



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Τομέας Δομοστατικής

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Φυσικής Ε.Μ.Π, στην περιοχή ζωγράφου  
με Βιοκλιματικά κριτήρια**



**ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΚΑΚΟΥΡΗΣ**

### **ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:**

Ι.ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Ε.ΤΡΙΑΝΤΗ, Αρχ. Μηχ. Υπεύθυνη Γραφείου Ενεργειακής Διαχείρισης Ε.Μ.Π.

(Συνεπιβλέπουσα)

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Copyright © Εμμανουήλ Κακούρης

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 καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη και την κ. Ευφροσύνη Τριάντη από το Γραφείο Ενεργειακής Διαχείρισης του Ε.Μ.Π. ,για την ουσιαστική βοήθεια και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια εκπόνησης της εργασίας . Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Μίχο για την πολύτιμη βοήθεια του σχετικά με την εκμάθηση του προγράμματος Energy Plus. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Παντελή Ανδρουλιδάκη, Υπεύθυνο κτιρίου Φυσικής, για την βοήθεια του σχετικά με την καταγραφή των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού καθώς επίσης και τον κ. Μενέλαο Ξενάκη, Υποψήφιο Διδάκτορα Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π για τις πολύτιμες συμβουλές του.

Αφιερωμένο...



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ενεργειακή μελέτη και αναβάθμιση του κτιρίου Φυσικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Αρχικά, γίνεται μία ανάλυση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των βασικών αρχών του, καθώς και των παθητικών και ενεργητικών ηλιακών συστημάτων. Στη συνέχεια γίνεται η Μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου με την βοήθεια τριών θερμουγρομέτρων ώστε να μετρηθεί η θερμοκρασία και η υγρασία σε διάφορους χώρους του κτιρίου, ένα φωτόμετρο χειρός ώστε να μετρηθεί η ένταση του φωτός και τέλος από την έρευνα που έγινε με τα ερωτηματολόγια για την θερμική και οπτική άνεση που απαντήθηκαν από τους χρήστες του κτιρίου.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Energy Plus ώστε να προσομοιωθεί το κτίριο. Μετά την θερμική ανάλυση έγινε εξαγωγή μερικών κρίσιμων συμπερασμάτων. Αυτό οδήγησε σε μερικές προτάσεις για την βελτίωση του. Τέλος, οι προτεινόμενες λύσεις προσομοιώθηκαν μέσω του προγράμματος Energy Plus και ελέγχθηκε η οικονομική τους αποδοτικότητα με την μέθοδο της καθαρής παρούσας αξίας

## ABSTRACT

The purpose of that dissertation is the energy design and upgrade of the Physics Department Building in National Technical University of Athens.

In the first part, there is an analysis of bioclimatic design and its basic principles, as well as an analysis of passive and active solar systems. In the second part, a study of the present situation of the building were made with the help of three thermodynamic appliance in order to record temperature and humidity in different areas of the building, one hand held photometer for measuring light intensity or optical properties of solutions or surfaces and from the processing of questionnaires on the visual and thermal comfort of buildings answered by the users of the buildings.

In addition, Energy Plus was used to simulate the current state of the building. After thermal analysis some conclusion on the efficiency of the building were made. That led to some suggestions for improvements. Finally, the suggestions were simulated by Energy Plus and their effectiveness was checked with Net Present Value method.

## ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1, Πάρκο ηλιακής ενέργειας στην έρημο Mojave	σελ.	9
Εικόνα 1.2, η γεωθερμική εγκατάσταση Geysers στην Καλιφόρνια	σελ.	10
Εικόνα 1.3, Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα	σελ.	11
Εικόνα 1.4, Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα	σελ.	12
Εικόνα 1.5, Μετατροπέας στροφών και γεννήτρια ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα	σελ.	12
Εικόνα 1.6, Αιολικό πάρκο Lillgrund	σελ.	13
Εικόνα 1.7, Φωτοβολταικό πάνελ	σελ.	14
Εικόνα 1.8, Ετήσια παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία	σελ.	15
Εικόνα 1.9, Γεωθερμική εγκατάσταση	σελ.	16
Εικόνα 1.10, Σύστημα οριζόντιου γεωεναλλακτή	σελ.	17
Εικόνα 1.11, Σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλακτή	σελ.	17
Εικόνα 1.12, Διαδικασία παραγωγής ενέργειας με χρήση βιομάζας	σελ.	19
Εικόνα 2.1, Παθητικά ηλιακά συστήματα σε κτίριο	σελ.	22
Εικόνα 2.2, Παθητικό ηλιακό σύστημα χειμώνα-καλοκαίρι	σελ.	23
Εικόνα 2.3, Λειτουργία τοίχου tombe	σελ.	25
Εικόνα 2.4, Λειτουργία τοίχου tombe	σελ.	25
Εικόνα 2.5, Λειτουργία ηλιακού χώρου	σελ.	26
Εικόνα 2.6, Παράδειγμα κατοικίας με σύστημα ηλικού χώρου	σελ.	27
Εικόνα 2.7, Παράδειγμα κατοικίας με σύστημα ηλικού χώρου	σελ.	27
Εικόνα 2.8, Λειτουργία ηλιακού αιθριου	σελ.	28
Εικόνα 2.9, Ανάκλαση και διάχυση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ηλιακού αιθριου	σελ.	28
Εικόνα 2.10, Σύστημα απομονωμένου κέρδους	σελ.	29
Εικόνα 2.11, Αύξηση πρασίνου γύρω από τα κτίρια καθώς και η παρουσία κάποια ψυχρή πηγής βοηθάει στο δροσισμό του κτιρίου	σελ.	31
Εικόνα 2.12, Ανάκλαση της προσπίπουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ψυχρά υλικά	σελ.	31
Εικόνα 2.13, Πορεία ροή εξαερισμού	σελ.	32
Εικόνα 2.14, Πορεία ροής εξαερισμού με χρήση διπλού ανοίγματος	σελ.	32
Εικόνα 2.15, σταυρωτή ροή αερισμού	σελ.	32
Εικόνα 2.16, Εξαερισμός κτιρίου με την χρήση εξαεριστήρα	σελ.	32
Εικόνα 2.17, Παθητικός δροσισμός από νυκτερινό εξαερισμό	σελ.	33
Εικόνα 2.18, Υπεδάφιο σύστημα αγωγών οριζόντιας διάταξης	σελ.	36
Εικόνα 2.19, Υπεδάφιο σύστημα αγωγών κατακόρυφης διάταξης	σελ.	36
Εικόνα 2.20 Λειτουργία σκίαστρων το καλοκαίρι και το χειμώνα	σελ.	38
Εικόνα 2.21, Λειτουργία σκίαστρων το καλοκαίρι και το χειμώνα	σελ.	38
Εικόνα 2.24, Ανοίγματα οροφής και διάχυση του φωτός	σελ.	40
Εικόνα 2.25, Ανοίγματα οροφής και διάχυση του φωτός	σελ.	40
Εικόνα 2.26, Φωταγωγός σε κτίριο	σελ.	42
Εικόνα 2.27, Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες	σελ.	42
Εικόνα 2.28, Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής	σελ.	42
Εικόνα 2.29, Διάφανη μονωτικά υλικά σε κτιριακή εγκατάσταση	σελ.	43
Εικόνα 2.30, Διαφανή μονωτικά υλικά	σελ.	43
Εικόνα 2.31, Οριζόντιες περσίδες με φωτοβολταϊκά	σελ.	44
Εικόνα 3.1, Στρώσεις εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος	σελ.	46
Εικόνα 3.2, Στρώσεις εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος	σελ.	46
Εικόνα 3.3, Γεωκυψέλες	σελ.	47
Εικόνα 3.4, Στρώσεις ημιεντατικού τύπου φυτεμένου δώματος	σελ.	47
Εικόνα 4.1, Χάρτης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου	σελ.	55
Εικόνα 4.2, Χρήσεις χώρων Ισογείου	σελ.	56
Εικόνα 4.3, Χρήσεις χώρων Α' Ορόφου	σελ.	57
Εικόνα 4.4, Χρήσεις χώρων Β' Ορόφου	σελ.	57
Εικόνα 4.5, Χρήσεις χώρων Γ' Ορόφου	σελ.	58
Εικόνα 4.6, Νότιο-Δυτική πλευρά και η κύρια είσοδος του κτιρίου	σελ.	59
Εικόνα 4.7, Βόρεια πλευρά κτιρίου	σελ.	59
Εικόνα 4.8, Ανατολική πλευρά	σελ.	60
Εικόνα 5.1, Το περιβάλλον του προγράμματος Google sketch up και Open Studio	σελ.	66
Εικόνα 5.2, Θερμική ζώνη Υπογείου	σελ.	68

<i>Εικόνα 5.3, Θερμικές ζώνες Ισογείου</i>	σελ.	69
<i>Εικόνα 5.4, Θερμικές ζώνες Α Ορόφου</i>	σελ.	69
<i>Εικόνα 5.5, Θερμική ζώνη Β Ορόφου</i>	σελ.	70
<i>Εικόνα 5.6, Θερμική ζώνη Γ Ορόφου</i>	σελ.	70
<i>Εικόνα 5.15, Τομή Εξωτερικής οροφής του κτιρίου</i>	σελ.	80
<i>Εικόνα 5.16, Τομή Εξωτερικού τοίχου με επίχρισμα μέσα-έξω και τομή εσωτερικής οροφής</i>	σελ.	80
<i>Εικόνα 5.17, Τομή Εξωτερικού τοίχου υπογείου-Εξωτερικού δαπέδου υπογείου</i>	σελ.	81
<i>Εικόνα 5.18, Τομή Εξωτερικής οροφής Γ ορόφου</i>	σελ.	81
<i>Εικόνα 5.24, Μέση Ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία αέρα</i>	σελ.	96
<i>Εικόνα 5.25, Μέση Ημερήσια Εξωτερική Σχετική Υγρασία Αέρα</i>	σελ.	96
<i>Εικόνα 5.26, Μέση Ημερήσια Εξωτερική Ταχύτητα Ανέμου</i>	σελ.	97
<i>Εικόνα 6.1, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στο Αμφιθέατρο</i>	σελ.	98
<i>Εικόνα 6.2, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στη Βιβλιοθήκη/Αναγνωστήριο</i>	σελ.	99
<i>Εικόνα 6.3, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στη Γραμματεία</i>	σελ.	99
<i>Εικόνα 6.4, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην Δυτική πλευρά του κτιρίου</i>	σελ.	100
<i>Εικόνα 6.5, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην Ανατολική πλευρά του κτιρίου</i>	σελ.	100
<i>Εικόνα 6.6, Σύγκριση μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα Ανατολικής-Δυτικής πλευράς</i>	σελ.	101
<i>Εικόνα 6.7, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα Βορειών Γραφείων</i>	σελ.	101
<i>Εικόνα 6.8, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα Νότιων Γραφείων</i>	σελ.	102
<i>Εικόνα 6.9, Σύγκριση μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα Βόρειας-Νότιας πλευράς</i>	σελ.	102
<i>Εικόνα 6.10, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην θερμική ζώνη του υπογείου</i>	σελ.	103
<i>Εικόνα 6.11, Περιοχή άνεσης ανάλογα με την σχέση θερμοκρασίας και υγρασίας</i>	σελ.	104
<i>Εικόνα 6.12, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για το Αμφιθέατρο</i>	σελ.	104
<i>Εικόνα 6.13, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για την Βιβλιοθήκη</i>	σελ.	105
<i>Εικόνα 6.14, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Γραμματεία</i>	σελ.	105
<i>Εικόνα 6.15, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για το Υπόγειο</i>	σελ.	106
<i>Εικόνα 6.16, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Δυτική πλευρά</i>	σελ.	107
<i>Εικόνα 6.17, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για την Ανατολική πλευρά</i>	σελ.	107
<i>Εικόνα 6.18, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Βόρεια πλευρά</i>	σελ.	108
<i>Εικόνα 6.19, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Νότια πλευρά</i>	σελ.	108
<i>Εικόνα 6.20, Συνολικά κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων</i>	σελ.	109
<i>Εικόνα 6.21, Κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων στο Αμφιθέατρο</i>	σελ.	110
<i>Εικόνα 6.22, Σύγκριση κερδών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Βόρειων και Νότιων Γραφείων</i>	σελ.	110
<i>Εικόνα 6.23, Σύγκριση κερδών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Ανατολικών γραφείων και Δυτικών Εργαστηρίων</i>	σελ.	112
<i>Εικόνα 6.30, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη του Αμφιθέατρου</i>	σελ.	116
<i>Εικόνα 6.31, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη γραμματεία</i>	σελ.	117
<i>Εικόνα 6.32, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη βιβλιοθήκη</i>	σελ.	118
<i>Εικόνα 6.33, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Βορεινά γραφεία</i>	σελ.	118
<i>Εικόνα 6.34, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Νότια Γραφεία</i>	σελ.	119
<i>Εικόνα 6.35, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Δυτικά εργαστήρια</i>	σελ.	120
<i>Εικόνα 6.36, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Ανατολικά γραφεία</i>	σελ.	120
<i>Εικόνα 6.37 Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στο διάδρομο Γ ορόφου</i>	σελ.	121
<i>Εικόνα 6.38, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη για το σύνολο του κτιρίου Φυσικής</i>	σελ.	122
<i>Εικόνα 7.1, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 9:00π.μ.</i>	σελ.	125
<i>Εικόνα 7.2, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 12:00π.μ.</i>	σελ.	125
<i>Εικόνα 7.3, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 15:00π.μ.</i>	σελ.	125
<i>Εικόνα 7.4, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 9:00π.μ.</i>	σελ.	126
<i>Εικόνα 7.5, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 12:00π.μ.</i>	σελ.	126
<i>Εικόνα 7.5, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 15:00π.μ.</i>	σελ.	127
<i>Εικόνα 7.6, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 9:00π.μ.</i>	σελ.	127
<i>Εικόνα 7.7, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 12:00π.μ.</i>	σελ.	128
<i>Εικόνα 7.8, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 15:00π.μ.</i>	σελ.	128
<i>Εικόνα 7.9, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 9:00π.μ.</i>	σελ.	128
<i>Εικόνα 7.10, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 15:00π.μ.</i>	σελ.	129
<i>Εικόνα 7.11, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 15:00π.μ.</i>	σελ.	129
<i>Εικόνα 7.14, Εξωτερικά ηλιακά ράφια στο αμφιθέατρο</i>	σελ.	131
<i>Εικόνα 8.1, Φύλλο ερωτηθέντων</i>	σελ.	134

<i>Εικόνα 8.2, Ηλικία ερωτηθέντων</i>	σελ.	134
<i>Εικόνα 8.3, Προσανατολισμός αίθουσας</i>	σελ.	135
<i>Εικόνα 8.4, Ερώτηση σχετικά με το που βρίσκεται των γραφείο των χρηστών</i>	σελ.	136
<i>Εικόνα 8.5, Ερώτηση σχετικά με το εάν υπάρχει παράθυρο στο χώρο τους</i>	σελ.	137
<i>Εικόνα 8.6, Ερώτηση σχετικά με το εάν ανοίγουν συχνά το παράθυρο</i>	σελ.	138
<i>Εικόνα 8.7, Ερώτηση σχετικά με το πόσο μακριά βρίσκεται το γραφείο από το παράθυρο</i>	σελ.	139
<i>Εικόνα 8.8, Ερώτηση σχετικά με το πόσους άλλους μοιράζεστε το γραφείο σας</i>	σελ.	140
<i>Εικόνα 8.9, Ερώτηση σχετικά με το πώς είναι οι συνθήκες θερμικής άνεσης αυτή τη στιγμή</i>	σελ.	140
<i>Εικόνα 8.10, Ποιότητα εσωτερικού αέρα</i>	σελ.	141
<i>Εικόνα 8.11, Θερμοκρασία</i>	σελ.	141
<i>Εικόνα 8.12, Κίνηση αέρα</i>	σελ.	142
<i>Εικόνα 8.13, Ποιότητα εσωτερικού αέρα</i>	σελ.	142
<i>Εικόνα 8.16, Φωτισμός</i>	σελ.	143
<i>Εικόνα 8.21, Θόρυβος</i>	σελ.	143
<i>Εικόνα 9.1, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 006 από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	150
<i>Εικόνα 9.2, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 006 από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	151
<i>Εικόνα 9.3, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο ισογείου από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	151
<i>Εικόνα 9.4, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για τον Διαδρομο Ισογείου από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	152
<i>Εικόνα 9.5, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο αμφιθέατρο από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	152
<i>Εικόνα 9.6, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για το Αμφιθέατρο από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	153
<i>Εικόνα 9.7, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 022 από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	153
<i>Εικόνα 9.8, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 022 από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	154
<i>Εικόνα 9.9, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο Β ορόφου από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	154
<i>Εικόνα 9.10, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για τον Διαδρομο Β οροφου από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	155
<i>Εικόνα 9.11 Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 229 από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	155
<i>Εικόνα 9.12, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 229 τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	156
<i>Εικόνα 9.13, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 307 από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	156
<i>Εικόνα 9.14, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 307 τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	157
<i>Εικόνα 9.15, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο Γ ορόφου από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	157
<i>Εικόνα 9.16, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 023 από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	158
<i>Εικόνα 9.17, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 203 τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων</i>	σελ.	158
<i>Εικόνα 9.18, Μετρήσεις θερμοκρασίας στον Ανατολικό διάδρομο ισογειου από θερμογρόμετρα</i>	σελ.	159
<i>Εικόνα 10.2, Συνολικά θερμικά κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις βελτιώσεις</i>	σελ.	160
<i>Εικόνα 10.3, Συνολικές θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις βελτιώσεις</i>	σελ.	160
<i>Εικόνα 10.4, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	161
<i>Εικόνα 10.5, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	161
<i>Εικόνα 10.6, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	161
<i>Εικόνα 10.7, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	162
<i>Εικόνα 10.8, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	162
<i>Εικόνα 10.9, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	162
<i>Εικόνα 10.10, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια Γραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	163
<i>Εικόνα 10.11, Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων</i>	σελ.	164
<i>Εικόνα 10.12, Λειτουργία οριζόντιων περσίδων</i>	σελ.	164
<i>Εικόνα 10.13, Οριζόντιες περσίδες με φωτοβολταϊκά στο πρόγραμμα «Open Studio»</i>	σελ.	165
<i>Εικόνα 10.19, Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα</i>	σελ.	169
<i>Εικόνα 10.20, Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για το σύνολο των φωτοβολταϊκών συστημάτων</i>	σελ.	170
<i>Εικόνα 10.21, Χρονοδιαγράμματα για τον νυκτερινό δροσισμό του κτιρίου</i>	σελ.	173

<i>Εικόνα 10.22, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	173
<i>Εικόνα 10.23, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	174
<i>Εικόνα 10.24, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	174
<i>Εικόνα 10.25, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	174
<i>Εικόνα 10.26, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	175
<i>Εικόνα 10.27, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	176
<i>Εικόνα 10.28, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό</i>	σελ.	178
<i>Εικόνα 10.29, Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων περδίδων και λειτουργία φυσικού δροσισμού</i>	σελ.	178
<i>Εικόνα 10.30, Ηλιακός χάρτης για το γεωγραφικό πλάτος 37ο</i>	σελ.	179
<i>Εικόνα 10.32, Υπολογισμός κατάλληλου μήκους οριζόντιου σκιάστρου</i>	σελ.	180
<i>Εικόνα 10.34, Το κτίριο Φυσικής μετά την τοποθέτηση των οριζόντιων σκιάστρων στο «Open Studio»</i>	σελ.	180
<i>Εικόνα 10.35, Ηλιακά ράφια για αύξηση της οπτικής άνεσης και για ηλιοπροστασία στο «Open Studio»</i>	σελ.	181
<i>Εικόνα 10.36, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς σκίαστρα</i>	σελ.	182
<i>Εικόνα 10.37, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς σκίαστρα</i>	σελ.	182
<i>Εικόνα 10.38, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς σκίαστρα</i>	σελ.	183
<i>Εικόνα 10.39, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία με και χωρίς σκίαστρα</i>	σελ.	184
<i>Εικόνα 10.40, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια Γραφεία με και σκίαστρα</i>	σελ.	185
<i>Εικόνα 10.41, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	185
<i>Εικόνα 10.42, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	86
<i>Εικόνα 10.43, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	186
<i>Εικόνα 10.44, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	187
<i>Εικόνα 10.45, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	187
<i>Εικόνα 10.46, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	188
<i>Εικόνα 10.47, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση</i>	σελ.	188
<i>Εικόνα 10.48, Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων σκιάστρων και την πρόσθεση εξωτερικής θερμομόνωσης</i>	σελ.	189

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πιν. 2.1, Αριθμός αλλαγών αέρα ανα ώρα ανάλογα με τη χρήση του χώρου	σελ.	13
Πίν. 4.2, Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου Φυσικής από πραγματικά στοιχεία	σελ.	64
Πιν. 5.1, Θερμικές ζώνες κτιρίου με την ονομασία τους στο Energy Plus	σελ.	67
Πιν. 5.2, Χαρακτηριστικά υλικών του κτιρίου Φυσικής	σελ.	76
Πιν. 5.3, Τιμές των αντιστάσεων θερμικής μεταβίβασης	σελ.	83
Πίν. 5.4, Μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη	σελ.	83
Πιν.. 5.5, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για τον εξωτερικό τοίχο με οπλισμένο σκυρόδεμα	σελ.	85
Πιν.. 5.6, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό τοίχο χωρίς εξωτερικό επίχρισμα	σελ.	91
Πιν.. 5.7, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό τοίχο με επίχρισμα μέσα-εξω	σελ.	113
Πιν.. 5.8, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό δάπεδο υπογείου	σελ.	114
Πιν.. 5.9, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για την Εξωτερική οροφή	σελ.	115
Πιν.. 5.10, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για την Εξωτερική οροφή Γ ορόφου	σελ.	116
Πιν. 6.1, Εσωτερικά θερμικά κέρδη για ένα έτος στο κτίριο Φυσικής	σελ.	117
Πιν. 6.2, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη του Αμφιθεάτρου	σελ.	118
Πιν. 6.3, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη γραμματεία	σελ.	119
Πιν. 6.4, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη βιβλιοθήκη	σελ.	120
Πιν. 6.5, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Βορεινά γραφεία	σελ.	121
Πιν. 6.6, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Νότια Γραφεία	σελ.	122
Πιν. 6.7, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Δυτικά εργαστήρια	σελ.	123
Πιν. 6.8, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Ανατολικά γραφεία	σελ.	124
Πιν. 6.9, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στο διάδρομο Γ ορόφου	σελ.	125
Πιν. 6.10, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη για το σύνολο του κτιρίου Φυσικής	σελ.	126
Πιν. 7.1, Όρια φωτισμού σύμφωνα με την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού	σελ.	127
Πιν. 9.1, Θερμολογόμετρο 553607	σελ.	149
Πιν. 9.2, Θερμολογόμετρο 553912	σελ.	149
Πιν. 9.3, Θερμολογόμετρο 553946	σελ.	149
Πίν 10.1, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e	σελ.	163
Πίν 10.3, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και λειτουργία φυσικού δροσισμού	σελ.	163
Πιν. 10.4, Καθαρή παρούσα αξία για την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και νυκτερινού δροσισμού	σελ.	169
Πίν. 10.5, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για Εξωτερικό τοίχο με οπλισμένο σκυρόδεμα	σελ.	175
Πίν. 10.6, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για Εξωτερικό τοίχο με οπτοπλινθοδομή	σελ.	175
Πιν. 10.7, Αύξηση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας λόγω εξωτερικής θερμομόνωσης	σελ.	177
Πίν 10.8, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων σκιάστρων και την πρόσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης	σελ.	184

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	σελ. 14
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 14
1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	σελ. 15
1.2.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ	σελ. 16
1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	σελ. 18
1.3.1 ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	σελ. 20
1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	σελ. 20
1.5 ΒΙΟΜΑΖΑ	σελ. 23
2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	σελ. 26
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 26
2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	σελ. 27
2.2.1 ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ	σελ. 27
2.2.2 ΕΜΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ	σελ. 29
2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	σελ. 33
2.3 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ	σελ. 34
2.3.2 ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	σελ. 39
2.3.3 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	σελ. 39
2.3.4 ΨΥΞΗ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΥΣ	σελ. 41
2.3.5 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ	σελ. 42
2.3.6 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	σελ. 42
2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	σελ. 44
2.4.1 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ	σελ. 45
2.4.2 ΕΙΔΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	σελ. 46
2.4.3 ΔΙΑΦΑΝΗ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	σελ. 47
2.4.4 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ	σελ. 48
3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	σελ. 50
3.1 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	σελ. 50
3.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 50
3.1.2 ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ	σελ. 50
3.1.2.1 ΕΚΤΑΤΙΚΟΣ	σελ. 50
3.1.2.2 ΗΜΙΕΝΤΑΤΙΚΟΣ	σελ. 52
3.1.2.3 ΕΝΤΑΤΙΚΟΣ	σελ. 53
3.1.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ	σελ. 53
3.1.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	σελ. 54
3.1.5 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ	σελ. 55
3.1.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ	σελ. 56
3.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ	σελ. 56
3.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	σελ. 57
3.3 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ	σελ. 58
4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ	σελ. 60
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 60
4.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΘΕ ΧΩΡΟΥ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ	σελ. 61
4.2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ. 63
4.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ. 63
4.3 ΚΕΛΥΦΟΣ	σελ. 65
4.3.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	σελ. 67
4.3.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	σελ. 67
4.3.3 ΔΩΜΑ	σελ. 67
4.3.4 ΔΑΠΕΔΑ ΜΕΤΑΞΥ ΟΡΟΦΩΝ	σελ. 67
4.3.5 ΔΑΠΕΔΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ	σελ. 67
4.3.6 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	σελ. 67
4.3.7 ΘΥΡΕΣ	σελ. 70
4.4 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	σελ. 70
4.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ. 70
5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS	σελ. 71

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	71
5.2 ΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	σελ.	72
5.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	σελ.	80
5.4 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ	σελ.	91
5.5 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΥΣ	σελ.	92
5.6 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	σελ.	93
5.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ	σελ.	96
5.7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	σελ.	96
5.7.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ.	99
5.7.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ.	100
5.8 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	σελ.	101
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	σελ.	103
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	103
6.2 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΖΩΝΗ	σελ.	104
6.3 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΖΩΝΗ	σελ.	109
6.4 ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΛΟΓΩ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	σελ.	115
6.5 ΚΕΡΔΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΧΡΗΣΤΕΣ – ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ –ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ	σελ.	119
6.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ	σελ.	120
7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	σελ.	129
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	129
7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΝΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 005	σελ.	130
7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 021	σελ.	132
7.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 015	σελ.	133
7.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ	σελ.	134
7.6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ	σελ.	136
8. ΕΡΕΥΝΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΑΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	σελ.	139
8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	139
8.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ	σελ.	139
8.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΑΣ	σελ.	143
8.4 ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΥ ΣΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	σελ.	149
8.5 ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ	σελ.	151
8.6 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ	σελ.	154
9. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	σελ.	155
10.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ	σελ.	164
10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.	164
10.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΑΛΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ	σελ.	165
10.3 ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΠΕΡΣΙΔΩΝ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ	σελ.	170
10.4 ΝΥΚΤΕΡΙΝΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ	σελ.	176
10.5 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ	σελ.	184
10.6 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	σελ.	189
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	σελ.	196



# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια θεωρούνται ως ο μεγαλύτερος καταναλωτής ενέργειας στην Ευρώπη καλύπτοντας το 40% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου της [48]. Αποτέλεσμα αυτού είναι η στροφή προς των βιοκλιματικό σχεδιασμό και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ένα κτίριο θεωρείται βιοκλιματικό όταν εκμεταλλεύεται το μικροκλίμα γύρω από αυτό και εξασφαλίζει επαρκεί θερμική και οπτική άνεση στους χρήστες του. Ως μικρόκλιμα μπορεί να θεωρηθούν πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας το νερό και το έδαφος. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμό μειώνει τις ανάγκες για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό μέσω από διάφορες παθητικές τεχνικές. Μερικές τέτοιες τεχνικές είναι η προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού καθώς και άλλες τεχνικές όπως θερμικές ζώνες και αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Φυσικής Ε.Μ.Π με βιοκλιματικά κριτήρια. Για τον σκοπό αυτό, έγινε αρχικά καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου με την βοήθεια θερμογρομέτρων και φωτόμετρων χειρός. Με τα θερμογρόμετρα μετρήθηκαν σε πραγματικές συνθήκες η θερμοκρασία και η υγρασία σε διάφορους χώρους του κτιρίου, ενώ με το φωτόμετρο μετρήθηκε η ένταση του φωτός ώστε να εξάγουμε συμπεράσματα για την θερμική και οπτική άνεση των χρηστών. Οι μετρήσεις των θερμογρομέτρων διήρκεσαν περίπου 3.5 μήνες από τις 20 Μαρτίου 2012 μέχρι 2 Ιουλίου 2012, ενώ οι μετρήσεις με το φωτόμετρο χειρός μία ημέρα, στις 11 Μαΐου 2012. Επίσης κατά την καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης μοιράστηκαν ειδικά διαμορφωμένα ερωτηματολόγια που απαντήθηκαν από τους χρήστες του κτιρίου με ερωτήσεις σχετικά με την θερμική και οπτική τους άνεση, ενώ έγιναν και επιτόπου έρευνες σχετικά με τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης καθώς και τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων και των υαλοστάσιων του κτιρίου.

Για κάθε ένα δομικό στοιχείο του κτιρίου ελέγχθηκε ο συντελεστής θερμοπερατότητας τους αν τηρεί τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ για την Β κλιματική ζώνη όπου και ανήκει η Αθήνα.

Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε το κτίριο σε 3D μορφή στο πρόγραμμα «Open Studio». Κατά τον σχεδιασμό χωρίστηκε το κτίριο σε 31 θερμικές ζώνες ώστε να γίνει λεπτομερής ανάλυση της συμπεριφοράς του κτιρίου. Ακολούθως, δηλώθηκαν διάφοροι παράμετροι στο πρόγραμμα «Energy Plus» για τα δομικά υλικά, τα υλικά των υαλοστάσιων, τον αερισμό, τον φωτισμό, τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, των αριθμό των χρηστών κ.α., που αντλήθηκαν είτε από τα ειδικά διαμορφωμένα ερωτηματολόγια είτε από επιτόπου έρευνες, ώστε η προσομοίωση να είναι όσο το δυνατόν κοντά στα πραγματικά δεδομένα.

Έπειτα, έγινε εξαγωγή, σχολιασμός και επεξεργασία των αποτελεσμάτων από την προσομοίωση. Για κάθε θερμική ζώνη βρέθηκε αρχικά για ένα έτος η μέση ημερήσια θερμοκρασία και συγκρίθηκε με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τα επιτρεπόμενα όρια θερμικής άνεσης. Ακόμη, σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα θερμοκρασίας – σχετικής υγρασίας με την βοήθεια ενός προγράμματος που δημιουργήθηκε (Συνδυασμός γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic – Microsoft Excel – AutoCAD. Βλ. πηγαίο κώδικα παράρτημα 5) και βρέθηκε το ποσοστό που βρίσκεται εντός και εκτός των επιτρεπόμενων ορίων. Επίσης, βρέθηκαν τα θερμικά κέρδη και απώλειες από τα

υαλοστάσια ανάλογα με τον προσανατολισμό του κτιρίου. Τέλος υπολογίστηκε η ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου σε θέρμανση και ψύξη για κάθε χώρο ξεχωριστά και για το σύνολο του κτιρίου σε [kWh].

Ύστερα, έγινε μία σύγκριση μεταξύ των πραγματικών δεδομένων με τα αποτελέσματα τις προσομοίωσης μέσω του προγράμματος «Energy Plus» ώστε να διαπιστωθούν τυχόν αποκλίσεις και αιτίες αυτών. Έχοντας τελειώσει με την ανάλυση του κτιρίου, στο τελευταίο στάδιο προτείνονται βιοκλιματικές λύσεις για το κτίριο ώστε να μειωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου. Τέτοιες λύσεις είναι για παράδειγμα αλλαγή των μονών υαλοστάσιων σε υαλοστάσια Low-e, προσθήκη κατακόρυφων και οριζόντιων σκιάστρων, νυχτερινός δροσισμός, προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης κ.α. Επίσης, προτείνεται και η τοποθέτηση ενεργητικών συστημάτων όπως φωτοβολταικά ώστε το κτίριο να αποκτήσει μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Όλες οι λύσεις που προτείνονται ελέγχονται ως προς την οικονομική τους βιωσιμότητα με την μέθοδο καθαρής παρούσας αξίας για οικονομικό κύκλο του έργου τα 20 χρόνια.

Τέλος εξάγονται μερικά συμπεράσματα σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου πριν και μετά τις βελτιώσεις. Υπολογίζεται η εξοικονόμηση ενέργειας σε [kWh] καθώς και το ετήσιο χρηματικό όφελος για το κτίριο.

# 1. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

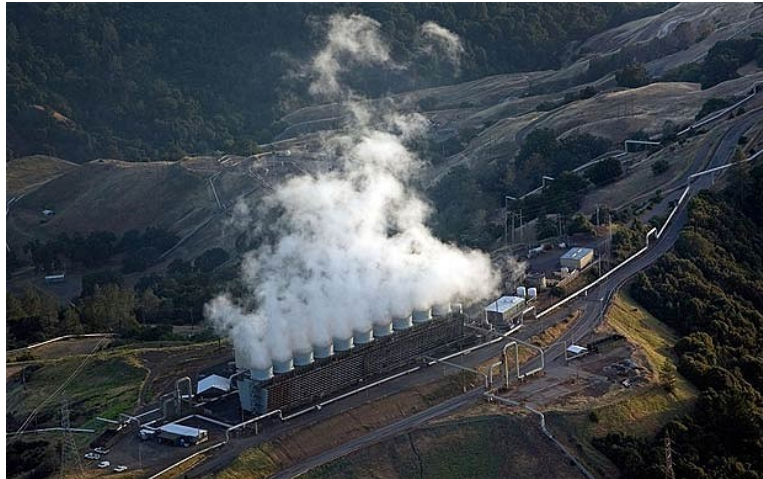
Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι η ενέργεια που προέρχεται από φυσικούς πόρους, όπως το φως του ήλιου, αέρα, βροχή, παλίρροιες, και γεωθερμική ενέργεια. Περίπου το 16% της παγκόσμιας ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με το 10% να προέρχεται από την παραδοσιακή βιομάζα, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση και το 3.4% από την υδροηλεκτρική ενέργεια. Νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (μικρά υδροηλεκτρικά, σύγχρονη βιομάζα, αιολική, ηλιακή, γεωθερμική και βιοκαύσιμα) αντιπροσωπεύουν το άλλο 3%, όμως αυξάνονται πολύ γρήγορα. Το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι περίπου 19%, με το 16% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Η αιολική ενέργεια αυξάνεται με ρυθμό 30% ετησίως, με εγκατεστημένη δυναμικότητα παγκοσμίως 238000 MW. Χρησιμοποιείται ευρέως στην Ευρώπη, στην Ασία και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Η φωτοβολταϊκή ενέργεια (PV) παγκοσμίως ήταν 67000 MW. Δημοφιλείς φωτοβολταϊκοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι στη Γερμανία και την Ιταλία. Το μεγαλύτερο πάρκο ηλιακής ενέργειας βρίσκεται στην έρημο Mojave στις Η.Π.Α και αποτελείται από εννέα μονάδες παραγωγής που χτίστηκαν τη δεκαετία του 1980 με συνδυασμένη χωρητικότητα 354 MW.



Εικόνα 1.1, Πάρκο ηλιακής ενέργειας στην έρημο Mojave (Πηγή: [www.renewableenergyfocususa.com](http://www.renewableenergyfocususa.com))

Η μεγαλύτερη γεωθερμική εγκατάσταση του κόσμου είναι το Geysers στην Καλιφόρνια, με συνολική χωρητικότητα 750MW. Η Βραζιλία διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα προγράμματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον κόσμο, που αφορούν την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο.



Εικόνα 1.2, η γεωθερμική εγκατάσταση Geysers στην Καλιφόρνια (Πηγή: [www.telegraph.co.uk](http://www.telegraph.co.uk))

## 1.2 ΑΙΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η αιολική ενέργεια είναι η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε μια χρήσιμη μορφή ενέργειας, όπως για παράδειγμα με την χρήση ανεμογεννητριών για την παραγωγή ηλεκτρισμού, τους ανεμόμυλους για την μηχανική ενέργεια κ.α.

### Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας [1]:

- Η αιολική ενέργεια είναι φιλική προς το περιβάλλον, καθώς δεν καίγονται ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Οι ανεμογεννήτριες καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο από το την έκταση που καταλαμβάνει ένας μέσος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, οι ανεμόμυλοι καταλαμβάνουν μερικά τετραγωνικά μέτρα για την βάση και αυτό δίνει την δυνατότητα στην γύρω περιοχή να χρησιμοποιείται από πολλούς σκοπούς, όπως γεωργία.
- Νέες τεχνολογίες κάνουν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο πιο αποδοτική. Ο άνεμος είναι δωρεάν, και καθένας έχει την δυνατότητα να επωφεληθεί από αυτήν την ελεύθερη πηγή ενέργειας.
- Οι ανεμογεννήτριες είναι μια μεγάλη πηγή για την παραγωγή ενέργειας σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως ορεινές κοινότητες.
- Όταν συνδυάζεται η αιολική με την ηλιακή ενέργεια τότε παρέχουν μια αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας

### Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας [1]:

- Το κύριο μειονέκτημα όσον αφορά την αιολική ενέργεια είναι η αναξιπιστία από τις ταχύτητες των ανέμων. Σε πολλές περιοχές, η ένταση ανέμων είναι πολύ χαμηλές για να στηρίξουν μια ανεμογεννήτρια ή αιολικό πάρκο έτσι σαν μεγάλες εναλλακτικές λύσεις μπορεί να είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας ή της γεωθερμικής.

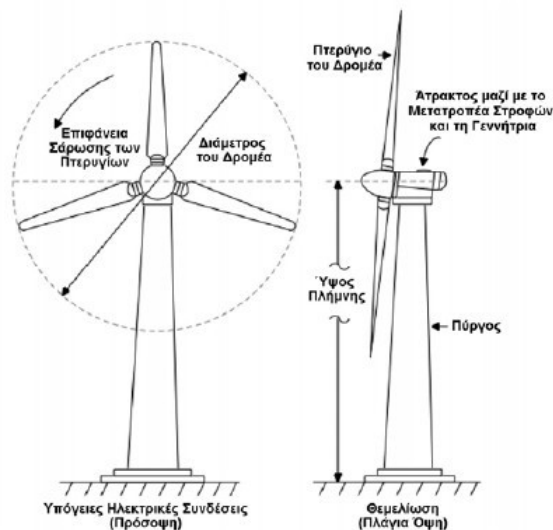
- Οι ανεμογεννήτριες παράγουν λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα έτσι απαιτούνται πολλές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή επαρκούς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Απαιτούνται μεγάλα έργα γύρω από τα αιολικά πάρκα ώστε να προστατευτεί η άγρια φύση
- Η ηχορύπανση που δημιουργείται από τις μεγάλες ανεμογεννήτριες είναι συχνά πολύ ενοχλητική για τους κατοίκους της γύρω περιοχής
- Τα αιολικά πάρκα πρέπει να βρίσκονται σε θυελλώδεις περιοχές για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, γι' αυτό συχνά τοποθετούνται σε κορυφές κορυφογραμμών και λόφων. Αυτό όμως δημιουργεί προβλήματα στους κατοίκους τις περιοχής που συχνά παραπονιούνται για την αισθητική του τοπίου

### 1.2.1 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

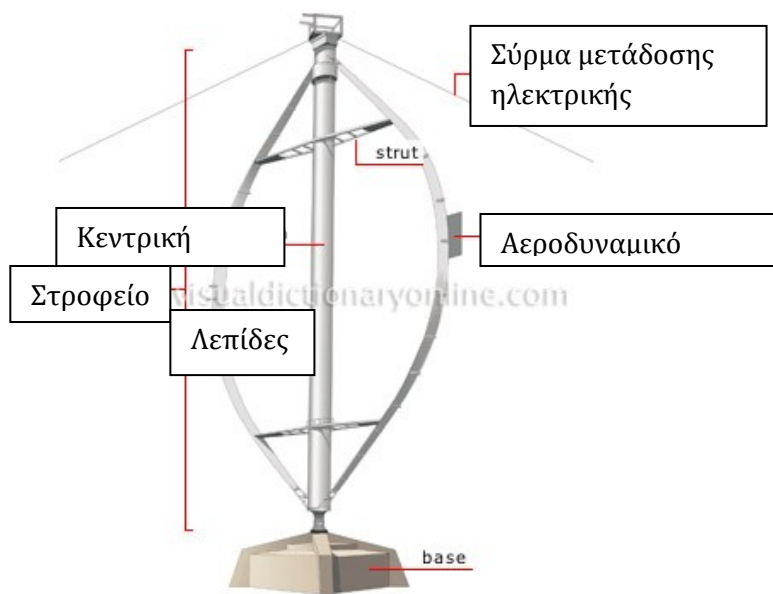
Οι ανεμογεννήτριες έχουν σχεδιαστεί με λεπίδες (πτερύγια-φτερά) όπως του αεροπλάνου. Οι λεπίδες περιστρέφονται λόγω της διαφοράς πίεσης που προκαλείται στο αέρα που κινείται πάνω από την επιφάνεια της λεπίδας. Υστερα περιστρέφουν ένα στροφέιο που συνδέεται με μία ηλεκτρική γεννήτρια και παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Οι ανεμογεννήτριες έχουν σχεδιαστεί για να αντιμετωπίζουν αυτόματα τον άνεμο, είτε μηχανικά είτε από τον υπολογιστή.

Οι ανεμογεννήτριες μπορούν να λειτουργήσουν με μεταβλητές ή σταθερές ταχύτητες. Ανεμογεννήτριες που σχεδιάστηκαν για μεταβλητές ταχύτητες είναι πιο πολύπλοκες στην κατασκευή αλλά μετατρέπουν την αιολική ενέργεια πιο αποτελεσματικά. Στα περισσότερα έργα χρησιμοποιούν μεταβλητή ταχύτητα σχεδιασμού. [2],[3],[4]

Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να είναι είτε οριζόντιου είτε κατακόρυφου άξονα, ο πρώτες όμως είναι πιο μεγάλες και πιο συχνές.



Εικόνα 1.3, Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα. (Πηγή: [www.gnengblogspot.com](http://www.gnengblogspot.com))



Εικόνα 1.4, Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα (Πηγή: [www.visual.merriam-webster.com](http://www.visual.merriam-webster.com))



Εικόνα 1.5, Μετατροπέας στροφών και γεννήτρια ανεμογεννήτριας οριζοντίου άξονα (Πηγή: [www.geograph.co.uk](http://www.geograph.co.uk))

Ένα μεγάλο αιολικό πάρκο μπορεί να αποτελείται από εκατοντάδες επιμέρους ανεμογεννήτριες οι οποίες είναι συνδεδεμένες με το ηλεκτρικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Υπεράκτια αιολικά πάρκα μπορούν να αξιοποιήσουν πιο συχνά και πιο ισχυρούς ανέμους από ότι τα χερσαία, όμως το κόστος κατασκευής είναι σημαντικά υψηλότερο.



Το μεγαλύτερο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στο κόσμο είναι το Lillgrund που βρίσκεται περίπου 10km ανοικτά των ακτών της νότιας Σουηδίας. Αποτελείται από 48 ανεμογεννήτριες με δυναμικότητα 110 MW. Η μέση ταχύτητα του ανέμου είναι από 8 έως 10 μέτρα ανά δευτερόλεπτο. [5]



Εικόνα 1.6, Αιολικό πάρκο Lillgrund (Πηγή: [www.northcountrypublicradio.org](http://www.northcountrypublicradio.org))

### 1.3 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλιακή ενέργεια είναι η μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, είτε με απευθείας χρήση φωτοβολταϊκών (PV) ή έμμεσα με τη χρήση συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP). Τα ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν φακούς ή κάτοπτρα και συστήματα παρακολούθησης για να επικεντρωθεί μια μεγάλη περιοχή του ηλιακού φωτός σε μια μικρή ακτίνα. Το φωτοβολταϊκά συστήματα μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιώντας το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.

Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο περιγράφεται ως η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων που συμβαίνει σε συγκεκριμένα υλικά όταν αυτά εκτεθούν σε φωτεινή ακτινοβολία. Αυτό παρατηρείται σε φυσικά στοιχεία που ανήκουν στην ομάδα των ημιαγωγών καθώς και στις τεχνητές ημιαγωγικές διατάξεις. Η πόλωση των ηλεκτρικών φορτίων έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δημιουργούμενων πόλων, δηλαδή μια στοιχειώδεις ηλεκτρική γεννήτρια. [6],[7]

#### Φωτοβολταϊκά συστήματα

Είναι μια μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας σε συνεχές ρεύμα. Τα φωτοβολταϊκά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν ηλιακά πάνελ που αποτελούνται από μια σειρά από ηλιακά κύτταρα που περιέχουν φωτοβολταϊκό υλικό. Υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα για τα φωτοβολταϊκά είναι μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, άμορφο πυρίτιο, τελλουριούχο κάδμιο κ.α. [7],[8]




Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η κατασκευή των ηλιακών κυψελών και φωτοβολταϊκών στοιχείων έχει προχωρήσει σημαντικά τα τελευταία χρόνια.



Εικόνα 1.7, Φωτοβολταϊκό πάνελ (Πηγή: [www.jcwinnie.biz](http://www.jcwinnie.biz))

### Απόδοση φωτοβολταϊκών πάνελ

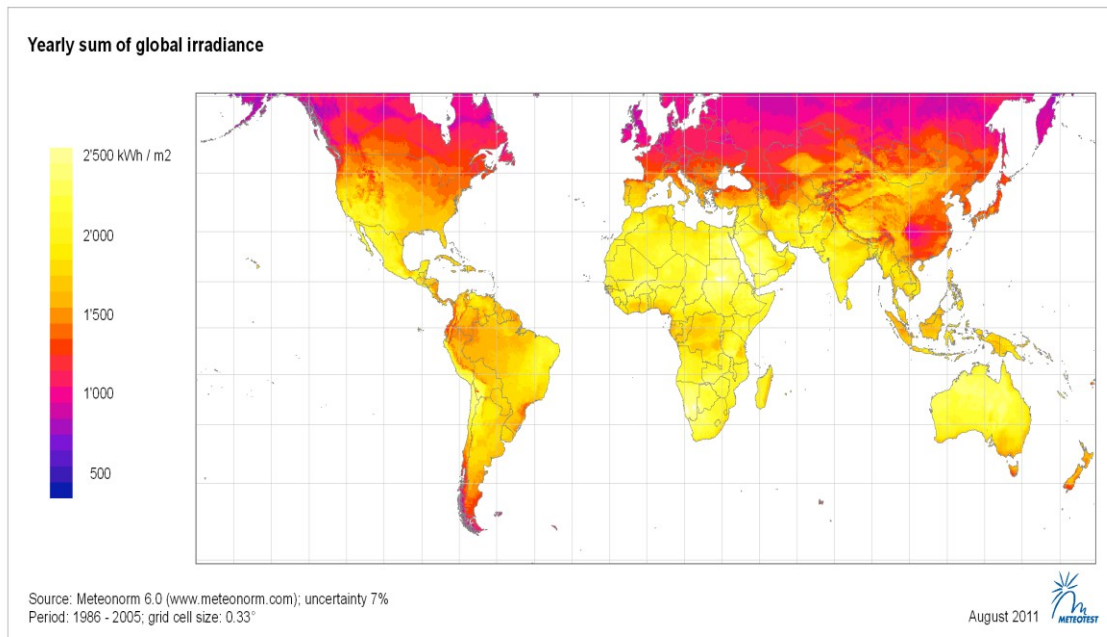
Τα φωτοβολταϊκά πάνελ μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Τα μονοκρυσταλλικά στοιχεία μετατρέπουν έως και το 19% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό, ενώ σε αντίθεση τα πολυκρυσταλλικά έχουν χαμηλότερη απόδοση περίπου 11-15%. Ακόμα χαμηλότερα αλλά και οικονομικότερα είναι τα άμορφα στοιχεία με απόδοση 4-11%. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι βασικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων υλικών ηλιακών κυττάρων [9]

ΤΥΠΟΣ	Λεπού υμενίου ή Thin Film	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά
Εμφάνιση			
Απόδοση	4-11%	11-15%	11-19%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	9-25 m <sup>2</sup>	7-9 m <sup>2</sup>	5.5-9 m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)	1300-1450	1300	1300
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m <sup>2</sup> )	50-60	145-185	145-235
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO <sub>2</sub> ανά kWp)	1300-1450	1300	1300



### 1.3.1 ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Στον παρακάτω χάρτη φαίνεται η ετήσια παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία. Όπως βλέπουμε η Ελλάδα ανήκει σε σημαντικά πλεονεκτική θέση χωρίς όμως να την εκμεταλλεύεται ιδιαίτερα. Πάντως τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ενέργεια.



Εικόνα 1.8, Ετήσια παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία (Πηγή: [www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com))

### 1.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμική ενέργεια ονομάζουμε τη φυσική θερμική ενέργεια της Γης που διαρρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Η μετάδοση θερμότητας γίνεται με δύο τρόπους: [10]

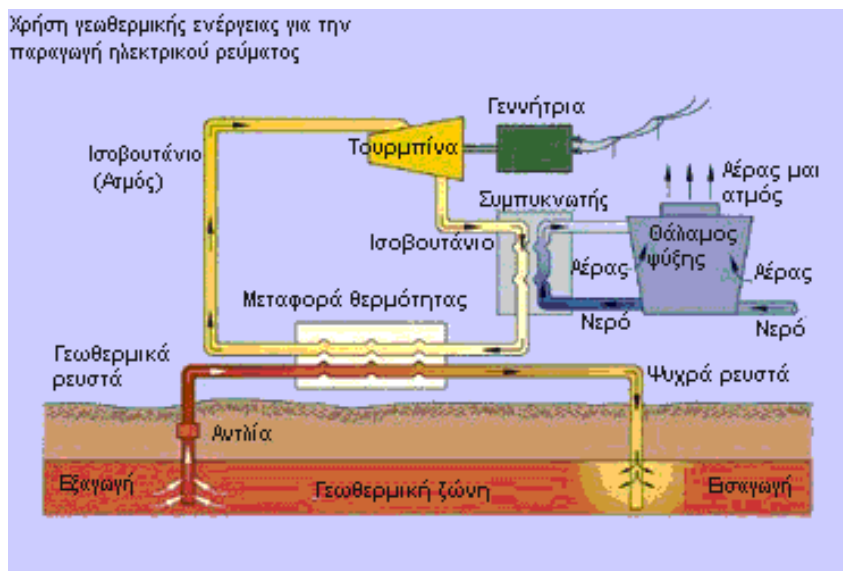
- Με αγωγή από το εσωτερικό προς την επιφάνεια με ρυθμό 0.04-0.06 W/m<sup>2</sup>
- Με ρεύματα μεταφοράς, που περιορίζονται στις ζώνες κοντά στα όρια των λιθοσφαιρών πλακών, λόγω ηφαιστειακών και υδροθερμικών φαινομένων.

Ανάλογα με το θερμοκρασιακό της επίπεδο, η γεωθερμικής ενέργειας μπορεί να έχει διάφορες χρήσεις:

- Υψηλής Ενθαλπίας (>150°C) που χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Μέσης Ενθαλπίας (80 – 150 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση ή ξήρανση ξυλείας και αγροτικών προϊόντων.
- Χαμηλής Ενθαλπίας (25 – 80 °C) που χρησιμοποιείται για θέρμανση θερμοκηπίων, για ιχθυοκαλλιέργειες κ.α.

**Μετατροπή γεωθερμικής ενέργειας σε ηλεκτρικό ρεύμα**

Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μεταφέρεται ζεστό νερό με γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά και τροφοδοτεί τουρμπίνες που κινούν γεννήτριες. [11]



Εικόνα 1.9, Γεωθερμική εγκατάσταση (Πηγή: [www.kpe-kastor.kas.sch.gr](http://www.kpe-kastor.kas.sch.gr))

## Επιδράσεις στο περιβάλλον [12]

- Διαταραχές στην επιφάνεια
- Θόρυβος
- Θερμικές επιδράσεις
- Χημική μόλυνση
- Φυσικές επιπτώσεις από την απομάκρυνση των γεωθερμικών ρευστών

## Χρήση της γεωθερμίας στα κτίρια [13]

Η γεωθερμία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την θέρμανση ή ψύξη του σπιτιού μας. Η αρχή του γεωθερμικού συστήματος είναι εξαιρετικά απλή και βασίζεται στο γεγονός ότι μόλις λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή περίπου 18-20 °C.

Συνεπώς εκμεταλλευόμενοι την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας μπορούμε να θερμάνουμε χώρους το χειμώνα ή να τους ψύξουμε το καλοκαίρι.

Αυτό γίνεται με την χρήση μιας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας η οποία μεταδίδει την θερμότητα μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων που βρίσκεται είτε σε οριζόντια διάταξη και χαμηλό βάθος είτε σε κατακόρυφη διάταξη εκμεταλλευόμενοι μια γεώτρηση που γίνεται γι' αυτό το λόγο.



Εικόνα 1.10, Σύστημα οριζόντιου γεωεναλλακτή (Πηγή: [www.idropigi.gr](http://www.idropigi.gr))



Εικόνα 1.11, Σύστημα κατακόρυφου γεωεναλλακτή (Πηγή: [www.idropigi.gr](http://www.idropigi.gr))

## 1.5 ΒΙΟΜΑΖΑ

Ως βιομάζα αποκαλείται οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα (όπως αυτοφυή φυτά και δάση) είτε από ενεργειακές καλλιέργειες (δηλαδή φυτά που καλλιεργούνται με μοναδικό σκοπό την παραγωγή βιομάζας όπως το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι κ.α.)
- Υποπροϊόντα και κατάλοιπα φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής (π.χ. άχυρα, κλαδιά, φύκη)
- Υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία υλικών (π.χ. ελαιοπυρηνόξυλα, πριονίδι)
- Βιολογικής προέλευσης αστικά λύματα και σκουπίδια

Η βιομάζα είναι μια δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή ηλιακής ενέργειας και είναι το αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια σε μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. [14],[15] Δηλαδή:



### Πλεονεκτήματα Βιομάζας [16]

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Δεν συμβάλει στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου επειδή οι ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για την δημιουργία βιομάζας
- Συμβάλει σημαντικά στον περιορισμό του διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή
- Μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου

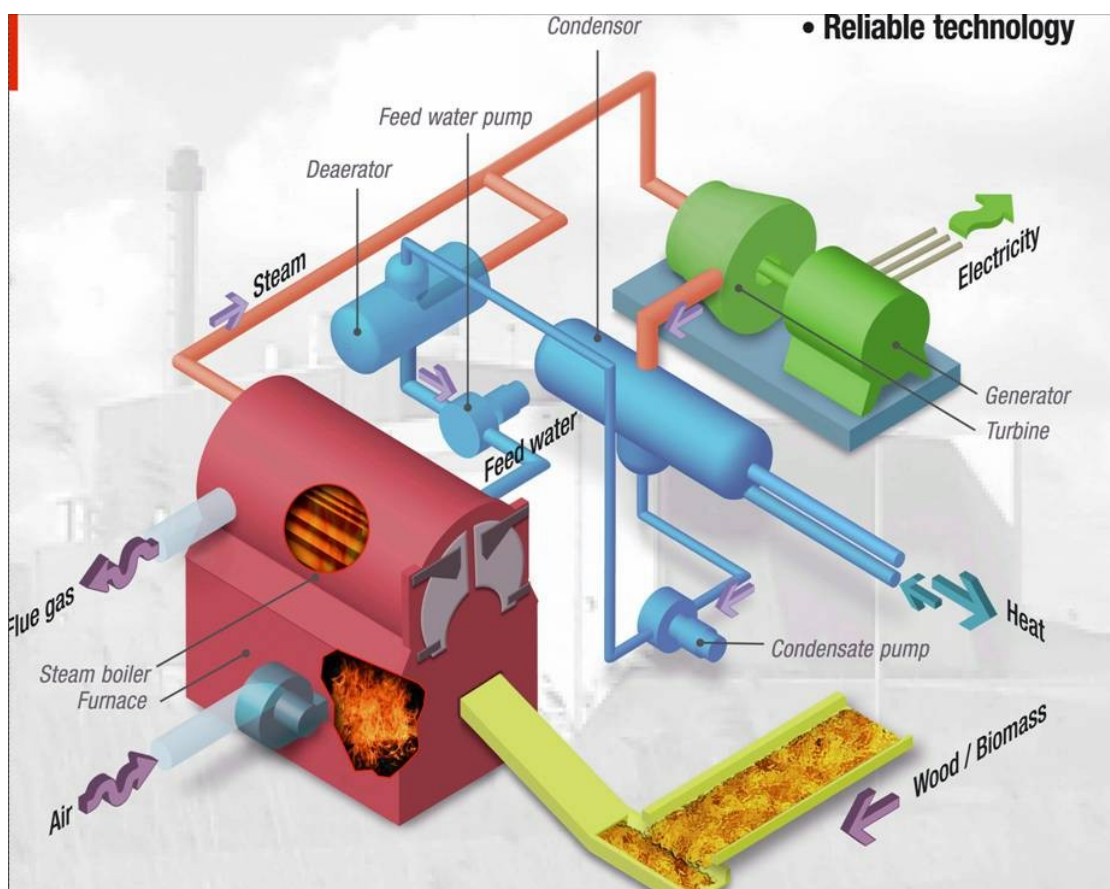
### Μειονεκτήματα Βιομάζας [16]

- Ο μεγάλος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία κάνουν πολύ δύσκολη την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας
- Η παραγωγή της βιομάζας είναι συνήθως εποχιακή με μεγάλες διασπορές στην παραγωγή
- Υψηλό κόστος εξοπλισμού σε σύγκριση με αυτό των συμβατικών καυσίμων



Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με την χρήση βιομάζας. Παραπείθετε και ένα Ελληνικό υπόμνημα το οποίο εξηγεί τα βασικά χαρακτηριστικά του Αγγλικού υπομνήματος της εικόνας.

1. wood / Biomass = υλικό βιομάζας (εδώ ξύλο)
2. Steam boiler Furnace = Καμίνι
3. Steam = Ατμός
4. Deaerator = Εξαερισμός
5. Feed water pump = Αντλία τροφοδοσίας νερού
6. Condensor = Συμπυκνωτής
7. Feed water = Τροφοδοσία νερού
8. Generator Turbine = Γεννήτρια
9. Electricity = Ηλεκτρική ενέργεια



Εικόνα 1.12, Διαδικασία παραγωγής ενέργειας με χρήση βιομάζας (Πηγή: [www.pellet-pellets.gr](http://www.pellet-pellets.gr))

## **Κύριες εφαρμογές με καύσιμο βιομάζας [17]**

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Θέρμανση κτιρίων με καύση βιομάζας σε ατομικούς / κεντρικούς λέβητες
- Παραγωγή ενέργειας σε γεωργικές βιομηχανίες
- Παραγωγή ενέργειας σε βιομηχανίες ξύλου
- Τηλεθέρμανση
- Παραγωγή ενέργειας σε μονάδες βιολογικού καθαρισμού και χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων
- Υγρά βιοκαύσιμα

## 2. ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πριν αναφερθούμε στα παθητικά συστήματα και τον σκοπό τους, θα κάνουμε μία σύντομη αναφορά για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων. Ένα κτίριο θεωρείται βιοκλιματικό όταν εκμεταλλεύεται το μικροκλίμα γύρω από αυτό και εξασφαλίζει επαρκεί θερμική και οπτική άνεση στους χρήστες του. Ως μικρόκλιμα μπορεί να θεωρηθούν πηγές όπως ο ήλιος, ο αέρας το νερό και το έδαφος. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμό μειώνει τις ανάγκες για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό μέσω από διάφορες παθητικές τεχνικές.

Μερικές τέτοιες τεχνικές είναι η προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού καθώς και άλλες τεχνικές όπως θερμικές ζώνες και αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου. Παρακάτω παρατίθενται οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού: [1]

- Θερμική προστασία των κτιρίων όλο το χρόνο με την χρήση κατάλληλων τεχνικών (θα τα αναλύσουμε στην συνέχεια του κεφαλαίου)
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση των κτιρίων κατά την διάρκεια του χειμώνα με κατάλληλο προσανατολισμό καθώς και την διαρρύθμιση των χώρων και των δομικών στοιχείων ώστε να διαχέουν την ηλιακή ακτινοβολία
- Επαρκής ηλιοπροστασία τους καλοκαιρινούς μήνες ώστε να μην προκαλείται υπερθέρμανση του κτιρίου.
- Κατάλληλες τεχνικές παθητικού δροσισμού ώστε να απομακρύνεται η πλεονάζουσα θερμότητα από τα δομικά στοιχεία που αποθηκεύονται κατά την διάρκεια μιας ημέρας της καλοκαιρινής περιόδου.
- Βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο ώστε να παρέχει οφέλη και για το κτίριο
- Χρήση παθητικών συστημάτων, δηλαδή τεχνικών που παρέχουν θέρμανση, δροσισμό, φωτισμό χωρίς κάποιο μηχανολογικό εξοπλισμό.

Τα παθητικά συστήματα είναι ένα από τα βασικά δομικά στοιχεία ενός κτιρίου που ο κύριος στόχος τους είναι να εκμεταλλεύονται τις συνθήκες του μικροκλίματος και να παρέχουν στο κτίριο φυσικό τρόπο θέρμανσης και δροσισμού χωρίς την λειτουργία κάποιου μηχανολογικού εξοπλισμού. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες παθητικών συστημάτων. Υπάρχουν τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, τα παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού και τέλος συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού. Για να θεωρείται ότι ένα κτίριο έχει σχεδιαστεί με βάση τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού θα πρέπει αυτά τα τρία παθητικά συστήματα να αποκομουν σημαντικά οφέλη για το κτίριο. [18],[19]

### 2.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

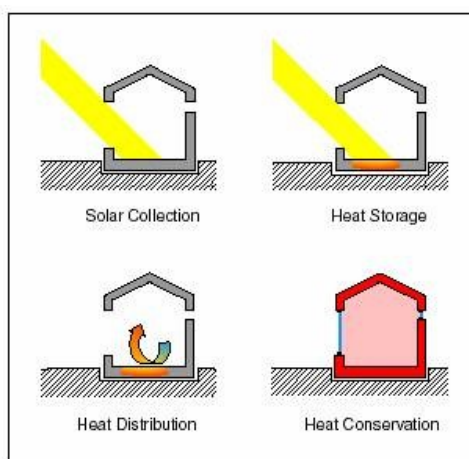
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα έχουν ως σκοπό να παρέχουν κατάλληλη θέρμανση το χειμώνα στους χώρους του κτιρίου καθώς επίσης και για την παροχή φυσικού φωτισμού. Για να γίνει

αυτό πρέπει το κέλυφος να είναι σε θέση να επιτρέπει τη μέγιστη θερμοχωρητικότητα, την μέγιστη ηλιακή συλλογή και να ελαχιστοποιεί τις θερμικές απώλειες. Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή την ιδιότητα να συλλέγει την ηλιακή ακτινοβολία και να την διατηρεί ώστε να θερμαίνει τους χώρους, την θερμική υστέρηση των υλικών και τις αρχές μετάδοσης της θερμότητας. Υπάρχουν τρία είδη παθητικών συστημάτων για θέρμανση το άμεσο, το έμμεσο και το απομονωμένο. [18],[20],[21]

## 2.2.1 ΑΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ

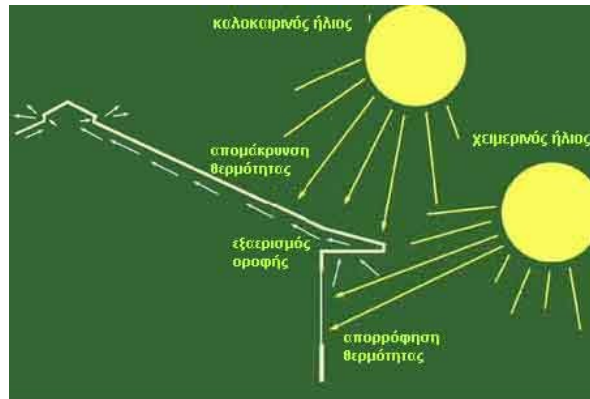
Το πρώτο είναι το άμεσο κέρδος που βασίζεται στον σωστό προσανατολισμό του κτιρίου, δηλαδή αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία μέσω των ανοιγμάτων που υπάρχουν στην νότια πλευρά του κτιρίου. Με την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας επάνω στον υαλοπίνακα πραγματοποιούνται τρεις μηχανισμοί μετάδοσης της. Αρχικά ένα μέρος αυτής που προσπίπτει πάνω στο υαλοπίνακα ανακλάται και επιστρέφει πίσω στο εξωτερικό περιβάλλον. Ένα άλλο ποσοστό που αντιστοιχεί στο ορατό τμήμα του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας διαπερνά τον υαλοπίνακα και ένα ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται από τον υαλοπίνακα από το οποίο ένα μέρος επαναακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα μέρος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία. Η θερμότητα που αποθηκεύεται συνολικά από την ηλιακή ακτινοβολία αποδίδεται στο κτίριο κατά την διάρκεια την ημέρας ανάλογα με την ποιότητα των δομικών υλικών του κτιρίου, δηλαδή τη χρονική υστέρηση.

Γενικά στόχος είναι το κτίριο να διαθέτει μεγάλα ανοίγματα στην νότια πλευρά καθώς και να έχουν μεγάλη επιφάνεια αποθήκευσης ώστε η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση να μειωθεί. Πρέπει να προσεχθεί όμως ότι μεγάλα ανοίγματα προκαλούν θάμπωση και όχληση από τους χρήστες του κτιρίου. Επίσης με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε και την υπερθέρμανση του κτιρίου το καλοκαίρι χρησιμοποιώντας όμως κατάλληλα σκίαστρα. Για να μην μειωθεί ο φυσικός φωτισμός τους καλοκαιρινούς μήνες πρέπει να τοποθετούνται κατάλληλα ανοίγματα στην Βόρεια πλευρά του κτιρίου τα οποία δέχονται με έμμεσο τρόπο τον φυσικό φωτισμό μέσω της διάχυσης του φωτός. Πρέπει όμως να προσεχθεί τα ανοίγματα αυτά στην Βόρεια πλευρά να μην είναι μεγάλα γιατί παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες και μικρά κέρδη το χειμώνα.



Εικόνα 2.1, Παθητικά ηλιακά συστήματα σε κτίριο (Πηγή: <http://www.staticsart.gr>)





Εικόνα 2.2, Παθητικό ηλιακό σύστημα χειμώνα-καλοκαίρι (Πηγή: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>)

Όσον αφορά τα ανοίγματα σε ανατολή και δύση παρουσιάζουν προβλήματα σχεδόν όλο τον χρόνο γι' αυτό είναι καλό να αποφεύγονται. Αν υπάρχουν τότε είναι καλό να τα προστατεύονται με κατάλληλη σκίαση. Επίσης παράθυρα οροφής ή φεγγίτες βοηθούν στην απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας και συμβάλλουν στη διανομή της. [22]

### **Κατάλληλη επιλογή υλικών ανοιγμάτων [23]**

Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα παθητικό ηλιακό σύστημα πέρα από την κατάλληλη διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων και τα σκίαστρα απαιτείται να υπάρχουν υλικά με υψηλή θερμοχωρητικότητα (για αποθήκευση ηλιακού θερμικού κέρδους) και με κατάλληλη θερμική προστασία (π.χ. διπλοί υαλοπίνακες). Το πλαίσιο του υαλοστασίου πρέπει να διαθέτει χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας όπως για παράδειγμα θερμομονωμένο πλαίσιο ή ξύλινο πλαίσιο.

### **Κατάλληλη επιλογή δομικών υλικών [23]**

Οι κανόνες για την κατάλληλη επιλογή δομικών υλικών ώστε να μας παρέχει μεγάλη ποσότητα θερμικής αποθήκευσης είναι οι εξής:

- Πρέπει να γίνεται χρήση υλικών με μεγάλη θερμοχωρητικότητα ώστε η θερμότητα που αποθηκεύεται να είναι μεγαλύτερη.
- Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών υλικών πρέπει να είναι όσο τον δυνατόν μικρότερος ώστε να περιοριστούν οι διακυμάνσεις τις εσωτερικής θερμοκρασίας από τα συνήθη οικοδομικά υλικά π.χ. σκυρόδεμα.

### **Πλεονεκτήματα συστήματος άμεσου κέρδους [24]**

- Οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη λόγω του χαμηλού κόστους των υαλοστάσιων και των στεγαστρων
- Αυξάνουν το φυσικό φωτισμό του κτιρίου
- Το κλίμα της Ελλάδας είναι αρκετά ευνοϊκό ώστε να εξοικονομηθούν αρκετά ποσά ενέργειας.

### **Μειονεκτήματα συστήματος άμεσου κέρδους [25]**

- Απαίτηση για μόνωση ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες την νύχτα
- Τα μεγάλα ανοίγματα συχνά προξενούν θάμπωμα

## **2.2.2 ΕΜΜΕΣΟ ΚΕΡΔΟΣ**

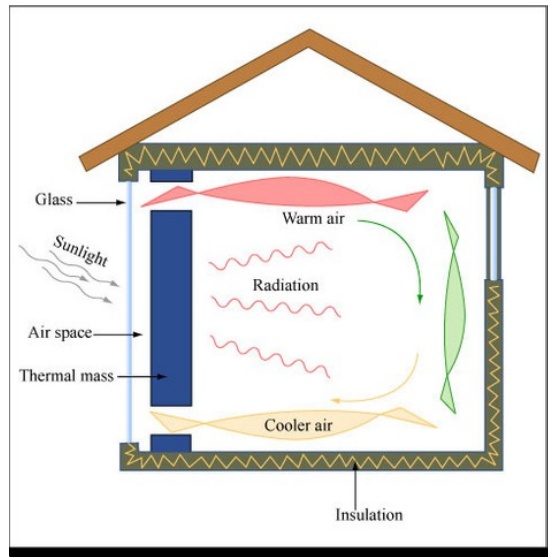
Το δεύτερο είναι τα παθητικά συστήματα τα οποία λαμβάνουν έμμεσα τα ηλιακά οφέλη για των θέρμανση των χώρων του κτιρίου. Υπάρχουν τρεις κατηγορίες έμμεσου κέρδους. [26]

- Ηλιακοί τοίχοι
- Θερμοκήπια ή ηλιακοί χώροι
- Ηλιακά αίθρια

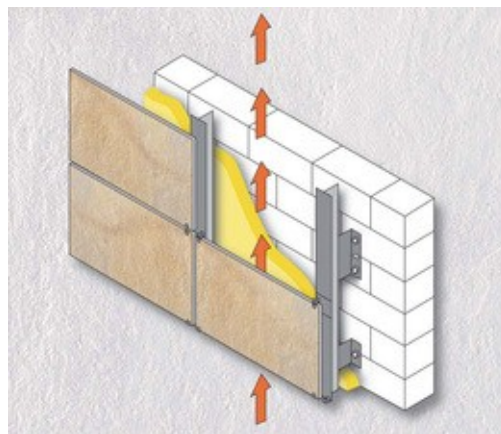
### **Ηλιακοί τοίχοι**

Οι ηλιακοί τοίχοι έχουν την εξωτερική τους πλευρά σε μικρή απόσταση από την τοιχοποιία ή τζάμι και παίζουν τον ρόλο του ηλιακού συλλέκτη μεταφέροντας στη θερμότητα που αποθηκεύουν είτε μέσω του τοίχου είτε μέσω θυρίδων στο εσωτερικό χώρο. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκει και ο τοίχος Trombe Michel ο οποίος βασίζεται στο φαινόμενο της κίνησης του αέρα όταν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας. [24]

Πιο συγκεκριμένα κατά την διάρκεια μίας χειμωνιάτικης ημέρας ο ψυχρός αέρας κινείται προς τα κάτω εισέρχεται από την κάτω θυρίδα του τοίχου και εκεί θερμαίνεται και εξέρχεται από την πάνω θυρίδα του τοίχου θερμαίνοντας έτσι το χώρο.



Εικόνα 2.3, Λειτουργία τοίχου tombe, (Πηγή: <http://www.quickandeasy.gr>)



Εικόνα 2.4, Λειτουργία τοίχου tombe, (Πηγή: <http://apelepalsyrou.weebly.com>)

Η κίνηση του θερμαινόμενου αέρα αρχίζει μόλις θερμανθεί αρκετά η επιφάνεια του τοίχου και μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 3 ώρες μετά την σκίαση του υαλοστασίου. Κατά την διάρκεια τώρα της νύκτας οι θύρες του τοίχου πρέπει να παραμένουν κλειστές γιατί σε αντίθετη περίπτωση θα έχουμε αντιστροφή κίνηση του αέρα.

Για την περίοδο του καλοκαιριού το υαλοστάσιο που παρείχε θέρμανση του τοίχου κατά την διάρκεια του χειμώνα πρέπει να διαθέτει επαρκή ηλιοπροστασία και τα ανοίγματα να είναι ανοιχτά διότι αλλιώς εγκλωβίζεται ο ζεστός αέρας και αυξάνει την θερμοκρασία στο κτίριο.

Ως δομικά υλικά των τοίχων θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι είτε τοίχοι από υλικά τοιχοποιίας όπως σκυρόδεμα, οπτόπλινθους κ.α. είτε από τοίχους που αποτελούνται από μεταλλικά

δοχεία που περιέχουν νερό. Σημειώνεται εδώ όμως ότι ο τοίχος Tombe κατασκευάζεται από υλικά τοιχοποιίας.

### Θερμοκήπια ή ηλιακοί χώροι

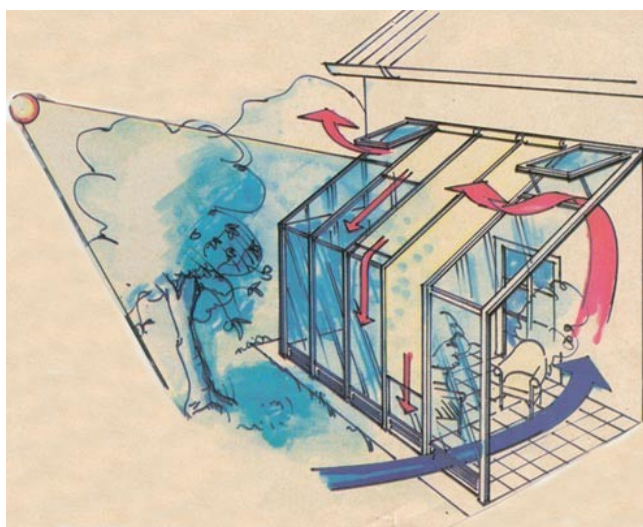
Ηλιακοί χώροι είναι χώροι στους οποίους υπάρχουν μεγάλα ανοίγματα (μεγάλο ποσοστό γυάλινης επιφάνειας) οι οποίοι αποτελούν μέρος του κτιρίου και έχουν ως στόχο να παρέχουν θερμότητα στους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου. Για να λειτουργήσει αποτελεσματικά αυτό το σύστημα θα πρέπει να είναι προσανατολισμένο στη νότια πλευρά και να παρέχεται επαρκές σύστημα σκιασμού και αερισμού.

Το σύστημα αυτό λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν τα θερμοκήπια, δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται από τα ανοίγματα (τις γυάλινες επιφάνειες) και η ενέργεια αποδίδεται στους χώρους του κτιρίου ως θερμική ώστε να θερμάνει τους χώρους του κτιρίου. Ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στο ηλιακό χώρο αποδίδεται άμεσα ως θερμότητα στο κτίριο και ένα άλλο μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και αποδίδεται σιγά-σιγά ανάλογα με χρονική υστέρηση.

Για να μεταφερθεί η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στον ηλιακό χώρο και στους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου τοποθετούνται θυρίδες ή ανοίγματα ώστε να κυκλοφορεί ο αέρας μέσα από αυτά.

Το μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι κατά την διάρκεια της νύκτας λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων παρατηρούνται μεγάλες θερμικές απώλειες, οπότε χρειάζεται επαρκής θερμομόνωση του τμήματος που ενώνει τον ηλιακό χώρο με τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου.

Η σκίαση που αναφέρθηκε στην αρχή αφορά την περίοδο του καλοκαιριού ώστε να αποφεύγεται η λειτουργία του την περίοδο αυτή. Με κατάλληλα σκίαστρα καλύπτουμε τις γυάλινες επιφάνειες οπότε καθιστούμε το σύστημα ανενεργό. [27]



Εικόνα 2.5, Λειτουργία ηλιακού χώρου, (Πηγή: <http://www.themistsipiras.gr>)



Εικόνα 2.6, Παράδειγμα κατοικίας με σύστημα ηλικού χώρου, (Πηγή: <http://www.sustainablekentucky.com>)



Εικόνα 2.7, Παράδειγμα κατοικίας με σύστημα ηλικού χώρου, (Πηγή: <http://www.enet.gr>)

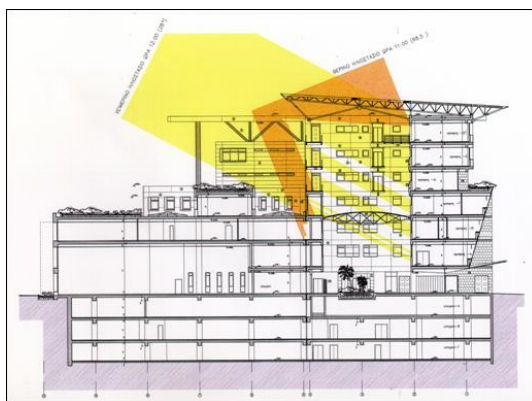
## Ηλιακά αίθρια

Τα ηλιακά αίθρια αποτελούν άλλη μία έξυπνη λύση έμμεσου κέρδους. Τα ηλιακά αίθρια αποτελούνται από μεγάλα ανοίγματα (γυάλινες επιφάνειες) τα οποία βρίσκονται στην οροφή και επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στον εσωτερικό χώρο. Ένα μέρος αυτής της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από τις γυάλινες επιφάνειες και επιστρέφει στο εξωτερικό περιβάλλον ενώ το υπόλοιπο μέρος εισέρχεται μέσα και από αυτό ένα μέρος αποδίδεται ως θερμότητα άμεσα στο κτίριο μας ενώ ένα άλλο μέρος αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία και αποδίδεται με χρονική υστέρηση.

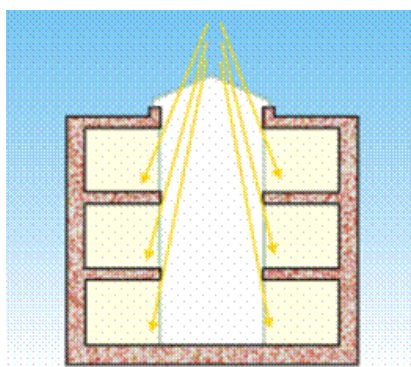
Όλα τα παραπάνω που αναφέρθηκαν αφορούν την λειτουργία του ηλιακού αίθριου κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού πρέπει να παρέχεται επαρκής

σκίαση καθώς και αερισμός του διότι σε αντίθετη περίπτωση θα προκαλεί υπερθέρμανση των χώρων του κτιρίου.

Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα των ηλιακών αιθρίων πέρα από την θέρμανση των χώρων κατά την διάρκεια του χειμώνα είναι ότι παρέχουν φυσικό φωτισμό στο κτίριο. Η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου ανακλάται και διαχέεται και έτσι με αυτόν τον τρόπο παρέχεται επαρκής φυσικός φωτισμός με όλους τους χώρους του κτιρίου. Επίσης με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η θάμπωση των ανοιγμάτων. [28],[29]



Εικόνα 2.8, Λειτουργία ηλιακού αιθρίου, (Πηγή: <http://www.cres.gr>)

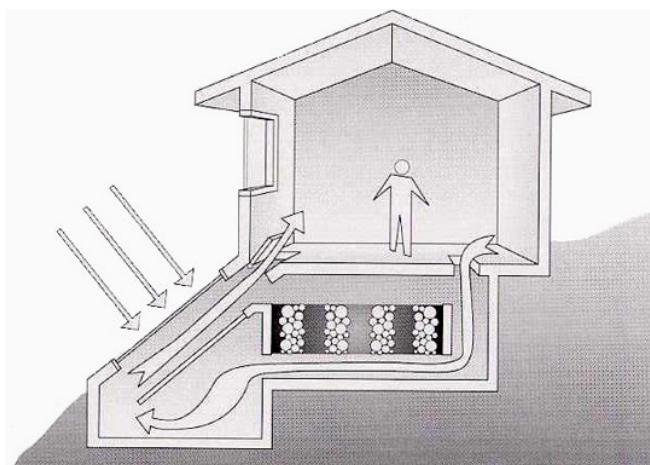


Εικόνα 2.9, Ανάκλαση και διάχυση ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ηλιακού αιθρίου, (Πηγή: <http://www.cres.gr>)

### 2.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΜΟΝΩΜΕΝΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Επίσης υπάρχει και το σύστημα απομονωμένου κέρδους το οποίο λειτουργεί με την βοήθεια ενός θερμοσιφωνικού πανέλου που βρίσκεται εκτός του κτιρίου και αποτελείται από έναν εξωτερικό υαλοπίνακα ο οποίος με την βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας θερμαίνει τον αέρα που βρίσκεται μέσα σε ένα κλειστό χώρο και κατόπιν ο ζεστός ελαφρύς αέρας κυκλοφορεί στους χώρους του κτιρίου. [24]





Εικόνα 2.10, Σύστημα απομονωμένου κέρδους, (Πηγή: <http://www.cres.gr>)

### 2.3 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Δύο είναι οι πιο συνηθισμένοι μέθοδοι φυσικού δροσισμού. Ο πρώτος είναι με Ηλιοπροστασία δηλαδή σκίαση του κτιρίου ενώ ο δεύτερος είναι με φυσικό εξαερισμό. Η Ηλιοπροστασία του κτιρίου μπορεί να γίνει είτε με διάφορα σκίαστρα (π.χ. μεταλλικά, από μπετόν) είτε με κάποια βλάστηση π.χ. δέντρα τα οποία παρέχουν κατάλληλη σκίαση στο κτίριο και εμποδίζουν την υπερθέρμανση του κτιρίου τους καλοκαιρινούς μήνες δηλαδή την μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας για την ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία. Από την άλλη πλευρά ο φυσικός εξαερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων ώστε να επιτρέπουν την κίνηση του αέρα σε όλους τους χώρους του κτιρίου (να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των χώρων του κτιρίου).

Κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου είναι πολύ σημαντικό να γίνεται αερισμός κατά την διάρκεια της νύχτας και πολύ λιγότερο κατά την διάρκεια της ημέρας όπου ο αέρας είναι πολύ πιο θερμός. Έτσι κατά την διάρκεια της νύχτας ο δροσερός αέρας αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και αποδίδεται την επόμενη ημέρα στο κτίριο.

Επίσης παθητικό δροσισμό μπορούμε να παρέχουμε στο κτίριο μας και με διάφορες άλλες τεχνικές όπως φυτεμένα δώματα (θα αναφερθούμε αργότερα για αυτά), αεριζόμενο κέλυφος και κατάλληλα επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών.

Με τις τεχνικές φυσικού δροσισμού επιτυγχάνουμε να αξιοποιούμε το μικροκλίμα της περιοχής χωρίς να χρειάζεται κάποιο μηχανισμό. Επίσης η κατάλληλη επιλογή των δομικών στοιχείων παίζει σημαντικό ρόλο ώστε να «αποθηκεύουν» τον δροσερό αέρα και να έχουν μεγάλη χρονική υστέρηση για την επόμενη ημέρα. [30],[31]

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται ο αναγκαίος αριθμός αλλαγών ανα ώρα ανάλογα με τη χρήση του χώρου [32]

Πιν. 2.1, Αριθμός αλλαγών αέρα ανα ώρα ανάλογα με τη χρήση του χώρου

ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΛΑΓΩΝ ΑΝΑ ΩΡΑ			
ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ			
ΧΩΡΟΙ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΠΛΗΘΟΣ ΑΛΛΑΓΩΝ	ΧΩΡΟΙ ΑΛΛΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	ΠΛΗΘΟΣ ΑΛΛΑΓΩΝ
Καθιστικό	3-6	Βιβλιοθήκες	3-5
Υπνοδωμάτιο	2-4	Γραφεία	6-10
Κουζίνα	15-20	Καταστήματα	8-12
Μπάνιο	6-10	Εστιατόρια	8-12
Διάδρομος	3-5	Καφετέριες	10-12
Θερμοκήπιο	25-60	Κινηματογράφοι	10-15
Αποθήκη	3-6	Σχολικές Αίθουσες	5-7
Χώρος Στάθμευσης	6-8	Τράπεζες	4-8

### Στόχοι του φυσικού δροσισμού [32]

- Αποφυγή της υπερθέρμανσης του κτιρίου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού
- Αποθήκευση της θερμότητας στα δομικά στοιχεία κατά την διάρκεια της νύκτα και απόδοσης της την ημέρα
- Κατάλληλο σύστημα με το οποίο θα ρυθμίζουμε την κίνηση του αέρα ανάλογα με τις ανάγκες και το περιβάλλον μας.

Ακόμα για να έχουμε μεγαλύτερη απόδοση του φυσικού δροσισμού στο κτίριο σημαντικό ρόλο παίζει και το περιβάλλον γύρω από το κτίριο (δηλαδή το αστικό μικροκλίμα). Για να βελτιώσουμε τις συνθήκες του μικροκλίματος μπορούμε να ακολουθήσουμε τις παρακάτω μεθόδους όπως:

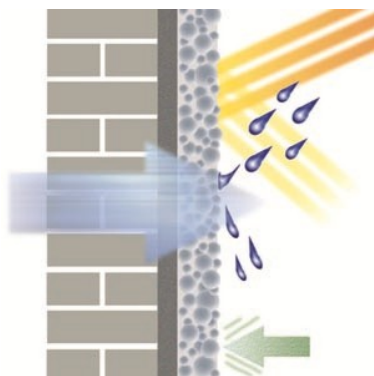
- Αύξηση του πρασίνου γύρω από το κτίριο όπου πέρα από την σκίαση που παρέχει στα κτίρια, μειώνει τη θερμοχωρητικότητα του χώρου βελτιώνοντας τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Επίσης η αύξηση πρασίνου οδηγεί και στην μείωση του θορύβου (όχληση από το εξωτερικό περιβάλλον).
- Χρήση ψυχρών υλικών. Αυτά τα υλικά έχουν υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή ένα μεγάλο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται έτσι δεν αποθηκεύεται θερμότητα στα υλικά αυτά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Ψυχρά υλικά θεωρούνται υλικά με συντελεστή ανελαστικότητας πάνω από



0.65. Επίσης τα υλικά αυτά πρέπει να είναι ανοιχτόχρωμα και όχι σκουρόχρωμα ώστε να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο η ανελαστικότητα του υλικού.



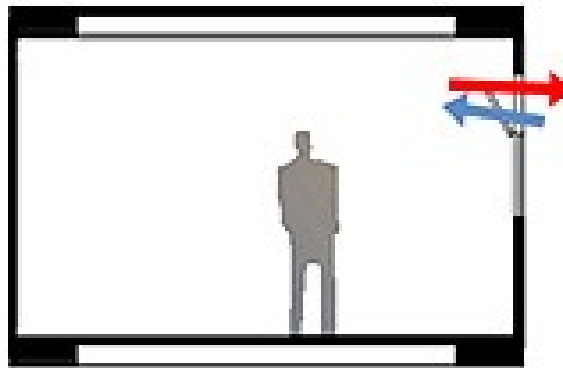
Εικόνα 2.11, Αύξηση πρασίνου γύρω από τα κτίρια καθώς και η παρουσία κάποια ψυχρή πηγής βοηθάει στο δροσισμό του κτιρίου, (Πηγή: <http://prokataskeyasmeno.blogspot.gr>)



Εικόνα 2.12, Ανάκλαση της προσπίπουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ψυχρά υλικά, (Πηγή: <http://maconwaterproofing.blogspot.gr>)

Παρακάτω παρατίθενται μερικές από τις πιο συνηθισμένες μορφές φυσικού αερισμού:

- **Μονής όψης εξαερισμού:** Όπως φαίνεται και στην εικόνα, ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στο κτίριο μέσω των ανοιγμάτων σε έναν τοίχο και αφήνεται να φύγει από το ίδιο άνοιγμα ή άλλου ανοίγματος στον ίδιο τοίχο. Αυτή η λύση είναι ανέξοδη και κατάλληλη για μέτρια κλίματα και μικρούς εσωτερικούς χώρους. Μια μέθοδος για να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητα αυτού του τύπου εξαερισμού είναι η χρήση διπλού ανοίγματος.

