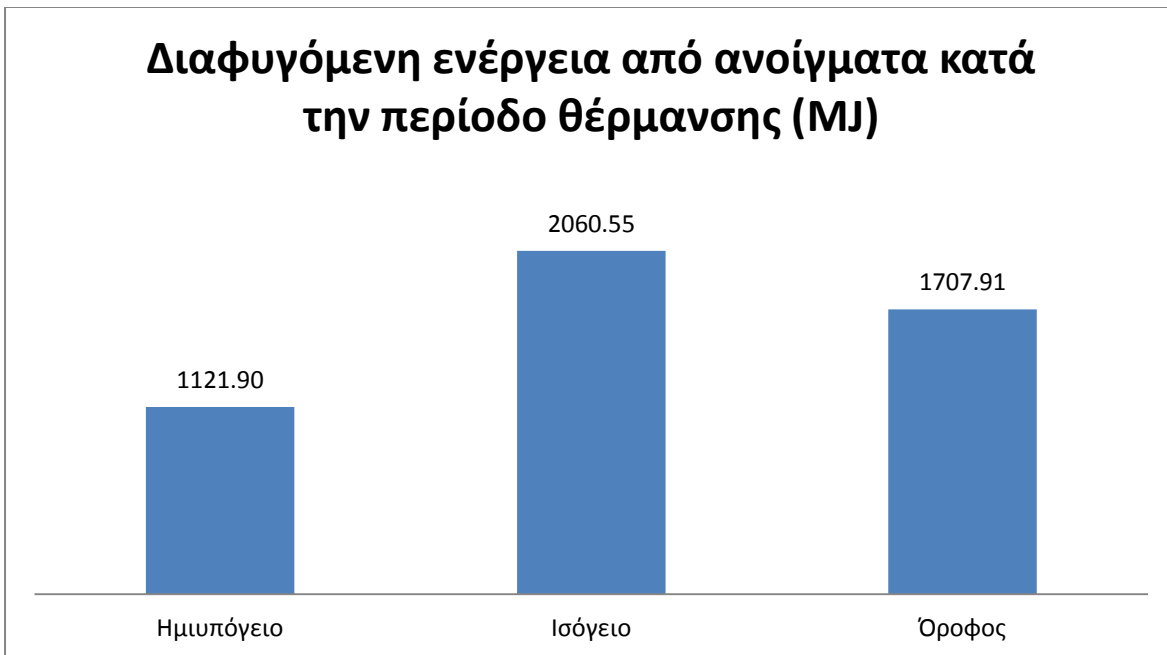
Στους παρακάτω πίνακες φαίνεται η συνολική ενέργεια που εισέρχεται και εξέρχεται από τα παράθυρα τόσο κατά την θερινή περίοδο, όσο και κατά την περίοδο θέρμανσης.



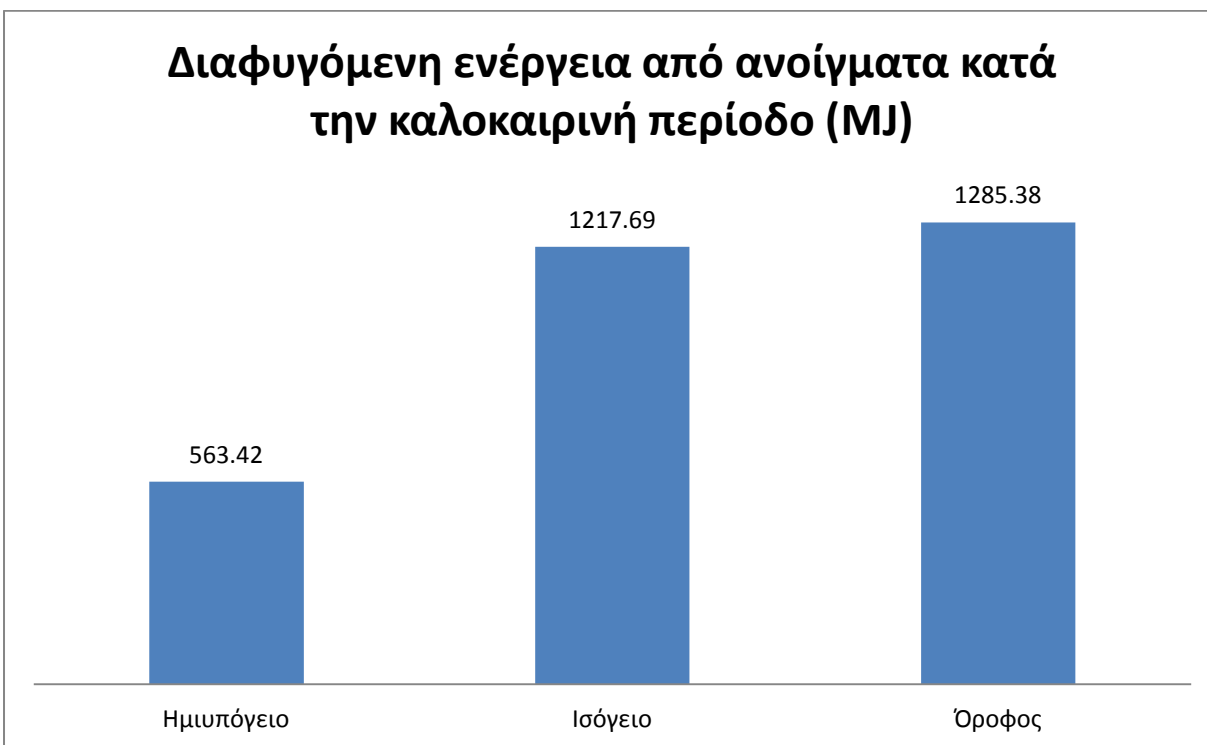
**Εικόνα 5.12: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα κατά την Περίοδο Θέρμανσης**



