



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Δομοστατικής

ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Σχολής Πολ. Μηχ. Ε.Μ.Π. Ζωγράφου



Διπλωματική Εργασία

ΜΑΚΡΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΜΑΡΑΓΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπων

Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Τομέας Δομοστατικής

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ**

Σχολής Πολ. Μηχ. Ε.Μ.Π. Ζωγράφου

Διπλωματική Εργασία
ΜΑΚΡΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΜΑΡΑΓΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπων: Τζουβαδάκης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2016

Copyright © Μακράκης Εμμανουήλ, Μαραγκός Γεώργιος, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, 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 στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Makrakis Emmanouil, Maragkos Georgios, 2016

All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε, πρωτίστως, να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, Επίκουρο Καθηγητή του τομέα Δομοστατικής της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, για την ανάθεση και επίβλεψη της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η βοήθεια, η καθοδήγηση και η υποστήριξη που μας παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας, ήταν πολύτιμη και καθοριστική.

Ακόμα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και τον Δρ. Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Λιγνό Ξενοφών και τον κύριο Κατσατσίδα Στυλιανό, Μηχανολόγο Μηχανικό Τ. Ε. για την πολύτιμη βοήθεια που παρείχαν για την κατανόηση του Εργαστηρίου των Μεταλλικών Κατασκευών.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους κύριο Θωμά Γιαννακόπουλο, Μηχανολόγο Μηχανικό, για τη βοήθεια που μας παρείχε στο μηχανολογικό κομμάτι της παρούσας διπλωματικής, και την Αρχιτέκτονα Μηχανικό και υποψήφια διδάκτωρ Αρχιτεκτονικής Αφροδίτη Μαραγκού για την συμβολή της στη διαμόρφωση του βιβλίου της διπλωματικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η ενεργειακή αναβάθμιση του Εργαστηρίου των Μεταλλικών Κατασκευών, στην περιοχή της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Για τον σκοπό αυτό, γίνεται εκτενής αναφορά στο Βιοκλιματικό Σχεδιασμό και τις βασικές αρχές του, καθώς και στα παθητικά και ενεργητικά ηλιακά συστήματα. Στο πλαίσιο αυτής της μελέτης, καταγράφεται η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου, καθώς και η θερμική, οπτική άνεση των χρηστών του. Γίνεται προσομοίωση του κτιρίου με τη χρήση του προγράμματος Google sketch up και μέσω του λογισμικού Open studio. Στη συνέχεια, με τη χρήση του ενεργειακού προγράμματος Energy plus πραγματοποιείται η ενεργειακή ανάλυσή του και εξάγονται συμπεράσματα για την ενεργειακή του απόδοση. Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου, οι οποίες προσομοιώνονται μέσω των ίδιων προγραμμάτων και αξιολογείται η αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων λύσεων.

ABSTRACT

This thesis discusses the energy retrofitting process of the **Institute of Steel Structures** building complex, located in the campus of the National Technical University of Athens in Zografou. For this purpose, extensive reference to bioclimatic design and its basic principles, as well as to passive and active solar systems, is made. Within the context of this study, the existing energy performance of the building as well as the thermal and visual comfort of its users is recorded. The building was modeled with the use of software "Google SketchUp" and "Open Studio". Subsequently, thermal analysis of the building is conducted and conclusions about its energy efficiency are drawn using the program "Energy Plus". Finally, suggestions about the energy upgrade of the building, simulated by the same software, are given and the efficiency of the proposed solutions is evaluated.

Περιεχόμενα

1	ΕΝΕΡΓΕΙΑ	2
1.1	Ο ρόλος του ενεργειακού σχεδιασμού	2
1.2	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	3
1.2.1	Αιολική ενέργεια	3
1.2.2	Ηλιακή ενέργεια	4
1.2.3	Βιομάζα	4
1.2.4	Γεωθερμική ενέργεια	5
	(α) Οριζόντια Τοποθέτηση	
	(β) Κάθετη Τοποθέτηση	6
	Εικ. 1.2 Τρόποι τοποθέτησης αντλιών γεωθερμίας	6
1.2.5	Υδραυλική ενέργεια	7
1.2.6	Ενέργεια των ωκεανών	7
1.3	Η έννοια του θερμικού ισοζυγίου	10
2	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	9
2.1	Γενικά	9
2.2	Περιβαλλοντικοί παράμετροι	10
2.3	Τοπική θερμική δυσφορία	12
3	ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	13
3.1	Γενικά	13
3.2	Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κατασκευή ενός κτιρίου	15
4	ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	17
4.1	Ενεργητικά και παθητικά συστήματα	17
4.2	Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων	18
4.3	Υλικά παθητικών συστημάτων	19
4.3.1	Διαφανή υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας	19
4.3.2	Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας	20
4.4	Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης	20
4.4.1	Συστήματα άμεσου κέρδους	20

4.4.2	Συστήματα έμμεσου κέρδους.....	23
4.4.3	Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους	26
4.5	Συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού	26
4.5.1	Φυσικός αερισμός.....	26
4.5.2	Υβριδικός αερισμός.....	30
4.5.3	Ηλιοπροστασία.....	30
4.6	Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού	34
5	ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	36
5.1	Ηλιακοί συλλέκτες.....	36
5.2	Συστήματα υψηλής θερμοκρασίας.....	37
5.3	Ηλιακά συστήματα αέρος.....	37
5.4	Φωτοβολταϊκά συστήματα	38
6	ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	39
6.1	Εισαγωγή	39
6.2	Γενικά στοιχεία του κτιρίου του τομέα των Μεταλλικών Κατασκευών.....	40
6.3	Περιγραφή των χώρων του κτιρίου	40
6.4	Βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτηρίου.....	45
6.5	Βασικά προβλήματα του κτιρίου	45
7	ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	47
7.1	Γενική περιγραφή των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν	47
7.2	Σχεδιασμός κτιρίου στο SketchUp	50
7.3	Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του EnergyPlus.....	55
7.3.1	Simulation Parameters.....	55
7.3.2	Location and Climate	56
7.3.3	Schedules.....	57
7.3.4	Surface Construction Elements	59
7.3.5	Thermal Zones and Surfaces	61
7.3.6	Internal Gains	63
7.3.7	Zone Airflow	65
7.3.8	HVAC Templates	67

8	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ	69
8.1	Εισαγωγή	69
8.2	Μέση ημερήσια θερμοκρασία σε κάθε θερμική ζώνη	70
8.3	Εσωτερικά θερμικά κέρδη	73
8.4	Θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω παραθύρων.....	75
8.5	Θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω του φυσικού αερισμού.....	76
8.6	Κατανάλωση ενέργειας από το θερμοστάτη	77
9	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	79
9.1	Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού	79
9.2	Πλήρωση των κενών των ενώσεων των πάνελ με διογκωμένη πολυουρεθάνη	84
9.3	Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)	90
9.4	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας LED	94
9.5	Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του κτιρίου	99
9.6	Αξιολόγηση των επεμβάσεων	110
9.6.1	Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού	111
9.6.2	Πλήρωση των ενώσεων των πάνελ με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης.....	111
9.6.3	Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)	112
9.6.4	Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας LED.....	112
9.6.5	Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του κτιρίου	112
9.7	Εναλλακτικοί συνδυασμοί επεμβάσεων	113
9.7.1	Σενάριο Α	113
9.7.2	Σενάριο Β	114
9.8	Τελική πρόταση	115
10	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	117
11	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	119
11.1	Εισαγωγή	119
11.2	Θερμική άνεση.	119
11.3	Συνθήκες οπτικής άνεσης	120
11.4	Ποιότητα αέρα	120

1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ

1.1 Ο ρόλος του ενεργειακού σχεδιασμού

Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται βάσει αρχών και προδιαγραφών ώστε αφενός να εξοικονομούν ενέργεια για τη θέρμανση και την ψύξη τους (μείωση θερμικού και ψυκτικού φορτίου) και αφετέρου να εκμεταλλεύονται τις ήπιες μορφές ενέργειας, για την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού τους φορτίου με σύγχρονο στόχο να επιτυγχάνεται και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος.

Ο όρος «ενεργειακός σχεδιασμός» ή «βιοκλιματικός σχεδιασμός» ή «ηλιακή αρχιτεκτονική» αναφέρεται στο σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσώκλιμα που να παρέχει με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες.

Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων αποτελεί ένα σημαντικό μέρος της φυσικής τους διάστασης και είναι εξίσου σημαντική παράμετρος για το σχεδιασμό τους, όπως είναι και η αισθητική, η οικονομική και η λειτουργική παράμετρος. Η λειτουργικότητα, η αισθητική και η φυσική του κτιρίου θα πρέπει να είναι σε ισορροπία, αλλιώς η αρχιτεκτονική του κτιρίου είναι ελλιπής. Κατά συνέπεια ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων είναι ισότιμος και αλληλένδετος με τα υπόλοιπα κριτήρια και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να αγνοηθεί. Ωστόσο, από κοινωνικής απόψεως αυτά τα κριτήρια έχουν διαφορετική βαρύτητα ανά εποχή στη χώρα μας.

1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.2.1 Αιολική ενέργεια

Είναι μια ήπια μορφή ενέργειας, φιλική προς το περιβάλλον, πρακτικά ανεξάντλητη. Είναι η κινητική ενέργεια που παράγεται από τη δύναμη του ανέμου και μετατρέπεται, μέσω ανεμογεννητριών, σε χρήσιμη μηχανική ενέργεια ή/και σε ηλεκτρική ενέργεια. Αν υπήρχε η δυνατότητα, με τη σημερινή τεχνολογία, να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι η παραγόμενη σε ένα χρόνο ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα (Αιολική ενέργεια, ΚΑΠΕ 1998).