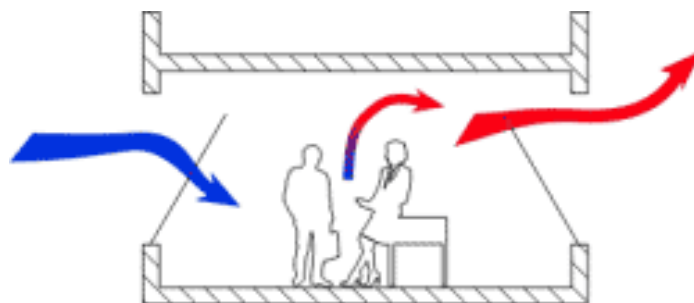


Εικόνα 2.13, Πορεία ροή εξαερισμού (Πηγή: [www.gaia.lbl.gov](http://www.gaia.lbl.gov))



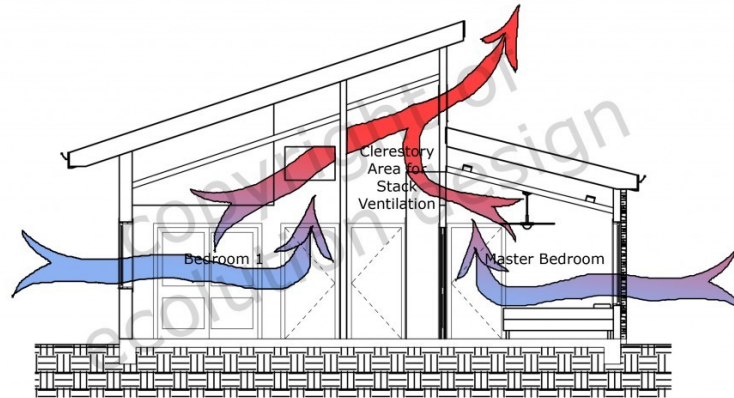
Εικόνα 2.14, Πορεία ροής εξαερισμού με χρήση διπλού ανοίγματος (Πηγή: [www.gaia.lbl.gov](http://www.gaia.lbl.gov))

- Σταυρωτή ροή αερισμού:** όπως φαίνεται και στην εικόνα 5, σε αυτό το είδος του εξαερισμού, δροσερός και φρέσκος αέρας εισέρχεται (μπλέ βέλος) στο κτίριο από τα ανοίγματα στον τοίχο ενώ ο ζεστός και μολυσμένος αέρας κινείται έξω από το κτίριο, από τα ανοίγματα στα τοιχώματα απέναντι (κόκκινο βέλος). Η χρήση αυτής της μέθοδο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα περισσότερες ταχύτητες αέρα και έτσι είναι αποτελεσματική σε μεγαλύτερους εσωτερικούς χώρους.



Εικόνα 2.15, σταυρωτή ροή αερισμού (Πηγή: *Dyer environmental controls*)

- **Εξαεριστήρα:** Σε αυτή τη μέθοδο, θερμός αέρας, που ρέει φυσικά προς τα πάνω, έχει εξαερωθεί μέσω υψηλού επιπέδου ανοίγματα και αντικαθίσταται από φρέσκο αέρα που εισέρχεται από τα κάτω ανοίγματα. Στη εικόνα 6 φαίνεται μια εξέλιξη αυτής της μεθόδου. Ο εξαεριστήρας λειτουργεί ως καμινάδα για να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα του συστήματος αερισμού. Επίσης, λειτουργεί ως μια ακουστική μόνωση για να μπλοκάρει το θόρυβο σε κτίρια που βρίσκονται σε θορυβώδεις αστικές περιοχές.

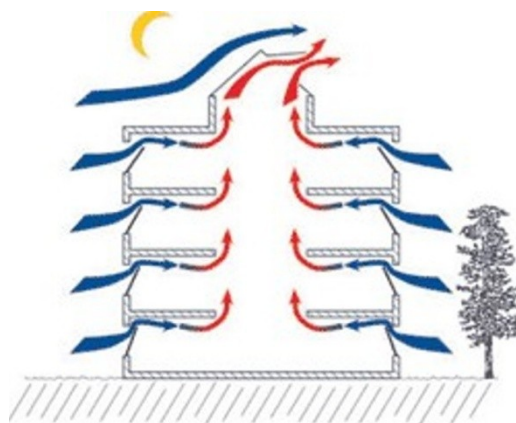


Εικόνα 2.16, Εξαερισμός κτιρίου με την χρήση εξαεριστήρα (Πηγή: [www.ecosulotiondesign.com](http://www.ecosulotiondesign.com))

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο φυσικός αερισμός δεν είναι συνήθως επαρκής για την επίτευξη ενός ικανοποιητικού επιπέδου ποιότητας του εσωτερικού αέρα και θερμικής άνεσης σε ενεργειακά αποδοτικά κτίρια. Ως αποτέλεσμα, ακόμα και σε παθητικά κτίρια, να χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για να παρέχει τον κατάλληλο εξαερισμό.

### 2.3.1 Νυκτερινός αερισμός

Το καλοκαίρι, κατά την διάρκεια της νύκτας η θερμοκρασία πέφτει. Έτσι ο δροσερός αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προ-δροσισμό των εσωτερικών τοιχωμάτων του κτιρίου την επόμενη ημέρα. Οι διαδρομές της ροής του αέρα μαζί με την κατάλληλη θερμική μάζα παρέχουν επαρκή ψύξη. Αυτόματα ανοίγματα εξαερισμού μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την ρύθμιση της ροής του αέρα και τη θερμοκρασία στο εσωτερικού του κτιρίου.



Εικόνα 2.17, Παθητικός δροσισμός από νυκτερινό εξαερισμό (Πηγή: [www.ics.ele.tue.nl](http://www.ics.ele.tue.nl))

### **2.3.2 ΥΒΡΙΔΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Παρόλο που ο σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να αναφερθούμε σε παθητικά συστήματα, δηλαδή χωρίς την παρουσία κάποιου μηχανικού μέσου είναι χρήσιμο να αναφερθούμε και σε κάποιες άλλες μορφές αερισμού του κτιρίου όπου φυσικός και μηχανικός αερισμός συνεργάζονται. Μία πρώτη μορφή είναι ο υβριδικός αερισμός. Ο υβριδικός αερισμός χρησιμοποιεί ανεμιστήρες (κυρίως οροφής) ώστε να μεταφέρεται πιο εύκολα ο φυσικός αερισμός στους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου. Αυτή η μέθοδος αερισμού συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας για το κτίριο γιατί οι ανεμιστήρες καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια από ένα κλιματιστικό ενώ τα οφέλη είναι περίπου τα ίδια. [33]

### **2.3.3 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Μία άλλη μορφή αερισμού είναι μέσω του εξαναγκασμένου αερισμού (είναι μέρος του υβριδικού αερισμού). Αυτή η μορφή αερισμού εμφανίζεται κυρίως σε κτιριακές εγκαταστάσεις όπως π.χ. σχολεία νοσοκομεία, δημόσιες υπηρεσίες όπου ο φυσικός αερισμός είναι πολύ δύσκολο να λειτουργήσει από μόνος του λόγω του μικροκλίματος ή λόγω των αυξημένων αναγκών του κτιρίου για αερισμό. [34]

Επίσης συνίσταται αυτή η μορφή αερισμού να πραγματοποιείται κατά την διάρκεια του καλοκαιριού κατά την διάρκεια της νύχτας όπου ο αέρας είναι δροσερός και να αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία του κτιρίου και να αποδίδεται την επόμενη ημέρα με χρονική υστέρηση. Παρακάτω παρατίθεται τις αρχές του υβριδικού αερισμού.

Αρχές Υβριδικού αερισμού



Ανάκτηση θερμότητας  
Καθαρισμός αέρα

Ανάγκη για  
ελεγχόμενο φυσικό

Εξαναγκασμένος  
αερισμός  
χαμηλής πίεσης



Γρίλιες παροχής  
/απομάκρυνσης



Αυτορυθμιζόμενες γρίλιες  
παροχής/απομάκρυνσης αέρα

Ανάγκη για  
ελεγχόμενο  
σύστημα αερισμού



Ανοιγόμενα παράθυρα



Διαπνοή μέσω  
ρωγμών

Εξαναγκασμένος -  
μηχανικός αερισμός  
με συνεχή ροή αέρα



Φυσικός αερισμός

Εξαναγκασμένος αερισμός

### 2.3.4 ΨΥΞΗ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΥΣ

Αυτή η μορφή αερισμού εκμεταλλεύεται το γεγονός ότι μόλις μερικά μέτρα κάτω από το έδαφος η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή και περίπου ίση με 18-20 °C. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο τεχνικές για να αποκομίσουμε οφέλη από αυτό.

Η πρώτη τεχνική είναι να κατασκευάσουμε υπόγεια ή καλύτερα ημιυπόγεια κτίρια (π.χ. σε κεκλιμένο έδαφος αποτελεί ιδανική λύση) έτσι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού το κτίριο θα βρίσκεται συνεχώς σε χαμηλότερη θερμοκρασία σε σχέση με τον εξωτερικό αέρα άρα θα παρέχει έτσι στο κτίριο ένα είδος φυσικού δροσισμού. Από την άλλη τους χειμερινούς μήνες η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του εδάφους και του εσωτερικού χώρου είναι μικρότερη σε σχέση με την διαφορά μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας που είναι πολύ μεγαλύτερη άρα μειώνονται οι θερμικές απώλειες του κτιρίου.

Η δεύτερη τεχνική είναι να ενώσουμε το κτίριο με ένα σύστημα αγωγών (μεταλλικοί ή πλαστικοί) με οριζόντια ή κατακόρυφη διάταξη ώστε να παρέχει ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι ενώ το χειμώνα βοηθάει στην αύξηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων. [35]



Εικόνα 2.18, Υπεδάφιο σύστημα αγωγών οριζόντιας διάταξης, (Πηγή: <http://technomech.gr>)



Εικόνα 2.19, Υπεδάφιο σύστημα αγωγών κατακόρυφης διάταξης, (Πηγή: <http://technomech.gr>)

### 2.3.5 ΕΞΑΤΜΙΣΤΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Η ψυκτική ικανότητα του εξατμισμένου νερού έχει χρησιμοποιηθεί για να δροσίζει τον ζεστό αέρα. Περιοχές που έχουν υιοθετήσει αυτήν την ιδέα είναι κυρίως η Νότια Ευρώπη, η βόρεια Ινδία και η Μέση Ανατολή εδώ και αιώνες. Πράγματι, ο ζεστός αέρας ψύχεται όταν ρέει σε επαφή με το νερό, γεγονός που καθιστά το νερό να εξατμιστεί.

Η μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από την υγρασία του αέρα που παρέχεται στο σύστημα. Αυτό διαφέρει από μερικούς βαθμούς, όταν ο αέρας είναι σχετικά «υγρός». Ως εκ τούτου, οι ψύκτες εξάτμισης είναι πιο αποτελεσματικές σε χαμηλή υγρασία. Το ποσοστό της εξάτμισης και της ροής του αέρα μέσω των ανοιγμάτων αερισμού πρέπει να ελέγχεται για να αποφευχθεί η υπερβολική ύγραση και να επιτευχθεί μια επιθυμητή απόδοση.

Υπάρχουν δύο μορφές εξατμιστικού δροσισμού, τον άμεσο και τον έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό. Ο άμεσος πραγματοποιείται όταν ο αέρας που διέρχεται από το σώμα νερού εισέρχεται αμέσως στο κτίριο. Ο έμμεσος είναι όταν ο αέρα αυτός ψύχει το κέλυφος του κτιρίου. [36]

### 2.3.6 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων αποτελεί την κύρια μέθοδο για την μείωση της θερμότητας που εισέρχεται από τα ανοίγματα κυρίως κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Η ηλιοπροστασία είναι αναγκαία στην νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να ανακλάται η ηλιακή ακτινοβολία από το στέγαστρο και να μην εισέρχεται στους χώρους του κτιρίου και να προκαλεί υπερθέρμανση. Επίσης βοηθάει και για τον σωστό δροσισμό αφού συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα (βελτιώνει τις συνθήκες θερμικής άνεσης του κτιρίου).

Ένας σωστός σχεδιασμός ηλιοπροστασίας πρέπει να παρέχει κατάλληλη σκίαση τους καλοκαιρινούς μήνες χωρίς όμως να μειώνει σημαντικά το φυσικό φωτισμό ενώ τους χειμερινούς μήνες να επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στο κτίριο ώστε να δημιουργεί ένα παθητικό σύστημα ηλιακής θέρμανσης στο κτίριο.

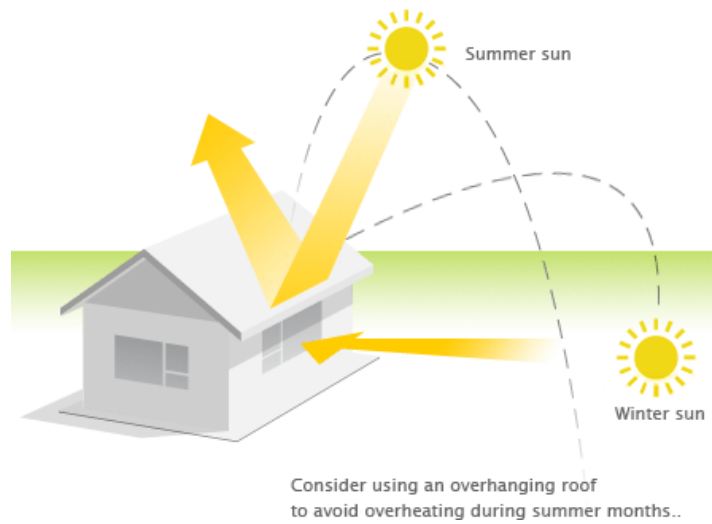
Κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και άνοιξης αν η ηλιοπροστασία γίνεται με κάποιο στέγαστρο θα πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα ώστε είτε να επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας στους εσωτερικούς χώρους είτε να ανακλάται μέσω του στεγάστρου.

Ο κατάλληλος τύπος στεγάστρου είναι οριζόντιας μορφής για τα νότια ανοίγματα ενώ για τα δυτικά και ανατολικά ανοίγματα απαιτούνται κατακόρυφα ανοίγματα.

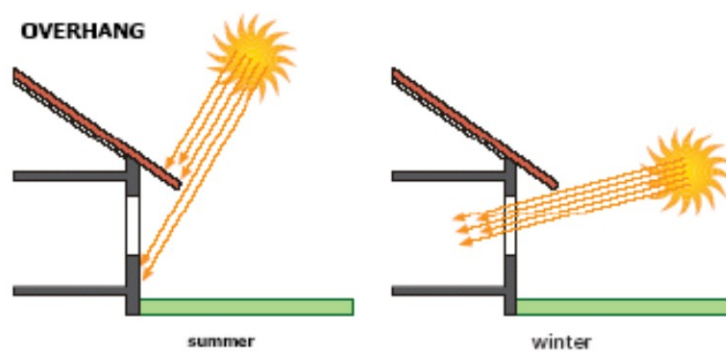
Η ηλιοπροστασία μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα με μόνιμα εξωτερικά σκίαστρα, κινητά σκίαστρα, με ειδικούς υαλοπίνακες και με κατάλληλη βλάστηση. Τα κινητά σκίαστρα είναι γενικώς πιο αποδοτικά γιατί μπορούμε ανά πάσα στιγμή να ρυθμίσουμε το μήκος του προβόλου ανάλογα με την θερμοκρασία που υπάρχει την δεδομένη ημέρα. Οι ειδικοί υαλοπίνακες αφορούν κάποια είδη υαλοπινάκων οι οποίοι είναι έγχρωμοι, απορροφητικοί, ανακλαστικοί ή ημιδιαφανείς με μεγάλες θερμικές και οπτικές ιδιότητες.

Η μέθοδος ηλιοπροστασία με βλάστηση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική και μπορεί να είναι με αειθαλή δέντρα, με κάποια πυκνή βλάστηση γύρω από το κτίριο ή φύτευση κάποιας πέργκολας.

Ιδιαίτερα τα φυλλοβόλα δέντρα την διάρκεια του καλοκαιριού που ανθίζουν λειτουργούν ως κατακόρυφο και οριζόντιο σκίαστρο για το κτίριο ενώ το χειμώνα το φύλλα του είναι αραιά και αφήνουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο και να θερμάνει τους χώρους. Επίσης παρέχει φυσικό δροσισμό από την εξάτμιση μέσω των φυλλωμάτων και επαρκή προστασία από ανέμους. [37],[38]



Εικόνα 2.20 Λειτουργία σκίαστρον το καλοκαίρι και το χειμώνα (Πηγή: PEP)



Εικόνα 2.21, Λειτουργία σκίαστρον το καλοκαίρι και το χειμώνα (Πηγή: PEP)





Εικόνα 2.22, Βλάστηση γύρω από κτίριο, (Πηγή: <http://gamosflorist.wordpress.com>)



Εικόνα 2.23, Βλάστηση γύρω από κτίριο (Πηγή: <http://azgta.com>)

## 2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Οι στόχοι του φυσικού φωτισμού είναι να παρέχει στο κτίριο μας κατάλληλο φωτισμό την διάρκεια της ημέρας ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώσουμε ενέργεια για φωτισμό από άλλα μέσα αλλά ταυτόχρονα πρέπει να παρέχει κατάλληλη θέα και είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας. Πάντως οι στόχοι του φυσικού φωτισμού διαφέρουν ανάλογα με την χρήση που προβλέπεται για τον χώρο (π.χ. γραφεία, σχολείο, κατοικία). Επίσης θα πρέπει το φως που εισέρχεται στους χώρους του κτιρίου να έχουν όσο το δυνατόν πιο ομαλή κατανομή με μικρές διακυμάνσεις. Υπάρχουν 4 μεγάλες κατηγορίες φυσικού φωτισμού:

- Κατακόρυφα ανοίγματα

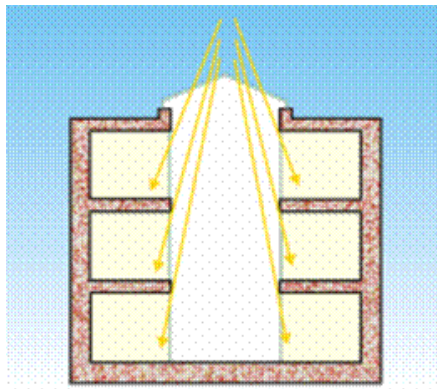
- Οριζόντια ανοίγματα (ανοίγματα οροφής, φεγγίτες)
- Αίθρια
- Φωταγωγοί

Για να λειτουργήσει ένα σύστημα φυσικού φωτισμού σωστά θα πρέπει οι υαλοπίνακες και τα δομικά στοιχεία του χώρου να διαθέτουν κάποιες ιδιότητες. Για παράδειγμα οι υαλοπίνακες να διαθέτουν κατάλληλες οπτικές ιδιότητες ώστε να αφήνουν όσο το δυνατόν περισσότερο φως να εισέρχεται στο κτίριο και από την άλλη τα δομικά στοιχεία της κατασκευής να παρέχουν επαρκή ανελαστικότητα ώστε να διαχέεται όσο το δυνατόν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και στους υπόλοιπους χώρους. [39],[40],[41]

### 2.4.1 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ

Τα ανοίγματα οροφής έχουν τις εξής ιδιότητες που τα καθιστούν ξεχωριστά. Το πρώτο είναι ότι λόγω του γεγονότος ότι είναι οριζόντια και στην κορυφή του κτιρίου παρέχουν μεγάλες ποσότητες φυσικού φωτισμού καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Επίσης, λόγω της προνομιακής θέσης που έχουν προκαλούν μεγάλη διάχυση του φωτός σε όλους τους χώρους του κτιρίου.

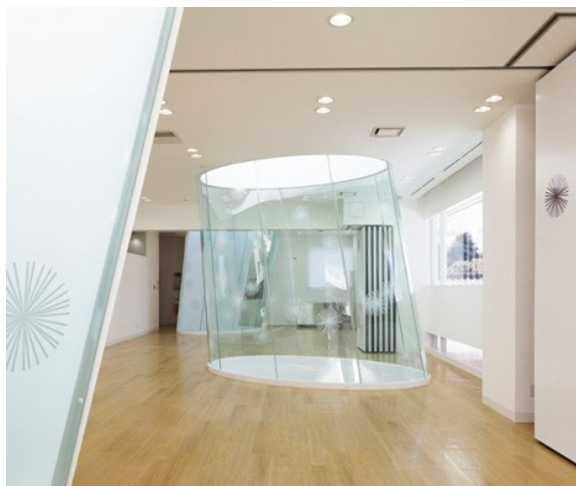
Τα ανοίγματα οροφής παρουσιάζουν μειονεκτήματα κατά την διάρκεια του καλοκαιριού όπου επιτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και γι' αυτό πρέπει να προβλέπεται κατάλληλη κατακόρυφη σκίαση ώστε και να έχουμε επαρκή φωτισμό και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση.



Εικόνα 2.24, Ανοίγματα οροφής και διάχυση του φωτός, (Πηγή: <http://www.cres.gr>)



Εικόνα 2.25, Ανοίγματα οροφής και διάχυση του φωτός, (Πηγή: <http://sfrang.com>)



Εικόνα 2.26, Φωταγωγός σε κτίριο, (Πηγή: <http://vmdesignblogg.blogspot.gr>)

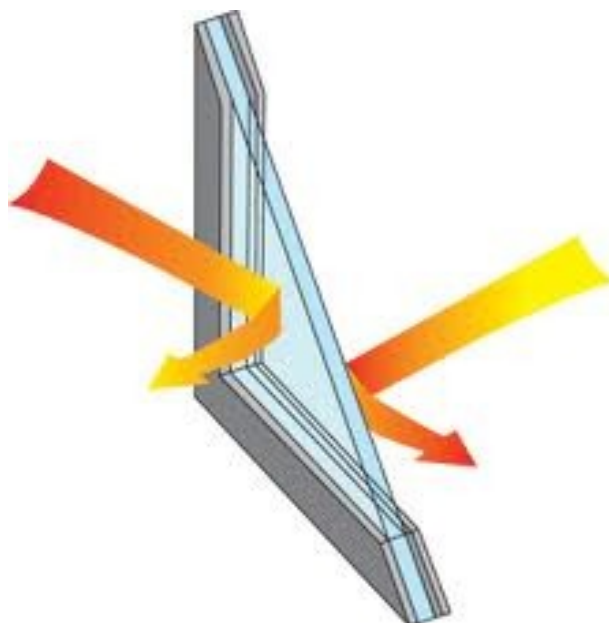
## 2.4.2 ΕΙΔΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Οι ειδικοί υαλοπίνακες συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας για τα κτίρια ενώ ταυτόχρονα παρέχουν και κατάλληλο φυσικό φωτισμό. Οι ειδικοί αυτοί υαλοπίνακες πρέπει να παρέχουν δροσιά τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το χειμώνα επαρκή ζέστη. Υπάρχουν διάφορα είδη ειδικών υαλοπινάκων όπως:

- Ανακλαστικοί υαλοπίνακες οι οποίοι έχουν την ιδιότητα να ανακλούν μεγάλο μέρος της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας ώστε να μειωθούν τα ηλιακά οφέλη.
- Έγχρωμους υαλοπίνακες οι οποίοι πάλι επιτυγχάνουν μείωση των ηλιακών ωφελειών χρησιμοποιώντας χρώματα με μεγάλη ανακλαστικότητα ώστε να μην αποθηκεύουν αρκετή θερμότητα στο εσωτερικό τους αλλά όμως να μας παρέχουν επαρκή φυσικό φωτισμό. Δηλαδή αυτό που πετυχαίνουμε είναι να μειώσουμε την θερμοπερατότητα τους. Παρουσιάζουν όμως μειονέκτημα γιατί μειώνεται και η φωτοδιαπερατότητα τους.
- Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής οι οποίοι εμποδίζουν την είσοδο και την έξοδο της ηλιακής ακτινοβολίας χωρίς μείωση της φωτοδιαπερατότητας τους.
- Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες οι οποίοι χρησιμοποιούν το συμπιεσμένο αέρα ανάμεσα στο διάκενο τους ώστε να δρουν ως θερμομόνωση για το κτίριο αλλά και να παρέχουν επαρκή φωτισμό.



Εικόνα 2.27, Θερμομονωτικοί υαλοπίνακες, (Πηγή: <http://www.e-alouminio.gr>)



Εικόνα 2.28, Υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, (Πηγή: <http://www.vasglass.gr>)

### 2.4.3 ΔΙΑΦΑΝΗ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Αποτελούν άλλη μια λύση για τον επαρκή φυσικό φωτισμό. Τα διαφανή μονωτικά υλικά έχουν την ιδιότητα να είναι φωτοδιαπερατά αλλά ταυτόχρονα να παρέχουν υψηλή θερμομόνωση στο κτίριο. Πολλές φορές χρησιμοποιούνται σε μεγάλα ανοίγματα ή ακόμα αντικαθίστανται και από ολόκληρες τοιχοποιίες.



Με την βοήθεια αυτών των διάφανων μονωτικών υλικών γίνεται καλύτερα η διάχυση του φωτός στους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου οπότε αυξάνονται τα ποσοστά του φυσικού φωτισμού.



Εικόνα 2.29, Διάφανη μονωτικά υλικά σε κτιριακή εγκατάσταση, (Πηγή: <http://www.helmania.gr>)



Εικόνα 2.30, Διαφανή μονωτικά υλικά, (Πηγή: <http://www.helmania.gr>)

#### **2.4.4 ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΣΙΔΕΣ**

Είναι στοιχεία που τοποθετούνται στην εσωτερική ή στην εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή μεταξύ των κουφωμάτων και έχουν ως σκοπό να εκτρέψουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία προς το εσωτερικό του κτίριο ώστε να αυξηθεί ο φυσικός φωτισμός.

## Οριζόντιες Περσίδες

Οι οριζόντιες περσίδες έχουν την ικανότητα να σταματούν την ηλιακή ακτινοβολία πριν ο χτυπήσει στην γυάλινη επιφάνεια άρα προστατεύουν το κτίριο από τυχόν υπερθέρμανση το καλοκαίρι ενώ ταυτόχρονα το χειμώνα μπορούν να παραμένουν ανοικτές για επαρκή φυσικό φωτισμό του κτιρίου.



Εικόνα 2.31, Οριζόντιες περσίδες με φωτοβολταικά, (Πηγή: <http://www.glasscon.com>)

## 3. ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στις τεχνικές βιοκλιματικού σχεδιασμού και στα παθητικά συστήματα θέρμανσης, φυσικού δροσισμού και φωτισμού. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την θερμική προστασία του κελύφους. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι, οι πιο σημαντικές είναι:

- Θερμομόνωση κτιριακού κελύφους
- Χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων
- Φυτεμένο δώμα
- Αεριζόμενο κέλυφος

### 3.1 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

#### 3.1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής και ανεξέλεγκτη δόμηση στα αστικά κέντρα καθώς και η απουσία ανοικτών χώρων πρασίνου οδήγησε τον άνθρωπο να αναζητήσει τέτοιους χώρους. Επίσης τα πολλά προβλήματα για την ατμοσφαιρική μόλυνση συνέβαλλε στην αύξηση των υπαίθριων χώρων πρασίνου. Μια μορφή ενός τέτοιου χώρου πρασίνου είναι οι πράσινες στέγες / φυτεμένα δώματα που αποτελούν σήμερα μία σύγχρονη μορφή αρχιτεκτονικής . Ο σκοπός ενός φυτεμένου δώματος είναι να παρέχει μια παθητική τεχνική για εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο.

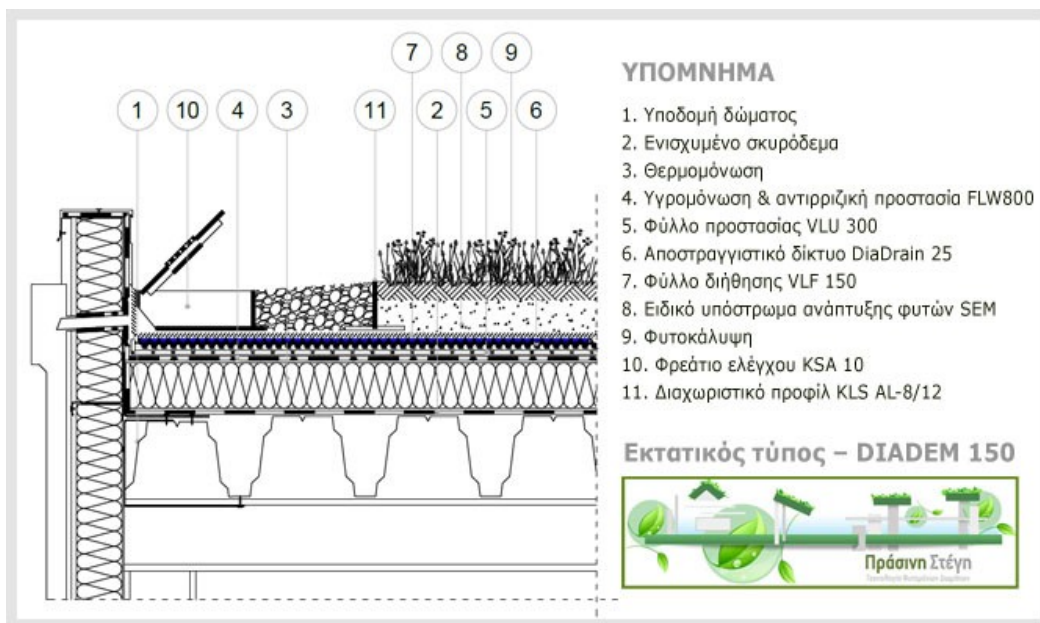
#### 3.1.2 ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ

Υπάρχουν τρεις τύποι πράσινων δωματίων, ο εκτατικός, ο ημιεντατικός και ο εντατικός. Ο τύπος που θα επιλέξουμε εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Πρώτα από όλα από την στατική λειτουργία του μίας και τα φυτεμένα δώματα προσδίδουν στο κτίριο μεγάλα φορτία και μπορεί να εμφανίσουν πολλά προβλήματα κυρίως κατά την διάρκεια ενός μεγάλου σεισμού αφού η μάζα του κτιρίου στην οροφή μεγαλώνει. Ακόμα εξαρτάται και από τα χρήματα που μπορούμε να διαθέσουμε και αντίστοιχα από τα οικονομικά οφέλη που θέλουμε να αποκομίσουμε. Παρακάτω αναλύονται αυτοί οι τρεις τύποι πράσινων στεγών/δωματίων [42]

##### 3.1.2.1 ΕΚΤΑΤΙΚΟΣ

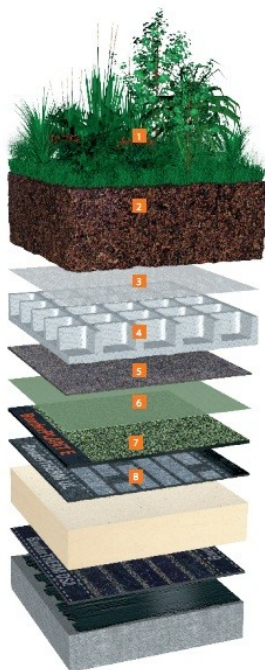
Ο εκτατικός τύπος είναι ο πιο διαδεδομένος σε κτίρια αφού αποτελεί μια εύκολη και γρήγορη λύση για το κτίριο. Συνδυάζει οικονομικά με οικολογικά οφέλη. Ο εκτατικός οργανώνεται σε πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση με ελαφρύ υπόστρωμα περίπου 10-15 εκατοστά. Αυτό το σύστημα επιτρέπει μόνο την παρουσία φυτών με επιφανειακή ανάπτυξη ριζικού συστήματος και δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα όσον αφορά την συντήρησή του. Το φορτίο κυμαίνεται από 70 έως 140kg/m<sup>2</sup> με κορεσμένο το χώμα. Αν πρόκειται να κατασκευαστεί στέγη με μεγάλη κλίση, αυτή δεν μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 45°. Όταν η κλίση της στέγης είναι άνω των 20° τότε χρησιμοποιούνται ειδικές γεωκυψέλες ή στοιχεία που να συγκρατούν το υπόστρωμα ώστε να μην ολισθήσει.





Εικόνα 3.1, Στρώσεις εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος, (Πηγή: <http://www.prasinistegi.gr>)

Οι στρώσεις ενός εκτατικού τύπου όπως φαίνεται και στην εικόνα περιλαμβάνει μία ριζοαποθητική μεμβράνη, μία προστατευτική μεμβράνη, το αποστραγγιστικό δίκτυο για να φεύγουν τα νερά και από πάνω μία διαχωριστική προστατευτική μεμβράνη το υπόστρωμα πάχους 10-15 εκατοστών και τελική επίστρωση με την βλάστηση.



Εικόνα 3.2, Στρώσεις εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος, (Πηγή: <http://www.karteco.gr>)

## Στρώσεις:

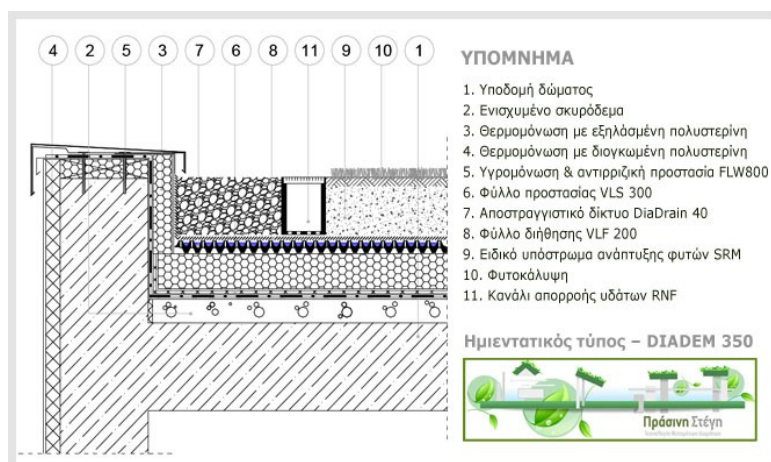
1. Στρώμα φύτευσης,
2. Υπόστρωμα ανάπτυξης φυτών,
3. Φίλτρο,
4. Στρώση αποθήκευσης νερού και αποστράγγισης,
5. προστατευτική στρώση
6. Διαχωριστική στρώση
7. Στεγανωτική μεμβράνη με αντιριζική μεμβράνη
8. Στεγνωτική μεμβράνη



Εικόνα 3.3, Γεωκυψέλες, (Πηγή: <http://www.alto.gr>)

### 3.1.2.2 ΗΜΙΕΝΤΑΤΙΚΟΣ

Ο ημιεντατικός τύπος αποτελείται από ελαφρύ υπόστρωμα περίπου 10-25 εκατοστών. Το φορτίο του υποστρώματος κυμαίνεται μεταξύ 120-250kg/m<sup>2</sup>. Εφαρμόζεται σε συνήθεις κτιριακές κατασκευές και απαιτεί ιδιαίτερη συντήρηση.



Εικόνα 3.4, Στρώσεις ημιεντατικού τύπου φτεμένου δώματος, (Πηγή: <http://www.prasinistegi.gr>)

### 3.1.2.3 ΕΝΤΑΤΙΚΟΣ

Ο εντατικός τύπος είναι ο πιο οικονομικά αποδοτικός αλλά ταυτόχρονα και ο πιο δαπανηρός. Ο εντατικός τύπος συνίσταται στην δημιουργία ενός κήπου. Το υπόστρωμα ανάπτυξης είναι πάχους περίπου 15-150 εκατοστών. Το συνολικό φορτίο είναι τουλάχιστον  $250\text{kg/m}^2$  όταν το υπόστρωμα είναι κορεσμένο. Η συντήρηση του πρέπει να είναι τακτική ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα. Αυτός ο τύπος όμως δεν περιλαμβάνει μόνο φυτά με επιφανειακό ριζικό σύστημα αλλά και μικρά δέντρα ή θάμνους. Για να κατασκευαστεί όμως ο εντατικός τύπος απαιτείται οπωσδήποτε στατική μελέτη του κτιρίου λόγω των υψηλών φορτίων.

### 3.1.3 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ

Τα υλικά για την κατασκευή φυτεμένων δωματίων είναι:

- Το φυτικό υλικό
- Τα υλικά του χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη της βλάστησης, δηλαδή τα υλικά υποδομής
- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την άρδευση

Οι κύριες στρώσεις όπως αναφέρθηκαν και στην αρχή είναι (αρχίζοντας από κάτω):

- Διαχωριστική μεμβράνη
- Μεμβράνη αντιριζικής προστασίας
- Υπόστρωμα προστασίας και συγκράτησης υγρασίας
- Μία από στραγγιστική αποθηκευτική στρώση
- Φύλλο συγκράτησης υποστρώματος ανάπτυξης
- Τα υπόστρωμα για την ανάπτυξη της βλάστησης
- Βλάστηση

Αρχικά η διαχωριστική μεμβράνη τοποθετείται ώστε να μην υποστεί το σκυρόδεμα και τα άλλα υλικά διάβρωση ή κάποια χημική διεργασία. Η αντιριζική μεμβράνη παρέχει προστασία από την διείσδυση των ριζών στεγανοποίησης. Η δομή της πρέπει να είναι πυκνή ώστε να υποστεί μεγάλες φθορές. Τα υλικά αυτής της μεμβράνης μπορεί να είναι π.χ. πολυαιθυλένιο, πολυβινυλωρίδιο ή εύκαμπτη πολυοφελίνη.

Το υπόστρωμα συγκράτησης υγρασίας και προστασίας της μόνωσης θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο από υλικά όπως π.χ. πολυεστερικές συνθετικές και ανακυκλώμενες ίνες. Το πάχος του κυμαίνεται από 3 έως 15 χιλιοστά ώστε να μπορεί να συγκρατεί το νερό. Επίσης προσφέρει έμμεσα προστασία στην υποκείμενη αντιριζική μεμβράνη.

Το αποστραγγιστικό σύστημα είναι κατασκευασμένο από υψηλής ποιότητας πολυαιθυλένιο ή ενισχυμένο πλαστικό. Όταν το έδαφος κορεστεί τότε το περιττό νερό απορρέει μέσα από τις υδρορροές ή ακόμα καλύτερα συγκεντρώνεται σε ειδικές δεξαμενές για επαναχρησιμοποίηση. Ακόμα το αποστραγγιστικό σύστημα πρέπει να παρέχει επαρκή αερισμό ώστε το υπόστρωμα να

αερίζεται επαρκώς και να βοηθηθεί η βλάστηση. Η επιλογή ενός αποστραγγιστικού συστήματος βασίζεται σε τρία κριτήρια. Το πρώτο έχει να κάνει με την ικανότητα αποστράγγισης του νερού. (συνήθως από 0.5-8.0 λίτρα ανά τετραγωνικό ανά δευτερόλεπτο). Το δεύτερο είναι ο όγκος πλήρωσης με συνήθεις τιμές από 10-30 λίτρα ανά δευτερόλεπτο. Και ένα τελευταίο κριτήριο είναι η ικανότητα αποθήκευσης νερού (συνήθως μεγαλύτερη των 3λιτρων/ τετραγωνικό)

Ως υλικό για το διηθητικό φύλλο μπορεί να είναι π.χ. θερμικά ενισχυμένο πολυπροπυλένιο υψηλής αντοχής. Ο σχεδιασμός του πρέπει να παρέχει επαρκή προστασία των κατώτερων στρωμάτων από το υπόστρωμα. Δηλαδή είναι ένα στρώμα που εμποδίζει την μεταφορά των χωμάτων στα κατώτερα στρώματα αλλά έχει την ιδιότητα να αφήνει το νερό να εισέρχεται μέσα από αυτό ώστε να γίνει η απορροή από το στραγγιστικό σύστημα.

Το υπόστρωμα ανάπτυξης πρέπει να δίνει την δυνατότητα να αναπτυχθεί πυκνό ριζικό σύστημα ώστε να ικανοποιεί τις ανάγκες των φυτών. Δηλαδή να είναι πορώδες και με σωστή κοκκομετρία. Όταν κατασκευάζεται το υπόστρωμα πρέπει να ελέγχεται η κοκκομετρία του χώματος, ο δείκτης pH ανάλογα τις ανάγκες των υπαρχόντων φυτών, η αλατότητα και η περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

### **3.1.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ**

Το κύριο κριτήριο για την επιλογή της βλάστησης είναι τι τύπος φυτεμένου δώματος θα χρησιμοποιηθεί. Παρακάτω παρατίθενται μερικά είδη βλάστησης ανάλογα με τον τύπο του φυτεμένου δώματος. [42]

#### **Εκτατικός τύπος**

Κατάλληλο για ενδημικά φυτά με επιφανειακό ριζικό σύστημα όπως αγριολούλουδα φυσικοί τάπητες, ποώδη φυτά κ.α. το ύψος βλάστησης όμως δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 100-150mm.

#### **Ημιεντατικός τύπος**

Χαρακτηριστικοί τύποι φυτών είναι τα γρασίδια, θαμνώδης βλάστηση. Το ύψος ανάπτυξης είναι έως 250mm.

#### **Εντατικός τύπος**

Μπορούν να αναπτυχθούν από μικρά φυτά μέχρι και πολύ μεγάλα δέντρα. Ο εντατικός τύπος συνίσταται στην δημιουργία ενός κήπου. Ανώτατο όριο για την βλάστηση δεν υπάρχει σε αυτόν τον τύπο.

### 3.1.5 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΣΤΕΓΕΣ

Τα οφέλη από τις πράσινες στέγες είναι πολλά. Εξαρτάται όμως πάντα και από τον τύπο φυτεμένου δώματος που χρησιμοποιείται. Παρακάτω παρατίθενται μερικά πλεονεκτήματα από τις πράσινες στέγες:

- Μειώνει σημαντικά το κόστος θέρμανσης του κτιρίου, διότι τα στρώματα του φυτεμένου δώματος λειτουργούν ως θερμομόνωση για το κτίριο άρα μειώνονται και οι θερμικές απώλειες.
- Μειώνει το κόστος ψύξης αφού λιγότερα χρήματα δαπανούνται για κλιματισμό. Παρέχει ένα σύστημα παθητικού δροσισμού για το κτίριο. Μελέτες έχουν δείξει ότι ένα φυτεμένο δώμα διατηρεί τον χώρο που βρίσκεται περίπου 10-15 βαθμούς κάτω από την εξωτερική θερμοκρασία.
- Βελτιώνει την ισορροπία του οικοσυστήματος μέσα στα αστικά περιβάλλοντα δημιουργώντας ένα μικρόκλιμα το οποίο απορροφά μεγάλη ποσότητα σκόνης και νέφους ενώ ταυτόχρονα δρα και ως ηχοαπορροφητής για την μείωση του θορύβου.
- Μείωση της απορροής των ομβρίων αφού τα ύδατα απορροφώνται από το υπόστρωμα του φυτεμένου δώματος.
- Αναβάθμιση του κτιρίου εξωτερικά καθώς επίσης και η εκμετάλλευση του (δημιουργία ενός μικρού κήπου για τις ανάγκες μιας οικογενείας)

Στη συνέχεια θα κοστολογήσουμε ένα απλό φυτεμένο δώμα εκτατικού τύπου ώστε να διαπιστώσουμε τα οικονομικά οφέλη σύμφωνα με τα Ελληνικά δεδομένα. Ενδεικτικά:

- Καθαρισμός επιφάνειας του χώρου και κάλυψη με αδιάβροχη μεμβράνη 45Ευρώ/τετραγωνικό
- Τοποθέτηση μονωτικού υποστρώματος 25Ευρώ/τετραγωνικό
- Μίγμα φυτοχώματος 3-5Ευρώ/τετραγωνικό
- Σπορά περίπου 5Ευρώ/τετραγωνικό

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω το συνολικό κόστος κατασκευής είναι περίπου 80Ευρώ/τετραγωνικό. Υπολογίζεται ότι θα χρειαστούν περίπου 3 χρόνια για να γίνει η απόσβεση της κατασκευής μας από την μείωση της ενέργειας που καταναλώνουν τα κλιματιστικά μας. [43]

### 3.1.6 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΣΤΕΓΩΝ

Παρόλο που όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη ενότητα τα οφέλη από τις πράσινες στέγες είναι πάρα πολλά, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα που οφείλονται κυρίως στην φυσική φθορά τους μετά από κάποια χρόνια και στην κακή συντήρησή τους. Παρακάτω παρατίθενται μερικά κύρια μειονεκτήματα από πράσινες στέγες: [44]

- Οικονομική επιβάρυνση και κατά την διάρκεια της κατασκευής αλλά και κατά την διάρκεια της συντήρησης. Βέβαια τα οφέλη από την πράσινη στέγη μπορεί να είναι μακροπρόθεσμα πολύ περισσότερα.
- Κίνδυνος υγρασίας
- Επισκευή σε περίπτωση βλάβης των στεγνωντικών στρώσεων

### 3.2 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

Η θερμομόνωση συμβάλλει ώστε να μειωθούν οι ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ του κτιρίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Τα θερμομονωτικά υλικά εμποδίζουν την μεταφορά θερμότητας μέσα από τα δομικά στοιχεία από τον εσωτερικό χώρο προς το περιβάλλον το χειμώνα ενώ το καλοκαίρι δρα αντίστροφα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο υλικό κατασκευής που μπορεί να είναι π.χ. υαλοβάμβακας είτε διογκωμένη πολυστερίνη.

Η θερμική αντίσταση άρα και η θερμομονωτική ικανότητα κάθε δομικού στοιχείου εξαρτάται από τη θερμική αγωγιμότητα του και αυξάνεται με το πάχος του. Η τοποθέτηση των θερμομονωτικών γίνεται είτε εξωτερικά (π.χ. σε οροφές) ή ενδιάμεσα (π.χ. ανάμεσα σε τοιχοποιίες)

Με την θερμομόνωση εξοικονομούμαι μεγάλες ποσότητες ενέργειας το χειμώνα επειδή συγκρατεί τη θερμότητα μέσω στο κτίριο αλλά και το καλοκαίρι που συμβάλλει στην θερμική προστασία του κτιρίου. Προϋπόθεση όμως για να γίνει αυτό είναι να υπάρχει επαρκής δροσισμός το καλοκαίρι δηλαδή φυσικός αερισμός κατά την διάρκεια της νύχτας.

Όμως υπερβολική θερμομόνωση του κτιρίου δρα αρνητικά για το κτίριο καθώς η θερμοκρασία που αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία κατά την διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας στο κτίριο παραμένει για αρκετό χρονικό διάστημα. [45]



Εικόνα 3.5, Θερμομονωτικό υλικό υαλοβάμβακας, (Πηγή: <http://www.natsis.gr>)



Εικόνα 3.6, Θερμομετρικό υλικό διογκωμένη πολυστερίνη. (Πηγή: <http://www.natsis.gr>)

### **3.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ**

#### **Εξωτερική θερμομόνωση**

Πλεονεκτήματα: [46]

- Ο χώρος διατηρεί την θερμότητα μετά την διακοπή της θέρμανσης λόγω της θερμοχωρητικότητας των τοίχων
- Εξασφαλίζεται κάλυψη θερμογεφυρών ιδιαίτερα στις πλάκες στα δοκάρια και στις κολώνες
- Δε μειώνεται ο ωφέλιμος χώρος

Μειονεκτήματα: [46]

- Είναι ακριβότερη σε σχέση με την εσωτερική
- Επαρκής προστασία από τις καιρικές συνθήκες ιδίως όταν πρόκειται για δυσμενή περιβάλλοντα

#### **Εσωτερική θερμομόνωση**

Πλεονεκτήματα:

- Φθηνότερη λύση σε σχέση με την εξωτερική
- Απλή κατασκευή
- Θερμαίνεται πολύ γρήγορα ο χώρος
- Δεν επηρεάζεται από τις εξωτερικές συνθήκες



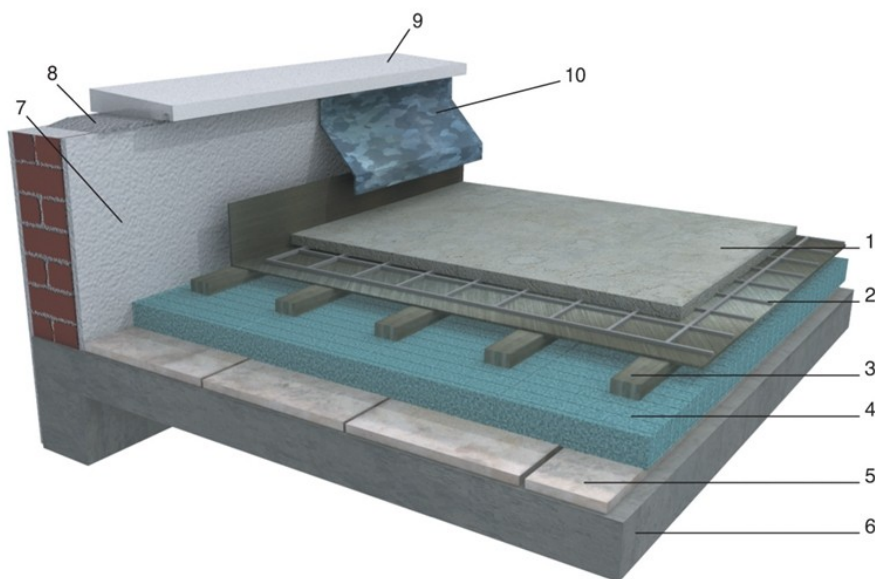
Μειονεκτήματα:

- Περιορισμός εσωτερικού χώρου
- Γρήγορη ψύξη του χώρου μετά το κλείσιμο της θέρμανσης
- Κίνδυνος ρηγματώσεως των δομικών στοιχείων λόγω διαστολής και συστολής από θερμοκρασιακές μεταβολές.

### 3.3 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Το αεριζόμενο κέλυφος χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ως μια τεχνική φυσικού δροσισμού. Πρόκειται για μια τεχνική διπλού κελύφους όπου ανάμεσα στα δύο στρώματα κυκλοφορεί αέρας ο οποίος προστατεύει το κτίριο από την υπερθέρμανση. Πιο συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια της νύκτας όπου πραγματοποιείται φυσικός δροσισμός ο αέρας «δροσίζει» τα δομικά στοιχεία μεταξύ των δύο αυτών στρώσεων και έτσι η αποθηκευμένη θερμότητα αποδίδεται την επόμενη ημέρα στο κτίριο με χρονική υστέρηση.

Επίσης το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να προσδώσει στο κτίριο επιπρόσθετη θερμομόνωση κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. [47]

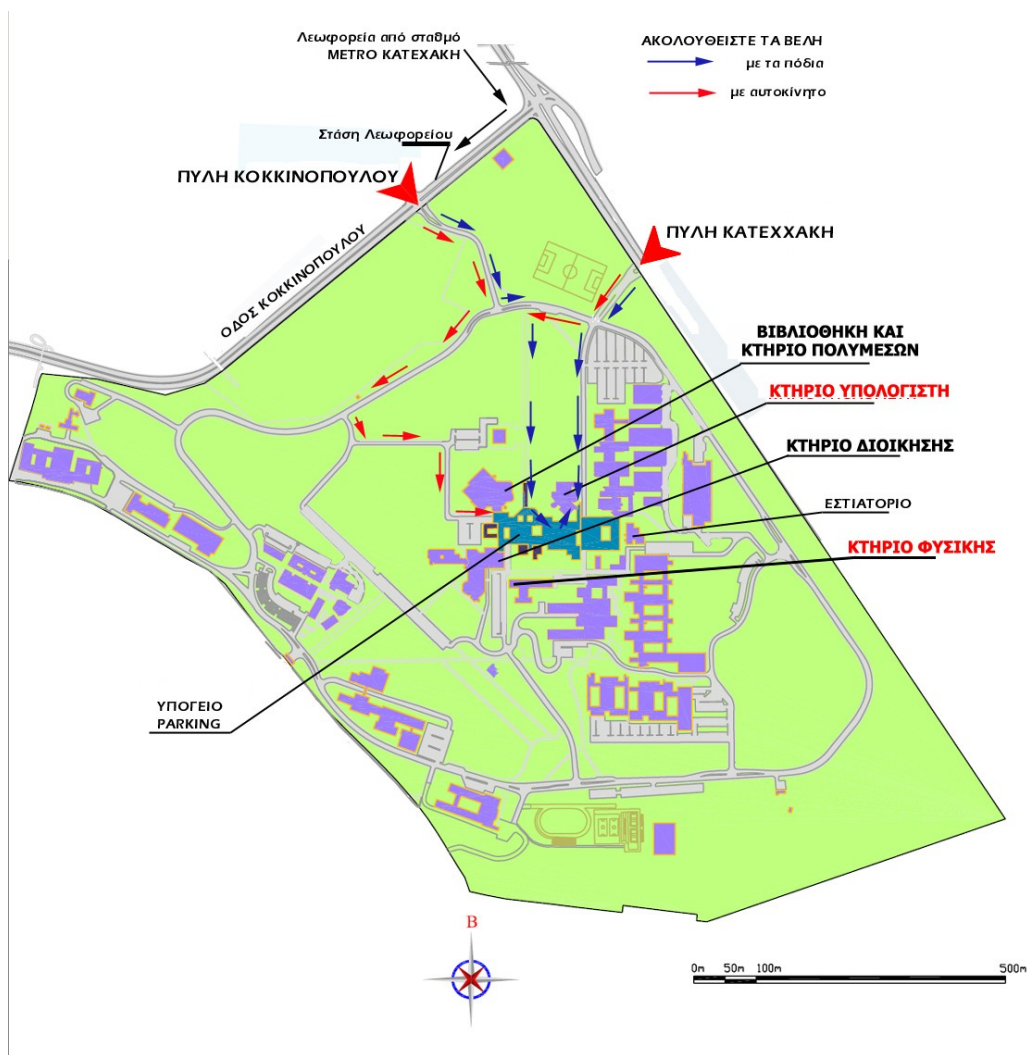


Εικόνα 3.8, Αεριζόμενο κέλυφος, (Πηγή: <http://www.qbgreece.com>)

# 4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ

## 4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κτίριο φυσικής βρίσκεται στην πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου και κατασκευάστηκε το 1970, ένα από τα αρχαιότερα κτίρια του Πολυτεχνείου. Βρίσκεται δίπλα από το κτίριο διοίκησης του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη.



Εικόνα 4.1, Χάρτης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, (Πηγή: <http://www.liveinspector.gr>)

Το κτίριο αποτελείται από δύο πτέρυγες. Μια παλαιά και μία καινούργια (ανατολική πλευρά). Η παλαιά πτέρυγα αποτελείται κυρίως από χώρους γραφείων για καθηγητές και εκπαιδευτικά εργαστήρια καθώς και από ένα αμφιθέατρο. Από την άλλη μεριά η καινούργια πτέρυγα αποτελείται

από χώρους γραφείων για μεταπτυχιακούς και διδακτορικούς φοιτητές. Θα τις αναλύσουμε αργότερα όταν να μιλήσουμε για την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

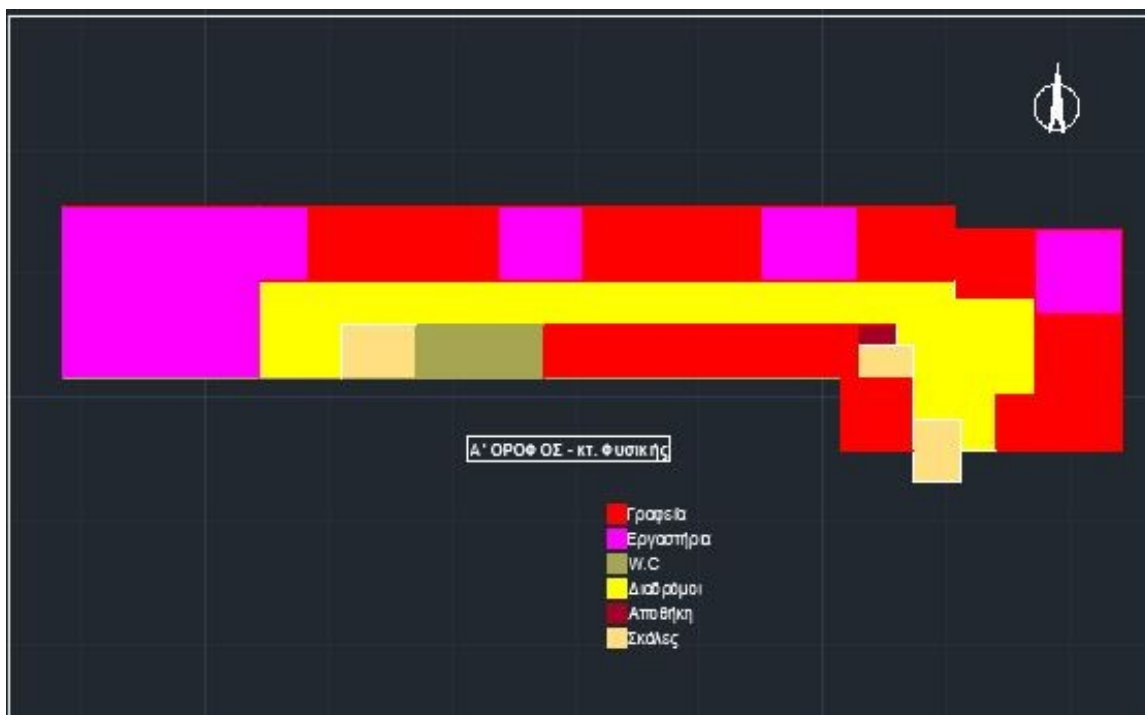
Το κτίριο στεγάζει κατά κύριο λόγο γραφεία καθηγητών και εργαστήρια ενώ στο ισόγειο υπάρχει ένα Αμφιθέατρο για τους σπουδαστές του Σ.Ε.Μ.Φ.Ε, Χημικών, Μεταλλειολόγων, Ηλεκτρολόγων και Μηχανολόγων Μηχανικών καθώς και η γραμματεία της Σχολής. Οι χώροι γραφείων λειτουργούν κυρίως τις εργάσιμες ημέρες από τις 7:00 το πρωί μέχρι 20:00 το βράδυ. Οι χώροι των εργαστηρίων χρησιμοποιούνται κυρίως τις εργάσιμες ημέρες από τις 9:00 μέχρι τις 17:00 το απόγευμα από τους σπουδαστές, όμως υπάρχουν και εργαστήρια που λειτουργούν και μέχρι αργά το βράδυ κυρίως από μεταπτυχιακούς φοιτητές και καθηγητές. Οι γραμματεία της σχολής λειτουργεί και αυτή τις εργάσιμες ημέρες από τις 7:00 το πρωί μέχρι τις 16:00 το απόγευμα.

## 4.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΘΕ ΧΩΡΟΥ ΑΝΑ ΟΡΟΦΟ

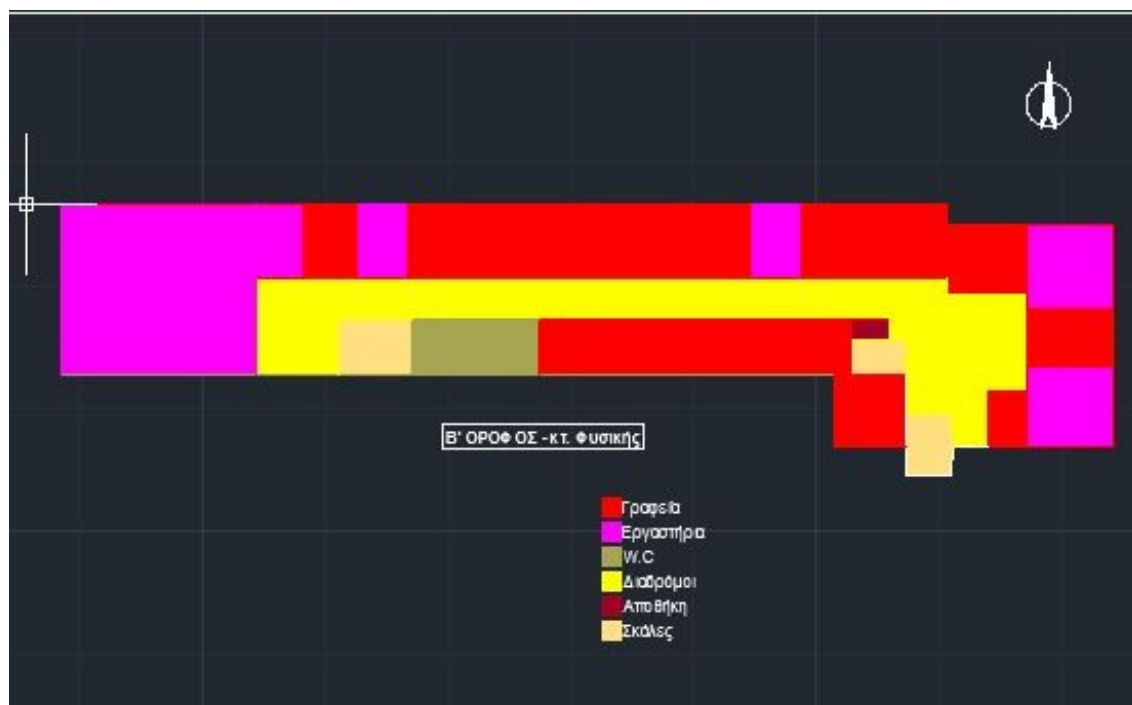
Το κτίριο αποτελείται από τρεις ορόφους και ένα υπόγειο. Στο ισόγειο του κτιρίου υπάρχουν 11 γραφεία καθηγητών/μεταπτυχιακών, 7 Εργαστήρια, η γραμματεία της σχολής, αμφιθέατρο καθώς επίσης και ένας χώρος που λειτουργεί ως βιβλιοθήκη-αναγνωστήριο. Επίσης στον Α όροφο υπάρχουν 16 Γραφεία καθηγητών/μεταπτυχιακών και 5 Εργαστήρια ενώ στον Β όροφο 19 Γραφεία καθηγητών/μεταπτυχιακών και 4 εργαστήρια. Σε αντίθετη περίπτωση οι χώροι του Γ ορόφου διατίθενται αποκλειστικά ως χώροι γραφείου με συνολικό αριθμό 17. Στους οι χώροι του υπογείου χρησιμοποιούνται για είτε ως εργαστήρια είτε ως γραφεία. Αξίζει να σημειωθεί ότι το κτίριο διαθέτει αρκετά εργαστήρια που όμως πολλά από αυτά δεν χρησιμοποιούνται συχνά ή τουλάχιστον σε ικανοποιητικό βαθμό θα μιλήσουμε όμως στην συνέχεια για αυτό όταν θα κάνουμε την προσομοίωση στο energy plus. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται αναλυτικά οι χρήσεις κάθε ορόφου:



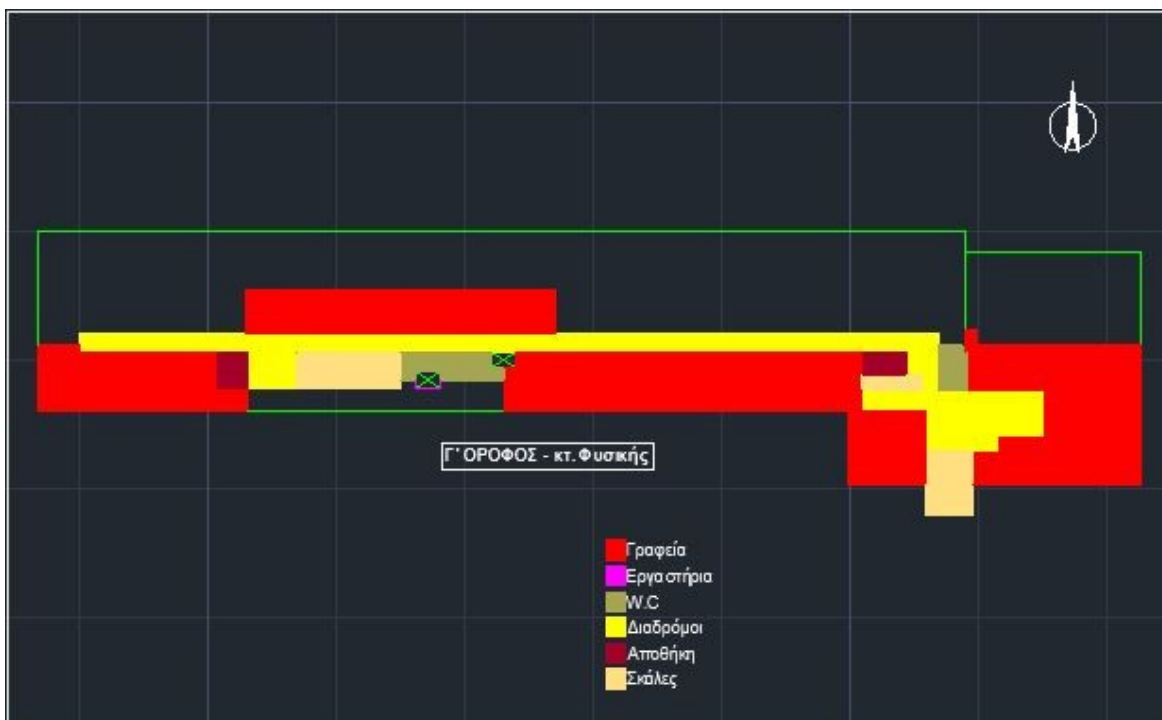
Εικόνα 4.2, Χρήσεις χώρων Ισογείου



Εικόνα 4.3, Χρήσεις χώρων Α' Ορόφου



Εικόνα 4.4, Χρήσεις χώρων Β' Ορόφου



Εικόνα 4.5, Χρήσεις χώρων Γ' Ορόφου

#### 4.2.1 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο βρίσκεται σε υψόμετρο 189 μέτρων πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι Βορράς-Νότος. Η ακριβής θέση του κτιρίου είναι: Γεωγραφικό πλάτος  $37^{\circ} 58' 37.32''$  και το Γεωγραφικό μήκος  $23 46 56.82''$ . Τα στοιχεία για την ακριβή θέση του κτιρίου αντλήθηκαν από σύστημα GPS καθώς επίσης και με την βοήθεια του προγράμματος «Google earth».

#### 4.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σε αυτό το σημείο θα κάνουμε μια σύντομη αναφορά για τα χαρακτηριστικά και το περιβάλλον γύρω από το κτίριο. Αρχικά το κτίριο είναι ελεύθερο από όλες τις πλευρές. Υπάρχουν κτίρια σε κοντινή απόσταση από αυτό αλλά δεν έχουν κάποια επίπτωση σε αυτό όπως σκίαση ή εμπόδιο για τους ανέμους. Ακόμη είναι εκτεθειμένο σε ανέμους και ηλιακή ακτινοβολία από όλες τις πλευρές του κτιρίου. Στην Βόρεια και Νότια πλευρά του κτιρίου υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός υψηλών δέντρων που ενδεχομένως να επηρεάζει τον φυσικό αερισμό και φωτισμό. Κυρίως στην νότια πλευρά από την μεριά του Αμφιθέατρου ο φυσικός φωτισμός είναι πολύ ασθενής πράγμα που αποδεικνύεται και από τις μετρήσεις του φωτός όπως θα δούμε στην συνέχεια. Όσον αφορά την ηχορύπανση ή ρύπανση από τα καύσιμα των αυτοκινήτων δεν τίθεται κανένα ερώτημα λόγω του ότι το κτίριο βρίσκεται μακριά από κεντρικούς δρόμους ή δρόμους με έντονη κυκλοφορία.



Παρακάτω παρατίθενται μερικές φωτογραφίες του κτιρίου.



*Εικόνα 4.6, Νότιο-Δυτική πλευρά και η κύρια είσοδος του κτιρίου*

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η κεντρική είσοδος του κτιρίου Φυσικής. Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε την λανθασμένη τοποθέτηση των κατακόρυφων σκίαστρων που υπάρχουν στον Α και Β όροφο τα οποία πρακτικά δεν προστατεύουν το κτίριο από την υπερθέρμανση κατά τους θερινούς μήνες πράγμα που αποδεικνύεται και από τις μετρήσεις με τα θερμογρόμετρα και από την προσομοίωση με το πρόγραμμα Energy plus.



*Εικόνα 4.7, Βόρεια πλευρά κτιρίου*

Στην εικόνα 4.7 φαίνεται η Βόρεια πλευρά του κτιρίου στην οποία παρατηρούνται ο ελάχιστος αριθμός δέντρων τα οποία αν και λίγα σε αριθμό δημιουργούν πρόβλημα στον φυσικό φωτισμό του κτιρίου. Σε αντίθετη περίπτωση πυκνή βλάστηση με φυλλοβόλα δέντρα έπρεπε να είχαν προβλεφτεί στην Νότια πλευρά του κτιρίου ώστε να αφήνουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στους χώρους κατά τους χειμερινούς μήνες ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες να λειτουργούν ως κατακόρυφο σκίαστρο για το κτίριο και να το προστατεύουν από την υπερθέρμανση.



Εικόνα 4.8, Ανατολική πλευρά

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το συνολικό εμβαδό κάθε ορόφου του Κτιρίου

Οροφος	Εμβαδό (m <sup>2</sup> )
Υπόγειο	1778.49
Ισογειο	1694.36
Α' Οροφος	1162.35
Β' Οροφος	1165.35
Γ' Οροφος	1187.51
Δωμα	637.12

### 4.3 ΚΕΛΥΦΟΣ

Θα γίνει μια σύντομη ανάλυση του φέροντος οργανισμού του κτιρίου καθώς και των στοιχείων πληρώσεως του με τα χαρακτηριστικά τους. Σχετικά με τα υλικά πληρώσεως του κτιρίου οι αναλυτικές τομές των υλικών φαίνονται στο κεφάλαιο «5.3 Εισαγωγή των υλικών»



### 4.3.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Στο υπάρχων κτίριο έχουμε 4 κατηγορίες εξωτερικών τοίχων. Η πρώτη αποτελείται από μία στρώση 2 εκατοστών ασβεστοκονιάματος (επίχρισμα), οπτοπλινθοδομή 16 εκατοστών με διάτρητες πλίνθους και μετά πάλι μια στρώση 2 εκατοστών ασβεστοκονίαμα. Αυτή η κατηγορία αφορά τους εξωτερικούς τοίχους κυρίως γύρω από το αμφιθέατρο την βιβλιοθήκη και τα ανατολικά γραφεία.

Η δεύτερη κατηγορία αποτελείται από οπτοπλινθοδομή 16 εκατοστών και από μία στρώση 2 εκατοστών ασβεστοκονιάματος μόνο στην εσωτερική πλευρά. Ο τύπος αυτός εμφανίζεται στην εξωτερική τοιχοποιία της Βόρειας και Νότιας πλευράς του κτιρίου.

Η Τρίτη κατηγορία αποτελείται από εξωτερική στρώση 2 εκατοστών ασβεστοκονιάματος μετά από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 16 εκατοστών (τοίχωμα) και από μία εσωτερική στρώση 2 εκατοστών πάλι ασβεστοκονιάματος. Αυτή η κατηγορία εμφανίζεται μόνο στην δυτική πλευρά του κτιρίου στις αίθουσες των κυρίων εργαστηρίων φυσικής.

Η τέταρτη κατηγορία που αφορά τους εξωτερικούς τοίχους του υπογείου αποτελείται από αμμοχάλικα πάχους 30 εκατοστών, 2 εκατοστά τσιμεντοκονίαμα, τοίχιο σκυροδέματος πάχους 18cm και μία εσωτερική στρώση από 2cm ασβεστοκονίαμα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο κτίριο δεν υπάρχει καθόλου μόνωση πράγμα που δημιουργεί πολλά προβλήματα τους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες όπως θα δούμε στη συνέχεια από τις μετρήσεις με τα θερμογρόμετρα και την προσομοίωση.

### 4.3.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Υπάρχει μία κατηγορία εσωτερικής τοιχοποιίας στο κτίριο που αποτελείται από μία στρώση ασβεστοκονιάματος 2 εκατοστών, οπτοπλινθοδομή 8 εκατοστών και πάλι μια στρώση ασβεστοκονιάματος 2 εκατοστών.

### 4.3.3 ΔΩΜΑ

Τα υλικά του δώματος είναι ξεκινώντας από την εξωτερική στρώση, μια στρώση από σιμεντόπλακες 30X30X2.5 εκατοστών, ασβεστοκονία πάχους 4 εκατοστών, κισσηρόμπετον ρύσεων 3 εκατοστών, μπετοσέλ 6 εκατοστών, οπλισμένο σκυρόδεμα 18 εκατοστών και τέλος από μια στρώση ασβεστοκονιάματος 2 εκατοστών. Παρατηρούμαι ότι μόνωση στο κτίριο παρέχεται μόνο από τα υλικά του δώματος πράγμα που δημιουργεί πολλά προβλήματα στους χρήστες. Τα υλικά του δώματος είναι κοινά σε όλο το κτίριο παρά μόνο στην οροφή του Γ ορόφου διαφοροποιείται.

Η οροφή του Γ ορόφου είναι κατασκευασμένη από θερμομονωτικό πάνελ αλλά η χαμηλή απόδοση του καθώς και τα πολλά ανοίγματα που υπάρχουν στον τρίτο όροφο δημιουργούν πολύ δυσάρεστες επιπτώσεις όσον αφορά την θερμική άνεση στους χρήστες κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες όπου η θερμοκρασίας στους διαδρόμους γίνεται ανυπόφορη. Το πρόβλημα αυτό

αντιμετωπίζεται από τους χρήστες με την χρήση κλιματιστικών τα οποία θερμαίνουν των διάδρομο του Γ ορόφου, πράγμα που σημαίνει μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.

#### **4.3.4 ΔΑΠΕΔΑ ΜΕΤΑΞΥ ΟΡΟΦΩΝ**

Τα υλικά των δαπέδων μεταξύ των ορόφων είναι αρχικά μωσαϊκό πάχους 3.5 εκατοστών, μπετοσέλ 6 εκατοστών, πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος 18 εκατοστών και μια στρώση ασβεστοκονιάματος 2 εκατοστών.

#### **4.3.5 ΔΑΠΕΔΟ ΥΠΟΓΕΙΟΥ**

Στην περίπτωση του δαπέδου τα υλικά είναι ξεκινώντας από κάτω προς τα πάνω: μια στρώση αμμοχάλικα πάχους 30 εκατοστών, 15 εκατοστά γκρο-μπετόν (άοπλο σκυρόδεμα), μωσαϊκό 2.5 εκατοστών.

#### **4.3.6 ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ**

Στο κτίριο έχουμε και διπλούς και μονούς υαλοπίνακες. Στην παλαιά πτέρυγα τυχαίνει σε κάποια σημεία να έχουμε και διπλούς και μονούς υαλοπίνακες σε μία αίθουσα, όπως συμβαίνει στο αμφιθέατρο για παράδειγμα. Αναλυτικά που υπάρχουν διπλοί και μονοί υαλοπίνακες στο κτίριο μας φαίνεται στο ηλεκτρονικό αρχείο του Energy plus. Το κύριο μειονέκτημα των μονών υαλοπινάκων είναι ότι έχουν ανεπαρκή θερμομόνωση και μεγάλες θερμικές απώλειες έτσι το κτίριο ψύχεται πολύ γρήγορα. Αυτός είναι ένας από τους λόγους όπου στην παλαιά πτέρυγα που αποτελείται κατά κύριο λόγο από μονούς υαλοπίνακες παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την καινούργια πτέρυγα όπου υπάρχουν εξολοκλήρου διπλοί υαλοπίνακες.

##### **Διπλοί υαλοπίνακες**

Οι διπλοί υαλοπίνακες αφορούν τα εξωτερικά παράθυρα και αποτελούνται από 2 στρώσεις καθαρό τζάμι 3 χιλιοστών ενώ ενδιάμεσα τους παρεμβάλλεται συμπιεσμένος αέρας πάχους 6 χιλιοστών

##### **Μονοί υαλοπίνακες**

Όσον αφορά τους μονούς υαλοπίνακες από τα εσωτερικά ανοίγματα εμφανίζεται στην περίπτωση του θυρωρείου μόνο. Οι μονοί υαλοπίνακες αποτελούνται από καθαρό τζάμι 4 χιλιοστών και εμφανίζονται κατά κόρον στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου φυσικής.

#### 4.3.7 ΘΥΡΕΣ

Στο κτίριο περιλαμβάνονται τρία είδη θυρών. Το πρώτο αφορά τις εξωτερικές πόρτες οι οποίες είναι μεταλλικές με διπλούς υαλοπίνακες. Η άλλη κατηγορία αφορά τις εσωτερικές πόρτες των γραφείων και μερικών εργαστηρίων οι οποίες αποτελούνται από ξύλο πάχους 4.5 εκατοστών. Η τελευταία κατηγορία αφορά τις πόρτες οι οποίες βρίσκονται στα κύρια δυτικά εργαστήρια, στο αμφιθέατρο και στην βιβλιοθήκη. Τα υλικά είναι τα εξής, μεταλλική επιφάνεια με πάχος 2 χιλιοστών και στις δύο πλευρές και ενδιάμεσα παρεμβάλλεται στρώμα πετροβάμβακα πάχους 3 εκατοστών.

#### 4.4 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Το κτίριο διαθέτει ελάχιστη Ηλιοπροστασία πράγμα που δημιουργεί προβλήματα ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες στους χρήστες, οι οποίοι αναγκάζονται να χρησιμοποιούν κλιματιστικά ώστε να εξισορροπήσουν την υπερβολική θερμοκρασία. Στην Βόρεια και Νότια πλευρά το κτίριο διαθέτει κάποια δέντρα που συμβάλλουν στην προστασία των γραφείων από τον ήλιο όμως αυτό συμβαίνει μόνο για τα γραφεία του Α ορόφου και μερικές φορές και του Β ορόφου αλλά πρακτικά δεν εξαλείφει το πρόβλημα. Επίσης μόνο για την Βόρεια πλευρά υπάρχουν κατακόρυφα σκίαστρα από μπετόν που συμβάλλουν στην σκίαση των γραφείων. Αντίθετη στη Νότια πλευρά υπάρχουν κατακόρυφα μεταλλικά σκίαστρα όπου βοηθούν στην σκίαση των κυρίων εσωτερικών διαδρόμων του κτιρίου. Επίσης στην Νότια πλευρά υπάρχουν συρόμενα, ξύλινα πατζούρια τα οποία είναι χειροκίνητα και δύσχρηστα.



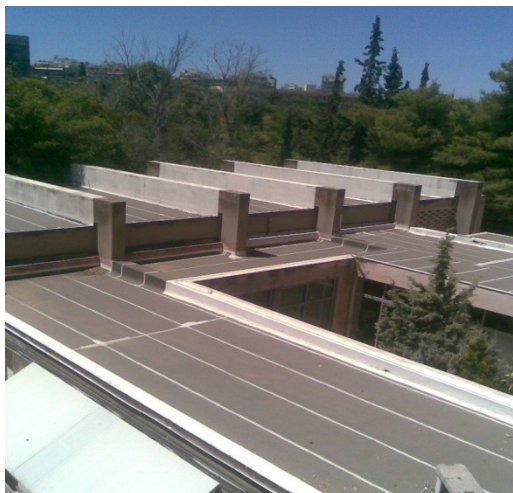
Εικόνα 4.9, Βόρεια πλευρά που φαίνονται τα κατακόρυφα σκίαστρα από μπετόν



Εικόνα 4.10, Στην φωτογραφία φαίνονται τα μεταλλικά σκίαστρα στην Νότια πλευρά

Επίσης στην Ανατολική πλευρά του κτιρίου υπάρχουν ειδικές κουρτίνες που αποτρέπουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά από την άλλη δημιουργούν πολλά προβλήματα με τον φυσικό φωτισμό που πρακτικά εκμηδενίζεται και αναγκάζονται οι χρήστες να χρησιμοποιούν τον τεχνικό φωτισμό καθ' όλη την διάρκεια της παραμονής τους με αποτέλεσμα οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου να αυξάνονται. Από τις επί τόπου έρευνες που έγιναν στο κτίριο παρατηρήθηκε ότι οι κουρτίνες αυτές παρέμειναν κλειστές και την διάρκεια των χειμερινών μηνών με αποτέλεσμα την μείωση των θερμικών κερδών από την ηλιακή ακτινοβολία.

Ακόμα υπάρχουν κατακόρυφα σκίαστρα στην οροφή του αμφιθέατρο όπως φαίνονται στην εικόνα 4.11. Η τοποθέτηση τους δημιουργεί ελάχιστα οφέλη για τον χώρο αυτόν κυρίως κατά την διάρκεια των θερινών μηνών ώστε να παρέχει μία ηλιοπροστασία στην οροφή και να μην εκτίθεται άμεσα στην ηλιακή ακτινοβολία.



Εικόνα 4.11, Κατακόρυφα σκίαστρα στην οροφή του Αμφιθέατρου



Εικόνα 4.12, Σκουρόχρωμες κουρτίνες στην Ανατολική πλευρά

#### **4.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

Δύο είναι οι μορφές ενέργειας που καταναλώνονται στο κτίριο, η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης και κλιματισμού δεν είναι κοινές για όλο το κτίριο αλλά διαφέρουν στις δύο πτέρυγες. Οι χώροι που αποτελούν την καινούργια πτέρυγα είναι οι εξής:

##### **Υπόγειο**

ΥΕ09, ΥΕ01, ΥΕ02, ΥΕ03, ΥΕ04, ΥΕ05, ΥΕ08, ΥΕ06, ΥΕ07.

##### **Ισόγειο**

015, 016, 017, 018, 040

##### **Α Όροφος**

113, 114, 115, 116, 117, 124,

##### **Β Όροφος**

215, 216, 217, 218, 219, 220

Ο Γ όροφος αποτελεί προσθήκη του κτιρίου που θα αναλυθεί στη συνέχεια. Όλο το υπόλοιπο κτίριο είναι η παλαιά πτέρυγα. Η παλαιά πτέρυγα χρησιμοποιεί κατά την διάρκεια του καλοκαιριού για την ψύξη των χώρων κλιματιστικά air conditioning τύπου 9000BTU, 12000BTU και 24000BTU. Για την θέρμανση των χώρων χρησιμοποιείται σύστημα Fan coil Unit με φυσικό αέριο. Υπάρχουν δύο λέβητες οι οποίοι δουλεύουν εναλλάξ από τις 8:00 το πρωί μέχρι και τις 13:00 και από τις 3:00 το μεσημέρι μέχρι 5:00 το απόγευμα. Η ονομαστική ισχύς του κάθε λέβητα είναι 480Mkcal/h. Επίσης,

παρατηρήθηκε (από τα ερωτηματολόγια) ότι οι χρήστες του κτιρίου χρησιμοποιούν τα κλιματιστικά για θέρμανση τις πολύ κρύες ημέρες του χειμώνα. Όσον αφορά την καινούργια πτέρυγα, υπάρχει κεντρική κλιματιστική μονάδα η οποία λειτουργεί τις ίδιες ώρες με τον λέβητα της παλαιάς πτέρυγας. Επίσης στην καινούργια πτέρυγα υπάρχουν συσκευές «Splits» για ψύξη. Στο Γ Όροφο η θέρμανση και η ψύξη γίνεται είτε με συσκευές «Splits» που υπάρχουν σε κάθε γραφείο είτε από κεντρική κλιματιστική μονάδα. Αναλυτικά οι συσκευές καθώς και η θέση τους φαίνεται στο παράρτημα 4.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκεντρωτικά οι συνολικές καταναλώσεις του κτιρίου Φυσικής για θέρμανση και ψύξη για κατά την διάρκεια ενός έτους.

*Πίν. 4.2, Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου Φυσικής από πραγματικά στοιχεία*

	<b>Παλαιά Πτέρυγα</b>	<b>Καινούργια Πτέρυγα</b>	<b>Σύνολο</b>
	<b>kWh/έτος</b>	<b>kWh/έτος</b>	<b>kWh/έτος</b>
Ψύξη (Splits)	88480		98476
Ψύξη (Fan Coil με ρεύμα)		9996	
Θέρμανση (Splits)	24570		86286,48
Θέρμανση (Fan Coil με ρεύμα)		16934,4	
Θέρμανση (Fan Coil με φυσικό αέριο)	44782,08		
<b>Σύνολο</b>	<b>157832,08</b>	<b>26930,4</b>	<b>184762,48</b>

Τα αποτελέσματα των τιμών αυτών φαίνονται στους πίνακες που βρίσκονται στο παράρτημα 4. Οι τιμές αυτές είναι κατά κάποιον τρόπο προσεγγιστικές επειδή δεν υπήρχαν ακριβή στοιχεία για την κατανάλωση του κτιρίου κυρίως όσον αφορά την παλαιά πτέρυγα και επειδή οι ώρες λειτουργίας των συσκευών Splits διαφέρουν από γραφείο σε γραφείο οπότε θεωρήθηκαν εύλογες παραδοχές ώστε η εκτίμηση των ενεργειακών φορτίων να είναι ικανοποιητική.

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμαι ότι η ενέργεια που απαιτεί το κτίριο για ψύξη (98476 kWh/έτος) είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια για θέρμανση (86286.48 kWh/έτος). Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης χρήσης συσκευών «Splits» αφού το κτίριο κατά τους θερινούς μήνες υπερθερμαίνεται και αναγκάζονται οι χρήστες να τα χρησιμοποιούν συνεχώς. Η συνολική κατανάλωση του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη είναι περίπου 131973.20 kWh/έτος.



# 5. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENERGY PLUS

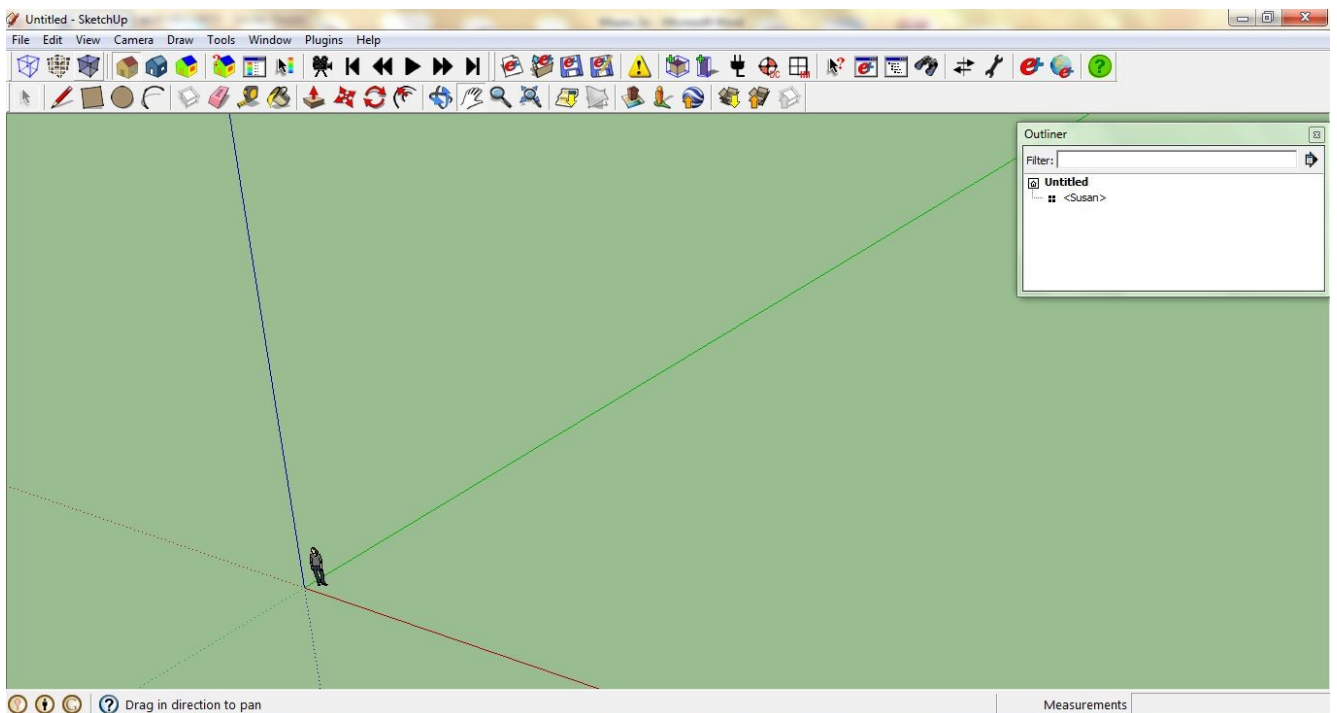
## 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κτίριο φυσικής περιλαμβάνει διάφορους χώρους με ποικίλες χρήσεις όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αποτελείται κυρίως από γραφεία καθηγητών ή μεταπτυχιακών και εργαστήρια μεγάλου και μικρού μεγέθους τα οποία κάποια χρησιμοποιούνται συχνά και άλλα σχεδόν καθόλου. Επίσης περιλαμβάνει μια Γραμματεία και ένα Αμφιθέατρο.