**Εικόνα 5.13: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα κατά την Θερινή Περίοδο**

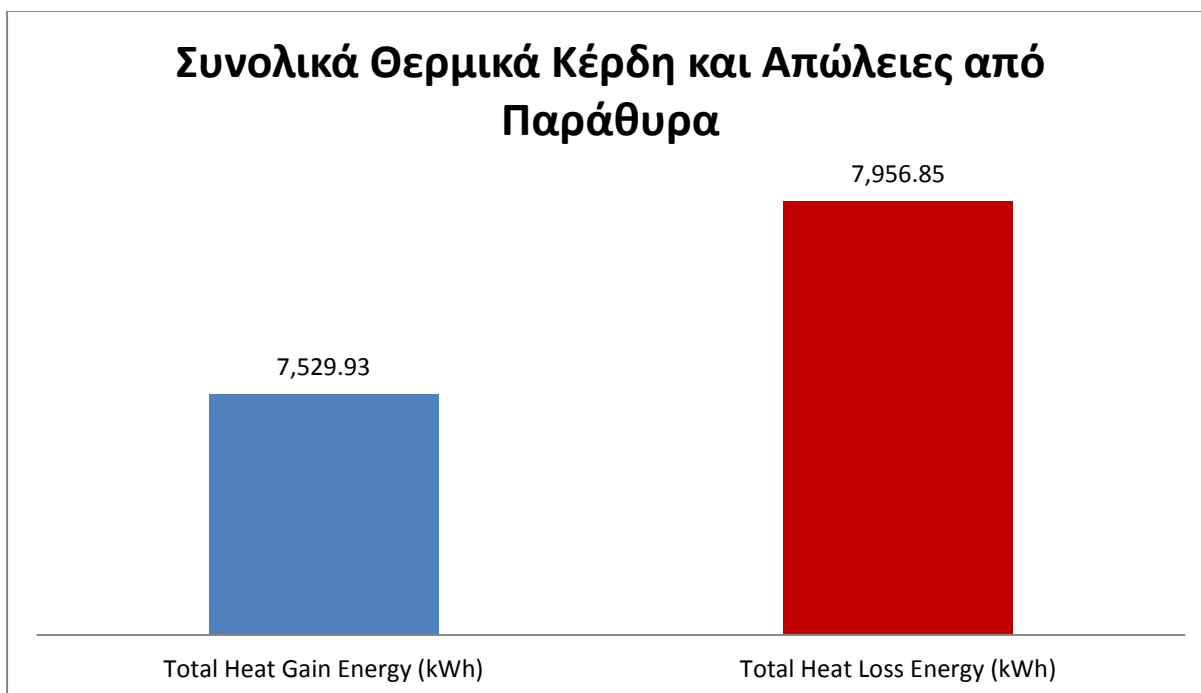


**Εικόνα 5.14: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα κατά την Περίοδο Θέρμανσης**



**Εικόνα 5.15: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα κατά την Θερινή Περίοδο**





**Εικόνα 5.16: Συνολικά Θερμικά Κέρδη και Απώλειες από Παράθυρα**

### 5.1.3 Αναβάθμιση του Συστήματος Θέρμανσης

Για την αναβάθμιση του κτηρίου προσωπικού επιλέχθηκε λέβητας 75 kW (όπως έχει υπολογιστεί σύμφωνα με την παράγραφο 4.1.2.1. της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1) με πλήρη μόνωση. Το δίκτυο διανομής θεωρήθηκε ότι μονώθηκε με μόνωση πάχους ίσου με την ακτίνα των σωλήνων, ενώ οι τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας θεωρήθηκε ότι αντικαταστάθηκαν με νέες με δυνατότητα ρύθμισης θερμοστάτη σε επίπεδο μονάδας. Ύστερα από αυτές τις αλλαγές, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης υπολογίζεται στο 79,5%.

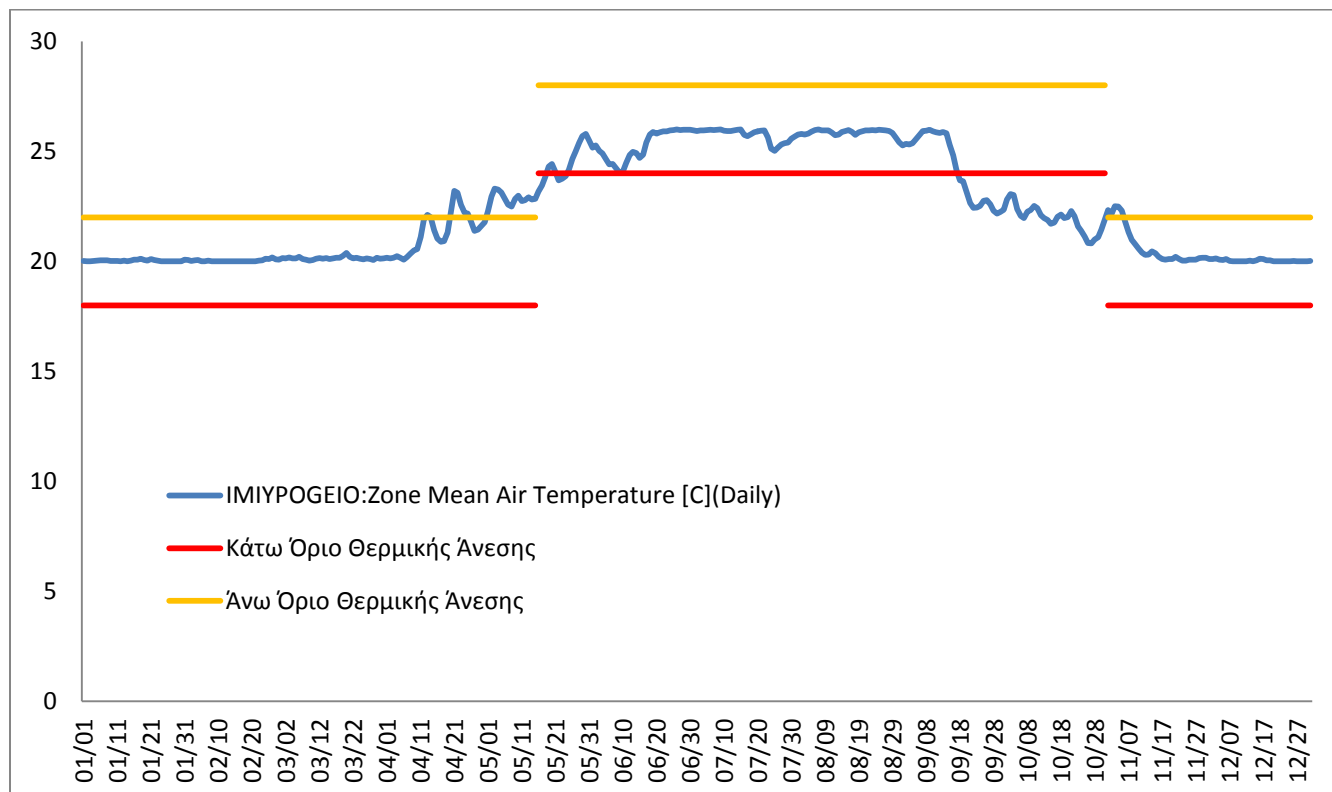
Μετά και από αυτή την αλλαγή η συνολική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση πέφτει στις 15422 kWh, που αντιστοιχούν σε 1293 kg πετρελαίου θέρμανσης (συνολική μείωση 72% στην ποσότητα πετρελαίου που απαιτείται για θέρμανση).