Χρησιμότητα Αιολικής Ενέργειας

Η χρησιμότητα της αιολικής ενέργειας μπορεί να εντοπιστεί στη συστηματική εκμετάλλευση του πολύ αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, με σκοπό να συμβάλει:

- στην αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, που συνεπάγεται συναλλαγματικά οφέλη
- σε σημαντικό περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος, αφού έχει υπολογισθεί ότι η παραγωγή ηλεκτρισμού μιας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 kW σε ένα χρόνο , υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται από την καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου, δηλαδή αποτροπή της εκπομπής 735 περίπου τόνων CO₂ ετησίως καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων
- στη δημιουργία πολλών νέων θέσεων εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο Μεγαβάτ αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας

Τα ενδεχόμενα προβλήματα από την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας είναι ο θόρυβος από τη λειτουργία των ανεμογεννητριών, οι σπάνιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές στο ραδιόφωνο, τηλεόραση, τηλεπικοινωνίες, που επιλύονται όμως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και επίσης πιθανά προβλήματα αισθητικής.

1.2.2 Ηλιακή ενέργεια

Με το όρο Ηλιακή Ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φώς και η θερμότητα που ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας.

Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται τόσο για την θέρμανση των κτιρίων με άμεσο ή έμμεσο τρόπο και με τη χρήση ενεργητικών ή και παθητικών συστημάτων, όσο και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με δύο τρόπους: **α)** με τη χρησιμοποίηση Φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία μετατρέπουν απευθείας την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και **β)** τα ηλιακά θερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για να θερμάνουν ένα υγρό το οποίο παράγει ατμό ο οποίος τροφοδοτεί μία τουρμπίνα και μία γεννήτρια.



(α) Αιολική Ενέργεια



(β) Ηλιακή Ενέργεια

Εικ. 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

1.2.3 Βιομάζα

Με τον όρο βιομάζα χαρακτηρίζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (όπως είναι το ξύλο και άλλα προϊόντα του δάσους, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κ.λπ.) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτή την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα μετά την επεξεργασία και

τη χρήση της, ενώ αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας γιατί στην πραγματικότητα είναι αποθηκευμένη ηλιακή ενέργεια που δεσμεύτηκε από τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση. Η βιομάζα είναι η πιο παλιά και διαδεδομένη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Όλα τα παραπάνω υλικά, που άμεσα ή έμμεσα προέρχονται από το φυτικό κόσμο αλλά και τα υγρά απόβλητα και το μεγαλύτερο μέρος από τα αστικά απορρίμματα (υπολείμματα τροφών, χαρτί κ.ά.) των πόλεων και των βιομηχανιών μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια.

Ως προς τον ρόλο της βιομάζας μπορούμε να εντοπίζουμε τα εξής πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Πλεονεκτήματα Βιομάζας

- Η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). 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 (SO₂) που είναι υπεύθυνο για την όξινη βροχή
- Μείωση της εξάρτησης από τα εισαγόμενα καύσιμα και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου

Μειονεκτήματα Βιομάζας

- 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

1.2.4 Γεωθερμική ενέργεια

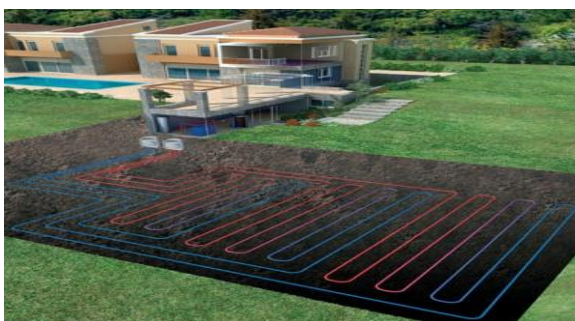
Όπως προκύπτει από τα ηφαίστεια, τις θερμές πηγές και από μετρήσεις σε γεωτρήσεις, το εσωτερικό της γης βρίσκεται σε υψηλή θερμοκρασία, η οποία υπερβαίνει τους 5000 °C στον πυρήνα. Η θερμότητα αυτή που περιέχεται στο εσωτερικό της γης αποτελεί την γεωθερμική ενέργεια και είναι

τόσο μεγάλη, ώστε μπορεί να θεωρηθεί πρακτικά ανεξάντλητη μορφή ενέργειας για τα ανθρώπινα μέτρα.

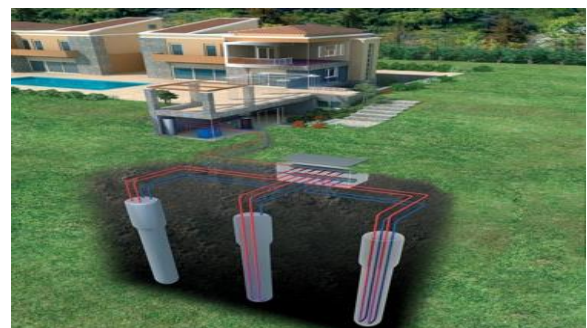
Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας που πηγάει από το εσωτερικό της γης. Μεταφέρεται στην επιφάνεια με θερμική επαγωγή και με την είσοδο στον φλοιό της γης λειωμένου μάγματος από τα βαθύτερα στρώματά της. Για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, ζεστό νερό σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 150οC μέχρι περισσότερο από 370οC μεταφέρεται σε γεωτρήσεις από υπόγειες δεξαμενές σε ειδικές δεξαμενές και με την απελευθέρωση της πίεσης μετατρέπεται σε ατμό. Ο ατμός διαχωρίζεται από τα ρευστά διοχετεύονται σε περιφερειακά τμήματα της δεξαμενής για να βοηθήσουν να διατηρηθεί η πίεση. Αν η δεξαμενή χρησιμοποιηθεί για άμεση χρήση της θερμότητας τα γεωθερμικά ρευστά τροφοδοτούν έναν εναλλακτήρα θερμότητας και να επιστέψουν στη γη. Το ζεστό νερό από την έξοδο του εναλλακτήρα χρησιμοποιείται για την θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων κ.α.

Υπάρχουν δυο **κύριες εφαρμογές** της γεωθερμική ενέργειας.

- Η πρώτη βασίζεται στη χρήση της θερμότητας της γης για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και άλλες χρήσεις (θέρμανση κτηρίων, θερμοκηπίων). Αυτή η θερμότητα μπορεί να προέρχεται από γεωθερμικά γκαίζερ που φθάνουν με φυσικό τρόπο ως την επιφάνεια της γης ή γεώτρηση στον φλοιό της γης σε περιοχές που η θερμότητα βρίσκεται αρκετά κοντά στην επιφάνεια. Αυτές οι πηγές είναι συνήθως από μερικές εκατοντάδες μέχρι 3000 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης.
- Η δεύτερη εφαρμογή της γεωθερμικής ενέργειας εκμεταλλεύεται τις θερμές μάζες εδάφους ή υπογείων υδάτων για να κινήσουν θερμικές αντλίες για εφαρμογές θέρμανση και ψύξης.



(α) Οριζόντια Τοποθέτηση



(β) Κάθετη Τοποθέτηση

Εικ. 1.2 Τρόποι τοποθέτησης αντλιών γεωθερμίας

1.2.5 Υδραυλική ενέργεια

Το νερό στη φύση, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, έχει δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) γίνεται δυνατή η εκμετάλλευση της ενέργειας του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδραυλικών τουρμπίνων παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή ταξινομείται σε υδροηλεκτρική ενέργεια μεγάλης και μικρής κλίμακας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας διαφέρει σημαντικά από αυτή της μεγάλης σε ότι αφορά τις επιπτώσεις της στο περιβάλλον. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μεγάλης κλίμακας απαιτούν τη δημιουργία φραγμάτων και τεράστιων δεξαμενών με σημαντικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και γενικότερα στο άμεσο περιβάλλον.

Τα συστήματα μικρής κλίμακας τοποθετούνται δίπλα σε ποτάμια και κανάλια με αποτέλεσμα να έχουν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Υδροηλεκτρικές μονάδες λιγότερες των 30 MW χαρακτηρίζονται μικρής κλίμακας και θεωρούνται ανανεώσιμες πηγές. Το γρήγορα κινούμενο νερό οδηγείται μέσα από τούνελ με σκοπό να θέσει σε λειτουργία τις τουρμπίνες παράγοντας έτσι μηχανική ενέργεια. Μια γεννήτρια μετατρέπει αυτή την ενέργεια σε ηλεκτρική. Σε αντίθεση με το ότι συμβαίνει με τα ορυκτά καύσιμα, το νερό δεν αχρηστεύεται κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους σκοπούς.

Φυσικά, μόνο σε περιοχές με σημαντικές υδατοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευασθούν υδατοταμιευτήρες. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται με τον τρόπο αυτό, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά με άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, σε ώρες αιχμής. Στη χώρα μας η υδροηλεκτρική ενέργεια ικανοποιεί περίπου το 10% των ενεργειακών μας αναγκών.

1.2.6 Ενέργεια των ωκεανών

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας:

α) από τα κύματα

β) από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)

γ) από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Πιο συγκεκριμένα:

α) Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει την τουρμπίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ανυψωτική κίνηση του κύματος πιέζει τον αέρα προς τα πάνω, μέσα στο θάλαμο και θέτει σε περιστροφική κίνηση την τουρμπίνα έτσι ώστε η γεννήτρια να παράγει ρεύμα. Αυτός είναι ένας μόνο τύπος εκμετάλλευσης της ενέργειας των κυμάτων. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λ.π.

β) Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Ο πρώτος παλιρροϊκός σταθμός κατασκευάστηκε στον ποταμό La Rance στις ακτές της Βορειοδυτικής Γαλλίας το 1962 και οι υδροστρόβιλοί του μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια καθώς το νερό κινείται κατά τη μια ή την άλλη κατεύθυνση. Άλλοι τέτοιοι σταθμοί λειτουργούν στη Ρωσία, στη θάλασσα Barents και στον κόλπο Fuhdy της Νέας Σκωτίας.

γ) Η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο θαλασσινό νερό που μπορεί να

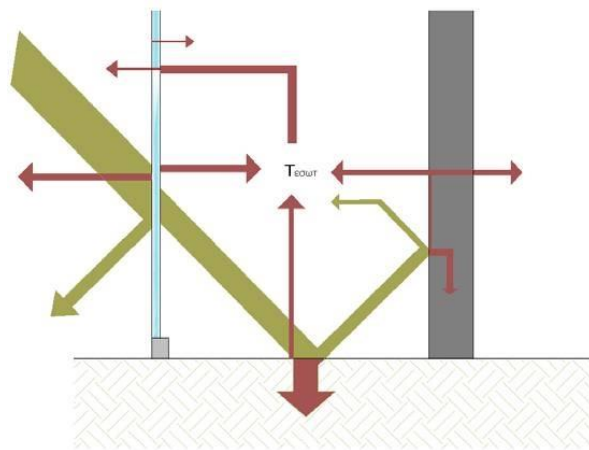
χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά.