Για να είναι η προσομοίωση όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική στην πραγματικότητα, το κτίριο χωρίστηκε σε διάφορες θερμικές ζώνες. Για κάθε θερμική ζώνη εξάγαμε συμπεράσματα π.χ. για την θερμοκρασία του αέρα, υγρασία κ.α. όπως θα δούμε παρακάτω.

Ο σχεδιασμός της γεωμετρίας του κτιρίου έγινε με την βοήθεια των προγραμμάτων «Google sketch up» και «open studio». Για τον προσανατολισμό του κτιρίου χρησιμοποιήσαμε τον πράσινο άξονα του προγράμματος «Google sketch up» ο οποίος δείχνει την κατεύθυνση του Βορρά. Επειδή το κτίριο μας έχει προσανατολισμό Βορρά – Νότο το τοποθετήσαμε παράλληλα στον πράσινο άξονα.

Εικόνα 5.1, Το περιβάλλον του προγράμματος Google sketch up και Open Studio



Να σημειωθεί ότι τα δεδομένα για να γίνει η προσομοίωση πάρθηκαν είτε από στοιχεία που μαζεύτηκαν από τα ερωτηματολόγια (θα μιλήσουμε αργότερα για τα στοιχεία αυτά) είτε με επιτόπου έρευνες στις εγκαταστάσεις του κτιρίου

Εφόσον δώσουμε στο πρόγραμμα μας την γεωμετρία του κτιρίου μας τότε ανοίγουμε το πρόγραμμα Energy plus ώστε να δώσουμε τα υλικά, φυσικό-τεχνητό αερισμό, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, χρήστες κ.α.

## 5.2 Χωρισμός σε θερμικές ζώνες

Αρχικά πρέπει να χωρίσουμε το κτίριο μας σε θερμικές ζώνες ώστε να τις μελετήσουμε και να εξάγουμε αποτελέσματα για αυτές. Το κριτήριο που ακολουθήσαμε για τον χωρισμό του κτιρίου σε θερμικές ζώνες ήταν να εξάγουμε συμπεράσματα για κάθε πλευρά του κτιρίου, Ανατολική, Βόρεια, Νότια, Δυτική αλλά και την διαφορά μεταξύ των ορόφων στην ίδια πλευρά.

Επίσης τα ποικίλης ποιότητας υλικά καθώς και η επεκτάσεις που έχουν γίνει όπως η νέα πτέρυγα στα ανατολικά καθώς και η προσθήκη του Γ ορόφου καθιστούν την ανάλυση πολύ περίπλοκη ώστε να τα θεωρήσουμε μία θερμική ζώνη. Έτσι χωρίσαμε το κτίριο σε 30 θερμικές ζώνες για την όσο το δυνατόν καλύτερη ανάλυση. Παρακάτω παρατίθενται οι θερμικές ζώνες του κτιρίου καθώς και η ονομασία τους στο πρόγραμμα energy plus :

Πιν. 5.1, Θερμικές ζώνες κτιρίου με την ονομασία τους στο Energy Plus

Αίθουσα κτιρίου	Κωδ. Energy Plus
1.Αμφιθέατρο	Amfitheatro
2.Βιβλιοθήκη/Αναγνωστήριο	Vivliothkhk
3.Διάδρομος Εισόδου	Diadromos Eisodou
4.Γραμματεία	Grammateia
5.Δυτικό Εργαστήριο Ισογείου	WestErgasthrio0
6.Δυτικό Εργαστήριο Α Ορόφου	WestErgasthrio1
7.Δυτικό Εργαστήριο Β Ορόφου	WestErgasthrio2
8.Διάδρομος Ισογείου	Diadromos0
9.Διάδρομος Α Ορόφου	Diadromos1
10.Διάδρομος Β Ορόφου	Diadromos2
11. Διάδρομος Γ Ορόφου	Diadromos3
12.Βόρεια Γραφεία Ισογείου	BoreiaGrafeia0
13.Βόρεια Γραφεία Α Ορόφου	BoreiaGrafeia1
14.Βόρεια Γραφεία Β Ορόφου	BoreiaGrafeia2
15.Βόρεια Γραφεία Γ Ορόφου	BoreiaGrafeia3
16.Νότια Γραφεία Ισογείου	NotiaGrafeia0
17.Νότια Γραφεία Α Ορόφου	NotiaGrafeia1
18.Νότια Γραφεία Β Ορόφου	NotiaGrafeia2
19.Νοτια Γραφεία Γ Ορόφου (Αριστερά)	NotiaGrafeia3Aristera
20.Νότια Γραφεία Γ Ορόφου (Δεξιά)	NotiaGrafeia3Dexia
21.Ανατολικός Διάδρομος Ισογείου	EastDiadromos0
22.Ανατολικός Διάδρομος Α Ορόφου	EastDiadromos1
23.Ανατολικός Διάδρομος Β Ορόφου	EastDiadromos2
24.Ανατολικός Διάδρομος Γ Ορόφου	EastDiadromos3
25.Ανατολικά Γραφεία Ισογείου (Αριστερά)	EastGrafeia0Aristera
26.Ανατολικά Γραφεία Ισογείου (Δεξιά)	EastGrafeia0Dexia
27.Ανατολικά Γραφεία Α Ορόφου (Αριστερά)	EastGrafeia1Aristera
28.Ανατολικά Γραφεία Β Ορόφου (Αριστερά)	EastGrafeia2Aristera
29.Ανατολικά Γραφεία Γ Ορόφου (Αριστερά)	EastGrafeia3Aristera
30.Υπόγειο	Ypogeio

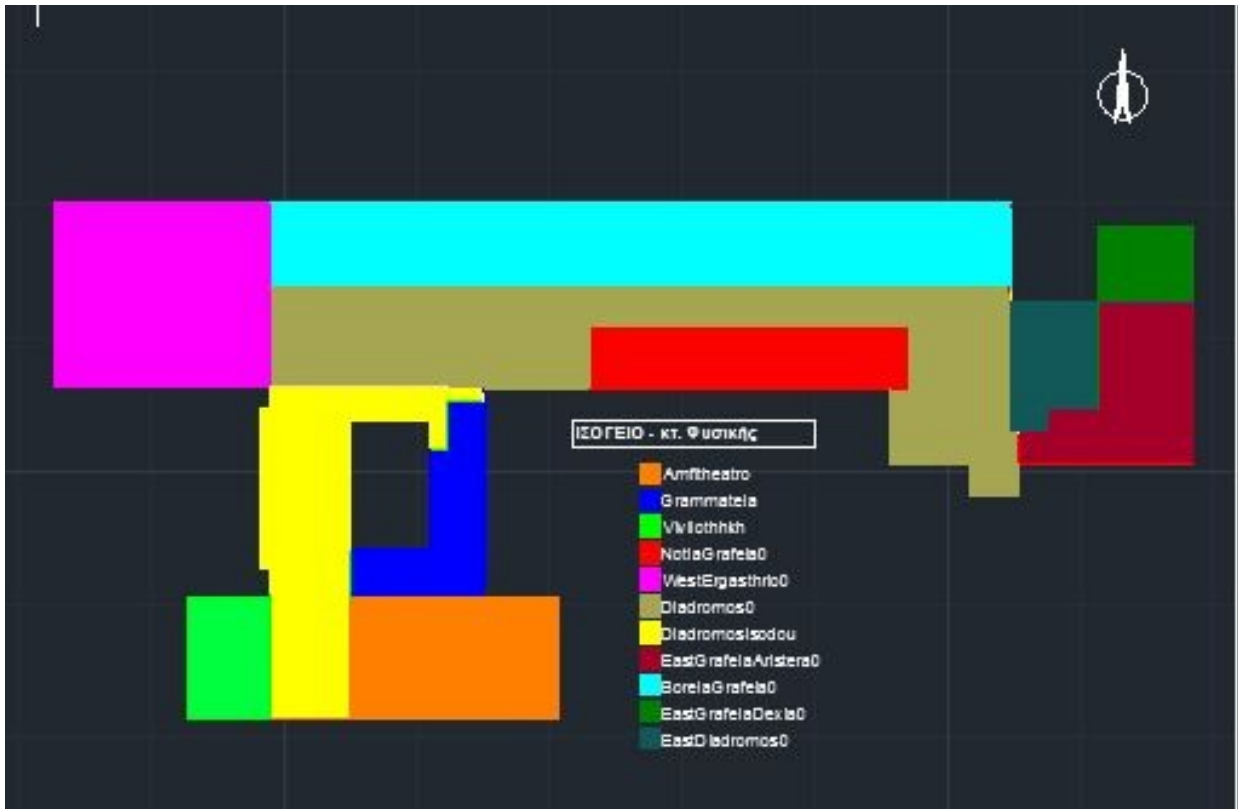


Παρακάτω φαίνονται οι θερμικές ζώνες που δημιουργήθηκαν στο Google Sketch Up με διαφορετικά χρώματα. Οι όμοιοι χρωματισμοί που φαίνονται από όροφο σε όροφο υποδηλώνουν ότι παρόλο που είναι ξεχωριστές θερμικές ζώνες για την εξαγωγή αποτελεσμάτων σε κάθε πλευρά του κτιρίου (Βόρεια, Νότια, Ανατολική, Δυτική) θα τις θεωρήσουμε ως μία θερμική ζώνη καθ' ύψος. Θα αναφερθούμε όμως αργότερα σε αυτό όταν θα κάνουμε ομαδοποίηση των θερμικών ζωνών.

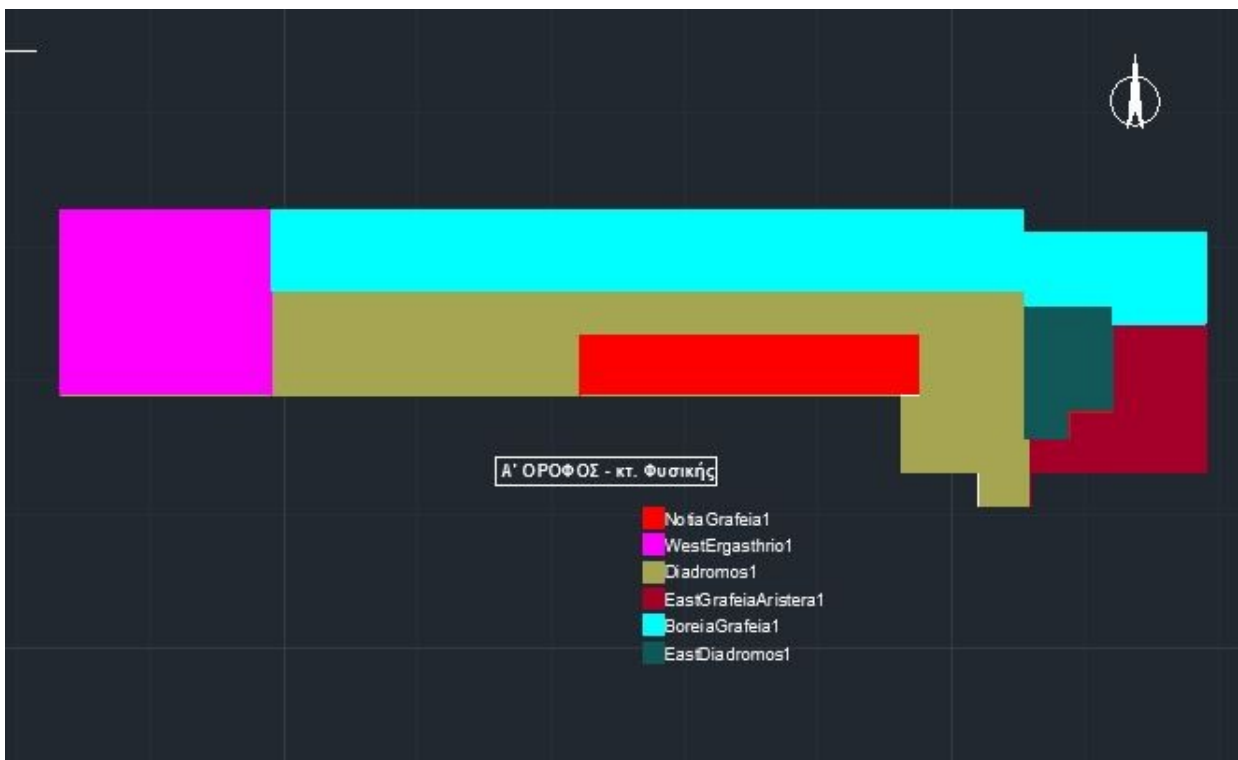
Εικόνα 5.2, Θερμική ζώνη Υπογείου



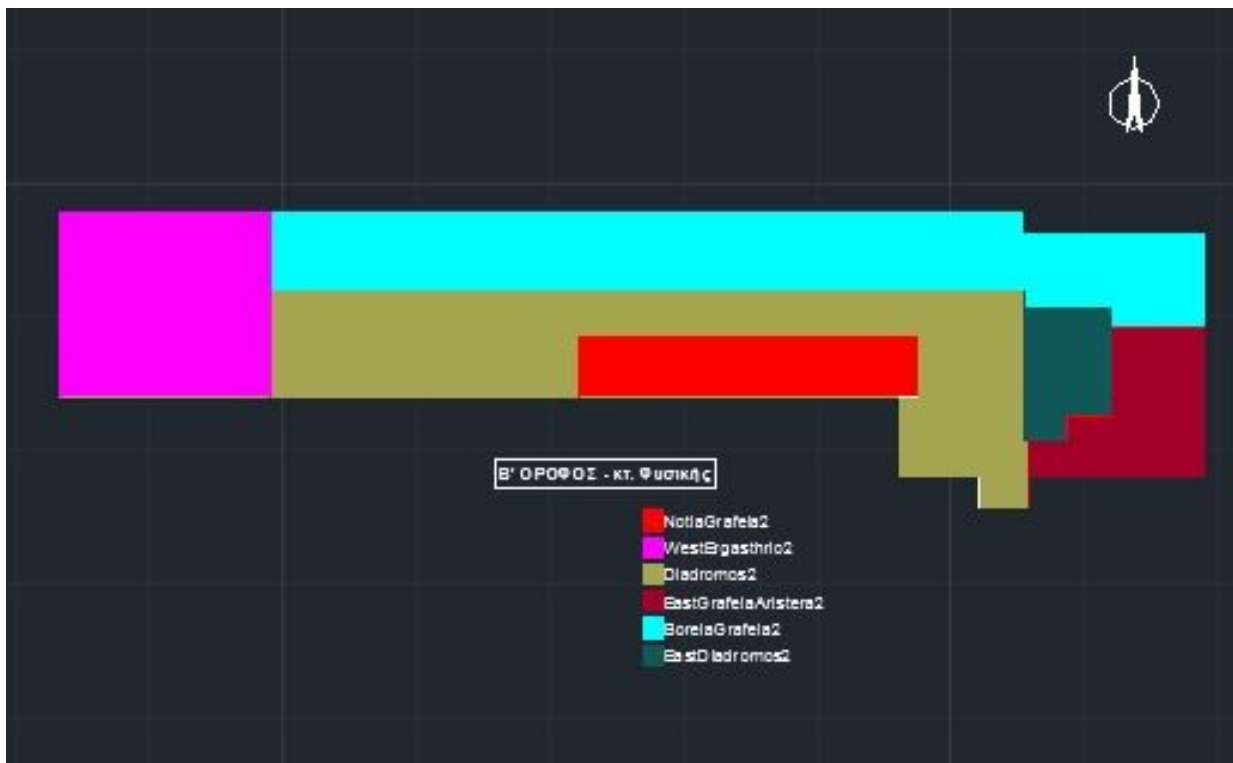
Εικόνα 5.3, Θερμικές ζώνες Ισογείου



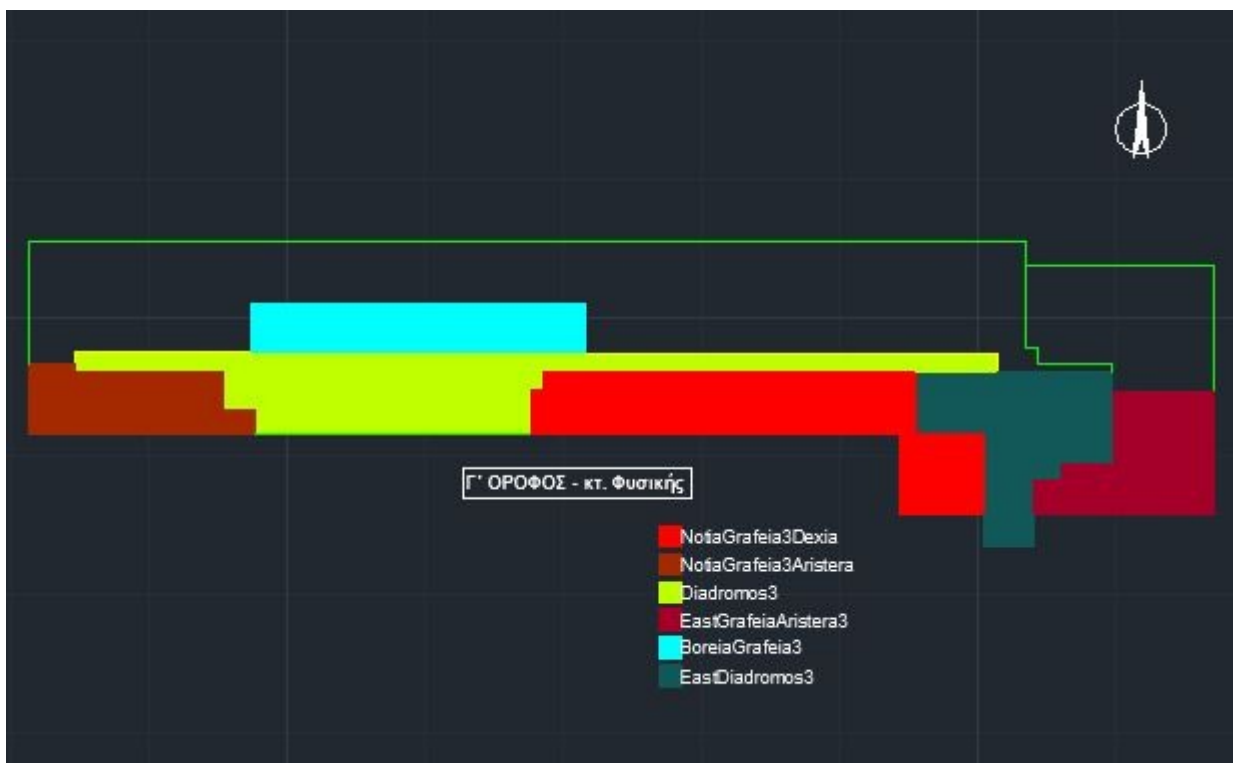
Εικόνα 5.4, Θερμικές ζώνες Α Ορόφου



Εικόνα 5.5, Θερμική ζώνη Β Ορόφου

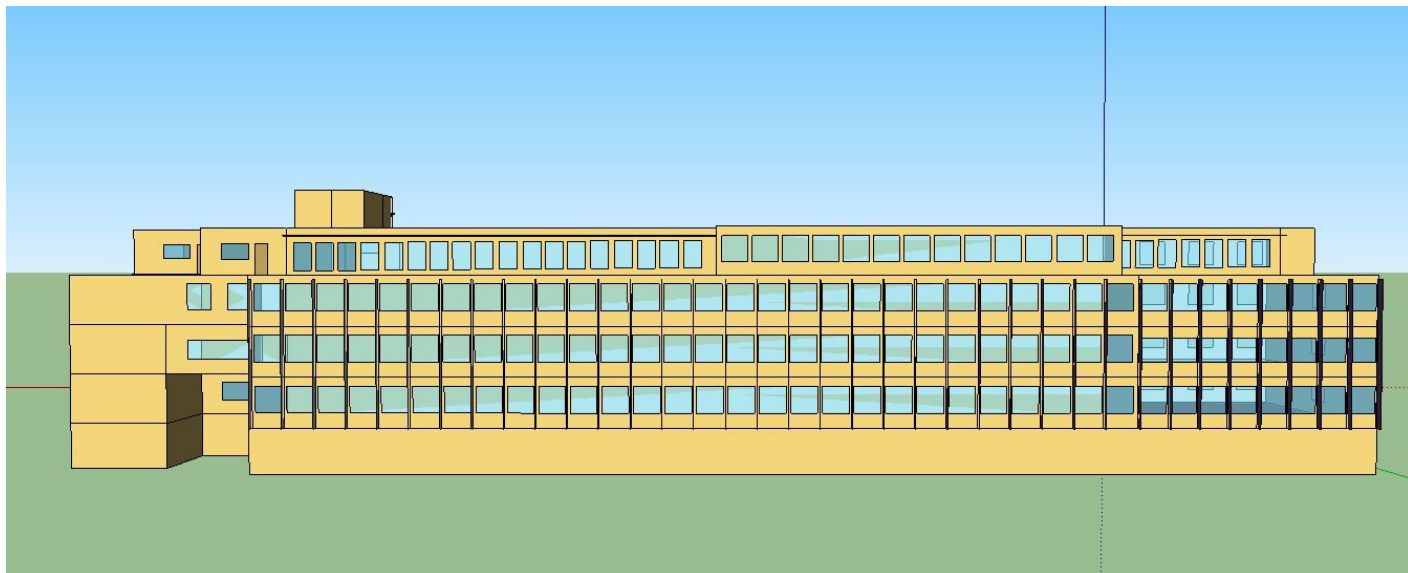


Εικόνα 5.6, Θερμική ζώνη Γ Ορόφου

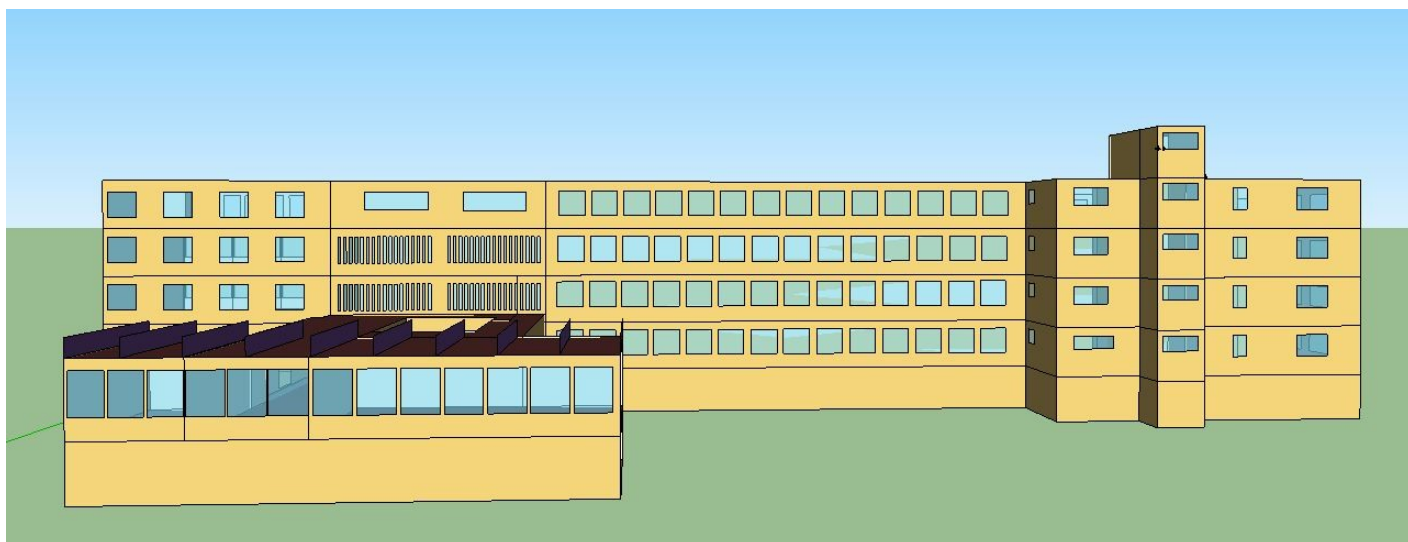


Μετά την επιλογή των θερμικών ζωνών του κτιρίου έγινε η σχεδίαση του στο Google Sketch Up και Open Studio σε μορφή 3D. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το κτίριο Φυσικής σε τρισδιάστατη μορφή όπως σχεδιάστηκε για την προσομοίωση στο Energy Plus.

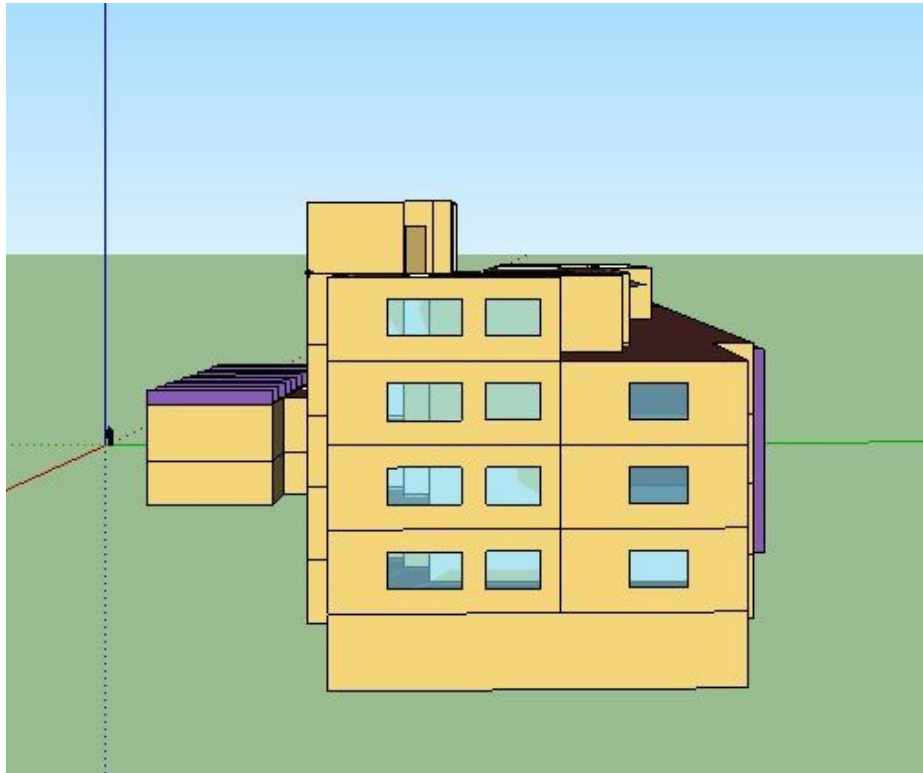
*Εικόνα 5.7, Βόρεια Όψη του κτιρίου*



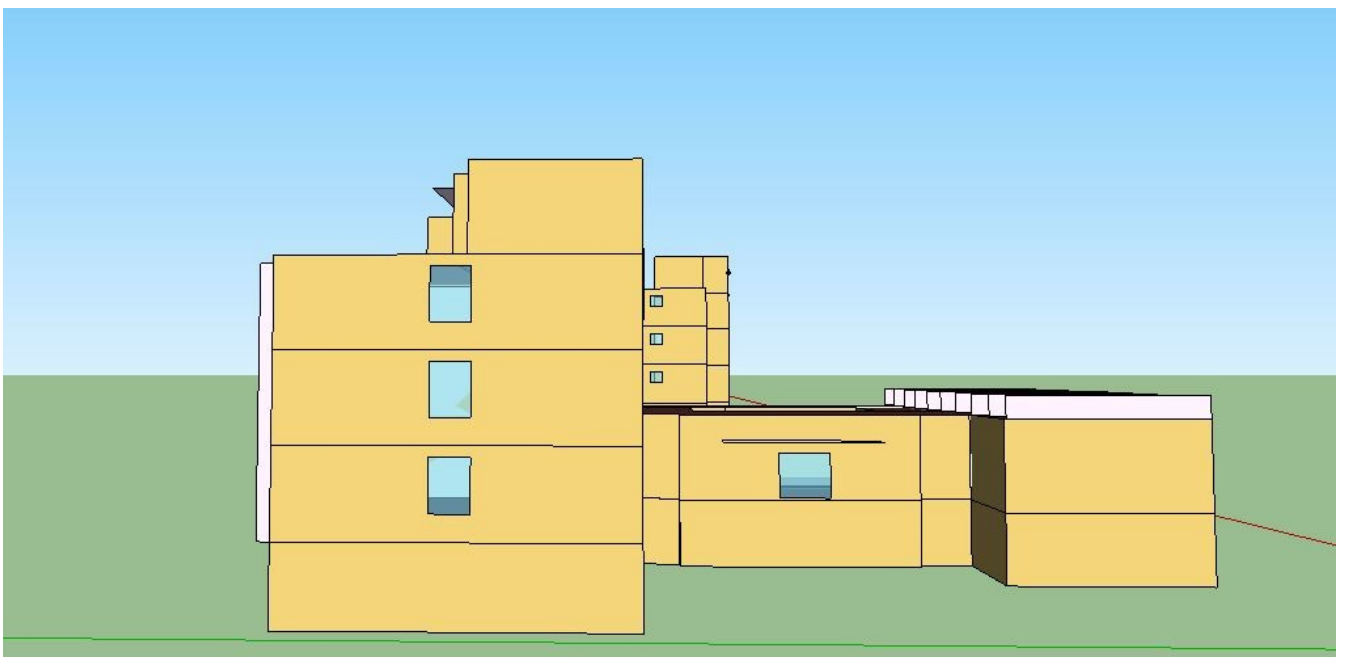
*Εικόνα 5.8, Νότια Όψη του κτιρίου*



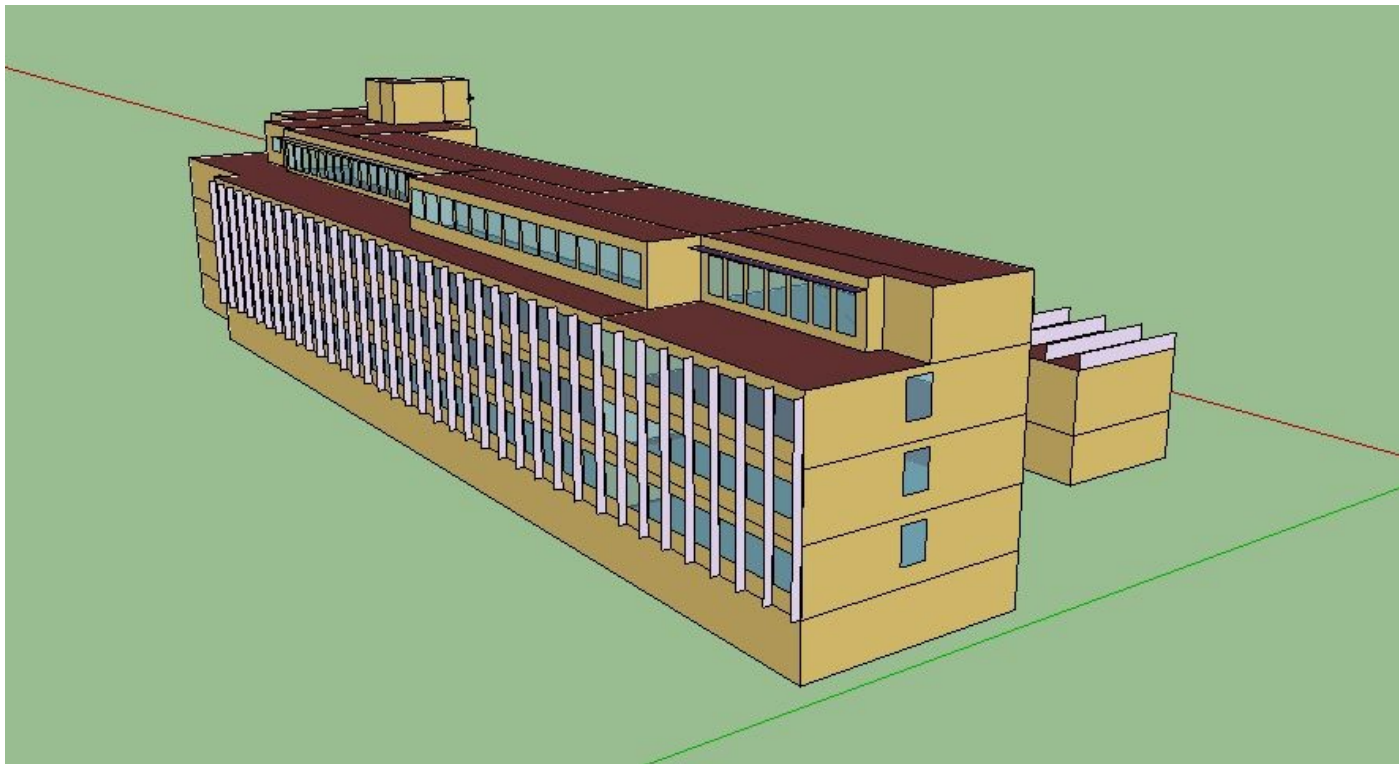
*Εικόνα 5.9, Ανατολική Όψη του κτιρίου*



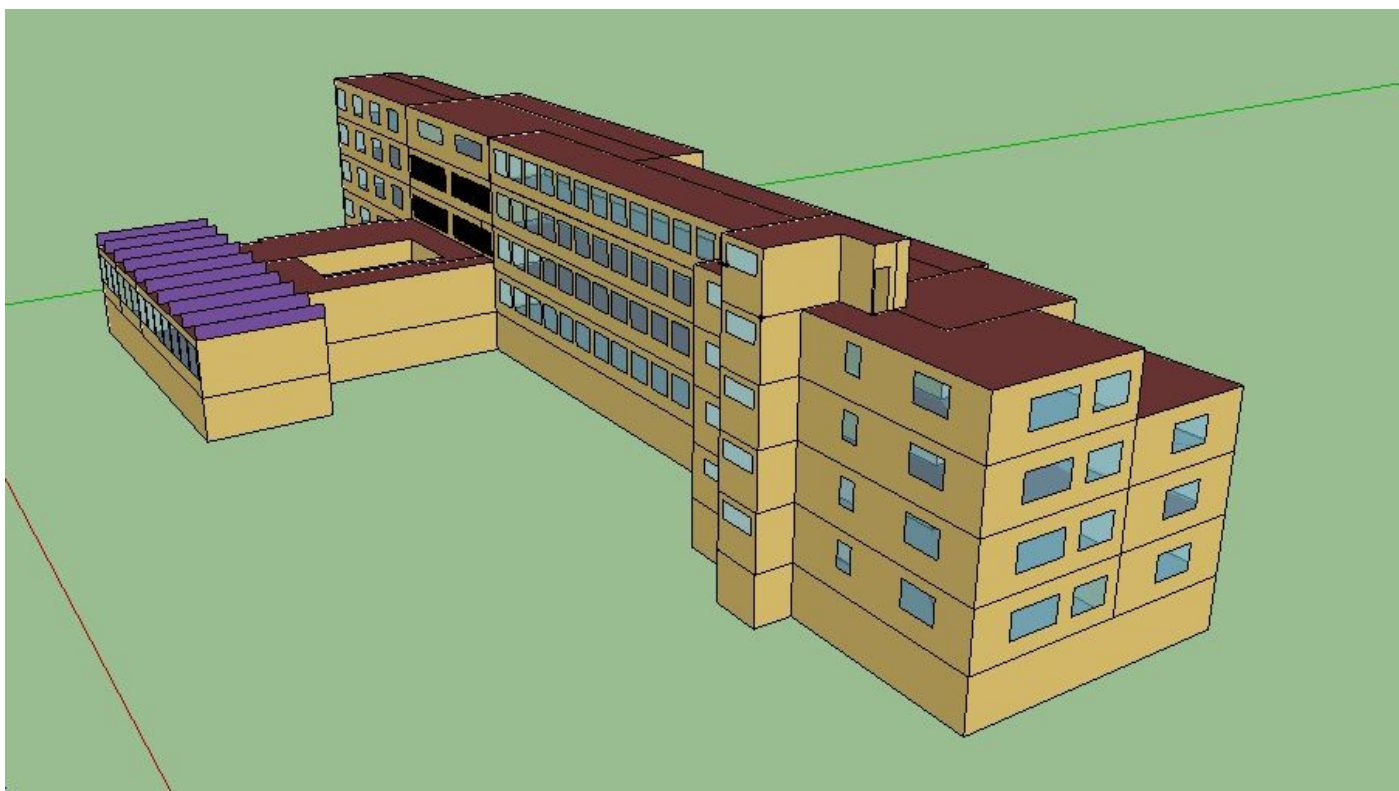
*Εικόνα 5.10, Δυτική Όψη του κτιρίου*



*Εικόνα 5.11, Βόρειο-Δυτική άποψη του κτιρίου*



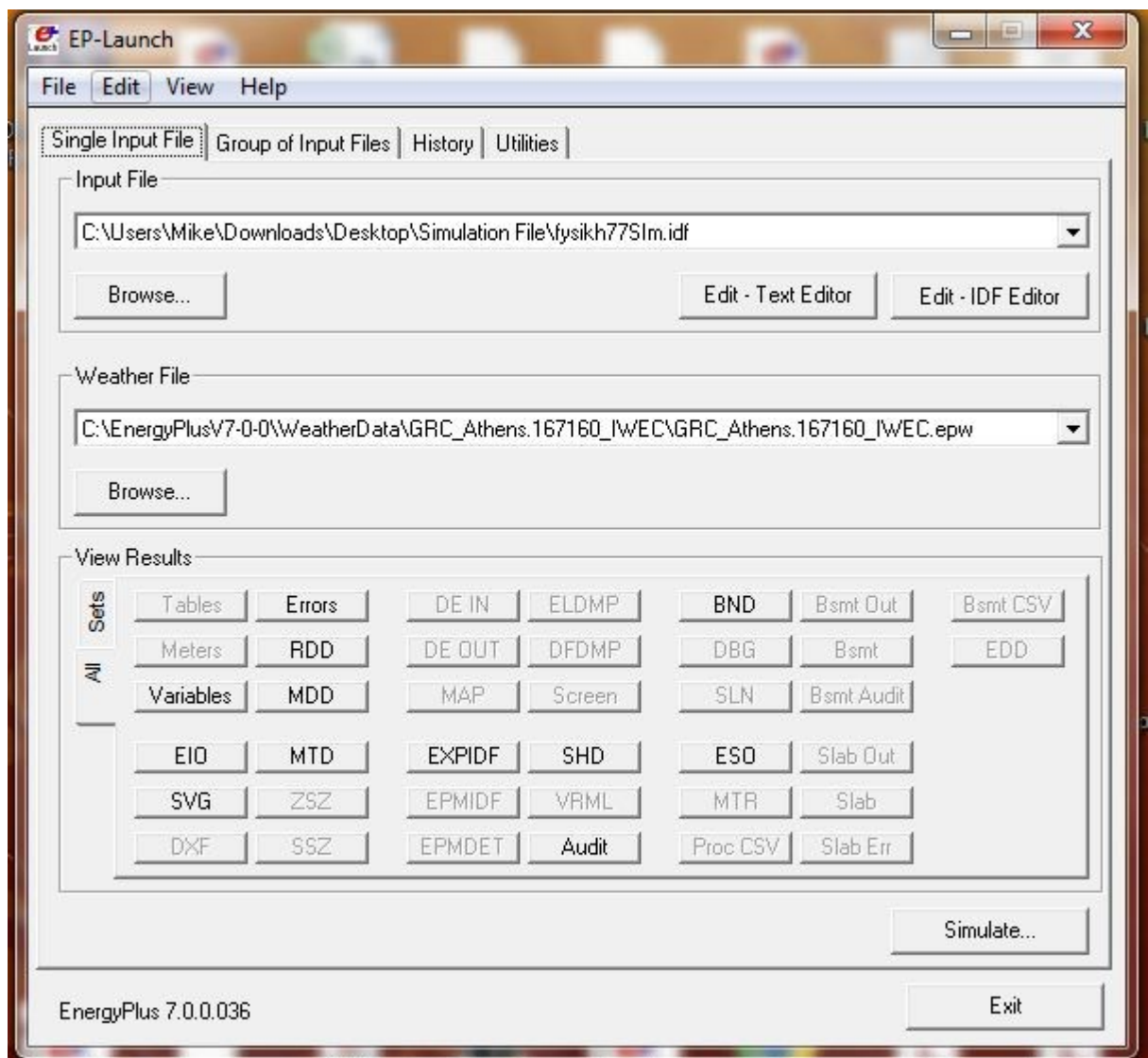
*Εικόνα 5.12, Νότιο-Ανατολική άποψη του κτιρίου*



### 5.3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Έχοντας ολοκληρώσει με την γεωμετρία του κτιρίου και τις θερμικές του ζώνες τώρα είμαστε σε θέση να δώσουμε τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο (καθώς και τα υπόλοιπα δεδομένα όπως φυσικό-τεχνητό αερισμό, τεχνητό φωτισμό, ηλεκτρονικές συσκευές κ.α). Η εισαγωγή των υλικών γίνεται από το πρόγραμμα «Energy Plus» το περιβάλλον του οποίου φαίνεται στην εικόνα 5.13.

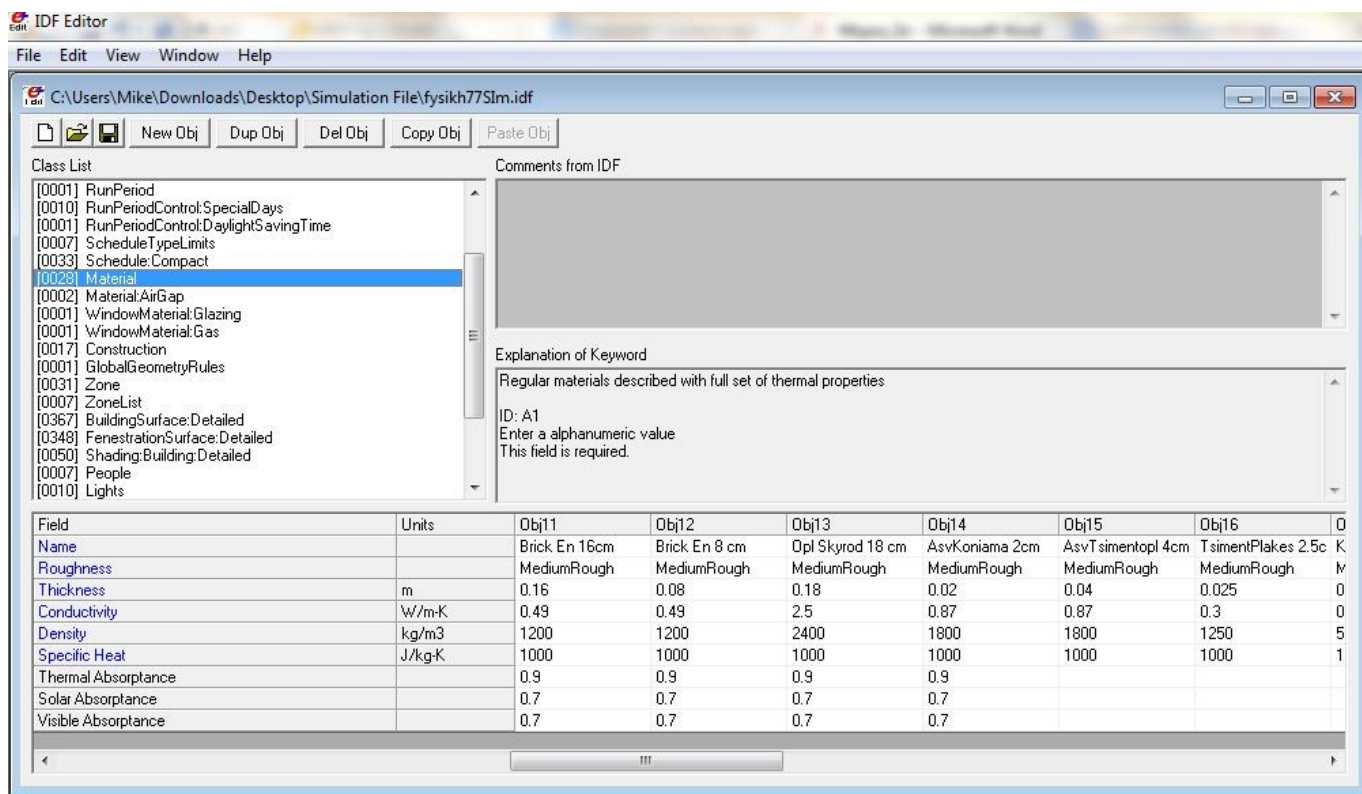
Εικόνα 5.13, Το περιβάλλον του προγράμματος Energy Plus



Για να εισάγουμε τα υλικά στο πρόγραμμα ανοίγουμε την επιλογή «Edit-IDF Editor». Μετά πηγαίνουμε στην καρτέλα «Material» για να φτιάξουμε τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο καθώς και τα χαρακτηριστικά τους. Στην εικόνα 5.14 φαίνονται τα προαναφερθέντα.



Εικόνα 5.14, IDF-Editor (Material)



Τα υλικά από τα οποία αποτελείται το κτίριο φαίνονται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Πιν. 5.2, Χαρακτηριστικά υλικών του κτιρίου Φυσικής

Υλικό	Τραχύτητα	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *k)	Ποικνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	$c_0$ (J/(kg*K))
		<b>Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού</b>		<b>Ειδική θερμοχωρητικότητα</b>
Οπτοπλινθοδομή	Μεσαία	0.49	1200	1000
Οπλισμένο σκυρόδεμα	Μεσαία	2.50	2400	1000
Γκρο-Μπετόν	Μεσαία	1.15	1800	1000
Ασβεστοκονίαμα	Μεσαία	0.87	1800	1000
Ασβεστοσιμεντόπλακες	Μεσαία	0.87	1800	1000
Τσιμεντόπλακες	Μεσαία	0.30	1250	1000
Κιςσηρόμπετον	Μεσαία	0.20	500	10
Μπετοσέλ	Μεσαία	0.03	43	1210
Τσιμεντοκονίαμα	Μεσαία	1.40	2000	1100
Μωσαικό	Λίγο	1.20	800	1900
Μεταλλική επιφάνεια	Λίγο	45.28	7824	500
Αμμοχάλικο	Πολύ	2.00	2200	1000
Γυαλί	Καθόλου	1.00	2500	750
Πετροβαμβακας	Λίγο	0.04	100	840
Ξυλο	Λίγο	0.15	608	1630
Θερμομονωτικό πανέλ Πετροβάμβακα	Λίγο	0.026	40	1210

Στον πίνακα 5.2 φαίνεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τα χαρακτηριστικά των υλικών (συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας, πυκνότητα, ειδική θερμοχωρητικότητα) τα οποία εισάγαμε και χρειάζεται για να τρέξει το πρόγραμμα. Σημειώνεται ότι το πρόγραμμα απαιτεί την εισαγωγή των στοιχείων που εμφανίζονται στην καρτέλα με μπλε χρώμα. Αναλυτικά:

**Field: Name** εισάγουμε το όνομα του υλικού που φτιάχνουμε ώστε να το χρησιμοποιήσουμε όταν θα φτιάξουμε Construction (θα δούμε στην συνέχεια τι είναι αυτό).

**Field: Roughness** εισάγουμε την σχετική τραχύτητα του συγκεκριμένου υλικού. Αυτή η παράμετρος επηρεάζει μόνο τον εξωτερικό συντελεστή συναγωγής. Μπορεί να πάρει τιμές Very Rough, Rough, Medium Rough, Medium Smooth, Smooth, Very Smooth.

**Field: Thickness** εισάγουμε το πάχος του υλικού που φτιάχνουμε.

**Field: Density** εισάγουμε την πυκνότητα του υλικού σε  $\text{kg/m}^3$ .

**Field: Specific Heat** εισάγουμε την ειδική θερμοχωρητικότητα του υλικού σε  $\text{J/(g-K)}$

**Field: Conductivity** εισάγουμε τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας του υλικού σε  $(\text{W/m}^*\text{k})$

Μετά την εισαγωγή των υλικών πηγαίνουμε στην καρτέλα «construction» για να φτιάξουμε όλες τις διαφορετικές στρώσεις από τις οποίες αποτελείται το κτίριο. Τα «construction» που χρησιμοποιήσαμε καθώς και η ονομασία του στο energy plus φαίνονται παρακάτω ξεκινώντας από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό:

#### **Εξωτερικό δάπεδο (Exterior Floor):**

- a) Ασβεστοκονίαμα 2cm
- b) Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
- c) Ασβεστοκονίαμα 2cm

#### **Εσωτερικό δάπεδο (Interior Floor):**

- a) Ασβεστοκονίαμα 2cm
- b) Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
- c) Μπετοσέλ 6cm
- d) Μωσαϊκό 3.5cm

**Εξωτερικός Τοίχος (Exterior Wall):**

- a) Οπτοπλινθοδομή 16cm
- b) Ασβεστοκονίαμα 2cm

**Εσωτερικό Τοίχος (Interior Wall):**

- a) Ασβεστοκονίαμα 2cm
- b) Οπτοπλινθοδομή 8cm
- c) Ασβεστοκονίαμα 2cm

**Εξωτερική οροφή (Exterior roof):**

- a) Τσιμεντόπλακες 2.5cm
- b) Ασβεστοσιμεντόπλακες 4cm
- c) Κισσηρόμπετον 3cm
- d) Μπετοσέλ 6cm
- e) Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
- f) Ασβεστοκονίαμα 2cm

**Εσωτερική οροφή (interior Ceiling):**

- a) Μωσαϊκό 3.5cm
- b) Μπετοσέλ 6cm
- c) Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
- d) Ασβεστοκονίαμα 2cm

**Εξωτερικό παράθυρο (Exterior Window):**

- a) Καθαρό τζάμι 3mm

**Εσωτερικό παράθυρο (Interior Window):**

- a) Καθαρό τζάμι 3mm

**Εσωτερική πόρτα (Interior Door):**

- a) Ξύλο 4.5cm

**Εσωτερική πόρτα με μόνωση (Door Monwsh):**

- a) Μεταλλική επιφάνεια 2mm
- b) Πετροβαμβακάς 3cm
- c) Μεταλλική επιφάνεια 2mm

**Εξωτερικοί τοίχοι Υπογείου (Exwteriokoi Toixoi Ypogείου):**

- a) Αμμοχάλικο 30cm
- b) Γτσιμεντοκονίαμα 2cm
- c) Οπλισμένο σκυρόδεμα 18cm
- d) Ασβεστοκονίαμα 2cm

**Δάπεδα Υπογείου (Dapeda Ypogείου):**

- a) Αμμοχάλικο 30cm
- b) Γκρο-Μπετόν 15cm
- c) Μεσιακό 2.5cm

**Διπλά παράθυρα (Dipla Parathyra):**

- a) Καθαρό τζάμι 3mm
- b) Συμπιεσμένος Αέρας 6mm
- c) Καθαρό τζάμι 3mm

### Τοίχοι μέσα έξω ασβεστοκονίαμα (Τοίχοι Mesa Exw Asvestokoniama):

- a) Ασβεστοκονίαμα 2cm
- b) Οπτοπλινθοδομή 16cm
- c) Ασβεστοκονίαμα 2cm

### Οροφή Γ Ορόφου (Οροφή C Ορόφου):

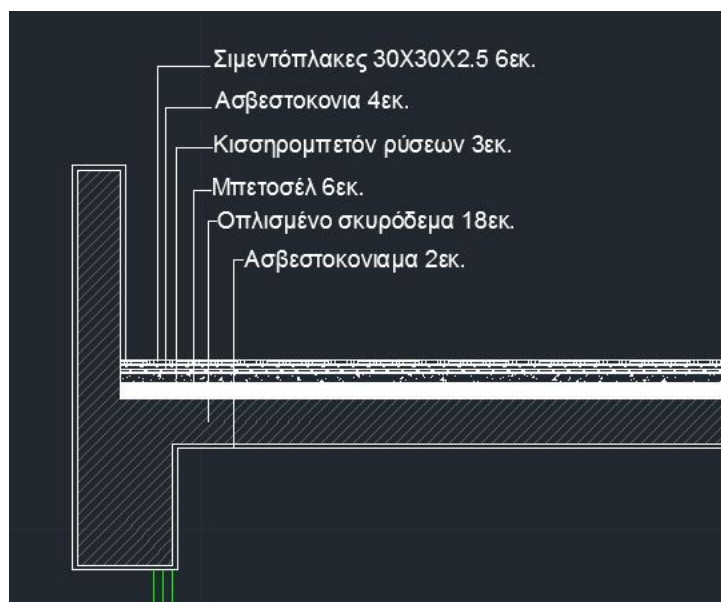
- a) Μεταλλική επιφάνεια 0.8mm
- b) Θερμομονωτικό πάνελ πετροβάμβακα 3cm
- c) Μεταλλική Επιφάνεια 0.8mm

### Τοίχοι Διαδρόμου Γ ορόφου (Τοίχοι Diadromou C Ορόφου):

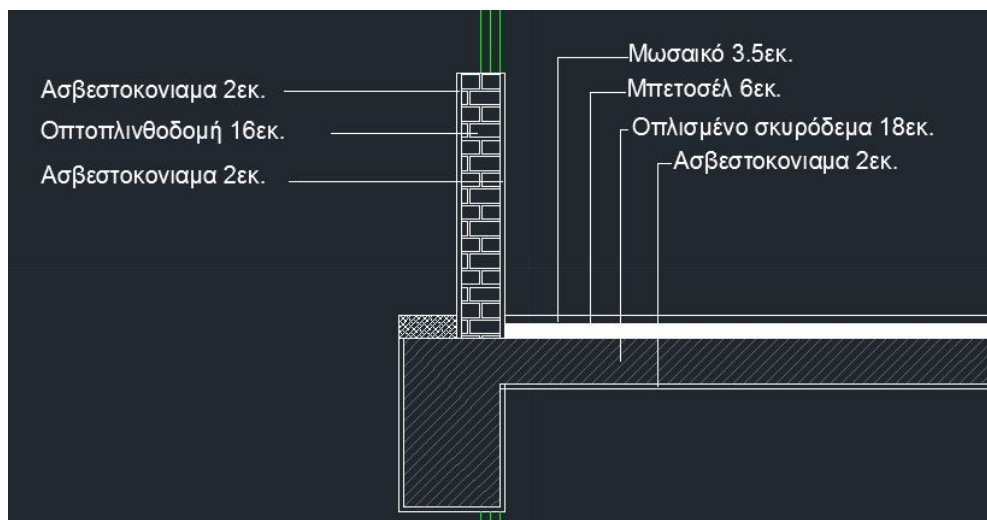
- a) Μεταλλική επιφάνεια 2.5mm
- b) Στρώμα αέρα
- c) Μεταλλική επιφάνεια 2.5mm

Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι τομές των υλικών («construction» που δημιουργήθηκαν) καθώς και η εισαγωγή τους στο Energy Plus.

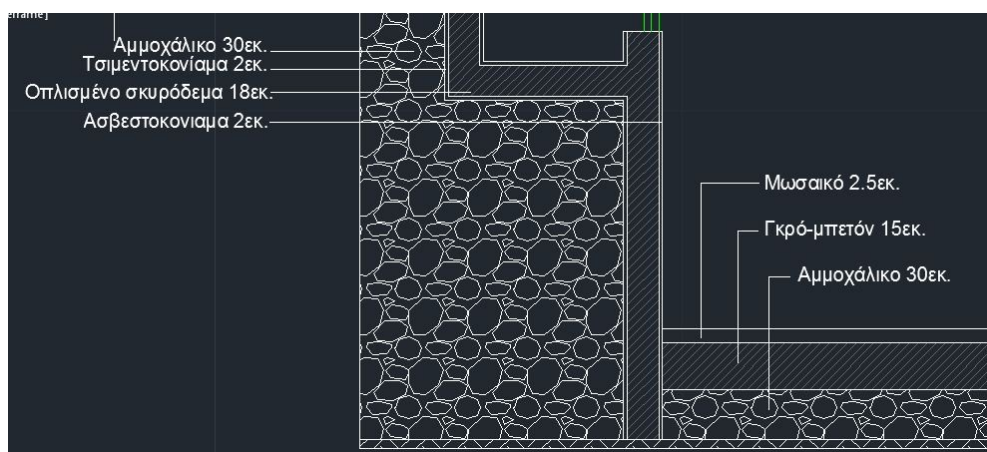
Εικόνα 5.15, Τομή Εξωτερικής οροφής του κτιρίου



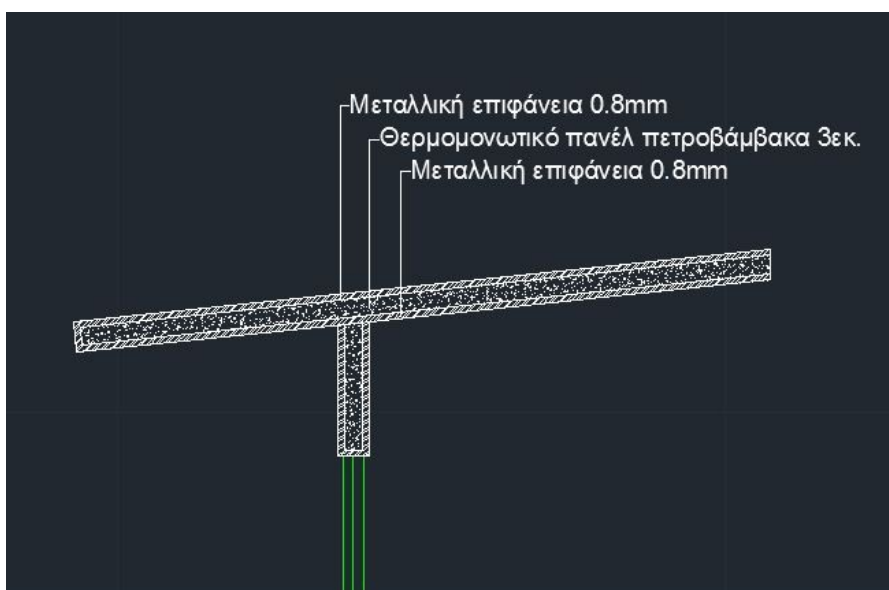
Εικόνα 5.16, Τομή Εξωτερικού τοίχου με επίχρισμα μέσα-έξω και τομή εσωτερικής οροφής



Εικόνα 5.17, Τομή Εξωτερικού τοίχου υπογείου-Εξωτερικού δαπέδου υπογείου

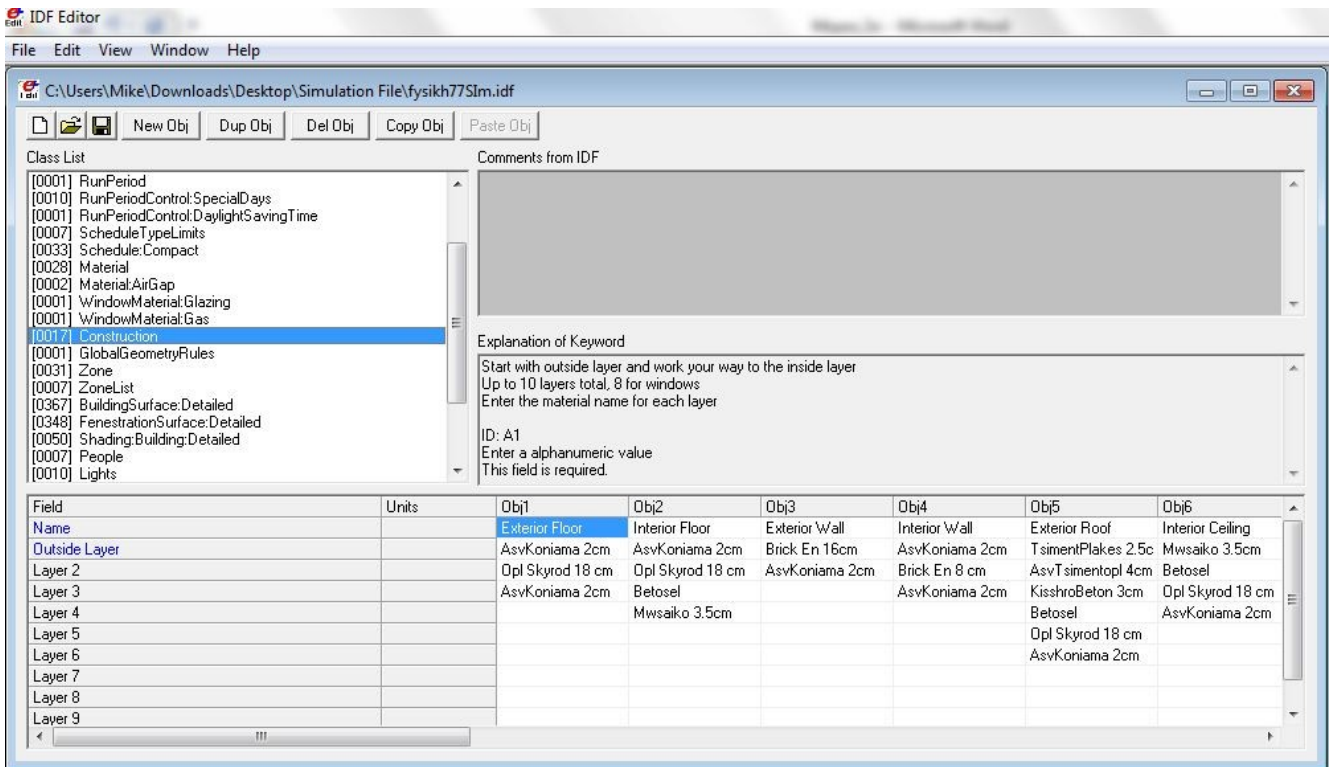


Εικόνα 5.18, Τομή Εξωτερικής οροφής Γ ορόφου





Εικόνα 5.19, IDF-Editor (construction)



Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας  $\lambda$  δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε [W] η οποία ρέει σε 1hr μέσα από ένα στρώμα υλικού που έχει επιφάνεια  $1\text{m}^2$  και πάχος 1m, όταν η πτώση της θερμοκρασίας προς την κατεύθυνση της ροής της θερμότητας είναι ένας βαθμός Κέλβιν και γενικά η θερμοκρασία παραμένει σταθερή με το χρόνο. Αυτός ο συντελεστής είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του υλικού, το οποίο καθορίζει τη θερμομονωτική ικανότητα του. **Όσο μικρότερη είναι η τιμή του  $\lambda$ , τόσο περισσότερο αποτελεσματικό είναι το υλικό ως θερμομονωτικό.**

Επίσης ο συντελεστής  $\lambda$  εξαρτάται από τη φαινόμενη πυκνότητα του υλικού δηλαδή από:  $\rho_k = m / (V_g - V_z)$  όπου  $m$  η μάζα του υλικού,  $V_g$  ο συνολικός όγκος του υλικού με τα κενά και  $V_z$  ο όγκος των κενών μεταξύ των κόκκων. **Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας αυξάνει όσο αυξάνει η φαινόμενη πυκνότητα του υλικού.**

Η ειδική θερμοχωρητικότητα δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε [W] η οποία απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1Kg του υλικού κατά ένα βαθμό Κέλβιν.

Δίνοντας τα στοιχεία αυτά στο πρόγραμμα αυτό αυτόματα υπολογίζει τον συντελεστή θερμοπερατότητας που δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα από μία επιφάνεια  $1\text{m}^2$  της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα με την άλλη πλευρά είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Μετράται Σε  $(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Ο υπολογισμός του γίνεται από τον τύπο:  $1 / K = (1 / a_i) + (d / \lambda) + (1 / a_s)$ , όπου ο συντελεστής  $a$ , εξαρτάται από την πυκνότητα, το ιξώδες και την ταχύτητα του αέρα κοντά στις επιφάνειες της κατασκευής.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι τιμές των αντιστάσεων θερμικής μεταβίβασης σύμφωνα με τον KENAK.

Πιν. 5.3, Τιμές των αντιστάσεων θερμικής μεταβίβασης(Πηγή: KENAK)

Δομικό στοιχείο	Αντιστάσεις θερμικής μεταβίβασης	
	Ri	Ra
	(m <sup>2</sup> *K)/W	(m <sup>2</sup> *K)/W
Εξωτερικοί τοίχοι και παράθυρα (προς εξωτ. Αέρα)	0.13	0.04
Τοίχος που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο	0.13	0.13
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0.13	0.00
Στέγη, δώμα (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.10	0.04
Οροφή που συνορεύει με μη θερμαινόμενο χώρο (ανερχόμενη ροή θερμότητας)	0.10	0.10
Δάπεδο επάνω από ανοικτή διάβαση (πυλωτή) (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0.17	0.04
Δάπεδο επάνω από μη θερμαινόμενο χώρο (κατερχόμενη ροή θερμότητας)	0.17	0.17
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0.17	0.00

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σύμφωνα με τον KENAK. Η Αθήνα βρίσκεται στην Ζώνη Β και αυτές τις τιμές θα χρησιμοποιήσουμε για να ελέγξουμε την επάρκεια των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Πίν. 5.4, Μέγιστες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας ανά κλιματική ζώνη (Πηγή: KENAK)

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> *K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0.60	0.50	0.45	0.40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτές)	0.50	0.45	0.40	0.35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	1.50	1.00	0.80	0.70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	1.50	1.00	0.80	0.70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	1.20	0.90	0.75	0.70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	1.20	0.90	0.75	0.70
Κουφώματα ανοιγμάτων	3.20	3.00	2.80	2.60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	2.20	2.00	1.80	1.80

Από τους παραπάνω πίνακες καθώς και από τα χαρακτηριστικά των υλικών υπολογίζονται στους πίνακες που ακολουθούν αν ο συντελεστής θερμοπερατότητας των στρώσεων των υλικών στους εξωτερικούς τοίχους και τις οροφές είναι μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές του KENAK.

Πιν.. 5.5, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για τον εξωτερικό τοίχο με οπλισμένο σκυρόδεμα

Εξωτερικός τοίχος με οπλισμένο σκυρόδεμα								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020	0.130	0.040	0.023	0.288	3.472	0.50
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2.500	0.180			0.072			Δεν επαρκεί
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

Πιν.. 5.6, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό τοίχο χωρίς εξωτερικό επίχρισμα

Εξωτερικός τοίχος χωρίς εξωτερικό επίχρισμα								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Οπτοκλινοδομή	0.490	0.160	0.130	0.040	0.327	0.520	1.925	0.50
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			Δεν επαρκεί

Πιν.. 5.7, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό τοίχο με επίχρισμα μέσα-εξω

Εξωτερικός τοίχος με επίχρισμα μέσα-εξω								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020	0.130	0.040	0.023	0.543	1.843	0.50
Οπτοκλινοδομή	0.490	0.160			0.327			Δεν επαρκεί
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

Πιν.. 5.8, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για εξωτερικό δάπεδο υπογείου

Εξωτερικοί δάπεδο υπογείου								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Αμμογάλικο	2.000	0.300	0.130	0.000	0.150	0.463	2.162	0.90
Γκρο-Μπετόν	1.150	0.150			0.130			Δεν επαρκεί
Μωσαϊκό	1.200	0.035			0.029			
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

Πιν.. 5.9, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για την Εξωτερική οροφή

Εξωτερική οροφή								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Τσιμεντόπλακες	0.300	0.025	0.100	0.040	0.083	2.514	0.398	0.450
Ασβεστοτσιμεντόπλακες	0.870	0.040			0.046			Επαρκεί
Κιςσηρόμπετον	0.200	0.030			0.150			
Μπετοσέλ	0.030	0.060			2.000			
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2.500	0.180			0.072			
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

Πιν.. 5.10, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για την Εξωτερική οροφή Γ ορόφου

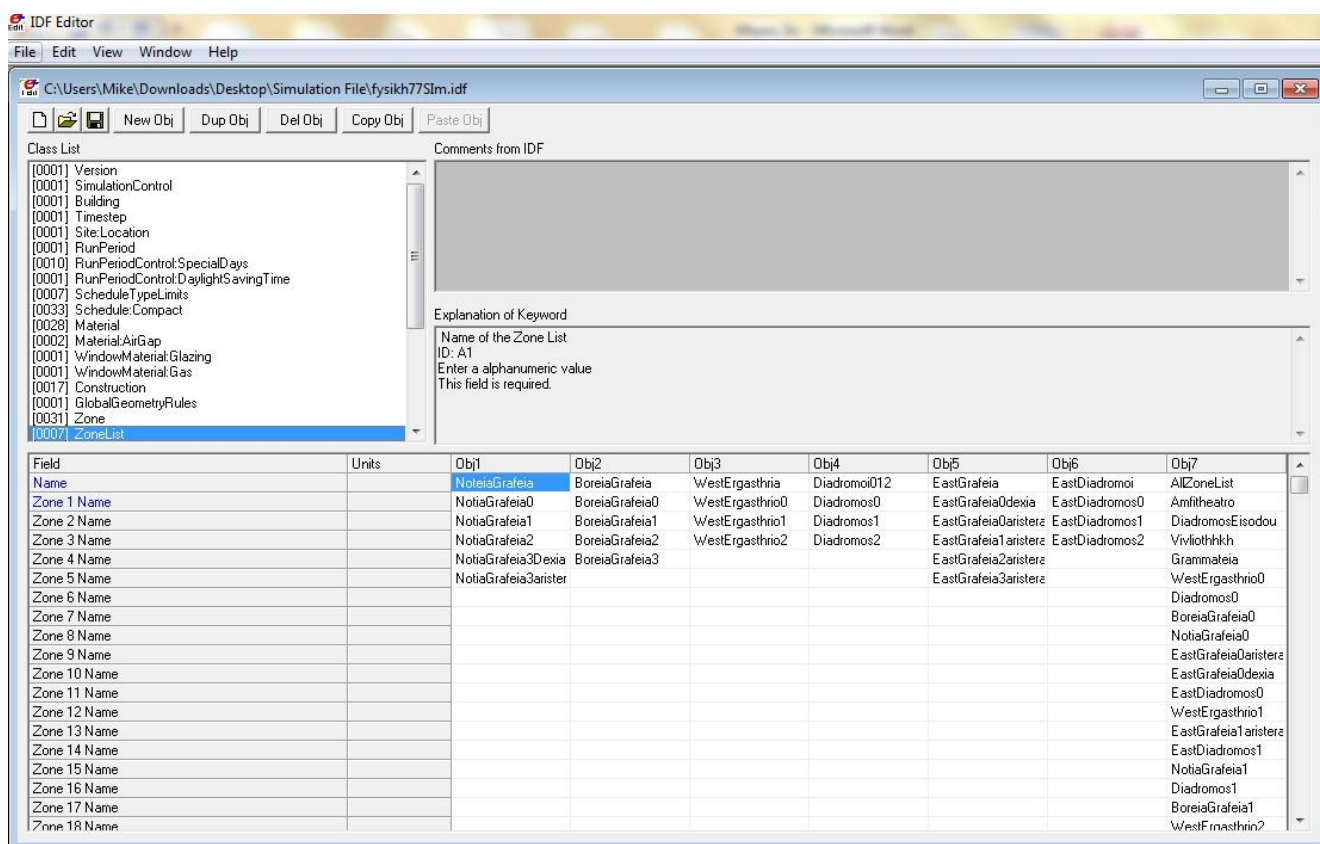
Εξωτερική οροφή Γ ορόφου								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Μεταλλική επιφάνεια	45.280	0.008	0.100	0.100	0.000	1.354	0.738	0.45
Θερμομονωτικό πάνελ Πετροβάμβακα	0.026	0.030			1.154			Δεν επαρκεί
Μεταλλική επιφάνεια	45.280	0.008			0.000			

Από τους παραπάνω πίνακες συμπεραίνουμε ότι μόνο η εξωτερική οροφή βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια των τιμών του KENAK. Όλοι οι υπόλοιποι Construction βρίσκονται αρκετά εκτός ορίων πράγμα που υποδηλώνει μεγάλες θερμικές απώλειες.

## 5.4 ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

Λόγω του πολύ μεγάλου αριθμού ζωνών και του γεγονότος ότι σε πολλές από αυτές εμφανίζονται πανομοιότυπα χαρακτηριστικά (π.χ. ίδια θερμικά φορτία από χρήστες, κοινός τεχνητός φωτισμός κ.α) μερικές θερμικές ζώνες ομαδοποιήθηκαν. Οι ομαδοποίηση τους δόθηκε στο πρόγραμμα στην καρτέλα **ZoneList**. Πιο συγκεκριμένα οι ομαδοποιημένες ζώνες φαίνονται παρακάτω:

Εικόνα 5.20, IDF-Editor (Zone List)



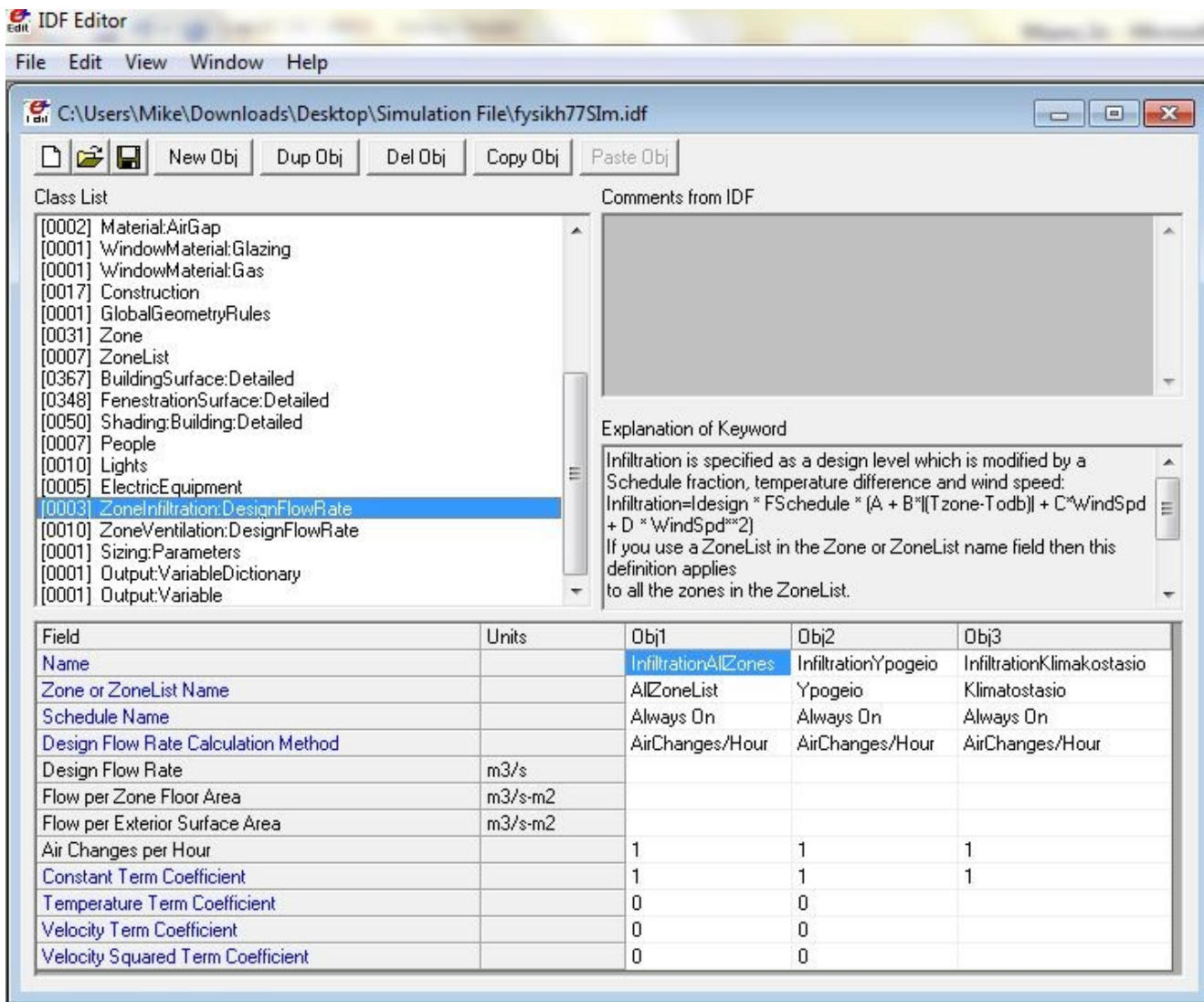
Στην τελευταία Zone List με το όνομα AllZone List επιλέχθηκαν όλες οι ζώνες. Αρά από δώ και εμπρός όπου εμφανίζονται τα παραπάνω ονόματα των **Zone List** θα νοούνται οι ζώνες που φαίνονται στους αντίστοιχους πίνακες.

## 5.5 ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΑΕΡΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟΙΧΟΥΣ

Το επόμενο στάδιο που ακολουθούμε για την προσομοίωση του κτιρίου είναι να δώσουμε στο πρόγραμμα την ποσότητα του αέρα που διηθείται μέσα από τους εξωτερικούς τοίχους και τις οροφές. Στο υπάρχουν κτίριο κυρίως λόγω της παλαιότητας του η ποσότητα του αέρα που διηθείται μέσα από τοίχους και τα κουφώματα είναι αρκετά σημαντική και επηρεάζει άμεσα την θερμική άνεση των χρηστών όπως αποδεικνύεται και από τα ερωτηματολόγια που θα δούμε στην συνέχεια. Στο

πρόγραμμα Energy plus αυτό το δηλώνουμε στην καρτέλα **ZoneInfiltration:DesignFlowRate** όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.21.

Εικόνα 5.21, IDF-Editor (Zone Infiltration)



Αρχικά θεωρούμε ότι σε όλες τις ζώνες θα έχουμε διήθηση αέρα από τους τοίχους. Μετά θεωρήσαμε ότι η τιμή αυτή δεν μπορεί να είναι πολύ υψηλή αλλά ούτε πολύ χαμηλή λόγω της παλαιότητας του κτιρίου και των υλικών. Η αλλαγή του αέρα στο κτίριο πραγματοποιείται καθ' όλη την διάρκεια του έτους ακόμα και όταν το κτίριο παραμένει κλειστό.

Η τιμή της διήθησης είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί και εξαρτάται από πολλές μεταβλητές όπως η ταχύτητα του ανέμου, η διαφορά ανάμεσα στην εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία, η ποιότητα της κατασκευής κ.α. Η απώλεια θερμότητας που προκαλείται από την διείσδυση μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$H_i = c_p \cdot \rho \cdot n \cdot (t_i - t_o)$$

Όπου:

$H_i$ =απώλεια θερμότητας λόγω διείσδυσης (W)

$C_p$ =ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα (J/Kg/K)

$\rho$ =πυκνότητα του αέρα (kg/m<sup>3</sup>)

$n$ =αριθμός των εναλλαγών του αέρα (1/sec)

$V$ =ο όγκος του δωματίου (m<sup>3</sup>)

$t_i$ =εσωτερική θερμοκρασία (°C)

$t_o$ =εξωτερική θερμοκρασία (°C)

Το **Schedule Name**: Always on σημαίνει πρακτικά ότι δηλώσαμε στο πρόγραμμα πως καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου θα έχουμε διείσδυση στην κατασκευή. Επίσης θεωρήσαμε ότι θα έχουμε περίπου 1 εναλλαγή αέρα κάθε ώρα [49]

Εικόνα 5.22, Schedule Always On/Off

Obj8	Obj9
Always On	Always Off
Fraction	Fraction
Through: 12/31	Through: 12/31
For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00
1	0

Στην εικόνα 5.22 φαίνεται το πρόγραμμα του ακολουθεί η διήθηση στο κτίριο, δηλαδή ότι καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου θα έχουμε το μέγιστο ποσοστό διήθησης που έχουμε δώσει. Όσον αφορά το Schedule Always off σημαίνει ότι θα είναι ανενεργό όλη την διάρκεια του έτους. Στην συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε και άλλα πιο σύνθετα Schedules αλλά όπου αναφέρονται Schedules Always on/off θα νοούνται τα παραπάνω.

## 5.6 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ύστερα δηλώσαμε στο πρόγραμμα τον φυσικό αερισμό των χώρων ο οποίος είναι συνάρτηση της χρήσης του χώρου. Δηλαδή οι χρήστες των γραφείων σπάνια αφήνουν ανοιχτό το παράθυρο χωρίς να είναι μέσα οπότε υποθέσαμε ότι θα ανοίγουν το παράθυρο τους μόνο την διάρκεια που θα είναι μέσα. Το πόσο αερίζονται τα γραφεία και οι υπόλοιποι χώροι του κτιρίου το εξάγαμε από τα στοιχεία των ερωτηματολογίων. Σε αυτά διαπιστώσαμε ότι γενικά δεν υπάρχει διάθεση από τους χρήστες να ανοίγουν το παράθυρο τους ακόμα και στην περίπτωση του αμφιθεάτρου.

Γι' αυτό χρησιμοποιήσαμε κατάλληλα **schedules** ώστε να παραστήσουμε τον αερισμό καλύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Θεωρήσαμε ότι φυσικό αερισμό θα έχουμε καθ' όλη την



διάρκεια του έτους εκτός τα Σαββατοκύριακα και τις ημέρες των διακοπών (Αύγουστος) για τους χώρους τις γραμματείας, των γραφείων, του αμφιθέατρο, της βιβλιοθήκης και των εργαστηρίων. Για τους διαδρόμους θεωρήσαμε ότι τις ημέρες όπου δεν λειτουργεί το κτίριο αφήνεται ένα παράθυρο ανοικτό ώστε να κυκλοφορεί αέρας στους χώρους αυτούς. Παρακάτω παρουσιάζονται τα **schedules** που δημιουργήθηκαν.

Στην καρτέλα **schedules: Compact** δηλώσαμε:

Πιν. 5.11

Name	Grafeia Schedule
Schedule Type Limits Name	Fraction
Field 1	Through: 07/30
Field 2	For: Weekdays
Field 3	Until: 06:00
Field 4	0.00
Field 5	Until: 08:00
Field 6	0.10
Field 7	Until: 17:00
Field 8	1.00
Field 9	Until: 21:00
Field 10	0.30
Field 11	Until: 24:00
Field 12	0.00
Field 13	Through: 9/1
Field 14	For: AllDays
Field 15	Until: 24:00
Field 16	0.00
Field 17	Through: 12/31
Field 18	For: Weekdays
Field 19	Until: 06:00
Field 20	0.00
Field 21	Until: 08:00
Field 22	0.10
Field 23	Until: 17:00
Field 24	1.00
Field 25	Until: 21:00
Field 26	0.30
Field 27	Until: 24:00
Field 28	0.00

Πιν. 5.12

Name	Gramateia People
Schedule Type Limits Name	Fraction
Field 1	Through: 7/30
Field 2	For: Weekdays
Field 3	Until: 06:00
Field 4	0.00
Field 5	Until: 08:00
Field 6	0.00
Field 7	Until: 16:00
Field 8	1.00
Field 9	Until: 24:00
Field 10	0.00
Field 11	Through: 9/1
Field 12	For: AllDays
Field 13	Until: 24:00
Field 14	0.00
Field 15	Through: 12/31
Field 16	For: Weekdays
Field 17	Until: 08:00
Field 18	0.00
Field 19	Until: 16:00
Field 20	1.00
Field 21	Until: 24:00
Field 22	0.00

Το παραπάνω Schedule του Πιν. 5.11 σημαίνει ότι κατά την διάρκεια ενός έτους συμβαίνουν τα εξής: Τις καθημερινές όπου λειτουργεί το κτίριο κανονικά, μέχρι τις 6 το πρωί δεν έχουμε καθόλου φυσικό αερισμό. Μετά από τις 6:00-8:00 έχουμε το 10% του αερισμού, από τις 8:00-17:00 πραγματοποιείται το 100%, από τις 17:00-21:00 το 30%, από τις 21:00-24:00 καθόλου αερισμός (0%). Αυτό γίνεται όλη την χρόνια εκτός του Αυγούστου όπου ο φυσικός αερισμός είναι μηδενικός

Το Schedule του Πιν 5.12 σημαίνει ότι κατά την διάρκεια ενός έτους: Τις καθημερινές όπου λειτουργεί το κτίριο κανονικά, μέχρι τις 8 το πρωί δεν έχουμε καθόλου φυσικό αερισμό. Μετά από τις 8 το πρωί μέχρι τις 4 το μεσημέρι έχουμε πλήρη αξιοποίηση του φυσικού αερισμού και από τις 16:00 μέχρι τις 12 το βράδυ καθόλου αερισμό. Επίσης υπάρχει ένα διάστημα μεταξύ 30 Ιουλίου και 1 Σεπτεμβρίου όπου δεν έχουμε καθόλου φυσικό αερισμό μιας και δεν υπάρχουν χρήστες στο κτίριο λόγο διακοπών. Οπού αναφέρονται αυτά τα Schedules παρακάτω θα νοούνται ότι είναι αυτά εδώ.

Έχοντας δημιουργήσει τα κατάλληλα Schedules του κτιρίου πηγαίνουμε στην καρτέλα **ZoneVentilation: DesignFolwRate** και δηλώνουμε τα εξής του φαίνονται στην εικόνα 5.23

Εικόνα 5.23, IDF-Editor (Zone Ventilation: Design Flow Rate)

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	C
Name		Ventilation Grammei	Ventilation029	VentilationWestErg	VentilationBoreiaGra	VentilationNorteaGra	VentilationDiadromo	VentilationEastGrafe	VentilationDiadromo	VentilationEastDiad	V
Zone or ZoneList Name		Grammateia	DiadromosEisodos	WestErgasthria	BoreiaGrafeia	NorteaGrafeia	Diadromo012	EastGrafeia	Diadromos3	EastDiadromoi	A
Schedule Name		Grammateia People	Grafeia Schedule	Grafeia Schedule	Grafeia Schedule	Grafeia Schedule	Always On	Grafeia Schedule	Always On	Always On	A
Design Flow Rate Calculation Method		AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	AirChanges/Hour	A
Design Flow Rate	m <sup>3</sup> /s										
Flow Rate per Zone Floor Area	m <sup>3</sup> /s·m <sup>2</sup>										
Flow Rate per Person	m <sup>3</sup> /s·person										
Air Changes per Hour		2	4	2	2	2	1	2	2	3	1
Ventilation Type		Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	N
Fan Pressure Rise	Pa										
Fan Total Efficiency		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Constant Term Coefficient		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Temperature Term Coefficient											
Velocity Term Coefficient											
Velocity Squared Term Coefficient											
Minimum Indoor Temperature	C	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-
Minimum Indoor Temperature Schedule Name											
Maximum Indoor Temperature	C	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα στο πεδίο Air Changes per hour δηλώνουμε τον αριθμό των εναλλαγών του αέρα στην συγκεκριμένη θερμική ζώνη μέσα στην ώρα. Εδώ παρατηρούμε ότι η εναλλαγή που έχουμε δηλώσει στο αμφιθέατρο είναι πολύ μικρή, δηλαδή μόλις μία εναλλαγή, όμως είναι και η πραγματική πράγμα που δείχνει ότι στον χώρο του Αμφιθέατρο επικρατούν δυσάρεστες καταστάσεις όπως δυσσομία, στάσιμος αέρας κ.α. Ο αερισμός στην γραμματεία είναι γενικά καλύτερος σε σχέση με το αμφιθέατρο όμως δεν είναι στα αποδεκτά όρια. Θυμίζουμε ότι για χώρους γραφείων πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον 4 εναλλαγές στην ώρα ώστε να υπάρχουν συνθήκες θερμικής άνεσης και ο αέρας να είναι φρέσκος και δίχως δυσσομία.

Ο φυσικός αερισμός του διαδρόμου που υπάρχει στην κεντρική είσοδο του κτιρίου ακολουθεί το ωράριο του προγράμματος των γραφείων δηλαδή αερίζεται όση ώρα υπάρχουν χρήστες στο κτίριο. Επίσης η υψηλή τιμή του οφείλεται στον ανοικτό προαύλιο χώρο που πολλές φορές η πόρτα που τους ενώνει αφήνεται ανοιχτή. Τα δεδομένα για τα δυτικά εργαστήρια αντλήθηκαν από τα ερωτηματολόγια καθώς και του γεγονότος ότι έγιναν επί τόπου έλεγχοι όπου διαπιστώθηκε ότι αφήνονται κάποια παράθυρα έστω και λίγα ανοίγματα για αερισμό. Εξάλλου η αίθουσα δεν χρησιμοποιείται ολόκληρη πολλές φορές χωρίζεται στα δύο.

Στα Βορεινά γραφεία η εναλλαγή πάλι δεν είναι ικανοποιητική πράγμα που φαίνεται και από τα ερωτηματολόγια. Επίσης αυτή η θερμική ζώνη που αποτελείται από γραφεία και εργαστήρια δεν λειτουργούν όλα μαζί. Πολλοί από αυτούς τους χώρους να παραμένουν κλειστοί κυρίως τα εργαστήρια τα οποία δεν χρησιμοποιούνται άρα να μην αξιοποιείται όλο το ποσοστό των εναλλαγών. Για τα Νότια γραφεία συμβαίνει ακριβώς το ίδιο πράγμα με τα Βόρεια αλλά αντί για εργαστήρια υπάρχουν αίθουσες συνεδριάσεων οι οποίες λειτουργούν περιορισμένα.