### 5.1.4 Εφαρμογή Συστήματος Κλιματισμού

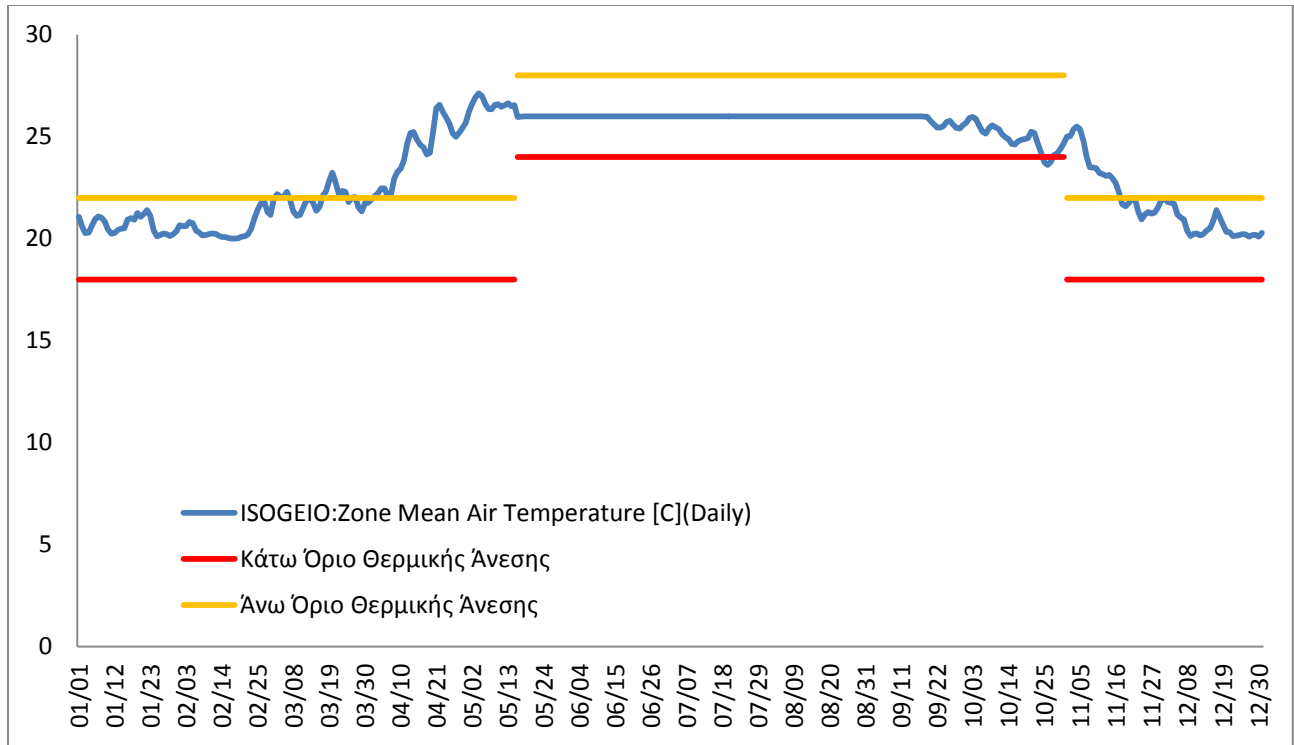
Για την ψύξη του κτηρίου προσωπικού κατά τους θερινούς μήνες (16 Μαΐου – 31 Οκτωβρίου), θεωρούμε σύστημα κλιματισμού το οποίο αποτελείται από τοπικές αντλίες θερμότητας απόδοσης 90,2%, σύμφωνα με την παράγραφο 4.4.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1. Ο θερμοστάτης των κλιματιστικών για την θερινή περίοδο έχει οριστεί στους 26 οC.

Η συνολική κατανάλωση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου και του βαθμού απόδοσης των κλιματιστικών μονάδων ανέρχεται στα 10437 kWh.

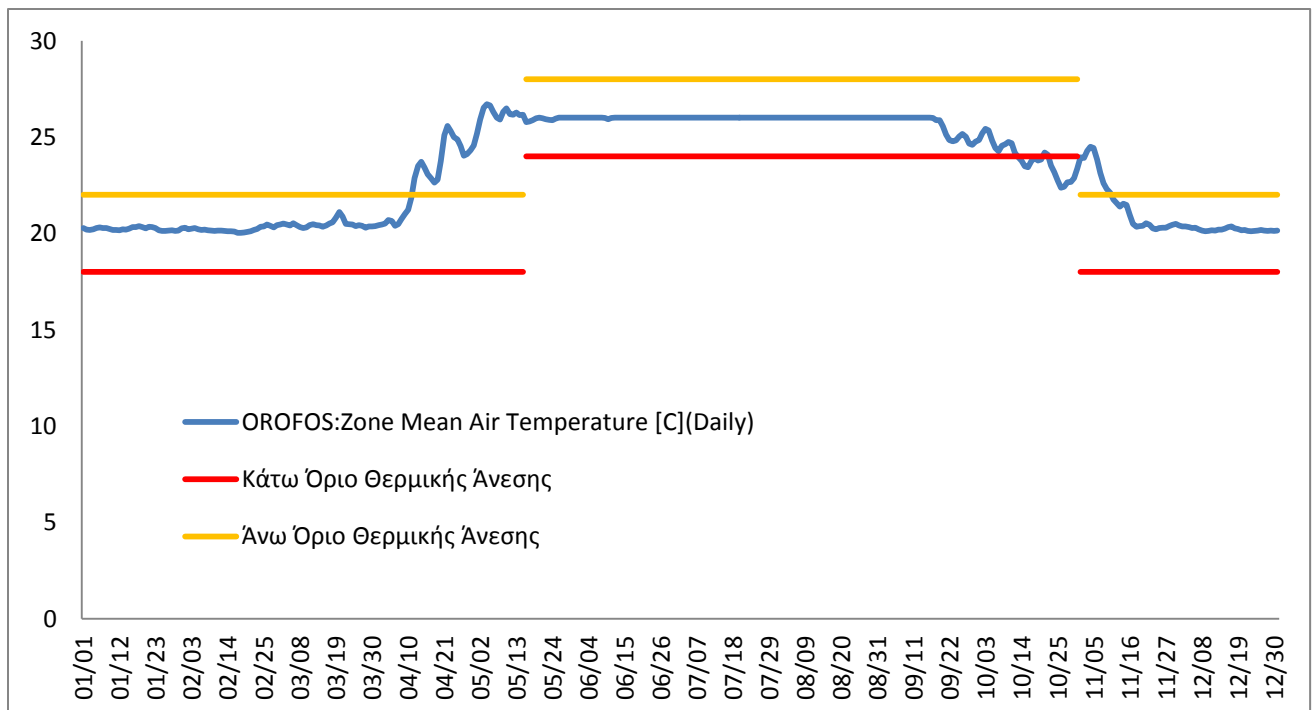
Μετά την εφαρμογή του συστήματος κλιματισμού, παρατηρούμε ότι σε όλες τις θερμικές ζώνες του κτηρίου προσωπικού επικρατούν συνθήκες θερμικής άνεσης για το μεγαλύτερο μέρος του έτους. Εξαιρέση αποτελούν μικρές χρονικές περίοδοι κατά την μετάβαση από την περίοδο θέρμανσης στην περίοδο κλιματισμού και το αντίστροφο, όπου παρατηρούνται μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας.



Εικόνα 5.17: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ημιπογείου



**Εικόνα 5.18: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ισογείου**



**Εικόνα 5.19: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Ορόφου**

### 5.1.5 Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Για την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων πυρακτώσεως επιλέχθηκαν φωτοδιόδοι (LED). Τυπική τιμή της φωτεινής δραστηριότητας των φωτοδιόδων επιλέχθηκε 45 lm/W. Έτσι διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας όπου φαίνεται η ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού καθώς και η απαιτούμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο χώρου και ανά χρήση.

Πίνακας 5.1.4 :Απαιτούμενη Ενέργεια για Φωτισμό

Χρήση χώρου	Ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx)	Ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (πυρακτώσεως) (W/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο (LED) (W/m <sup>2</sup> )
Κοινόχρηστος χώρος	300	25	6,66
Υπνοδωμάτιο	250	20,83	5,55
Γραφείο	500	41,6	11,11
Λουτρό	200	16,6	4,44
Χώρος πλυντηρίου	200	16,6	4,44
Διάδρομοι	200	16,6	4,44
Αποθήκη	0	0	0

Ύστερα από την αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με φωτοδιόδους (LED), επετεύχθη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό 7344 kWh, δηλαδή 68% μείωση.