1.3 Η έννοια του θερμικού ισοζυγίου

Η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα για ένα χώρο, καθορίζεται από τους κανονισμούς που ισχύουν, με στόχο την εξασφάλιση θερμικής άνεσης για τον συγκεκριμένο χρήστη του χώρου και έχει άμεση σχέση με τους “προσωπικούς παράγοντες”, δηλαδή την δραστηριότητα που εκτελείται στον χώρο, την ηλικία, τον τρόπο ένδυσης κ.λ.π.. Για να επιτευχθεί και να διατηρηθεί η επιθυμητή θερμοκρασία, παρέχεται στο κτίριο θέρμανση ή ψύξη που καλύπτει την θερμοκρασιακή διαφορά από την θερμοκρασία που θα επικρατούσε στο κτίριο χωρίς αυτήν την παροχή, μέχρι την επιθυμητή θερμοκρασία. Όσο μικρότερη είναι η συμβολή της θέρμανσης ή της ψύξης για την εξισορρόπηση του θερμικού ισοζυγίου και την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης, τόσο οικονομικότερη είναι η λειτουργία του κτιρίου.

Ο σωστός σχεδιασμός βελτιστοποιεί την απόδοση ορισμένων από τους παράγοντες που συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο. Με τον προσανατολισμό του κτιρίου και κυρίως των ανοιγμάτων του, την μορφή του κτιρίου, την αναλογία συμπαγών στοιχείων και ανοιγμάτων, την κατασκευή του κελύφους, και την επιλογή των συστημάτων θέρμανσης, αερισμού και φωτισμού επεμβαίνει ο μελετητής στην θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.

Είναι σαφές ότι, οι απώλειες ή τα κέρδη από τον αερισμό και η θερμική πρόσοδος από τους χρήστες και τον φωτισμό, είναι οι δύο παράμετροι του θερμικού ισοζυγίου που αφενός επηρεάζονται άμεσα από την χρήση του κτιρίου και αφετέρου καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το θερμικό ή ψυκτικό φορτίο του.



Εικ. 1.3 Θερμικό ισοζύγιο

2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.1 Γενικά

Η βιολογική και ψυχολογική ισορροπία του ανθρώπου εξασφαλίζεται από την επιτυχή προσαρμογή του στο φυσικό περιβάλλον. Παράμετροι όπως, το κλίμα, το φως, ο θόρυβος, η βλάστηση, οι ζωντανοί οργανισμοί, η μόλυνση της ατμόσφαιρας, κ.λ.π., συσχετιζόμενοι μεταξύ τους συνθέτουν το φυσικό περιβάλλον και επηρεάζουν την υγεία και την παραγωγικότητα του ατόμου.

Η θερμική, η οπτική και η ηχητική άνεση είναι οι τρεις σημαντικότερες συνισταμένες που επηρεάζουν την ευεξία του ανθρώπου και εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κέλυφος του κτιρίου και τα συστήματα ελέγχου του εσωκλίματος. Ο βαθμός ανταπόκρισης του κελύφους και των συστημάτων ελέγχου στις απαιτήσεις για την εξασφάλιση άνεσης, είναι κριτήριο αξιολόγησης του σχεδιασμού.

Το αίσθημα της θερμικής άνεσης δημιουργείται όταν καταναλώνεται η ελάχιστη ενέργεια από τον οργανισμό για την εξασφάλιση των θερμορρυθμιστικών λειτουργιών στο ανθρώπινο σώμα, ώστε να διατηρηθεί το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου (*σχήμα 3.1*).

Όταν οι κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκές, το σώμα αποβάλλει την πλεονάζουσα θερμότητα με την ακτινοβολία, την αγωγιμότητα, την κυκλοφορία του αέρα, την εξάτμιση του ιδρώτα και την αναπνοή. Το θερμορρυθμιστικό σύστημα λειτουργεί με το ελάχιστο έργο και το άτομο αισθάνεται “θερμικά άνετα”. Σε δυσμενείς όμως συνθήκες- π.χ., αν επικρατεί πολύ “κρύο” ή πολύ “ζέστη”, το σώμα χάνει πολύ περισσότερη από όση θα 'πρεπε θερμότητα ή αντίστοιχα αδυνατεί να αποβάλει το πλεόνασμα της παραγόμενης θερμότητας, και τότε δεν υπάρχει “θερμική άνεση”.

Το κέλυφος των κτιρίων αποτελεί το ρυθμιστικό παράγοντα για τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης στον εσωτερικό χώρο, με το να αξιοποιεί τα θετικά κατά περίπτωση κλιματικά στοιχεία και να αποτρέπει τα επιζήμια.

Η ζώνη της θερμικής άνεσης αναφέρεται στο συνδυασμό εκείνων των μεταβλητών του εσωκλίματος (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών, σχετική υγρασία και ταχύτητα αέρα), όπου κατά μερικούς μελετητές το 50% , και κατ' άλλους το 80% των ατόμων που ερωτώνται αισθάνονται θερμικά άνετα ή θερμικά ουδέτερα.

Εξι σημαντικοί-φυσικοί παράγοντες που λειτουργούν αλληλένδετα μεταξύ τους σαν ένα σύστημα, που επηρεάζεται όμως και από ψυχολογικούς παράγοντες, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Οι παράγοντες αυτοί διακρίνονται σε προσωπικούς (βαθμός ένδυσης και μεταβολισμός), και σε περιβαλλοντικούς (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία περιβαλλουσών επιφανειών, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία). Άλλοι παράγοντες, που είναι λιγότερο προφανείς και έμμεσα επηρεάζουν το αίσθημα της θερμικής άνεσης, είναι η ηλικία και το φύλο, το μέγεθος του σώματος και το βάρος, η ικανότητα εγκλιματισμού και προσαρμογής, η κατάσταση της υγείας, η διαιτητική, το επίπεδο φωτισμού, ακόμη το χρώμα και η διακόσμηση (σχήμα 3.2.).

Οι περιβαλλοντικές μεταβλητές εξαρτώνται άμεσα από το σχεδιασμό του κτιρίου (αρχιτεκτονικό και μηχανολογικό), και κατά τον Koenisberger, ο ρόλος του μελετητή είναι να δημιουργήσει τις βέλτιστες κατά το δυνατόν εσωκλιματικές συνθήκες, γιατί *“η αίσθηση της άνεσης ή η έλλειψή της αθροιστικά συνεισφέρουν στη κρίση του χρήστη για την ποιότητα του σπιτιού όπου ζει ή του σχολείου ή του γραφείου ή του εργοστασίου όπου εργάζεται”*.

2.2 Περιβαλλοντικοί παράμετροι

Οι περιβαλλοντικοί παράμετροι που επηρεάζουν την αίσθηση της θερμικής άνεσης είναι οι εξής:

Η θερμοκρασία του αέρα (ta_{air}) είναι η βάση για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης. Κατά την ASHRAE το 80% των ατόμων αισθάνεται θερμικά άνετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται μεταξύ 21.5 και 25°C (με σχετική υγρασία 50%). Ένα πρόβλημα που συνδέεται με τη θερμοκρασία του αέρα είναι η διαστρωμάτωση της θερμοκρασίας σε ένα χώρο που οφείλεται στη διαφορά της πυκνότητας του θερμού και ψυχρού αέρα. Το φαινόμενο αυτό βελτιώνεται ή γίνεται δυσμενέστερο, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα του χώρου, την κατασκευή του περιβλήματος, τον

τύπο του θερμαντικού συστήματος που χρησιμοποιείται και από τη μέση θερμοκρασία που ακτινοβολείται από τις περιβάλλουσες το χώρο επιφάνειες.

Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία των επιφανειών που περιβάλλουν το χώρο (tmr), επηρεάζει την αίσθηση της θερμοκρασίας του αέρα, έτσι ώστε σε κάποιο βαθμό εξισορροπεί πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες αέρα. Πριν λίγες δεκαετίες, η θερμοκρασία του αέρα θεωρούνταν ο πιο σημαντικός δείκτης για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης, και σε πολλά διαγράμματα άνεσης θεωρείται ότι η θερμοκρασία των περιβαλλουσών επιφανειών είναι ίση με τη θερμοκρασία του αέρα. Μετά από σχετικές έρευνες κρίνεται πλέον αναγκαίο να συναξιολογείται και η θερμότητα που ακτινοβολείται από τις επιφάνειες, μια και το αθροιστικό θερμικό αποτέλεσμα είναι εκείνο που πραγματικά αισθάνεται ο άνθρωπος και που επιδρά στο θερμικό ισοζύγιο του σώματος.

Στην τυπική αρχιτεκτονική πρακτική, θα πρέπει η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και των περιβαλλουσών επιφανειών να μην υπερβαίνει τους 3°-4°C, και εξαρτάται από τη θέση και το μέγεθος των επιφανειών που περιβάλλουν τον χώρο και την ικανότητά τους να εκπέμπουν θερμότητα. Η θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας αμόνωντων δομικών στοιχείων είναι χαμηλότερη από αυτής των θερμομονωμένων, Σαν αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του χώρου ενός μονωμένου κτιρίου μπορεί να διατηρηθεί χαμηλότερη σε σχέση με μια αμόνωτη κατασκευή, παρέχοντας τον ίδιο βαθμό θερμικής άνεσης. Επισημαίνεται τέλος, ότι παράθυρα και τοίχοι θερμικής μάζας είναι επιφάνειες όπου εμφανίζονται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αίσθημα μη θερμικής άνεσης προκαλείται είτε από χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες των υαλοστασίων, είτε από μεγάλο ποσό θερμότητας που ακτινοβολείται από τα δομικά στοιχεία τα εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία, στη διάρκεια και μετά από περιόδους ηλιοφάνειας.