Ο φυσικός αερισμός στους διαδρόμους του ισογείου, Α ορόφου, Β ορόφου είναι πολύ κακός λόγω του γεγονότος ότι παρόλο που υπάρχουν παράθυρα ποτέ δεν είναι ανοιχτά. Αυτό ισχύει για τα

παράθυρα όπου βρίσκονται οι κατακόρυφες περσίδες του κτιρίου. Όμως επειδή οι διάδρομοι αυτοί επικοινωνούν με τον Ανατολικό διάδρομο της Νέας πτέρυγας της οποίας πάντα υπάρχει ένα παράθυρο ανοικτό υποθέσαμε ότι θα έχουμε τουλάχιστον μία εναλλαγή. Ακόμα φυσικό αερισμό έχουμε στους διαδρόμους και από τα WC. Στα ανατολικά γραφεία ο φυσικός αερισμός δεν είναι καλός διότι οι χρήστες δεν ανοίγουν αρκετά τα παράθυρα. Τα ανατολικά γραφεία χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο από μεταπτυχιακούς φοιτητές για έρευνα ή ως εργαστήρια για φοιτητές που όμως την στιγμή αυτή τα παράθυρα παραμένουν κλειστά.

Ο διάδρομος του Γ ορόφου διαθέτει πάρα πολλά ανοίγματα αλλά μόνο ελάχιστα από αυτά παραμένουν ανοιχτά κατά την διάρκεια της ημέρας. Αυτό συμβαίνει για τους εξής λόγους. Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών εισέρχεται κρύος αέρας και ψύχει την διάδρομο. Επίσης και η ανεπαρκής θερμομόνωση και τα πολλά ανοίγματα δυσχεραίνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού εισέρχεται στο διάδρομο θερμός αέρας και πάλι λόγω των πολλών ανοιγμάτων αυξάνεται η θερμοκρασία πάρα πολύ. Επίσης λειτουργούν το καλοκαίρι και κλιματιστικά (split) όπως είπαμε και πιο πάνω τα οποία ψύχουν τον διάδρομο άρα χρειάζεται τα παράθυρα να παραμένουν κλειστά.

Ο φυσικός αερισμός στους ανατολικούς διαδρόμους θεωρείται πολύ καλύτερος από τους άλλους κύριους διαδρόμους διότι υπάρχει ένα μεγάλο άνοιγμα στην μία του πλευρά το οποίο παραμένει όλη την ημέρα ανοικτό. Επίσης το άνοιγμα είναι αρκετά μεγάλο και ο όγκος της θερμικής ζώνης είναι αρκετά μικρός ώστε να θεωρήσουμε ότι η εναλλαγή του αέρα στην ώρα θα είναι περίπου 3 φορές

## 5.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ

Εκτός από το εξωτερικό περιβάλλον και τα δομικά στοιχεία που αποτελείται το κτίριο, η θερμική άνεση των χρηστών επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες που ονομάζονται εσωτερικά θερμικά κέρδη. Εσωτερικά θερμικά κέρδη έχουμε για παράδειγμα από τους χρήστες του κτιρίου, των τεχνητό φωτισμό, τις ηλεκτρομηχανολογικές συσκευές όπως κουζίνες, τηλεοράσεις, ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.α. Προκειμένου να γίνει η προσομοίωση ακόμα πιο αντιπροσωπευτική στην πραγματικότητα θα εισάγουμε δεδομένα στο πρόγραμμα για τα εσωτερικά θερμικά κέρδη του τεχνητού φωτισμού, των χρηστών και των ηλεκτρονικών συσκευών.

### 5.7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

Για να εισάγουμε χρήστες στο Energy Plus πηγαίνουμε στην καρτέλα People και δηλώνουμε σε κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών τον αντίστοιχο αριθμό των ανθρώπων, το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας (**Fraction Radiant**) και το αντίστοιχο Schedule που ακολουθούν. Το κλάσμα της ανθρώπινης ακτινοβολίας (**Fraction Radiant**) υποδηλώνει το ποσοστό της ακτινοβολία που έρχεται σε επαφή με τον άνθρωπο και επιστρέφει στην θερμική ζώνη ως θερμότητα. Η τιμή αυτή κυμαίνεται μεταξύ του 0 και το 1. Έγινε η υπόθεση ότι η τιμή αυτή θα είναι 0.25, δηλαδή το 25%. Το επίπεδο ανθρώπινης δραστηριότητας ορίστηκε σε 120Watt ανα άνθρωπο με βάση τις τιμές του ASHRAE.

Για την προσομοίωση των χρηστών του αμφιθεάτρου δημιουργήθηκε ένα καινούργιο Schedule το οποίο φαίνεται παρακάτω:

Πιν. 5.13

<b>Name</b>	Amfifeatro People
<b>Schedule Type Limits Name</b>	Fraction
<b>Field 1</b>	Through: 6/30
<b>Field 2</b>	For: Weekdays
<b>Field 3</b>	Until: 09:00
<b>Field 4</b>	0.00
<b>Field 5</b>	Until: 13:00
<b>Field 6</b>	1.00
<b>Field 7</b>	Until: 24:00
<b>Field 8</b>	0.00
<b>Field 9</b>	Through: 9/30
<b>Field 10</b>	For: AllDays
<b>Field 11</b>	Until: 24:00
<b>Field 12</b>	0.00
<b>Field 13</b>	Through: 12/31
<b>Field 14</b>	For: Weekdays
<b>Field 15</b>	Until: 09:00
<b>Field 16</b>	0.00
<b>Field 17</b>	Until: 13:00
<b>Field 18</b>	1.00
<b>Field 19</b>	Until: 24:00
<b>Field 20</b>	0.00

Ο παραπάνω πίνακας υποδηλώνει ότι τις εργάσιμες ημέρες μέχρι τις 9:00 το πρωί δεν υπάρχουν καθόλου φοιτητές στο αμφιθέατρο, ύστερα από τις 9:00 μέχρι τις 13:00 το μεσημέρι το αμφιθέατρο γεμίζει και από τις 13:00 μέχρι τις 24:00 το βράδυ παραμένει ανενεργό. Επίσης υπολογίζεται και το διάστημα από τις 30 Ιουνίου μέχρι και 30 Σεπτεμβρίου κατά το οποίο οι φοιτητές δεν εισέρχονται στο κτίριο είτε λόγω εξεταστικής περιόδου είτε λόγω διακοπών.

Οι χρήστες (φοιτητές) που χρησιμοποιούν το αμφιθέατρο κατά την διάρκεια του μαθήματος βρέθηκαν από τα δεδομένα των ερωτηματολογίων. Δηλαδή περίπου 60 άτομα κατά μέσο όρο. Επίσης από την ίδια πηγή βρέθηκαν και οι ώρες λειτουργίας τους κατά την διάρκεια της ημέρας. Ο αριθμός των εργαζομένων στη γραμματεία του τομέα βρέθηκε πως είναι 5 και ότι λειτουργεί όλη την διάρκεια του έτους εκτός του Αύγουστο που το κτίριο κλείνει γενικά λόγω καλοκαιρινών διακοπών [51]

Ο αριθμός των χρηστών των δυτικών εργαστηρίων βρέθηκε από τα αντίστοιχα ερωτηματολόγια που έγιναν στους χώρους αυτούς. Δηλαδή κατά μέσο όρο 15 άτομα. Οι ώρες λειτουργίας τους είναι όμοιες με τις ώρες λειτουργίας του Αμφιθέατρο, δηλαδή από τις 9 το πρωί μέχρι τις 1 το μεσημέρι.

Ο αριθμός των χρηστών των Βόρειων γραφείων βρέθηκε με διάφορες παραδοχές. Αρχικά εξετάστηκαν τα δεδομένα από τα ερωτηματολόγια και βρέθηκε ότι τα γραφεία αποτελούνται από 1 ή 2 άτομα ανά γραφείο. Επίσης πολλά από αυτά τα γραφεία δεν λειτουργούν ταυτόχρονα οπότε καταλήξαμε ότι θα υπάρχουν περίπου 0.06 χρήστες ανά  $m^2$ . Αυτό αντιστοιχεί περίπου σε 1.5 χρήστες ανά γραφείο (προσεγγιστικά). Όσον αφορά τις ώρες λειτουργίας τους ο υπολογισμός τους είναι αρκετά περίπλοκος αλλά βασιστήκαμε στο γεγονός ότι η αιχμή παρατηρείται τις ώρες από τις 8 το πρωί μέχρι τις 5 το απόγευμα. Επίσης υπάρχει και ένας μικρός αριθμός χρηστών που παραμένει στο κτίριο μέχρι και τις 9 το βράδυ. Για τους χρήστες των Νότιων γραφείων ισχύει η ίδια παραδοχή με τα Βόρεια γραφεία όπως και για τους χρήστες των Ανατολικών γραφείων.

Παρακάτω φαίνονται όλες οι τιμές που δόθηκαν στο Πρόγραμμα στην καρτέλα **People**.

Εικόνα 5.23, IDF-Editor (People)

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7
Name		People_Amifiteatro	PeopleGramateia	PeopleVivliothkhk	PeopleWestErgasth	PeopleBoreiaGrafei	PeopleNoteiaGrafei	PeopleEastGrafea
Zone or ZoneList Name		Amifiteatro	Grammateia	Vivliothkhk	WestErgasthria	BoreiaGrafea	NoteiaGrafea	EastGrafea
Number of People Schedule Name		Amifiteatro People	Grammateia People	Amifiteatro People	Amifiteatro People	Grafea Schedule	Grafea Schedule	Grafea Schedule
Number of People Calculation Method		People	People	People	People	People/Area	People/Area	People/Area
Number of People		60	5	2	15			
People per Zone Floor Area	person/m2					0.06	0.06	0.06
Zone Floor Area per Person	m2/person							
Fraction Radiant		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Amifiteatro People	Grammateia People	Amifiteatro People	Amifiteatro People	Grafea Schedule	Grafea Schedule	Grafea Schedule
Carbon Dioxide Generation Rate	m3/s-w	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382	0.000000382
Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings		No	No	No	No	No	No	No
Mean Radiant Temperature Calculation Type		ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged	ZoneAveraged
Surface Name/Angle Factor List Name								
Work Efficiency Schedule Name								
Clothing Insulation Schedule Name								
Air Velocity Schedule Name								
Thermal Comfort Model 1 Type								
Thermal Comfort Model 2 Type								

## 5.7.2 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Όπως και οι χρήστες έτσι και ο τεχνητός φωτισμός που υπάρχει σε ένα κτίριο προσδίδει θερμικά κέρδη. Ο τεχνητός φωτισμός του κτιρίου Φυσικής περιλαμβάνει τις εξής κατηγορίες λαμπτήρων: Φθορίου με ανακλαστήρες (90Watt/ανά φωτιστικό σώμα), Φθορίου διπλό με ανάκλαση (90Watt/ανά φωτιστικό σώμα), Απλό (μονό) (42Watt/ανά φωτιστικό σώμα), Φθορίου διπλό (90Watt/ανά φωτιστικό σώμα), Βιδωτή πυρακτώσεως (75Watt/ανά φωτιστικό σώμα).

Αναλυτικά τα στοιχεία για τον τεχνητό φωτισμό σε κάθε χώρο του κτιρίου φαίνονται στο παράρτημα 1. Από τα στοιχεία που αντλήθηκαν κατά την καταγραφή του τεχνητού φωτισμού παρατηρήθηκε ότι κατά μέσο όρο η ισχύ του τεχνητού φωτισμού είναι περίπου  $11 \text{ Watt/m}^2$ . Όμως θα ήταν λάθος να θεωρηθεί η τιμή αυτή επειδή τα γραφεία δεν είναι σε διαρκή χρήση όλα μαζί συνεχώς καθώς επίσης ότι δεν χρησιμοποιούνται όλοι οι λαμπτήρες συνεχώς. Άρα κατάλληλη τιμή είναι περίπου  $7 \text{ Watt/m}^2$ . Ο κακός φυσικός φωτισμός αναγκάζει τους χρήστες να χρησιμοποιούν παραπάνω από την μέση ισχύ του τεχνητού φωτισμού που έχουν στη διάθεση τους. Αυτό αποδεικνύεται και από τα ερωτηματολόγια και τις μετρήσεις φυσικού φωτισμού όπως θα δούμε στην συνέχεια.

Το **Fraction Radiant** που δόθηκε στο πρόγραμμα είναι το κλάσμα της θερμότητας που εισχωρεί στη ζώνη, όπως μεγάλου μήκους κύματος (θερμική) ακτινοβολία. Το πρόγραμμα υπολογίζει πόσες φορές αυτή η ακτινοβολία απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες. Τυπική τιμή είναι 0.42

Το **Fraction Visible** είναι το κλάσμα της θερμότητας από τα φώτα που εισχωρεί στη θερμική ζώνη ως ορατή (βραχέα κύματα) ακτινοβολίας. Το πρόγραμμα υπολογίζει πόσες φορές αυτή η ακτινοβολίας απορροφάται από τις εσωτερικές επιφάνειες τις θερμικής ζώνης. Τυπική τιμή είναι 0.18 [50]

Παρακάτω φαίνονται οι τιμές τις οποίες δώσαμε σε κάθε θερμική ζώνη στο πρόγραμμα για να τρέχει. Επίσης δεν έχει γίνει η παραδοχή ότι όλοι οι λαμπτήρες θα βρίσκονται σε λειτουργία όταν ο χώρος είναι σε χρήση. Αυτό προκύπτει από επί τόπου έρευνες στους χώρους του κτιρίου. Δηλαδή ένα μέρος αυτών θα είναι σε λειτουργία.

Εικόνα 5.23, IDF-Editor (Lights)

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		Lights Amfitheatro	Lights Grammateia	Lights Viviothkhk	Lights WestErgasthi	Lights BoreiaGrafeia	Lights NoteiaGrafeia	Lights Diadromoi012	Lights EastGrafeia	Lights EastDiadromo	Lights Ypogeio
Zone or ZoneList Name		Amfitheatro	Grammateia	Viviothkhk	WestErgasthia	BoreiaGrafeia	NoteiaGrafeia	Diadromoi012	EastGrafeia	EastDiadromoi	Ypogeio
Schedule Name		Amfiteatro People	Grammateia People	Amfiteatro People	Amfiteatro People	Grafeia Schedule	Grafeia Schedule	Diadromoi Fwta	Grafeia Schedule	EastDiadromoiLight	Ypogeio Light
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area
Lighting Level	W										
Watts per Zone Floor Area	W/m2	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Watts per Person	W/person										
Return Air Fraction		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Fraction Replaceable		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
End-Use Subcategory		General	General	General	General	General	General	General	General	General	General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co											
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co 1/K											

Εδώ σημειώνεται ότι για την περίπτωση των διαδρόμων διαθέτουν αρκετά μεγάλο πλήθος τεχνητό φωτισμό επειδή ο φυσικός φωτισμός δεν είναι επαρκής. Τα φώτα τους διαδρόμους είναι ανοικτά όλη την διάρκεια της ημέρας από νωρίς το πρωί μέχρι αργά το βράδυ.



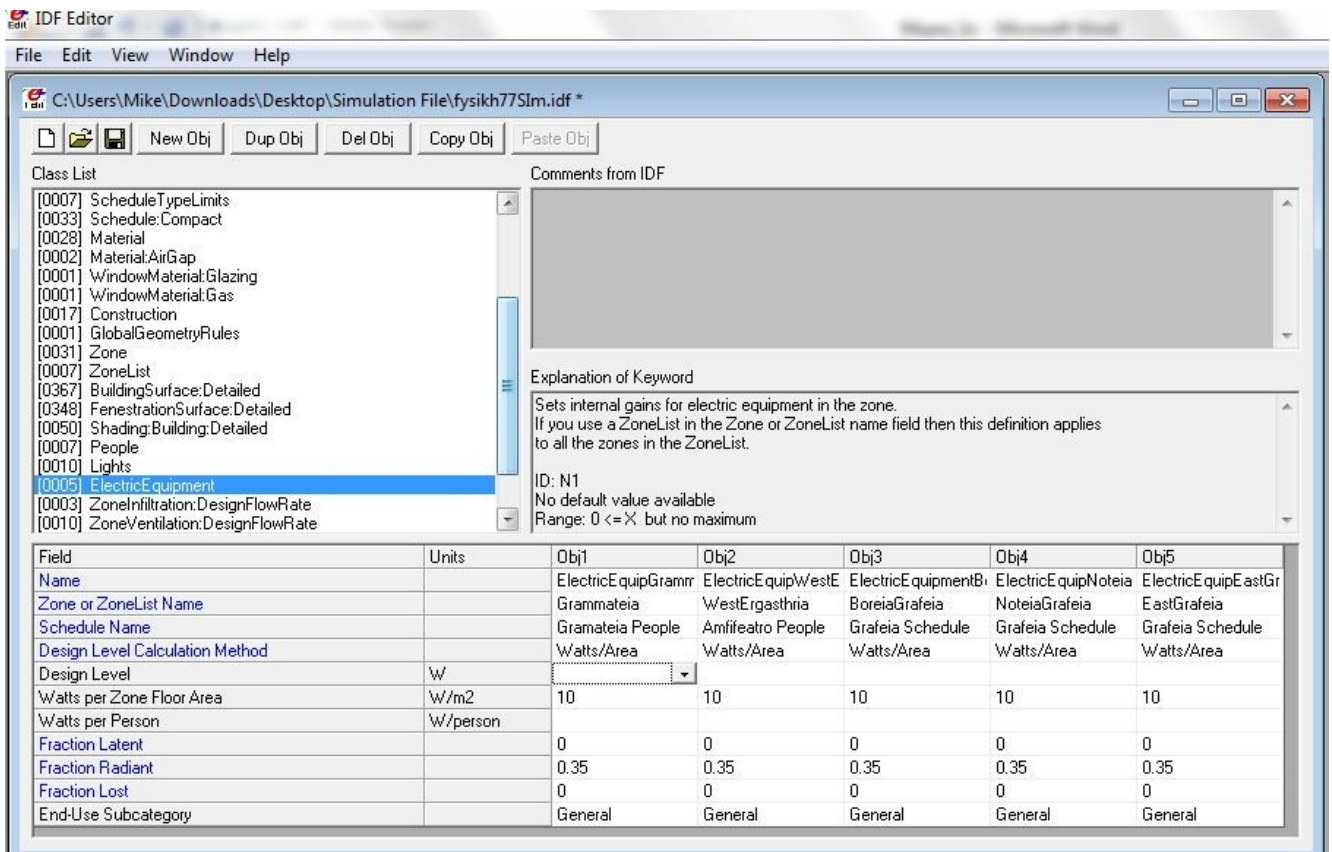
### 5.7.3 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Σε αυτό το σημείο εισάγεται στο πρόγραμμα ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός του κτιρίου. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός του κτιρίου δεν περιλαμβάνει κλιματιστικά συστήματα. Οι κατηγορίες ηλεκτρονικού εξοπλισμού του κτιρίου είναι οι εξής: Φρέζα ( 0.3 kW/συσκευή ), Τόρνος ( 0.4 kW/συσκευή ), PC ( 0.25 kW/συσκευή ), Δικτυακός εκτυπωτής ( 0.65 kW/συσκευή ), Λέιζερ ( 0.25 kW/συσκευή ), Ψυγείο ( 0.06 kW/συσκευή ), Φούρνος ( 5 kW/συσκευή ), Εκπαιδευτικά όργανα ( 0.6 kW/συσκευή ), Φούρνος μικροκυμάτων ( 0.3 kW/συσκευή ). Αναλυτικά ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός για κάθε χώρο του κτιρίου φαίνεται στο παράρτημα 2.

Εδώ και πάλι σύμφωνα με τα στοιχεία που αντλήθηκαν από την καταγραφή του ηλεκτρονικού εξοπλισμού προκύπτουν ότι θα έχουμε ισχύ περίπου 12 Watt/m<sup>2</sup> αλλά επειδή δεν βρίσκονται όλα διαρκώς σε χρήση την ίδια ακριβώς στιγμή υποθέτουμε ότι 10 Watt/m<sup>2</sup> είναι αντιπροσωπευτικά. Οι ηλεκτρονικές συσκευές αναφέρονται κυρίως στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που υπάρχει σχεδόν σε κάθε γραφείο και όχι για τα εργαστηριακά όργανα τα οποία πολλά από αυτά παραμένουν παραμελημένα.

Παρακάτω φαίνονται οι τιμές που δόθηκαν σε κάθε θερμική ζώνη για την προσομοίωση στην καρτέλα **Electric Equipment**.

Εικόνα 5.23, IDF-Editor (Electric Equipment)





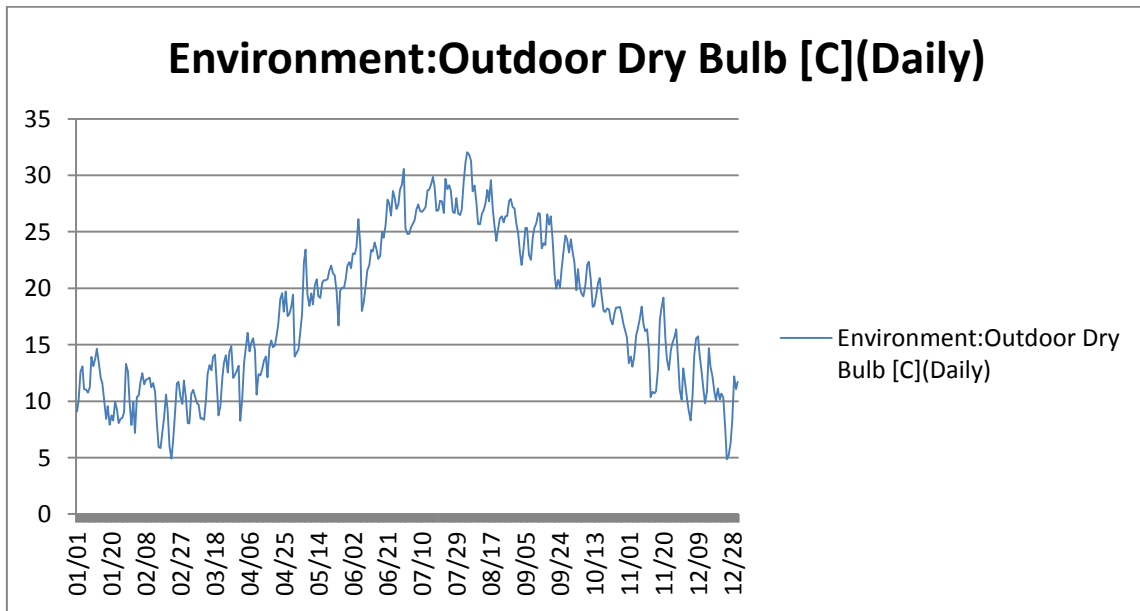
## 5.8 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του κτιρίου Φυσικής επιλέχθηκαν από τα **weather data** του **energy plus** σε μορφή **.epw**. Δυστυχώς δεν μπορούσαμε να πάρουμε φετινά δεδομένα για το κλίμα της περιοχής γύρω από το κτίριο Φυσικής. Όμως τα κλιματολογικά δεδομένα δεν απέχουν αρκετά από την πραγματικότητα. Επίσης, λόγω αυτού του προβλήματος θα είναι αδύνατον να συγκρίνουμε τις θερμοκρασίες που προκύπτουν από τα θερμογρόμετρα με τις μετρήσεις από την προσομοίωση.

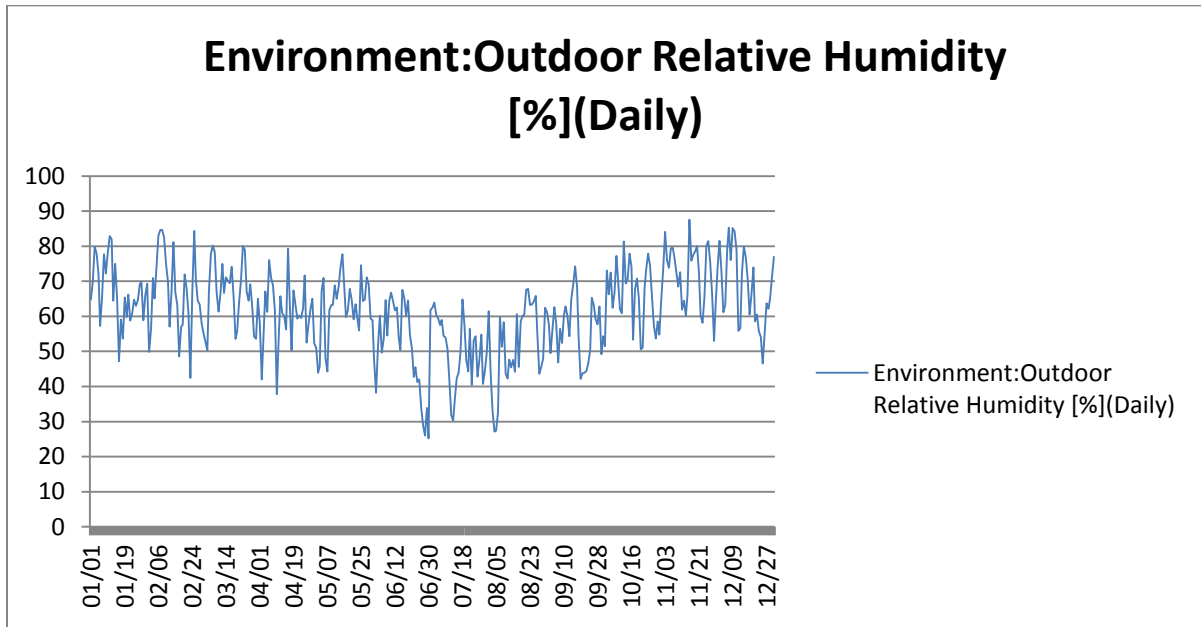
Πιο συγκεκριμένα τα κλιματολογικά δεδομένα που χρησιμοποιεί που **energyplus** για την προσομοίωση προκύπτουν από τοπικούς σταθμούς και στοιχεία για κάθε περιοχή σε προεπιλεγμένους χρόνους. Για να μπορέσουμε να γίνει χρήση των κλιματολογικών συνθηκών πρέπει το κτίριο να ανήκει σε ακτίνα γύρω από αυτόν το σταθμό περίπου 30-50km και επίσης το υψόμετρο του κτιρίου να βρίσκεται μερικές εκατοντάδες μέτρα. Το κτίριο Φυσικής τηρεί όλα τα κριτήρια οπότε μπορεί να γίνει η χρήση τους.

Στα παρακάτω διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται τα κλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του κτιρίου Φυσικής. Σημειώνεται ότι επειδή δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους καθώς και της ταχύτητας του ανέμου χρησιμοποιήθηκαν οι προτεινόμενες τιμές. Δηλαδή η θερμοκρασία του εδάφους θεωρήθηκε ίση με 18°C καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Αυτή η θερμοκρασία παρατηρείται μόλις μερικά μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Πάντως οι αποκλίσεις είναι πολύ μικρές με τα πραγματικά δεδομένα. Το διάγραμμα της ταχύτητας του ανέμου φαίνεται παρακάτω.

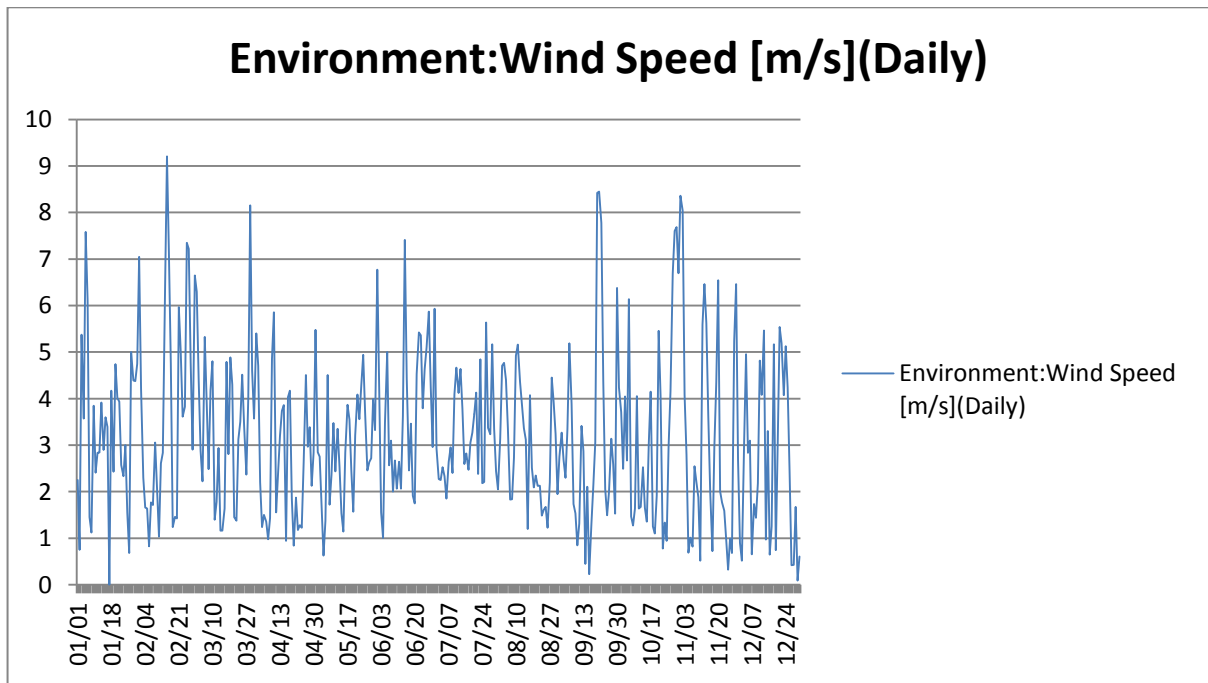
Εικόνα 5.24, Μέση Ημερήσια εξωτερική θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 5.25, Μέση Ημερήσια Εξωτερική Σχετική Υγρασία Αέρα



Εικόνα 5.26, Μέση Ημερήσια Εξωτερική Ταχύτητα Ανέμου



# 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

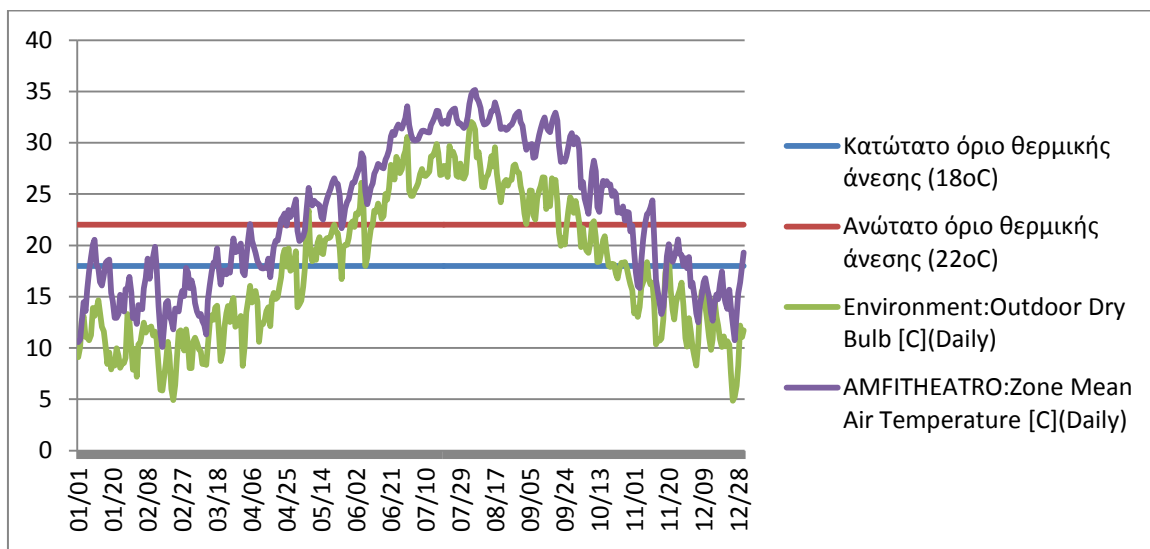
## 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει θερμική ανάλυση του κτιρίου Φυσικής. Αρχικά θα δούμε τις συνθήκες από άποψη θερμοκρασίας και υγρασίας για όλες τις ζώνες του κτιρίου και για όλο τον χρόνο ώστε να διαπιστωθούν αν υπάρχουν προβλήματα, ποιες περιόδους εμφανίζονται και που οφείλονται. Θα εξετάσουμε ξεχωριστά τις θερμικές ζώνες του Αμφιθεάτρου, της Βιβλιοθήκης και τις γραμματείας ενώ τις υπόλοιπες θερμικές ζώνες θα τις ομαδοποιήσουμε όπως φαίνεται στην αρχή του κεφαλαίου 5. Δηλαδή θα εξετάσουμε κάθε πλευρά του κτιρίου ξεχωριστά (Βόρεια – Νότια – Ανατολική - Δυτική) ώστε να βρούμε διαφορές ανάμεσα τους. Οι θερμοκρασίες κάθε θερμικής ζώνης θα συγκρίνεται με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Ακολούθως θα δούμε και κάποια άλλα στοιχεία για την θερμική ανάλυση, όπως τα κέρδη και οι απώλειες θερμότητας από τα ανοίγματα, τον φυσικό φωτισμό, τους χρήστες του κτιρίου και τις ηλεκτρονικές συσκευές.

## 6.2 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΖΩΝΗ

Εικόνα 6.1, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στο Αμφιθέατρο



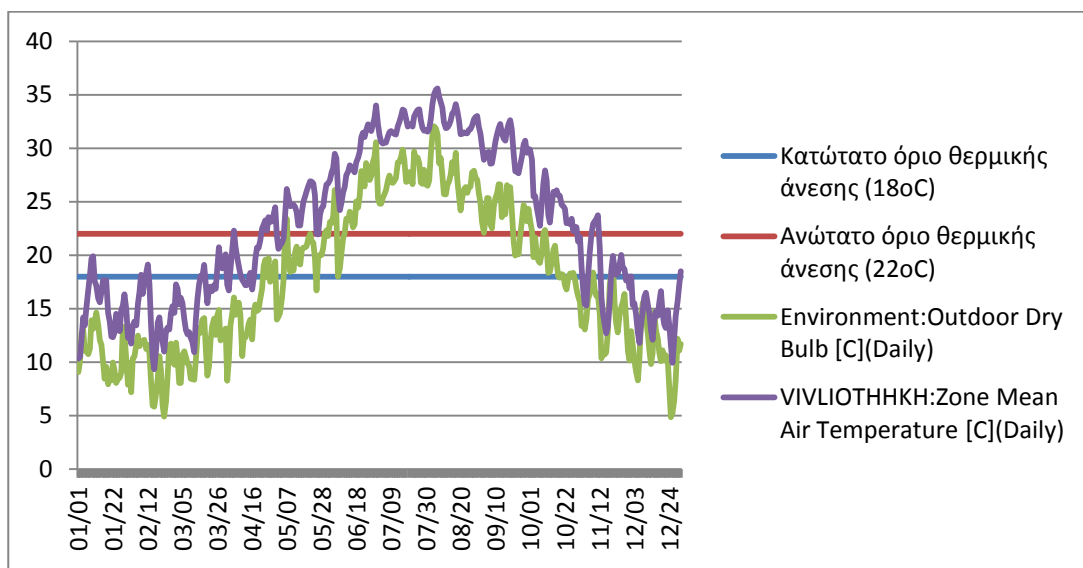
Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στη θερμική ζώνη του αμφιθέατρου. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα υπάρχουν πολλά προβλήματα κυρίως την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο και οποία η θερμοκρασία μέσα στην θερμική ζώνη βρίσκεται εκτός του κατώτατου και του ανώτατου ορίου θερμικής άνεσης αντίστοιχα.

Την χειμερινή περίοδο παρατηρούμαι ότι η θερμοκρασία βρίσκεται συνεχώς κάτω από τα όρια θερμικής άνεσης, πράγμα που οδηγεί σε πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Επίσης η έλλειψη θερμομόνωσης καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες που υπάρχουν στο αμφιθέατρο οδηγούν σε αυτές τις συνθήκες. Τα πολλά ανοίγματα μπορούμε να πούμε ότι παίζουν το ρόλο ενός παθητικού

ηλιακού συστήματος θέρμανσης το οποίο αυξάνει την θερμοκρασία στο χώρο όμως δημιουργεί μεγάλα προβλήματα την καλοκαιρινή περίοδο.

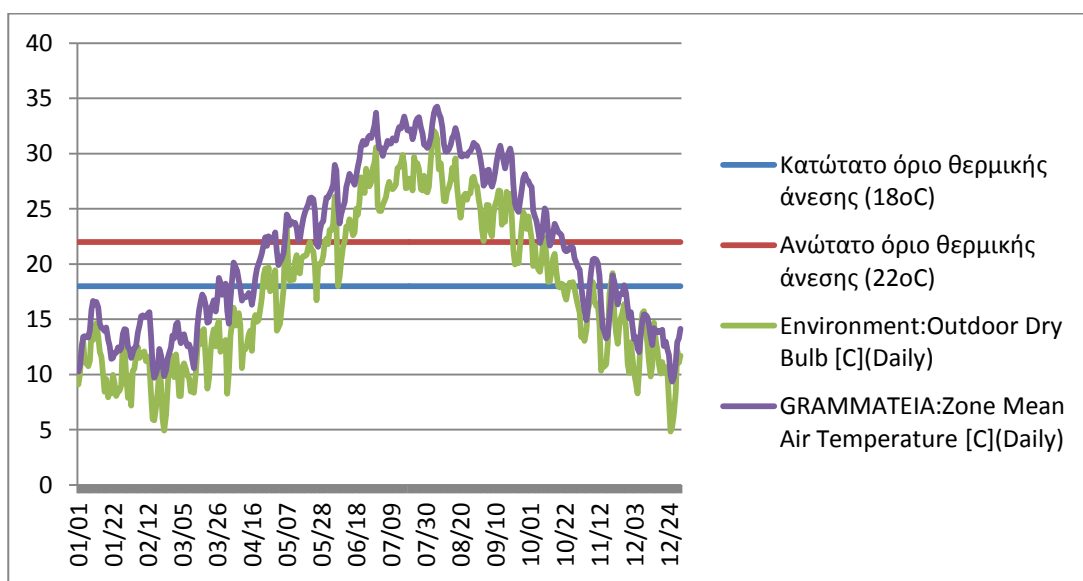
Κατά την περίοδο του καλοκαιριού υπάρχει μεγάλο πρόβλημα, όχι μόνο κατά την περίοδο του Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου όπου το αμφιθέατρο είναι εκτός λειτουργίας αλλά και μήνες όπως ο Ιούνιος όπου καταγράφονται θερμοκρασίες μέχρι και 31°C. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει κατ' αρχάς σκίαση στα νότια ανοίγματα του και δεύτερον θερμομόνωση η οποία να εμποδίζει την θερμοκρασία. Ακόμα δεν υπάρχει νυκτερινός δροσισμός (παρόλο που υπάρχει κατάλληλος μηχανισμός για να γίνει αυτόματα) άρα τα δομικά στοιχεία δεν μπορούν να αποδώσουν «δροσιά» στους χρήστες του την επόμενη ημέρα με χρονική υστέρηση.

Εικόνα 6.2, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στη Βιβλιοθήκη/Αναγνωστήριο



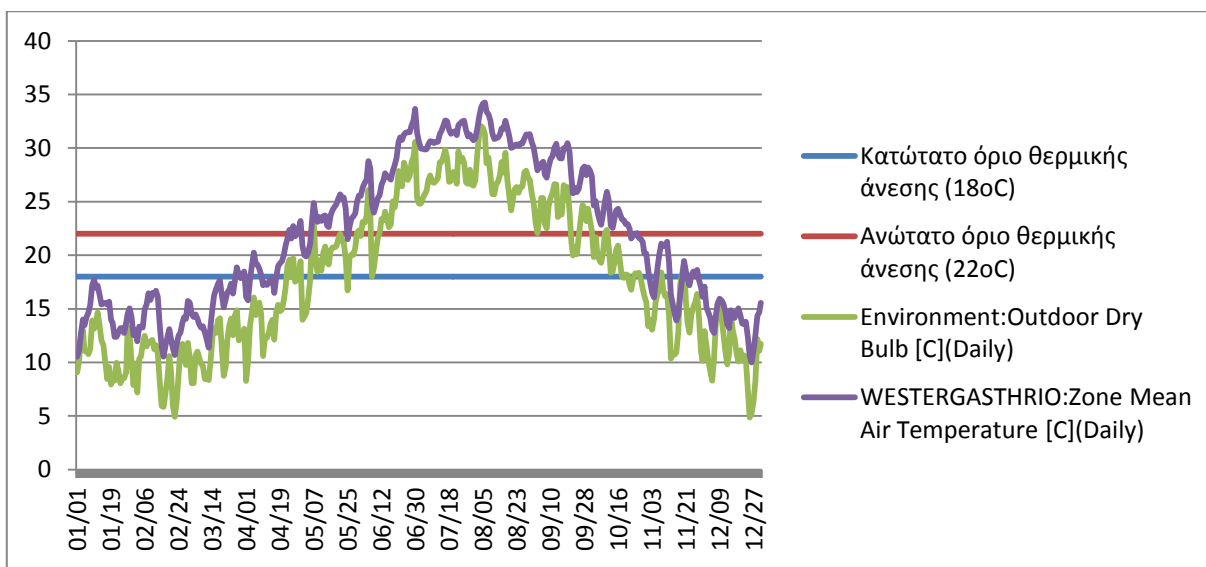
Ο προσανατολισμός και τα χαρακτηριστικά της βιβλιοθήκης είναι ακριβώς τα ίδια με του Αμφιθέατρο οπότε τα προβλήματα είναι αντίστοιχα.

Εικόνα 6.3, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στη Γραμματεία



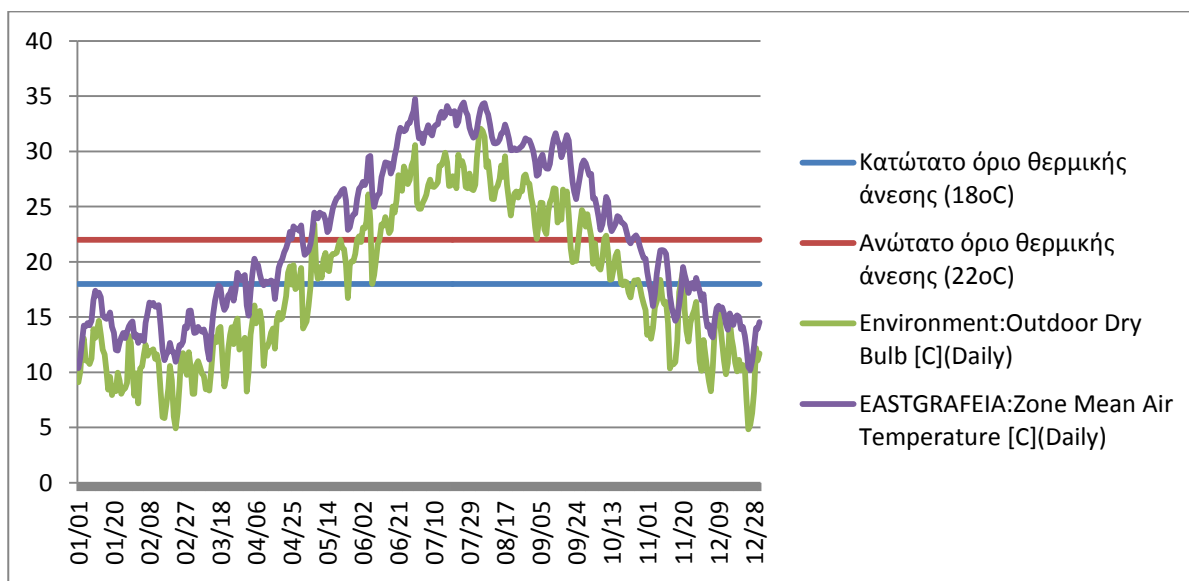
Κατά την χειμερινή περίοδο ο χώρος της γραμματείας δεν έχει κάποια οφέλη από την ηλιακή ακτινοβολία επειδή δεν υπάρχει κάποιο άνοιγμα στην νότια πλευρά που να βοηθάει σε αυτό. Οι χρήστες της οι οποίοι βρίσκονται εκεί από τις 8:00 το πρωί μέχρι τις 16:00 αναγκάζονται να χρησιμοποιούν τα κλιματιστικά ώστε να θερμαίνονται ή να δροσίζονται για το μεγαλύτερο διάστημα του έτους. Επίσης αντιμετωπίζει τα ίδια προβλήματα όπως με την θερμομόνωσης οροφής και τοιχοποιίας.

Εικόνα 6.4, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην Δυτική πλευρά του κτιρίου



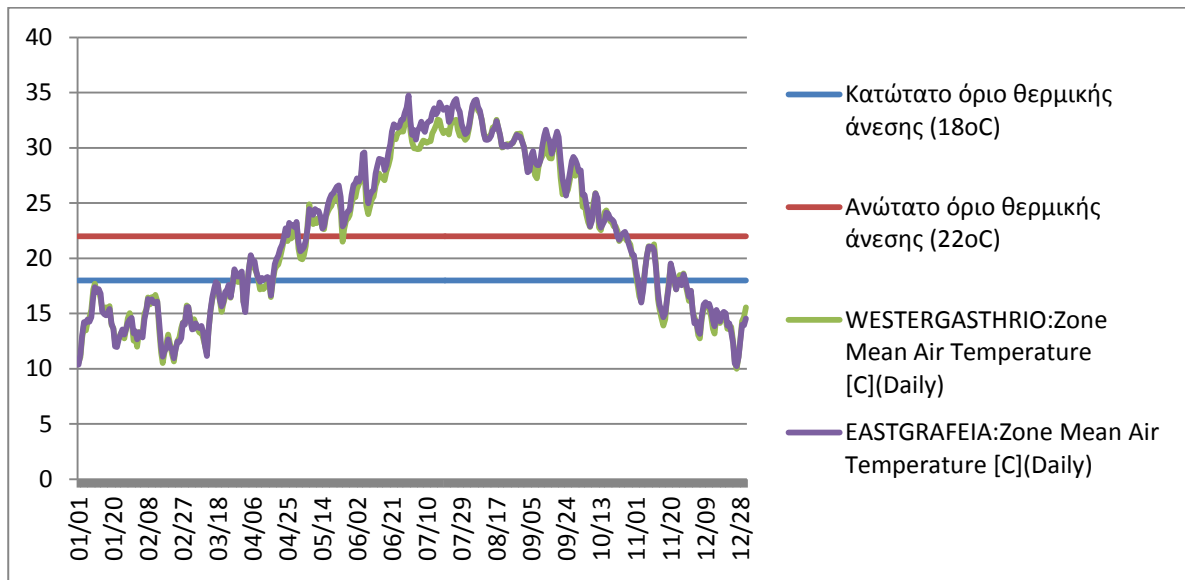
Οι συνθήκες θερμικής άνεσης στην δυτική πλευρά του κτιρίου είναι εξίσου δυσάρεστες για τους χρήστες σχεδόν όλη την διάρκεια του έτους όπως συμβαίνει και με τις άλλες μέχρι τώρα περιπτώσεις.

Εικόνα 6.5, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην Ανατολική πλευρά του κτιρίου



Και στην ανατολική πλευρά παρατηρούμαι ότι υπάρχουν πολλά προβλήματα και κυρίως κατά την διάρκεια των θερινών μηνών κατά την διάρκεια των οποίων οι χρήστες είναι αναγκασμένοι να κλείνουν με κουρτίνες τα παράθυρα ώστε να αποτρέψουν την υπερθέρμανση του κτιρίου με άμεση μείωση όμως του φυσικού φωτισμού. Παρακάτω γίνεται μια σύγκριση μεταξύ της ανατολικής και της δυτικής πλευράς.

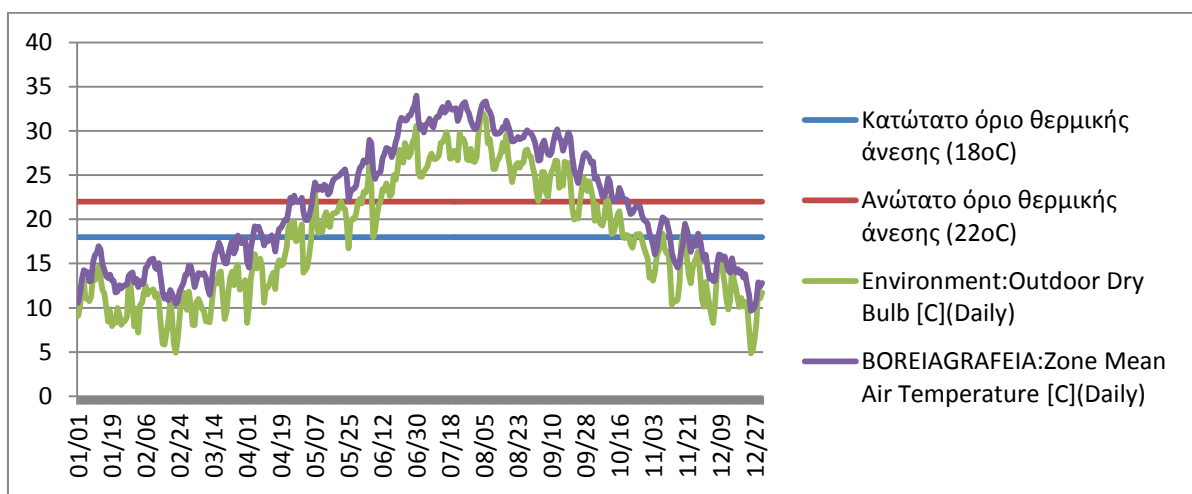
Εικόνα 6.6, Σύγκριση μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα Ανατολικής-Δυτικής πλευράς



Παρατηρούμαι ότι:

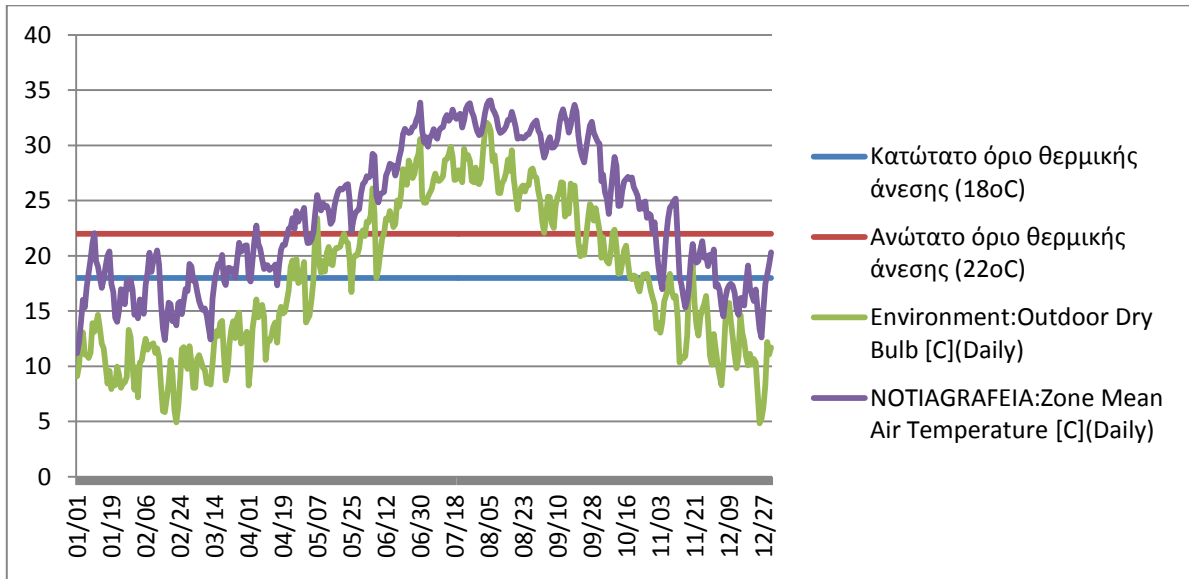
- Και οι δύο πλευρές αντιμετωπίζουν τα ίδια προβλήματα χειμώνα/καλοκαίρι.
- Το καλοκαίρι δεν υπάρχει κατάλληλη κατακόρυφη σκίαση (π.χ. από δέντρα) ώστε να εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να υπερθερμάνει το κτίριο, και κυρίως στην δυτική πλευρά.

Εικόνα 6.7, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα Βορειών Γραφείων



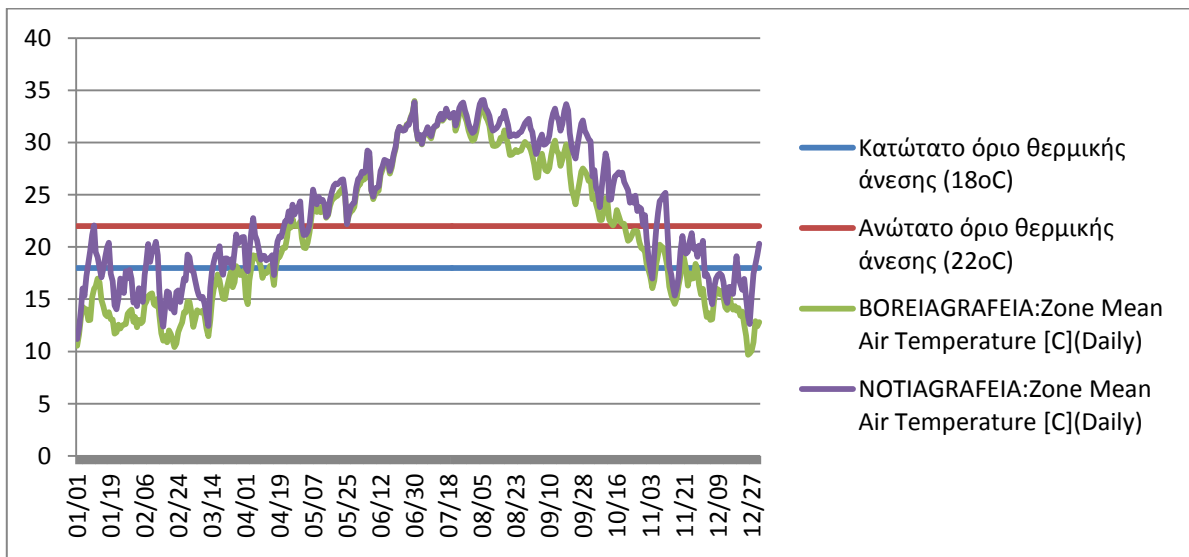
Στα βορεινά γραφεία η θερμοκρασία το χειμώνα είναι αρκετά χαμηλή λόγω των απωλειών θερμότητας από τα ανοίγματα και την έλλειψη θερμομόνωσης την τοιχοποιία της κατασκευής. Το καλοκαίρι όμως τα πράγματα είναι καλύτερα σε σχέση με άλλες θερμικές ζώνες λόγω του προσανατολισμού τους και από το γεγονός ότι λαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία με έμμεσο τρόπο μέσω διάχυσης. Ακόμα σημαντικό ρόλο παίζουν και τα κατακόρυφα σκίαστρα που υπάρχουν σε εκείνη την πλευρά τα οποία όμως μειώνουν το φυσικό φωτισμό και αυξάνουν τις απαιτήσεις για τεχνητό φωτισμό.

Εικόνα 6.8, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα Νότιων Γραφείων



Στα νότια γραφεία παρατηρούμαι ότι είναι γενικά πιο θερμά κατά τους χειμερινούς μήνες λόγω των μεγάλων ανοιγμάτων του και της λειτουργίας τους ένα παθητικό σύστημα θέρμανσης αλλά από την άλλη πλευρά η έλλειψη οριζόντιων σκίαστρων οδηγεί στην υπερθέρμανση του το καλοκαίρι.

Εικόνα 6.9, Σύγκριση μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα Βόρειας-Νότιας πλευράς

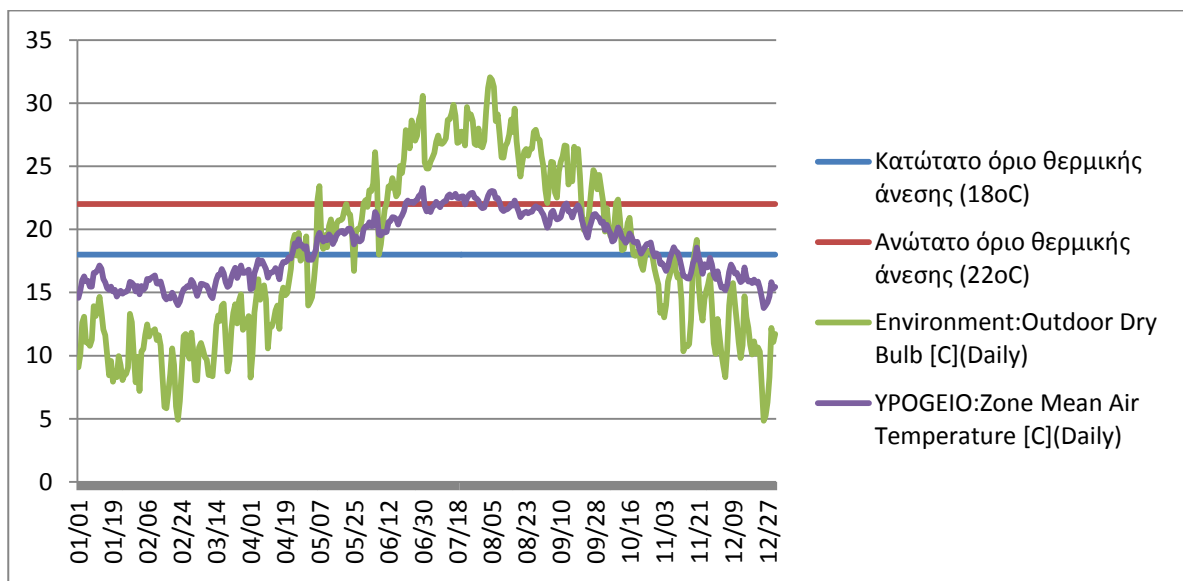




Με αυτήν την σύγκριση παρατηρούμαι τα εξής:

- Τα Νότια γραφεία έχουν καλύτερη συμπεριφορά το χειμώνα επειδή η ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από το Νότο δημιουργεί ένα σύστημα παθητικού ηλιακού συστήματος. Από την άλλη για τα Βόρεια γραφεία δεν ισχύει κάτι τέτοιο αφού λαμβάνουν την ηλιακή ακτινοβολία με έμμεσο τρόπο
- Τα Βόρεια γραφεία έχουν λίγο καλύτερη συμπεριφορά το καλοκαίρι αν και η διαφορά μεταξύ τους δεν είναι μεγάλη. Στα Νότια γραφεία παρατηρείται υπερθέρμανση το καλοκαίρι εξαιτίας κατά κύριο λόγο της έλλειψης σκίασης ώστε να εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό της
- Και οι δύο πλευρές δεν έχουν κανένα όφελος από τον φυσικό νυκτερινό δροσισμό αφού δεν αφήνεται κανένα παράθυρο ανοικτό ώστε να έχουμε απόδοση της θερμοκρασίας από τα δομικά στοιχεία με χρονική υστέρηση.
- Έλλειψη θερμομόνωσης για προστασία του κτιρίου και για εξοικονόμηση ενέργειας

Εικόνα 6.10, Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στην θερμική ζώνη του υπογείου



Στην εικόνα 5.35 φαίνεται η μέση ημερήσια θερμοκρασία του υπογείου. Παρατηρείται ότι καθ' όλη την διάρκεια του έτους η διακύμανση της θερμοκρασίας είναι μεταξύ του 15°C με 23°C, δηλαδή αρκετά κοντά στα αποδεκτά επίπεδα θερμικής άνεσης και αυτό επειδή δεν έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία αλλά η μόνη θερμοκρασία που το επηρεάζει είναι του εδάφους που είναι σταθερή όλο το χρόνο ίση με 18°C.

### 6.3 ΜΕΣΗ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΕΡΑ ΣΕ ΚΑΘΕ ΖΩΝΗ

Στην συνέχεια θα εξάγουμε αποτελέσματα για την θερμική άνεση όσον αφορά την σχετική υγρασία που έχουμε στις θερμικές ζώνες. Η περιοχή άνεσης κυμαίνεται μεταξύ 17°C και σχετική

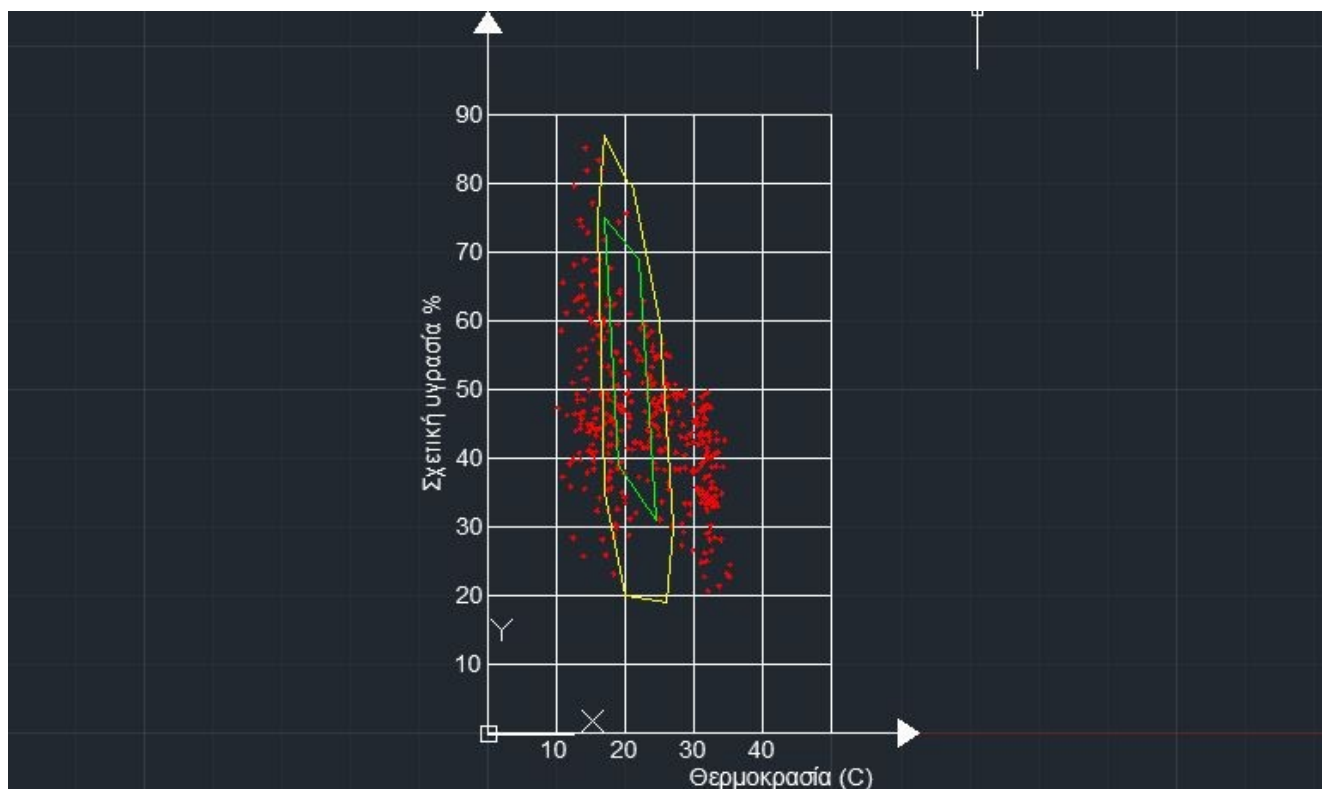
υγρασία 75% και 24°C με σχετική υγρασία 35%. Γύρω από αυτήν την περιοχή υπάρχει μια ζώνη όπου οι συνθήκες είναι ανεκτές.

Εικόνα 6.11, Περιοχή άνεσης ανάλογα με την σχέση θερμοκρασίας και υγρασίας(Πηγή: <http://www.monachos.gr>)



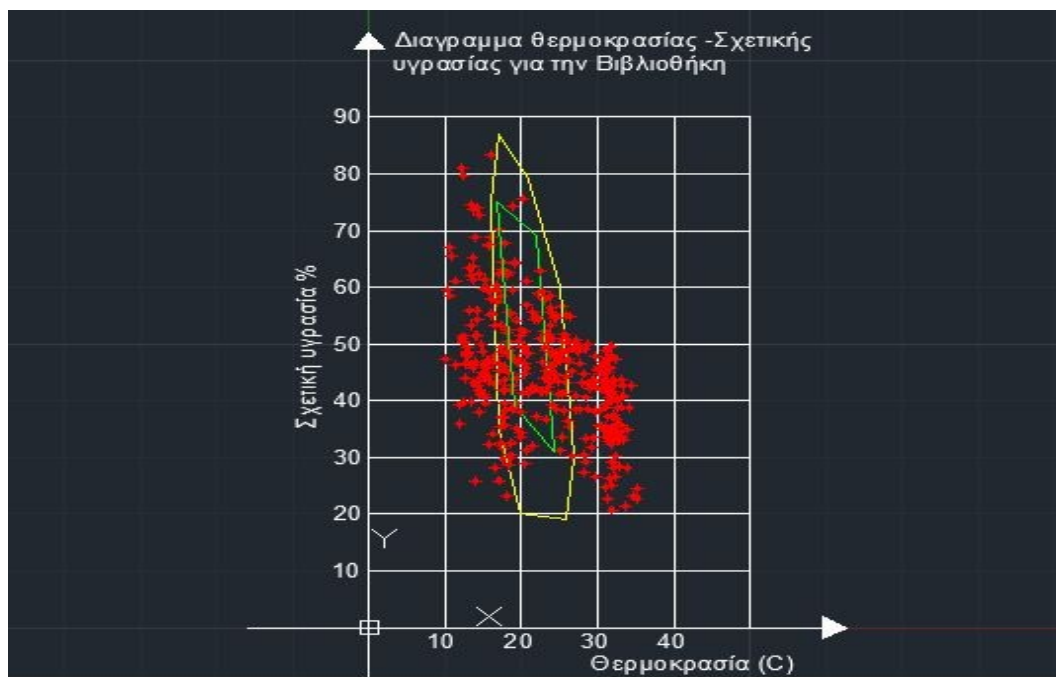
Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα θα γίνει έλεγχος εάν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης του κτιρίου ικανοποιούν τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Σχεδιάζουμε το διάγραμμα θερμοκρασία-σχετική υγρασία για κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών.

Εικόνα 6.12, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για το Αμφιθέατρο



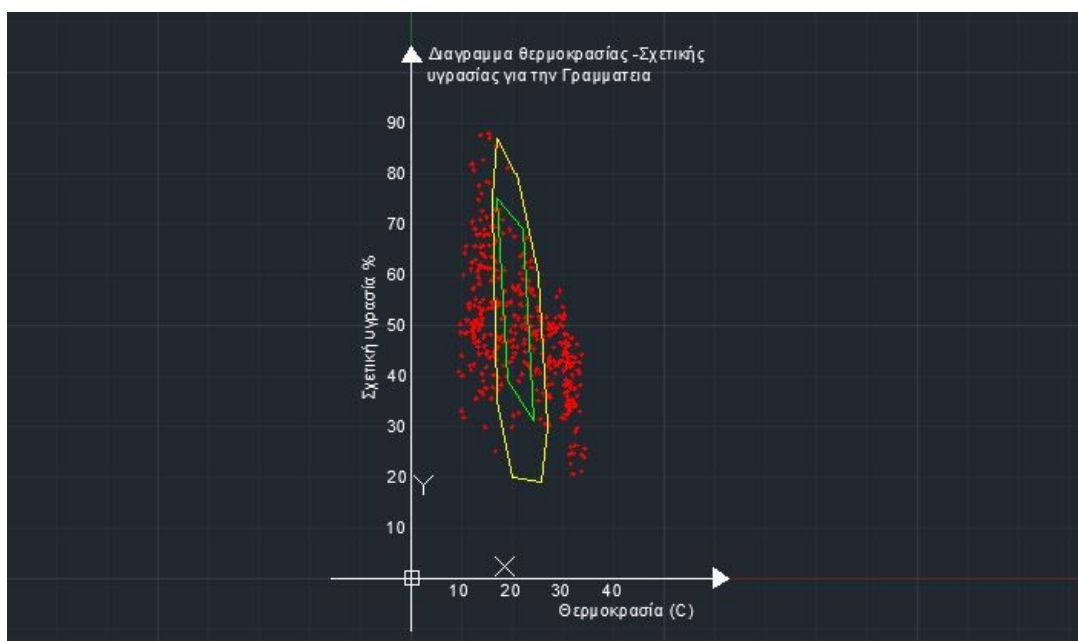
Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμαι ότι οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο Αμφιθέατρο είναι αρκετά δυσάρεστες. Τα περισσότερα από τα σημεία του διαγράμματος βρίσκονται έξω από την περιοχή του «Άνετα» ενώ ένα μικρό ποσοστό βρίσκεται μέσα στα ικανοποιητικά όρια. Έτσι αποδεικνύεται η άμεση ανάγκη για επέμβαση στο χώρο αυτό.

Εικόνα 6.13, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για την Βιβλιοθήκη



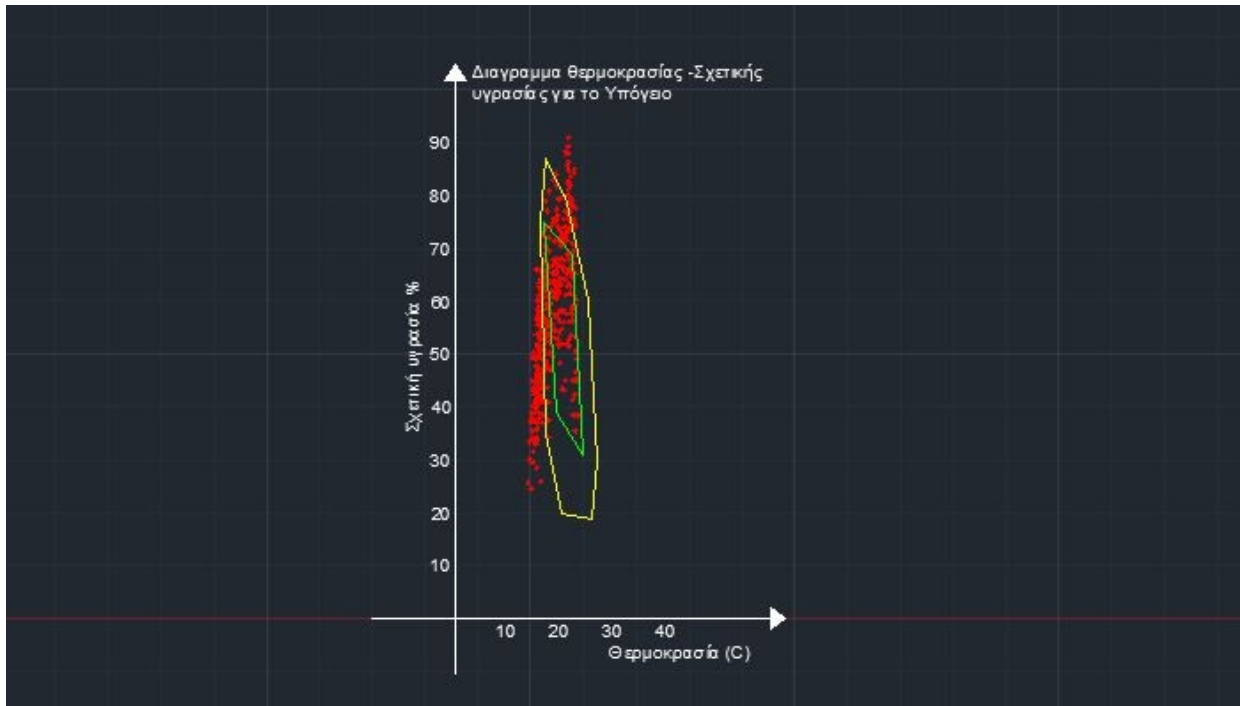
Όπως και στην περίπτωση του Αμφιθεάτρου έτσι και με την βιβλιοθήκη οι συνθήκες είναι αρκετά δυσάρεστες. Σχεδόν όλα τα σημεία βρίσκονται εκτός των ορίων θερμικής άνεσης. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμαι ότι το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση της γραμματείας.

Εικόνα 6.14, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Γραμματεία



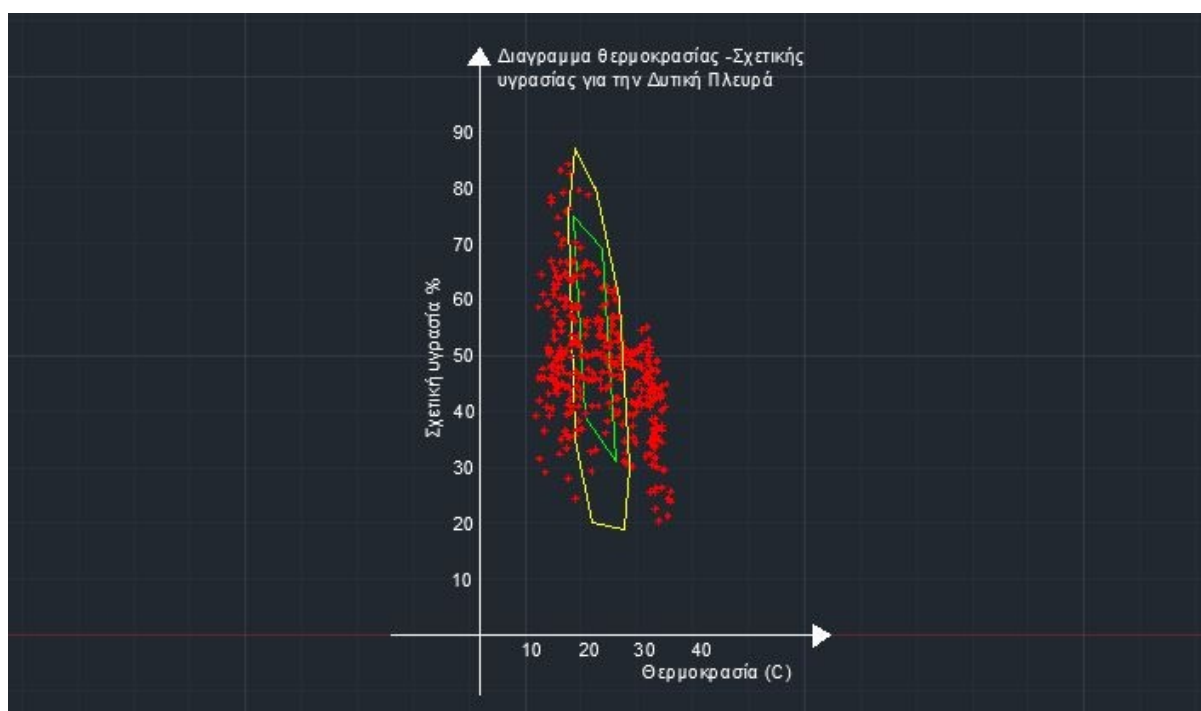
Οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο υπόγειο είναι σχετικά πιο ικανοποιητικές σε σχέση με τους υπόλοιπους χώρους κυρίως λόγω της μικρής διακύμανσης της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του έτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων βρίσκεται εντός των αποδεκτών ορίων.

Εικόνα 6.15, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για το Υπόγειο



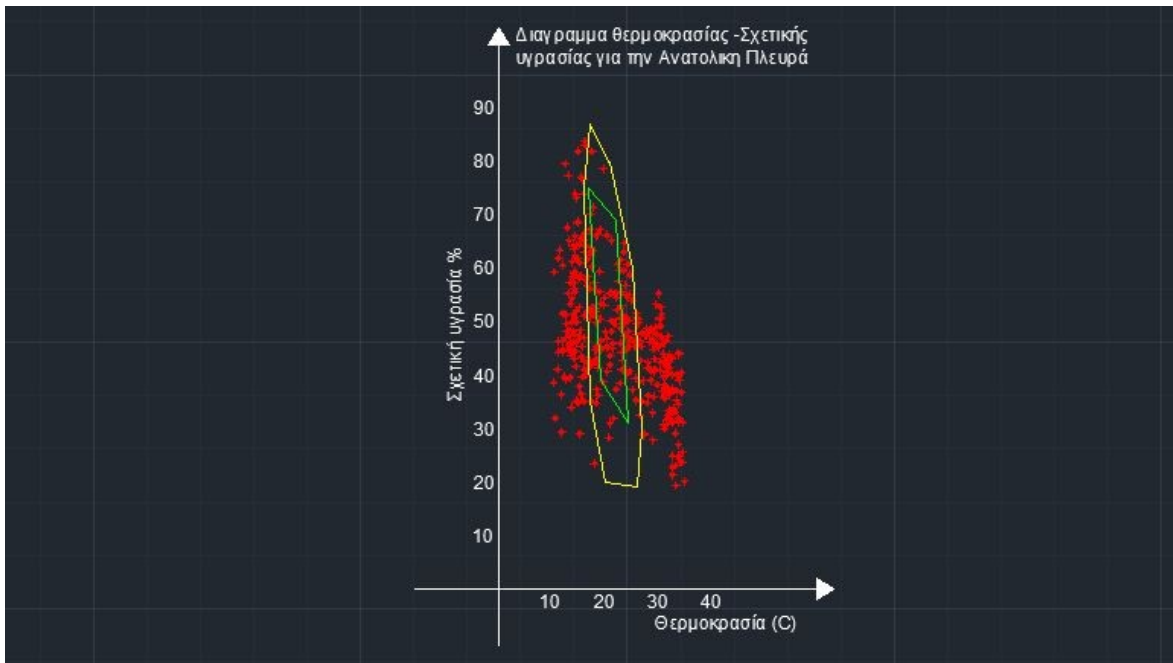
Στην δυτική πλευρά του κτιρίου παρατηρούμαι ότι οι συνθήκες θερμικής άνεσης ικανοποιούνται μόνο κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του Φθινοπώρου όπου τα σημεία βρίσκονται εντός της περιοχής άνεσης. Το καλοκαίρι και το χειμώνα είναι εκτός ορίων.

Εικόνα 6.16, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Δυτική πλευρά



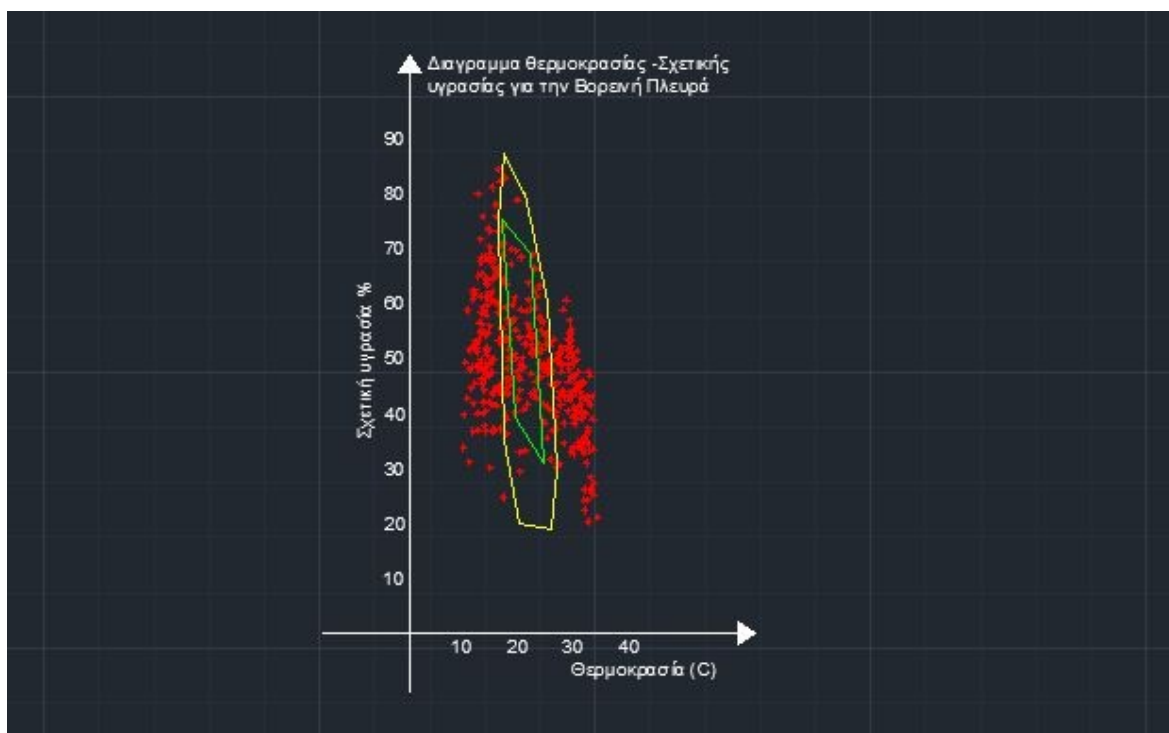
Η θερμική άνεση στην Ανατολική πλευρά παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά με την Δυτική πλευρά, δηλαδή κυρίως προβλήματα Χειμώνα και Καλοκαίρι.

Εικόνα 6.17, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για την Ανατολική πλευρά



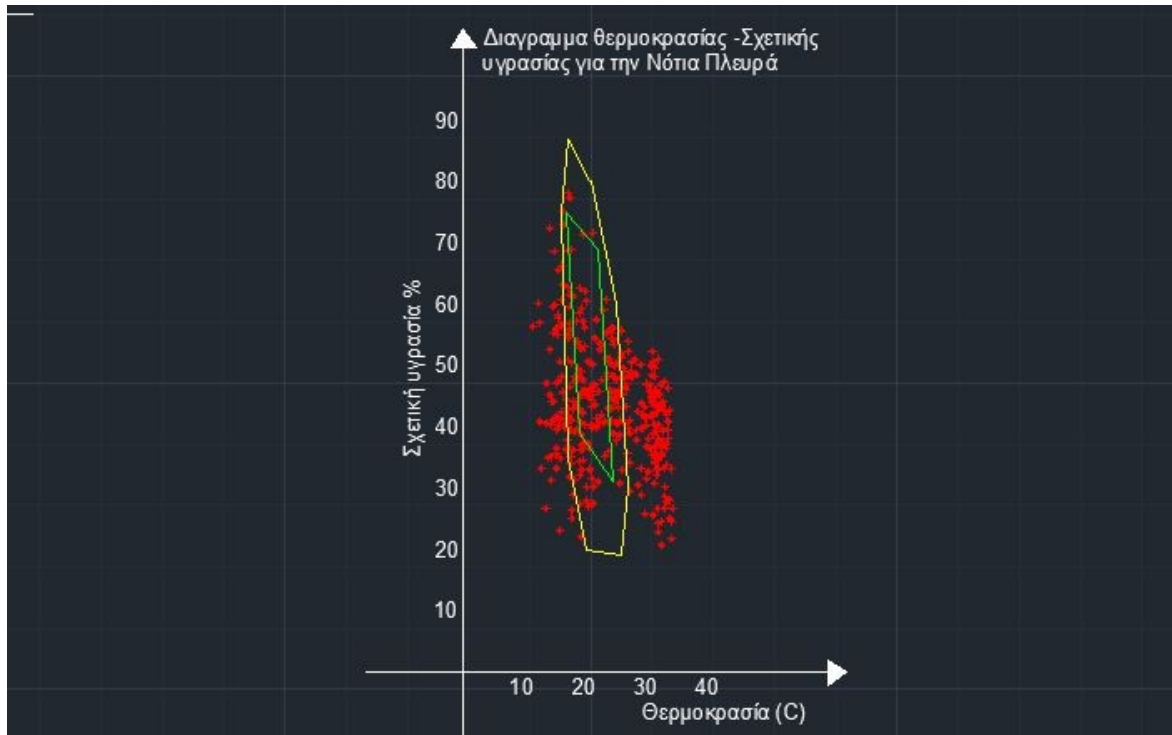
Στην βόρεια πλευρά το μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων βρίσκεται εκτός των ικανοποιητικών ορίων καθ' όλη την διάρκεια του έτους πράγμα που καθιστά την εργασία στους χώρους αυτούς αρκετά δύσκολη

Εικόνα 6.18, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Βόρεια πλευρά



Στην Νότια πλευρά οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι αρκετά καλύτερες. Σχεδόν όλα τα σημεία βρίσκονται εντός του ικανοποιητικού ορίου ενώ αρκετά από αυτά βρίσκονται ακόμα και στην άνετη περιοχή.

Εικόνα 6.19, Διάγραμμα θερμοκρασίας – Σχετικής υγρασίας για τη Νότια πλευρά



## 6.4 ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΛΟΓΩ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα, λειτουργεί ως ένα παθητικό σύστημα θέρμανσης για τον χώρο αυτόν προσδίδοντας του θερμότητα. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών ώστε να αυξήσουν την θερμοκρασία του χώρου ώστε να χρειαστεί λιγότερη ενέργεια για θέρμανση. Το κέρδος αυτό εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες όπως η τοποθεσία, η ημερομηνία και ώρα και ο προσανατολισμός του κτιρίου. Το κέρδος υπολογίζεται από:

$$Q_{sg} = F_c * F_s * q_{sg} * A_g$$

Όπου:

$Q_{sg}$  = κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων (W)

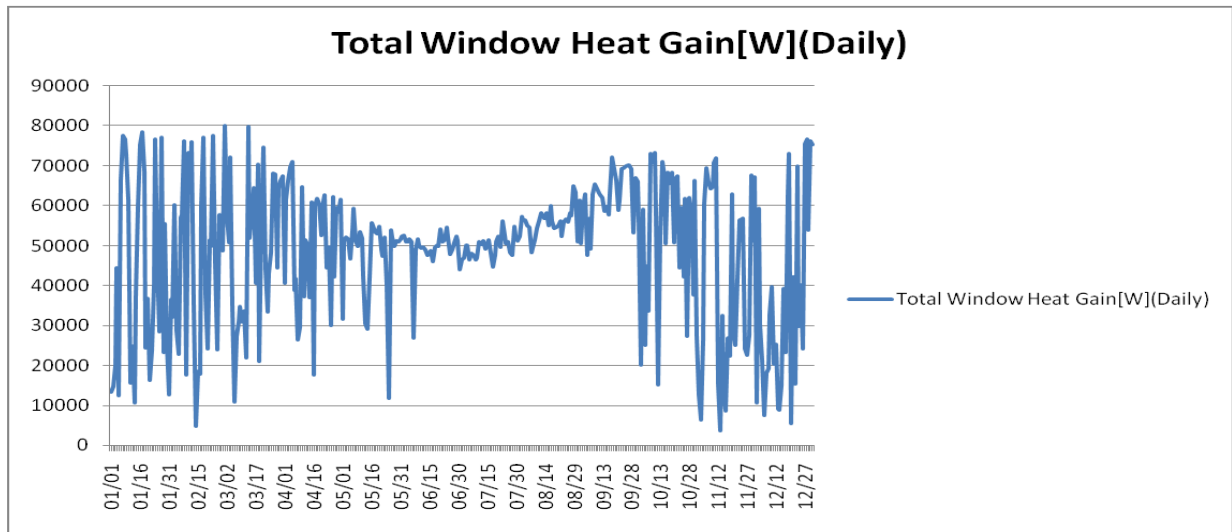
$q_{sg}$  = συντελεστής ψυκτικού φορτίου (W/m<sup>2</sup>)

$F_s$  = συντελεστής ποιότητας υλικού υαλοπίνακα

$F_c$  = συντελεστής σκίασης του κτιρίου

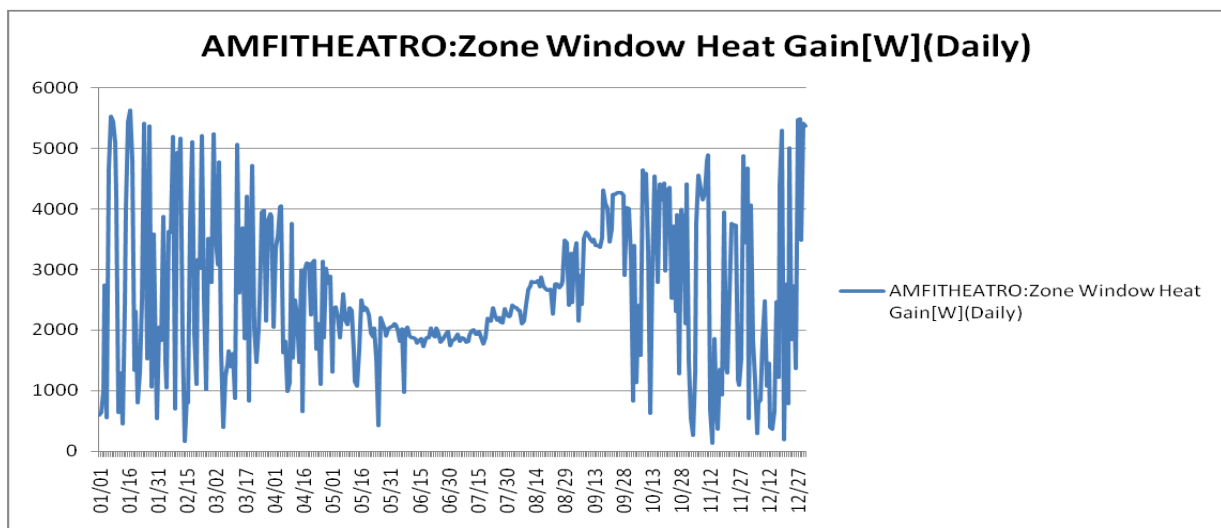
$A_g$  = εμβαδό του ανοίγματος (m<sup>2</sup>)

Εικόνα 6.20, Συνολικά κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων



Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμαι ότι τα κέρδη από τα να ανοίγματα του κτιρίου είναι αρκετά μεγάλα την χειμερινή περίοδο πράγμα που αποδεικνύει ότι συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του συνόλου του κτιρίου. Επίσης αν το κτίριο διέθετε διπλούς υαλοπίνακες σε όλο το κτίριο τα κέρδη θα ήταν πολύ μεγαλύτερα αφού θα συγκρατιόνταν περισσότερη θερμότητα στο εσωτερικό του κτιρίου και ο αέρας μεταξύ των δύο στρώσεων καθαρού τζαμιού θα θερμαίνονταν ώστε να απέδιδε στο κτίριο μια επιπρόσθετη αύξηση της θερμοκρασίας. Τα κέρδη αυτά μειώνονται όπως είναι λογικό κατά την διάρκεια των θερμών μηνών.