## 5.2 Διοικητήριο – Ηλεκτρονικά

### 5.2.1 Σενάρια Βελτίωσης

Για την βελτίωση των θερμικών χαρακτηριστικών του διοικητηρίου, την εξοικονόμηση ενέργειας, καθώς και την επίτευξη ενός ευχάριστου εσωκλίματος στο εσωτερικό του, επιλέχθηκαν οι εξής προτάσεις προς βελτίωση:

- Προσθήκη θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία και αντικατάσταση των κουφωμάτων.
- Αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης με αντικατάσταση του λέβητα και συντήρηση του δικτύου.
- Εφαρμογή συστήματος κλιματισμού.
- Αντικατάσταση των λαμπτήρων με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας.

Όπως και στο κτήριο προσωπικού, για την θερμομόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας επιλέχθηκε εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 3cm με θερμομονωτικό επίχρισμα πάχους 1 cm. Στην οροφή δεν θα εφαρμοστεί επιπλέον θερμομόνωση, αφού έχει ήδη ικανοποιητικό συντελεστή θερμοπερατότητας λόγω των φύλλων πολυουρεθάνης που έχουν εφαρμοστεί σε αυτήν. Τα κουφώματα επίσης επιλέχθηκε να διαθέτουν συνθετικό πλαίσιο και διπλούς υαλοπίνακες με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμπτικότητας.

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των αδιαφανών δομικών στοιχείων του διοικητηρίου, μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 5.2.1: Συντελεστές Θερμοπερατότητας Αδιαφανών Δομικών Στοιχείων**

Construction	U-Factor with Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]	U-Factor no Air Film [W/m <sup>2</sup> -K]
EXTERIOR WALL with insulation	0.66	0.732
KIE FLOOR	2.048	4.077
KIE ROOF	0.768	0.897
KIE EXTERIOR DOOR	1.249	1.249

Οι συντελεστές θερμοπερατότητας των κουφωμάτων του διοικητηρίου, καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ηλιακού θερμικού κέρδους φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

**Πίνακας 5.2.2: Συντελεστές Θερμοπερατότητας και συντελεστές Ηλιακού Θερμικού Κέρδους Κουφωμάτων**

Χρήση Χώρου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Παραθύρων (W/m <sup>2</sup> *K)	Συντελεστής Θερμοπερατότητας Πορτών (W/m <sup>2</sup> *K)
Χώρος 1 Δεξιά	3.01 (0,48)	
Χώρος 2 Δεξιά	2.93 (0,50)	
Χώρος 3 Δεξιά	3.17 (0,42)	
Γραφείο 4 Δεξιά	3.17 (0,42)	
Χώρος 1 Αριστερά	3.01 (0,48)	
Χώρος 2 Αριστερά	2.93 (0,50)	
Χώρος 3 Αριστερά	3.17 (0,42)	
Γραφείο 4 Αριστερά	3.17 (0,42)	
Κεντρική αποθήκη	Βόρεια 3.01 (0,48)	
	Δυτικά 3.17 (0,42)	
	Ανατολικά 3.17 (0,42)	
Προθάλαμος		Νότια 2.93 (0,50)
		Ανατολικά 2.93 (0,71)
		Δυτικά 2.93 (0,71)

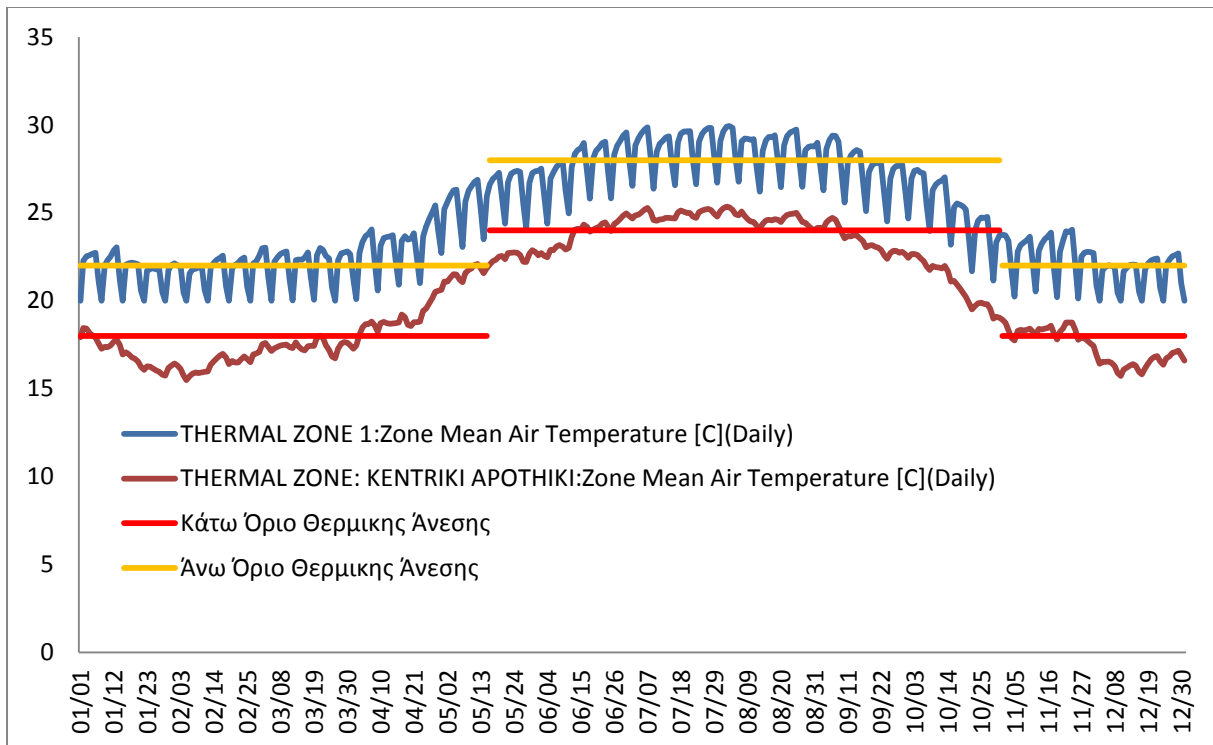
Ο αερισμός ανά χώρο του διοικητηρίου, μετά την αλλαγή των κουφωμάτων διαμορφώνεται ως εξής:

**Πίνακας 5.2.3: Αερισμός ανά Χώρο Διοικητηρίου**

	Αερισμός από παράθυρα	Αερισμός από πόρτες	Σύνολο χώρου	Σύνολο χώρου σε m <sup>3</sup> /s
Κεντρικός διάδρομος	0.00	0.00	0.00	0.0000
Χώρος 1 Δεξιά	8.40	0.00	8.40	0.0023
Χώρος 2 Δεξιά	21.30	0.00	21.30	0.0059
Χώρος 3 Δεξιά	8.50	0.00	8.50	0.0024
Γραφείο 4 Δεξιά	4.73	0.00	4.73	0.0013
Χώρος 1 Αριστερά	8.40	0.00	8.40	0.0023
Χώρος 2 Αριστερά	14.20	0.00	14.20	0.0039
Χώρος 3 Αριστερά	8.50	0.00	8.50	0.0024
Γραφείο 4 Αριστερά	4.73	0.00	4.73	0.0013
Χώρος Κυματοδηγών - Αποθήκη	477.32	0.00	477.32	0.1326
Προθάλαμος	7.29	0.00	7.29	0.0020