Η σχετική υγρασία επειδή επιδρά στην ικανότητα του σώματος να αποβάλλει θερμότητα με την εξάτμιση, επηρεάζει το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Συνδυασμός υψηλής υγρασίας και υψηλής θερμοκρασίας αέρα δημιουργεί θερμική δυσφορία. Αυξάνοντας τη σχετική υγρασία από 20% σε 60%, η θερμοκρασία του αέρα πρέπει να μειωθεί περίπου κατά 1K, για να διατηρηθεί το ίδιο αίσθημα άνεσης. Γενικά, το άτομο αισθάνεται την υγρασία όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από 20°C, ή υψηλότερη από 25°C.

Ο αέρας που κινείται απομακρύνει την επιπλέον θερμότητα από το σώμα, αυξάνοντας ή μειώνοντας το βαθμό μεταφοράς και εξάτμισης. Όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από

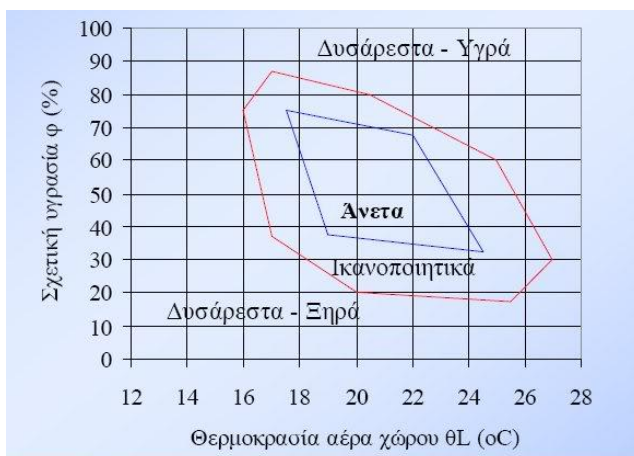
τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα δημιουργεί αίσθηση ψύχους που αυξάνεται όσο μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα. Αντίθετα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία του σώματος, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα προκαλεί στο σώμα αίσθηση ζέστης και δροσισμού συγχρόνως. Πάντως το αποτέλεσμα του δροσισμού είναι ισχυρότερο από το αποτέλεσμα της θέρμανσης μέχρι περίπου 40°C θερμοκρασία αέρα, μετά από την οποία η υπερθέρμανση είναι μεγαλύτερη. Όταν η ταχύτητα του αέρα είναι μικρή η θερμική άνεση επηρεάζεται εξίσου από τη θερμοκρασία του αέρα και από τη μέση ακτινοβολούμενη από τις επιφάνειες.

2.3 Τοπική θερμική δυσφορία

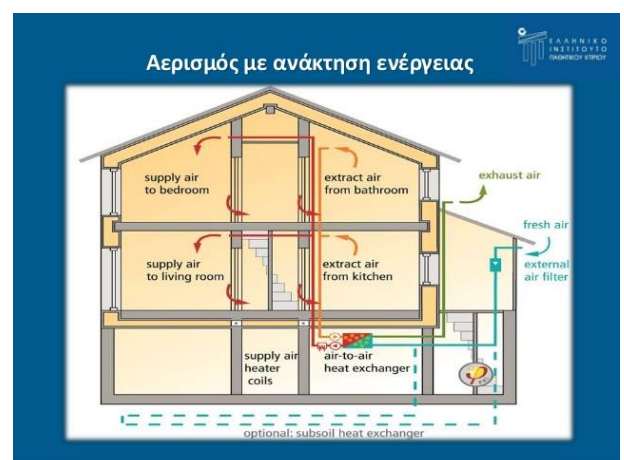
Είναι δυνατόν ένα άτομο να αισθάνεται θερμικά ουδέτερα, δηλ. δεν επιθυμεί ψυχρότερο ή θερμότερο περιβάλλον, και συγχρόνως να μην αισθάνεται θερμικά άνετα εάν ένα τμήμα του σώματος είναι θερμό και άλλο ψυχρό, (τοπική θερμική δυσφορία). Αλλωστε είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία του δέρματος των διαφόρων τμημάτων του σώματος είναι διαφορετική.

Η διαφορετική διανομή των θερμοκρασιών, τόσο του αέρα, όσο και της επιφανειακής των περιβαλλουσών επιφανειών, σχετίζεται με το βαθμό θερμομόνωσης και τη θερμοχωρητικότητα των εξωτερικών δομικών στοιχείων που καθορίζουν το ποσό της θερμότητας που ακτινοβολείται (π.χ. μονωμένες τοιχοποιίες και παράθυρα με μονό υαλοπίνακα), την ύπαρξη ψυχρών ή θερμών επιφανειών σε επαφή με το σώμα (π.χ. δάπεδα), και επίσης με τα ρεύματα αέρα και τις τοπικές πηγές που ακτινοβολούν θερμότητα (π.χ. δομικά στοιχεία και θερμαντικά σώματα). **Η κατακόρυφη ασυμμετρία της θερμοκρασίας του αέρα**, δημιουργείται από: *το θερμαντικό σύστημα, *τη θερμότητα που εκπέμπουν οι χρήστες και ο τεχνητός φωτισμός, *τη με φυσικό τρόπο κυκλοφορία του θερμού αέρα.

[1]



Εικ. 2.1 Θερμική άνεση



Εικ. 2.2 Αερισμός

2.4. Παρατηρήσεις

Εδώ πρέπει να επισημανθούν δυο σχετικές παρατηρήσεις, ειδικά για τα βιοκλιματικά κτίρια:

Σύμφωνα με μια έρευνα του Hamphreys, που συσχέτιζε την εξωτερική θερμοκρασία με την εσωτερική θερμοκρασία άνεσης, έγινε γνωστό ότι οι χρήστες των βιοκλιματικών κτιρίων ανέχονται υψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες και γενικά είναι περισσότερο ανεκτικοί στη διακύμανση των εσωκλιματικών συνθηκών από τους χρήστες των κτιρίων στα οποία αποκλειστικά με μηχανολογικό τρόπο ελέγχεται το εσωκλίμα. Γι' αυτό, και στα παθητικά κτίρια μπορεί να εξοικονομηθεί περισσότερη ενέργεια.

Η θερμική άνεση αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα στα ηλιακά κτίρια, τα οποία εν μέρει ή εξολοκλήρου εξαρτώνται από την ηλιακή ακτινοβολία για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Ο τρόπος που η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται, αποθηκεύεται και διανέμεται στο κτίριο, επηρεάζει σημαντικά την άνεση των χρηστών του κτιρίου, γιατί το ανθρώπινο σώμα είναι περισσότερο ευαίσθητο στη ροή της θερμότητας από ότι στη θερμοκρασία.

3 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1 Γενικά

Η «βιωσιμότητα» και η «αιεφορία» είναι ένα σημαντικό θέμα που απασχολεί την κοινωνία και ειδικά τον τομέα της κατασκευής και χρήσης των κτιρίων: Η αντιμετώπιση των τρεχουσών αναγκών σε ατομικό ή ομαδικό επίπεδο, με την εκμετάλλευση των πηγών του πλανήτη δεν πρέπει να υπονομεύει τη δυνατότητα να καλυφθούν οι ανάγκες που θα προκύψουν στις μελλοντικές γενεές.

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό των κτιρίων εντάσσεται στο πλαίσιο της παραπάνω οικολογικής στρατηγικής, καθώς η θέρμανση των κτιρίων βασίζεται κυρίως στην χρήση του πετρελαίου και ο δροσισμός στην ηλεκτρική ενέργεια.. Σημειώνεται ότι από το 1997 άρχισε η μεταφορά στην Ελλάδα του φυσικού αερίου, με την προσδοκία να καλυφθεί η απαιτούμενη ενέργεια για τη θέρμανση των κτιρίων σε πρώτη φάση κατά ένα ποσοστό της τάξεως του 7%.. Οι μελετητές των κτιρίων και όσοι ασχολούνται άμεσα ή έμμεσα με τον τομέα των κατασκευών καλούνται να προτείνουν λύσεις προσαρμοσμένες στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες και συγχρόνως καινοτόμες τεχνολογικά, ώστε να είναι συμβατές με τη διατήρηση των φυσικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Στο ξεκίνημα του 21ου αιώνα ο στόχος που τίθεται είναι αφενός η μείωση του θερμικού και ψυκτικού φορτίου των κτιρίων και αφετέρου η ελαχιστοποίηση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, τουλάχιστον όσον αφορά τη θέρμανση και την ψύξη, με την εκμετάλλευση των ανεξάντλητων πηγών ενέργειας- τον ήλιο και τον αέρα. Επίσης, ο σχεδιασμός, η κατασκευή και ο τρόπος λειτουργίας των

κτιρίων πρέπει να βασίζονται στις αρχές της ορθολογικής χρήσης και διαχείρισης των φυσικών πόρων για να βοηθήσουν στη διατήρηση του περιβάλλοντος. Συγχρόνως να συνεισφέρουν στην υγιεινή και ασφαλή διαβίωση των ενοίκων χωρίς να προκαλούνται επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Η παραπάνω αντίληψη δεν πρέπει βεβαίως να είναι εις βάρος της θερμικής και οπτικής άνεσης των χρηστών των κτιρίων, στοιχεία τα οποία εξασφαλίζονται από τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.

Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων εξυπηρετεί τέσσερις **βασικούς στόχους**:

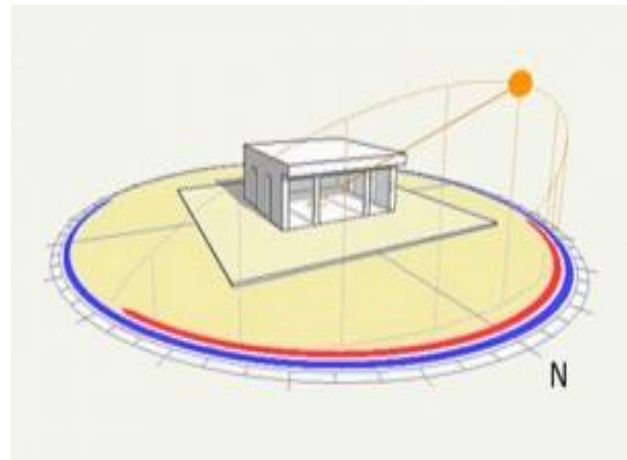
- α) Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας,
- β) Την εξοικονόμηση χρήματος, μέσω της χρησιμοποίησης της ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτιρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους,
- γ) Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού, συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα,
- δ) Τη βελτίωση του εσωκλίματος των κτιρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών κατοικησιμότητας.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός αποτελεί σημαντικό μέρος της αρχιτεκτονικής μελέτης των κτιρίων και συμβάλλει αποφασιστικά στην ενεργειακή εξοικονόμηση, γι' αυτό και προωθείται μέσα από τις αποφάσεις και τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) εισάγει τον βιοκλιματικό σχεδιασμό στη μελέτη κάθε νέου κτιρίου. Στόχος του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η εξασφάλιση συνθηκών άνεσης εντός του κτιρίου με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Η επιδιωκόμενη άνεση αφορά στη θέρμανση, τον δροσισμό, τον επαρκή αερισμό, τον κατάλληλο φωτισμό, καθώς και τη ρύθμιση της υγρασίας στο εσωτερικού του κτιρίου. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προσπαθεί να επιτύχει τον στόχο αυτό, με όσο το δυνατό πιο φυσικά μέσα. Οι τεχνικές λύσεις που προτείνει, συνήθως, βασίζονται σε τεχνικές οι οποίες είναι απλές στη σύλληψη και εύκολες στην εφαρμογή. Οι λύσεις αυτές κάνουν χρήση των φυσικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), οι οποίες είναι διαθέσιμες από το άμεσο περιβάλλον κάθε κτιρίου (ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, θερμοκρασία εδάφους κλπ). Κύριες παράμετροι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι τα χαρακτηριστικά της κατασκευής και τα

κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, όπου βρίσκεται η κατασκευή. Τα δεύτερα καθορίζονται από τη θέση του κτιρίου· επίσης επηρεάζονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.



(α)



(β)

Εικ. 3.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

3.2 Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού στην κατασκευή ενός κτιρίου

Ο βιοκλιματικός και ενεργειακός σχεδιασμός υπεισέρχεται σε όλα τα στάδια κατασκευής ενός κτιρίου, από το στάδιο της χωροθέτησης μέσα στο οικοπέδο, την ογκοπλασία (γεωμετρία οικοπέδου), τον προσανατολισμό, τη χωροθέτηση των λειτουργιών (χρήση επί μέρους χώρων) μέσα στο κέλυφος και την επιλογή της θέσης και της διάστασης των ανοιγμάτων. Με την επιλογή και ολοκλήρωση αυτών των σταδίων, έχει εφαρμοστεί περίπου το 80% των παραμέτρων του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού. Το υπόλοιπο 20% αφορά στην κατάλληλη επιλογή των ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, τα οποία θα καλύψουν τα απαιτούμενα θερμικά και ηλεκτρικά φορτία για τη διατήρηση των επιθυμητών εσωτερικών συνθηκών στο κτίριο, καθώς και τη λειτουργία του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Ορισμένες από τις βασικές αρχές και τεχνικές του βιοκλιματικού και ενεργειακού σχεδιασμού είναι οι παρακάτω:

- Ο κατάλληλος **προσανατολισμός** του κτιρίου, στο βαθμό που το επιτρέπει η χωροθέτηση του οικοπέδου, προκειμένου να επιτυγχάνεται η βέλτιστη αξιοποίηση της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας, άμεσα (μέσω ανοιγμάτων) και έμμεσα (μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων) κατά τη χειμερινή περίοδο.

- Η **χωροθέτηση** του κτιρίου σύμφωνα με τη μορφολογία του οικοπέδου, αξιοποιώντας μεταξύ άλλων και τις θερμοφυσικές ιδιότητες του εδάφους, στην περίπτωση που παρέχεται αυτή η δυνατότητα.
- Η **ηλιοπροστασία** του κτιρίου με εξωτερικά σταθερά ή κινούμενα σκίαστρα, τα οποία μπορεί να είναι ενσωματωμένα ή μη στο κτιριακό κέλυφος, προκειμένου να περιοριστεί ο ηλιασμός κατά τη θερινή περίοδο. Παραδοσιακά, ο πιο παλιός τρόπος ηλιοπροστασίας στα ελληνικά κτίρια ήταν τα καφασωτά και αυτός εφαρμόζεται ακόμη και σήμερα στις νέες μεσογειακές βιοκλιματικές κατασκευές.
- Η **θερμική προστασία** του κτιριακού κελύφους είναι απαραίτητη για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών κατά τη χειμερινή περίοδο, ιδιαίτερα στα ψυχρά κλίματα.
- Η **επιλογή κουφωμάτων** με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας. Συνήθως διαθέτουν διπλό υαλοπίνακα και θερμοδιακοπή στο πλαίσιο αλουμινίου.
- Ο **φυσικός αερισμός** και ο **εξαερισμός** του κτιρίου, προκειμένου να επιτυγχάνεται ο δροσισμός και η διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων νωπού αέρα για τους χρήστες. Εξαρτάται και από τις κλιματικές συνθήκες (επικρατούσα κατεύθυνση και ένταση του ανέμου) της περιοχής και θα πρέπει να εφαρμόζεται με τη χρήση κατάλληλων κουφωμάτων ή διατάξεων ελέγχου της διείσδυσης (πίεση και παροχή) του αέρα. Ο νυχτερινός αερισμός σε ορισμένους τύπους κτιρίων υπό κατάλληλες κλιματικές συνθήκες συμβάλλει ουσιαστικά στον περιορισμό των ψυκτικών φορτίων.
- Η **εξοικονόμηση πόρων, πρώτων υλών, ενέργειας, νερού** κτλ. Είναι επιθυμητή η χρήση οικολογικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον, με χαμηλό κόστος αγοράς και χαμηλή ενσωματωμένη ενέργεια παραγωγής. Η επιλογή υλικών πρέπει να γίνεται επίσης με κριτήριο τη δυνατότητα εφαρμογής από τους τεχνίτες κατασκευής του κτιρίου. Ταυτόχρονα, η εξοικονόμηση και διαχείριση νερού, συλλογή, διατήρηση και παροχή στα σημεία κατανάλωσης νερού (μη πόσιμο), συμβάλλει στο βιοκλιματικό σχεδιασμό.
- Ο **σχεδιασμός και η γεωμετρία του κελύφους**. Ανάλογα με τη χρήση και το προφίλ λειτουργίας ενός κτιρίου (γραφείο, κατοικία κ.α.), τις κλιματικές συνθήκες και τις επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες διαμορφώνονται και τα κριτήρια σχεδιασμού. Για παράδειγμα, η κατασκευή μιας τοιχοποιίας ή μιας στέγης ή δώματος υπό κλίση παρέχουν τη δυνατότητα

μείωσης ή αύξησης του ηλιασμού του κτιρίου. Ο περιορισμός των ψυκτικών φορτίων μέσω τέτοιων κατασκευών συνήθως οδηγεί σε αύξηση των θερμικών φορτίων και θα πρέπει να συνεκτιμάται η συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά περίπτωση. [12]

4 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

4.1 Ενεργητικά και παθητικά συστήματα

Έχουν αναπτυχθεί δύο κυρίως τεχνολογικά συστήματα για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων: τα ενεργητικά και τα παθητικά συστήματα. Ανάμεσά τους υπάρχει και ένα τρίτο: τα υβριδικά.

- **Παθητικά συστήματα** είναι εκείνα που για την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας δεν κάνουν χρήση υψηλής τεχνολογίας και μηχανικών μέσων. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα).
- Τα **ενεργητικά συστήματα** απαιτούν τη χρησιμοποίηση μηχανικών μέσων – απλών μέχρι υψηλής τεχνολογίας (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, ανεμιστήρες, κλπ) και προϋποθέτουν σύνθετους μηχανισμούς συλλογής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας που έχει προέλθει από την ηλιακή ακτινοβολία που δεσμεύτηκε.
- Τα **υβρίδια** είναι συστήματα που συνδυάζουν τη φυσική και τη μηχανική θερμική ροή. Για παράδειγμα, η προσθήκη σε ένα παθητικό σύστημα ενός ανεμιστήρα για να υποβοηθήσει τη μεταφορά θερμότητας στους πίσω χώρους του κτιρίου ή ενός θερμοστάτη για να υπάρχει έλεγχος της θερμότητας που αποδίδεται, μετατρέπουν ένα παθητικό σύστημα σε υβριδικό. [1]

4.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των παθητικών συστημάτων

Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας προϋποθέτει ένα σωστά ενεργειακά σχεδιασμένο κτίριο, σύμφωνα με τις αρχές που ήδη αναπτύχθηκαν. Ιδιαίτερα, η διαμόρφωση του κελύφους του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει τη μέγιστη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, τη μέγιστη δυνατότητα για την αποθήκευση της θερμικής ενέργειας και τις ελάχιστες θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η λειτουργία των παθητικών συστημάτων στηρίζεται στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας από τη συλλογή στην αποθήκη και στο χώρο που θα θερμανθεί.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη δέσμευση της θερμότητας που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία που διαπερνά μια γυάλινη επιφάνεια. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου στηρίζεται στην ιδιότητα που έχει το γυαλί να είναι διαπερατό στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (0.4-2.5 μικρά), ενώ είναι αδιαπέραστο στη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα σώματα και που συνήθως έχει μήκος κύματος γύρω στα 10 μικρά.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια γυάλινη επιφάνεια, ένα ποσοστό αντανακλάται, ένα ποσοστό απορροφάται από το γυαλί, από το οποίο ένα μέρος επαναακτινοβολείται προς το εξωτερικό, και το μεγαλύτερο ποσοστό (ανάλογα με τη διαπερατότητα του γυαλιού), που είναι η φωτεινή ακτινοβολία (0.4-0.8 μικρά), περνά μέσα από το γυαλί στον εσωτερικό χώρο. Αυτό το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που πέρασε μέσα από το γυαλί, απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και τα λοιπά αντικείμενα του εσωτερικού χώρου και αλλάζοντας μήκος κύματος μετατρέπεται σε θερμική ακτινοβολία για την οποία το γυαλί είναι σχεδόν αδιαπέραστο. Η με αυτό τον τρόπο προερχόμενη θερμότητα παγιδεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου και αποθηκεύεται στα στοιχεία με θερμοχωρητικότητα. Στη συνέχεια η θερμότητα μπορεί να μεταδοθεί :

- με αγωγιμότητα
- με μεταφορά (με τη βοήθεια κάποιου ρευστού, αερίου ή υγρού)
- με ακτινοβολία

και να συνεισφέρει στη διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου του χώρου.