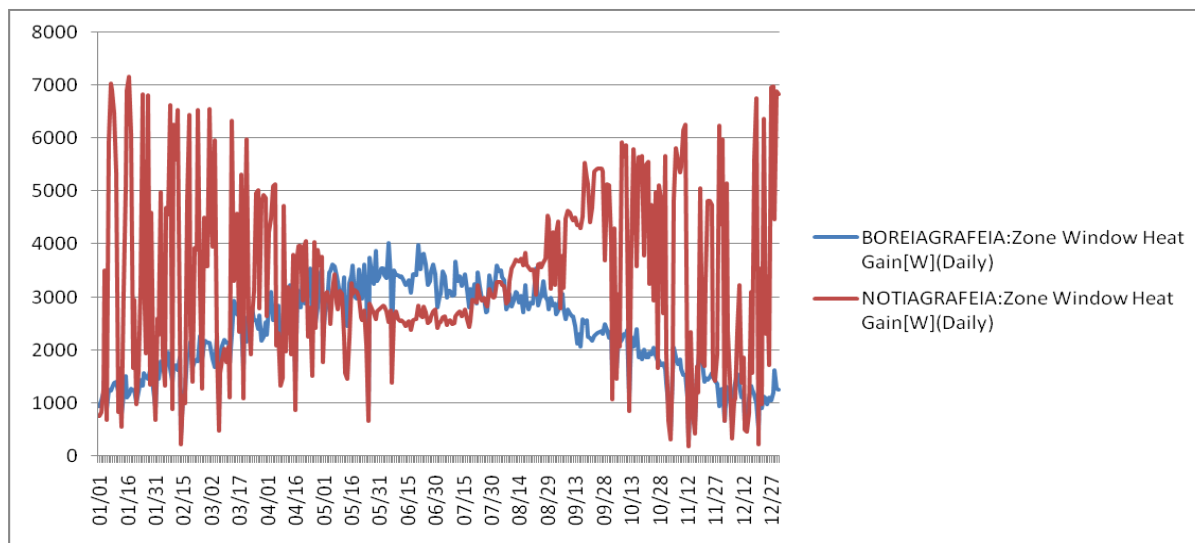
Εικόνα 6.21, Κέρδη θερμότητας λόγω ανοιγμάτων στο Αμφιθέατρο



Στο αμφιθέατρο παρατηρούμαι ότι κατά την διάρκεια του χειμώνα έχουμε μεγάλα κέρδη από τα ανοίγματα επειδή ο χώρος λειτουργεί ως ένα παθητικό ηλιακό σύστημα. Αυτό αντισταθμίζει κατά κάποιο τρόπο το πρόβλημα θερμομόνωσης του κτιρίου. Επίσης οι μονοί υαλοπίνακες που χρησιμοποιούνται στο αμφιθέατρο έχουν ως αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες θερμότητας που με διπλούς υαλοπίνακες δεν θα είχαμε.

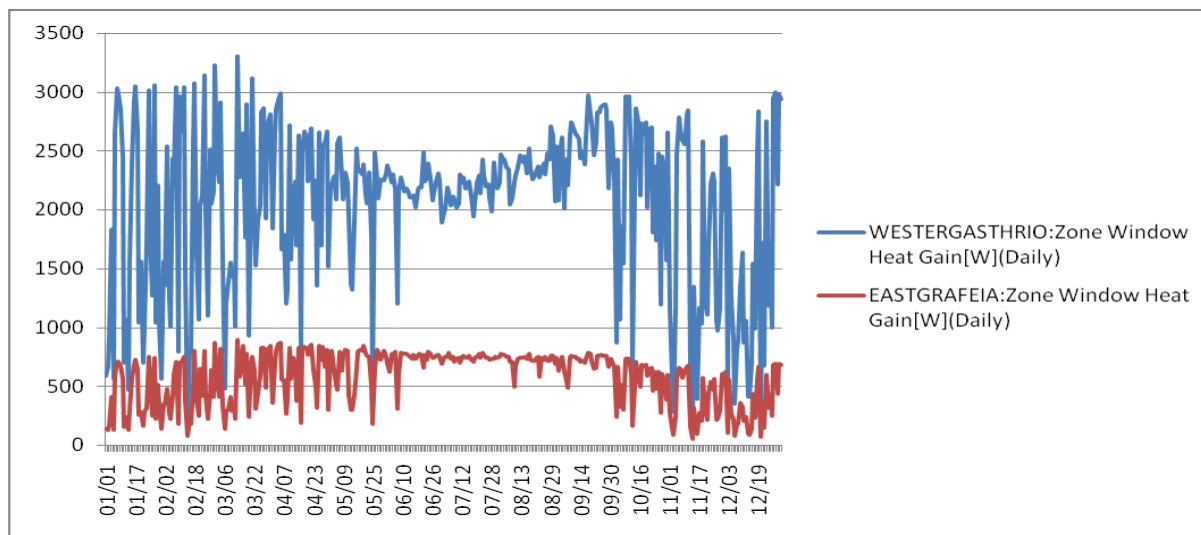


Εικόνα 6.22, Σύγκριση κερδών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Βόρειων και Νότιων Γραφείων



Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμαι ότι τα κέρδη λόγω ανοιγμάτων στη Βόρεια πλευρά είναι κατά πολύ μικρότερα από τα αντίστοιχα της Νότιας πλευράς, πράγμα που αποδεικνύεται ότι τα Νότια γραφεία είναι γενικά πιο θερμά το χειμώνα από ότι τα Βόρεια. Τα κέρδη από τα ανοίγματα την καλοκαιρινή περίοδο είναι περίπου κοινά και για τις δύο πλευρές. Οι υαλοπίνακες που χρησιμοποιούνται και στις δύο πλευρές είναι μονοί.

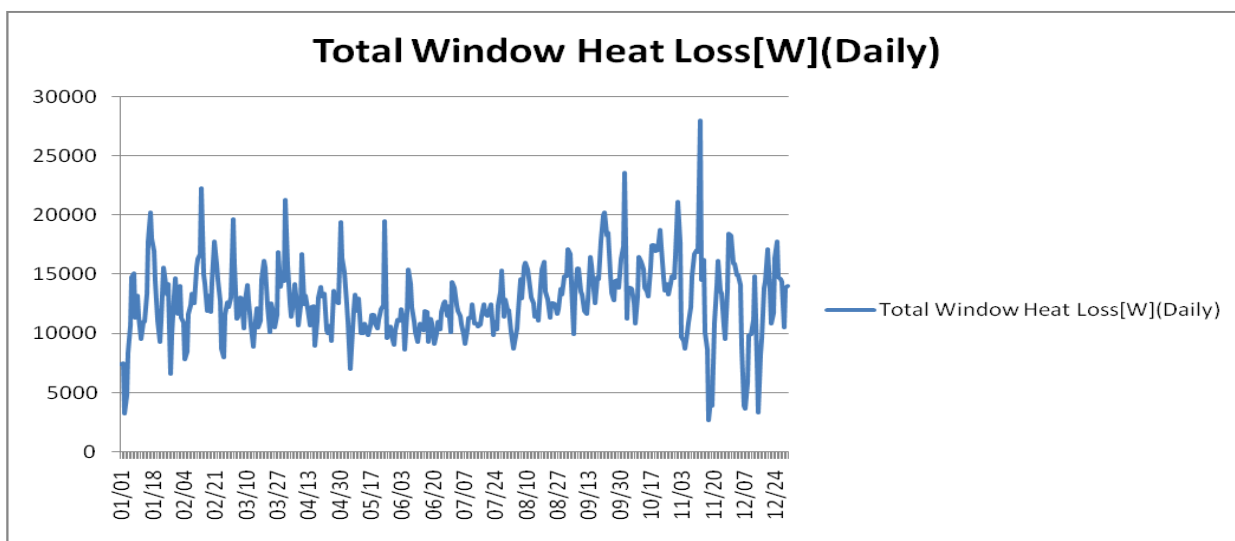
Εικόνα 6.23, Σύγκριση κερδών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Ανατολικών γραφείων και Δυτικών Εργαστηρίων



Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμαι ότι τα κέρδη από τα ανοίγματα είναι κατά πολύ μεγαλύτερα στα Δυτικά εργαστήρια από ότι στα ανατολικά γραφεία σε όλη την διάρκεια του έτους. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι στην ανατολική πλευρά δεν υπάρχουν πολλά ανοίγματα ενώ στην δυτική πλευρά είναι πολύ περισσότερα. Σημειώνεται ότι στην ανατολική πλευρά (νέα πτέρυγα) χρησιμοποιούνται αποκλειστικά διπλοί υαλοπίνακες ενώ στην Δυτική πλευρά η πλειοψηφία είναι μονοί.

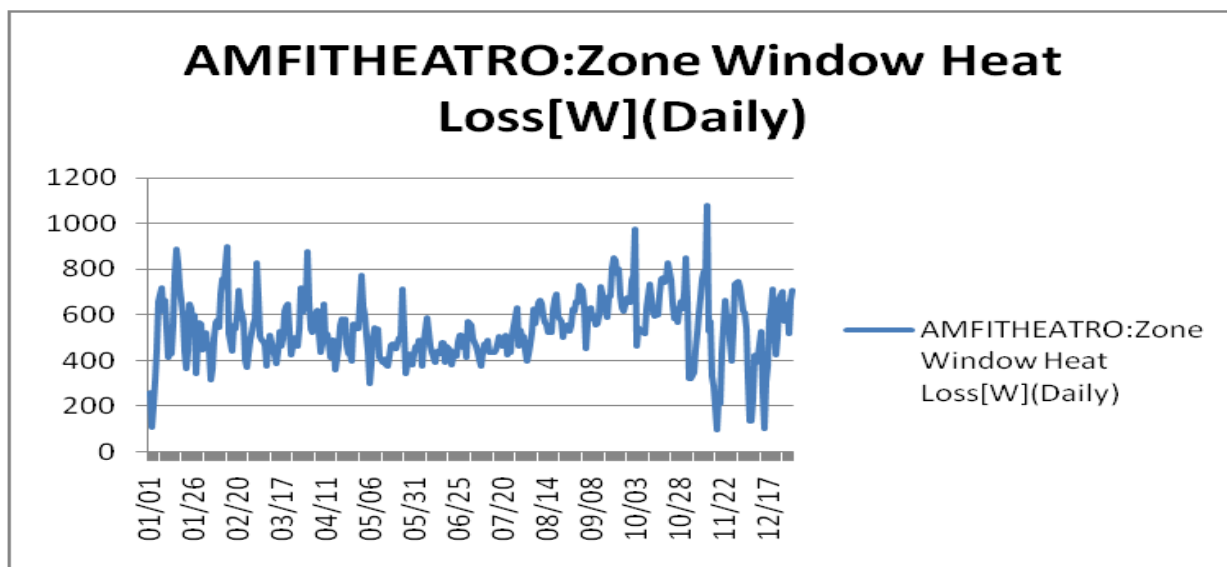
Εικόνα

6.24, Συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω ανοιγμάτων



Οι συνολικές απώλειες θερμότητας λόγω ανοιγμάτων δεν είναι τόσο μεγάλες σε σχέση με τα οφέλη που παρέχουν στο κτίριο ιδίως την διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Μπορεί όμως αυτές οι απώλειες να περιοριστούν ώστε να έχουμε επιπρόσθετη θέρμανση του κτιρίου το χειμώνα και να εξοικονομηθεί ενέργεια από την χρήση συστημάτων θέρμανσης.

Εικόνα 6.25, Απώλειες θερμότητας λόγω ανοιγμάτων στο Αμφιθέατρο

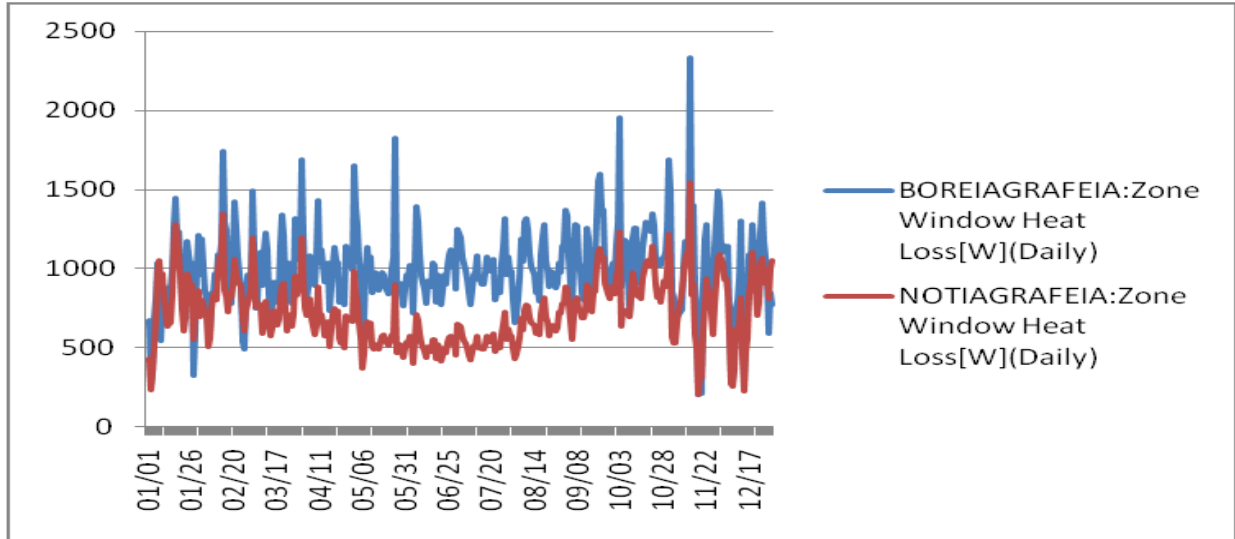


Οι απώλειες δεν είναι αρκετά μεγάλες στο χώρο του αμφιθέατρο. Το αμφιθέατρο χρησιμοποιεί μονούς υαλοπίνακες, ενώ υπάρχουν και ορισμένοι (ελάχιστη) που έχουν αντικατασταθεί με διπλούς.

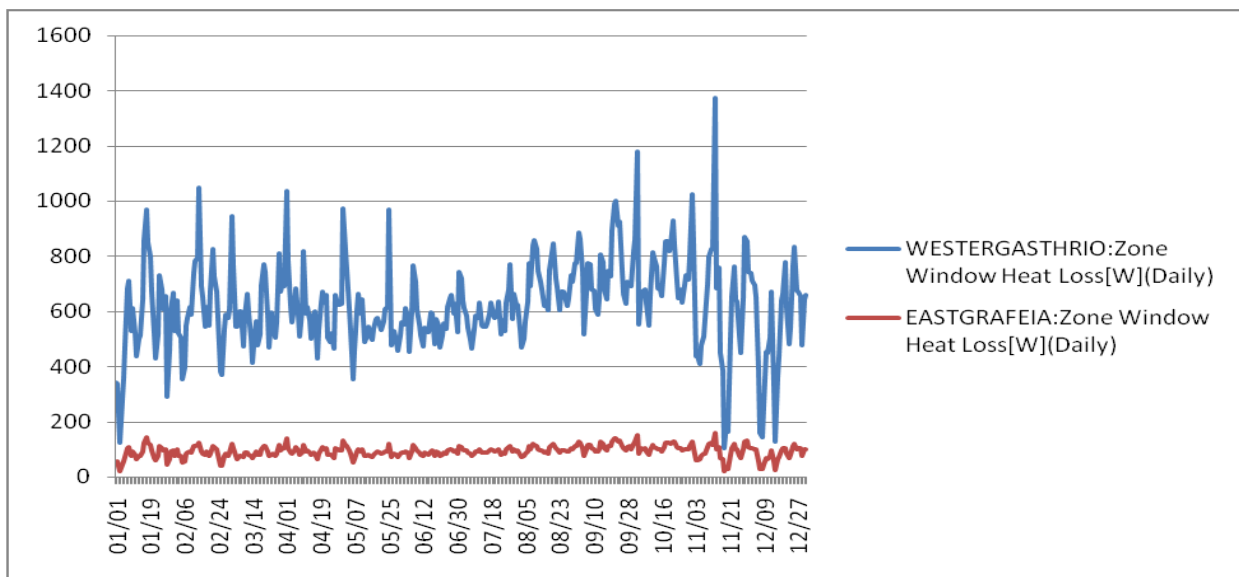
Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμαι ότι οι απώλειες θερμότητας λόγω ανοιγμάτων είναι μεγαλύτερες στα Βόρεια γραφεία. Αυτό οφείλεται στα μεγάλα ανοίγματα που υπάρχουν σε εκείνη την πλευρά και δεν βοηθούν την ηλιακή ακτινοβολία να δώσει επαρκή θερμότητα στο κτίριο. Τα Βόρεια ανοίγματα θα έπρεπε να είχαν σχεδιαστεί πιο μικρά ώστε να μην είχαμε τόσες μεγάλες απώλειες. Στα Νότια γραφεία η απώλεια θερμότητας οφείλεται κυρίως στην κακή ποιότητα υαλοπινάκων που

διαθέτει το κτίριο (μονοί) οι οποίοι δεν συγκρατούν τα απαιτούμενα κέρδη από την ηλιακή ακτινοβολία.

Εικόνα 6.26, Σύγκριση απωλειών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Βόρειων και Νότιων γραφείων



Εικόνα 6.27, Σύγκριση απωλειών θερμότητας λόγω ανοιγμάτων μεταξύ Ανατολικών γραφείων και Δυτικών Εργαστηρίων



Στο διάγραμμα φαίνεται ότι οι θερμικές απώλειες από τα ανατολικά γραφεία είναι πολύ λιγότερες από τα δυτικά επειδή τα ανοίγματα είναι και πολύ μικρότερα σε αριθμό και καταλαμβάνουν μικρότερη επιφάνεια. Επίσης στα ανατολικά γραφεία είναι όλα με διπλό υαλοπίνακα ενώ στην δυτική όλα με μονό.

## 6.5 ΚΕΡΔΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΧΡΗΣΤΕΣ – ΤΕΧΝΗΤΟ ΦΩΤΙΣΜΟ – ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο εκτός από το περιβάλλον (εξωτερικές θερμοκρασίες) και τα δομικά στοιχεία του κτιρίου, σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική άνεση του κτιρίου είναι και οι χρήστες του κτιρίου, ο τεχνητός φωτισμός και ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται για κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών το σύνολο των εσωτερικών κερδών για ένα έτος από τους χρήστες, τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

Πιν. 6.1, Εσωτερικά θερμικά κέρδη για ένα έτος στο κτίριο Φυσικής

	Εσωτερικά θερμικά κέρδη [kWatt]			
	Χρήστες	Τεχνητός φωτισμός	Ηλεκτρονικός εξοπλισμός	Σύνολο
Αμφιθέατρο	1134.00	28.97	0.00	1162.97
Γραμματεία	227.00	34.48	49.25	310.73
Βιβλιοθήκη	37.80	10.87	0.00	48.67
Υπόγειο	128.52	1507.56	321.38	1957.46
Βόρεια Γραφεία	3924.84	908.89	1298.42	6132.16
Νότια Γραφεία	2515.56	542.33	774.75	3832.64
Δυτικά Εργαστήρια	850.50	139.36	199.09	1188.95
Ανατολικά Γραφεία	1450.65	312.74	446.78	2210.17
Σύνολο	10268.88	3485.20	3089.67	16843.75

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμικών κερδών προέρχεται από τους χρήστες του κτιρίου με 10268.88 kWatt. Τα θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό είναι ναι μεν σημαντικά αλλά πολύ μικρότερα από αυτά των χρηστών. Επίσης τα θερμικά κέρδη από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό που αναφέρονται κυρίως στην θερμότητα που παράγουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και κάποια από τα εργαστηριακά όργανα είναι περίπου τα ίδια τα θερμικά κέρδη από τον τεχνητό φωτισμό, δηλαδή 3089.67 kWatt. Τα συνολικά εσωτερικά θερμικά κέρδη είναι 16843.75 kWatt.

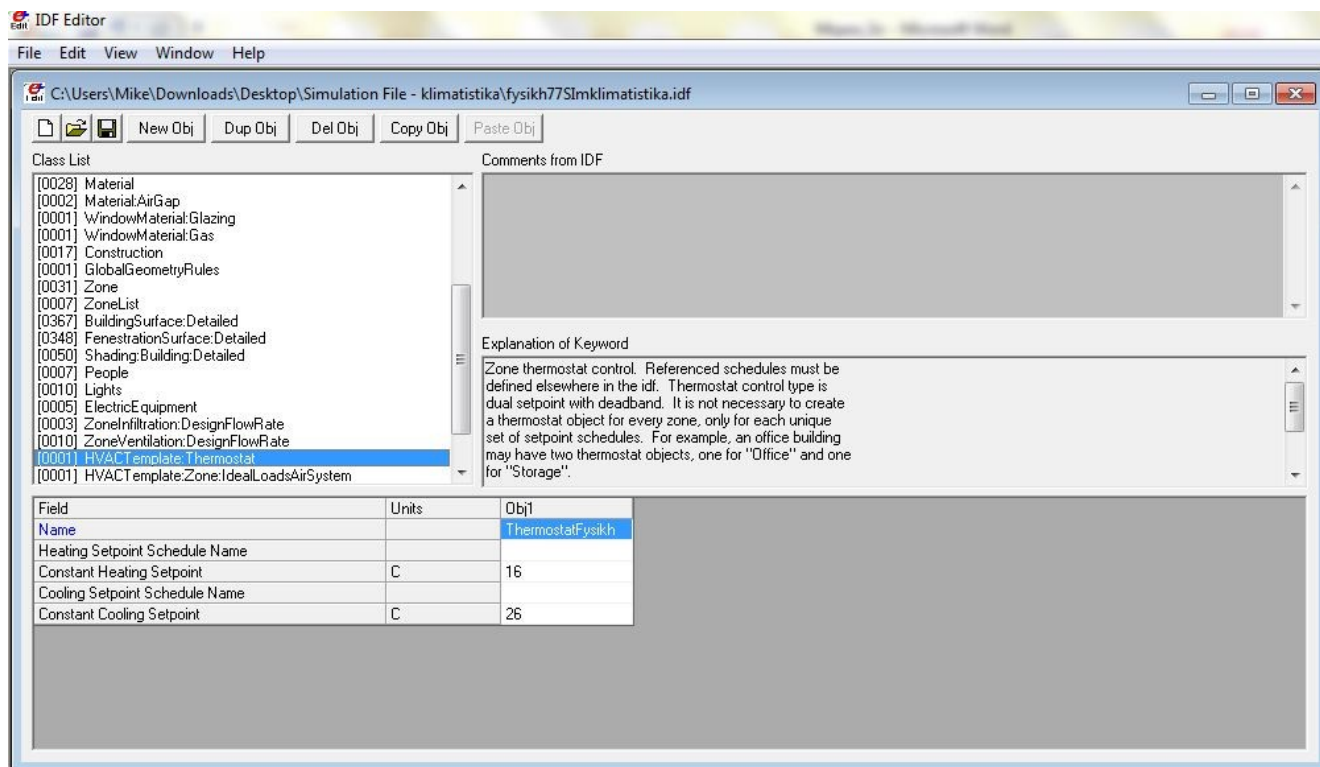
## 6.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

Μέχρι αυτό το σημείο τα αποτελέσματα που αντλήθηκαν για το κτίριο από το Energy Plus ήταν χωρίς την χρήση κάποιου μηχανολογικού εξοπλισμού θέρμανσης και ψύξης. Σε αυτήν την ενότητα θα εισάγουμε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού στο κτίριο ώστε να δούμε την ενέργεια που καταναλώνεται και να τα συγκρίνουμε με τα πραγματικά δεδομένα.

Για να εισάγουμε τα συστήματα αυτά στο Energy Plus πηγαίνουμε στην καρτέλα **HVAC: Template: Thermostat** και δηλώνουμε στο πεδίο **Constant Heating Setpoint** 16°C και στο πεδίο **Constant Cooling Setpoint** 26°C. Αυτό σημαίνει ότι μόλις η θερμοκρασία της θερμικής ζώνης πέσει κάτω από τους 16 °C τότε ενεργοποιείται το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου ώστε να

διατηρείται η θερμοκρασία στους 16 °C. Αντίστοιχα όταν η θερμοκρασία μέσα στην θερμική ζώνη γίνει πάνω από 26 °C τότε ενεργοποιείται το σύστημα ψύξης. Σημειώνεται ότι το σύστημα αυτό δεν λειτουργεί κατά την διάρκεια της νύκτας μιας και το κτίριο παραμένει κλειστό καθώς επίσης και κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών διακοπών από τις 30 Ιουλίου μέχρι τις 1 Σεπτεμβρίου. Τα στοιχεία για τον θερμοστάτη αντλήθηκαν από επιτόπου έρευνες στο κτίριο Φυσικής.

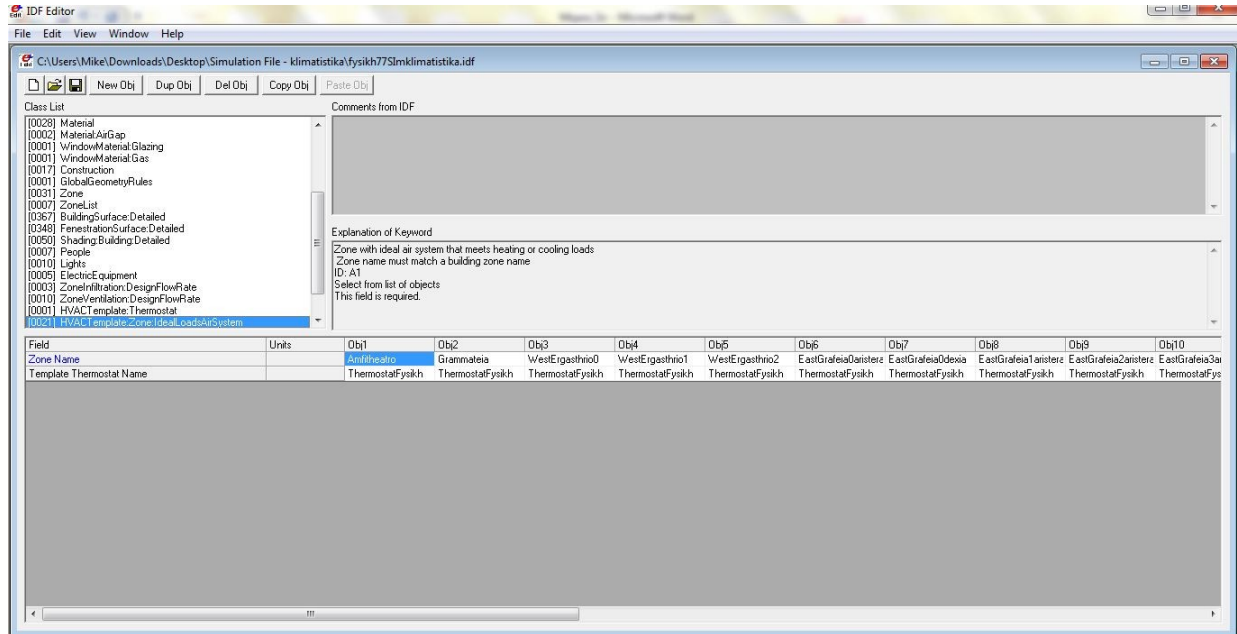
Εικόνα 6.28, IDF-Editor (HVAC: Template: Thermostat)



Ακολούθως πηγαίνουμε στην καρτέλα **HVAC: Template: Zone Ideal Loads Air System** για να δηλώσουμε σε ποιες ζώνες υπάρχουν συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού. Αναλυτικά σε ποιες θερμικές ζώνες υπάρχουν τέτοια συστήματα βρίσκονται στο παράρτημα 4. Τα συστήματα αυτά εν συντομία τα εισάγαμε στον χώρο του Αμφιθεάτρου, της βιβλιοθήκης, των Βόρειων και Νότιων γραφείων καθώς και στα Δυτικά εργαστήρια και ανατολικά γραφεία.

Επίσης δόθηκαν στο πρόγραμμα και συστήματα θέρμανσης και ψύξης για τον Γ όροφο του κτιρίου στο οποίο έχουν τοποθετηθεί κλιματιστικά συστήματα κυρίως και την ψύξη του χώρου κατά την διάρκεια των θερινών μηνών που οι συνθήκες θερμικής άνεσης είναι αρκετά δυσάρεστες. Παρακάτω φαίνεται η καρτέλα με τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν.

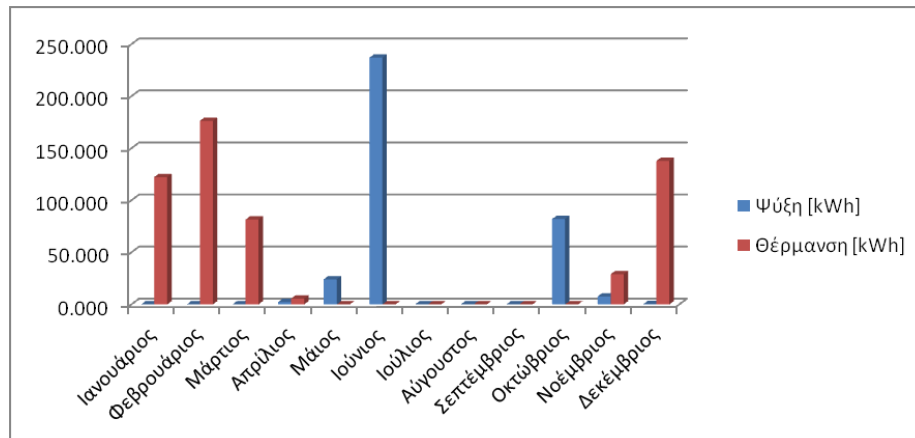
Εικόνα 6.29, IDF-Editor (HVAC: Template: Zone Ideal Loads Air System)



Πιν. 6.2, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη του Αμφιθέατρου

	Αμφιθέατρο		
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	Σύνολο [kWh]
Ιανουάριος	122.338	0.012	122.350
Φεβρουάριος	176.377	0.000	176.377
Μάρτιος	81.495	0.000	81.495
Απρίλιος	5.589	2.290	7.880
Μάιος	0.000	24.146	24.146
Ιούνιος	0.000	237.054	237.054
Ιούλιος	0.000	0.000	0.000
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	0.000	0.000
Οκτώβριος	0.000	81.992	81.992
Νοέμβριος	29.040	7.656	36.696
Δεκέμβριος	137.859	0.242	138.101
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>552.699</b>	<b>353.392</b>	<b>906.091</b>

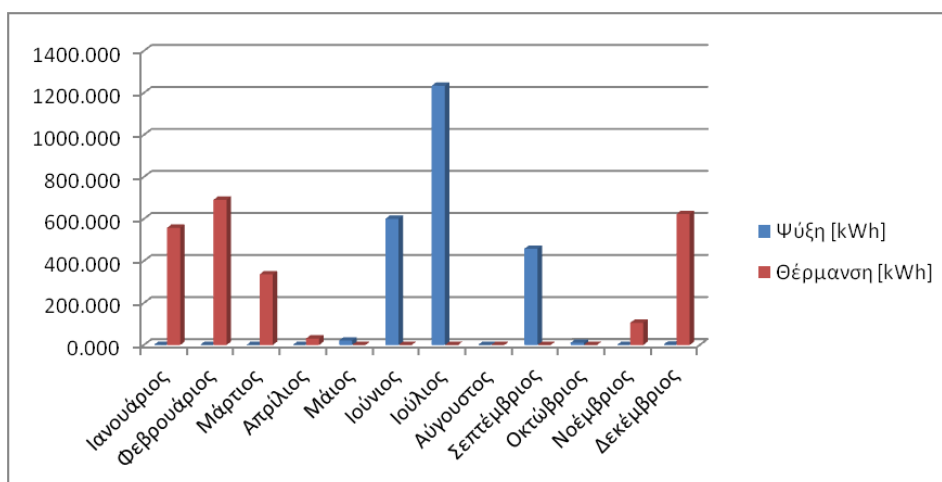
Εικόνα 6.30, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη του Αμφιθέατρου



Πιν. 6.3, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη γραμματεία

	Γραμματεία		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	557.849	0.047	557.896
Φεβρουάριος	690.561	0.006	690.567
Μάρτιος	336.291	0.000	336.291
Απρίλιος	30.513	0.005	30.518
Μάιος	0.000	20.758	20.758
Ιούνιος	0.000	600.588	600.588
Ιούλιος	0.000	1233.963	1233.963
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	457.784	457.784
Οκτώβριος	0.000	10.784	10.784
Νοέμβριος	105.391	0.170	105.561
Δεκέμβριος	622.955	0.805	623.761
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>2343.560</b>	<b>2324.909</b>	<b>4668.469</b>

Εικόνα 6.31, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη γραμματεία

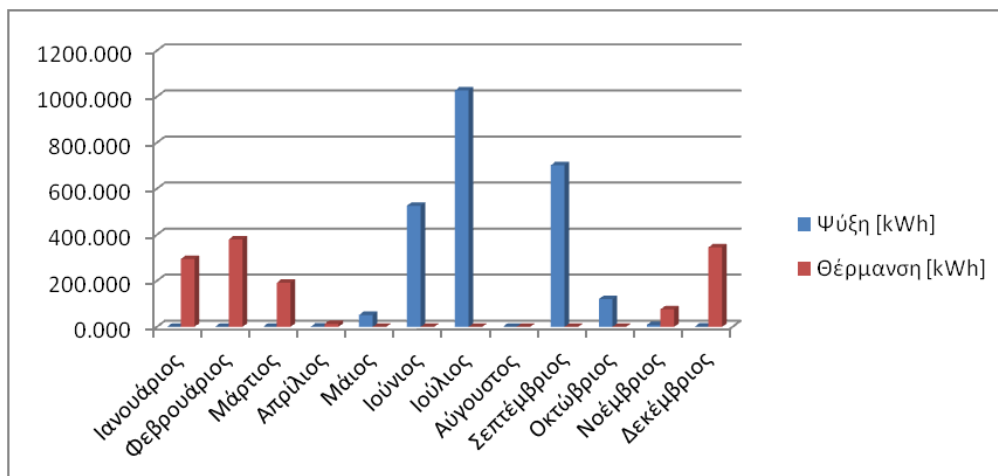


Πιν. 6.4, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη βιβλιοθήκη

	Βιβλιοθήκη		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	294.910	0.032	294.942
Φεβρουάριος	379.881	0.001	379.882
Μάρτιος	191.548	0.000	191.548
Απρίλιος	13.150	1.294	14.443
Μάιος	0.000	51.483	51.483
Ιούνιος	0.000	526.128	526.128
Ιούλιος	0.000	1026.921	1026.921
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	702.011	702.011
Οκτώβριος	0.000	120.284	120.284
Νοέμβριος	76.173	8.150	84.323
Δεκέμβριος	345.582	0.681	346.263
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>1301.244</b>	<b>2436.985</b>	<b>3738.230</b>



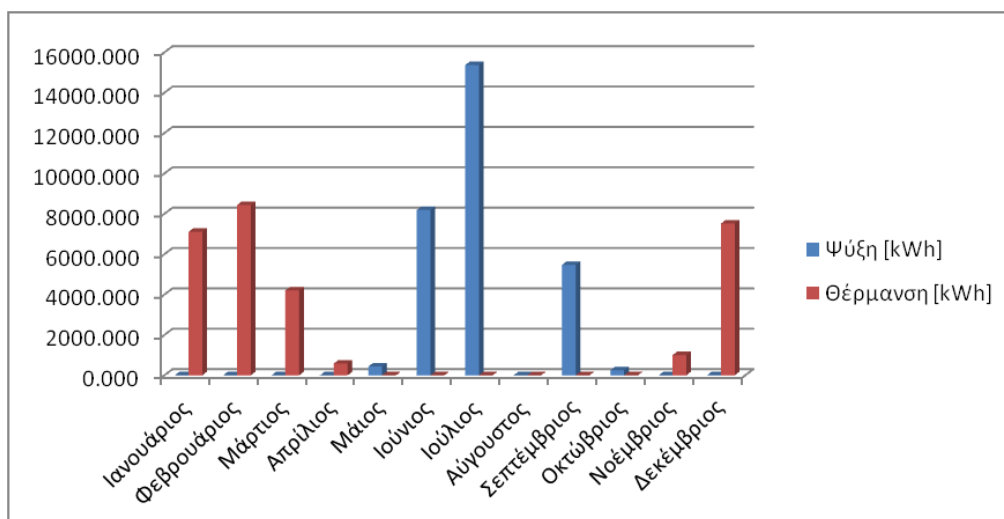
Εικόνα 6.32, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στη βιβλιοθήκη



Πιν. 6.5, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Βορεινά γραφεία

	Βόρεινά γραφεία		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	7110.452	0.377	7110.830
Φεβρουάριος	8436.420	0.022	8436.442
Μάρτιος	4204.536	0.000	4204.536
Απρίλιος	583.345	0.521	583.867
Μάιος	0.000	435.831	435.831
Ιούνιος	0.000	8190.092	8190.092
Ιούλιος	0.000	15371.161	15371.161
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	5471.394	5471.394
Οκτώβριος	0.000	249.722	249.722
Νοέμβριος	1004.122	0.488	1004.609
Δεκέμβριος	7521.903	6.671	7528.574
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>28860.778</b>	<b>29726.280</b>	<b>58587.059</b>

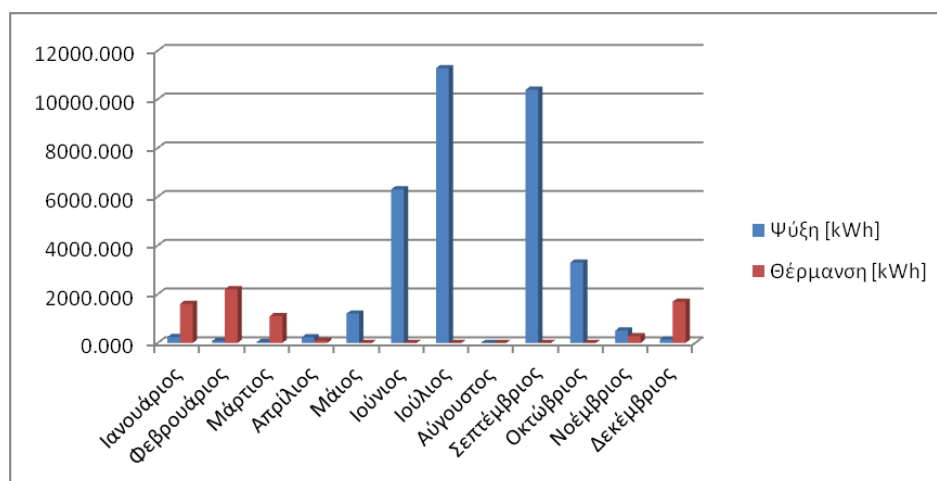
Εικόνα 6.33, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Βορεινά γραφεία



Πιν. 6.6, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Νότια Γραφεία

	Νότια γραφεία		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	1602.470	242.411	1844.881
Φεβρουάριος	2203.281	78.323	2281.604
Μάρτιος	1100.191	41.271	1141.461
Απρίλιος	87.238	230.992	318.230
Μάιος	0.000	1200.791	1200.791
Ιούνιος	0.000	6305.319	6305.319
Ιούλιος	0.000	11279.903	11279.903
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	10392.370	10392.370
Οκτώβριος	0.000	3300.695	3300.695
Νοέμβριος	275.144	510.897	786.040
Δεκέμβριος	1694.202	145.511	1839.713
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>6962.525</b>	<b>33728.483</b>	<b>40691.008</b>

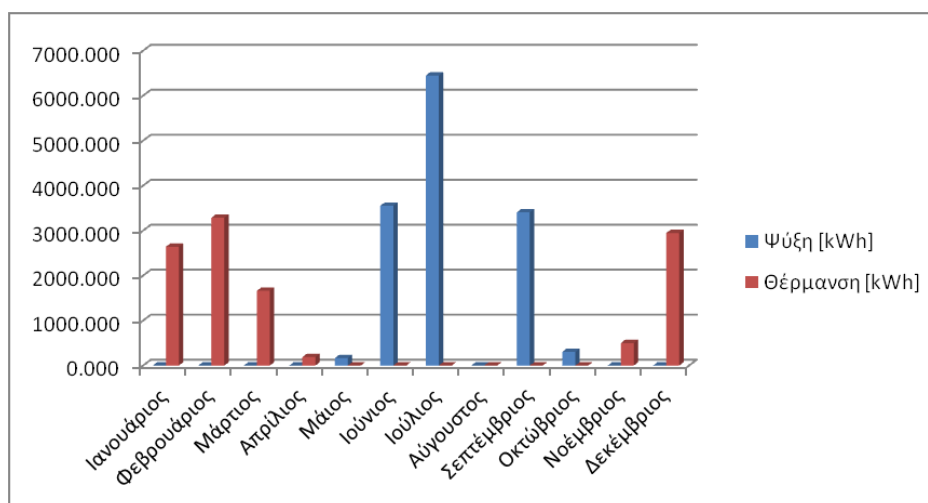
Εικόνα 6.34, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Νότια Γραφεία



Πιν. 6.7, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Δυτικά εργαστήρια

	Δυτικά εργαστήρια		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	2640.944	0.075	2641.020
Φεβρουάριος	3286.016	0.004	3286.021
Μάρτιος	1661.784	0.000	1661.784
Απρίλιος	188.108	0.059	188.167
Μάιος	0.000	164.859	164.859
Ιούνιος	0.000	3552.208	3552.208
Ιούλιος	0.000	6447.909	6447.909
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	3406.134	3406.134
Οκτώβριος	0.000	303.665	303.665
Νοέμβριος	498.159	0.266	498.425
Δεκέμβριος	2945.818	3.505	2949.324
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>11220.830</b>	<b>13878.685</b>	<b>25099.515</b>

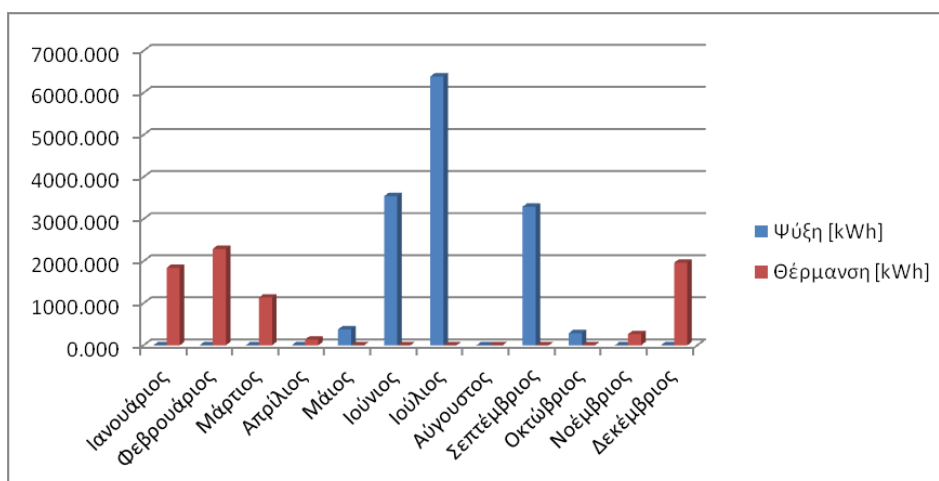
Εικόνα 6.35, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Δυτικά εργαστήρια



Πιν. 6.8, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Ανατολικά γραφεία

	Ανατολικά εργαστήρια		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	1840.301	0.138	1840.439
Φεβρουάριος	2291.329	0.013	2291.342
Μάρτιος	1133.861	0.001	1133.861
Απρίλιος	135.760	1.833	137.594
Μάιος	0.262	376.939	377.200
Ιούνιος	0.000	3545.303	3545.303
Ιούλιος	0.000	6388.065	6388.065
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	3292.390	3292.390
Οκτώβριος	0.000	287.279	287.279
Νοέμβριος	265.663	0.134	265.797
Δεκέμβριος	1961.448	2.258	1963.706
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>7628.623</b>	<b>13894.353</b>	<b>21522.976</b>

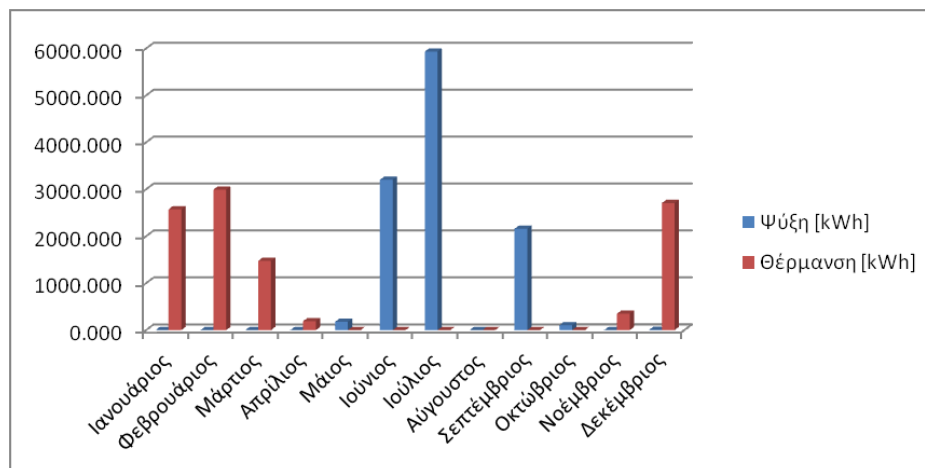
Εικόνα 6.36, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στα Ανατολικά γραφεία



Πιν. 6.9, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στο διάδρομο Γ ορόφου

	Διάδρομος Γ Ορόφου		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	2571.847	0.187	2572.034
Φεβρουάριος	2992.324	0.010	2992.333
Μάρτιος	1474.971	0.000	1474.971
Απρίλιος	189.647	0.011	189.658
Μάιος	0.000	177.644	177.644
Ιούνιος	0.000	3202.266	3202.266
Ιούλιος	0.000	5933.665	5933.665
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	2158.577	2158.577
Οκτώβριος	0.000	102.294	102.294
Νοέμβριος	349.565	0.260	349.824
Δεκέμβριος	2706.541	2.847	2709.388
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>10284.895</b>	<b>11577.761</b>	<b>21862.655</b>

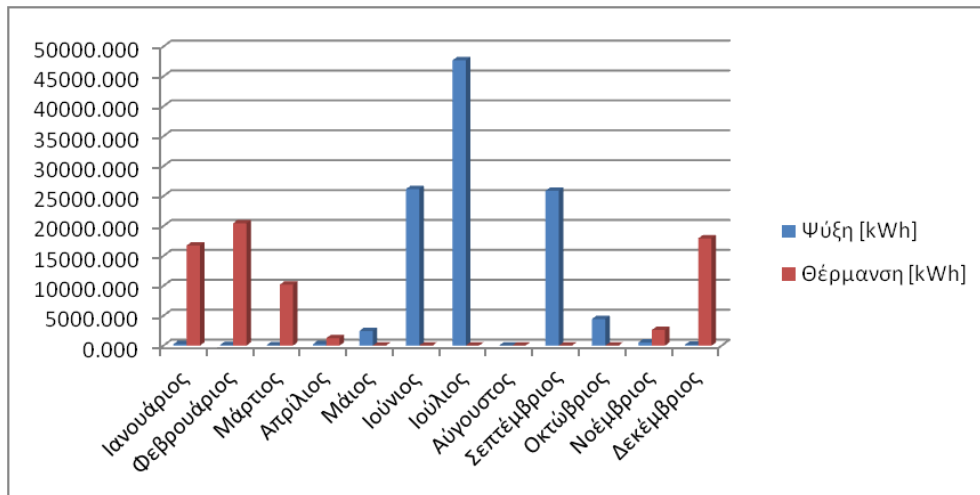
Εικόνα 6.37 Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη στο διάδρομο Γ ορόφου



Πιν. 6.10, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη για το σύνολο του κτιρίου Φυσικής

	Συνολικό κτίριο		Σύνολο [kWh]
	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	
Ιανουάριος	16741.111	243.279	16984.391
Φεβρουάριος	20456.190	78.378	20534.568
Μάρτιος	10184.676	41.272	10225.948
Απρίλιος	1233.350	237.006	1470.356
Μάιος	0.262	2452.452	2452.714
Ιούνιος	0.000	26158.959	26158.959
Ιούλιος	0.000	47681.587	47681.587
Αύγουστος	0.000	0.000	0.000
Σεπτέμβριος	0.000	25880.660	25880.660
Οκτώβριος	0.000	4456.714	4456.714
Νοέμβριος	2603.256	528.021	3131.276
Δεκέμβριος	17936.310	162.520	18098.830
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>80406.250</b>	<b>105280.600</b>	<b>185686.850</b>

Εικόνα 6.38, Ενεργειακή κατανάλωση σε θέρμανση και ψύξη για το σύνολο του κτιρίου Φυσικής



Στον πιν. 6.10 παρουσιάζονται οι συνολικές καταναλώσεις σε θέρμανση και ψύξη μετά την προσομοίωση με το energy plus. Για ένα έτος έχουμε για θέρμανση 80406.25 kWh από την προσομοίωση και 86286.48 kWh από τα πραγματικά δεδομένα. Δηλαδή έχουμε απόκλιση ίση με 6.8%. Για ψύξη 105280.60 kWh από την προσομοίωση και 98476 kWh από τα πραγματικά δεδομένα. Δηλαδή απόκλιση 6.4%. Η απόκλιση δεν θεωρείται μεγάλη, αφού κατά την προσομοίωση και κατά την καταγραφή των στοιχείων κλιματισμού και θέρμανσης έγιναν κάποιες παραδοχές ή υπήρχαν ελλιπή στοιχεία δεν μπορούμε να τα υπολογίσουμε με ακρίβεια.

# 7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

## 7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι στόχοι του φυσικού φωτισμού είναι να παρέχει στο κτίριο μας κατάλληλο φωτισμό κατά διάρκεια της ημέρας ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώσουμε ενέργεια για φωτισμό από τεχνητά μέσα αλλά ταυτόχρονα πρέπει να παρέχει κατάλληλη θέα και είσοδο ηλιακής ακτινοβολίας. Πάντως οι στόχοι του φυσικού φωτισμού διαφέρουν ανάλογα με την χρήση που προβλέπεται για τον χώρο (π.χ. γραφεία, σχολείο, κατοικία). Για γραφεία όπως έχουμε στην περίπτωση του κτιρίου Φυσικής κατά κύριο λόγο δεν θα πρέπει να υπάρχει σημείου του χώρου με φυσικό φωτισμό κάτω από 500 Lux. Επίσης θα πρέπει το φως που εισέρχεται στους χώρους του κτιρίου να έχουν όσο το δυνατόν πιο ομαλή κατανομή με μικρές διακυμάνσεις. Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας με τα ελάχιστα όρια φωτισμού σύμφωνα με την διεθνή επιτροπή φωτισμού

Πιν. 7.1, Όρια φωτισμού σύμφωνα με την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού

<b>Όρια φωτισμού σύμφωνα με την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού</b>	
<b>Lux</b>	<b>Εργασία</b>
150	Διαδρόμους
150-200	Αποθήκες
300-400	Απλή κατεργασία
300-500	Εργασία Η/Υ
500	Εργασία γραφείου
500-700	Συναρμολόγηση
1500 και άνω	Εργασίες ακριβείας

Στο κτίριο φυσικός ο η κατανάλωση ενέργειας από τεχνητό φωτισμό είναι πολύ μεγάλη. Περίπου 76103 kWh καταναλώνονται κάθε έτος για αυτόν λόγο του κακού φυσικού φωτισμού που υπάρχει στο κτίριο όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση και η ανάλυση του φωτός σε 4 διαφορετικούς χώρους του κτιρίου Φυσικής. Οι μετρήσεις του φωτός έγιναν την ημέρα 11/5/2012 Η επιλογή της ημέρας έγινε ώστε να μην υπάρχει συννεφιά ώστε να αποτυπωθεί σωστά ο φυσικός φωτισμός των χώρων του κτιρίου. Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τρεις φάσεις, στις 9:00 στις 12:00 και στις 15:00 το μεσημέρι.

Έγινε η προσπάθεια να επιλεγούν χώροι του κτιρίου με διαφορετικό προσανατολισμό αλλά να γίνει και μέτρηση του φωτός και στο αμφιθέατρο της σχολής. Συνεπώς έγιναν μετρήσεις στο Αμφιθέατρο, στο Βορεινό γραφείο 005, στο Νότιο γραφείο 021 και στο Ανατολικό γραφείο 015.

Οι μετρήσεις έγιναν με ειδικό φωτόμετρο χειρός το οποίο κατέγραφε την ένταση του φωτός σε μονάδες Lux. Για να γίνει η επιλογή των σημείων στα οποία θα γίνει η μέτρηση χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$R = (a \cdot b) / ((a+b) \cdot (H-h))$$

Όπου:

a=μήκος της μίας πλευράς του δωματίου

b=μήκος της άλλης πλευράς του δωματίου

H=το καθαρό ύψος του κτιρίου από πλάκα σε πλάκα

h=το ύψος στο οποίο βρίσκεται το φωτόμετρο

Έτσι ανάλογα με την τιμή του δείκτη R χωρίστηκε το δωμάτιο σε ένα κλίμακα. Αναλυτικά η επιλογή των σημείων φαίνεται παρακάτω:

$R < 1 \rightarrow 4$  σημεία

$1 < R < 2 \rightarrow 9$  σημεία

$2 < R < 3 \rightarrow 16$  σημεία

$R > 3 \rightarrow 24$  σημεία

Από τις μετρήσεις που έγιναν και με γραμμική παρεμβολή μεταξύ των σημείων δημιουργήθηκαν οι ισόφωτες καμπύλες που δείχνουν τον φυσικό φωτισμό στο χώρο.

## 7.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΝΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 005

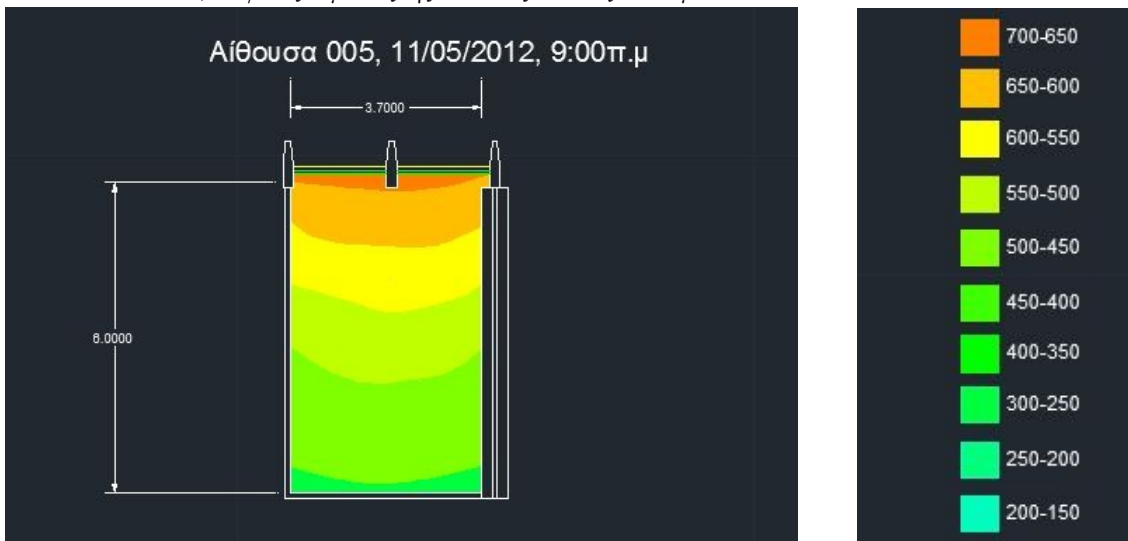
Αρχικά έγινε ο υπολογισμός του δείκτη  $R = (3.70 \cdot 6.00) / ((3.70 + 6.00) \cdot (3.10 - 1.00)) = 1.08$  οπότε χωρίστηκε το γραφείο σε 4 σημεία. Η διακύμανση του φωτισμού στην πρώτη μέτρηση είναι μεταξύ των 700Lux και 300Lux. Στην δεύτερη μέτρηση παρατηρείται μία μείωση του φυσικού φωτισμού από 700Lux μέγιστη ένταση σε 650Lux. Η ένταση του φυσικού φωτισμού είναι μεταξύ 650-300Lux. Στην τρίτη μέτρηση πάλι η διακύμανση είναι μεταξύ 650-300Lux. Γενικά ο φυσικός φωτισμός από τις 12:00 μέχρι τις 15:00 είναι σταθερός. Η ένταση του φωτός στο γραφείο αυτό δεν βρίσκεται εξολοκλήρου μέσα στα αποδεκτά όρια (ελάχιστο όριο 500Lux για εργασίες γραφείου). Στα επιτρεπτά όρια βρίσκεται η μισή αίθουσα και γι 'αυτό οι χρήστες τοποθετούν τα γραφεία τους κοντά στα παράθυρα ή χρησιμοποιούν τεχνητό φωτισμό.

Όπως είναι λογικό η αιχμή παρατηρείται κοντά στα παράθυρα ενώ όσο απομακρυνόμαστε η ένταση του φωτός μειώνεται. Τα κατακόρυφα σκίαστρα δεν φαίνεται να επηρεάζουν τον φυσικό φωτισμό στον χώρο αυτό. Ίσως οι υαλοπίνακες να μην διαθέτουν κατάλληλες οπτικές ιδιότητες ώστε να αφήνουν όσο το δυνατόν περισσότερο φως να εισέρχεται στο κτίριο και από την άλλη τα δομικά στοιχεία της κατασκευής να μην παρέχουν επαρκή ανακλαστικότητα ώστε να διαχέεται όσο το

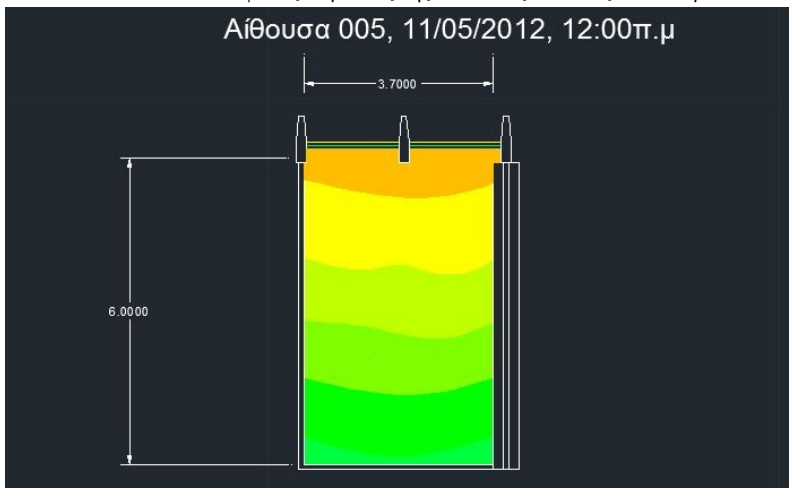


δυνατόν περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία στο χώρο αυτό. Γενικά Παρακάτω φαίνονται οι μετρήσεις του φωτός της διάφορες ώρες.

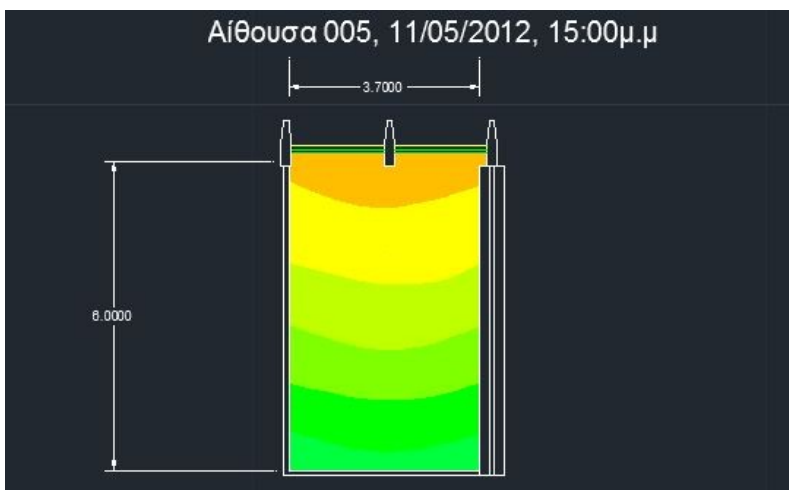
Εικόνα 7.1, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 9:00π.μ.



Εικόνα 7.2, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 12:00π.μ.



Εικόνα 7.3, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 005 στις 15:00π.μ.

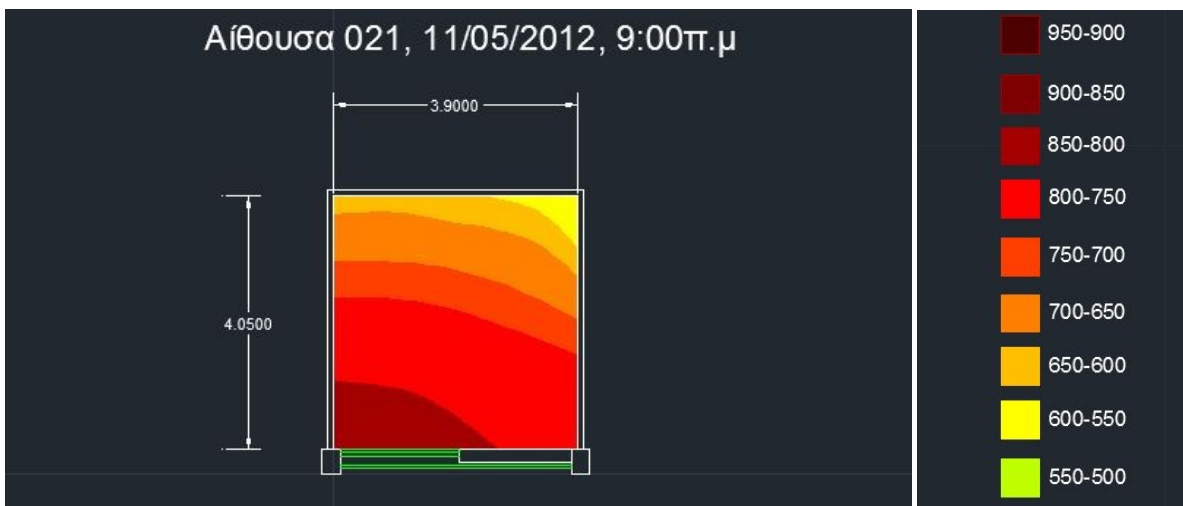


### 7.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΝΟΤΙΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 021

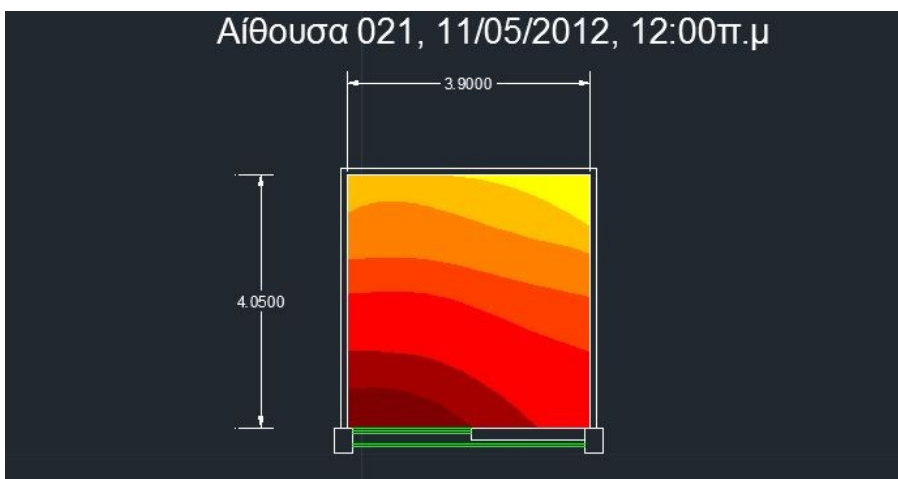
Αρχικά έγινε ο υπολογισμός του δείκτη  $R=(3.90*4.05)/((3.90+4.05)*(3.10-1.00))=0.94$  οπότε χωρίστηκε το γραφείο σε 4 σημεία. Στο νότιο γραφείο 021 ο φυσικός φωτισμός είναι πολύ καλύτερος σε σχέση με το Βόρειο γραφείο 005 και γι αυτό γιατί τα Νότια γραφεία δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία με άμεσο τρόπο ενώ τα Βόρεια με έμμεσο τρόπο, δηλαδή μέσω της διάχυσης του φωτός. Στην πρώτη μέτρηση παρατηρούμαι μέγιστη ένταση κοντά στα παράθυρα ίση με 900Lux ενώ στο βάθος της αίθουσας 600Lux με 700Lux.

Κατά την δεύτερη μέτρηση έχουμε μία μικρή πτώση του φυσικού φωτισμού χωρίς όμως να επηρεάζει την οπτική άνεση των χρηστών. Η ελάχιστη ένταση παρουσιάζεται πάλι στην δεξιά γωνία στο βάθος τις αίθουσας αλλά με μεγαλύτερη έκταση. Στην τρίτη μέτρηση όπου η ήλιος βρίσκεται «ψηλά» παρατηρούμαι μία μικρή αύξηση τις έντασης του φωτός κοντά στο παράθυρο από 900Lux στα 950Lux ενώ παράλληλα μία μικρή μείωση του φωτός στο βάθος της αίθουσας από 600Lux στα 550Lux. Γενικά και στις τρεις μετρήσεις που έγιναν η φυσικός φωτισμός θεωρείται αρκετά καλός για δουλειά γραφείου.

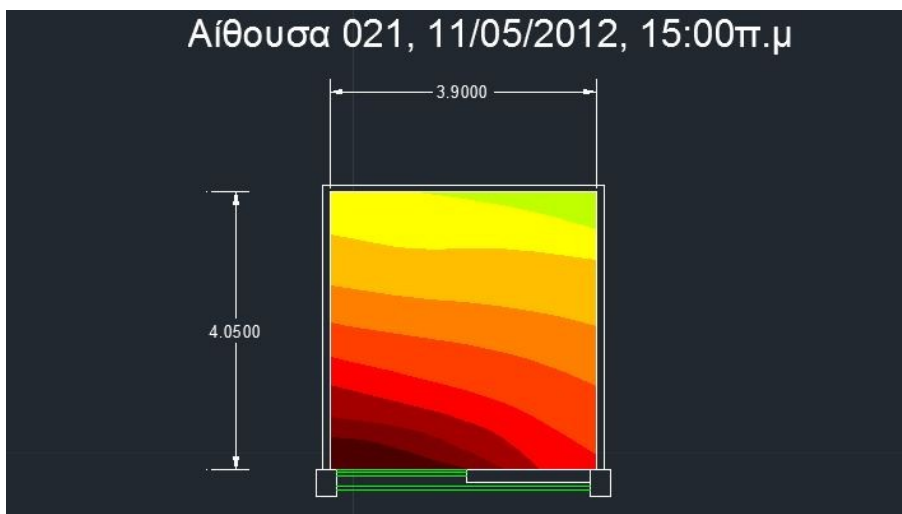
Εικόνα 7.4, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 9:00π.μ.



Εικόνα 7.5, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 12:00π.μ.



Εικόνα 7.5, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 021 στις 15:00π.μ.

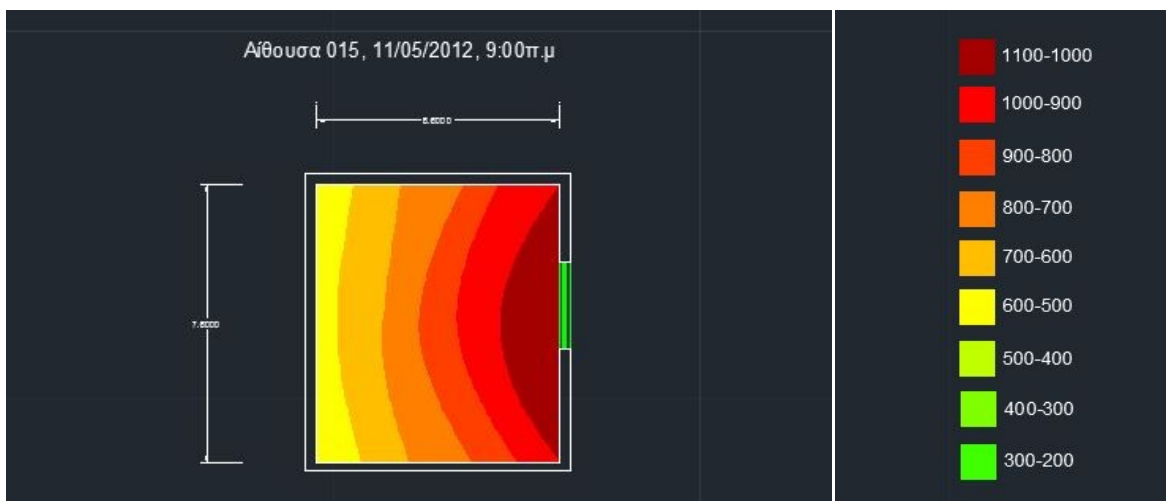


#### 7.4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ 015

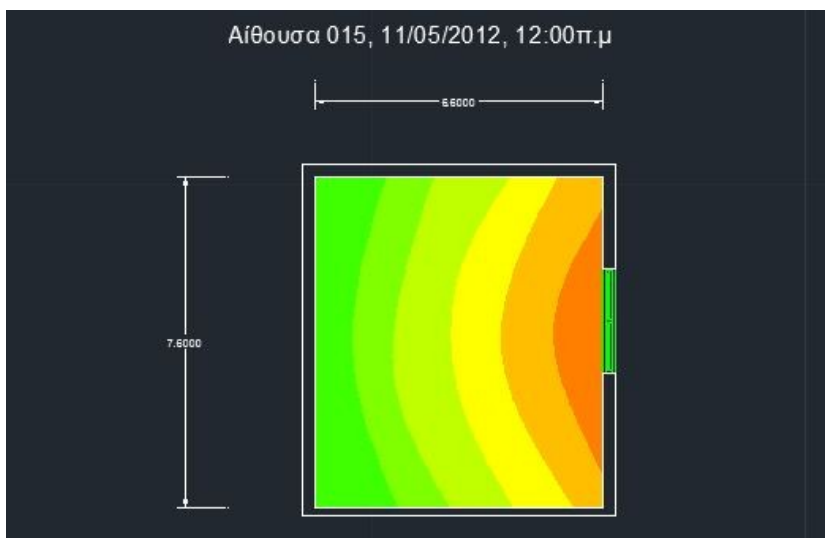
Αρχικά έγινε ο υπολογισμός του δείκτη  $R=(7.60*6.60)/((7.60+6.60)*(3.10-1.00))=1.68$  οπότε χωρίστηκε το γραφείο σε 9 σημεία. Στις 9:00 παρατηρείται μέγιστη ένταση του φωτός κοντά στο παράθυρο στα 1100Lux ενώ η ελάχιστη στο βάθος της αίθουσας στα 600Lux. Κατά την δεύτερη μέτρηση παρατηρείται μία μείωση της έντασης του φωτός κοντά στα παράθυρα από 1100Lux στα 900 Lux ενώ μακριά από τα παράθυρα είναι στα 300Lux.

Κατά την τρίτη μέτρηση δεν έχουμε σημαντικές διαφορές σε σχέση με την μέτρηση στις 12:00 με διακύμανση του φωτός πάλι από τα 900Lux στα 300Lux. Η ένταση του φυσικού φωτισμού στην αίθουσα αυτή θεωρείται ικανοποιητική παρόλο που υπάρχουν σημεία του χώρου όπου η ένταση είναι κάτω από 500Lux. Στο μεγαλύτερο ποσοστό της αίθουσας ικανοποιούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις. Επίσης το άνοιγμα σε εκείνο το γραφείο είναι αρκετά μεγάλο ώστε να καλύπτει από άποψη φυσικού φωτισμό όλη την έκταση του γραφείου

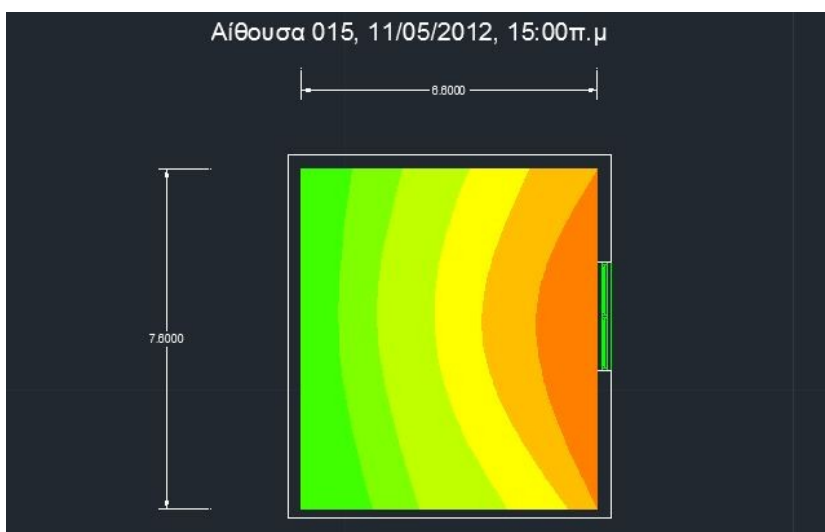
Εικόνα 7.6, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 9:00π.μ.



Εικόνα 7.7, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 12:00π.μ.



Εικόνα 7.8, Ισόφωτες καμπύλες της Αίθουσας 015 στις 15:00π.μ.

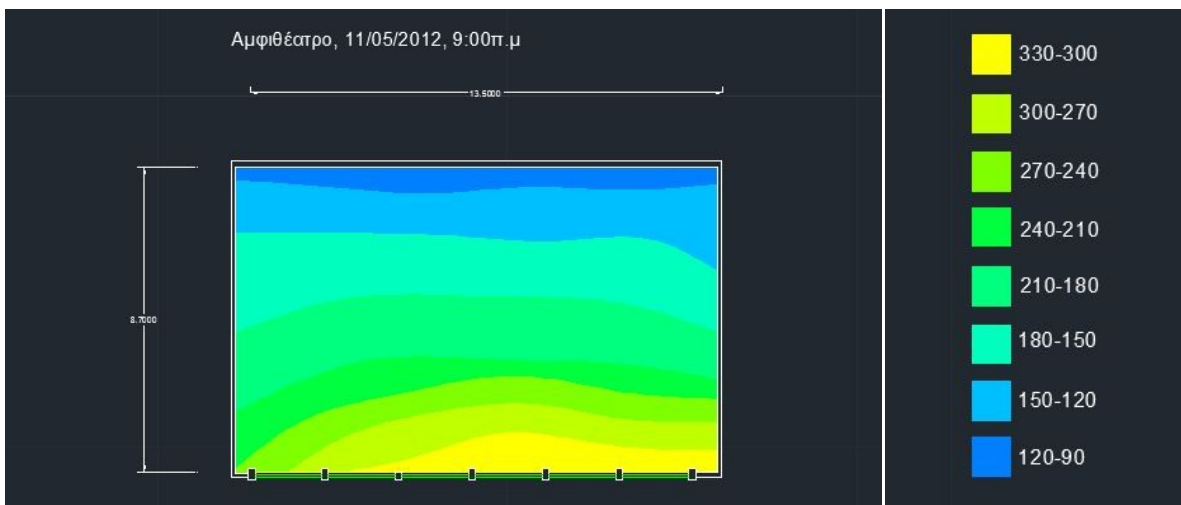


## 7.5 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟ ΑΜΦΙΘΕΑΤΡΟ

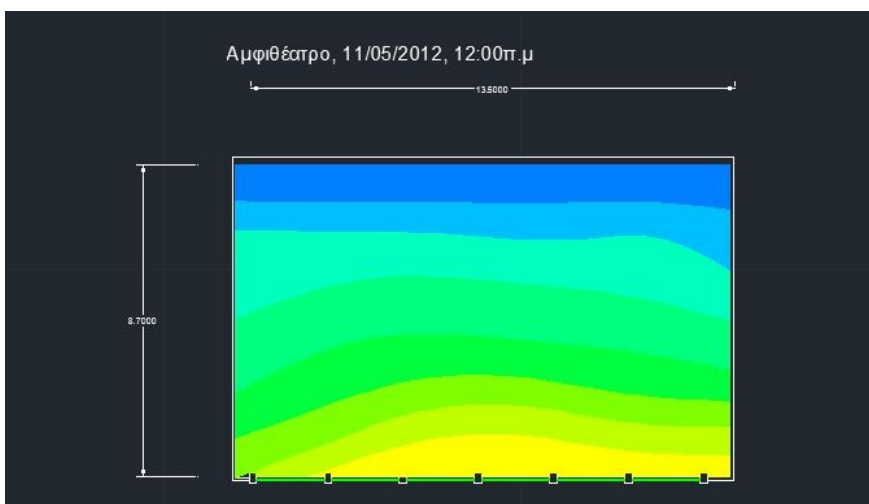
Αρχικά έγινε ο υπολογισμός του δείκτη  $R=(13.50*8.70)/((13.50+8.70)*(3.10-1.00))=2.51$  οπότε χωρίστηκε το γραφείο σε 16 σημεία. Στο αμφιθέατρο οι συνθήκες φυσικού φωτισμού είναι πολύ κακές. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πάρα πολλά ανοίγματα προς το νότο ο φωτισμός δεν είναι καλός κυρίως λόγω της πυκνής βλάστησης γύρω από τον χώρο του αμφιθέατρο αλλά και της κακής ποιότητας των υαλοπινάκων και των δομικών στοιχείων τα οποία δεν επιτρέπουν την διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης, υπάρχουν ανοίγματα τα οποία διαθέτουν κατακόρυφα σκίαστρα τα οποία είναι διαρκώς χαλασμένα αλλά δεν επιτρέπουν την είσοδο του φωτός. Ακόμα, παρατηρήθηκε θάμπωση στα ανοίγματα πράγμα που δημιουργεί και άλλα προβλήματα από άποψη φωτός.

Η διακύμανση της έντασης του φωτός στην πρώτη μέτρηση είναι από 300Lux κοντά στα παράθυρα μέχρι 90Lux. Κατά την διάρκεια της δεύτερης μέτρησης, στις 12:00 ο φωτισμός είναι λίγο καλύτερος κυρίως κοντά στα παράθυρα αλλά στο βάθος υπάρχουν ακόμα προβλήματα αφού η κατώτατη τιμή είναι πάλι 90Lux. Στην Τρίτη μέτρηση ο φυσικός φωτισμός είναι παρόμοιος σε σχέση με τις άλλες δύο μετρήσεις. Γενικά και στις τρεις μετρήσεις που έγιναν δεν υπήρχαν μεγάλες Παρατηρείται δηλαδή ότι όλος ο χώρος βρίσκεται κάτω από τις επιτρεπτές τιμές φυσικού φωτισμού πράγμα που δυσκολεύει τους σπουδαστές και τους αναγκάζει να χρησιμοποιούν τεχνητό φωτισμό

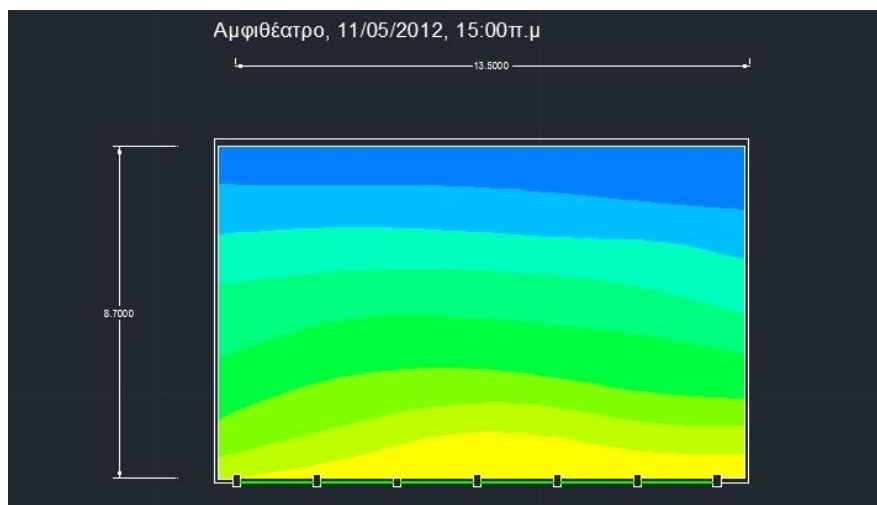
Εικόνα 7.9, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 9:00π.μ.



Εικόνα 7.10, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 15:00π.μ.



Εικόνα 7.11, Ισόφωτες καμπύλες του αμφιθεάτρου στις 15:00π.μ.



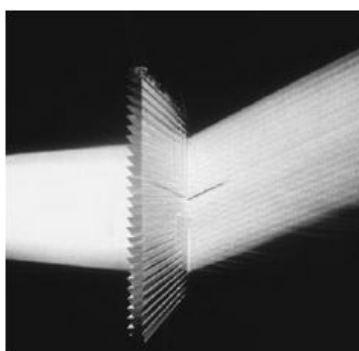
## 7.6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι χώροι οι οποίοι αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα από άποψη φυσικού φωτισμού είναι η Βόρεια πλευρά του κτιρίου αλλά και ο χώρος του Αμφιθεάτρου. Παρακάτω θα αναφερθούν μερικές προτάσεις/λύσεις ώστε να βελτιωθούν οι συνθήκες φυσικού φωτισμού στους χώρους αυτούς.

Αρχικά χρειάζεται να αυξηθεί ο συντελεστής ανάκλασης των εσωτερικών τοίχων του κτιρίου. Το χρώμα των εσωτερικών χώρων του κτιρίου είναι ανοικτό κίτρινο («μπεζ») που έχει συντελεστή ανάκλασης περίπου 43%. Με αλλαγή του χρώματος από ανοικτό κίτρινο σε άσπρο θα είχαμε μία αύξηση του συντελεστή ανάκλασης κατά 32, δηλαδή από 43% θα γινόταν 75%.

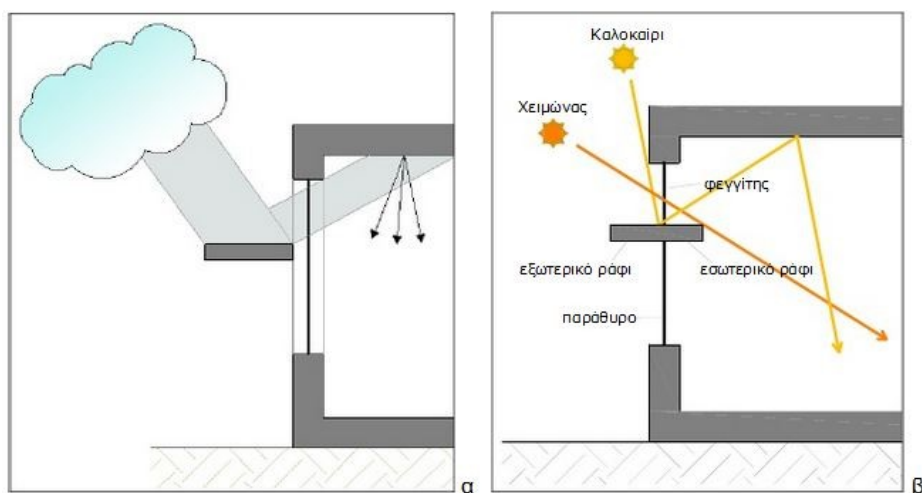
Επίσης η αντικατάσταση των παλαιών μονών υαλοπινάκων από πρισματικούς υαλοπίνακες. Θα προτιμήσουμε τους κινητούς υαλοπίνακες υπό την μορφή περσίδων ώστε να ανακατευθύνουμε το φως στο βάθος του κτιρίου ενώ παράλληλα θα μειώσουμε το ενδεχόμενο θάμπωσης καθώς το άνοιγμα εμφανίζεται λιγότερο φωτεινό. Επίσης με την χρήση πρισματικών υαλοπινάκων πετυχαίνουμε την ηλιοπροστασία του χώρου κατά του θερινούς μήνες αλλά την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους χειμερινούς μήνες.

Εικόνα 7.12, Μορφή πρισματικού υαλοπίνακα (Πηγή: T.O.TEE)



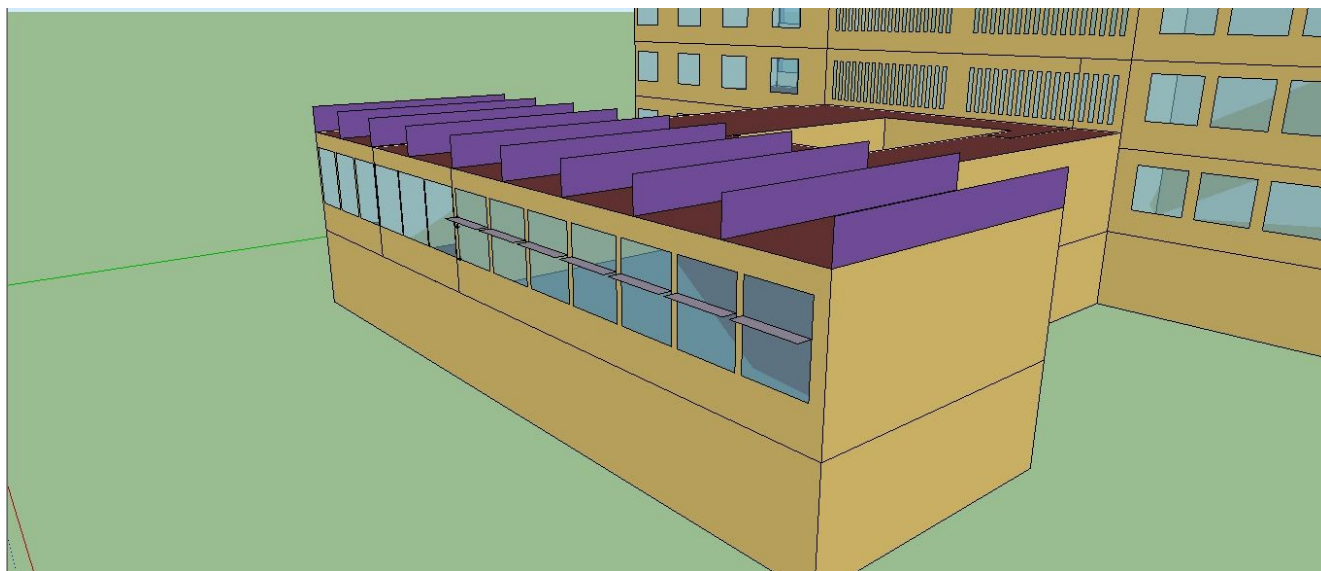
Μια άλλη μέθοδος για την αύξηση του φυσικού φωτισμού είναι με την χρήση ραφιών φωτισμού τα οποία τοποθετούνται στα ανοίγματα πάνω από την γραμμή όρασης με την άνω επιφάνεια τους να προκαλεί διάχυση της ηλιακής ακτινοβολίας και να ανακλάται προς στην οροφή του χώρου βελτιώνοντας την κατανομή του φωτισμού. Επίσης παρέχουν ηλιοπροστασία για το τμήμα του παραθύρου που βρίσκεται κάτω από αυτά.