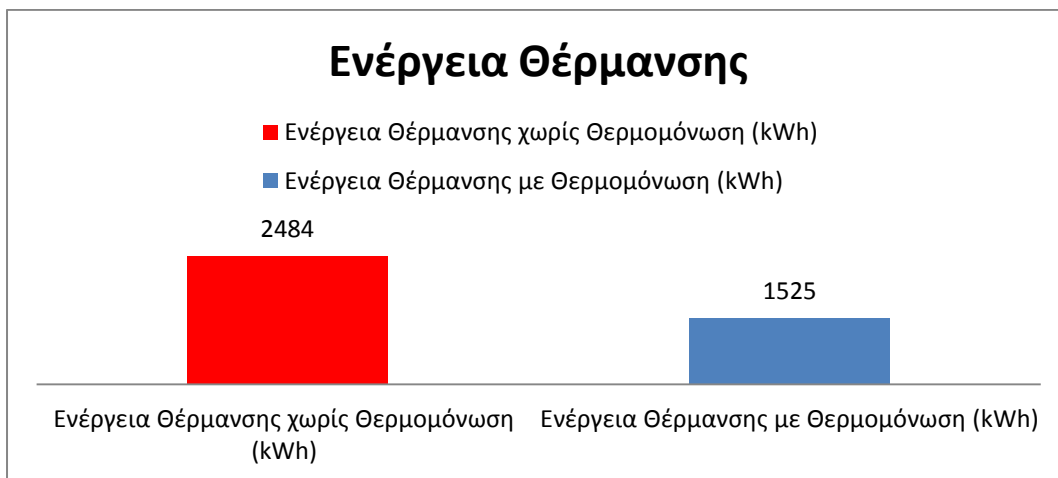
### 5.2.2 Εφαρμογή Θερμομόνωσης και Αλλαγή Κουφωμάτων

Μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία του διοικητηρίου, και την αντικατάσταση των κουφωμάτων του, η μέση θερμοκρασία στο εσωτερικό του διαμορφώνεται ως εξής:



Εικόνα 5.20: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Διοικητηρίου

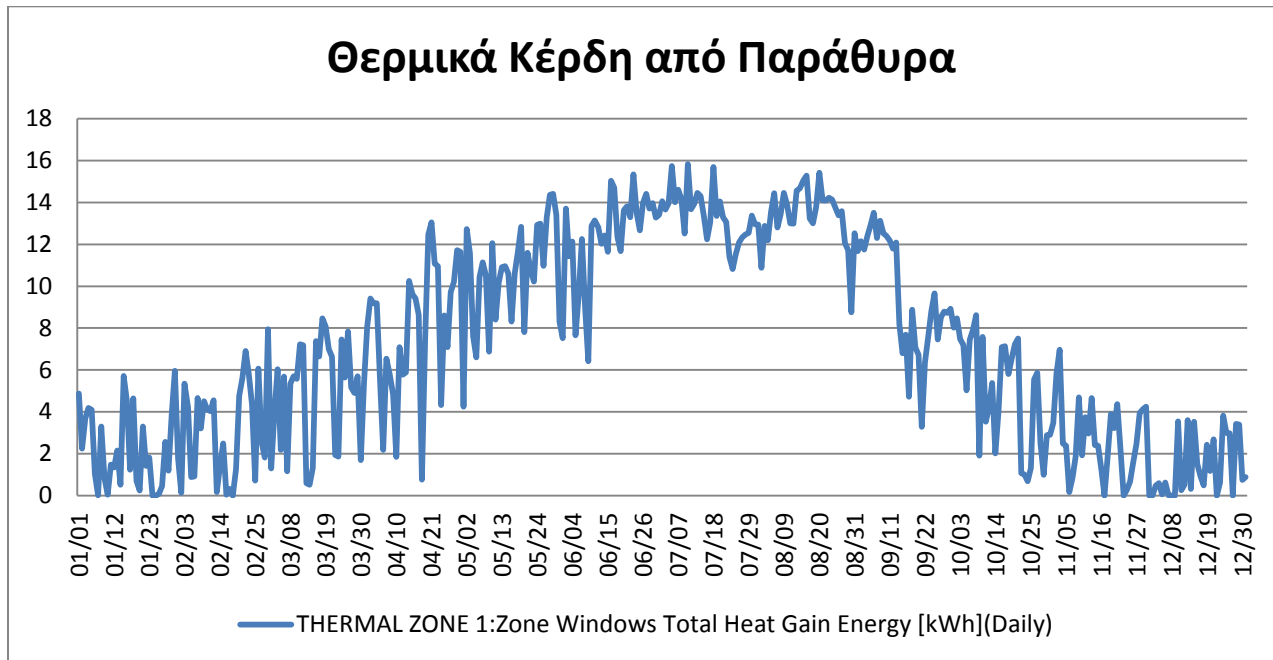
Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η μέση θερμοκρασία του διοικητηρίου κατά τους θερινούς μήνες έχει πλησιάσει αρκετά τα όρια θερμικής άνεσης. Επίσης παρατηρούμε ιδιαίτερα μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, ιδιαίτερα κατά την χειμερινή περίοδο, πράγμα που οφείλεται στην αποθηκευόμενη θερμική ενέργεια εντός των δομικών στοιχείων του κτηρίου, καθώς και στην εκλυόμενη θερμότητα των λαμπτήρων πυρακτώσεως. Παράλληλα, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μειώνεται κατά 38%, στα 1525 kWh, όπως φαίνεται στο ακόλουθο ραβδόγραμμα.