4.3 Υλικά παθητικών συστημάτων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά συστήματα, διακρίνονται σε υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας και σε υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

4.3.1 Διαφανή υλικά συλλογής της ηλιακής ακτινοβολίας

Τα κριτήρια για την επιλογή των διαφανών υλικών για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας, σε ένα παθητικό σύστημα είναι:

- Η εμφάνιση που είναι καθοριστική για τις εξωτερικές όψεις του κτιρίου
- Η αντοχή, που πρέπει να είναι μεγάλη ώστε να αντέχει στις αλλαγές της εξωτερικής θερμοκρασίας και γενικά στις κλιματικές μεταβολές
- Η 'ποιότητα', που εξαρτάται από τη διαπερατότητα (στη μικρού ή μεγάλου μήκους ακτινοβολία), την ανακλαστικότητα και την απορροφητικότητά του
- Το αρχικό κόστος αγοράς, τοποθέτησης και συντήρησης που πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο για να μην επιβαρύνεται η κατασκευή.

Το γυαλί, είναι από τα πιο ακριβά διαφανή υλικά. Είναι άκαμπτο, παρουσιάζει αντοχή στις καιρικές μεταβολές, στο φως και στις χημικές αντιδράσεις και έχει καλή εμφάνιση. Μειονεκτήματά του είναι το βάρος και η μικρή αντοχή του σε μηχανική κρούση. Το κοινό γυαλί έχει διαπερατότητα σε μικρού μήκους ακτινοβολία από 0.91-0.78, ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε οξείδιο του σιδήρου και το πάχος του. Εάν χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί υαλοπίνακες, μειώνεται η ηλιακή διαπερατότητα αλλά βελτιώνεται σημαντικά ο συντελεστής θερμοπερατότητάς του. Προκειμένου να τροποποιηθούν οι θερμικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, χρησιμοποιούνται πρόσθετα συστατικά στη μάζα τους, ή ειδικές επικαλύψεις ή ειδική επεξεργασία. Ανακλαστικά και απορροφητικά γυαλιά δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στα παθητικά συστήματα γιατί μειώνουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μπαίνει στο χώρο.

Τα σκληρά πλαστικά έχουν μεγάλη αντοχή σε μηχανική κρούση, δεν σπάζουν, έχουν μικρότερο βάρος από το κοινό γυαλί, είναι εύκολα στην τοποθέτησή τους και έχουν καλή εμφάνιση. Μειονέκτημά τους είναι ότι έχουν συγκριτικά με το κοινό γυαλί, μικρότερο συντελεστή ηλιακής διαπερατότητας, δεν είναι αδιαπέραστα στη θερμική ακτινοβολία και εμφανίζουν χαμηλή αντίσταση στη φωτιά. Διακρίνονται σε ακρυλικά πλαστικά (acrylics) και πολυανθρακούχα (polycarbonate).

4.3.2 Υλικά αποθήκευσης της θερμότητας

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας είναι υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Συνήθως είναι οικοδομικά υλικά του φέροντα οργανισμού και του κελύφους γενικότερα, καθώς και υλικά επενδύσεων:

- το νερό** είναι το υλικό με τη μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, αλλά υπάρχουν κατασκευαστικές δυσκολίες για τη χρησιμοποίησή του σε δομικά στοιχεία.
- το σκυρόδεμα** (506 Kcal/m³oC) εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι είναι συγχρόνως υλικό με ικανή θερμοχωρητικότητα και υλικό του φέροντα οργανισμού.
- η πέτρα** και το **συμπαγές τούβλο** είναι τα υλικά που κυρίως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της θερμότητας. Είναι υλικά φερόντων δομικών στοιχείων ή στοιχείων πληρώσεως ή υλικά επενδύσεως τοίχων και δαπέδων.
- τα εύτηκτα άλατα**, όπως το άλας του Glauber, είναι νέα υλικά που χρησιμοποιούνται σε επιλεγμένες θέσεις μέσα σε ειδικές δεξαμενές για την αποθήκευση της θερμότητας. Τα υλικά αυτά αλλάζουν φάση (Phase Change Materials- PCM) , δηλαδή αλλάζοντας φυσική κατάσταση,(για παράδειγμα, από τη στερεά στην υγρά κατάσταση) αποθηκεύουν θερμότητα, την οποία αποδίδουν για να επιστρέψουν στην αρχική φυσική τους κατάσταση. [1]

4.4 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης

4.4.1 Συστήματα άμεσου κέρδους

Το πιο απλό σύστημα που αξιοποιεί την ηλιακή ακτινοβολία για την θέρμανση του κτιρίου είναι το άμεσο κέρδος μέσω των νότια προσανατολισμένων ανοιγμάτων. Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες :

- Προσανατολισμός
- Θέση ανοιγμάτων
- Μέγεθος ανοιγμάτων

Στα συστήματα άμεσου κέρδους το κτίριο λειτουργεί ως συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας. Όλα τα ανοίγματα του κτιρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που στη συνέχεια μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία.

Σημαντικό ρόλο για τη σωστή εφαρμογή του συστήματος παίζει η επιλογή των τύπων των υαλοπινάκων και η επιλογή των δομικών στοιχείων (τοίχοι, δάπεδο, οροφή). Ιδιαίτερα τα δομικά υλικά στο εσωτερικό του κτιρίου που δέχονται άμεση ηλιακή ακτινοβολία, να έχουν ικανή απορροφητικότητα και θερμική μάζα, ώστε αφενός να μεγιστοποιείται η απολαβή των ηλιακών κερδών, αφετέρου να αποθηκεύεται η θερμότητα. Έτσι, πρέπει να έχουν τουλάχιστον 9 φορές μεγαλύτερη επιφάνεια από τα ανοίγματα και πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας για την αποθήκευση του ηλιακού θερμικού κέρδους. Η θερμότητα που αποθηκεύεται αποδίδεται με χρονική υστέρηση, αναλόγως των χαρακτηριστικών των δομικών στοιχείων, καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Έτσι ομαλοποιούνται οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στον εσωτερικό χώρο –καθώς η θερμότητα από τα αυξημένα ηλιακά κέρδη που έχει αποθηκευτεί, απελευθερώνεται σταδιακά στο εσωτερικό του κτιρίου-, αποφεύγεται η υπερθέρμανση κατά τις περιόδους με μεγάλη ηλιο-φάνεια και η θερμότητα αποδίδεται στο χώρο όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία (απογευματινές και νυχτερινές ώρες).

Στη θερινή περίοδο, με το άνοιγμα των παραθύρων το βράδυ και τη δημιουργία νυχτερινού αερισμού, πραγματοποιείται η θερμική αποφόρτιση των δομικών στοιχείων ώστε αυτά να είναι διαθέσιμα την επόμενη μέρα για νέα αποθήκευση της πλεονάζουσας θερμότητας.

Η διαφορά ενός κτιρίου σχεδιασμένου να θερμαίνεται με το παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους από ένα κτίριο με συμβατικό σχεδιασμό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των ανοιγμάτων του και στα δομικά στοιχεία που είναι κατασκευασμένα από υλικά με ικανή θερμοχωρη-τικότητα. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου, τον προσανατολισμό, το μέγεθος και τη θέση των ανοιγμάτων, τις θερμοφυσικές ιδιότητες του διαφανούς υλικού καθώς και τη θέση, το μέγεθος και το υλικό της θερμικής αποθήκης, η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση μπορεί να κυμαίνεται από 30% έως και 100%.

Γενικά, όσο μεγαλύτερα είναι τα ανοίγματα στο νότιο προσανατολισμό και ικανοποιητική σε μέγεθος η επιφάνεια αποθήκευσης, τόσο μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται ότι τα μεγάλα ανοίγματα προκαλούν κίνδυνο θάμβωσης και μείωση της ιδιωτικότητας. Η ορθολογική χωροθέτηση, προστασία των ανοιγμάτων και συγχρόνως η αύξηση της λαμπρότητας των περιβαλλουσών επιφανειών του φωτιζόμενου χώρου, απομακρύνει τον κίνδυνο της θάμβωσης και της οπτικής όχλησης.

Πλεονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους:

- Χαμηλό κόστος. Τα υαλοστάσια είναι ένας οικονομικός τρόπος δημιουργίας ηλιακού συλλέκτη.

- Ευκολία κατασκευής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αρκεί η σωστή τοποθέτηση των ανοιγμάτων. Δεν απαιτείται πρόσθετη μάζα θερμικής αποθήκευσης.
- Συνδυασμένα οφέλη. Τα γυάλινα ανοίγματα συμβάλλουν σε πολλές ταυτόχρονα λειτουργίες επιτρέποντας την είσοδο του φυσικού φωτός στο χώρο και την οπτική επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον.

Μειονεκτήματα συστημάτων άμεσου κέρδους :

- Κίνδυνος θάμβωσης από τα μεγάλα ανοίγματα.
- Είσοδος υπερϊόδους ηλιακής ακτινοβολίας.
- Σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας, αν δεν υπάρχει επαρκής θερμική μάζα.
- Μείωση ιδιωτικότητας.
- Η μεγάλη επιφάνεια θερμικής μάζας που απαιτείται, όταν προβλέπεται ηλιακή συμμετοχή μεγαλύτερη από 50% (ιδιαίτερα σε ψυχρά κλίματα).
- Το κόστος της νυχτερινής μόνωσης που απαιτείται για την μείωση των θερμικών απωλειών.