Εικόνα 7.13, Ηλιακά ράφια (α) Εξωτερικά (β) Εκατέρωθεν του ανοίγματος (Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ)



Επιλέγουμε για την περίπτωση του αμφιθεάτρου εξωτερικά ράφια. Οπότε τα σχεδιάζουμε στο Open Studio όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

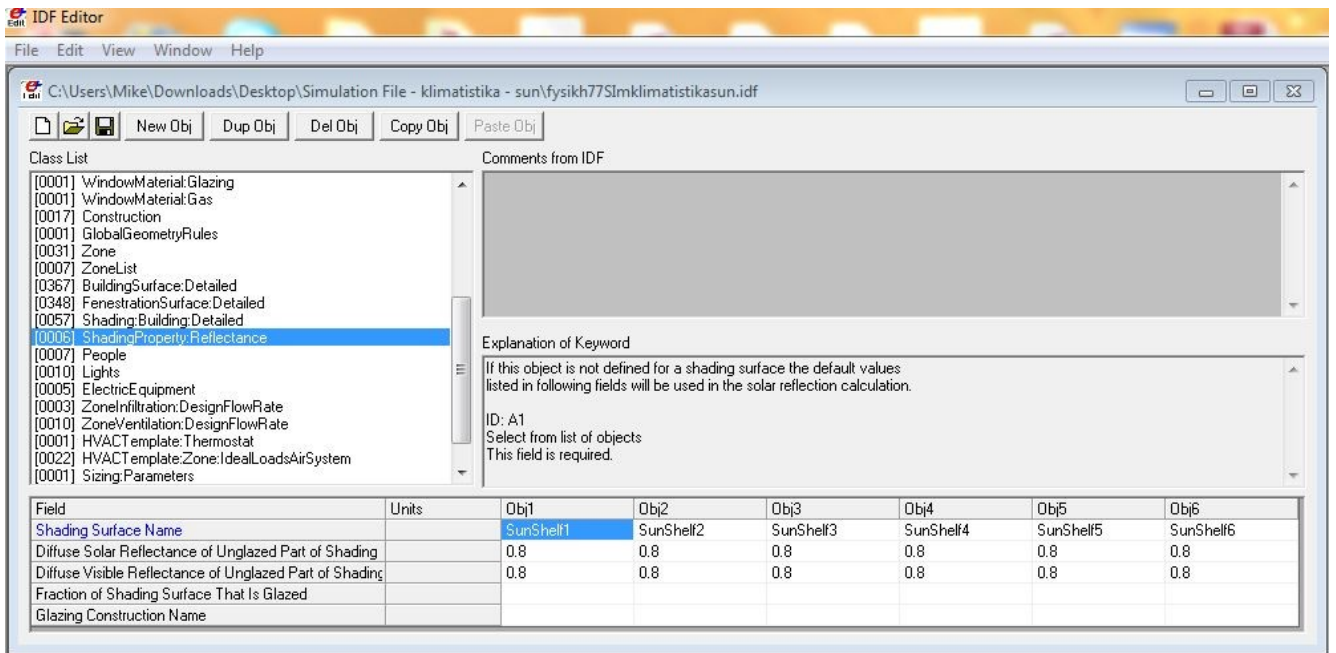
Εικόνα 7.14, Εξωτερικά ηλιακά ράφια στο αμφιθέατρο



Έπειτα πηγαίνουμε στο Energy Plus στην καρτέλα **Shading Property Reflectance** ώστε να δηλώσουμε στο πρόγραμμα ότι αυτή η επιφάνεια έχει ανακλαστικές ιδιότητες. Στο πεδίο Diffuse Solar Reflectance δηλώνουμε τον βαθμό ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια αυτή ίση με 0.8 ενώ στο πεδίο Diffuse Visible Reflectance δηλώνουμε τον βαθμό διάχυσης του ορατού φωτός ίσο με 0.8. Οι τιμές προκύπτουν από τις συνιστώμενες τιμές που δίνει το πρόγραμμα Energy Plus. Παρακάτω φαίνεται η καρτέλα με τα στοιχεία αυτά.



Εικόνα 7.15, IDF-Editor (Shading Property Reflectance)



Τα ηλιακά ράφια τα τοποθετήσαμε σε ύψος 1.80m από το έδαφος (επειδή το αμφιθέατρο είναι κεκλιμένο το ύψος το μετρήσαμε από το βάθος της αίθουσας) και με προεξοχή προς τα έξω 0.40m.

# 8. ΕΡΕΥΝΑ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

## ΑΠΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

### 8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την περίοδο από 20 Μαρτίου 2012 με 2 Απριλίου 2012 μοιράστηκαν κάποια ερωτηματολόγια σχετικά με τη θερμική και οπτική άνεση του κτιρίου Φυσικής. Συνολικά οι ερωτηθέντες φοιτητές ήταν 30.

Σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν να γίνει μία έρευνα για την κατάσταση που επικρατεί στο κτίριο ώστε να προτείνουμε κάποιες ώστε να βελτιωθεί η υφιστάμενη κατάσταση.

Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα στα οποία φαίνεται η ερώτηση που τους έγινε καθώς και οι απαντήσεις που προέκυψαν μέσα από την στατιστική επεξεργασία. Οι ερωτήσεις καθώς και η μορφή του ερωτηματολογίου φαίνονται στο παράρτημα.

### 8.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Αρχικά το 59% των ερωτηθέντων ήταν γυναίκες ενώ το υπόλοιπο 41% ήταν άντρες. Όσον αφορά την ηλικία τους είχαμε: το 35% να έχουν ηλικία από 35-65, ένα 29% να έχουν ηλικία από 23-35, ενώ το υπόλοιπο μέρος που αφορά τους σπουδαστές ήταν 36%.

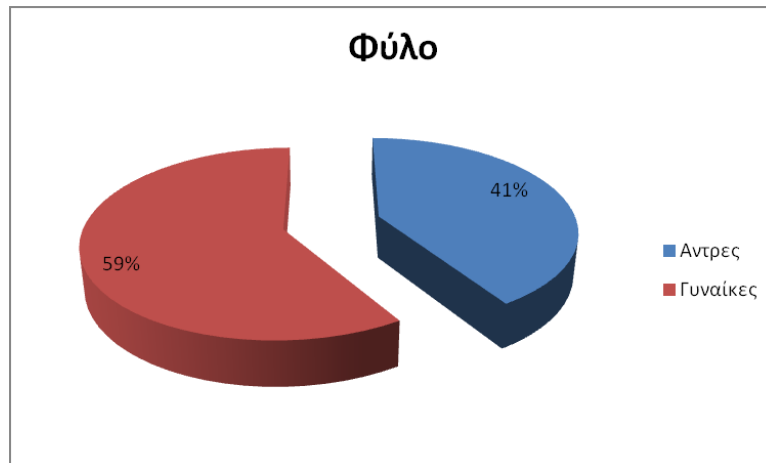
Επίσης το 57% των ερωτηθέντων απάντησαν ότι το γραφείο τους βρίσκεται στην Νότια πλευρά του κτιρίου ενώ το 43% στην Βόρεια πλευρά. Στην ερώτηση σε ποίον όροφο βρίσκεται το γραφείο σας είχαμε ότι το 43% βρίσκεται στο Ισόγειο, το 21% βρίσκεται στον Α όροφο, το 18% βρίσκεται στον Β όροφο ενώ το υπόλοιπο 18% ήταν από το Γ όροφο.

Η επόμενη ερώτηση είχε να κάνει με το αν υπάρχει παράθυρο στο χώρο του γραφείου σας όπου όλοι οι ερωτηθέντες απάντησαν ότι υπάρχει. Στο πόσο μακριά βρίσκεται όμως το κοντινότερο παράθυρο από το γραφείο/αίθουσα διδασκαλίας είχαμε ποικίλες απαντήσεις. Πιο συγκεκριμένα, το 20% απάντησε ότι έχει παράθυρο σε απόσταση 0-0.5 μέτρα, το 39% σε απόσταση 0.5-1 μέτρο, το 23% σε απόσταση 1-3 μέτρα ενώ το υπόλοιπο που αφορά κυρίως τα εργαστήρια και το αμφιθέατρο σε απόσταση >3 είναι το 18%.

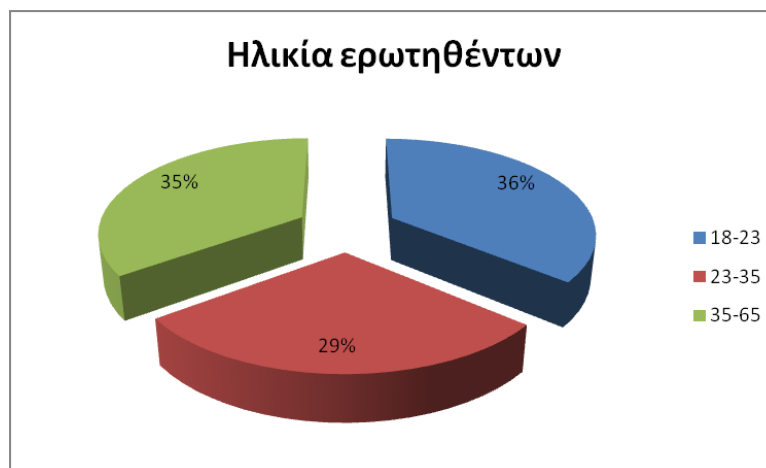
Στο αν ανοίγετε συχνά ή όχι το παράθυρο στο χώρο σας είχαμε ότι το 68% ανοίγει συχνά το παράθυρο ενώ το υπόλοιπο 32 δεν το ανοίγει. Τα άτομα με τα οποία μοιράζονται το γραφείο τους οι χρήστες είναι: το 38% με κανένα άλλο, το 16% με 1 άτομο, το 18% με δύο άτομα, το 8% με 3 άτομα ενώ το υπόλοιπο 20% με περισσότερα από 3 άτομα.

Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα με τα προαναφερθέντα:

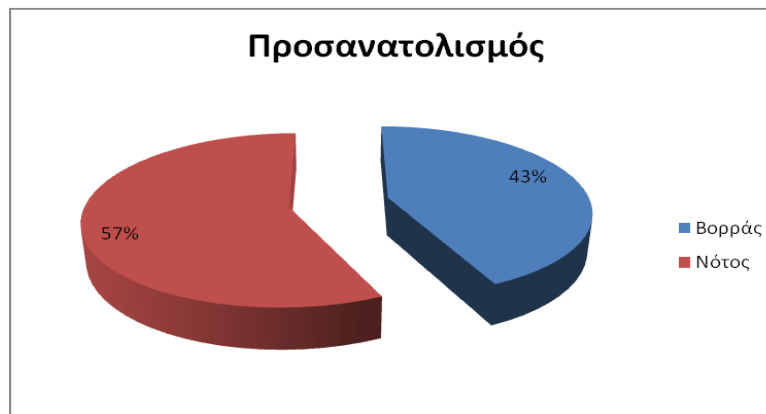
Εικόνα 8.1, Φύλλο ερωτηθέντων



Εικόνα 8.2, Ηλικία ερωτηθέντων



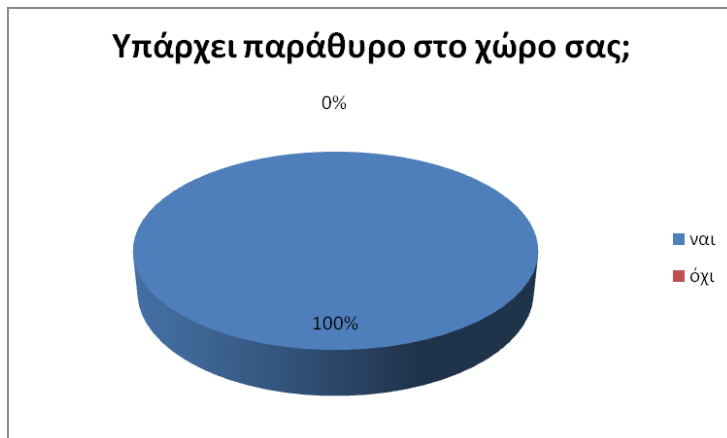
Εικόνα 8.3, Προσανατολισμός αίθουσας



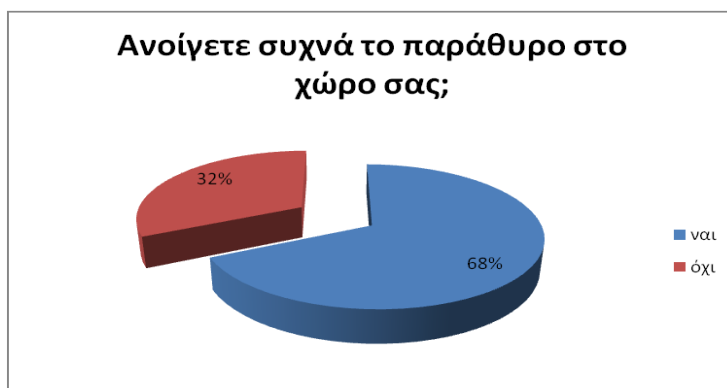
Εικόνα 8.4, Ερώτηση σχετικά με το που βρίσκεται των γραφείο των χρηστών



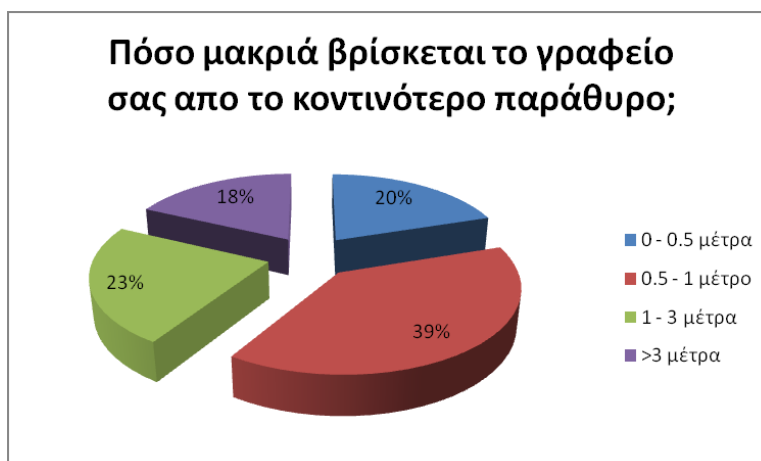
Εικόνα 8.5, Ερώτηση σχετικά με το εάν υπάρχει παράθυρο στο χώρο τους



Εικόνα 8.6, Ερώτηση σχετικά με το εάν ανοίγουν συχνά το παράθυρο



Εικόνα 8.7, Ερώτηση σχετικά με το πόσο μακριά βρίσκεται το γραφείο από το παράθυρο



Εικόνα 8.8, Ερώτηση σχετικά με το πόσους άλλους μοιράζεστε το γραφείο σας



### 8.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΑΣ

Σε αυτό το μέρος του ερωτηματολογίου οι ερωτηθέντες απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με τις συνθήκες περιβαλλοντικής άνεσης στο χώρο εργασίας τους. Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση και ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων.

Στην ερώτηση πως θα περιγράφατε τις συνθήκες θερμικής άνεσης τη στιγμή αυτή είχαμε ότι το 4% είναι κρύο, το 24% είναι δροσερό, το 29% ελαφρώς δροσερό, το 34% ουδέτερο, το 7% μόλις γλιαρό, το 2% γλιαρό ενώ κανένας (0%) δεν θεωρεί ότι είναι ζεστό.

Στην επόμενη ερώτηση ερωτήθηκαν για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα αυτή τη στιγμή από όπου και προέκυψε ότι το 9% βρίσκεται κάτω από το αποδεκτό όριο με το 5% να απαντάει ότι είναι μόλις κάτω από το αποδεκτό όριο. Ένα 6% απάντησε ότι η ποιότητα του αέρα είναι μόλις αποδεκτή ενώ απόλυτα ικανοποιητική θεωρεί πως είναι το 15%.

Παρακάτω γίνονται μερικές ερωτήσεις σχετικά με τις εσωτερικές συνθήκες του γραφείου των χρηστών αυτή τη στιγμή. Πρώτα από όλα όσον αφορά την θερμοκρασία το 36% θεωρεί πως η θερμοκρασία είναι άνετη (ιδανικές συνθήκες) ενώ το 29% θεωρεί ότι είναι λίγο πιο κάτω από τις ιδανικές συνθήκες. Δυσάρεστη θερμοκρασία δεν απάντησε κανείς ερωτούμενος.

Για την κίνηση του αέρα το 25% απάντησε ότι ο αέρας είναι στάσιμος ενώ στις ιδανικές συνθήκες απάντησε το 20%. Με πολλά ρεύματα το ποσοστό είναι πολύ χαμηλό με μόλις 2%.

Η ποιότητα αέρα, δηλαδή στον αν είναι ξηρός ή υγρός είχαμε ότι το 5% θεωρεί πως είναι ξηρός ενώ αντίθετα το 3% πως είναι υγρός. Στις ιδανικές συνθήκες είχαμε ποσοστό 27% ενώ λίγο κάτω από τις ιδανικές συνθήκες προς το ξηρό είχαμε ποσοστό 20% και λίγο πάνω προς το υγρό είχαμε ποσοστό 17%. Ακόμα το 48% θεωρεί ότι ο αέρας που κυκλοφορεί στους χώρους είναι φρέσκος ενώ το 25% μόλις φρέσκος. «Βαρύς» δεν θεωρεί κανένας. Ως προς την οσμή του ο αέρας το 50% θεωρεί ότι ο αέρας είναι άοσμος ενώ μόλις άοσμος θεωρεί το 30%. Το ότι μυρίζει έντονα δεν θεωρεί κανένας.

Για τις συνθήκες φυσικού φωτισμού έχουμε ότι το 1% θεωρεί ότι είναι πολύ σκοτεινά ενώ κανένας δεν θεωρεί ότι είναι πολύ φωτεινά. Στις ιδανικές συνθήκες βρίσκεται το 45%. Το 20 θεωρεί ότι είναι ιδανικά προς φωτεινά ενώ το 23% είναι ιδανικά προς σκοτεινά. Για την διακύμανση του φυσικού φωτισμού είχαμε ότι το 34% θεωρεί ότι είναι σταθερός ενώ κανένας ότι είναι με πολλές διακυμάνσεις. Επίσης το 29% θεωρεί ότι βρίσκεται λίγο κάτω από τις ιδανικές συνθήκες.

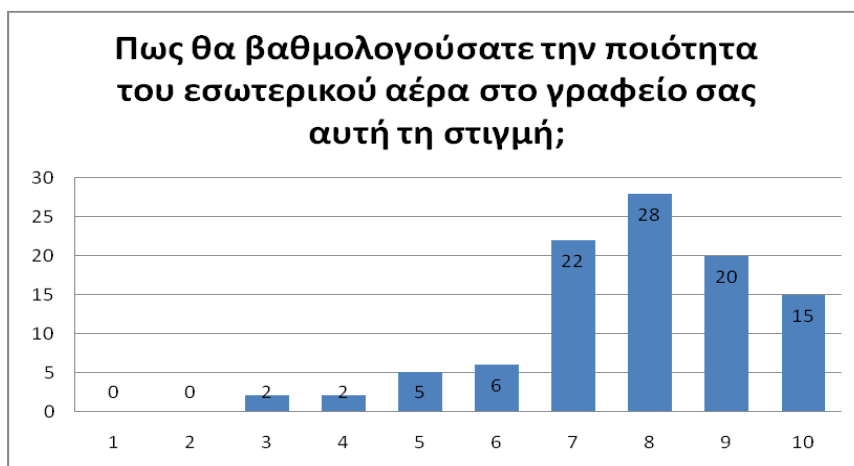
Για το εάν ο φυσικός φωτισμός προξενεί θάμπωμα είχαμε ότι το 48% θεωρεί ότι δεν προξενεί θάμπωμα ενώ κανένας δεν θεωρεί ότι προξενεί θάμπωμα. Γενικά οι μισοί από τους ερωτηθέντες θεωρούν ότι ο φυσικός φωτισμός είναι ικανοποιητικός ενώ το 30% θεωρεί ότι είναι μόλις ικανοποιητικός.

Ακόμα ερωτήθηκαν και για τις συνθήκες θορύβου που επικρατούν στο κτίριο. Δηλαδή το 60% θεωρεί ότι δεν υπάρχει καθόλου θόρυβος από το εξαεριστικό σύστημα ενώ το 30% θεωρεί ότι υπάρχει μία μικρή όχληση από το εξαεριστικό σύστημα. Από άποψη ηχομόνωσης έχουμε ότι το 39% θεωρεί ότι δεν υπάρχει κανένας άλλος θόρυβος ενώ το 35% θεωρεί ότι υπάρχει μία μικρή όχληση. Γενικά για τις συνθήκες θορύβου θεωρεί ότι το 65% είναι γενικά ικανοποιητικές ενώ το 26% θεωρεί ότι είναι μόλις ικανοποιητικός. Κανένας δεν θεωρεί ότι ο θόρυβος είναι γενικά μη ικανοποιητικός.

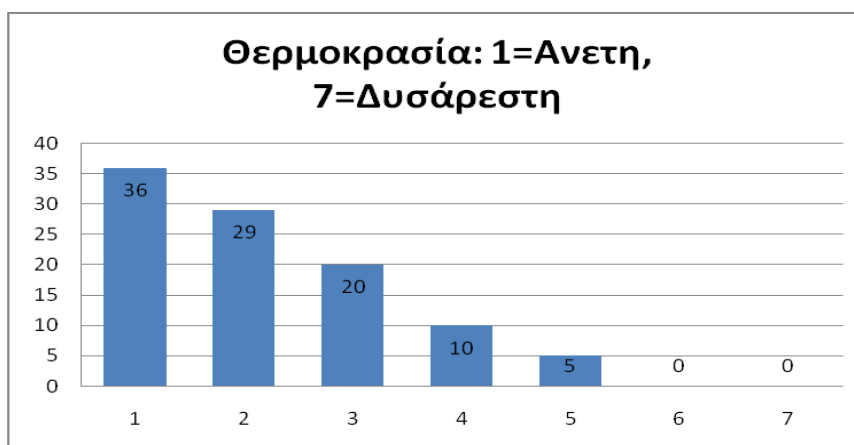
Εικόνα 8.9, Ερώτηση σχετικά με το πώς είναι οι συνθήκες θερμικής άνεσης αυτή τη στιγμή



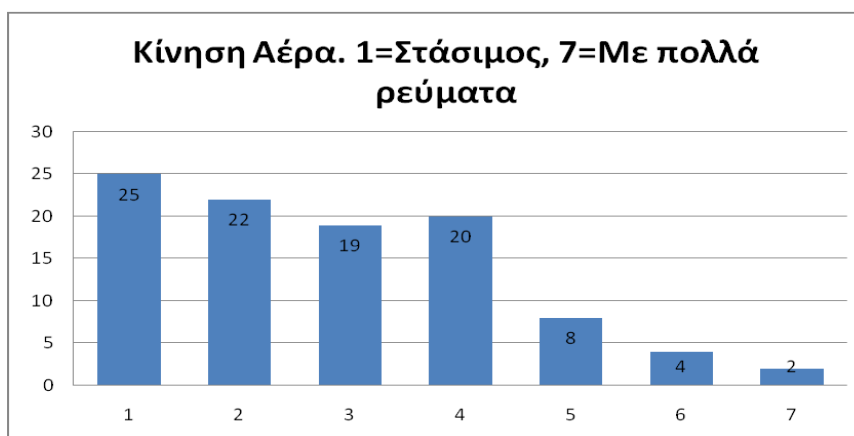
Εικόνα 8.10, Ποιότητα εσωτερικού αέρα



Εικόνα 8.11, Θερμοκρασία

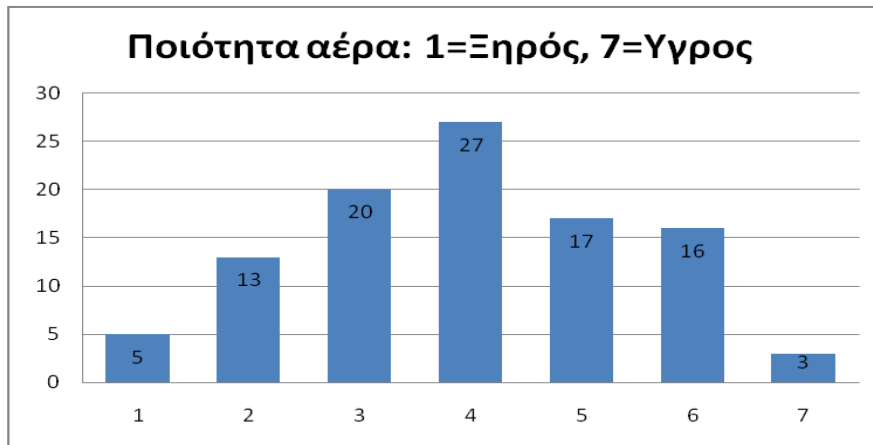


Εικόνα 8.12, Κίνηση αέρα





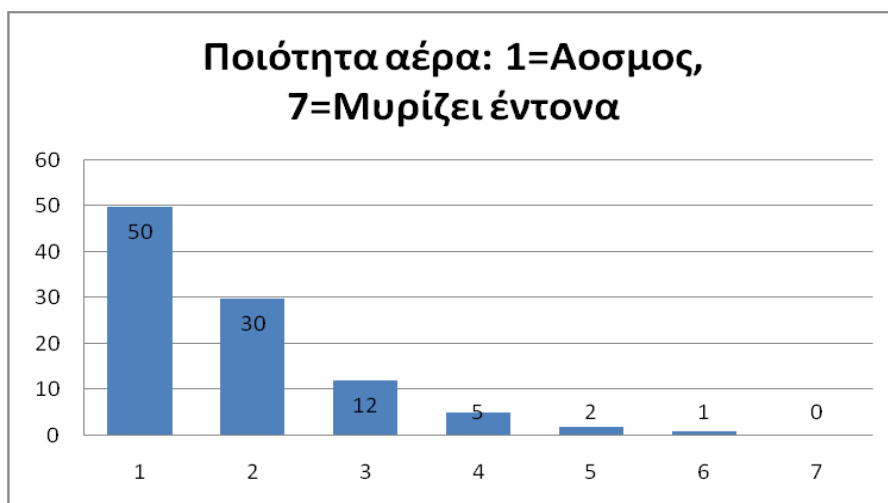
Εικόνα 8.13, Ποιότητα εσωτερικού αέρα



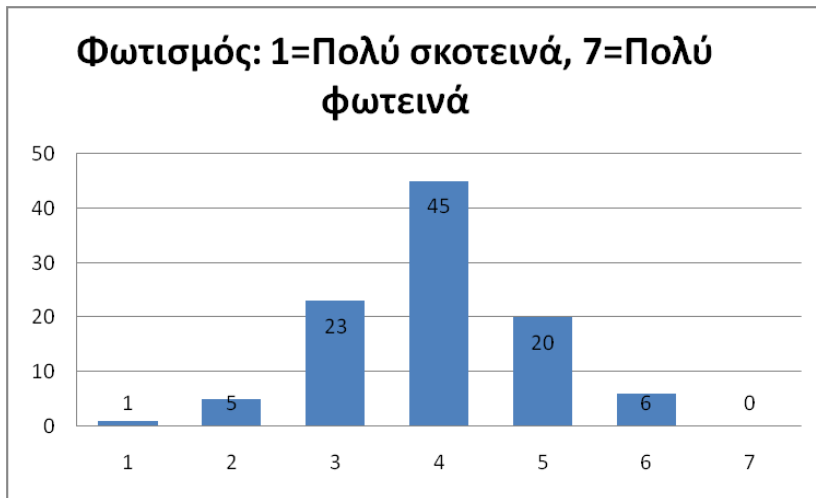
Εικόνα 8.14, Ποιότητα εσωτερικού αέρα



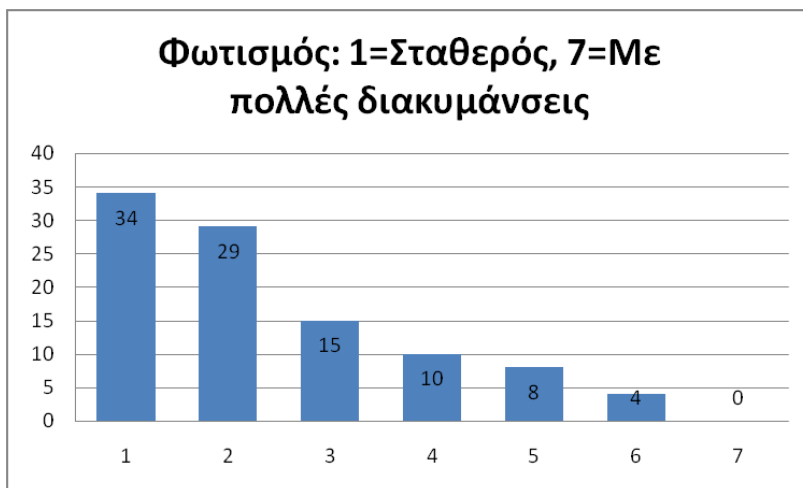
Εικόνα 8.15, Ποιότητα εσωτερικού αέρα



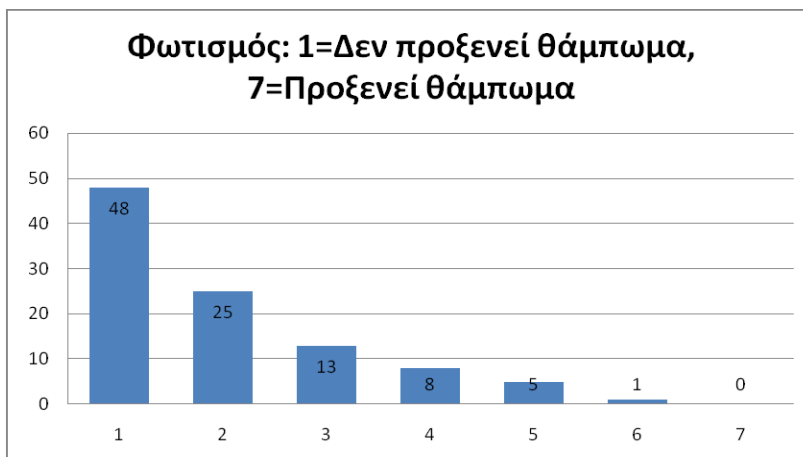
Εικόνα 8.16, Φωτισμός



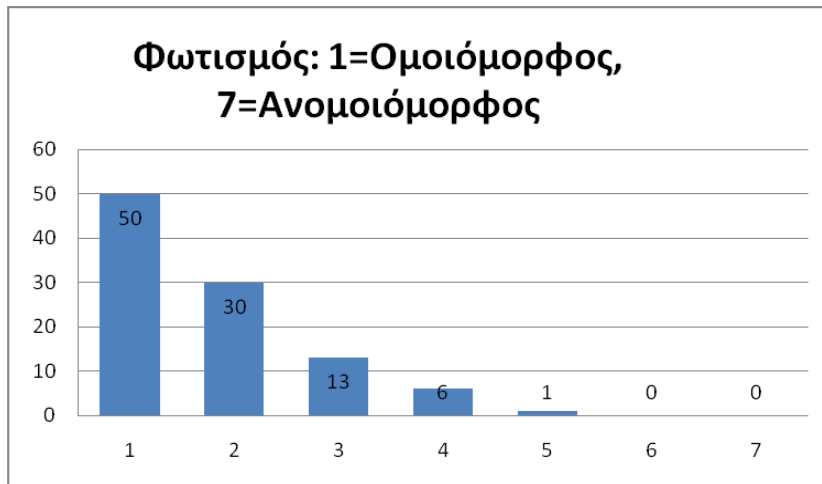
Εικόνα 8.17, Φωτισμός



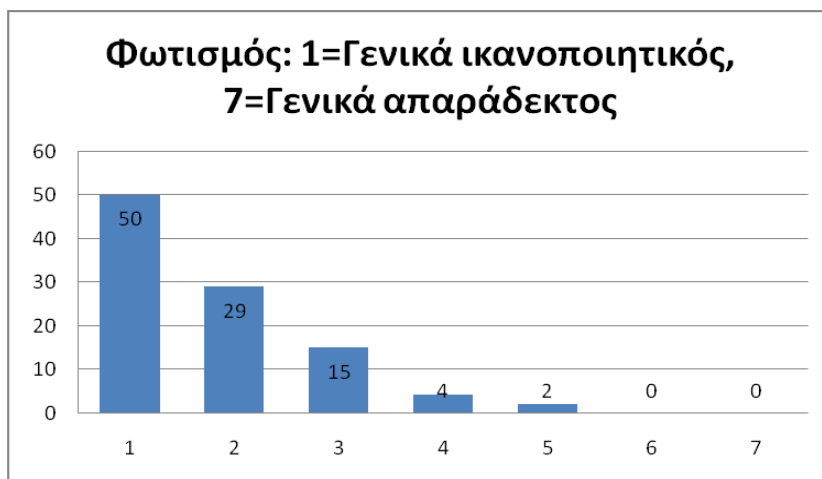
Εικόνα 8.18, Φωτισμός



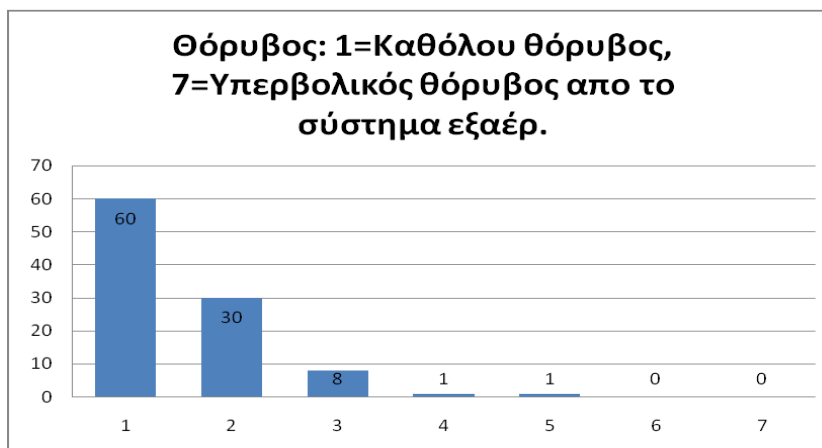
Εικόνα 8.19, Φωτισμός



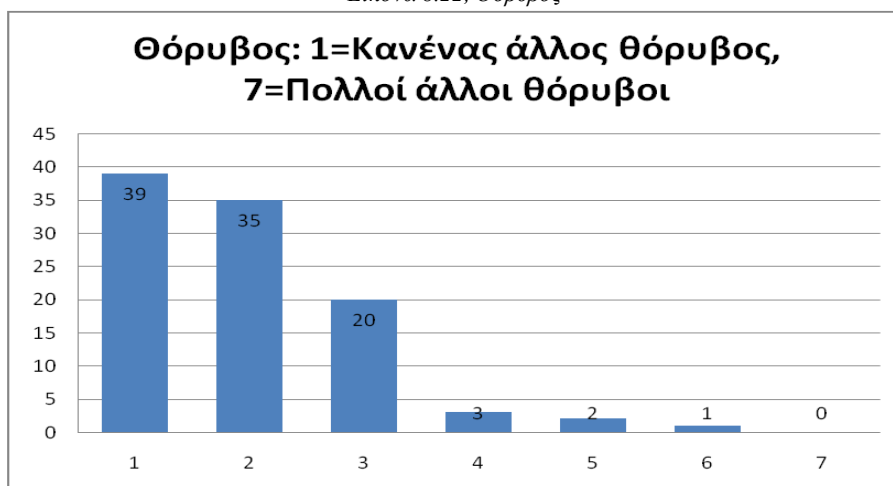
Εικόνα 8.20, Φωτισμός



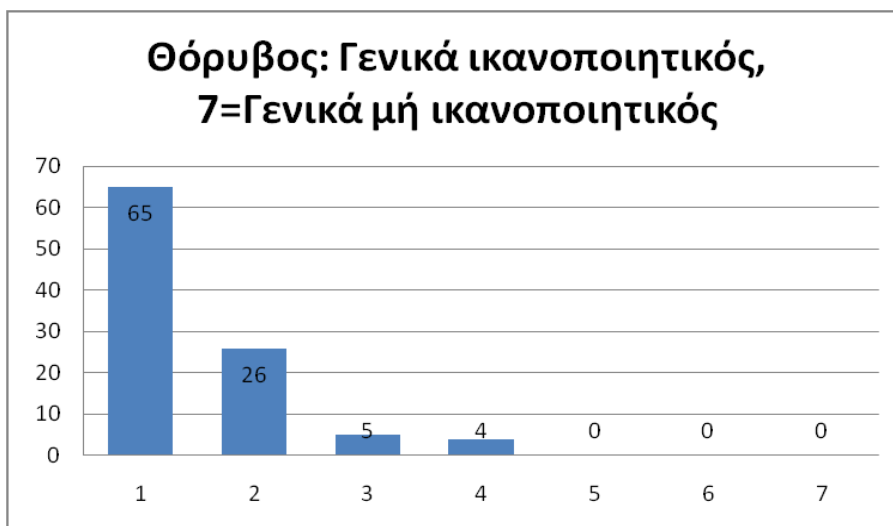
Εικόνα 8.21, Θόρυβος



Εικόνα 8.22, Θόρυβος



Εικόνα 8.23, Θόρυβος

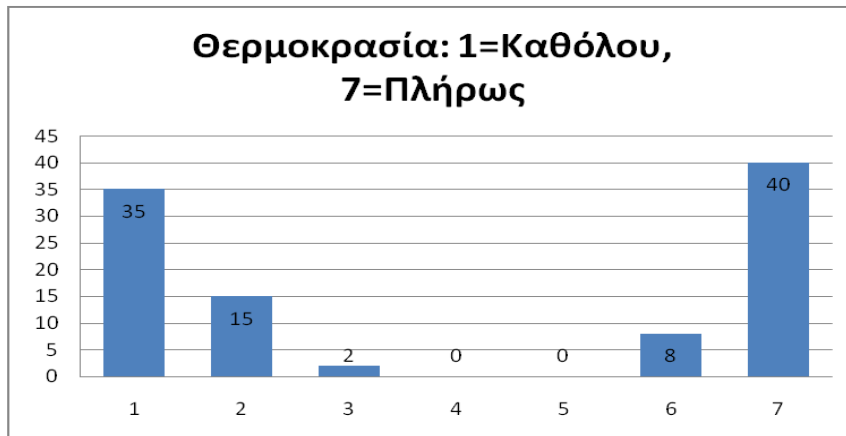


#### 8.4 ΑΛΛΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΥ ΣΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

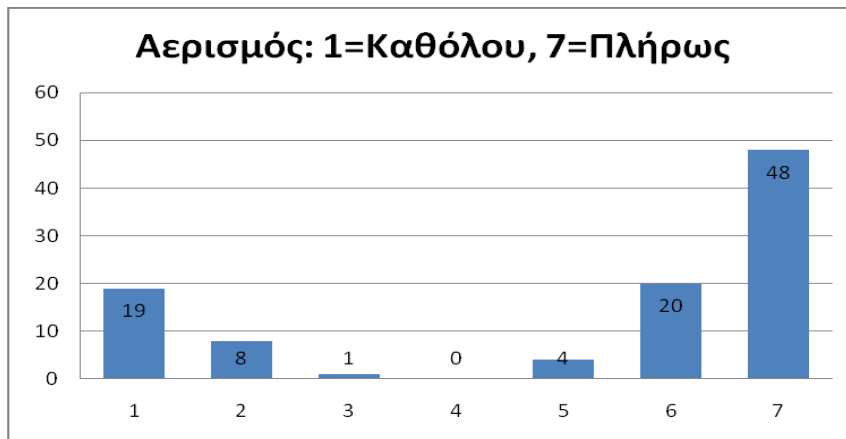
Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν στους χρήστε πόσο μπορούν να ελέγξουν την θερμοκρασία, τον αερισμό και το φωτισμό στο χώρο εργασίας τους. Όσον αφορά την θερμοκρασία το 35% απάντησαν ότι δεν μπορούν να την ελέγξουν καθόλου ενώ το 40% μπορεί να την ελέγξει πλήρως. Υπάρχει και ένα μικρό ποσοστό (8%) που μπορεί να την ελέγξει αλλά όχι πλήρως. Για τον αερισμό το 48% μπορεί να τον ελέγξει πλήρως ενώ το 19% δεν μπορεί καθόλου. Υπάρχει και ένα ποσοστό 20% το οποίο υποδηλώνει ότι παρόλο που υπάρχει αερισμός δεν μπορούν να τον ελέγξουν.

Για τον φωτισμό μπορούν να το ελέγξουν πλήρως το 79% ενώ μόλις το 15% μπορεί να το ελέγξει αλλά όχι πλήρως. Για τις συνθήκες καθαριότητας στο γραφείο των ερωτηθέντων είχαμε τα εξής: το 65% θεωρεί ότι οι συνθήκες καθαριότητας είναι ικανοποιητικές ενώ το 20% είναι μόλις ικανοποιητικές. Στο αν υπάρχουν καπνιστές στο άμεσο εργασιακό σας περιβάλλον απάντησαν να το 37% ενώ το υπόλοιπο 63% όχι .

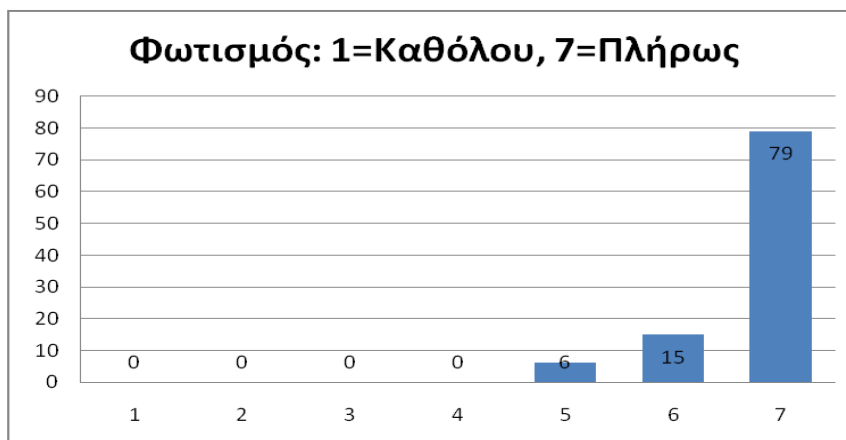
Εικόνα 8.24, Έλεγχος θερμοκρασίας



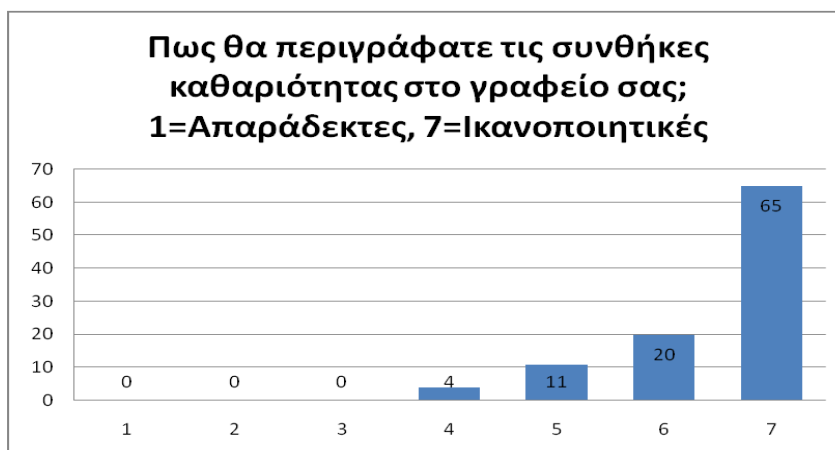
Εικόνα 8.25, Έλεγχος αερισμού



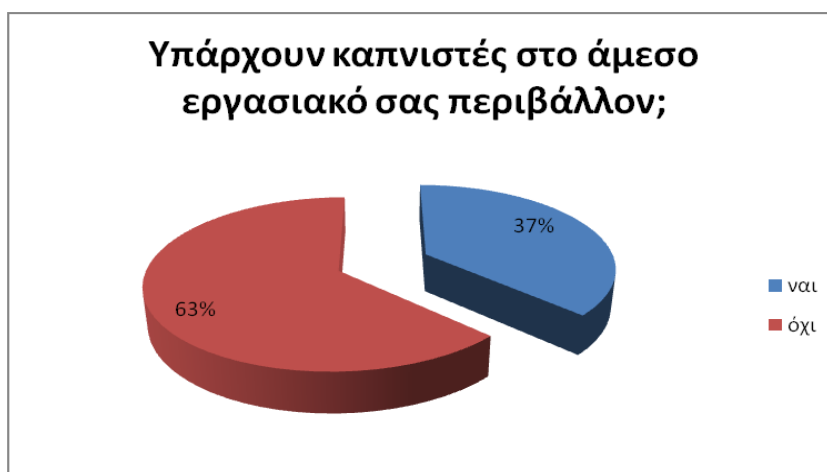
Εικόνα 8.26, Έλεγχος φωτισμού



Εικόνα 8.27, Καθαριότητα γραφείου



Εικόνα 8.28, Καπνιστές στο άμεσο περιβάλλον

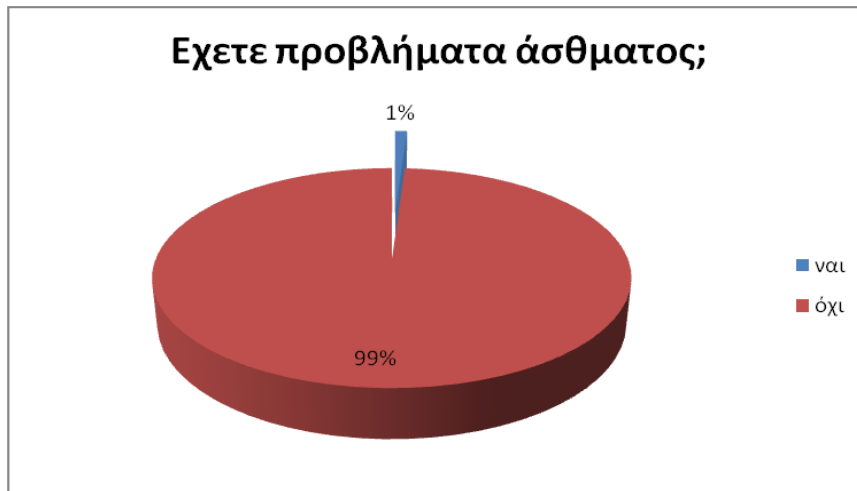


## 8.5 ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ

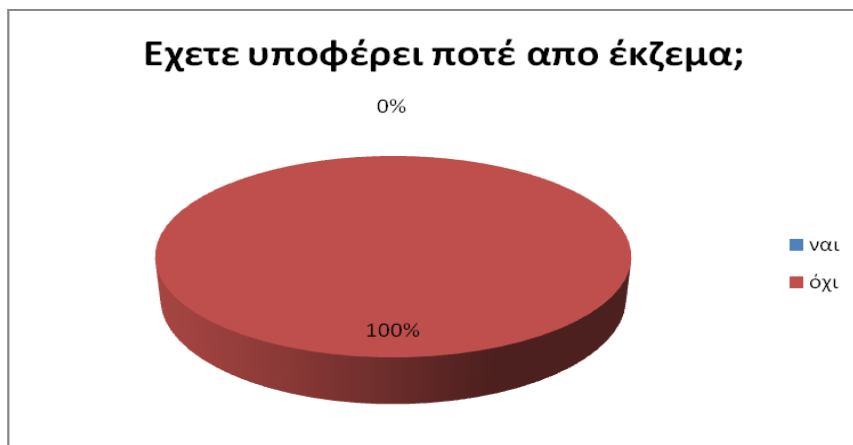
Στο τελευταίο μέρος του ερωτηματολογίου οι ερωτούμενοι απάντησαν σε ερωτήσεις που αφορούν τον εαυτό τους. Αναλυτικά: στο εάν έχετε κάποιο πρόβλημα άσθματος απάντησαν ότι έχουν το 1% ενώ το υπόλοιπο 99% δεν πάσχει από κάποιο τέτοιο πρόβλημα. Από έκζεμα δεν έχει υποφέρει κανένας ερωτούμενος.

Από αλλεργίες έχει υποφέρει ένα 9% ενώ το υπόλοιπο 91% όχι. Καπνιστές δήλωσαν ότι είναι το 38% από το οποίο το 13% καπνίζει στο χώρο εργασίας του. Από το 62% που δεν είναι καπνιστές το 4% έχει καπνίσει κανονικά στο παρελθόν.

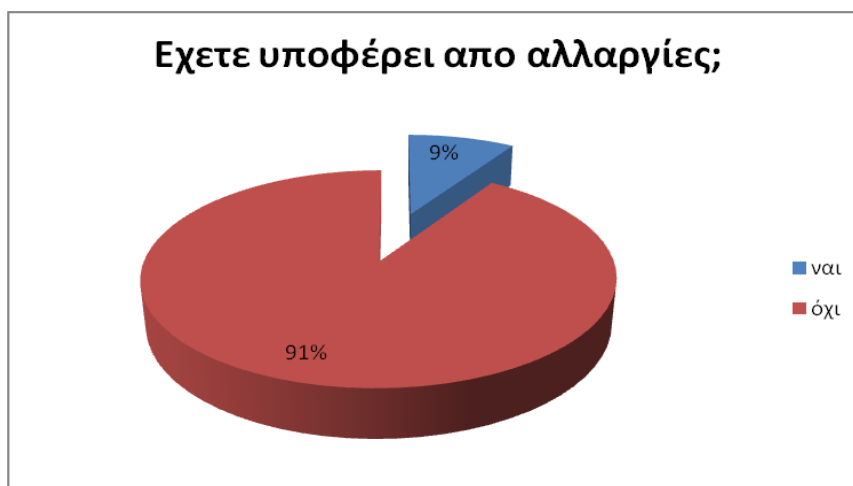
Εικόνα 8.29, Προβλήματα άσθματος



Εικόνα 8.30, Προβλήματα εκζέματος



Εικόνα 8.31, Προβλήματα αλλεργιών

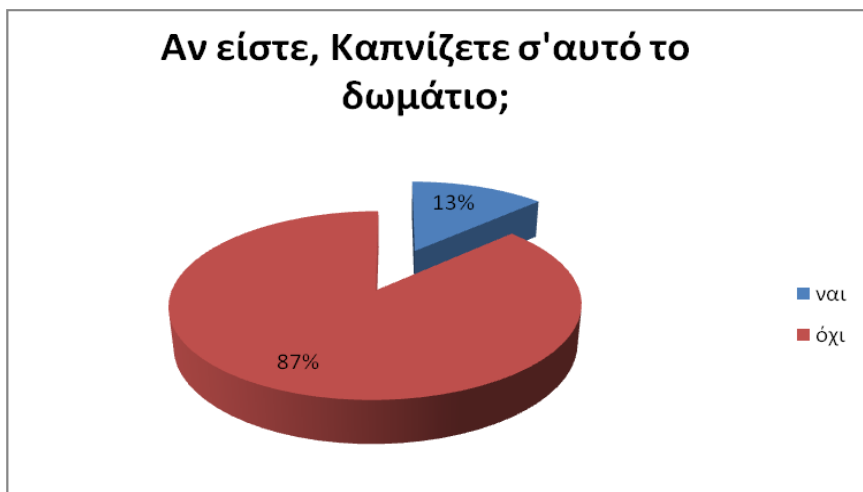




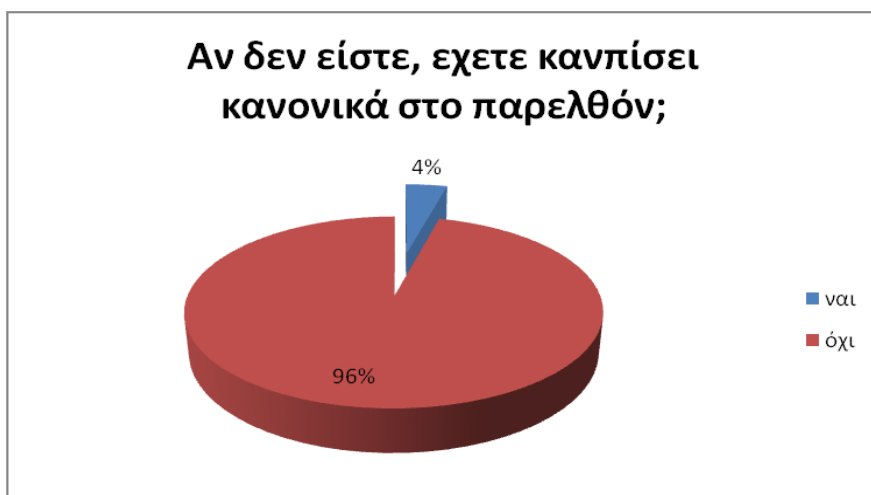
Εικόνα 8.32, Καπνιστής/Μη καπνιστής



Εικόνα 8.33, Κάπνισμα στο χώρο εργασίας



Εικόνα 8.34, Κάπνισμα στο παρελθόν



## 8.6 ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΣΧΟΛΙΑ

### Σχόλια

Παρακάτω θα αναφερθούμε σε μερικά σχόλια των ερωτούμενων σχετικά με το εργασιακό τους περιβάλλον.

- Κακή μόνωση από τα παράθυρα
- Ξεχασμένα καλοριφέρ μη ενεργά
- Το κτίριο βρίσκεται σε καλή κατάσταση παρά την ηλικία του
- Ο κλιματισμός δεν δουλεύει σε πολύ κρύο και πολύ ζέστη. Δουλεύει σε μέσες θερμοκρασίες

### Παρατηρήσεις:

- Οι χρήστες δεν ανοίγουν αρκετά τα παράθυρο τους παρόλο που υπάρχουν σε όλους τους χώρους παράθυρα πράγμα που δυσκολεύει τον φυσικό αερισμό των χώρων
- Η απόσταση του παραθύρου είναι γενικά ικανοποιητική οπότε αποδομούν σημαντικά οφέλη από τον φυσικό φωτισμό
- Το επίπεδο θερμικής άνεσης είναι ουδέτερο για τους περισσότερους αλλά υπάρχουν και σημαντικά ποσοστά που θεωρούν ότι είναι αρκετά δροσερό ή ελαφρώς δροσερό.
- Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι μέτρια για τους περισσότερους πράγμα που αποδεικνύει ότι ο φυσικός αερισμός από τα παράθυρα δεν είναι και τόσο καλός.
- Γενικά η θερμοκρασία τείνει να είναι άνετη αλλά υπάρχουν και χρήστες όπου θεωρούν ότι είναι λίγο πιο κάτω από το ιδανικό σημείο
- Η κίνηση του αέρα είναι γενικώς ουδέτερη με αρκετούς να θεωρούν ότι είναι στάσιμος ιδιαίτερα στο χώρο του αμφιθεάτρου.
- Ο φυσικός φωτισμός είναι γενικά καλός και ομοιόμορφος αλλά υπάρχουν ποσοστά χρηστών που θεωρεί ότι ο φυσικός φωτισμός δεν τους καλύπτει επαρκώς (κυρίως αυτό ισχύει για την Βόρεια πλευρά του κτιρίου)
- Ο θόρυβος δεν προκαλεί σημαντική όχληση στους χρήστες του κτιρίου
- Κατά την σηντριπτική τους πλειοψηφία οι χρήστες μπορούν να ελέγξουν την θερμοκρασία, τον αερισμό και το φωτισμό στο χώρο τους ενώ εκείνη που δεν μπορούν κυρίως για την θερμοκρασία είναι σπουδαστές της σχολής.

## 9. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Εκτός από την προσομοίωση με το πρόγραμμα Energy Plus, τις μετρήσεις του φωτός και τις επιτόπου έρευνες που έγιναν στο κτίριο, πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας και ειδικά θερμουγρόμετρα τα οποία τοποθετήθηκαν σε διάφορους χώρους του κτιρίου. Παρακάτω φαίνονται οι σχετικοί πίνακες με τον κωδικό αριθμό του θερμουγρομέτρου, την ημερομηνία αρχής και τέλους των μετρήσεων καθώς και τον προσανατολισμό της αίθουσας.

Πιν. 9.1, Θερμουγρόμετρο 553607

Θερμουγρόμετρο		553607			
Περίοδος	Ημερομηνία		Αίθουσα	Οροφος	Προσανατολισμός
	Αρχή	Τέλος			
1	20/03/2012 15:32	02/04/2012 14:32	006	Ισόγειο	Βόρρας
2	02/04/2012 15:32	25/04/2012 15:02	Διάδρομος Ισογείου	Ισόγειο	-
3	25/04/2012 15:22	02/07/2012 12:12	Αμφιθέατρο	Ισόγειο	Νότος

Πιν. 9.2, Θερμουγρόμετρο 553912

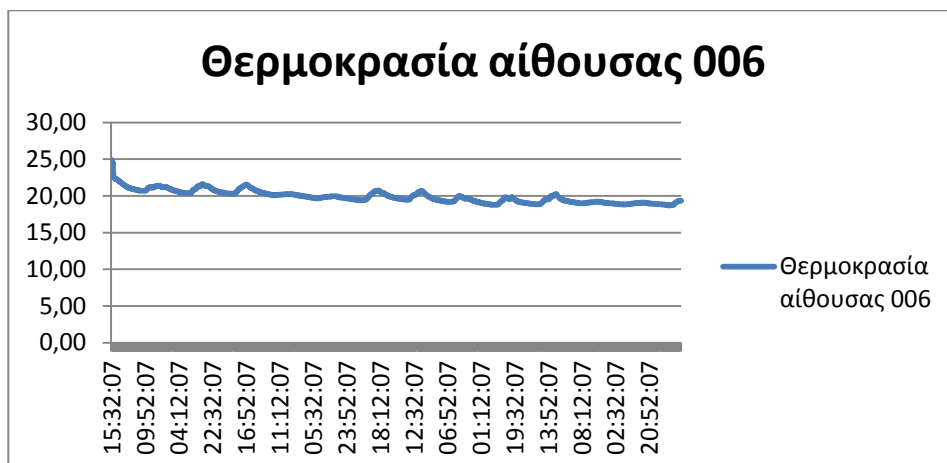
Θερμουγρόμετρο		553912			
Περίοδος	Ημερομηνία		Αίθουσα	Οροφος	Προσανατολισμός
	Αρχή	Τέλος			
1	20/03/2012 15:22	02/04/2012 15:22	022	Ισόγειο	Νότος
2	02/04/2012 15:32	25/04/2012 15:12	Διαδρομος Β ορόφου	Β	-
3	25/04/2012 15:22	16/05/2012 15:42	229	Β	Ανατολικά
4	16/05/2012 16:12	06/06/2012 15:12	307	Γ	Νότος
5	06/06/2012 15:32	02/07/2012 12:32	Διαδρομος Γ ορόφου	Γ	-

Πιν. 9.3, Θερμουγρόμετρο 553946

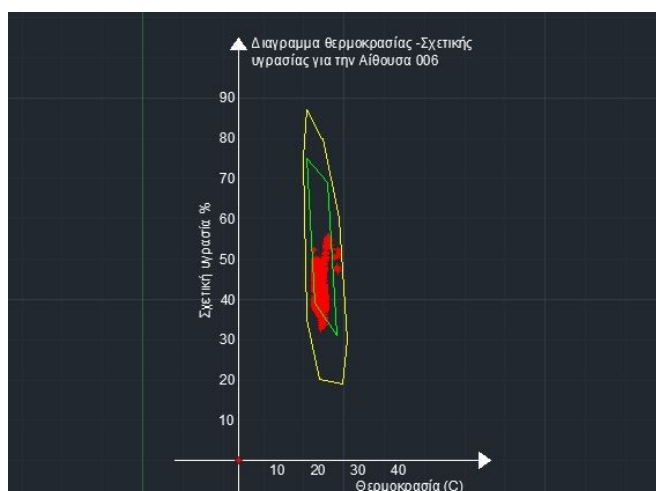
Θερμουγρόμετρο		553946			
Περίοδος	Ημερομηνία		Αίθουσα	Οροφος	Προσανατολισμός
	Αρχή	Τέλος			
1	02/04/2012 15:30	25/05/2012 13:00	203	Ισόγειο	Βορράς
2	25/05/2012 14:00	02/07/2012 12:30	040	Ισόγειο	Ανατολικά

Οι μετρήσεις διήρκησαν περίπου 3 μήνες από τις 20/3/2012 μέχρι 6/6/2012. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα των θερμοκρασιών από τις μετρήσεις που έγιναν.

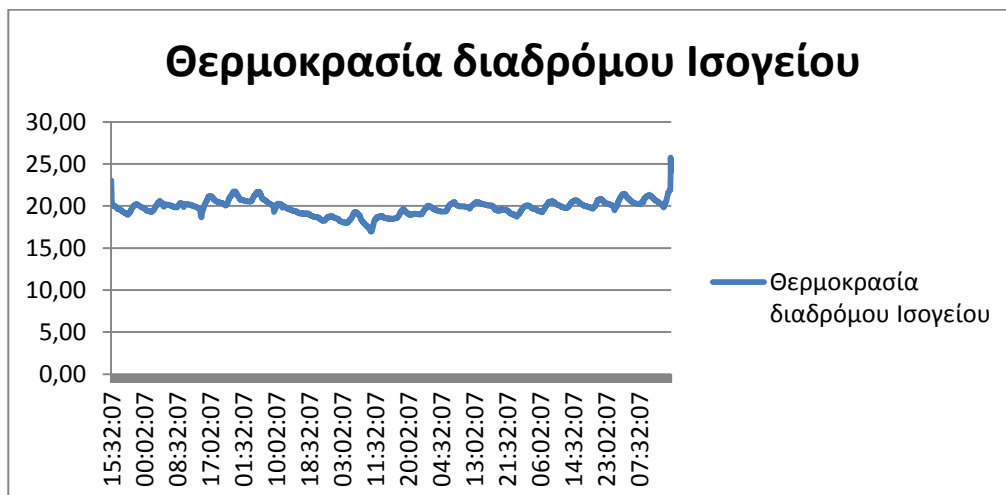
Εικόνα 9.1, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 006 από θερμογρόμετρα



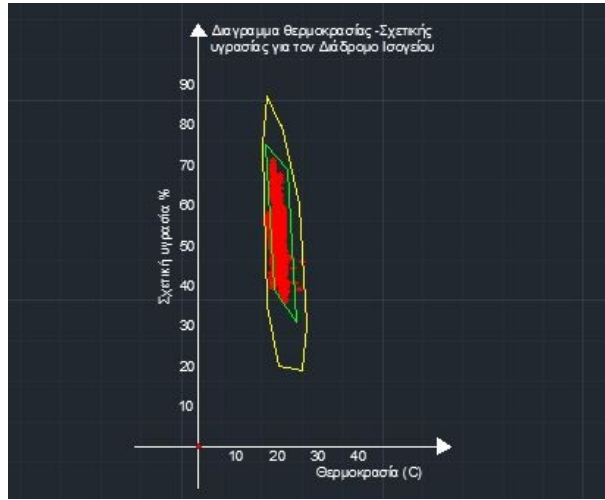
Εικόνα 9.2, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 006 από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων



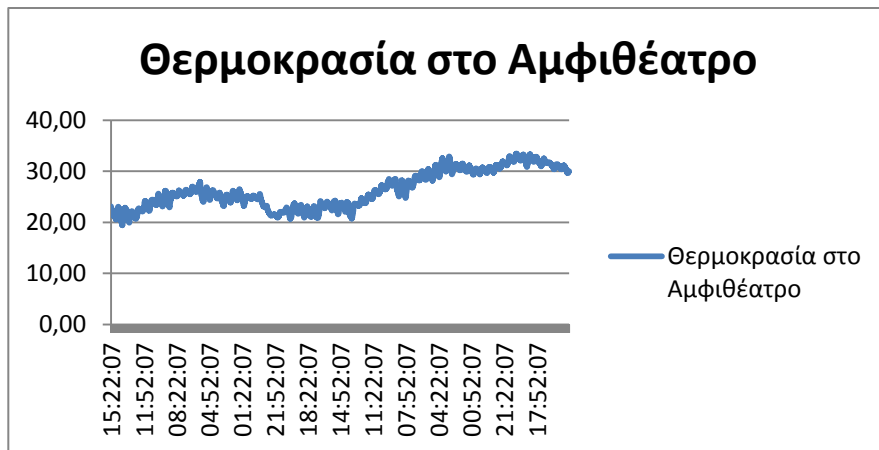
Εικόνα 9.3, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο ισογείου από θερμογρόμετρα



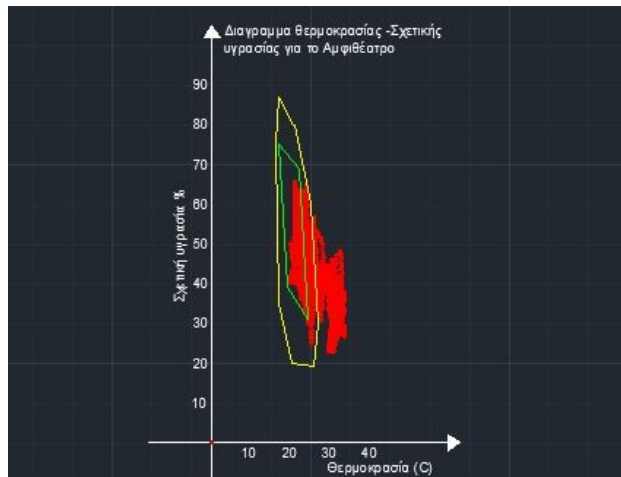
Εικόνα 9.4, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για τον Διαδρομο Ισογείου από τις μετρήσεις των θερμουγρομέτρων



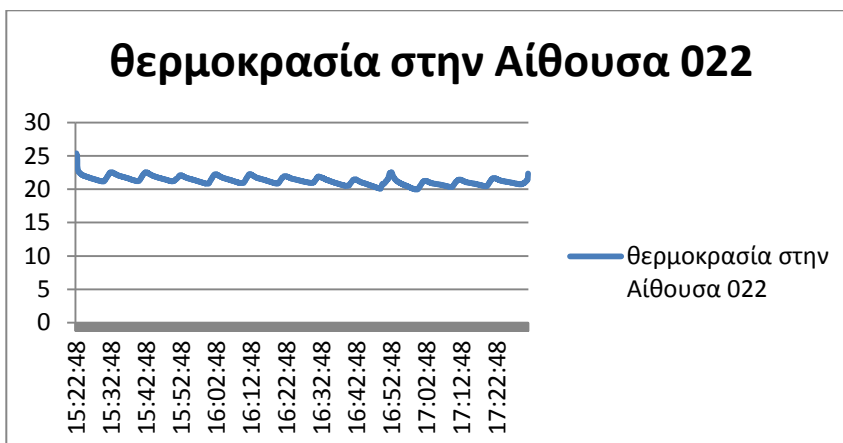
Εικόνα 9.5, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο αμφιθέατρο από θερμουγρόμετρα



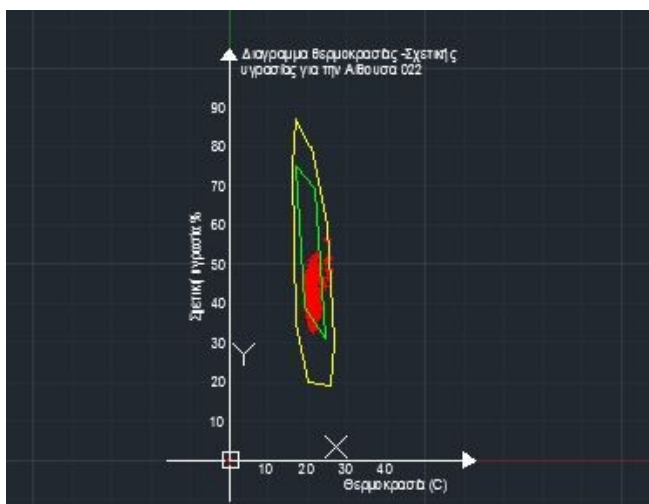
Εικόνα 9.6, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για το Αμφιθέατρο από τις μετρήσεις των θερμουγρομέτρων



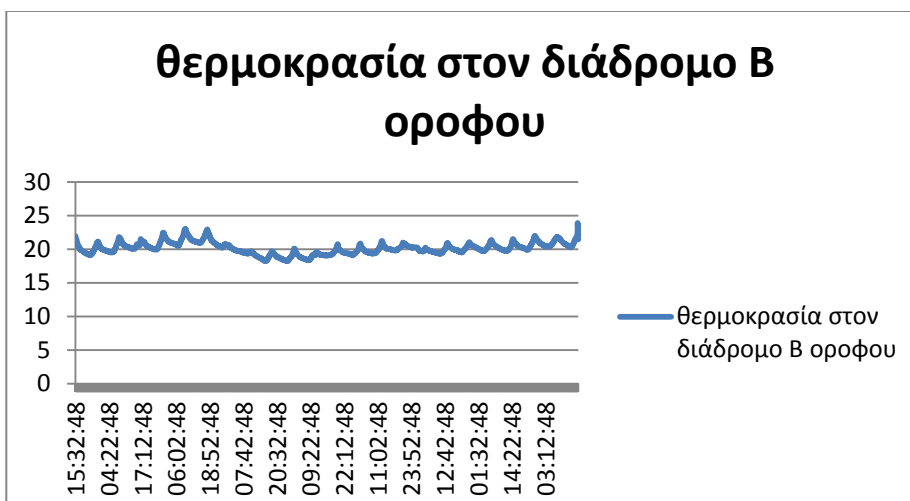
Εικόνα 9.7, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 022 από θερμογρόμετρα



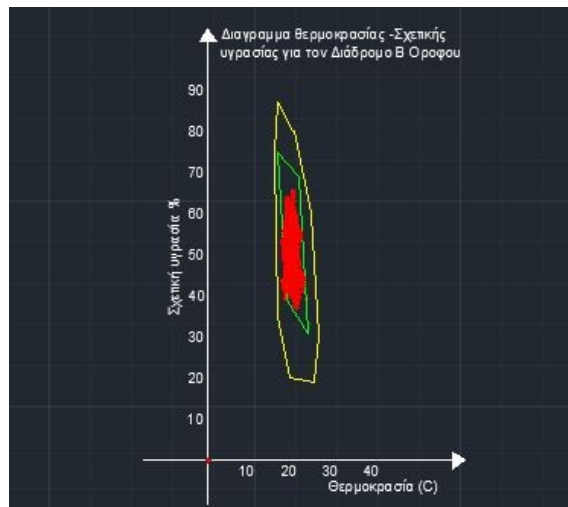
Εικόνα 9.8, Διαγράμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 022 από τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων



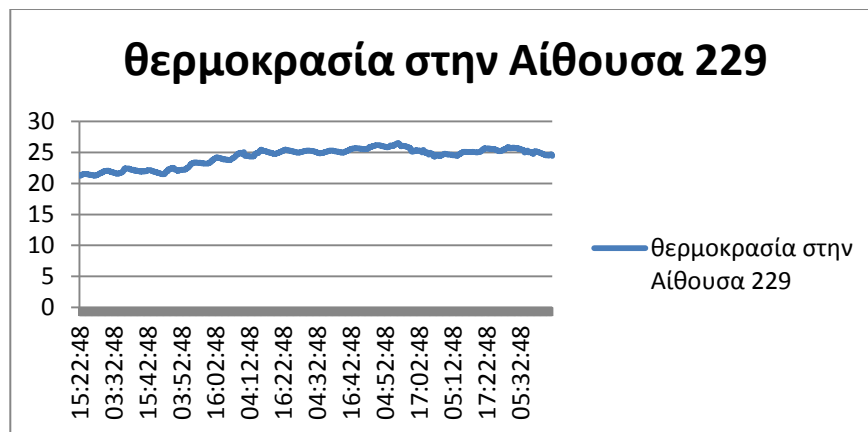
Εικόνα 9.9, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο Β ορόφου από θερμογρόμετρα



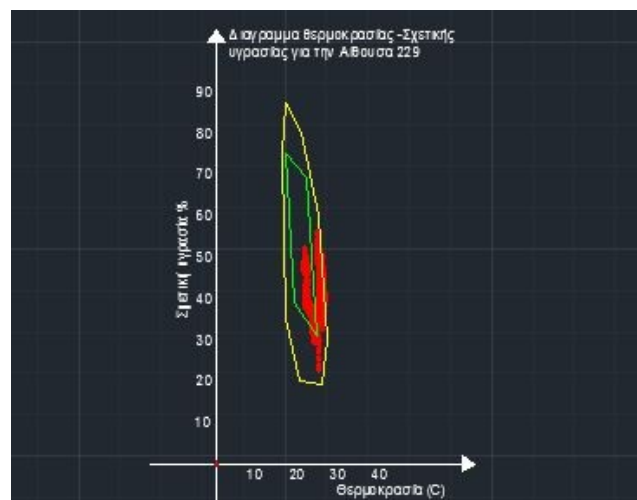
Εικόνα 9.10, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για τον Διαδρομο Β οροφου από τις μετρήσεις των θερμουγρομέτρων



Εικόνα 9.11 Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 229 από θερμουγρόμετρα

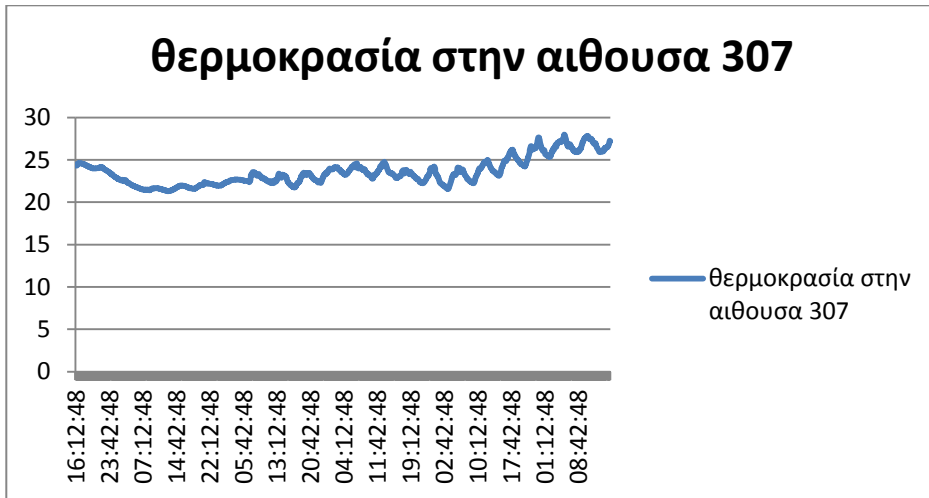


Εικόνα 9.12, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 229 τις μετρήσεις των θερμουγρομέτρων

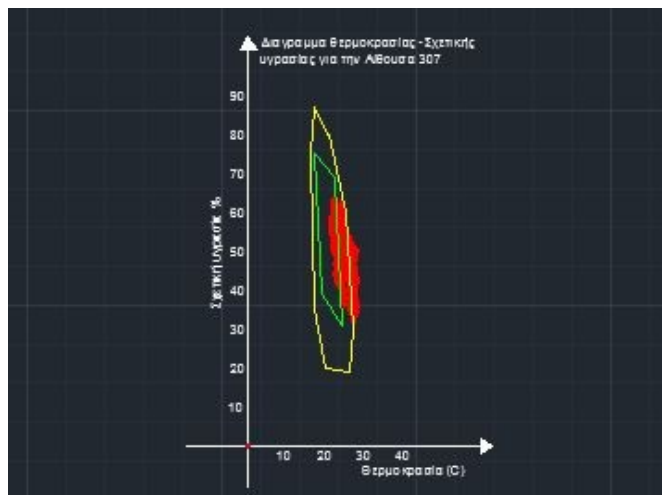




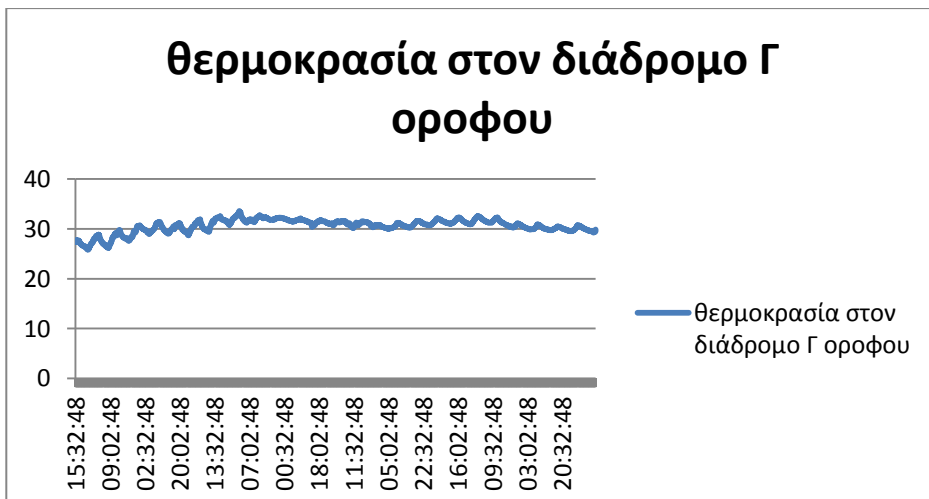
Εικόνα 9.13, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 307 από θερμογρόμετρα



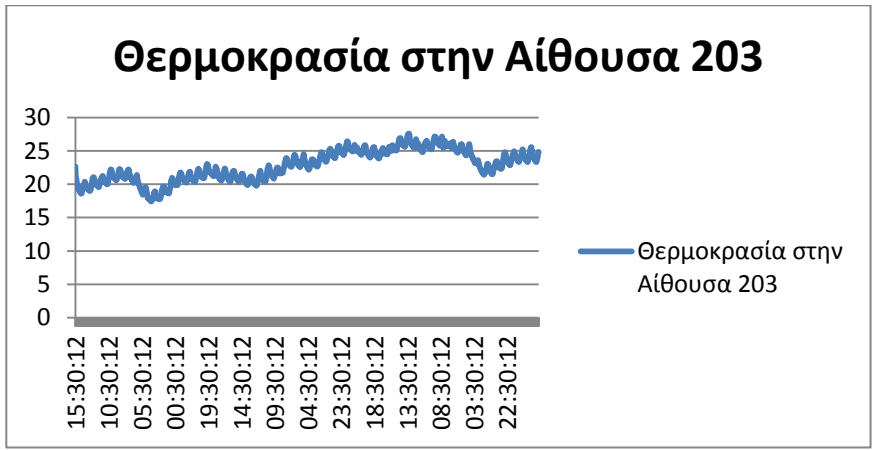
Εικόνα 9.14, Διαγραμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 307 τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων



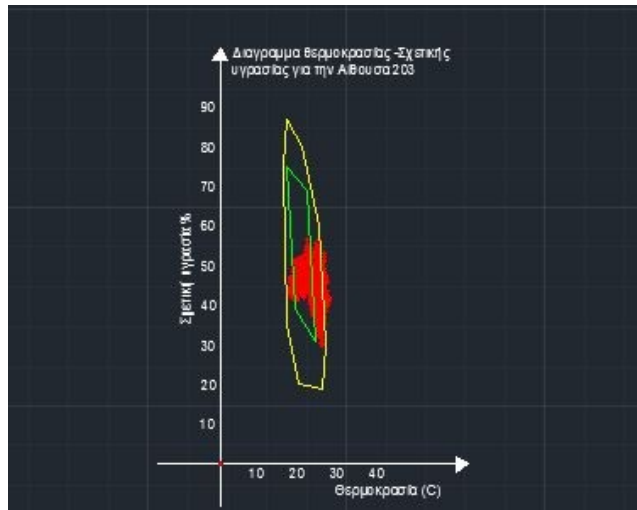
Εικόνα 9.15, Μετρήσεις θερμοκρασίας στο διάδρομο Γ ορόφου από θερμογρόμετρα



Εικόνα 9.16, Μετρήσεις θερμοκρασίας στην Αίθουσα 023 από θερμογρόμετρα



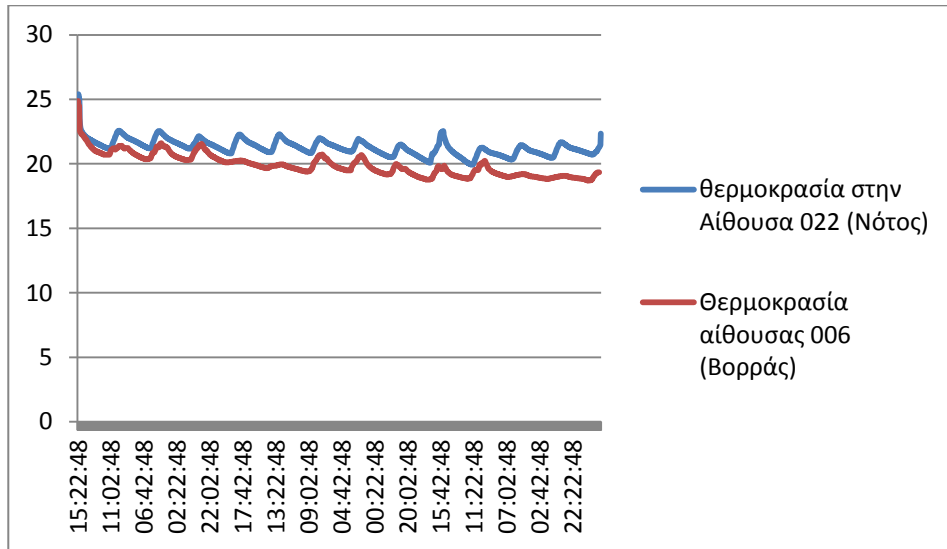
Εικόνα 9.17, Διαγράμμα θερμοκρασίας υγρασίας για την Αίθουσα 203 τις μετρήσεις των θερμογρομέτρων



Εικόνα 9.18, Μετρήσεις θερμοκρασίας στον Ανατολικό διάδρομο ισογείου από θερμογρόμετρα



Εικόνα 9.19, Σύγκριση των θερμοκρασιών μεταξύ Βορρά και Νότου από θερμογρόμετρα



# 10. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

## 10.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα προταθούν μια σειρά από βιοκλιματικές λύσεις με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου φυσικής. Κατόπιν θα γίνει μία σύγκριση της θερμικής άνεσης πριν και μετά τις βελτιώσεις. Επίσης θα συγκριθούν και οι ενεργειακές απαιτήσεις πριν και μετά ώστε να δούμε την επίδραση των αλλαγών στις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης του κτιρίου καθώς και την οικονομική βιωσιμότητα των ενεργειών αυτών.

Για να γίνει έλεγχος της οικονομικής βιωσιμότητας μίας λύσης θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος η μέθοδος της καθαρής παρούσας αξίας επένδυσης (Net present value, NPV). Καθαρή περούσα αξία είναι το συνολικό καθαρό όφελος μιας επένδυσης. Προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ του λειτουργικού όφελους και του συνόλου των δαπανών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της επένδυσης. Όλα τα ποσά εκφράζονται σε παρούσα αξία ανηγμένη στην αρχή του πρώτου έτους λειτουργίας του συστήματος. Προσδιορίζεται από την σχέση:

$$NPV = -K + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+d)^t} + \frac{SV_n}{(1+d)^N}$$

Όπου:

K= κόστος αρχικής επένδυσης σε ευρώ

F<sub>t</sub>= ετήσιο καθαρό όφελος της επένδυσης σε ευρώ

N= Οικονομικός κύκλος ζωής της επένδυσης (εδώ N= 20 χρόνια)

d= επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία (εδώ 2%)

SV<sub>n</sub>= αξία εκποίησης της επένδυσης στο τέλος του οικονομικού κύκλου (εδώ SV<sub>n</sub>=0)

Διακρίνουμε τρεις περιπτώσεις:

NPV>0 τότε η επένδυση είναι βιώσιμη για τον δεδομένο οικονομικό κύκλο ζωής και επιθυμητό βαθμό απόδοσης

NPV=0 τότε η επένδυση είναι βιώσιμη με μέσο ετήσιο βαθμό απόδοσης ίσο με d

NPV<0 η επένδυση είναι μη βιώσιμη και αντιοικονομική οπότε απορρίπτεται

[53]

## 10.2 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΑΛΟΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ

Αρχικά, οι υαλοπίνακες που υπάρχουν αυτή τη στιγμή στην παλαιά πτέρυγα του κτιρίου είναι μονοί πάχος 3mm, ενώ στην καινούργια πτέρυγα διπλοί με πάχος 3mm καθαρό τζάμι μέσα-έξω και ανάμεσα συμπιεσμένος αέρας πάχους 6mm. Για την βελτίωση του κτιρίου προτείνεται η αντικατάστασή τους με υαλοπετάσματα **Low-e** σε όλο το κτίριο. Τα χαρακτηριστικά των υαλοπετασμάτων Low-e είναι τα εξής: 3mm καθαρό τζάμι από την εξωτερική πλευρά, 13mm Αργό και 3mm υαλοπέτασμα Low-e. Τα δεδομένα που δηλώθηκαν στο πρόγραμμα φαίνονται στην παρακάτω εικόνα:

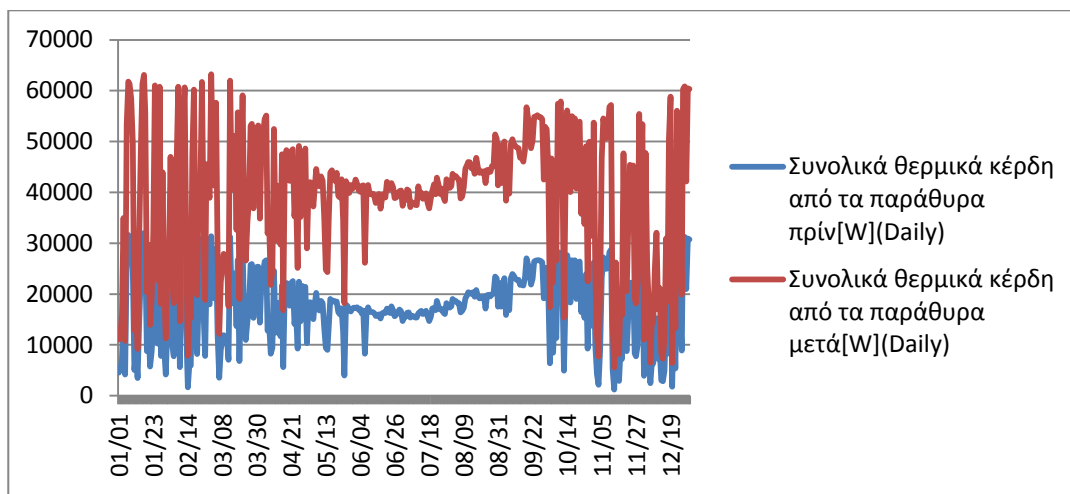
Εικόνα 10.1, IDF-Editor (Windows Material Glazing)

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		Clear 3mm	LoE SPEC SEL C	ECABS-2 BLEACHE	LoE CLEAR 3MM R	LoE SPEC SEL CLEAR 3MM	CLEAR 6MM
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage	SpectralAverage	SpectralAverage	SpectralAverage	SpectralAverage
Window Glass Spectral Data Set Name							
Thickness	m	0.003	0.006	0.006	0.003	0.003	0.006
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.837	0.43	0.814	0.63	0.45	0.775
Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.42	0.086	0.22	0.34	0.071
Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence		0.075	0.3	0.086	0.19	0.37	0.071
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.898	0.77	0.847	0.95	0.78	0.981
Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.06	0.099	0.079	0.07	0.08
Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence		0.081	0.07	0.099	0.056	0.06	0.08
Infrared Transmittance at Normal Incidence		0	0	0	0	0	0
Front Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.03	0.84	0.1	0.84	0.84
Back Side Infrared Hemispherical Emissivity		0.84	0.84	0.1	0.84	0.03	0.84
Conductivity	W/m-K	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance							
Solar Diffusing							

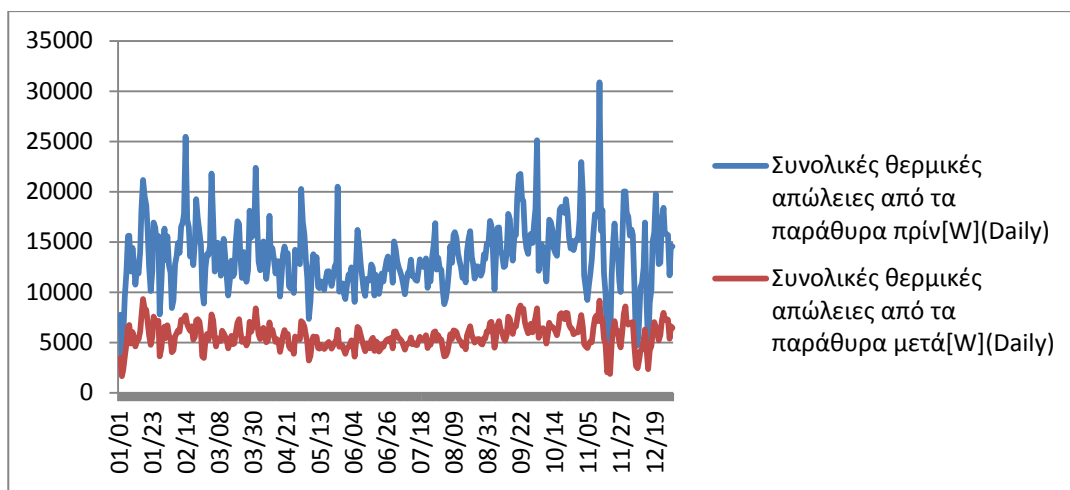
Σημειώνεται ότι επειδή δεν υπήρχαν ακριβή στοιχεία για τα υαλοπετάσματα Low-e χρησιμοποιήθηκαν οι προτεινόμενες τιμές που δίνει το Energy Plus. Επίσης κατά την αντικατάσταση των υαλοπετασμάτων θα γίνει και μόνωση των κουφωμάτων γύρω από το πλαίσια των παραθύρων ώστε να μειωθεί και η διήθηση από τον εξωτερικό αέρα.