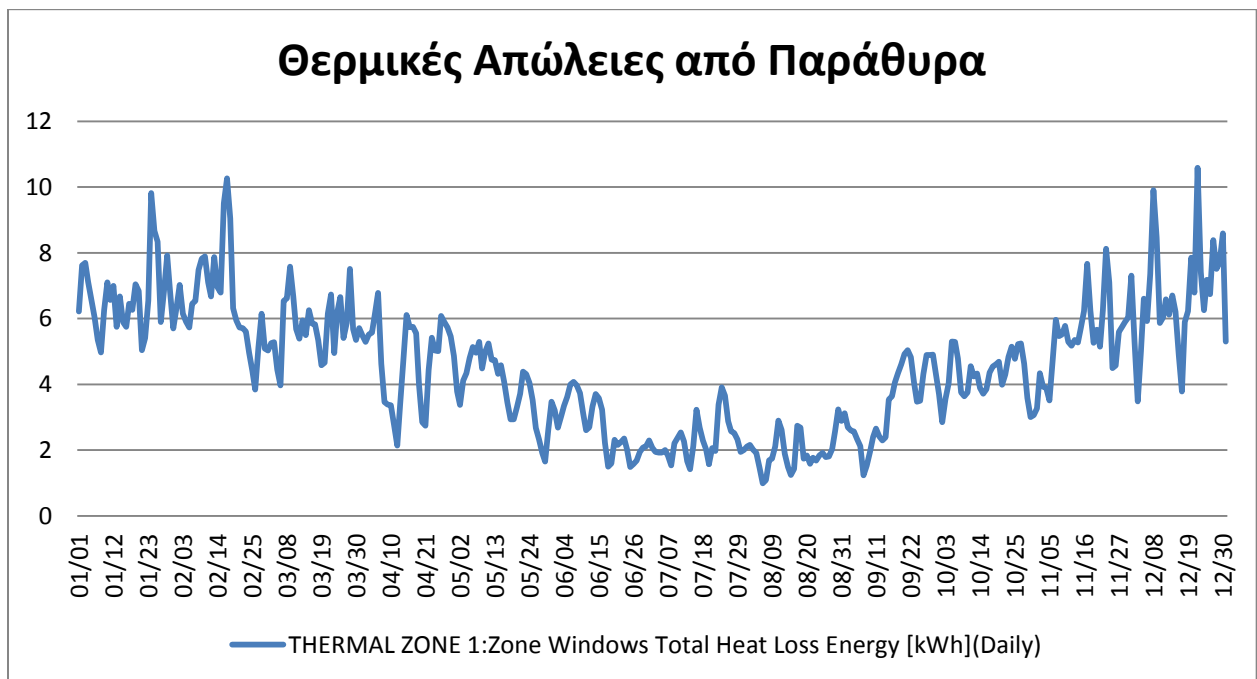
Εικόνα 5.21: Ενέργεια Θέρμανσης



Επίσης, λόγω της αντικατάστασης των υαλοπινάκων των κουφωμάτων, παρατηρούμε μείωση τόσο των θερμικών κερδών, όσο και των θερμικών απωλειών από αυτά.



Εικόνα 5.22: Θερμικά Κέρδη από Παράθυρα



Εικόνα 5.23: Θερμικές Απώλειες από Παράθυρα

Ύστερα από την εφαρμογή της θερμομόνωσης και την αντικατάσταση των κουφωμάτων, το διοικητήριο καταναλώνει συνολικά 1525 kWh για την θέρμανσή του. Παρατηρείται δηλαδή μείωση 38% σε σχέση με την αρχική κατανάλωση ενέργειας.

### **5.2.3 Αναβάθμιση του Συστήματος Θέρμανσης**

Όπως έχει προαναφερθεί, ο λέβητας του διοικητηρίου δεν είναι υπερδιαστασιολογημένος, οπότε και προτείνεται η συντήρησή του αντί για την αντικατάστασή του. Μετά την συντήρησή του, ο λέβητας αποκτά βαθμό απόδοσης ίσο με 93,4%, σύμφωνα πάντα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.

Το δίκτυο διανομής, μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης ίσης με την ακτίνα των σωλήνων αποκτά βαθμό απόδοσης 95,5%.

Οι τερματικές μονάδες απόδοσης θερμότητας θεωρήθηκε ότι αντικαταστάθηκαν με νέες με δυνατότητα ρύθμισης θερμοστάτη σε επίπεδο μονάδας και συνεπώς απέκτησαν βαθμό απόδοσης ίσο με 89%.

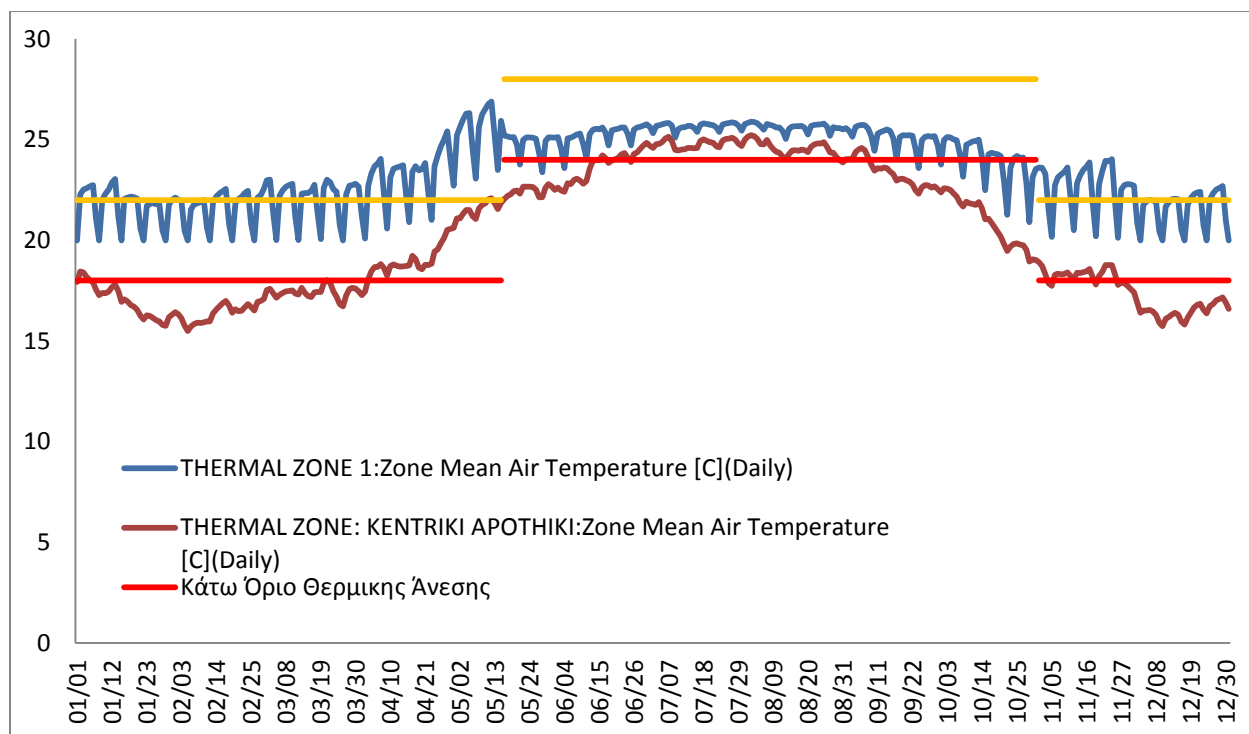
Ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος θέρμανσης μετά την αναβάθμισή του υπολογίζεται στο 79%.

Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας του διοικητηρίου μετά την αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης πέφτει στα 1062 kWh (συνολική μείωση 57%).

### **5.2.4 Εφαρμογή Συστήματος Κλιματισμού**

Για την εφαρμογή του συστήματος κλιματισμού επιλέχθηκαν τοπικές αντλίες θερμότητας με βαθμό απόδοσης ίσο με 90,2 %. Έτσι, η συνολική κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό κατά την θερινή περίοδο ανέρχεται στα 8860 kWh.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα, μετά την εφαρμογή του συστήματος κλιματισμού, κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους η θερμοκρασία βρίσκεται εντός των ορίων θερμικής άνεσης, συνεχίζοντας παράλληλα να παρουσιάζει αυξομειώσεις



Εικόνα 5.24: Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία Διοικητηρίου

### 5.2.5 Αντικατάσταση Λαμπτήρων

Για την αντικατάσταση των υπαρχόντων λαμπτήρων πυρακτώσεως επιλέχθηκαν φωτοδιόδοι (LED). Τυπική τιμή της φωτεινής δραστηριότητας των φωτοδιόδων επιλέχθηκε 45 lm/W. Έτσι διαμορφώνεται ο παρακάτω πίνακας όπου φαίνεται η ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού καθώς και η απαιτούμενη ενέργεια ανά τετραγωνικό μέτρο χώρου και ανά χρήση.