4.4.2 Συστήματα έμμεσου κέρδους

Ηλιακοί τοίχοι

Οι Ηλιακοί Τοίχοι αποτελούνται από τοιχοποιίες συνδυαζόμενες με υαλοστάσια, τοποθετημένοι εξωτερικά, σε απόσταση 5-15cm. Η τοιχοποιία μπορεί να είναι αμόνωντος τοίχος μεγάλης θερμικής μάζας είτε τοίχος θερμομονωμένος. Τα υαλοστάσια είναι σταθερά ή ανοιγόμενα κατά περίπτωση με διπλούς υαλοπίνακες. Οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης μπορεί να είναι απλοί τοίχοι μάζας (μη θερμοσιφωνικής ροής , χωρίς θυρίδες) ή τοίχοι από δοχεία νερού με υλικά αλλαγής φάσης. Οι τοίχοι μάζας θερμοσιφωνικής ροής (Trombe – Michel) μεταφέρουν τη συλλεγόμενη θερμότητα (στο διάκενο μεταξύ τοίχου και υαλοπίνακα) μέσω θυρίδων στον εσωτερικό χώρο.

Τοίχος θερμικής αποθήκευσης μη θερμοσιφωνικής ροής (χωρίς θυρίδες)

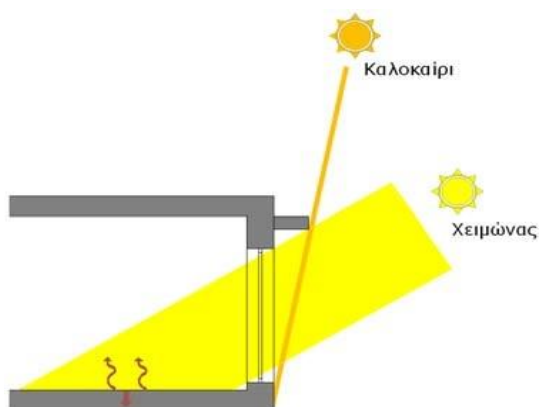
Η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται και αποθηκεύεται στη νότια όψη του κτιρίου από ένα τοίχο, ο οποίος συνεισφέρει σημαντικά στη θερμική μάζα του κτιρίου και είναι κατασκευασμένος από υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Η εξωτερική επιφάνειά του είναι βαμμένη σε σκούρο χρώμα για τη μεγιστοποίηση της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας. Μπροστά από την εξωτερική του πλευρά και σε μικρή απόσταση απ' αυτή υπάρχει υαλοστάσιο (σε απόσταση περίπου 8 - 10 cm) για τη δέσμευση της ακτινοβολίας. Η απόδοση γενικά του συστήματος εξαρτάται απ' το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου, το πάχος και τα υλικά κατασκευής, καθώς και το χρώμα της εξωτερικής επιφάνειας. Για την καλή λειτουργία του συστήματος συνιστάται το βάθος του θερμαινόμενου χώρου

να μην υπερβαίνει τα 6 m. Ειδική κατηγορία των τοίχων θερμικής αποθήκευσης χωρίς θυρίδες αποτελούν οι τοίχοι νερού, οι οποίοι λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικής ικανότητας του νερού, απαιτούν γενικά μικρότερες επιφάνειες εφαρμογής.

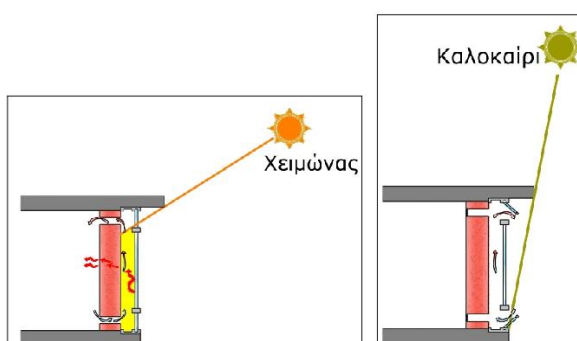
Τοίχος θερμικής αποθήκευσης θερμοσιφωνικής ροής (με θυρίδες)

Παραλλαγή της παραπάνω λύσης θερμικής αποθήκευσης αποτελεί ο τοίχος θερμοσιφωνικής ροής με θυρίδες ή τοίχος Trombe Michel, στο άνω και κάτω μέρος του οποίου διαμορφώνονται θυρίδες, που επιτρέπουν τη θερμική ροή και μέσω φυσικού θερμοσιφωνισμού. Ο τοίχος έχει πάχος συνήθως 20 - 30cm, είναι βαμμένος σε σκούρο χρώμα και συνδυάζεται με υαλοπίνακα σε απόσταση 6 - 10 cm περίπου.

Κατά τους χειμερινούς μήνες, τις πρωινές ώρες ο θερμός αέρας εισέρχεται στο εσωτερικό από τις θυρίδες, που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου, ενώ ο ψυχρός, εξαιτίας της υποπίεσης, εισέρχεται από τις χαμηλές θυρίδες στο χώρο μεταξύ γυαλιού και τοίχου, και ξαναθερμαίνεται. Το βράδυ, κλείνοντας τις θυρίδες, ο τοίχος λειτουργεί ως συμβατικός τοίχος θερμικής αποθήκευσης. Τους θερινούς μήνες, η επάνω θυρίδα κλείνει και ταυτόχρονα ανοίγει ένα τμήμα του υαλοστασίου στο άνω μέρος του για να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας. Για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος απαιτείται ηλιοπροστασία της συλλεκτικής επιφάνειας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με κινητά εξωτερικά πετάσματα. Σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη χειμερινή περίοδο συνιστώνται διπλοί υαλοπίνακες, καθώς και νυχτερινή προστασία με κινητά πετάσματα στο διάκενο.



Εικ. 4.1 Άμεσο κέρδος



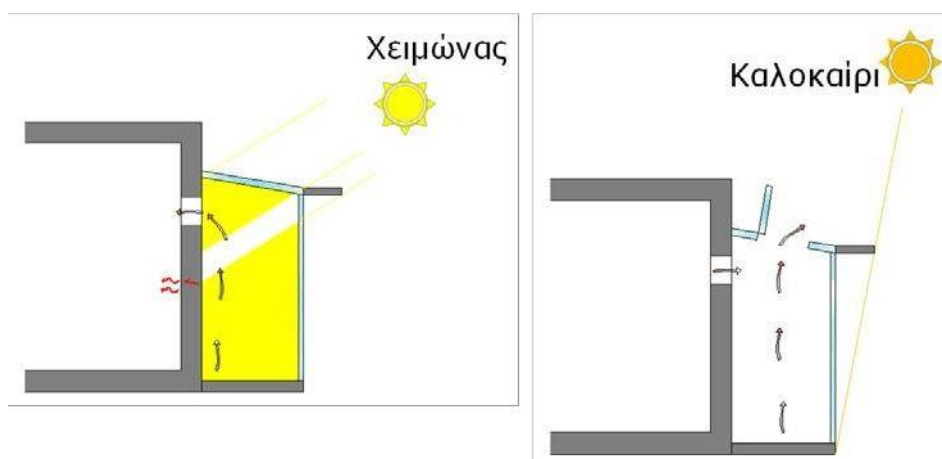
Εικ. 4.2 Τοίχος Trombe

Προσαρτημένο θερμοκήπιο - Ηλιακοί χώροι

Το θερμοκήπιο κατασκευάζεται από γυαλί στη νότια όψη του κτιρίου και προσαρτάται σ' αυτό. Το σύστημα έχει παρόμοια λειτουργία μ' αυτή του τοίχου θερμικής αποθήκευσης με τη διαφορά ότι το υαλοστάσιο δεν απέχει από τον τοίχο μερικά εκατοστά αλλά βρίσκεται σε ικανή απόσταση, ώστε να δημιουργείται κατάλληλος χώρος διημέρευσης ή ένας χώρος καλλιέργειας φυτών. Οι μέθοδοι μεταφοράς θερμότητας από το θερμοκήπιο στον εσωτερικό χώρο είναι είτε με απευθείας πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας είτε με μεταφορά του θερμού αέρα από το θερμοκήπιο στο χώρο με φυσική ροή ή εξαναγκασμένα. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος εξαρτάται από την επιφάνεια του διαχωριστικού τοίχου, το πάχος, το υλικό κατασκευής και το χρώμα της επιφάνειας. Η διαμόρφωση υδάτινου τοίχου επίσης βελτιώνει την αποθήκευση και τη μετάδοση της θερμότητας.

Ηλιακά αίθρια

Εσωτερικοί χώροι του κτιρίου οι οποίοι έχουν στην οροφή τους τζάμι και λειτουργούν όπως τα θερμοκήπια. Πρόκειται για αιθριακούς χώρους του κτηρίου οι οποίοι επικαλύπτονται με υαλοστάσια και η θερμική τους λειτουργία είναι παρόμοια με αυτή των θερμοκηπίων. Η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται από το γυάλινο στοιχείο της οροφής και συσσωρεύεται στον εσωτερικό χώρο του αίθριου. Ένα μέρος της μεταφέρεται στους περιβάλλοντες εσωτερικούς χώρους του κτηρίου μέσω ανοιγμάτων, ενώ η υπόλοιπη θερμική ενέργεια αποθηκεύεται στα δομικά στοιχεία. Κατά τη χειμερινή περίοδο το ηλιακό αίθριο λειτουργεί και ως χώρος θερμικής ανάσχεσης. Κατά τη θερινή περίοδο όμως, για την αποφυγή υπερθέρμανσης, απαιτείται αερισμός του αιθρίου μέσω ανοιγμάτων στη γυάλινη οροφή καθώς και πλήρης σκιασμός.



Εικ. 4.3 Προσαρτημένο θερμοκήπιο

4.4.3 Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

Θερμοσιφωνικό πανέλο ή αεροσυλλέκτης

Το θερμοσιφωνικό πανέλο είναι συλλέκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, ο οποίος δεν διαθέτει θερμική μάζα και είναι προσαρτημένος στο κτιριακό κέλυφος ή τοποθετείται ανεξάρτητα από αυτό. Επειδή απομονώνεται θερμικά από το κτίριο, ανήκει στην κατηγορία των παθητικών ηλιακών συστημάτων του «απομονωμένου κέρδους». Η θερμότητα που συλλέγεται από αυτό αποθηκεύεται είτε στα δομικά στοιχεία του κτιρίου είτε σε υποδαπέδια αποθήκη θερμότητας. Έχει νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως $\pm 30^\circ$ από το νότο και κλίση είτε κατακόρυφη, είτε υπό γωνία, με βέλτιστη κλίση τις 30-40 $^\circ$ για τον ελλαδικό χώρο.