Οπότε δηλώνονται νέα δεδομένα για την διήθηση του αέρα στους χώρους του κτιρίου, δηλαδή από μία εναλλαγή αέρα την ώρα σε 0.5, που θεωρείται ότι είναι η κατάλληλη τιμή ακόμα και για καινούργιες κατοικίες. Παρακάτω φαίνονται τα κέρδη και οι απώλειες πριν και μετά για το σύνολο του κτιρίου.

Εικόνα 10.2, Συνολικά θερμικά κέρδη από τα παράθυρα πριν και μετά τις βελτιώσεις



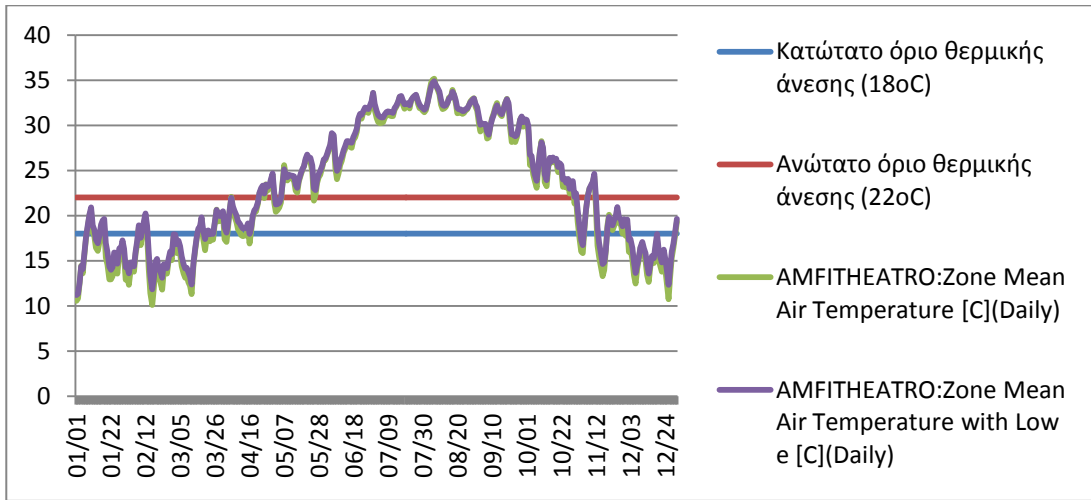
Εικόνα 10.3, Συνολικές θερμικές απώλειες από τα παράθυρα πριν και μετά τις βελτιώσεις



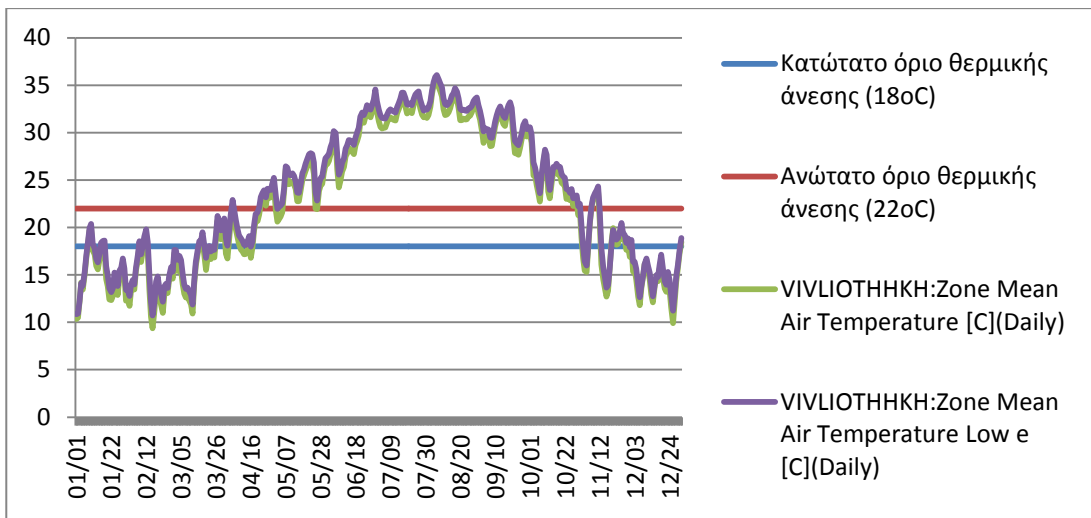
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμαι ότι με την αντικατάσταση των υαλοπετασμάτων αυξήθηκαν τα θερμικά κέρδη του κτιρίου ως συνέπεια να αυξηθεί και η θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης αφού εμποδίζουν μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Από την άλλη παρατηρούμαι μία αύξηση των θερμικών κερδών κατά τους θερινούς μήνες με αποτέλεσμα μία μικρή αύξηση στην θερμοκρασία κατά τους θερινούς μήνες. Το πρόβλημα αυτό θα αντιμετωπιστεί με άλλες βιοκλιματικές λύσεις που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Παρακάτω συγκρίνονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες πριν και μετά την τοποθέτηση των υαλοστάσιων Low-e.

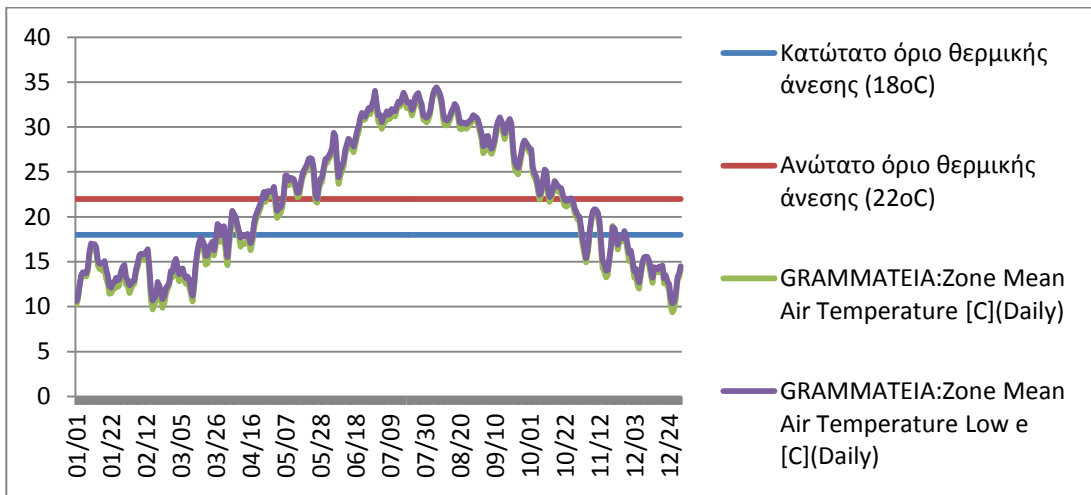
Εικόνα 10.4, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων



Εικόνα 10.5, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων

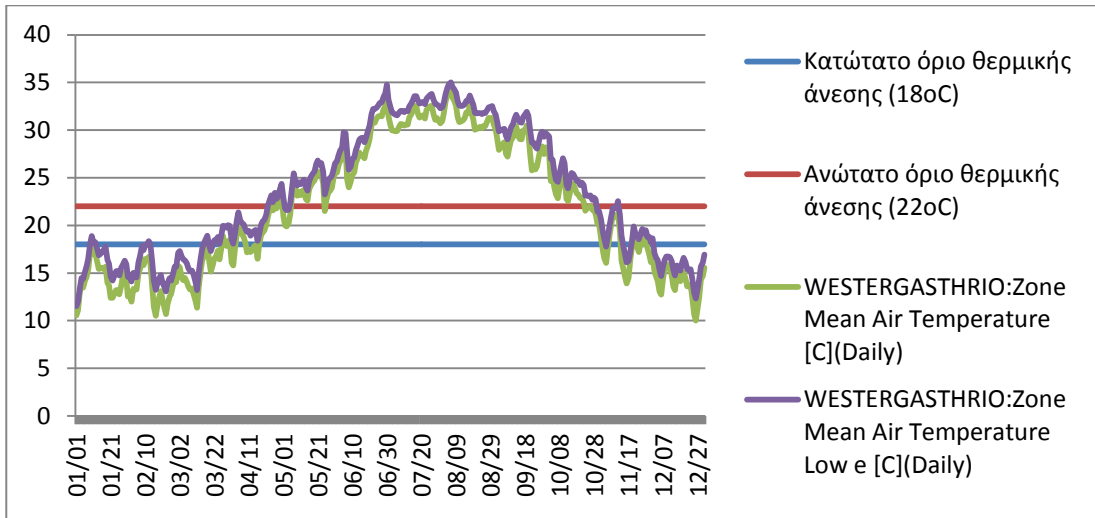


Εικόνα 10.6, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων

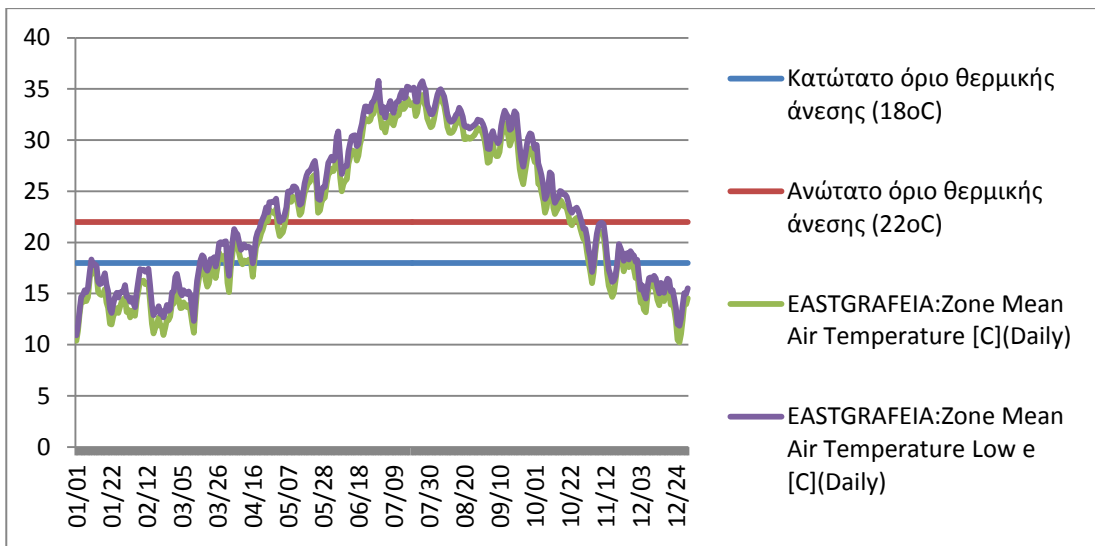




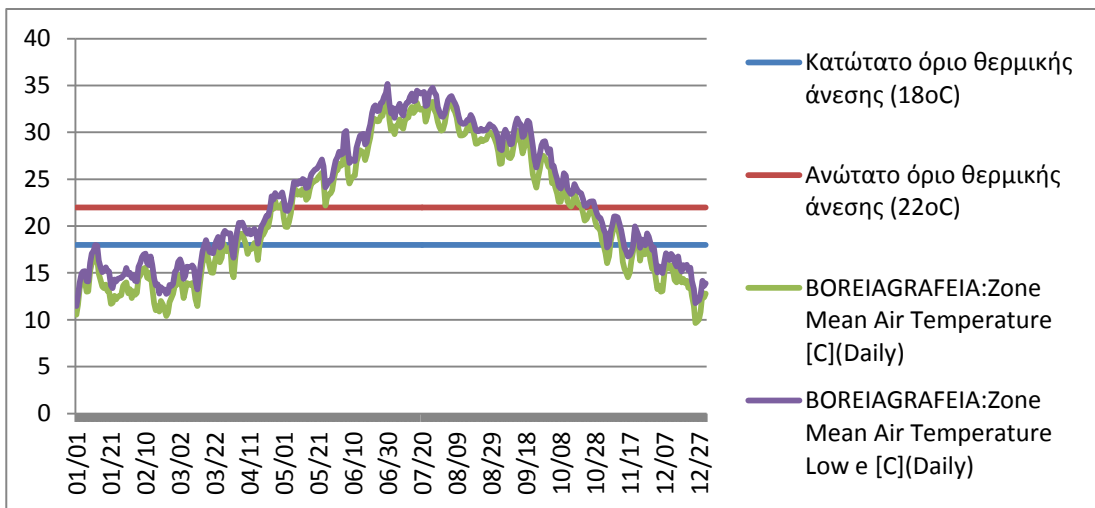
Εικόνα 10.7, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων



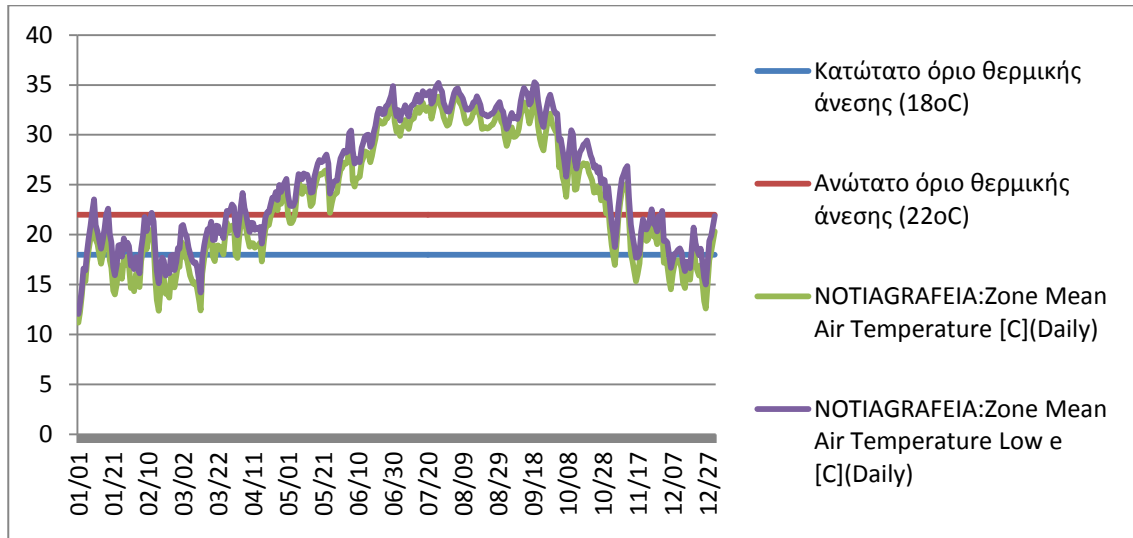
Εικόνα 10.8, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων



Εικόνα 10.9, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων



Εικόνα 10.10, Μέση ημερήσια θερμοκρασία στα ΝότιαΓραφεία πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e υαλοστάσιων

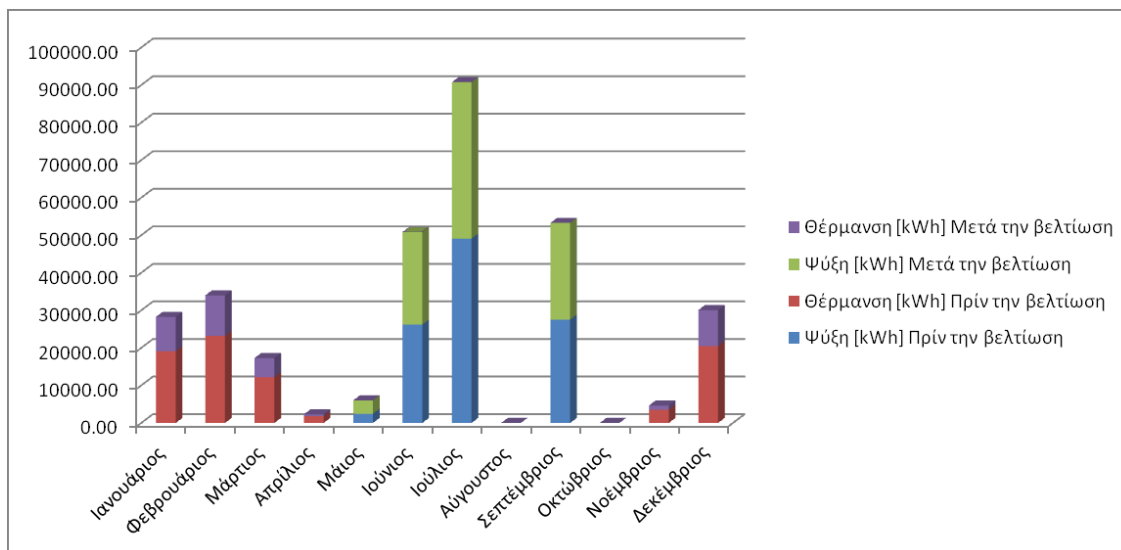


Παρακάτω παρατίθεται ο συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου πριν και μετά την βελτίωση. Το κόστος της kWh εκτιμήθηκε σε 0.09412ευρώ για το ηλεκτρικό ρεύμα ενώ σε 0.04 ευρώ από το σύστημα Fan Coil με φυσικό αέριο.

Πίν 10.1, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e

	Θέρμανση [kWh]		Ψύξη [kWh]		Εξοικονόμηση Ενέργειας		Οφελος (Ευρώ)	
	Πρίν	Μετά	Πρίν	Μετά	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	19093.09	9172.37	0.00	0.00	9920.72	0.00	718.97	0.00
Φεβρουάριος	23201.38	10793.36	0.00	0.00	12408.02	0.00	899.23	0.00
Μάρτιος	12229.16	5084.02	0.00	0.00	7145.13	0.00	517.82	0.00
Απρίλιος	1838.88	461.02	0.00	0.00	1377.86	0.00	99.86	0.00
Μάιος	16.01	0.00	2442.25	3561.71	16.01	0.00	1.16	0.00
Ιούνιος	0.00	0.00	26197.83	24662.87	0.00	1534.97	0.00	111.24
Ιούλιος	0.00	0.00	49102.55	41659.16	0.00	7443.39	0.00	539.44
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	27538.05	25753.86	0.00	1784.19	0.00	129.30
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Νοέμβριος	3558.87	1114.44	0.00	0.00	2444.43	0.00	177.15	0.00
Δεκέμβριος	20468.86	9613.57	0.00	0.00	10855.29	0.00	786.70	0.00
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>80406.25</b>	<b>36238.78</b>	<b>105280.69</b>	<b>95637.60</b>	<b>44167.47</b>	<b>9643.09</b>	<b>3200.90</b>	<b>698.85</b>
							<b>Συνολικό όφελος (Ευρώ)</b>	<b>3900</b>
							<b>Σύνολο [kWh] πρί</b>	<b>185686.94</b>
							<b>Σύνολο [kWh] μετ</b>	<b>131876.38</b>

Εικόνα 10.11, Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση των Low-e

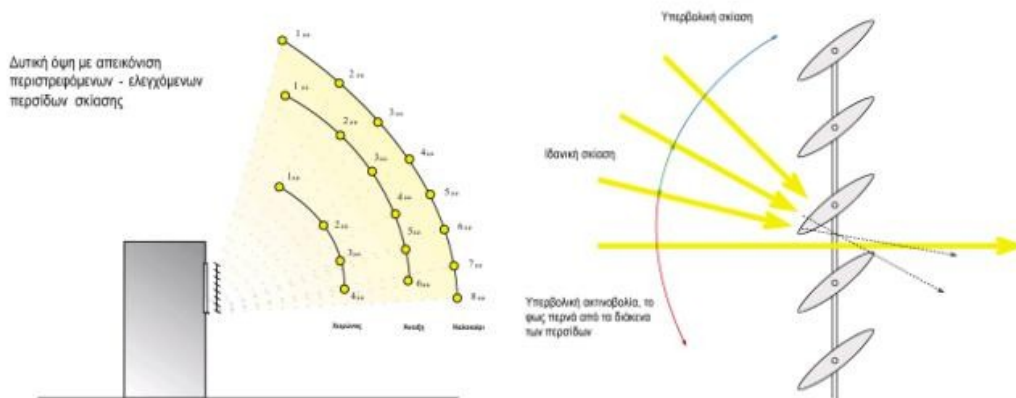


Το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός τέτοιου υαλοστάσιου είναι περίπου 50 ευρώ / m<sup>2</sup>. Η συνολική επιφάνεια που χρειάζεται να καλυφθεί είναι 945.44 m<sup>2</sup> οπότε θα το συνολικό κόστος επένδυσης είναι 47272 ευρώ. Το ετήσιο όφελος από την εγκατάσταση των υαλοστάσιων είναι 3900 ευρώ οπότε η καθαρή παρούσα αξία για τον κύκλο ζωής του (20 χρόνια) είναι NPV= 16498.59 > 0 άρα η λύση που προτάθηκε θεωρείται οικονομικά βιώσιμη. [54]

### 9.3 ΑΛΛΑΓΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΩΝ ΠΕΡΣΙΔΩΝ ΣΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ

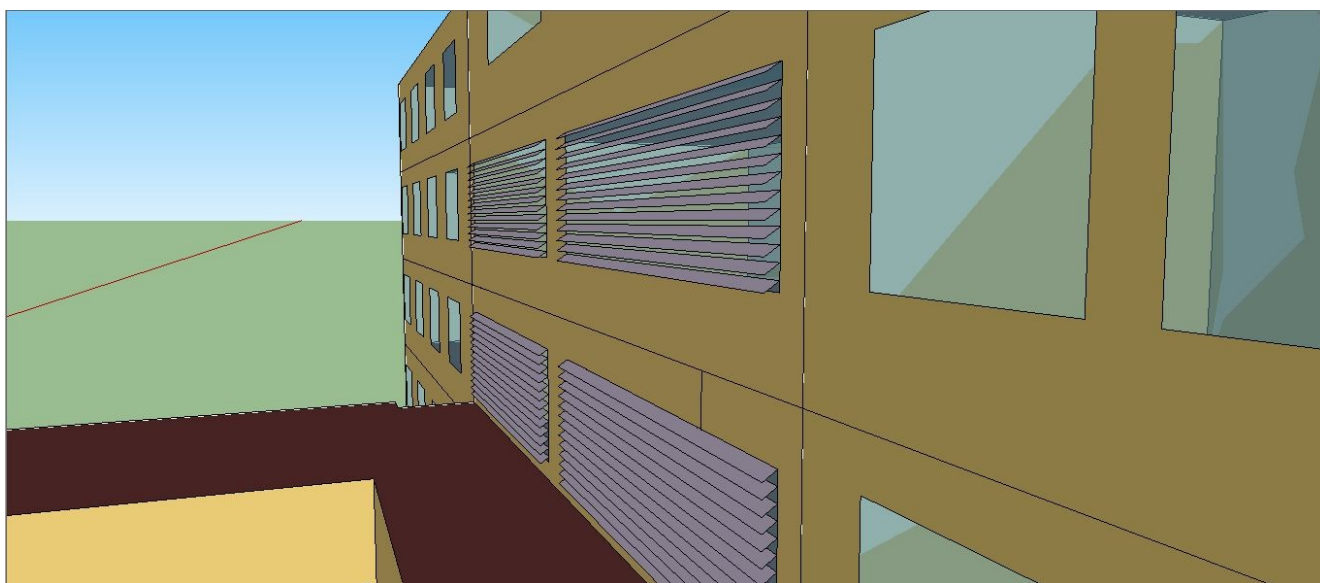
Μια άλλη γρήγορη και έξυπνη επέμβαση στο κτίριο είναι η αντικατάσταση των κατακόρυφων περσίδων που υπάρχουν στους διαδρόμους του Α ορόφου και Β ορόφου με οριζόντιες. Οι οριζόντιες περσίδες έχουν την ικανότητα την ηλιακή ακτινοβολία πριν χτυπήσει στην γυάλινη επιφάνεια άρα προστατεύουν το κτίριο από τυχόν υπερθέρμανση το καλοκαίρι ενώ ταυτόχρονα το χειμώνα μπορούν να παραμένουν ανοικτές για επαρκή φυσικό φωτισμό του κτιρίου. Η λειτουργία των οριζόντιων περσίδων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα

Εικόνα 10.12, Λειτουργία οριζόντιων περσίδων (<http://www.colt.gr>)



Επίσης αποφασίστηκε η χρήση οριζόντιων περσίδων με φωτοβολταικά συστήματα ώστε όχι μόνο να αποτρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο κτίριο, αλλά και να συλλέγουν ενέργεια ώστε να την αποδώσουν στο κτίριο ως ηλεκτρική ενέργεια. Για την δημιουργία των οριζόντιων περσίδων στο περιβάλλον της προσομοίωσης αντικαταστάθηκαν οι κατακόρυφες περσίδες με τις οριζόντιες όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 10.13, Οριζόντιες περσίδες με φωτοβολταικά στο πρόγραμμα «Open Studio»



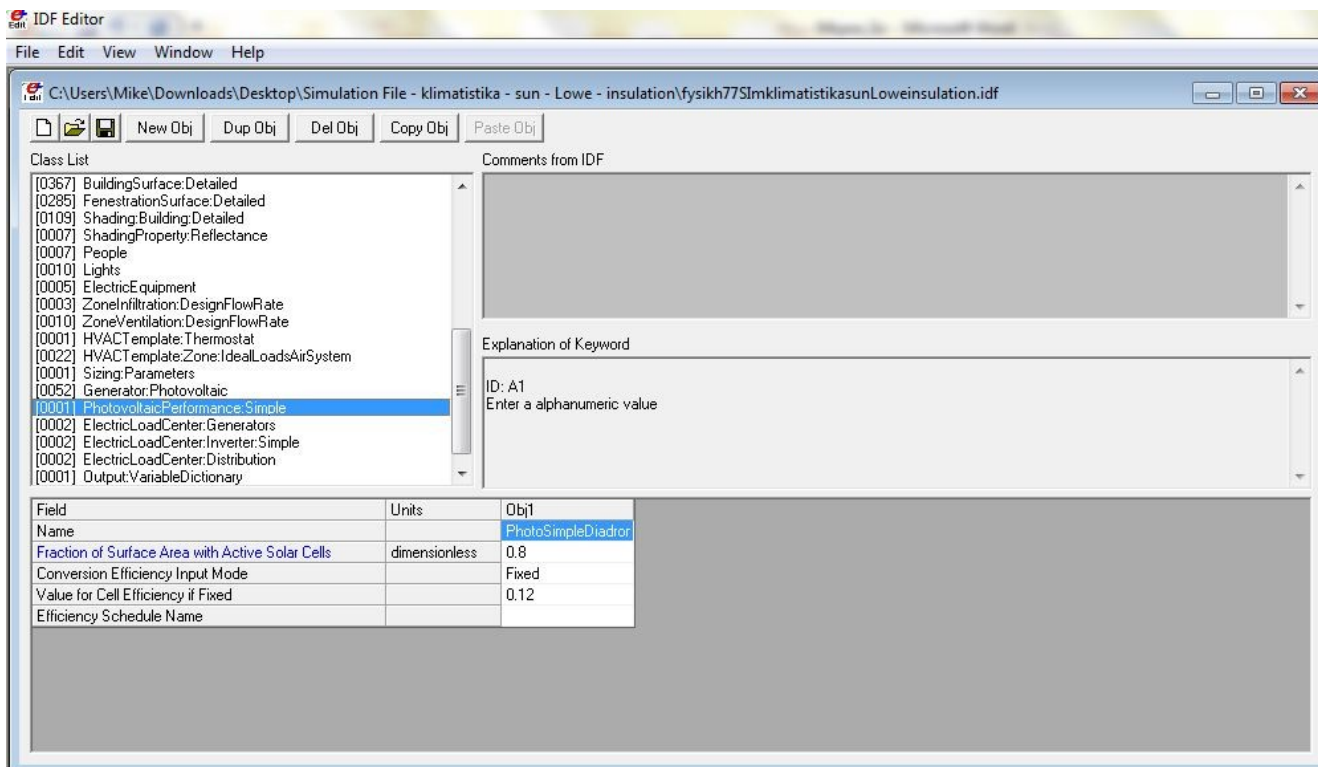
Οι διαστάσεις των οριζόντιων περσίδων είναι η κάθε μία 6.60m μήκος και 0.15m πλάτος που έχουν τοποθετηθεί σε γωνία 30 μοιρών που είναι κατάλληλη για τον Ελλαδικό χώρο (που ενδεχομένως να μεταβάλλεται κατά την διάρκεια του έτους ανάλογα με τις απαιτήσεις φυσικού φωτισμού του κτιρίου). Δημιουργήθηκαν συνολικά 52 ίδια φωτοβολταικά.

Μετά που δημιουργήθηκαν οι οριζόντιες περσίδες πηγαίνουμε στο «Energy Plus» ώστε να δημιουργήσουμε τα φωτοβολταικά συστήματα. Το πρόγραμμα διαθέτει τρεις μεθόδους για την δημιουργία φωτοβολταικών συστημάτων. Γίνεται η επιλογή του **Photovoltaic Performance Simple** που είναι η πιο απλή μέθοδος δημιουργίας φωτοβολταικών συστημάτων.

Στην καρτέλα αυτή δηλώνουμε: το ποσοστό της επιφάνειας με ενεργά ηλιακά κύτταρα (Fraction of Surface Area with Active Solar Cells) ίσο με 0.8, την απόδοση του συστήματος να είναι σταθερή και την τιμή της απόδοσης να είναι 12% (Value for Cell Efficiency if Fixed).

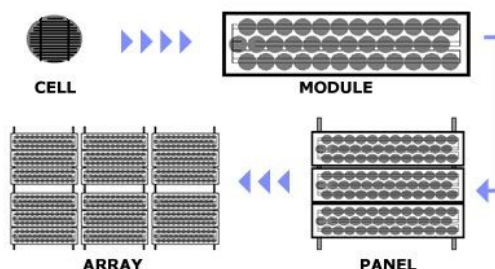
Η απόδοση του συστήματος προκύπτει από την θεώρηση ότι θα χρησιμοποιηθούν φωτοβολταικά μονοκρυσταλικού πυριτίου που οι συνήθεις τιμές είναι από 11% μέχρι 19%. Ακολουθεί εικόνα με τα προαναφερθέντα.

Εικόνα 10.14, IDF-Editor (Photovoltaic Performance Simple)

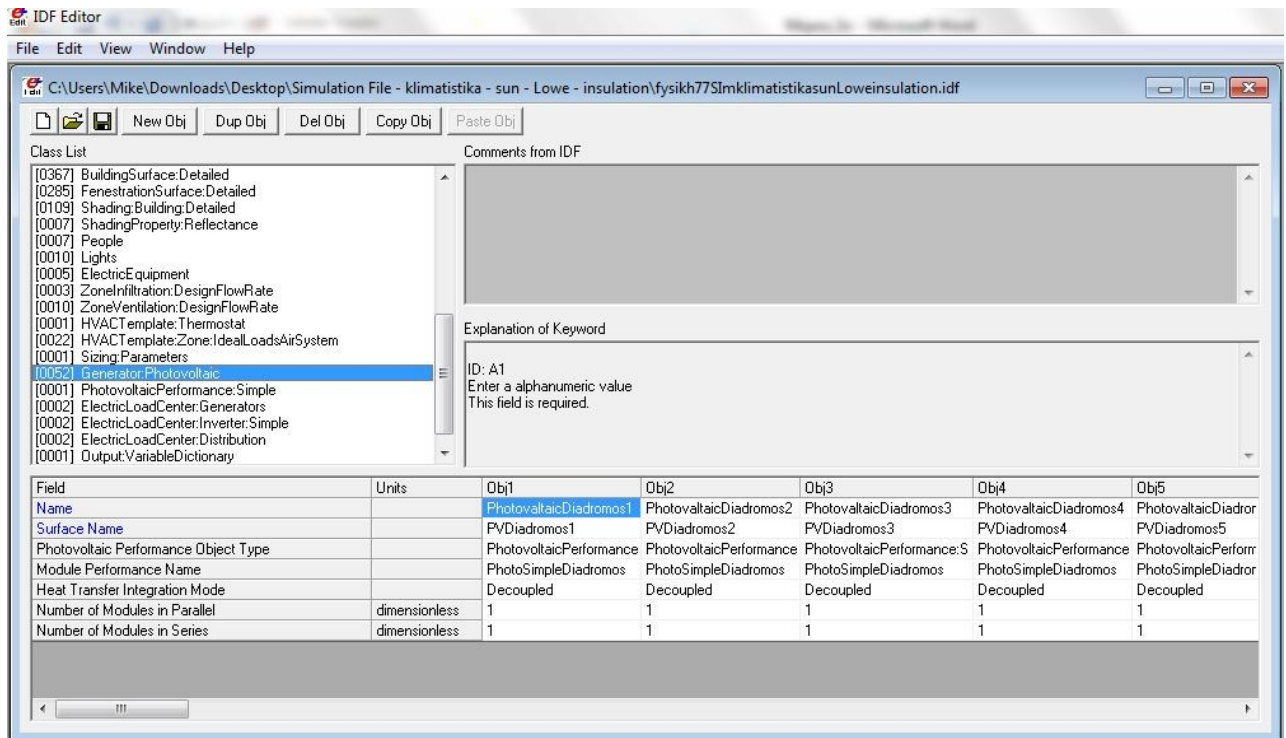


Στη συνέχεια πηγαίνουμε στην καρτέλα **Generator Photovoltaic** ώστε να δηλώσουμε στο πρόγραμμα σε ποια επιφάνεια βρίσκεται πάνω το φωτοβολταϊκό σύστημα. Στο πεδίο Surface Name δηλώνουμε την επιφάνεια ενώ στο πεδίο Module Performance Name δηλώνουμε τα χαρακτηριστικά του (απόδοση, ενεργή επιφάνεια). Επίσης, στο πεδίο Number of modules in Parallel δηλώνουμε τον αριθμό των ενοτήτων που βρίσκονται παράλληλα, εδώ έχουμε μόνο ένα άρα δηλώνουμε 1 και στο πεδίο Number of Modules in series δηλώνουμε τον αριθμό των ενοτήτων που βρίσκονται σε σειρά, αρά έχουμε μόνο ένα άρα δηλώνουμε 1. Η διαφορά ανάμεσα σε ένα κύτταρο, ενότητα, πάνελ και πίνακα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 10.15, Κύτταρο, συστοιχία, Πάνελ, Πίνακας (Πηγή: <http://www.solardirect.com>)

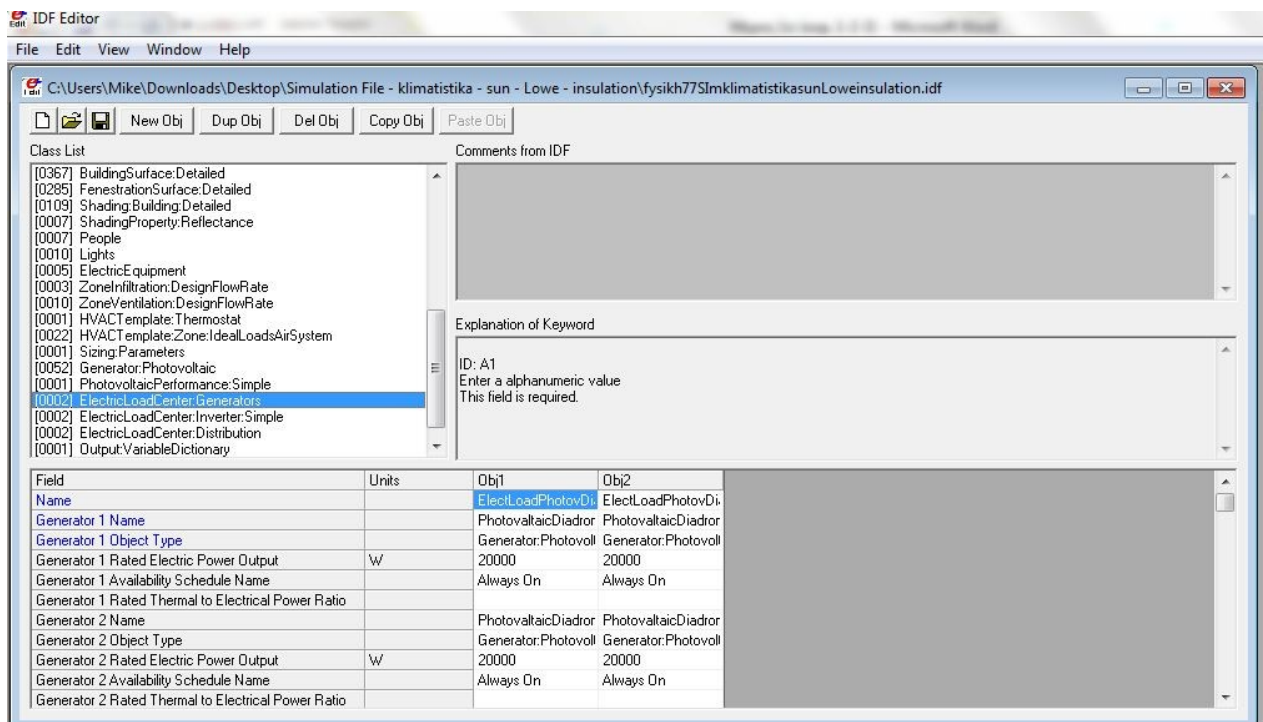


Εικόνα 10.16, IDF-Editor (Generator Photovoltaic)



Έπειτα πηγαίνουμε στην καρτέλα **Electric Load Center Generators** ώστε να δηλώσουμε για κάθε φωτοβολταϊκό σύστημα την ονομαστική του ισχύ 20000[Watt].. Επίσης έγινε η υπόθεση ότι αυτά τα συστήματα θα λειτουργούν καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου οπότε το **Schedule Name** επιλέχθηκε με το πρόγραμμα Always on. Τα στοιχεία που δόθηκαν στο πρόγραμμα φαίνονται παρακάτω

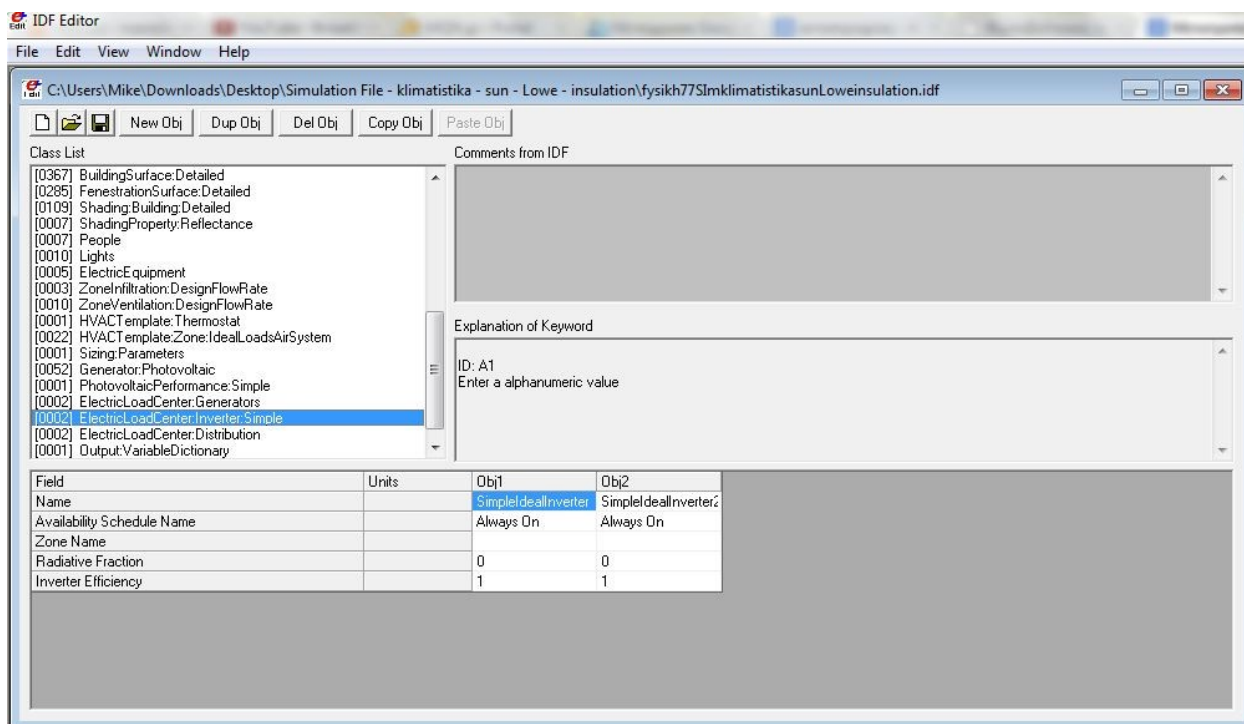
Εικόνα 10.17, IDF-Editor (Electric Load Center Generators)





Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένας αντιστροφέας ο οποίος πραγματοποιεί μετατροπή από 12V ή 24V συνεχή τάση (DC) σε 220V-230V εναλλασσόμενη τάση (AC). Στην καρτέλα **Electric Load Center Inverter Simple** δόθηκε η απόδοση του αντιστροφέα ίση με 100%.

Εικόνα 10.18, IDF-Editor (Electric Load Center Inverter Simple)



Στον πίνακα 9.2 φαίνεται η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για κάθε μήνα από ένα φωτοβολταϊκό καθώς και για το σύνολο των 52 φωτοβολταϊκών συστημάτων στους χώρους του διαδρόμου του Α ορόφου και Β ορόφου. Η μικρότερη παραγόμενη ενέργεια παρατηρείται τον μήνα Δεκέμβριο (60.54 kWh) όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι και η μικρότερη. Από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Ιούλιο που συνεχώς αυξάνει η ηλιακή ακτινοβολία παρατηρούμαι μία αναλογική αυξήσει της παραγόμενης ενέργειας από το σύστημα.

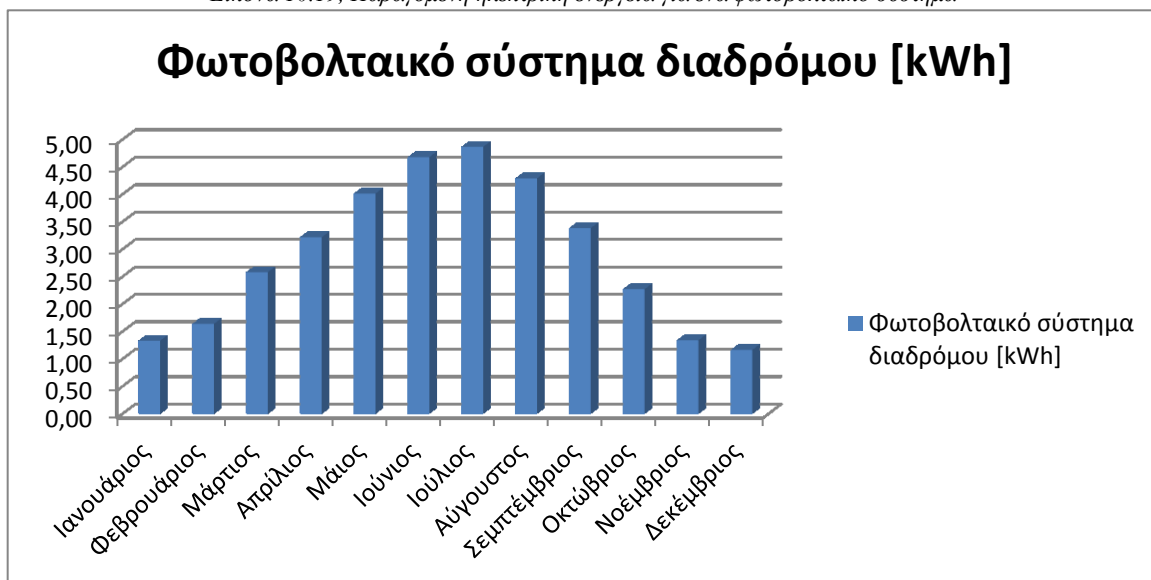
Πιν. 10.2, Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά του διαδρόμου

Ημερομηνία	Φωτοβολταϊκό σύστημα διαδρόμου [kWh]	Σύνολο φωτοβολταϊκών συστημάτων του διαδρόμου [kWh]
Ιανουάριος	1.33	69.27
Φεβρουάριος	1.64	85.28
Μάρτιος	2.58	134.23
Απρίλιος	3.22	167.30
Μάιος	4.01	208.73
Ιούνιος	4.68	243.32
Ιούλιος	4.87	253.03
Αύγουστος	4.29	223.18
Σεπτέμβριος	3.39	176.05
Οκτώβριος	2.27	118.17
Νοέμβριος	1.34	69.72
Δεκέμβριος	1.16	60.54
<b>Σύνολο</b>	<b>34.79</b>	<b>1808.83</b>

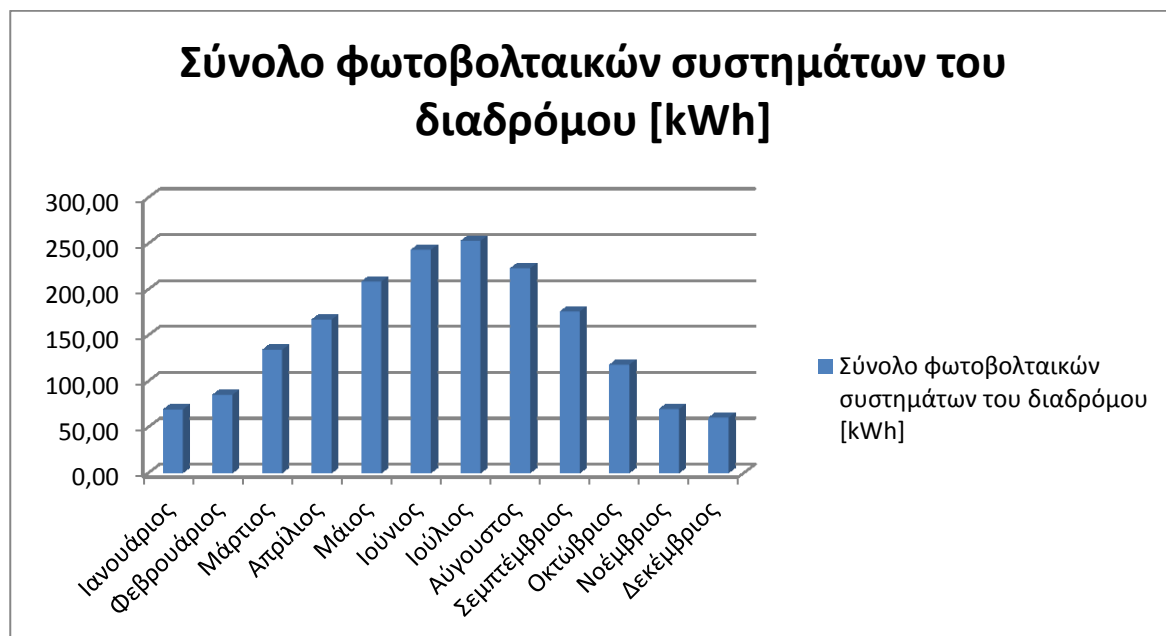


Η συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για ένα έτος από ένα τέτοιο φωτοβολταϊκό σύστημα είναι 34.79 kWh ενώ για το σύνολο τους είναι 1808.83 kWh. Δηλαδή με την αντικατάσταση των κατακόρυφων περσίδων με οριζόντιων με φωτοβολταϊκά αποφεύχθηκε η υπερθέρμανση του κτιρίου κατά τους θερινούς μήνες καθώς επίσης δημιουργήθηκε μία νέα ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για το κτίριο. Παρακάτω φαίνονται σε διαγράμματα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα των διαδρόμων.

Εικόνα 10.19, Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για ένα φωτοβολταϊκό σύστημα



Εικόνα 10.20, Παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για το σύνολο των φωτοβολταϊκών συστημάτων



## 9.4 ΝΥΚΤΕΡΙΝΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ

Το καλοκαίρι, κατά την διάρκεια της νύκτας η θερμοκρασία πέφτει. Έτσι ο δροσερός αέρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προ-δροσισμό των εσωτερικών τοιχωμάτων του κτιρίου την επόμενη ημέρα. Η ψύξη των χώρων του κτιρίου το βράδυ θα μπορούσε να γίνει με κάποιου είδους αυτόματου μηχανισμού ο οποίος με χρονοδιακόπτη θα ανοίγει και θα κλείνει το πιο πάνω παράθυρο. Αυτός ο μηχανισμός υπάρχει ήδη στο Αμφιθέατρο χωρίς όμως να χρησιμοποιείται για φυσικό δροσισμό το βράδυ αλλά για φυσικό αερισμό κατά την διάρκεια της ημέρας.

Με την αλλαγή των υαλοπετασμάτων και των πλαισίων μπορούμε να τοποθετήσουμε δύο πλαίσια σε κάθε παράθυρο, ένα μεγάλο με διαστάσεις 1.40m X 1.80m (κάτω) και ένα μικρό με διαστάσεις 0.50m X 1.80m (πάνω). Το μικρό θα ανοίγει αυτόματα από τον Ιούνιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο για να γίνεται ο φυσικός δροσισμός.

Ο φυσικός δροσισμός που δόθηκε στο πρόγραμμα υποθέτουμε ότι ξεκινάει κάθε βράδυ από τις 24:00 μέχρι τις 5:00 το πρωί. Ύστερα δεν έχουμε καθόλου αερισμό μέχρι να έρθουν χρήστες στο κτίριο και να ανοίξουν το παράθυρο του χώρου τους για αερισμό ανάλογα με τις επιθυμίες τους. Ο φυσικός δροσισμός θα γίνεται αυτόματα και κατά την διάρκεια όπου το κτίριο θα παραμένει κλειστό τον Αύγουστο ώστε να βοηθάει στην αποφόρτιση του κτιρίου.

Στο πρόγραμμα δόθηκαν για τον φυσικό αερισμό 5 διαστήματα:

1<sup>ο</sup> διάστημα από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Μάιο: ο αερισμός γίνεται κανονικά όπως πριν με τα παράθυρα να είναι ανοικτά μόνο κατά την διάρκεια της παραμονής των χρηστών στο κτίριο.

2<sup>ο</sup> διάστημα από τον Ιούνιο μέχρι και τον Ιούλιο: ο αερισμός την ημέρα είναι λιγότερο έντονος από τους χρήστες ενώ το βράδυ υπάρχει φυσικός δροσισμός από τις 24:00 μέχρι τις 5:00.

3<sup>ο</sup> διάστημα όλο τον Αύγουστο: πραγματοποιείται μόνο νυκτερινός δροσισμός του κτιρίου από τους αυτόματους μηχανισμούς, ενώ αερισμός την ημέρα δεν υφίσταται αφού το κτίριο παραμένει ανενεργό.

4<sup>ο</sup> διάστημα όλο το Σεπτέμβριο: ο αερισμός πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το διάστημα 2.

5<sup>ο</sup> διάστημα από τον Οκτώβριο μέχρι και τον Δεκέμβριο: ο αερισμός πραγματοποιείται όπως και στην περίπτωση του διαστήματος 1.

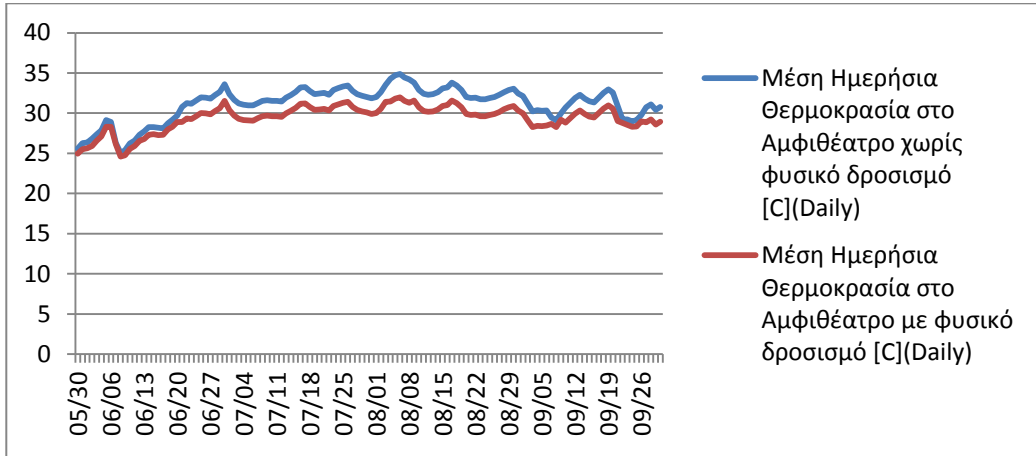
Εικόνα 10.21, Χρονοδιαγράμματα για τον νυκτερινό δροσισμό του κτιρίου

Name	NightVentGramateia People
Schedule	Fraction
Field 1	Through: 5/30
Field 2	For: Weekdays
Field 3	Until: 06:00
Field 4	0
Field 5	Until: 08:00
Field 6	0
Field 7	Until: 16:00
Field 8	1
Field 9	Until: 24:00
Field 10	0
Field 11	Through: 7/30
Field 12	For: Weekdays
Field 13	Until: 05:00
Field 14	1
Field 15	Until: 08:00
Field 16	0
Field 17	Until: 16:00
Field 18	0.3
Field 19	Until: 24:00
Field 20	0
Field 21	Through: 8/30
Field 22	For: AllDays
Field 23	Until: 05:00
Field 24	1
Field 25	Until: 24:00
Field 26	0
Field 27	Through: 9/30
Field 28	For: Weekdays
Field 29	Until: 05:00
Field 30	1
Field 31	Until: 08:00
Field 32	0
Field 33	Until: 16:00
Field 34	0.3
Field 35	Until: 24:00
Field 36	0
Field 37	Through: 12/31
Field 38	For: Weekdays
Field 39	Until: 06:00
Field 40	0
Field 41	Until: 08:00
Field 42	0
Field 43	Until: 16:00
Field 44	1
Field 45	Until: 24:00
Field 46	0

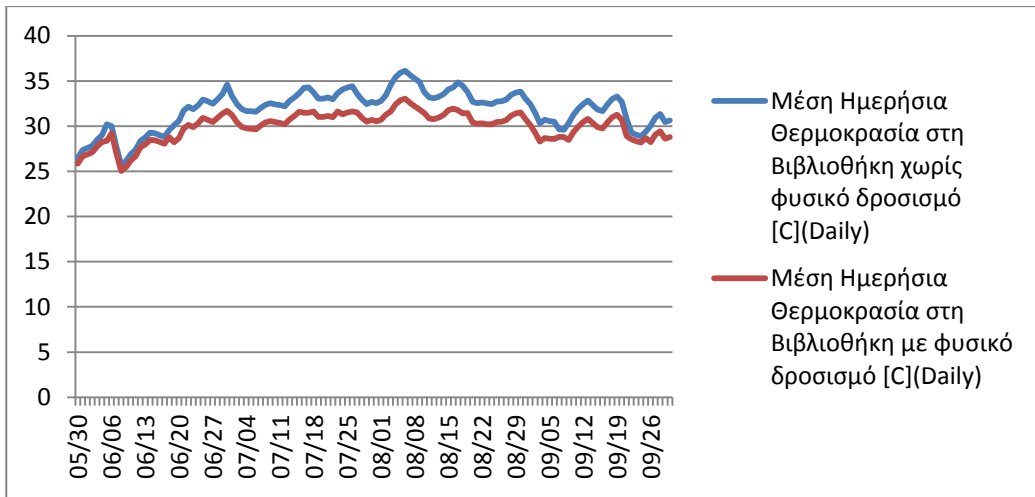
Name	NightVent
Schedule	Fraction
Field 1	Through: 5/30
Field 2	For: Weekdays
Field 3	Until: 06:00
Field 4	0
Field 5	Until: 08:00
Field 6	0
Field 7	Until: 17:00
Field 8	1
Field 9	Until: 21:00
Field 10	0.3
Field 11	Until: 24:00
Field 12	0
Field 13	Through: 7/30
Field 14	For: Weekdays
Field 15	Until: 05:00
Field 16	1
Field 17	Until: 06:00
Field 18	0
Field 19	Until: 08:00
Field 20	0.1
Field 21	Until: 17:00
Field 22	0.2
Field 23	Until: 21:00
Field 24	0.2
Field 25	Until: 24:00
Field 26	0
Field 27	Through: 8/30
Field 28	For: AllDays
Field 29	Until: 05:00
Field 30	1
Field 31	Until: 24:00
Field 32	0
Field 33	Through: 9/30
Field 34	For: Weekdays
Field 35	Until: 05:00
Field 36	1
Field 37	Until: 06:00
Field 38	0
Field 39	Until: 08:00
Field 40	0.1
Field 41	Until: 17:00
Field 42	0.2
Field 43	Until: 21:00
Field 44	0.2
Field 45	Until: 24:00
Field 46	0
Field 47	Through: 12/31
Field 48	For: Weekdays
Field 49	Until: 06:00
Field 50	0
Field 51	Until: 08:00
Field 52	0.1
Field 53	Until: 17:00
Field 54	1
Field 55	Until: 21:00
Field 56	0.3
Field 57	Until: 24:00
Field 58	0

Παρακάτω γίνεται μία σύγκριση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών για κάθε θερμική ζώνη ή ομάδα θερμικών ζωνών πριν και μετά την τοποθέτηση του αυτόματου μηχανισμού για νυκτερινό δροσισμό. Τα διαγράμματα αρχίζουν κατά την αρχή λειτουργίας του δηλαδή 30 Μαΐου και τελειώνουν στις 30 Σεπτεμβρίου

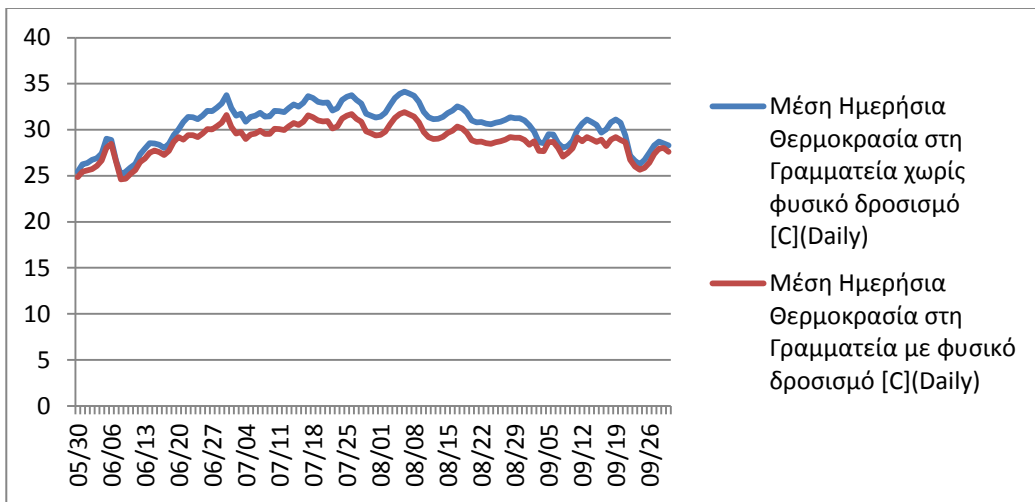
Εικόνα 10.22, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς φυσικό δροσισμό



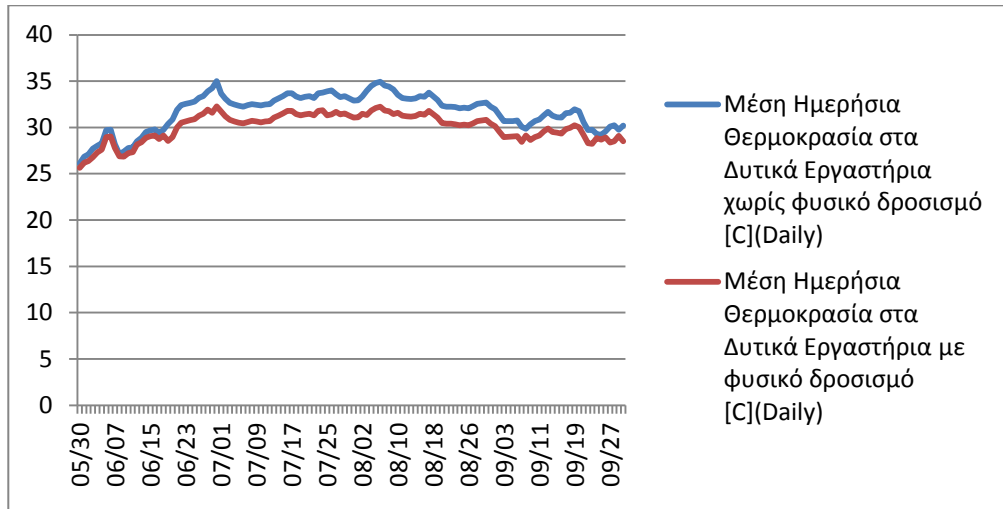
Εικόνα 10.23, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς φυσικό δροσισμό



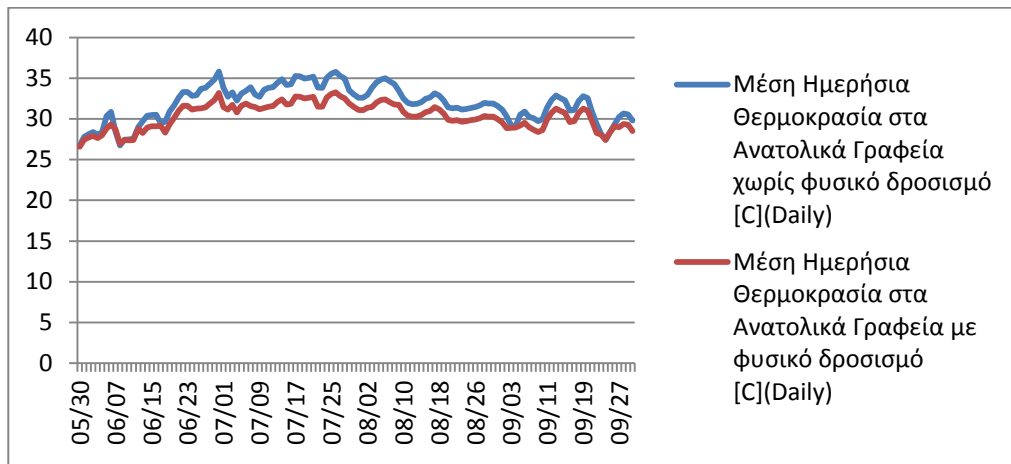
Εικόνα 10.24, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό



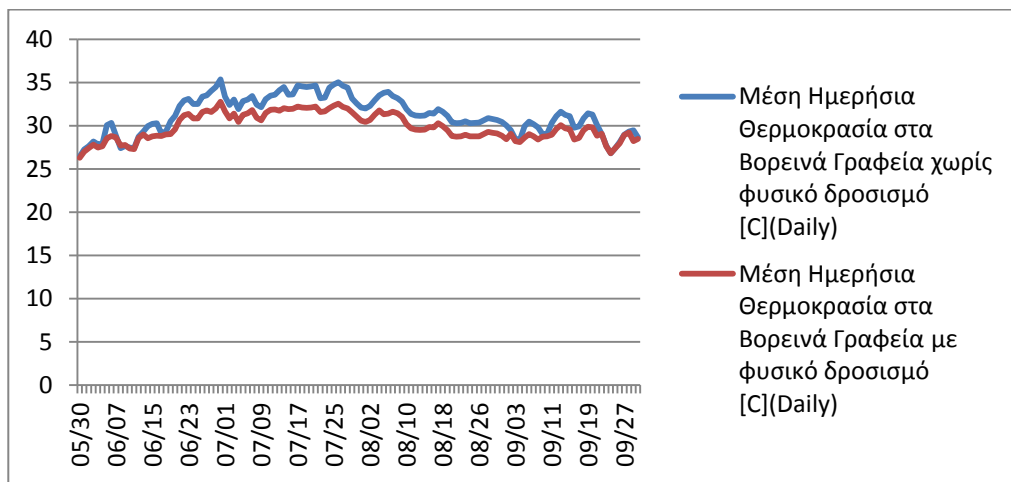
Εικόνα 10.25, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς φυσικό δροσισμό



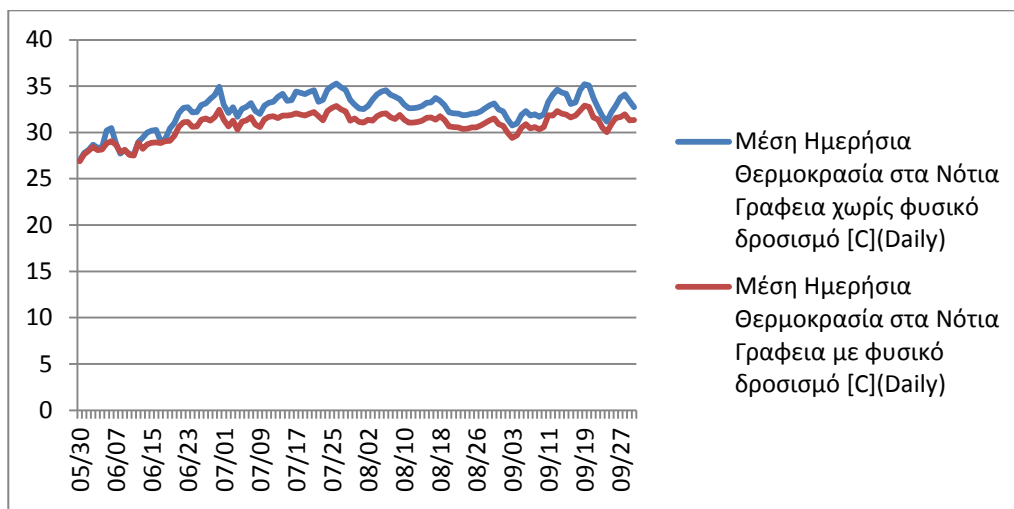
Εικόνα 10.26, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό



Εικόνα 10.27, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό



Εικόνα 10.28, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια Γραφεία με και χωρίς φυσικό δροσισμό



Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται μία μικρή μείωση των μέσων θερμοκρασιών σε κάθε θερμική ζώνη. Περίπου 1.73°C μείωση έχουμε στο χώρο του αμφιθεάτρου, 1.93 °C στη Βιβλιοθήκη, 1.59 °C στη Γραμματεία, 1.64°C στα Δυτικά Εργαστήρια, 1.54 °C στα Ανατολικά γραφεία, 1.37 °C στα Βορεινά γραφεία και 1.55 °C στα Νότια γραφεία. Η μείωση αυτή μειώνει τον κίνδυνο υπερθέρμανσης του κτιρίου καθώς επίσης βελτιώνει κατά λίγο την θερμική άνεση των χρηστών.

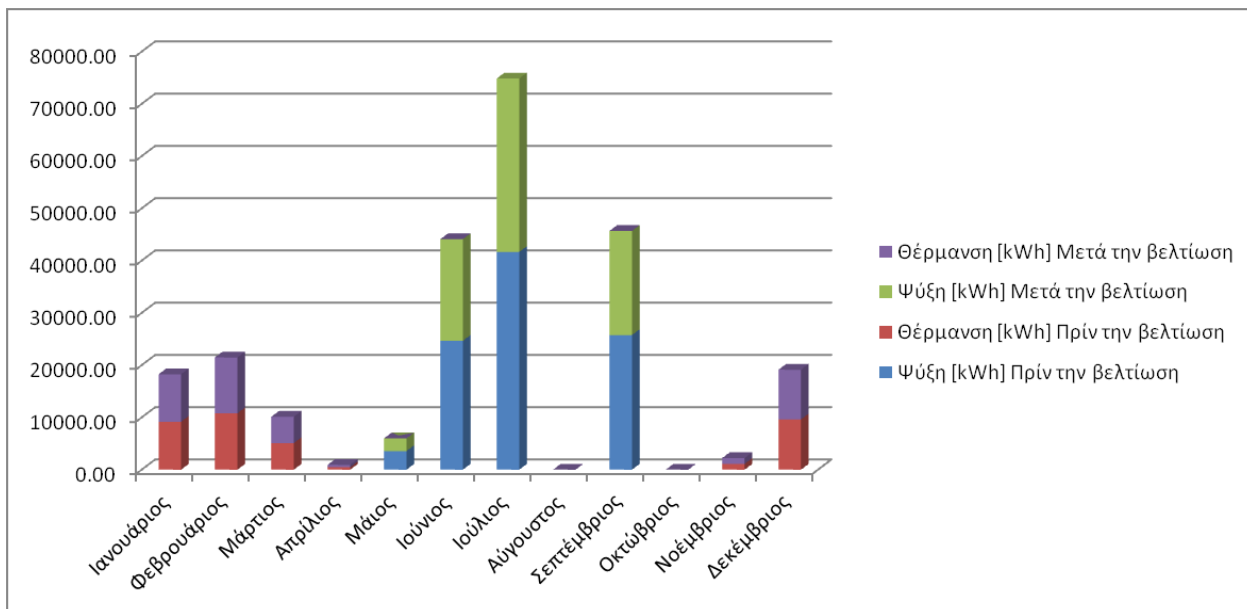
Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου μετά την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και την λειτουργία του φυσικού δροσισμού από τους αυτόματους μηχανισμούς

Πίν 10.3, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και λειτουργία φυσικού δροσισμού

	Θέρμανση [kWh]		Ψύξη [kWh]		Εξοικονόμηση Ενέργειας		Οφελος (Ευρώ)	
	Πρίν	Μετά	Πρίν	Μετά	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	9172.37	9080.65	0.00	0.00	91.72	0.00	6.65	0.00
Φεβρουάριος	10793.36	10685.43	0.00	0.00	107.93	0.00	7.82	0.00
Μάρτιος	5084.02	5033.18	0.00	0.00	50.84	0.00	3.68	0.00
Απρίλιος	461.02	456.41	0.00	0.00	4.61	0.00	0.33	0.00
Μάιος	0.00	0.00	3561.71	2421.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Ιούνιος	0.00	0.00	24662.87	19447.72	0.00	5215.15	0.00	377.95
Ιούλιος	0.00	0.00	41659.16	33192.16	0.00	8467.00	0.00	613.62
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	25753.86	19925.43	0.00	5828.43	0.00	422.40
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Νοέμβριος	1114.44	1103.30	0.00	0.00	11.14	0.00	0.81	0.00
Δεκέμβριος	9613.57	9517.43	0.00	0.00	96.14	0.00	6.97	0.00
Σύνολο [kWh]	36238.78	35876.39	95637.60	74986.45	362.39	19510.58	26.26	1413.97
							Συνολικό όφελος (Ευρώ)	1440
							Σύνολο [kWh] πρίν	131876.38
							Σύνολο [kWh] μετά	110862.85

Όπως φαίνεται το συνολικό όφελος για το κτίριο είναι 1440 ετησίως. Το συνολικό όφελος προκύπτει κατά κύριο λόγο από την μείωση των ψυκτικών φορτίων από 95637.30 [kWh] σε 74986.45 [kWh] ενώ στα θερμικά φορτία δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές όπως είναι λογικό.

Εικόνα 10.29 , Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και λειτουργία φυσικού δροσισμού



Στη συνέχεια θα γίνει έλεγχος της οικονομικής βιωσιμότητας των ανωτέρω λύσεων (οριζόντιες περσίδες και νυκτερινός δροσισμός). Για την περίπτωση των οριζόντιων περσίδων με φωτοβολταϊκά συστήματα το αρχικό κόστος είναι περίπου 9000 ευρώ. Επίσης οι ειδικοί αυτόματοι μηχανισμοί για τον φυσικό δροσισμό με χρονοδιακόπτη κοστίζουν περίπου 70 ευρώ ο ένας.

Εκτιμάται ότι θα χρειαστούν 116 τέτοιοι μηχανισμοί για όλο το κτίριο. Οπότε το αρχικό κόστος επένδυσης είναι  $9000+70*116=17120$  ευρώ. Επίσης τα οφέλη από τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά είναι 0.55 ευρώ / kWh σύμφωνα με τον νόμο Ν. 3734/0 και από 2013 και μετά θα μειώνεται κατά 5% για κάθε έτος λειτουργίας του.

Επίσης στο κόστος αγοράς του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει συνυπολογιστεί και το κόστος της σχετικής άδειας, το κόστος εγκατάστασης καθώς επίσης και το κόστος του αντιστροφέα και του μετρητή εξερχόμενης ενέργειας που είναι απαραίτητα για την λειτουργία του. Επίσης για το συνολικό όφελος από αυτές τις δύο επενδύσεις έχει λεφθεί υπόψη και το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων. Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίζεται η καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης.



Πιν. 10.4, Καθαρή παρούσα αξία για την τοποθέτηση οριζόντιων περσίδων και νυκτερινού δροσισμού

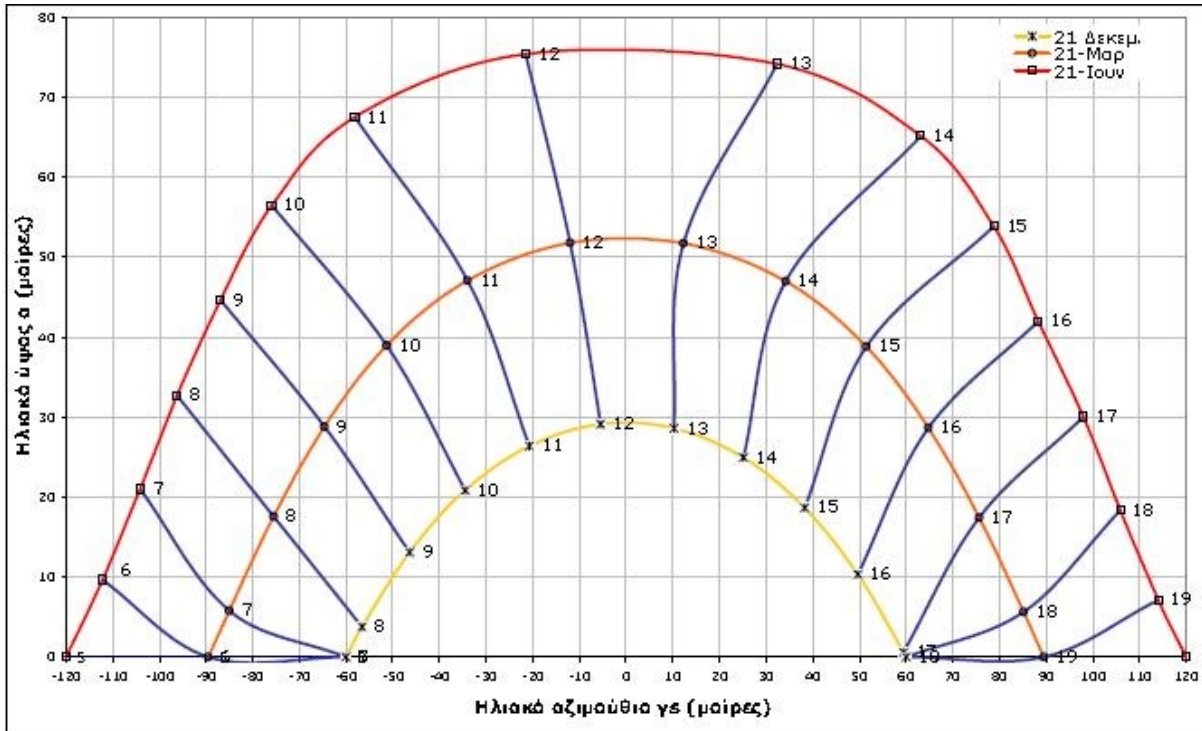
Επιτόκιο αναγωγής (%)	2%		ευρώ / kWh			Καθαρή παρούσα αξία
Αρχικό κόστος επένδυσης				-17120	Ευρώ	17686.52
Απόδοση κατά το	1	έτος	0.550	2479	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	2	έτος	0.523	2427	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	3	έτος	0.496	2378	Ευρώ	<b>Οικονομικά αποδεκτό</b>
Απόδοση κατά το	4	έτος	0.472	2331	Ευρώ	Ναι
Απόδοση κατά το	5	έτος	0.448	2286	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	6	έτος	0.426	2244	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	7	έτος	0.404	2204	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	8	έτος	0.384	2165	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	9	έτος	0.365	2129	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	10	έτος	0.347	2095	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	11	έτος	0.329	2062	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	12	έτος	0.313	2031	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	13	έτος	0.297	2001	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	14	έτος	0.282	1973	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	15	έτος	0.268	1947	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	16	έτος	0.255	1921	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	17	έτος	0.242	1897	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	18	έτος	0.230	1874	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	19	έτος	0.218	1853	Ευρώ	
Απόδοση κατά το	20	έτος	0.208	1832	Ευρώ	

Όπως παρατηρείται από τον ανωτέρω πίνακα οι λύσεις που προτάθηκαν είναι οικονομικά βιώσιμες οπότε μπορούμε να τις εφαρμόσουμε. Επίσης παρατηρούμαι γίνεται απόσβεση των χρημάτων μόλις στο 9<sup>ο</sup> χρόνο και από κει και ύστερα έχουμε συνεχώς κέρδη. Η απόδοση κάθε έτος μειώνεται επειδή μειώνεται το αντίστοιχο κόστος πώλησης της kWh στη Δ.Ε.Η.

## 9.5 ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΠΛΕΥΡΑ

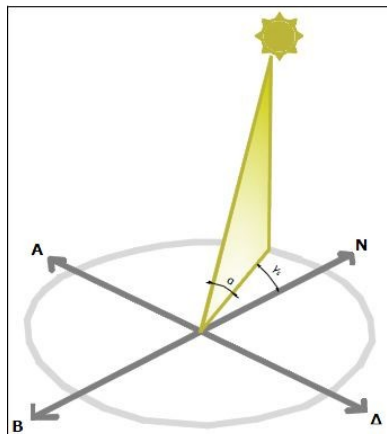
Με στόχο να προφυλάξουμε το κτίριο κατά τους θερινούς μήνες από την υπερθέρμανση θα τοποθετηθούν οριζόντια σκίαστρα στην νότια πλευρά. Στην Βόρεια πλευρά δεν χρειάζονται επειδή οι χώροι αυτοί λαμβάνουν έμμεσα την ηλιακή ακτινοβολία ενώ στην Νότια πλευρά άμεσα. Για τον προσδιορισμό του κατάλληλου μήκους του οριζόντιου σκιάστρου θα χρησιμοποιηθεί ο ηλιακός χάρτης που αντιστοιχεί στο γεωγραφικό πλάτος  $37^\circ$  Βόρειο όπου και ανήκει το κτίριο Φυσικής.

Εικόνα 10.30, Ηλιακός χάρτης για το γεωγραφικό πλάτος  $37^\circ$ , (Πηγή: Παράρτημα Γ' της ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010)

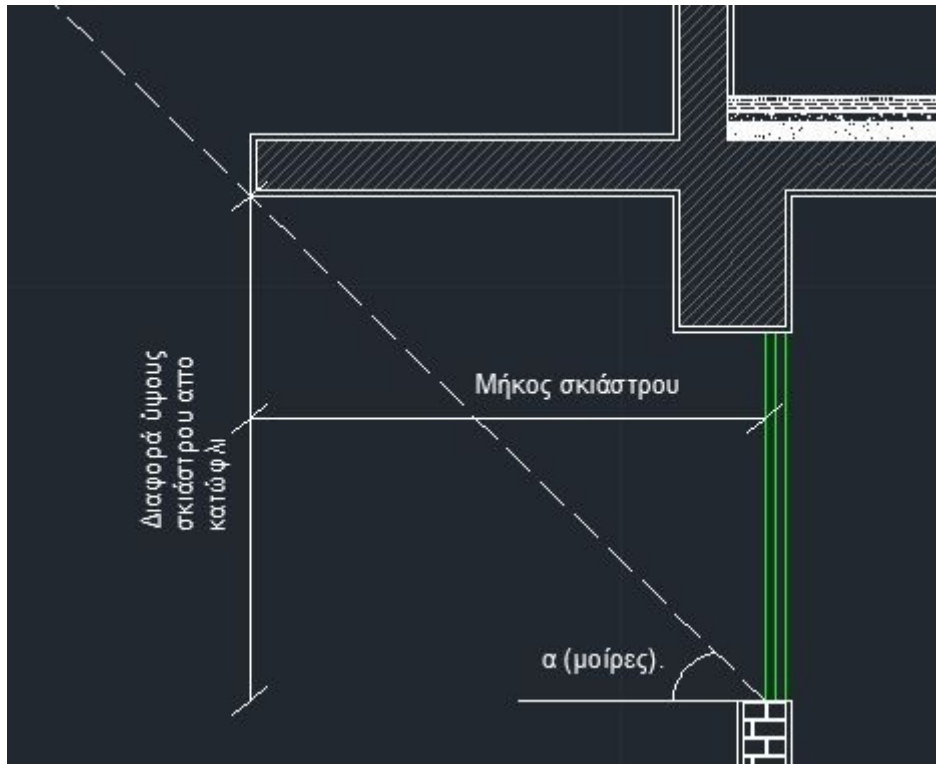


Ηλιακοί χάρτες είναι διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν τις φαινόμενες τροχιές του ηλίου στο επίπεδο ορθής προβολής για το συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Με από διαγράμματα αυτά προσδιορίζεται η θέση και το ύψος του ηλίου για οποιαδήποτε ημέρα και ώρα του χρόνου. Παρακάτω φαίνονται σε σκαρίφημα το ηλιακό αζιμούθιο  $\gamma_s$  καθώς και το ηλιακό ύψος  $\alpha$ .

Εικόνα 10.31, Ηλιακό αζιμούθιο και ηλιακό ύψος (Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010)



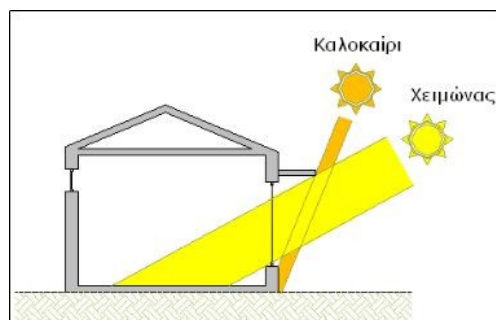
Εικόνα 10.32, Υπολογισμός κατάλληλου μήκους οριζόντιου σκιάστρου



Στην περίπτωση του κτιρίου φυσικής η γωνία  $\gamma_s$  είναι μηδέν αφού ο προσανατολισμό του κτιρίου είναι Βορράς – Νότος. Η εικόνα 9.12 μας δείχνει την περίπτωση κατά την οποία θέλουμε να επιτύχουμε πλήρη σκίασμα του ανοίγματος, εάν θέλαμε να έχουμε 50% σκίαση του ανοίγματος τότε θα βρίσκαμε την γωνία απόληξης της προεξοχής με το μέσον του παραθύρου. Από το διάγραμμα της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας για την Νότια πλευρά του κτιρίου (εικόνα 6.8) παρατηρούμαι ότι η θερμοκρασία σε αυτήν την ομάδα θερμικών ζωνών αυξάνει δυσάρεστα (πάνω από  $26^\circ \text{C}$ ) από τις αρχές του Ιουνίου και μετά.

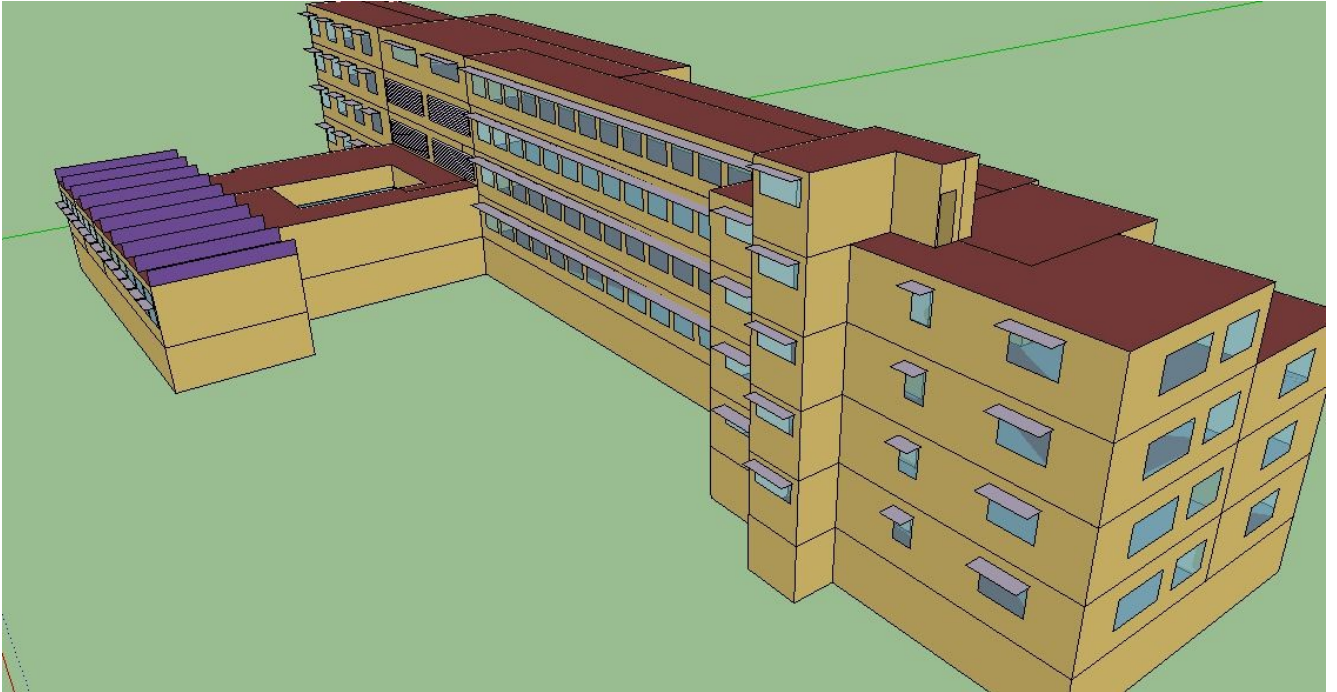
Οπότε θα σχεδιάσουμε τα οριζόντια σκιάστρα μας για την 1<sup>η</sup> Μαΐου έτσι ώστε να προφυλαχτεί η νότια πλευρά από τις μεγαλύτερες γωνίες τους επόμενους πιο θερμούς μήνες του καλοκαιριού. Από το διάγραμμα της εικόνας 9.10 για  $\gamma_s=0^\circ$ , την 1<sup>η</sup> Ιουνίου και ώρα 12:00 βρίσκουμε ότι η γωνία είναι περίπου  $60^\circ \text{C}$ . Επίσης με την γωνία αυτή κατά τους χειμερινούς μήνες δεν θα αλλοιώσουμε το παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης που υπήρχε και πριν την τοποθέτηση των σκιάστρων.

Εικόνα 10.33, Παθητικό σύστημα θέρμανσης το χειμώνα – Ηλιοπροστασία το καλοκαίρι (Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010)

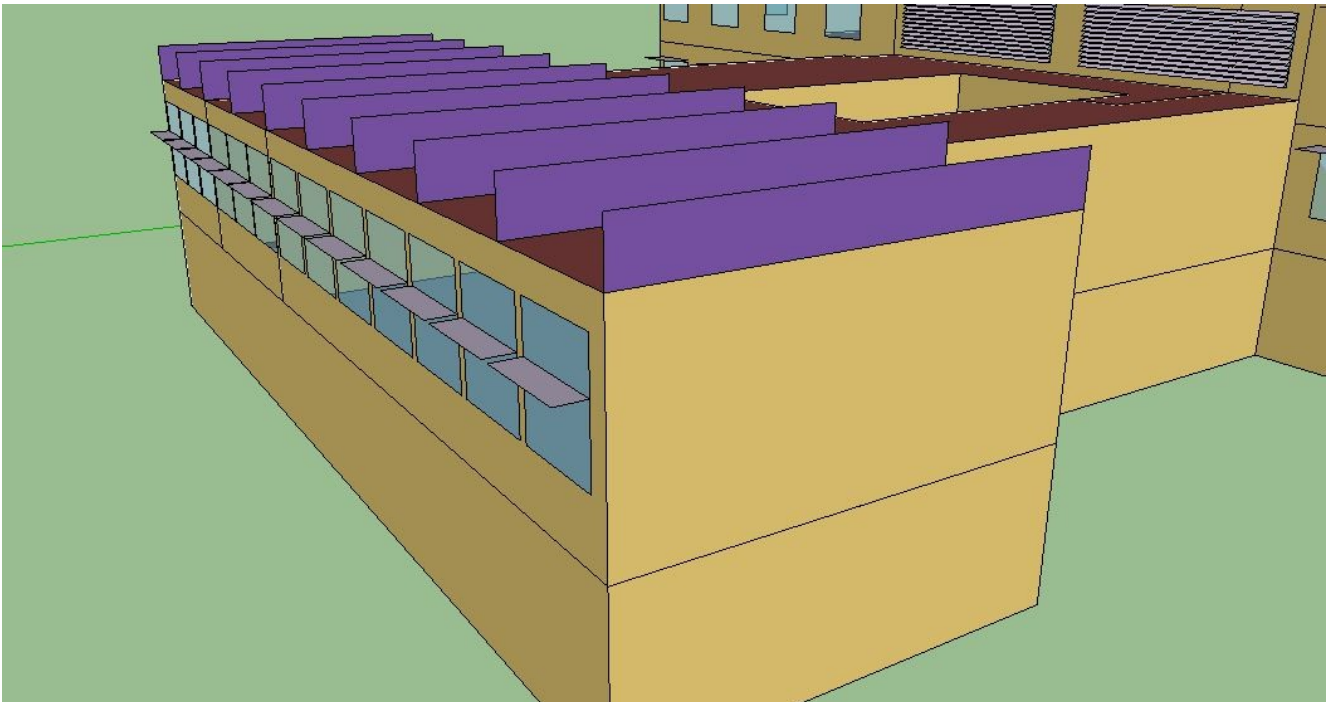


Παρακάτω φαίνεται το κτίριο μετά την τοποθέτηση των νότιων οριζόντιων σκιάστρων στο πρόγραμμα «Open Studio».