Πίνακας 5.2.4 : Απαιτούμενη Ενέργεια για Φωτισμό

Χρήση χώρου	Ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (lx)	Ενέργεια ανα τετραγωνικό μέτρο (W/m <sup>2</sup> )
Γραφείο	500	11,11
Διάδρομοι	200	4,44
Αποθήκες	0	0
Κοινόχρηστοι Χώροι	300	6,66

Μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων, η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό ανέρχεται στα 4719 kWh, παρουσιάζοντας μείωση 71%.

### 5.3 Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας και Εκπομπές Ρύπων

Παρακάτω φαίνεται η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας καθώς και η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο των κτηρίων του ΚΙΕ για κάθε εφαρμοζόμενο σενάριο, με τις αντίστοιχες εκπομπές ρύπων.

**Πίνακας 5.3.1 : Αρχικές Καταναλώσεις και Εκπομπές Ρύπων**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμανόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/ m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Κλάση
Κτήριο Προσωπικού	430.73	325.05	125.79	25.35	166.254	63.95	16.5	233.305	399.559	274.6297	H
Διοικητήριο	380.52	190.07	6,52	0	7,172	42,84	0	124,236	131,41	124,76	B

**Πίνακας 5.3.2 : Καταναλώσεις και Εκπομπές Ρύπων μετά την εφαρμογή Θερμομόνωσης και Αντικατάσταση Κουφομάτων**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμανόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/ m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Κλάση
Κτήριο Προσωπικού	430.73	325.05	60.56	25.35	94.501	63.95	16.5	233.305	327.81	255.69	Z
Διοικητήριο	380.52	190.07	4	0	4,4	42,84	0	124,236	128,64	124,03	B

**Πίνακας 5.3.3 :Καταναλώσεις και Εκπομπές Ρύπων μετά την Αναβάθμιση του Συστήματος Θέρμανσης**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/ m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Κλάση
Κτήριο Προσωπικού	430.73	325.05	35.8	25.35	67.265	63.95	16.5	233.305	300.57	248.50	Z
Διοικητήριο	380.52	190.07	2,79	0	3,069	42,84	0	124,236	127,31	123,68	B

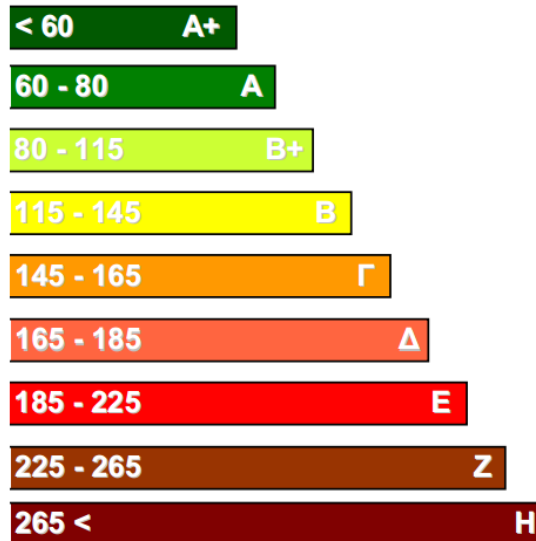
**Πίνακας 5.3.4 :Καταναλώσεις και Εκπομπές Ρύπων μετά την Εφαρμογή Συστήματος Κλιματισμού**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμαινόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ψύξη (kWh/m2)	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m2)	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/ m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Κλάση
Κτήριο Προσωπικού	430.73	325.05	35.8	25.35	67.265	63.95	24.23	16.5	303.572	370.84	317.99	Z
Διοικητήριο	380.52	190.07	2,79	0	3,069	42,84	23,28	0	191,748	194,82	190,45	E

**Πίνακας 5.3.5 : Καταναλώσεις και Εκπομπές Ρύπων μετά την Αντικατάσταση των Λαμπτήρων**

	Συνολική Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Θερμανόμενη Επιφάνεια (m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Θέρμανση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια Πετρελαίου Θέρμανσης(kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Φωτισμό (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ψύξη (kWh/m <sup>2</sup> )	Ενέργεια για Ζ.Ν.Χ (kWh/m <sup>2</sup> )	Πρωτογενής Ηλεκτρική Ενέργεια (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσια Κατανάλωση Πρωτογενούς Ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	Ετήσιες Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/ m <sup>2</sup> )	Ενεργειακή Κλάση
<b>Κτήριο Προσωπικού</b>	430.73	325.05	35.8	25.35	67.265	17.05	24.23	16.5	167.562	234.83	183.48	Z
<b>Διοικητήριο</b>	380.52	190.07	2,79	0	3,069	12,40	23,28	0	103,472	106,54	103,14	B+

Για την κατάταξη του κάθε κτηρίου στην αντίστοιχη ενεργειακή κλάση χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη κλίμακα:



**Εικόνα 5.25**

Μετά την εφαρμογή των σεναρίων παρατηρούμε ότι οι αλλαγές στο κέλυφος των κτηρίων καθώς και οι αναβαθμίσεις των συστημάτων θέρμανσης έχουν μικρό έως και καθόλου αντίκτυπο στην ενεργειακή κατάταξη τους. Ιδιαίτερα σημαντική μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς

ενέργειας επέφερε η αντικατάσταση των λαμπτήρων με λαμπτήρες LED, κατατάσσοντας έτσι το κτήριο του διοικητηρίου στην ενεργειακή κλάση B+. Αυτό δεν ισχύει όμως και για το κτήριο προσωπικού το οποίο έφτασε μόλις στην ενεργειακή κλάση Z.

#### **5.4 Συμπεράσματα**

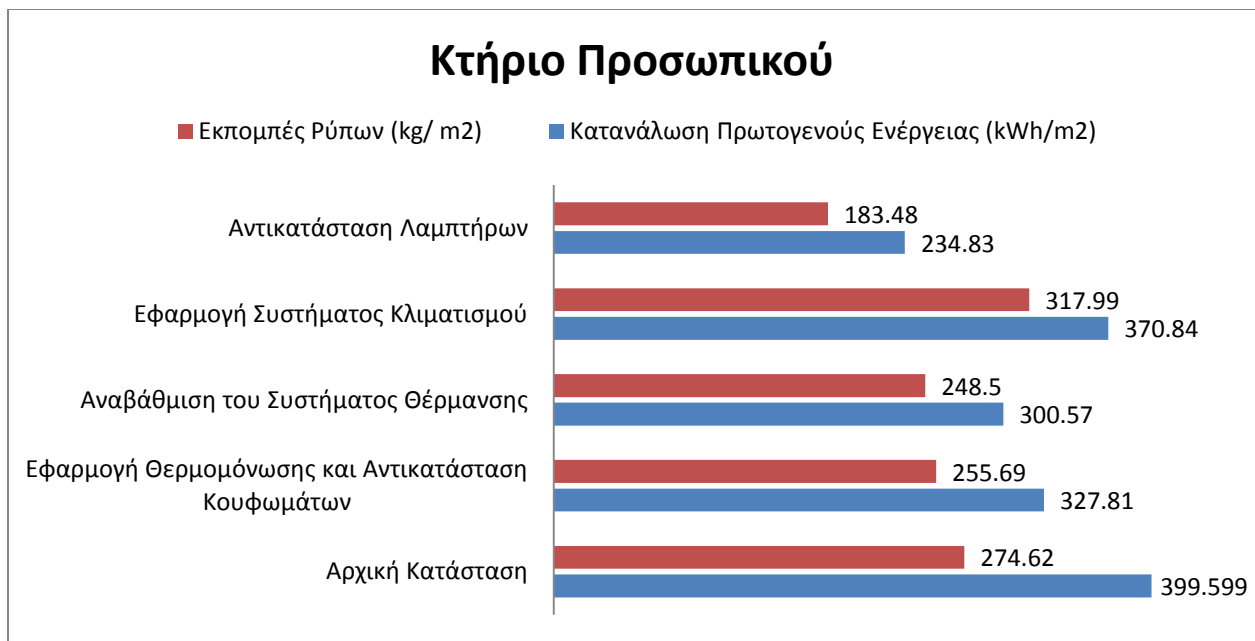
Ύστερα από την εφαρμογή θερμομόνωσης και αλλαγή κουφωμάτων στο κτήριο προσωπικού, παρατηρείται παρατηρείται μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά  $147 \text{ kWh/m}^2$ . Το οποίο είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό ποσό, αλλά όχι ικανό να επιφέρει μείωση της ενεργειακής κλάσης του κτηρίου, αφήνοντάς το στην ενεργειακή κλάση Z. Το Διοικητήριο παρέμεινε στην ενεργειακή κλάση B, αφού μετά την αλλαγή κουφωμάτων και την εφαρμογή θερμομόνωσης παρουσίασε μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά μόλις  $2,7 \text{ kWh/m}^2$ .