*Εικόνα 10.34, Το κτίριο Φυσικής μετά την τοποθέτηση των οριζόντιων σκιάστρων στο «Open Studio»*

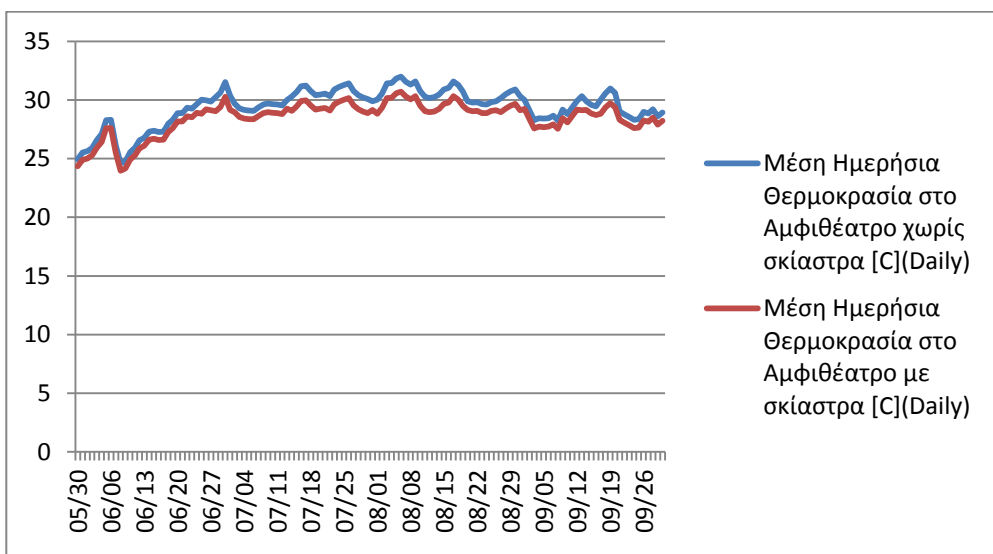


*Εικόνα 10.35, Ηλιακά ράφια για αύξηση της οπτικής άνεσης και για ηλιοπροστασία στο «Open Studio»*

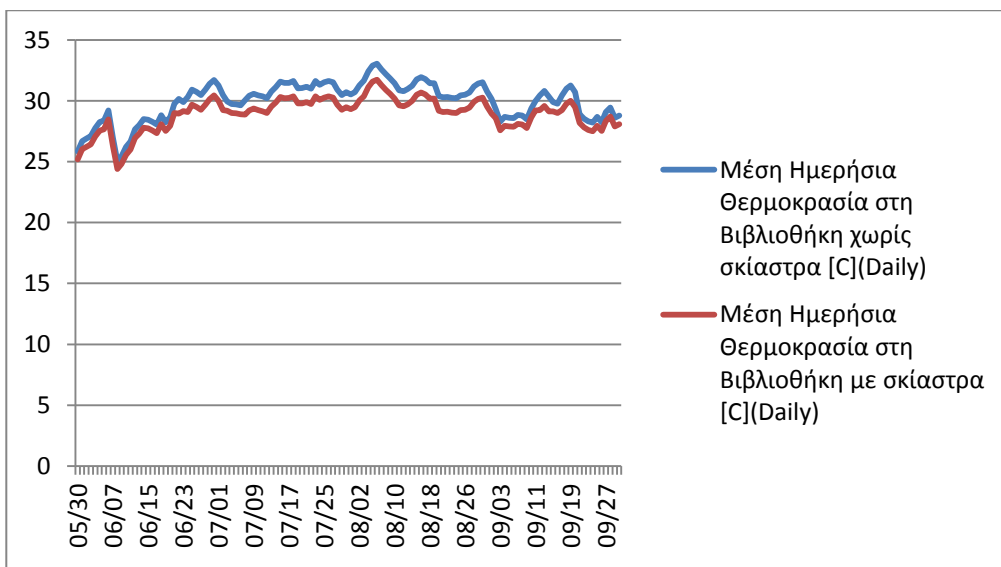


Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα στο χώρο του Αμφιθεάτρου και της Βιβλιοθήκης παρόλο που ανήκουν στην νότια πλευρά του κτιρίου δεν έχει τοποθετηθεί οριζόντιο σκίαστρο αλλά ηλιακά ράφια. Αυτό γίνεται λόγω του ότι η φυσικός φωτισμός των χώρων αυτών είναι πολύ ασθενής οπότε τοποθετήθηκαν ηλιακά ράφια για την αύξηση της οπτικής άνεσης αλλά ταυτόχρονα και την σκίαση τους. Δηλαδή, για να ικανοποιηθούν και τα δύο κριτήρια (φυσικός φωτισμός και ηλιοπροστασία) αυξάνεται το μήκος του κάθε ένα ηλιακού ραφιών από 0.40m σε 0.55m. Παρακάτω φαίνονται τα σχετικά διαγράμματα των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών πριν και μετά την τοποθέτηση των οριζόντιων σκιάστρων.

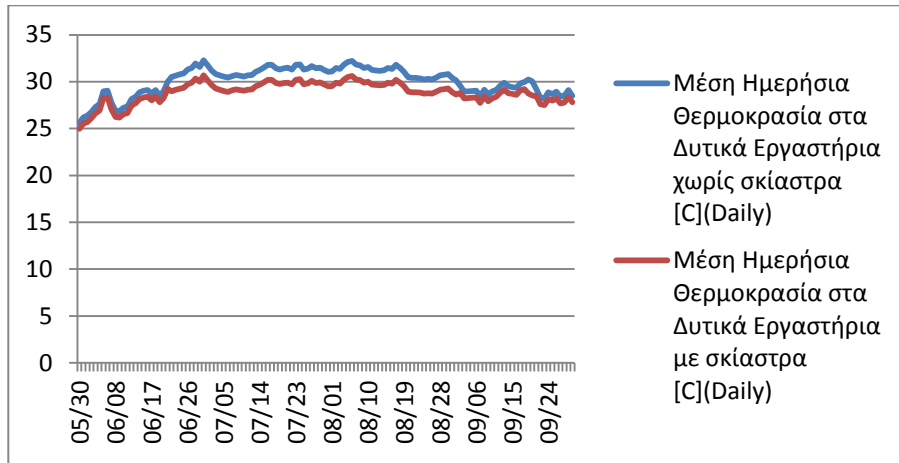
Εικόνα 10.36, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς σκίαστρα



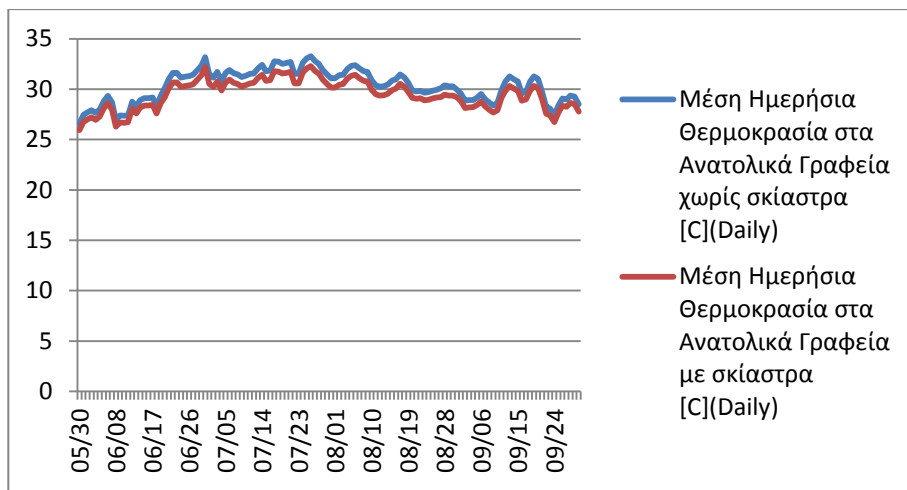
Εικόνα 10.37, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς σκίαστρα



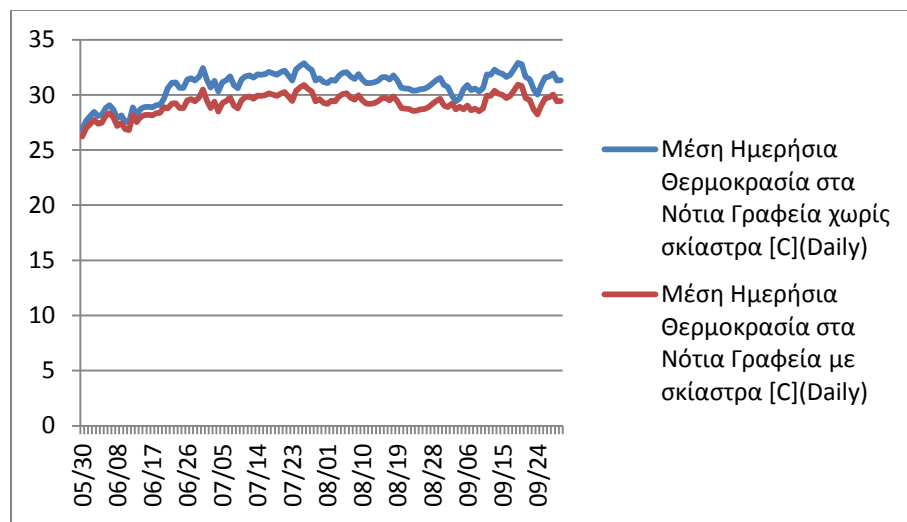
Εικόνα 10.38, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς σκίαστρα



Εικόνα 10.39, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά Γραφεία με και χωρίς σκίαστρα



Εικόνα 10.40, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια Γραφεία με και σκίαστρα





Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται μία μικρή μείωση της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στα Νότια Γραφεία, περίπου 1.64°C, όπου και το πρόβλημα είναι μεγαλύτερο ενώ στο Αμφιθέατρο η μείωση είναι πολύ μικρή, μόλις 0.92 °C λόγω της ανάγκης για φυσικό φωτισμό από την τοποθέτηση των ηλιακών ραφιών. Στους άλλους χώρους έχουμε: στη Βιβλιοθήκη μείωση κατά 1.02°C, στα δυτικά εργαστήρια κατά 1.21°C και στα ανατολικά γραφεία κατά 0.85 °C.

## 9.6 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η επόμενη λύση που θα προταθεί είναι η προσθήκη κάποιας εξωτερικής θερμομόνωσης στο κτίριο μιας και δεν υπάρχει καθόλου με αποτέλεσμα το κτίριο να ψύχεται και να θερμαίνεται πολύ γρήγορα. Η εξωτερική θερμομόνωση που προτίνεται είναι από πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6cm. Τα χαρακτηριστικά της θερμομόνωσης αυτής είναι: Πάχος 0.06m, Θερμική αγωγιμότητα 0.03 W/m\*K, φαινόμενη πυκνότητα 30 kg/m<sup>3</sup> και ειδική θερμοπερατότητα 1210 J/kg\*K τα οποία και δόθηκαν στο πρόγραμμα.

Οι πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης έχουν διαστάσεις 1.00m X 0.60m σύμφωνα με τις Ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN 13163:2001. Τα στάδια κατασκευής της εξωτερικής θερμομόνωσης είναι: κόλληση των πλακών εξηλασμένης πολυστερίνης στον εξωτερικό τοίχο του κτιρίου με τη χρήση κατάλληλης κόλλας, τοποθέτηση γωνιακών εξαρτημάτων σε όλες τις γωνίες του συστήματος, αγκύρια στερέωσης του θερμομονωτικού υλικού στον εξωτερικό τοίχο, επίστρωση με αστάρι ως υπόστρωμα του τελικού επιχρίσματος, τοποθέτηση του τελικού επιχρίσματος σε όλη την επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων για την στεγανοποίηση του συστήματος εξωτερικής θερμομόνωσης

[55]

Σύμφωνα με τα νέα δεδομένα, θα γίνει έλεγχος των νέων συντελεστών θερμοπερατότητας ώστε να είναι μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές του KENAK. Θα εξεταστούν μόνο τα δομικά στοιχεία τα οποία δεν τηρούσαν τον περιορισμό και στα οποία θα τοποθετηθεί η εξωτερική θερμομόνωση. Τα υπόλοιπα θα μείνουν ως έχουν. Για την περίπτωση του δαπέδου υπογείου καθώς και των τοίχων του δεν προβλέπεται καμία αλλαγή.

Πίν. 10.5, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για Εξωτερικό τοίχο με οπλισμένο σκυρόδεμα

Εξωτερικός τοίχος με οπλισμένο σκυρόδεμα								
Υλικό	λ (W/m*K)	Πάχος (m)	a <sub>i</sub>	a <sub>a</sub>	di/λι	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Εξηλασμενη πολυστερινη	0.030	0.060	0.130	0.040	2.000	2.288	0.437	0.50
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			
Οπλισμένο σκυρόδεμα	2.500	0.180			0.072			<b>Επαρκεί</b>
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

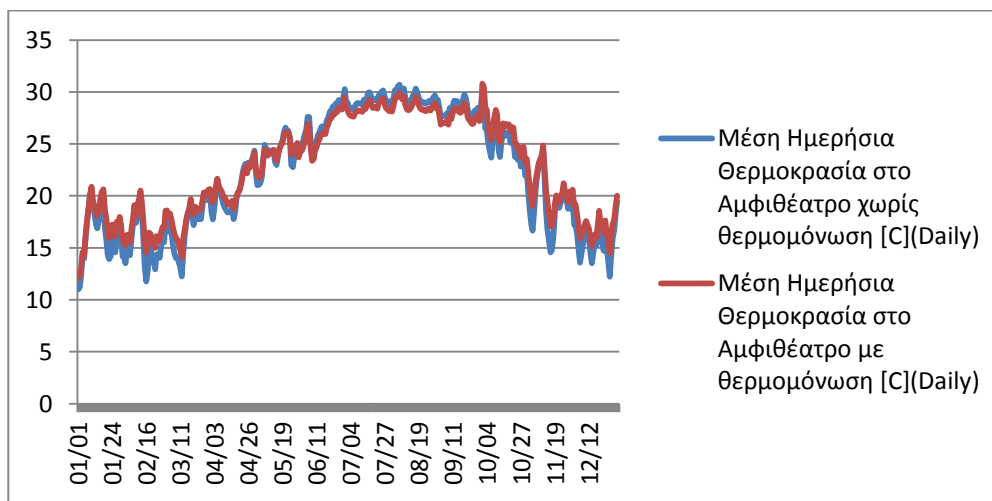


Πίν. 10.6, Έλεγχος συντελεστή θερμοπερατότητας για Εξωτερικό τοίχο με οπτοπλινθοδομή

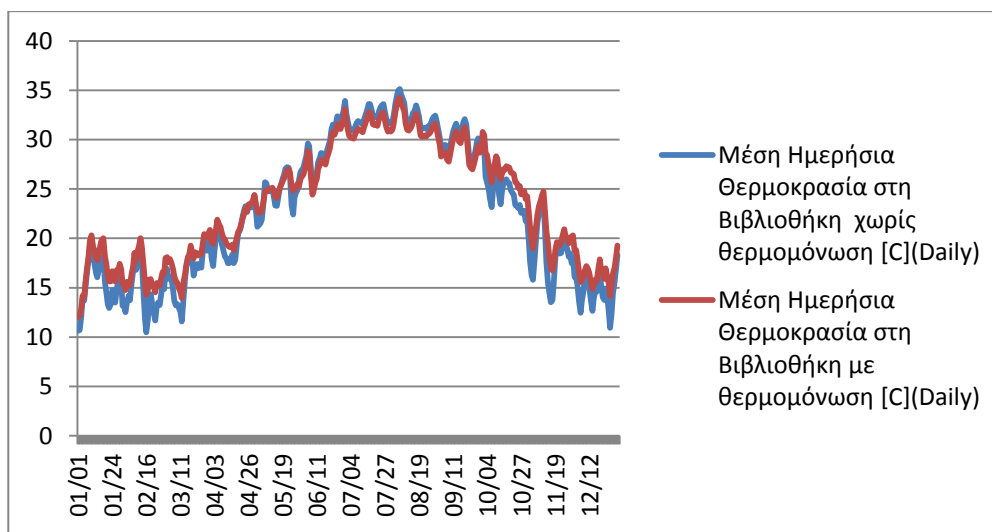
Εξωτερικός τοίχος με οπτοπλινθοδομή								
Υλικό	$\lambda$ (W/m <sup>2</sup> *K)	Πάχος (m)	$a_i$	$a_a$	di/λi	1 / K	K (W/m <sup>2</sup> *K)	Επιτρεπόμενη τιμή KENAK
Εξηλασμενη πολυστερίνη	0.030	0.060	<b>0.130</b>	<b>0.040</b>	2.000	2.543	0.393	<b>0.500</b>
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			
Οπτοπλινθοδομή	0.490	0.160			0.327			<b>Επαρκεί</b>
Ασβεστοκονίαμα	0.870	0.020			0.023			

Παρακάτω φαίνονται τα σχετικά διαγράμματα των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών πριν και μετά την τοποθέτηση της εξωτερικής θερμομόνωσης.

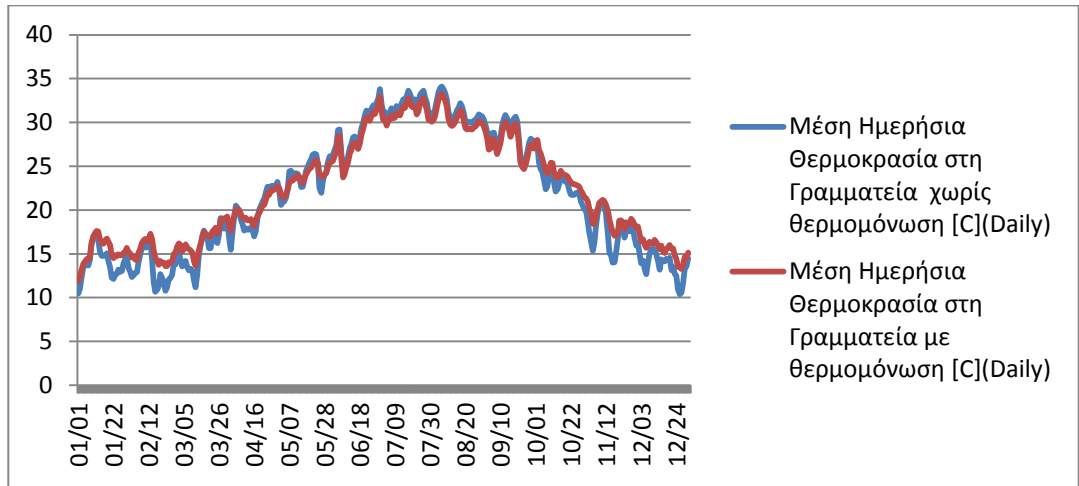
Εικόνα 10.41, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στο Αμφιθέατρο με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



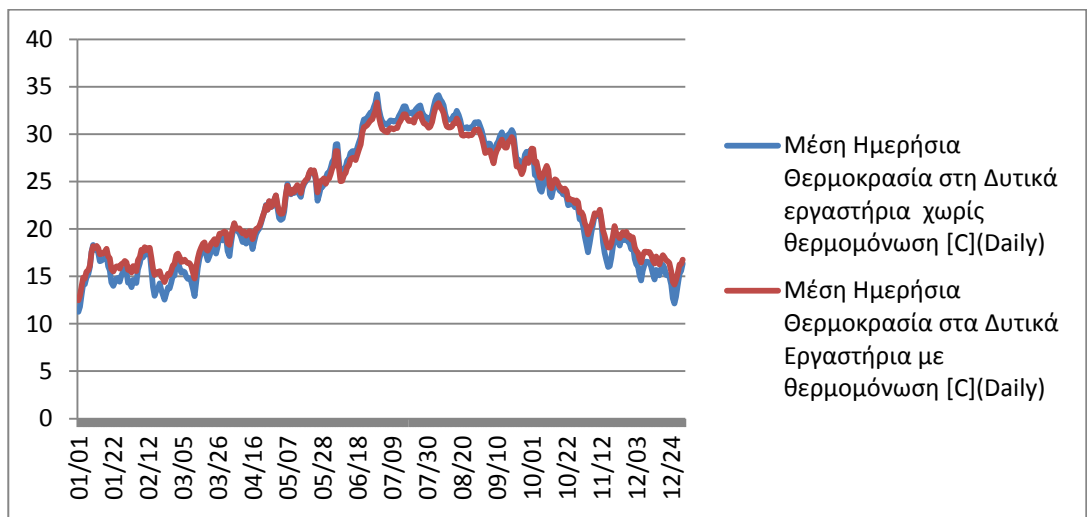
Εικόνα 10.42, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Βιβλιοθήκη με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



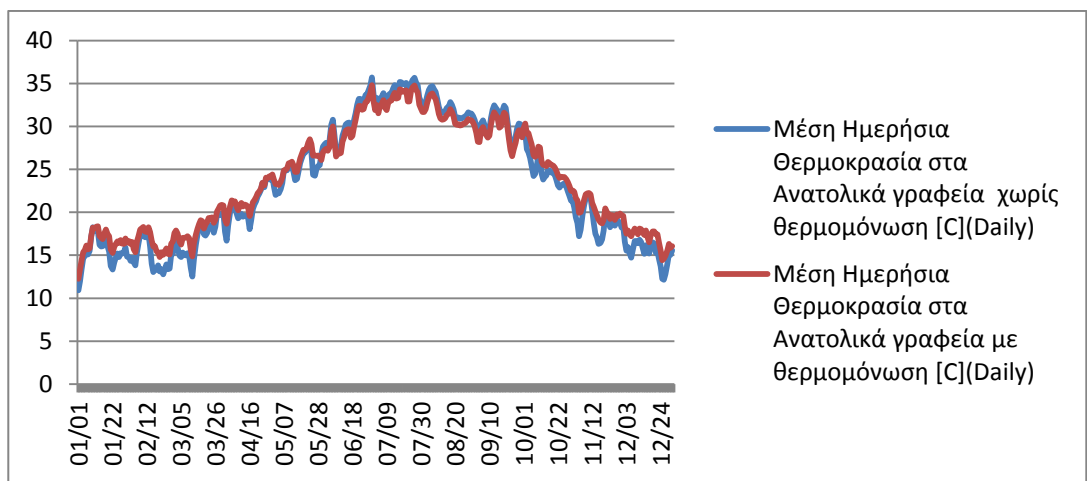
Εικόνα 10.43, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στη Γραμματεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



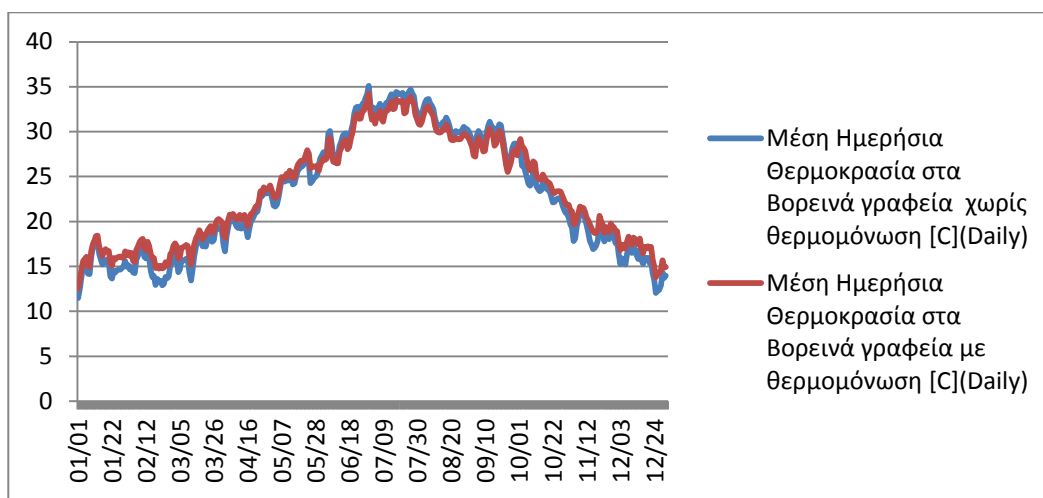
Εικόνα 10.44, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Δυτικά Εργαστήρια με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



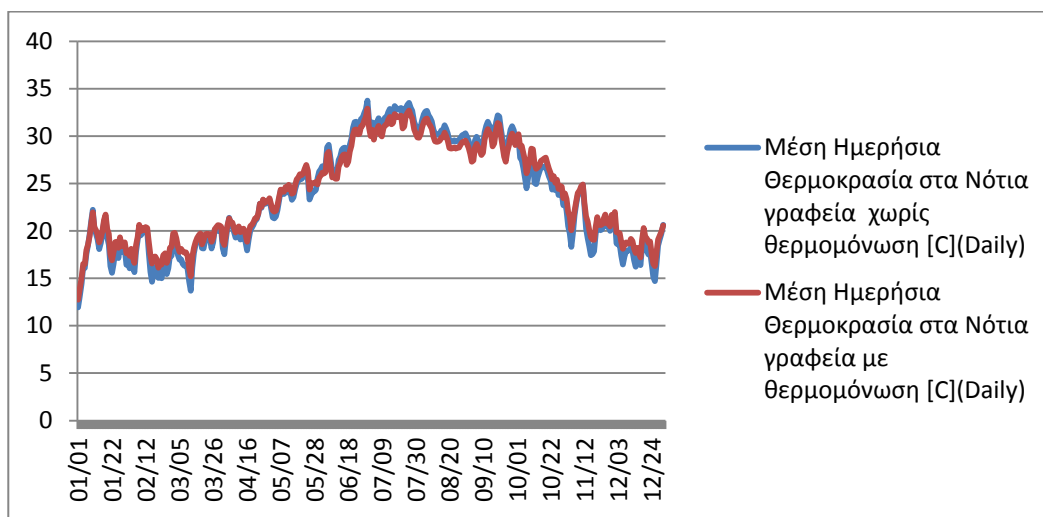
Εικόνα 10.45, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Ανατολικά γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



Εικόνα 10.46, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Βορεινά Γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



Εικόνα 10.47, Μέση Ημερήσια θερμοκρασία στα Νότια γραφεία με και χωρίς εξωτερική θερμομόνωση



Όπως φαίνεται από τα παραπάνω διαγράμματα η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε κάθε θερμική ζώνη αυξήθηκε αρκετά λόγω της εξωτερικής θερμομόνωσης ενώ παράλληλα λειτουργεί και ως προστασία για το κτίριο κατά τους θερινούς μήνες μειώνοντας ελάχιστα την θερμοκρασία.

Πιν. 10.7, Αύξηση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας λόγω εξωτερικής θερμομόνωσης

° C	Αμφιθέατρο	Βιβλιοθήκη	Γραμματεία	Δυτικά Εργαστήρια	Ανατολικά Γραφεία	Βόρεινά γραφεία	Νότια Γραφεία
Ιανουάριος	1.03	1.46	1.28	0.82	1.04	1.00	0.60
Φεβρουάριος	1.42	1.85	1.70	1.26	1.61	1.39	0.96
Μάρτιος	0.95	1.31	1.10	0.96	1.22	1.12	0.72
Απρίλιος	0.42	0.79	0.52	0.44	0.74	0.74	0.40
Οκτώβριος	1.12	1.89	1.09	0.71	1.28	1.20	0.95
Νεόμβριος	1.17	1.81	1.53	0.94	1.32	1.10	0.80
Δεκέμβριος	1.37	1.88	1.79	1.30	1.64	1.38	0.98

Ο παραπάνω πίνακας δείχνει την μηνιαία αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της εξωτερικής θερμομόνωσης. Παρατηρείται ότι η μικρότερη αύξηση είναι στα Νότια γραφεία, δηλαδή την θερμική ζώνη που λειτουργεί ως παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης κατά τους χειμερινούς μήνες οπότε έχει και τις μικρότερες ανάγκες σε θέρμανση. Από την άλλη παρατηρείται μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας στην θερμική ζώνη της γραμματεία κυρίως λόγω της απώλειας ανοιγμάτων προς νότο.

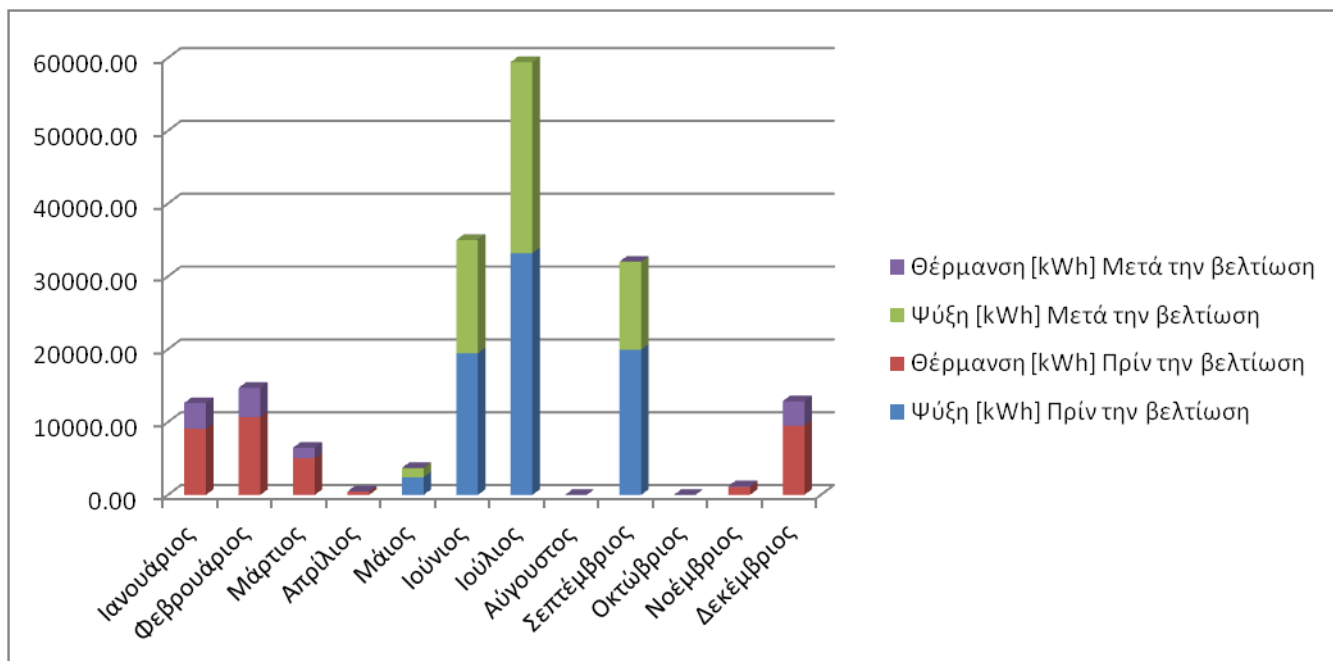
Ακολουθως εκτιμάται το όφελος από τις παραπάνω βελτιώσεις (δηλαδή την προσθήκη οριζόντιων σκιάστρων και την τοποθέτηση εξωτερικής θερμομόνωσης. Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας με όλα τα στοιχεία.

Πίν 10.8, Συγκεντρωτικός πίνακας με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων σκιάστρων και την πρόσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης

	Θέρμανση [kWh]		Ψύξη [kWh]		Εξοικονόμηση Ενέργειας		Οφελος (Ευρώ)	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Θέρμανση [kWh]	Ψύξη [kWh]	Θέρμανση	Ψύξη
Ιανουάριος	9080.65	3534.61	0.00	0.00	5546.04	0.00	401.93	0.00
Φεβρουάριος	10685.43	4014.95	0.00	0.00	6670.48	0.00	483.42	0.00
Μάρτιος	5033.18	1433.54	0.00	0.00	3599.64	0.00	260.87	0.00
Απρίλιος	456.41	17.58	0.00	0.00	438.83	0.00	31.80	0.00
Μάιος	0.00	0.00	2421.15	1277.48	0.00	0.00	0.00	0.00
Ιούνιος	0.00	0.00	19447.72	15537.01	0.00	3910.70	0.00	283.42
Ιούλιος	0.00	0.00	33192.16	26221.21	0.00	6970.95	0.00	505.20
Αύγουστος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σεπτέμβριος	0.00	0.00	19925.43	12097.06	0.00	7828.37	0.00	567.34
Οκτώβριος	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Νοέμβριος	1103.30	96.17	0.00	0.00	1007.13	0.00	72.99	0.00
Δεκέμβριος	9517.43	3340.40	0.00	0.00	6177.03	0.00	447.66	0.00
<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>35876.39</b>	<b>12437.25</b>	<b>74986.45</b>	<b>55132.76</b>	<b>23439.14</b>	<b>18710.03</b>	<b>1698.68</b>	<b>1355.95</b>
							<b>Συνολικό όφελος (Ευρώ)</b>	<b>3055</b>
							<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>110862.85</b>
							<b>Σύνολο [kWh]</b>	<b>67570.02</b>

Όπως φαίνεται παραπάνω τα θερμικά φορτία μειώθηκαν από 35876.39 [kWh] σε 12437.25 [kWh] ενώ για τα ψυκτικά φορτία από 74986.45 [kWh] σε 55132.76 [kWh]. Παρατηρείται μία πολύ μεγάλη μείωση των θερμικών φορτίων. Επίσης το συνολικό όφελος από τις λύσεις είναι 3055 ευρώ ετησίως. Ακολουθεί και ραβδόγραμμα παρουσιάζοντας συνοπτικά των παραπάνω πίνακα.

Εικόνα 10.48, Ενεργειακές απαιτήσεις του κτίριου πριν και μετά την τοποθέτηση οριζόντιων σκιάστρων και την πρόσθηση εξωτερικής θερμομόνωσης



Για τον έλεγχο της οικονομικής αποδοτικότητας των λύσεων γίνονται οι παρακάτω παραδοχές. Ως ενδεικτικό κόστος εξωτερικής θερμομόνωσης είναι τα 40 ευρώ/m<sup>2</sup> και η επιφάνεια που πρόκειται να καλυφθεί είναι 1370.88m<sup>2</sup> οπότε το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 61433 ευρώ. Το κόστος των μεταλλικών σκιάστρων ανέρχεται στα 70 ευρώ/m<sup>2</sup> και η έκταση τους είναι 96.26 m<sup>2</sup> οπότε το συνολικό κόστος είναι 6598 ευρώ. Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα η καθαρή παρούσα αξία για τον οικονομικό κύκλο ζωής του έργου είναι NPV=702.05>0 άρα οι λύσεις θεωρούνται οικονομικά αποδεκτές.

# ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Μέσω της προσομοίωσης του κτιρίου στο πρόγραμμα Energy Plus, με επί τόπου έρευνες καθώς και με τις μετρήσεις πεδίου που έγιναν με τα θερμογυρόμετρα και το φωτόμετρο χειρός καταφέραμε να καταγράψουμε και να αναλύσουμε την υπάρχουσα κατάσταση στο κτίριο Φυσικής όσον αφορά τις συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης. Παρακάτω γίνεται μία ανακεφαλαίωση των ερευνών.

Αρχικά ο σωστός προσανατολισμός του κτιρίου δηλαδή Βορράς-Νότος με το μεγαλύτερο μέρος του να βρίσκεται στην Νότια πλευρά μειώνει τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου.

Η έλλειψη θερμομόνωσης καθώς και οι μονοί υαλοπίνακες που υπάρχουν στους χώρους του κτιρίου αναγκάζει τους χρήστες του να χρησιμοποιούν συνεχώς τους μηχανισμούς θέρμανσης όχι μόνο κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών αλλά και κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του Φθινοπώρου. Οι συνολικές ετήσιες καταναλώσεις είναι 80406.25 [kWh] για θέρμανση και 105280.26 [kWh] για ψύξη. Οι υψηλή τιμή της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη του κτιρίου οφείλεται στην υπερθέρμανση του κτιρίου λόγω ανεπαρκούς προστασίας του κελύφους από την ηλιακή ακτινοβολία.

Παρόλο που το κτίριο έχει πολλά ανοίγματα προς την Νότια πλευρά, η ηλιακή ακτινοβολία δεν συγκρατείται στο εσωτερικό της θερμικής ζώνης κατά τους χειμερινούς μήνες (δηλαδή δεν έχουμε πλήρη λειτουργία ενός ηλιακού παθητικού συστήματος) λόγω των μεγάλων απωλειών από τους μονούς υαλοπίνακες που υπάρχουν σχεδόν σε όλο το κτίριο εκτός της νέα πτέρυγα. Τα ανοίγματα στη Βόρεια πλευρά είναι πολύ μεγάλα με αποτέλεσμα να έχουμε μεγάλες απώλειες θερμότητας. Τα βορεινά ανοίγματα πρέπει να είναι λίγα και μικρά και η διήθηση του αέρα από τα κουφώματα τους όσο το δυνατόν μικρότερη.

Η έλλειψη Νότιων οριζόντιων σκιάστρων δημιουργεί προβλήματα υπερθέρμανσης στο κτίριο κατά τους θερινούς μήνες. Οι κατακόρυφες περσίδες που υπάρχουν στο κτίριο μπορεί να επιτρέπουν την είσοδο του φωτισμού στους διαδρόμους του Α και Β ορόφου αλλά τους θερινούς μήνες δημιουργούν υπερθέρμανση στο κτίριο αφού δεν ανακλούν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αλλά την αφήνουν να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης το κτίριο δεν διαθέτει πλευρικούς τοίχους προστασίας για τους ψυχρούς ανέμους με αποτέλεσμα η θερμοκρασία στην εξωτερική επιφάνεια της θερμικής ζώνης να είναι ψυχρή. Επίσης το κτίριο δεν έχει φυσική προστασία από αιθάλη δέντρα κυρίως στην νότια πλευρά όπου θα μπορούσαν να προστατεύουν το κτίριο το καλοκαίρι ενώ θα άφηναν την ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα.

Η διήθηση του αέρα μέσα από τα κουφώματα των ανοιγμάτων είναι πολύ μεγάλη (1 εναλλαγή την ώρα) πράγμα που οδηγεί στην απώλεια μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας ή ψύξης. Ο φυσικός αερισμός στους χώρους του κτιρίου είναι πολύ κακός χειμώνα / καλοκαίρι πράγμα που μειώνει την ποιότητα του αέρα στους χώρους του κτιρίου. Ο φυσικό αερισμός σε ένα γραφείο είναι περίπου 2 εναλλαγές την ώρα ενώ θα έπρεπε να είχαμε 4 εναλλαγές την ώρα για να έχουμε διαρκώς φρέσκο αέρα.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων του κτιρίου δεν βρίσκεται μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ άρα καθίστανται μη αποτελεσματικά για την θερμική προστασία του κελύφους. Το μόνο δομικό στοιχείο που πληροί τις προϋποθέσεις είναι τα δομικά στοιχεία της οροφής.

Όλες οι θερμικές ζώνες του κτιρίου βρίσκονται έξω από τα όρια θερμικής άνεσης εκτός μερικών χρονικών διαστημάτων κατά την διάρκεια του Φθινοπώρου και της Άνοιξης. Στις θερμικές ζώνες του Αμφιθεάτρου, της Βιβλιοθήκης και της Γραμματείας καταγράφονται θερμοκρασίες το καλοκαίρι μέχρι και 36 °C ενώ το χειμώνα μέχρι και 9.7 °C. Αντίστοιχα στα Δυτικά εργαστήρια και Ανατολικά Γραφεία καταγράφεται ανώτερη θερμοκρασία ίση με 35 °C και κατώτερη 10 °C. Επίσης στα Βορεινά γραφεία και Νότια γραφεία έχουμε ανώτερη θερμοκρασία 35 °C και κατώτερη 11.3 °C για τα Βόρεια και 13.4 °C για τα Νότια. Παρατηρείται όπως είναι και λογικό η Νότια πλευρά του κτιρίου να έχει μικρότερες ανάγκες για θέρμανση αφού δέχεται με άμεσο τρόπο την ηλιακή ακτινοβολία από την Βορεινή που την δέχεται με έμμεσο.

Η υγρασία σχεδόν σε όλες τις θερμικές ζώνες βρίσκεται εκτός της ικανοποιητικής περιοχής. Πιο συγκεκριμένα: μόνο το 48% βρίσκεται εντός ορίων για το αμφιθέατρο, το 42% για την Βιβλιοθήκη, το 49% για την γραμματεία, το 71% για το υπόγειο, το 44% για τα δυτικά εργαστήρια, το 43% για τα ανατολικά γραφεία, το 49% για τα Βορεινά και το 47% για τα Νότια γραφεία.

Τα εσωτερικά κέρδη του κτιρίου είναι για ένα έτος: από τους ανθρώπους 10268.88 [kWatt], από τον τεχνητό φωτισμό 3485.20[kWatt] και από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό 3089.67 [kWatt]. Τα κέρδη αυτά συμβάλουν στην αύξηση της θερμότητας καθ' όλη την διάρκεια του έτους που είναι ενεργό το κτίριο. Το χειμώνα δρουν θετικά για τους χρήστες αυξάνοντας την θερμοκρασία και μειώνουν τις ενεργειακές απαιτήσεις όμως το καλοκαίρι δημιουργούν υπερθέρμανση στους χώρους όπου λειτουργούν

Ο φυσικός φωτισμός του κτιρίου είναι γενικά κακός και ελάχιστη χώροι βρίσκονται μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές των 500 Lux. Η Βόρεια πλευρά του κτιρίου αναγκάζεται να χρησιμοποιεί συνεχώς τεχνητό φωτισμό λόγω της ανεπάρκειας του φυσικού. Ο φυσικός φωτισμός στην Νότια πλευρά είναι αρκετά καλός σχεδόν καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Από την άλλη η Ανατολική πλευρά βρίσκεται μέσα στις επιτρεπόμενες τιμές μόνο κατά τις πρωινές ώρες και από κει και ύστερα οι χρήστες του αναγκάζονται να χρησιμοποιούν τεχνητό φωτισμό. Τέλος στο αμφιθέατρο, ο φυσικός φωτισμός είναι σταθερά κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια όλη την ημέρα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται όλη την ώρα ο τεχνητός φωτισμός.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την βελτίωση της θερμικής και οπτικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου προτάθηκαν οι εξής λύσεις: Αλλαγή των μονών και διπλών υαλοστάσιων με υαλοστάσια χαμηλής επεκτασιμότητας Low-e, αλλαγή των κατακόρυφων περσίδων σε οριζόντιων με περσίδες, τοποθέτηση ηλιακών ραφιών, λειτουργία νυχτερινού αερισμού κατά την περίοδο από τις 30 Μαΐου μέχρι 30 Σεπτεμβρίου, τοποθέτηση οριζόντιων μεταλλικών σκιάστρων στην Νότια πλευρά για ηλιοπροστασία και προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης από πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης. Από τις βελτιώσεις αυτές παρατηρήθηκαν τα εξής:

Η αλλαγή των υαλοστάσιων σε Low-e αύξησε τα θερμικά κέρδη από τα παράθυρα κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών μέχρι και 40000 [Watt] ενώ ταυτόχρονα μειώθηκαν και οι απώλειες μέχρι και 15000 [Watt]. Επίσης παρατηρείται ότι με την αλλαγή αυτή η επετεύχθη μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2.02° C στο Αμφιθέατρο, 1.79° C στη Βιβλιοθήκη, 1.05° C στη Γραμματεία (η αύξηση αυτή οφείλεται κυρίως στην αύξηση των θερμοκρασιών των γειτονικών θερμικών ζωνών αφού η γραμματεία διαθέτει ελάχιστα ανοίγματα τα οποία δεν βλέπουν προς την Νότια πλευρά), 2.91° C στην Δυτική πλευρά, 2.13° C στην Ανατολική πλευρά, 2.88° C στην Βόρεια Πλευρά και τέλος 3.02° C στην Νότια πλευρά. Ακόμα, οι ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου μειώθηκαν από 80406.25 [kWh] σε 36238.78 [kWh] για θέρμανση και από 105280.69 [kWh] σε 95637.60 [kWh] για ψύξη. Συνολικά εξοικονομήθηκαν 53810.56 [kWh] δηλαδή όφελος 3900 ευρώ ετησίως.

Στη συνέχεια έγινε βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στους διαδρόμους του Α και Β ορόφου, που κατά την διάρκεια των θερινών μηνών υπερθερμαίνονταν και μεταβίβαζαν την θερμοκρασία τους και στους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου, με αλλαγή των κατακόρυφων περσίδων με οριζόντιων με φωτοβολταϊκά συστήματα. Με την προσθήκη αυτών των ενεργητικών συστημάτων όχι μόνο προστατεύτηκε ένα μέρος του κελύφους του κτιρίου αλλά ταυτόχρονα δημιουργήθηκε και μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας για το κτίριο με παραγωγή 34.61 [kWh] το έτος από κάθε φωτοβολταϊκό και 1808.83 [kWh] για το σύνολο.

Για την μείωση των ψυκτικών φορτίων προτείνεται λειτουργία νυχτερινού δροσισμού με αυτόματους μηχανισμούς κατά τις ώρες 24:00 το βράδυ με 5:00 το πρωί για την περίοδο 30 Μαΐου με 30 Σεπτεμβρίου. Η βελτίωση αυτή θα επιφέρει μείωση των ψυκτικών φορτίων από 95337.60 [kWh] σε 74986.45 [kWh]. Συνολικά εξοικονομήθηκαν 21013.53 [kWh], δηλαδή 1440 ευρώ ετησίως. Επίσης πετύχαμε 1.73° C μείωση στο χώρο του αμφιθεάτρου, 1.93° C στη Βιβλιοθήκη, 1.59° C στη Γραμματεία, 1.64° C στα Δυτικά Εργαστήρια, 1.54° C στα Ανατολικά γραφεία, 1.37° C στα Βορεινά γραφεία και 1.55° C στα Νότια γραφεία.

Ακολούθως, προτείνεται η χρήση μεταλλικών σκιάστρων για την θερμική προστασία του κελύφους στην Νότια πλευρά. Το μήκος του σκιάστρου υπολογίστηκε με βάση τον ηλιακό χάρτη για το γεωγραφικό πλάτος 37° Β. Βρέθηκε ότι για τον σχεδιασμό τους κατάλληλη γωνία είναι αυτή των 60°. Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρείται στα Νότια Γραφεία, περίπου 1.64° C, όπου και το πρόβλημα είναι μεγαλύτερα ενώ στο Αμφιθέατρο η μείωση είναι πολύ μικρή, μόλις 0.92° C λόγω της ανάγκης για φυσικό φωτισμό από την τοποθέτηση των ηλιακών ραφιών. Στους άλλους χώρους έχουμε: στη Βιβλιοθήκη μείωση κατά 1.02° C, στα δυτικά εργαστήρια κατά 1.21° C και στα ανατολικά γραφεία κατά 0.85° C.

Για την προστασία του κελύφους κατά τους χειμερινούς μήνες προτείνεται η προσθήκη εξωτερικής θερμομόνωσης με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης πάχους 6cm στους εξωτερικούς τοίχους του κτιρίου. Με την προσθήκη αυτή ικανοποιούνται ταυτόχρονα και οι ελάχιστες απαιτήσεις των συντελεστών θερμοπερατότητας σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ. Η βελτίωση αυτή οδήγησε στην αύξηση της θερμοκρασίας στο Αμφιθέατρο μέχρι και 1.42 °C, στη Βιβλιοθήκη μέχρι 1.88 °C, στη Γραμματεία μέχρι 1.79 °C, στα δυτικά εργαστήρια μέχρι 1.30 °C, στα Ανατολικά γραφεία μέχρι 1.64 °C, στα Βορεινά γραφεία 1.39 °C και τέλος στα Νότια γραφεία 0.98 °C. Από ενεργειακής πλευράς οι απαιτήσεις μειώθηκαν από 35876.39 [kWh] σε 12437.25 [kWh] για θέρμανση και από 74986.45 [kWh] σε 55132.76 [kWh]. Συνολικά εξοικονομήθηκαν 43292.83 [kWh] δηλαδή 3055 ευρώ ετησίως.

Συνολικά για το κτίριο είχαμε πριν τις βελτιώσεις για θέρμανση 80406.25 [kWh] και για ψύξη 105280.69 [kWh] ενώ μετά τις βελτιώσεις για θέρμανση μόλις 12437.25 [kWh] ενώ για ψύξη 55132.76 [kWh]. Δηλαδή επετεύχθη μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση κατά 85% ενώ για ψύξη κατά 48%. Το ετήσιο όφελος είναι περίπου 8900 ευρώ. Όλες οι λύσεις είναι οικονομικά βιώσιμες αφού η καθαρή παρούσα αξία τους είναι  $NPV > 0$  για κύκλο ζωής του έργου τα 20 χρόνια. Σημειώνεται ότι σε κάποιες περιπτώσεις γίνεται πολύ γρηγορότερα απόσβεση των χρημάτων από τα 20 χρόνια και στη συνέχεια παράγουν έσοδα για το κτίριο ενώ ταυτόχρονα αποτελούν φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Αίθουσα	Είδος φωτιστικού σωματος	Αριθμος φωτιστικών σωμάτων	Watt/φωτιστικό σωμα	kwh/ετος
Υ001	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	119
Υ002	Φθοριου διπλο	6	90	720
Υ003	Φθοριου διπλο	4	90	80
Υ004	Φθοριου διπλο	4	90	0
Υ005	Φθοριου διπλο	4	90	0
Υ006	Φθοριου διπλο	4	90	380
Υ007	Φθοριου διπλο	4	90	160
Υ009	Φθοριου διπλο	4	90	160
Υ014	Φθοριου διπλο	3	90	0
Υ015	Φθοριου διπλο	3	90	120
Υ016	Φθοριου διπλο	5	90	120
Υ023	Φθοριου με ανακλαστηρες	4	90	500
Υ032	Φθοριου με ανακλαστηρες	4	90	480
Υ039	Απλος	2	42	250
Υ40	Απλος	4	42	480
Υ044	Φθοριου διπλο	10	90	3934
Υ47	Φθοριου διπλο	1	90	260
			<b>Σύνολο:</b>	<b>7763</b>

Αίθουσα	Είδος φωτιστικού σώματος	Αριθμός φωτιστικών σωμάτων	Watt/φωτιστικό σώμα	kwh/ετος
I001	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	430
I002	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
I003	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	360
I004	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
I005	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	350
I006	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	350
I007	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	180
I008	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	360
I009	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
I010	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	180
I011	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	420
I012	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	240
I013	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	240
I014	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	1250
I015	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	1100
I016	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	1050
I017	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	400
I018	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	300
I019	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	320
I020	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	400
I021	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	320
I022	Φθοριου διπλο με ανακλαση	8	90	380
I025	Φθοριου διπλο με ανακλαση	8	90	1050
I026	Φθοριου διπλο με ανακλαση	30	90	1800
I027	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	280
I029	Φθοριου διπλο με ανακλαση	11	90	3400
I033	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	300
I034	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	3520
I035	Απλος	3	42	50
I037	Απλος	1	42	40
I041	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	80
I043	Απλος	1	42	300
I039	Φθοριου διπλο με ανακλαση	2	90	180
I040	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	2700
I046	Απλος	2	42	90
I047	Απλος	4	42	190
			<b>Σύνολο:</b>	<b>23510</b>

Αίθουσα	Είδος φωτιστικού σωματος	Αριθμος φωτιστικών σωμάτων	Watt/φωτιστικ ο σωμα	kwh/ετος
101	Φθοριου διπλο με ανακλαση	19	90	550
102	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	120
103	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
104	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	240
105	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	0
106	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	480
107	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
108	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	180
109	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	340
110	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	180
111	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	1000
112	Φθοριου διπλο με ανακλαση	2	90	240
113	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	320
114	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	400
115	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	1020
116	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	700
117	Φθοριου διπλο με ανακλαση	2	90	190
118	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	1000
119	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	240
120	Φθοριου διπλος	4	90	400
121	Φθοριου διπλος	4	90	160
122	Φθοριου διπλος	4	90	400
123	Φθοριου διπλος	4	90	160
124	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	1800
125	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	300
126	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	300
129	Φθοριου διπλο με ανακλαση	19	90	6000
134	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	300
			<b>Σύνολο:</b>	<b>17620</b>

Αίθουσα	Είδος φωτιστικού σωματος	Αριθμος φωτιστικών σωμάτων	Watt/φωτιστικό σωμα	kwh/ετος
201	Φθοριου διπλο με ανακλαση	19	90	550
202	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
203	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
204	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	240
205	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	240
206	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	720
207	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	600
208	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	1200
209	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	600
210	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	360
211	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	600
212	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
213	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
214	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	300
215	Φθοριου διπλο με ανακλαση	5	90	990
216	Φθοριου διπλο με ανακλαση	5	90	600
217	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	950
218	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	240
219	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	720
220	Φθοριου διπλο με ανακλαση	4	90	500
221	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	600
222	Απλος	4	42	75
223	Φθοριου διπλος	4	90	0
224	Φθοριου διπλος	4	90	480
225	Φθοριου διπλο με ανακλαση	8	90	950
226	Απλος	4	42	200
227	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	160
228	Φθοριου διπλο με ανακλαση	19	90	5560
229	Φθοριου διπλο με ανακλαση	9	90	2700
230	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	300
			<b>Σύνολο:</b>	<b>21635</b>

<b>Αίθουσα</b>	<b>Είδος φωτιστικού σωματος</b>	<b>Αριθμος φωτιστικών σωμάτων</b>	<b>Watt/φωτιστικό σωμα</b>	<b>kwh/ετος</b>
301	Φθοριου διπλος	2	90	340
302	Φθοριου διπλος	2	90	200
303	Φθοριου διπλος	2	90	200
306	Φθοριου διπλος	2	90	160
307	Φθοριου διπλος	2	90	80
308	Φθοριου διπλος	2	90	80
309	Φθοριου διπλος	2	90	160
310	Φθοριου διπλος	2	90	80
311	Φθοριου διπλος	2	90	80
312	Φθοριου διπλος	2	90	160
313	Φθοριου διπλος	2	90	80
314	Φθοριου διπλος	2	90	80
315	Φθοριου διπλος	2	90	0
316	Φθοριου διπλος	2	90	200
317	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	600
318	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	280
319	Φθοριου διπλο με ανακλαση	12	90	430
320	Φθοριου διπλο με ανακλαση	6	90	500
321	Φθοριου διπλο με ανακλαση	5	90	120
324	Φθοριου διπλο με ανακλαση	3	90	70
334	Φθοριου διπλο με ανακλαση	1	90	95
337	Φθοριου διπλος	1	90	30
338	Φθοριου διπλος	1	90	50
339	Φθοριου διπλος	2	90	160
Δ2	Φθοριου διπλος	2	90	120
Δ3	Φθοριου διπλος	2	90	120
Δ4	Προβολεας	2	150	1100
			<b>Συνολο</b>	<b>5575</b>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Υπόγειο				
	Αριθμός συσκευών	kW/συσκευή	Ωρες λειτουργίας/ημερα	kWh/ετος
Φρέζα	1	0.3	2	140
PC	52	0.25	4	4125
Τόρνος	1	0.4	3	270
			<b>Συνολο</b>	<b>4535</b>

Ισόγειο				
	Αριθμός συσκευών	kW/συσκευή	Ωρες λειτουργίας/ημερα	kWh/ετος
Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.6	1	160
PC	16	0.25	4	4620
λάιζερ	2	0.25	3	900
Ψυγειο	1	0.06	24	220
			<b>Συνολο</b>	<b>5900</b>

Υπόγειο					
Αιθουσα	Συσκευή	Αριθμός συσκευών	kW/συσκευή	Ωρες λειτουργίας/ημερα	kWh/ετος
Y002	Φρέζα	1	0.35	1	110
Y002	Τόρνος	1	0.40	2	220
Y006	H/Y	2	0.25	3	660
Y015	H/Y	14	0.25	3	2400
Y023	H/Y	3	0.25	3	990
Y032	H/Y	28	0.25	3	5000
				<b>Συνολο</b>	<b>9380</b>

Ισόγειο					
Αιθουσα	Συσκευή	Αριθμός συσκευών	kW/συσκευή	Ωρες λειτουργίας/ημερα	kWh/ετος
I002	H/Y	1	0.25	5	270
I003	H/Y	1	0.25	5	270
I004	H/Y	1	0.25	5	270
I005	H/Y	1	0.25	5	270
I006	H/Y	1	0.25	5	270
I007	H/Y	1	0.25	5	270
I009	H/Y	1	0.25	5	270
I010	H/Y	1	0.25	5	270
I011	Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.60	1	160
I013	H/Y	1	0.25	5	270
I014	H/Y	1	0.25	5	270
I015	H/Y	3	0.25	5	990
I016	Λαίτζερ	1	0.25	3	220
I016	H/Y	1	0.25	5	220
I017	H/Y	1	0.25	5	270
I018	Λαίτζερ	1	0.60	3	220
I018	H/Y	1	0.25	5	270
I019	H/Y	1	0.25	5	270
I020	H/Y	1	0.25	5	270
I021	H/Y	1	0.25	5	270
I025	Ψυγείο	1	0.06	24	280
I025	H/Y	3	0.25	5	270
I037	Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.60	1	160
				<b>Συνολο</b>	<b>6570</b>

Α Οροφος					
Αιθουσα	Συσκευή	Αριθμός συσκευών	kW/συσκευή	Ωρες λειτουργίας/ημερα	kWh/ετος
103	H/Y	1	0.25	5	270
103	Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.60	5	160
104	H/Y	1	0.25	5	270
106	H/Y	1	0.25	5	270
107	H/Y	1	0.25	5	270
109	H/Y	1	0.25	5	270
110	H/Y	1	0.25	5	270
110	H/Y	1	0.25	5	270
112	H/Y	1	0.25	5	270
112	Ψυγείο	1	0.06	24	280
113	H/Y	1	0.25	5	270
114	H/Y	1	0.25	5	270
115	H/Y	1	0.25	5	270
116	H/Y	1	0.25	5	270
117	Φούρνος	1	5.00	2	1500
118	H/Y	1	0.25	5	270
118	H/Y	1	0.25	5	270
118	H/Y	1	0.25	5	270
118	Ψυγείο	1	0.06	24	280
122	H/Y	1	0.25	5	270
123	H/Y	1	0.25	5	270
				<b>Συνολο</b>	<b>6810</b>

<b>Β Οροφος</b>					
<b>Αιθουσα</b>	<b>Συσκευή</b>	<b>Αριθμός συσκευών</b>	<b>kW/συσκευή</b>	<b>Ωρες λειτουργίας/ημερα</b>	<b>kWh/ετος</b>
202	H/Y	1	0.25	5	270
203	H/Y	1	0.25	5	270
203	Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.6	5	160
204	H/Y	1	0.25	5	270
205	H/Y	1	0.25	5	270
206	H/Y	1	0.25	5	270
207	H/Y	1	0.25	5	270
208	H/Y	1	0.25	5	270
209	H/Y	1	0.25	5	270
210	H/Y	1	0.25	5	270
211	H/Y	1	0.25	5	270
212	H/Y	2	0.25	5	270
214	H/Y	1	0.25	5	270
215	H/Y	1	0.25	5	270
216	H/Y	1	0.25	5	270
217	H/Y	1	0.25	5	270
218	H/Y	1	0.25	5	270
219	H/Y	1	0.25	5	270
219	H/Y	1	0.25	5	270
220	H/Y	1	0.25	5	270
221	H/Y	1	0.25	5	270
224	H/Y	1	0.25	5	270
225	H/Y	1	0.25	5	270
232	Εκπαιδευτικά οργανα	1	0.06	24	600
232	H/Y	1	0.25	5	270
				<b>Συνολο</b>	<b>6970</b>

<b>Γ Οροφος</b>					
<b>Αιθουσα</b>	<b>Συσκευή</b>	<b>Αριθμός συσκευών</b>	<b>kW/συσκευή</b>	<b>Ωρες λειτουργίας/ημερα</b>	<b>kWh/ετος</b>
301	H/Y	1	0.25	5	270
302	H/Y	1	0.25	5	270
303	Δικτυακός εκτυπωτής	1	0.60	5	160
303	H/Y	1	0.25	5	270
306	H/Y	1	0.25	5	270
308	H/Y	1	0.25	5	270
311	H/Y	1	0.25	5	270
313	H/Y	1	0.25	5	270
314	H/Y	1	0.25	5	270
317	H/Y	1	0.25	5	270
318	H/Y	1	0.25	5	270
320	H/Y	1	0.25	5	270
321	H/Y	1	0.25	5	270
				<b>Συνολο</b>	<b>3400</b>

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

<u>Ισογείο</u>	
001	Εκπαιδευτικό εργαστήριο φυσικής
002	Ερευνητικό εργαστήριο Laser και εφαρμογές
003	Ερευνητικό εργαστήριο Laser και εφαρμογές
004	Γραφείο
005	Γραφείο
006	Γραφείο
007	Εργαστήριο φωτοαντανεκλαστικότητας και ελλειψομετρίας
008	Ερευνητικό εργαστήριο
009	Γραφείο
010	Γραφείο Μεταπτυχιακών
011	Γραφείο Μεταπτυχιακών
012	Γραφείο Μεταπτυχιακών
013	Γραφείο
014	Γραφείο
015	Ερευνητικό εργαστήριο Laser και εφαρμογές
016	Ερευνητικό εργαστήριο Laser και εφαρμογές
017	Εργαστήριο οπτικής φασματοσκοπίας
018	Ερευνητικό εργαστήριο -AFM
019	Γραφείο Μεταπτυχιακών
020	Γραφείο
021	Γραφείο
022	Αίθουσα συνεδριάσεων και σεμιναρίων
023	
024	Θυρωρείο
025	Γραμματεία τομέα φυσικής
026	Αμφ. Φυσικής
027	Αίθουσα συνεδριάσεων

<b><u>1ος Οροφος</u></b>	
101	Εκπαιδευτικο εργαστηριο φυσικης
102	Εκπαιδευτικο εργαστηριο
103	Γραφειο
104	Γραφειο
105	Γραφειο
106	Ερευνητικο εργαστηριο θερμοφωταυγειας
107	Γραφειο
108	Αιθουσα συσκευων
109	Γραφειο
110	Γραφειο Μεταπτυχιακων
111	Ερευνητικο εργαστηριο θερμοφωταυγειας και εξωηλεκτρονικης εκπομπης
112	Γραφειο
113	Γραφειο
114	Γραφειο
115	Ερευνητικο εργαστηριο διηλεκτρικης φασματοσκοπιας
116	Γραφειο Μεταπτυχιακων
117	Καθαρος χωρος-Clean Room
118	Γραφειο Μεταπτυχιακων
119	Γραφειο
120	Γραφειο
121	Γραφειο
122	Γραφειο
123	Γραφειο

<b><u>2ος Οροφος</u></b>	
201	Εκπαιδευτικο εργαστηριο φυσικης
202	Γραφειο
203	Γραφειο
204	Ερευνητικο εργαστηριο υψηλων ενεργειακων αιθουσων ηλ.υπολογιστων
205	Γραφειο
206	Γραφειο
207	Γραφειο
208	Γραφειο
209	Γραφειο
210	Γραφειο
211	Γραφειο
212	Αιθουσα Ηλ.Υπολογιστων εργ. Πυρηνικης φυσικης
213	Γραφειο
214	Γραφειο
215	Γραφειο Μεταπτυχιακων
216	Γραφειο
217	Γραφειο
218	Γραφειο Μεταπτυχιακων
219	Εργαστηριο πειραματικης φυσικης υψ. Ενεργειων
220	Γραφειο
221	Γραφειο Μεταπτυχιακων
222	Γραφειο
223	Γραφειο
224	Γραφειο
225	Γραφειο
226	Γραφειο Μεταπτυχιακων

<b>3ος Οροφος</b>	
301	Γραφειο
302	Γραφειο
303	Γραφειο
304	Γραφειο Μεταπτυχιακων
305	Γραφειο Μεταπτυχιακων
306	Γραφειο εσωτερικων συνεργατων
307	Γραφειο Μεταπτυχιακων
308	Γραφειο Μεταπτυχιακων
309	Γραφειο Μεταπτυχιακων
310	Γραφειο
311	Γραφειο
312	Γραφειο
313	Γραφειο
314	Γραφειο
315	Γραφειο
316	Γραφειο
317	Γραφειο
318	Γραφειο
319	Αιθουσα σεμιναριων
320	Γραφειο εσωτερικων συνεργατων
321	Γραφειο

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Κατανάλωση συστημάτων splits για ψύξη (Παλαιά πτέρυγα)						
Αιθουσα	Αριθμός σωμάτων		kW/Σώμα	Ωρες λειτουργίας/μέρα	Ημέρες λειτουργίας	kWh/ετος
Y023	1		0.80	10	100	800
Y032	1		2.20	10	100	2200
I001	1		2.20	10	100	2200
I002	1		0.80	10	100	800
I003	1		0.80	10	100	800
I004	1		0.80	10	100	800
I005	1		0.80	10	100	800
I006	1		0.80	10	100	800
I007	1		0.80	10	100	800
I008	1		0.80	10	100	800
I009	1		0.80	10	100	800
I010	1		0.80	10	100	800
I011	1		0.80	10	100	800
I012	1		0.80	10	100	800
I013	1		0.80	10	100	800
I014	1		0.80	10	100	800
I015	1		0.80	10	100	800
I016	1		0.80	10	100	800
I017	1		0.80	10	100	800
I018	1		0.80	10	100	800
I019	1		0.80	10	100	800
I020	1		0.80	10	100	800
I021	1		0.80	10	100	800
I022	1		0.80	10	100	800
I023	1		0.80	10	100	800
I024	1		0.80	10	100	800
I025	1		1.00	10	100	1000
101	1		2.20	10	100	2200
102	1		0.80	10	100	800
103	1		0.80	10	100	800
104	1		0.80	10	100	800
105	1		0.80	10	100	800
106	2		0.80	10	100	1600
107	1		0.80	10	100	800
108	1		0.80	10	100	800
109	1		0.80	10	100	800
110	1		0.80	10	100	800



111	1		0.80	10	100	800
112	1		0.80	10	100	800
121	1		0.80	10	100	800
122	1		0.80	10	100	800
201	1		2.20	10	100	2200
202	2		0.80	10	100	1600
203	1		0.80	10	100	800
205	1		0.80	10	100	800
206	1		0.80	10	100	800
207	1		0.80	10	100	800
208	1		0.80	10	100	800
209	1		0.80	10	100	800
210	1		0.80	10	100	800
211	1		1.00	10	100	1000
212	1		1.00	10	100	1000
213	1		0.80	10	100	800
214	1		0.80	10	100	800
222	1		0.80	10	100	800
223	1		0.80	10	100	800
224	1		0.80	10	100	800
225	1		1.00	10	100	1000
301	1		0.80	10	100	800
302	1		0.80	10	100	800
303	1		0.80	10	100	800
306	1		0.80	10	100	800
307	1		0.80	10	100	800
308	1		0.80	10	100	800
311	1		0.80	10	100	800
312	1		0.80	10	100	800
313	1		0.80	10	100	800
314	1		0.80	10	100	800
316	1		0.80	10	100	800
					<b>Σύνολο:</b>	<b>63200</b>

**Κατανάλωση συστημάτων Fan Coil από Κεντρική κλιματιστική μονάδα για ψύξη με ρεύμα (Καινούργια πτέρυγα)**

Αιθουσα	Αριθμός σωμάτων	Kcal/hr	kW/Σώμα	Ωρες λειτουργίας/μέρα	Ημέρες λειτουργίας	kWh/ετος
I015	2	300	0.34	10	100	680
I016	1	300	0.34	10	100	340
I017	2	300	0.34	10	100	680
I018	1	300	0.34	10	100	340
113	1	300	0.34	10	100	340
114	1	300	0.34	10	100	340
115	1	300	0.34	10	100	340
116	1	300	0.34	10	100	340
117	1	300	0.34	10	100	340
118	1	300	0.34	10	100	340
215	1	300	0.34	10	100	340
216	1	300	0.34	10	100	340
217	1	300	0.34	10	100	340
218	1	300	0.34	10	100	340
317	1	300	0.34	10	100	340
318	1	300	0.34	10	100	340
319	1	300	0.34	10	100	340
320	1	300	0.34	10	100	340
321	1	300	0.34	10	100	340
<b>Σύνολο</b>						<b>7140</b>

**Κατανάλωση συστημάτων splits για θέρμανση (Παλαιά πτέρυγα)**

Αιθουσα	Αριθμός σωμάτων		kW/Σώμα	Ωρες λειτουργίας/μέρα	Ημέρες λειτουργίας	kWh/ετος
210	1		0.75	12	150	1350
215	1		0.75	12	150	1350
301	1		0.75	12	150	1350
302	1		0.75	12	150	1350
303	1		0.75	12	150	1350
306	1		0.75	12	150	1350
307	1		0.75	12	150	1350
308	1		0.75	12	150	1350
311	1		0.75	12	150	1350
312	1		0.75	12	150	1350
313	1		0.75	12	150	1350
314	1		0.75	12	150	1350

316	1		0.75	12	150	1350
					<b>Σύνολο:</b>	<b>17550</b>

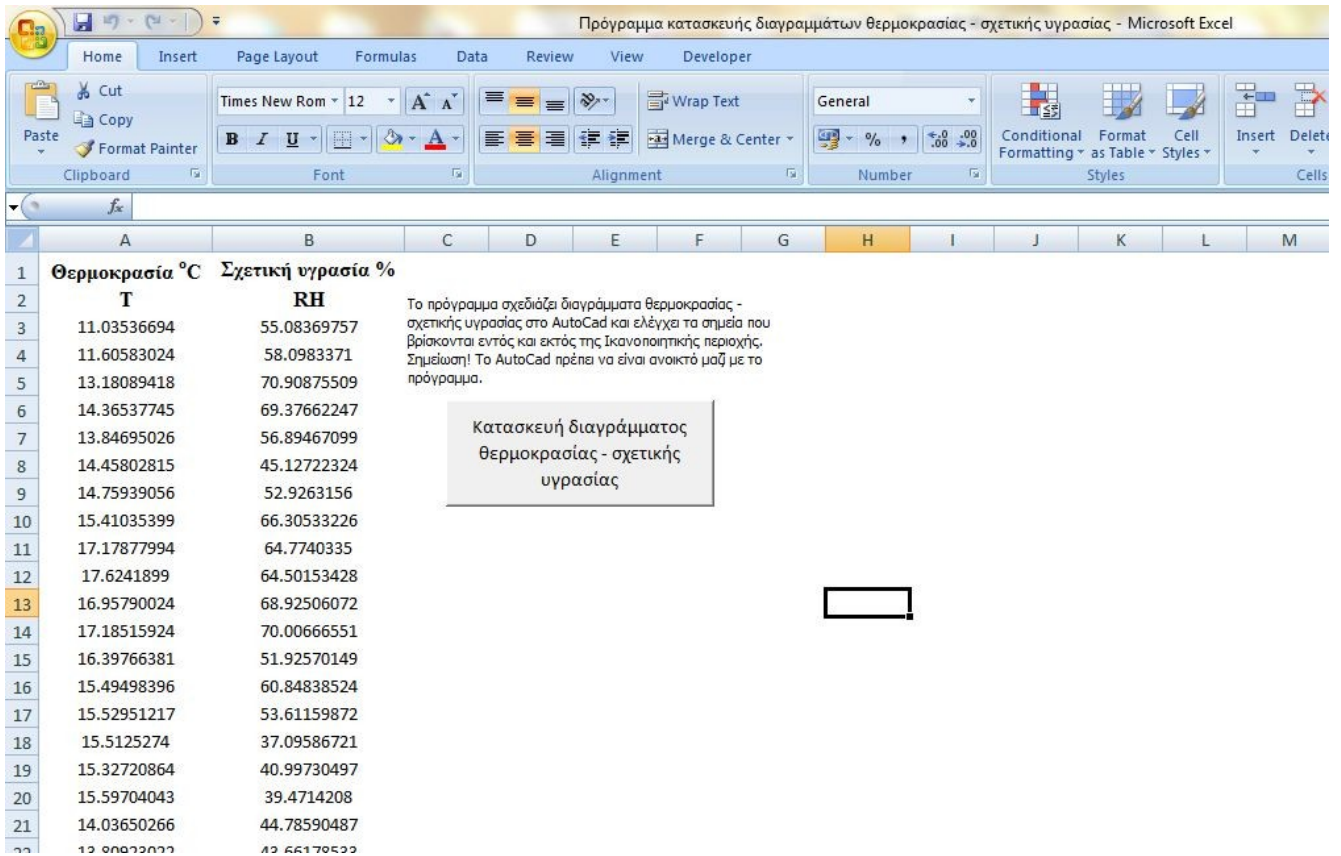
<b>Κατανάλωση συστημάτων Fan Coil από Κεντρική κλιματιστική μονάδα για θέρμανση με ρεύμα (Καινούργια πτέρυγα)</b>						
<b>Αιθουσα</b>	<b>Αριθμός σωματίων</b>		<b>kW/Σώμα</b>	<b>Ωρες λειτουργίας/μέρα</b>	<b>Ημέρες λειτουργίας</b>	<b>kWh/ετος</b>
I015	2		0.30	12	160	1152
I016	1		0.30	12	160	576
I017	2		0.30	12	160	1152
I018	1		0.30	12	160	576
113	1		0.30	12	160	576
114	1		0.30	12	160	576
115	1		0.30	12	160	576
116	1		0.30	12	160	576
117	1		0.30	12	160	576
118	1		0.30	12	160	576
215	1		0.30	12	160	576
216	1		0.30	12	160	576
217	1		0.30	12	160	576
218	1		0.30	12	160	576
317	1		0.30	12	160	576
318	1		0.30	12	160	576
319	1		0.30	12	160	576
320	1		0.30	12	160	576
321	1		0.30	12	160	576
					<b>Σύνολο</b>	<b>12096</b>

<b>Κατανάλωση συστημάτων Fan Coil από Κεντρική κλιματιστική μονάδα για θέρμανση με φυσικό αέριο (Παλαιά πτέρυγα)</b>						
<b>Αιθουσα</b>	<b>Αριθμός σωματίων</b>	<b>Kcal/hr</b>	<b>kW/Σώμα</b>	<b>Ωρες λειτουργίας/μέρα</b>	<b>Ημέρες λειτουργίας</b>	<b>kWh/ετος</b>
I001	2	300	0.34	12	160	1305.6
I003	1	300	0.34	12	160	652.8
I005	1	300	0.34	12	160	652.8
I006	1	300	0.34	12	160	652.8
I007	1	300	0.34	12	160	652.8
I009	1	300	0.34	12	160	652.8
I013	1	300	0.34	12	160	652.8

I014	1	300	0.34	12	160	652.8
I019	1	300	0.34	12	160	652.8
I013	1	300	0.34	12	160	652.8
I014	1	300	0.34	12	160	652.8
I019	1	300	0.34	12	160	652.8
I020	1	300	0.34	12	160	652.8
I022	1	300	0.34	12	160	652.8
I025	1	300	0.34	12	160	652.8
101	1	300	0.34	12	160	652.8
102	1	300	0.34	12	160	652.8
103	1	300	0.34	12	160	652.8
104	1	300	0.34	12	160	652.8
106	1	300	0.34	12	160	652.8
108	1	300	0.34	12	160	652.8
109	1	300	0.34	12	160	652.8
111	1	300	0.34	12	160	652.8
112	1	300	0.34	12	160	652.8
122	1	300	0.34	12	160	652.8
123	1	300	0.34	12	160	652.8
201	1	300	0.34	12	160	652.8
202	1	300	0.34	12	160	652.8
203	1	300	0.34	12	160	652.8
205	1	300	0.34	12	160	652.8
206	1	300	0.34	12	160	652.8
207	1	300	0.34	12	160	652.8
208	1	300	0.34	12	160	652.8
209	1	300	0.34	12	160	652.8
211	1	300	0.34	12	160	652.8
212	1	300	0.34	12	160	652.8
213	1	300	0.34	12	160	652.8
214	1	300	0.34	12	160	652.8
222	1	300	0.34	12	160	652.8
224	1	300	0.34	12	160	652.8
225	1	300	0.34	12	160	652.8
301	1	300	0.34	12	160	652.8
302	1	300	0.34	12	160	652.8
303	1	300	0.34	12	160	652.8
306	1	300	0.34	12	160	652.8
307	1	300	0.34	12	160	652.8
308	1	300	0.34	12	160	652.8
311	1	300	0.34	12	160	652.8
					<b>Σύνολο</b>	<b>31987.2</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

Η μορφή του προγράμματος για την κατασκευή των διαγραμμάτων θερμοκρασίας και υγρασίας φαίνεται παρακάτω. Το πρόγραμμα αποτελεί συνδυασμό γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic, λογιστικού φύλλου Microsoft Excel 2007 και του προγράμματος σχεδίασης AutoCad.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>Θερμοκρασία °C</b>	<b>Σχετική υγρασία %</b>											
2	<b>T</b>	<b>RH</b>											
3	11.03536694	55.08369757											
4	11.60583024	58.0983371											
5	13.18089418	70.90875509											
6	14.36537745	69.37662247											
7	13.84695026	56.89467099											
8	14.45802815	45.12722324											
9	14.75939056	52.9263156											
10	15.41035399	66.30533226											
11	17.17877994	64.7740335											
12	17.6241899	64.50153428											
13	16.95790024	68.92506072											
14	17.18515924	70.00666551											
15	16.39766381	51.92570149											
16	15.49498396	60.84838524											
17	15.52951217	53.61159872											
18	15.5125274	37.09586721											
19	15.32720864	40.99730497											
20	15.59704043	39.4714208											
21	14.03650266	44.78590487											
22	13.99833022	42.66170522											

Παρακάτω φαίνεται ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος:

`Public AcadApp As Object`

`Public AcadDoc As Object`

`Public moSpace As Object`

`Public paSpace As Object`

`Public TextObj As Object`

`Public LineObj As Object`

`Public plineObj As Object`

`Public circleobj As Object`

`Public TextStyle As Object`

`Public LayerObj As Object`

```

Public dimObj As Object

Sub AcadConnect()
On Error Resume Next
Set AcadApp = GetObject( "Autocad.Application")
If Err Then
    Err.Clear
    Set AcadApp = CreateObject("Autocad.Application")
    AcadApp.Visible = True
    If Err Then
        MsgBox Err.Description
        Exit Sub
    End If
End If
End Sub

Sub AcadClose()
    Set AcadApp = Nothing
End Sub

Sub AcadLine(xs As Double, ys As Double, xe As Double, ye As Double, LayerName As String)
    Dim sp(0 To 2) As Double
    Dim ep(0 To 2) As Double
    sp(0) = xs
    sp(1) = ys
    sp(2) = 0#
    ep(0) = xe
    ep(1) = ye
    ep(2) = 0#

```

```
Set LineObj = AcadApp.ActiveDocument.ModelSpace.AddLine(sp, ep)
```

```
LineObj.Layer = LayerName
```

```
End Sub
```

```
Sub AcadText(xp, yp, h, Angle, LayerName, txt)
```

```
Dim pp(0 To 2) As Double
```

```
pp(0) = xp: pp(1) = yp: pp(2) = 0#
```

```
Set TextObj = AcadApp.ActiveDocument.ModelSpace.AddText(txt, pp, h)
```

```
TextObj.Rotation = Angle
```

```
TextObj.Layer = LayerName
```

```
End Sub
```

```
Sub AcadNewLayer(LayerName As String, LayerClr%)
```

```
Set LayerObj = AcadApp.ActiveDocument.Layers.Add(LayerName)
```

```
LayerObj.Color = LayerClr%
```

```
End Sub
```

```
Sub AcadCircle(xc As Double, yc As Double, R As Double, LayerName)
```

```
Dim cp(0 To 2) As Double
```

```
cp(0) = xc: cp(1) = yc: cp(2) = 0#
```

```
Radius# = R
```

```
Set circleobj = AcadApp.ActiveDocument.ModelSpace.AddCircle(cp, Radius#)
```

```
circleobj.Layer = LayerName
```

```
End Sub
```

```
Sub AcadPoint(xc As Double, yc As Double, LayerName)
```

```
Dim cp(0 To 2) As Double
```

```
cp(0) = xc: cp(1) = yc: cp(2) = 0#
```

```
Set pointobj = AcadApp.ActiveDocument.ModelSpace.AddPoint(cp)
```

```
pointobj.Layer = LayerName
```

End Sub

Sub AcadZoomExtents()

AcadApp.ZoomExtents

End Sub

Sub diagramma()

AcadConnect

AcadNewLayer "Perigramma", 1

AcadNewLayer "Perigramma2", 2

AcadNewLayer "Perigramma3", 3

Worksheets("Diagram").Activate

Dim i As Integer

For i = 3 To 367

AcadPoint Cells(i, 1), Cells(i, 2), "Perigramma"

Next

AcadLine 20, 20, 25.8, 19, "Perigramma2"

AcadLine 25.8, 19, 26.8, 30, "Perigramma2"

AcadLine 26.8, 30, 25, 60, "Perigramma2"

AcadLine 25, 60, 20.8, 80, "Perigramma2"

AcadLine 20.5, 80, 17, 87, "Perigramma2"

AcadLine 17, 87, 16, 75, "Perigramma2"

AcadLine 16, 75, 17, 35, "Perigramma2"

AcadLine 17, 35, 20, 20, "Perigramma2"

AcadLine 19, 39, 24.3, 31, "Perigramma3"

AcadLine 24.3, 31, 22, 69, "Perigramma3"

AcadLine 22, 69, 16.8, 75, "Perigramma3"

AcadLine 16.8, 75, 19, 39, "Perigramma3"

AcadZoomExtents







Απαράδεκτες

Ικανοποιητικές

5.Υπαρχουν καπνιστές στο άμεσο εργασιακό σας περιβάλλον; ΝΑΙ  ΟΧΙ

6.Σχολια για αλλά θέματα σχετικά με το εργασιακό σας περιβάλλον

.....  
.....

#### Δ.ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ

1. Έχετε προβλήματα άσθματος; ΝΑΙ  ΟΧΙ

2. Έχετε υποφέρει ποτέ από έκζεμα; ΝΑΙ  ΟΧΙ

3. Έχετε υποφέρει ποτέ από αλλεργίες; ΝΑΙ  ΟΧΙ

4. Είστε καπνιστής; ΝΑΙ  Καπνίζετε σ' αυτό το δωμάτιο; ΝΑΙ  ΟΧΙ

ΟΧΙ  Έχετε καπνίσει κανονικά στο παρελθόν; ΝΑΙ  ΟΧΙ

# ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 Αζαρλη, Κ. 'Τεχνικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού', Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2009
- 2 Πουλάκος, Γ.Ι. -Κορωναίος, Αιμ. Γ., "Τεχνικά Υλικά Τόμος 1", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
- 3 Πουλάκος, Γ.Ι. -Κορωναίος, Αιμ. Γ., "Τεχνικά Υλικά Τόμος 2", Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2005
- 4 Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, "Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων", Α' Έκδοση, Αθήνα 2011
- 5 Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-2/2010, "Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομόνωτικότητας κτιρίων", Α' Έκδοση, Αθήνα 2010
- 6 Τ.Ο.ΤΕΕ 20701-3/2010, "Κλιματικά δεδομένα Ελληνικών περιοχών", Α' Έκδοση, Αθήνα 2011
- 7 Τσιπέρα, Κ., "Οικολογική Αρχιτεκτονική", Εκδόσεις Κέρδος", Αθήνα 2005
- 8 Υλη & Κτίριο (περιοδικό), "Το Ενεργειακό κτίριο", Απρίλιος 2001
- 9 Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΚΑΠΕ), "Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και εφαρμογές στην Ελλάδα", Εκδόσεις ΚΑΠΕ
- 10 Goulding, John R., "Ενεργειακός σχεδιασμός", Εκδόσεις Μαλλίαρης Παιδεία
- 11 Δενδρινού Μ. "Βιοκλιματικές επεμβάσεις σε υπάρχοντα κελύφη", Διάλεξη Ε.Μ.Π 2005
- 12 Κοντορούπης, Γ.Μ., "Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων", Αθήνα 2005
- 13 **Εισαγωγή στην ενεργειακή τεχνολογία**, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2009
- 14 Κωτσιανας, Φρ., "Θερμική άνεση και εξοικονόμηση ενέργειας: Ηλιακά σπίτια, Ηλιακή Θέρμανση", Εκδόσεις Κέρδος, Αθήνα 2005
- 15 Διπλωματική εργασία: Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Χριστοδούλου Γεωργία, Αθήνα 2010

## Αναφορές από Ιστότοπους του διαδικτύου

- [1] <http://www.technologystudent.com/energy1/wind8.htm>
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine)
- [3] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_windmill.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_windmill.htm)
- [4] <http://windeis.anl.gov/guide/basics/index.cfm>
- [5] <http://www.capital.gr/news.asp?id=473367>
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power)
- [7] <http://www.physics4u.gr/energy/sunenergy.html>

- [8] <http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>
- [9] [www.parelionsolar.gr](http://www.parelionsolar.gr)
- [10] [http://greenenergyplus.blogspot.gr/2011/10/blog-post\\_2163.html](http://greenenergyplus.blogspot.gr/2011/10/blog-post_2163.html)
- [11] <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/alternative/geothermal.htm>
- [12] [http://www.garyfallidou.org/elec\\_prod/gr\\_geothermy\\_environmental.html](http://www.garyfallidou.org/elec_prod/gr_geothermy_environmental.html)
- [13] [http://4epohes.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=898:h----&catid=36:2009-04-10-20-26-5](http://4epohes.com/index.php?option=com_content&view=article&id=898:h----&catid=36:2009-04-10-20-26-5)
- [14] <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>
- [15] [http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass\\_guide.pdf](http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf)
- [16] [http://landwaterwind.blogspot.gr/2010/12/blog-post\\_4320.html](http://landwaterwind.blogspot.gr/2010/12/blog-post_4320.html)
- [17] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_biomass.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_biomass.htm)
- [18] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_passive.htm'](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_passive.htm)
- [19] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic.htm)
- [20] <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- [21] <http://www.zerman.gr/passive-solar-heating-systems>
- [22] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_ameso\\_kerdos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_ameso_kerdos.htm)
- [23] [http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher7\\_9.html](http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher7_9.html)
- [24] [http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika\\_Hliaka\\_Systimata.pdf](http://www.ecoarchitects.gr/images/FINAL/Pathitika_Hliaka_Systimata.pdf)
- [25] <http://medilab.pme.duth.gr/Tzika.pdf>
- [26] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermansis/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermansis/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos.htm)
- [27] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_iliakos\\_xoros.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliakos_xoros.htm)
- [28] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/pathitika\\_iliaka\\_systimata\\_emmeso\\_kerdos\\_iliako\\_aithrio.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/pathitika_iliaka_systimata_emmeso_kerdos_iliako_aithrio.htm)
- [29] <http://www.aluminium.gr/pdf/pdf-DOMHSH/06/56.pdf>
- [30] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_drosismos.htm)
- [31] <http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-B-03.pdf>
- [32] [http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1\\_41/df-b-aerismos.pdf](http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/df-b-aerismos.pdf)
- [33] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_ybridikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm)

- [34] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exanagkasmenos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exanagkasmenos.htm)
- [35] [http://www.arch.auth.gr/uploads/media/drosismos\\_03\\_EDAFOS-exot-xoroi.pdf](http://www.arch.auth.gr/uploads/media/drosismos_03_EDAFOS-exot-xoroi.pdf)
- [36] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exatmistikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm)
- [37] <http://www.arch.auth.gr/uploads/media/HLIASMOS.pdf>
- [38] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm)
- [39] [http://www.cres.gr/kape/energeia\\_politis/energeia\\_politis\\_bioclimatic\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_bioclimatic_fotismos.htm)
- [40] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_fotismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos.htm)
- [41] [http://library.tee.gr/digital/books\\_notee/book\\_60757/book\\_60757\\_tzanakaki.pdf](http://library.tee.gr/digital/books_notee/book_60757/book_60757_tzanakaki.pdf)
- [42] [http://www.cres.gr/kape/Prodiagrafes\\_fytemenon\\_domaton.pdf](http://www.cres.gr/kape/Prodiagrafes_fytemenon_domaton.pdf)
- [43] <http://www.prasinistegi.gr/cms/prasinessteges.html>
- [44] <http://www.monumenta.org/article.php?IssueID=2&lang=gr&CategoryID=3&ArticleID=89>
- [45] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonomosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonomosi.htm)
- [46] [http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/thermomonomosi.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/thermomonomosi.htm)
- [47] [http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm)
- [48] [http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m\\_santamouris.htm](http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm)
- [49] <http://www.engineeringtoolbox.com>
- [50] <http://www.designbuilder.co.uk>
- [51] <http://www.physics.ntua.gr/>
- [52] <http://www.arca53.dsl.pipex.com>
- [53] <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/IAxBE4.pdf>
- [54] <http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=GUID>
- [55] <http://www.ergotzet.gr>