Η αναβάθμιση του συστήματος θέρμανσης μείωσε επιπλέον την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου προσωπικού κατά  $99 \text{ kWh/m}^2$  επιπλέον, ενώ κατά μόλις  $4,1 \text{ kWh/m}^2$  την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του Διοικητηρίου. Και σε αυτή την περίπτωση δεν αλλάζει η ενεργειακή κατάταξη κανενός από τα δύο κτήρια.

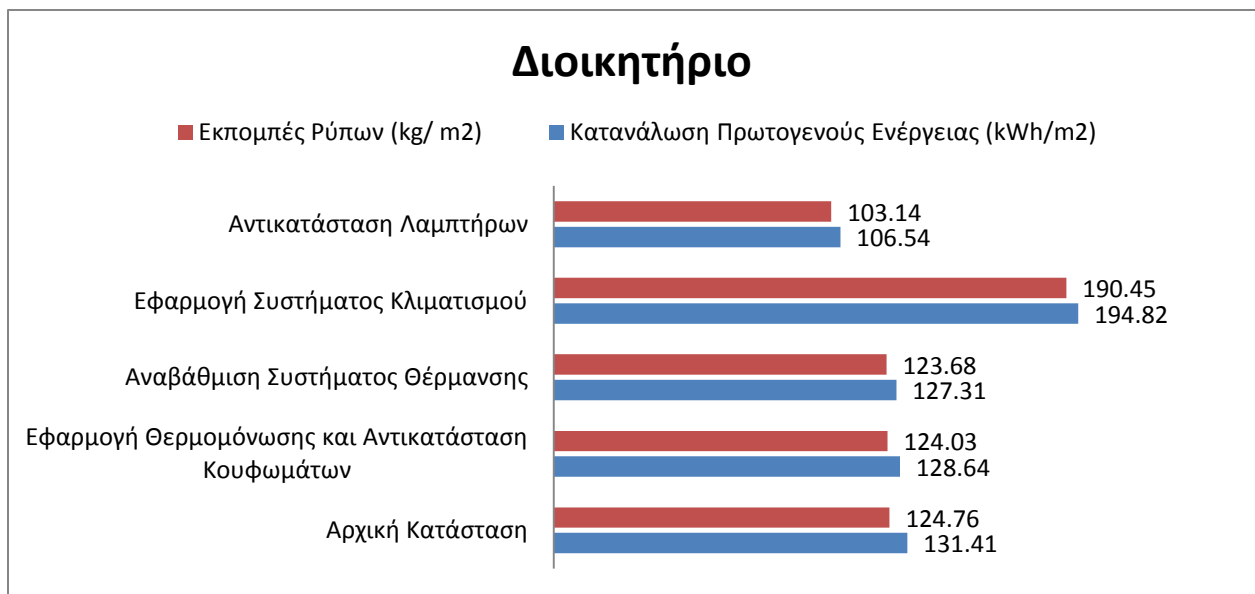
Η εφαρμογή του συστήματος κλιματισμού αύξησε (όπως ήταν αναμενόμενο) την συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των κτηρίων. Παρ' όλα αυτά κρίνεται αναγκαία η εγκατάστασή του λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό των κτηρίων κατά τους θερινούς μήνες. Το Κτήριο Προσωπικού, μετά την εφαρμογή του συστήματος κλιματισμού παρέμεινε στην ενεργειακή κλάση H, ενώ το Διοικητήριο ανέβηκε στην ενεργειακή κλάση E.

Η αντικατάσταση των λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες LED κατάφερε να βελτιώσει δραματικά τη ενεργειακή κατάταξη του Διοικητηρίου, κατατάσσοντάς το στην ενεργειακή κλάση B+ σημειώνοντας μείωση  $24,87 \text{ kWh/m}^2$ . Αυτό δεν συμβαίνει όμως και για το Κτήριο Προσωπικού, αφού παραμένει στην κλάση Z, παρόλο που σημείωσε μείωση κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά  $136 \text{ kWh/m}^2$ .

Συγκεντρωτικά, οι καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας με τις αντίστοιχες εκπομπές ρύπων ανά εφαρμοζόμενο σενάριο φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα.



**Εικόνα 5.26**



**Εικόνα 5.27**

Συνοψίζοντας, τα προτεινόμενα σενάρια βελτίωσης των ενεργειακών χαρακτηριστικών των κτηρίων είτε βελτίωσαν την ενεργειακή τους αποδοτικότητα, είτε συνέβαλλαν στη επίτευξη ενός ευχάριστου εσωκλίματος στο εσωτερικό τους. Το κτήριο του Διοικητηρίου, με τις προαναφερθείσες επεμβάσεις μπορεί να φτάσει έως και την ενεργειακή κλάση B+ σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Το Κτήριο Προσωπικού παρά το γεγονός ότι σημείωσε συνολική μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατά 165 kWh/m<sup>2</sup>, δεν κατάφερε να ξεπεράσει την ενεργειακή κλάση Z.



## Βιβλιογραφία

- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010 'Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση του πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης', Β' Έκδοση, Αθήνα 2012
- Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2 "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομόνωσης επάρκειας των κτιρίων", Α' Έκδοση, Αθήνα 2010
- Αξαρχη, Κ. 'Τεχνικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού', Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2009
- Πάτσια Χριστοδούλου 'Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής', 2012
- Παρασκευή Βερβέρη, 'Μέθοδοι εξοικονόμησης ενέργειας στα κτήρια', 2008
- EnergyPlus, 'Input Output Reference', 2013
- Patxi Hernandez, Paul Kenny. 'From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zeroenergy buildings (LC-ZEB)', 2010
- Επίσημη ιστοσελίδα του OpenStudio, '<https://openstudio.nrel.gov/>'
- Επίσημη ιστοσελίδα του GoogleSketchup, '[www.sketchup.com/](http://www.sketchup.com/)'
- Επίσημη ιστοσελίδα του EnergyPlus, '[www.eere.energy.gov/buildings/energyplus](http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus)'
- Αρχεία καιρού, '[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata\\_about.cfm](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm)'