Αποτελείται από υαλοπίνακα, τοποθετημένο σε μικρή απόσταση (2-5cm) μπροστά από μεταλλική επιφάνεια, σκούρου χρώματος (μαύρου) και το όλο σύστημα θερμομονώνεται. Συνδέεται με το κτίριο με θυρίδες εισροής και εκροής του αέρα του εσωτερικού χώρου προς και από το πανέλο. Οι θυρίδες αυτές τοποθετούνται καθ'όλο το πλάτος του πανέλου, με διάμετρο 20-30cm. Ο χώρος θερμαίνεται μέσω του φαινομένου του θερμοσιφωνισμού. Ο ψυχρός αέρας από το εσωτερικό του κτιρίου εισέρχεται στο κατώτερο μέρος του θερμοσιφωνικού πανέλου από την κατώτατη θυρίδα του όπου θερμαίνεται, ανέρχεται ως ελαφρότερος και εξέρχεται στον εσωτερικό χώρο από την ανώτατη θυρίδα του. [41]

4.5 Συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού

4.5.1 Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη σημαντικότερη και συνηθέστερη μέθοδο φυσικού δροσισμού, εφόσον γίνεται με τον κατάλληλο τρόπο.

Με το φυσικό δροσισμό επιτυγχάνονται τρία πράγματα:

- Απομακρύνεται η θερμότητα από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν
- Απομακρύνεται η αποθηκευμένη θερμότητα από τα δομικά στοιχεία του κτιρίου (όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα)
- Απομακρύνεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες.

Εν γένει ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι:

1. Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
2. Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
3. Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα

Ο φυσικός αερισμός μπορεί να γίνεται και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος. Μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις και ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους. Μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω κατηγορίες φυσικού αερισμού:

Διαμπερής φυσικός αερισμός (ημερήσιος ή νυκτερινός)

Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού.

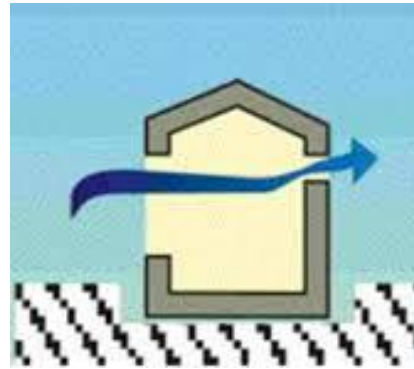
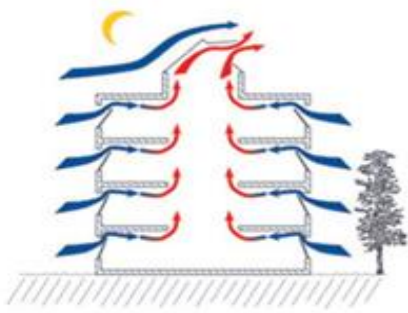
Ο νυκτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυκτερινός αερισμός συνεισφέρει και στην αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

Πύργος αερισμού

Ο πύργος αερισμού αξιοποιεί την δύναμη του ανέμου μεταφέροντας τον στο εσωτερικό. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμο πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα του κτηρίου. Εκμεταλλεύεται, έτσι, το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτήριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτηρίων. Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα.

Ηλιακή καμινάδα

Φέρει στη νότια ή νοτιοδυτική επιφάνειά της υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο). Εκμεταλλεύεται τον ήλιο για να θερμάνει την εσωτερική της επιφάνεια. Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi (βλέπε παραπάνω) και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Ο αέρας μέσα στην καμινάδα θερμαίνεται και ανεβαίνει προς τα πάνω και αντικαθίσταται από αέρα του σπιτιού. Έτσι επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα. Συνιστάται σε περιοχές με υψηλή σχετική υγρασία κατά τη θερινή περίοδο. Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές, μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου. [42]



Εικ. 4.4 Αερισμός

Αεριζόμενο κέλυφος

Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, είτε στο δώμα είτε στους εξωτερικούς τοίχους του κτηρίου με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής ή του τοίχου από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτηρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ως προς την κατασκευή του αεριζόμενου δώματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος. Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας, δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης.

Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων του κτηρίου, σε σχέση με την κατεύθυνση του δροσερού ανέμου, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο.

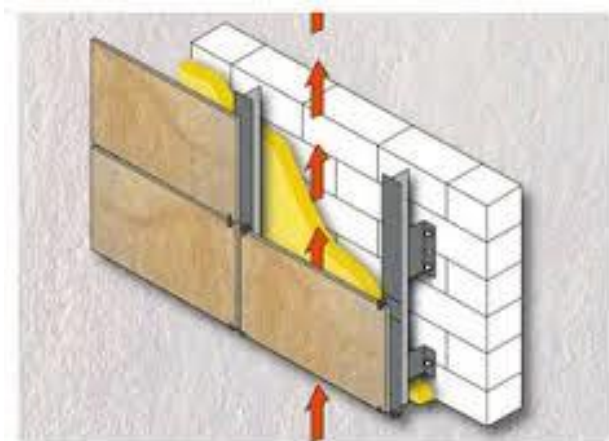
α) Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο τον χώρο. Ο τύπος αυτός αερισμού χαρακτηρίζεται ως διαμπερής. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε πιο ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας του αέρα και φυσικό δροσισμό σε όλους τους χώρους διαβίωσης.

β) Το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου πρέπει να είναι περίπου το ίδιο, αρκεί η θέση τους στην τομή του κτηρίου να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο, έτσι ώστε να

εξασφαλίζεται δροσιά στο επίπεδο ζωής. Στην περίπτωση αερισμού του κτηρίου μέσω αιθρίου ή μέσω υπερυψωμένου χώρου στο εσωτερικό του, τότε η μορφή του αερισμού χαρακτηρίζεται ως ανοδική.

4.5.2 Υβριδικός αερισμός

Το φαινόμενο του φυσικού αερισμού ενισχύεται με τη χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Η κίνηση του αέρα που δημιουργείται απάγει θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα συνεισφέροντας έτσι στην επίτευξη θερμικής άνεσης ενώ παράλληλα μειώνεται η αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων. [43]



Εικ. 4.5 Αεριζόμενο κέλυφος



Εικ. 4.6 Υβριδικός αερισμός

4.5.3 Ηλιοπροστασία

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων του κτιρίου είναι η βασικότερη τεχνική για τη μείωση των θερμικών φορτίων ενός κτιρίου τη θερινή περίοδο, καθώς η ηλιακή ακτινοβολία η οποία εισέρχεται μέσα από τα ανοίγματα αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή θερμότητας.

Η σωστή ηλιοπροστασία είναι βασική προϋπόθεση για την αποδοτική εφαρμογή κάθε άλλης τεχνικής για το δροσισμό ενός κτιρίου, είτε αυτός γίνεται με φυσικό είτε με τεχνητό τρόπο. Στην πρώτη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρηση των θερμοκρασιών μέσα στους χώρους σε ανεκτά επίπεδα και, συνεπώς στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης.

Στη δεύτερη περίπτωση συνεισφέρει σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη του κτιρίου και στη μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής που προκύπτει, καθώς υπάρχει σημαντικά μειωμένη θερμική επιβάρυνση από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη εισερχόμενη ακτινοβολία το καλοκαίρι, συνδυάζοντας όμως τη δυνατότητα φυσικού φωτισμού, αερισμού και θέας και φυσικά, να μην εμποδίζει τον απαραίτητο ηλιασμό κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Επίσης πρέπει να ελέγχεται και ο ηλιασμός των ανοιγμάτων κατά τις ενδιάμεσες περιόδους (άνοιξη-φθινόπωρο).

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων εξαρτάται από τον προσανατολισμό τους. Εν γένει ο νότιος προσανατολισμός ενδείκνυται στα κτίρια στο Βόρειο Ημισφαίριο, καθώς συνδυάζει τον απαιτούμενο ηλιασμό το χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι (που ο ήλιος βρίσκεται πιο ψηλά στον ορίζοντα) δέχεται λιγότερη ακτινοβολία, η οποία ελαχιστοποιείται με ένα απλό οριζόντιο σκιάστρο.

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

Η βασικότερη μέθοδος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι η σκίαση, δηλαδή η παρεμπόδιση των ηλιακών ακτίνων να φθάνουν στα παράθυρα. Το ίδιο το σχήμα του κτιρίου (εσοχές, εξοχές, διατάξεις σε σχήμα Γ ή Π, διαμόρφωση εσωτερικών αυλών ή στοών κ.λπ.), αλλά και ειδικά διαμορφωμένες προεξοχές (όπως πρόβολοι στο νότο) μπορούν να αποτελέσουν σύστημα σκίασης του κτιρίου. Επί πλέον, υπάρχει πληθώρα σκιάστρων για τα ανοίγματα, τα οποία διακρίνονται ανάλογα με τη θέση τους (εσωτερικά, εξωτερικά ή ενδιάμεσα των υαλοπινάκων), ανάλογα με τη γεωμετρία τους (κατακόρυφα, οριζόντια, σχαρωτά), ανάλογα με τη δυνατότητα χειρισμού τους (σταθερά ή κινητά) και τέλος, ανάλογα με το υλικό και τις θερμικές και οπτικές ιδιότητες τους και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Η σκίαση αποτελεί και μέσο ελέγχου του φυσικού φωτισμού και, ιδιαίτερα, της θάμβωσης, καθώς μειώνει την άμεση πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στους χώρους. Συνεπώς, κατά την επιλογή του κατάλληλου σκιάστρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η θερμική, όσο και η οπτική του απόδοση όλο το χρόνο.

4.5.3.1 Είδη ηλιοπροστασίας

1. Μόνιμα εξωτερικά σκίαστρα

Ένας οριζόντιος πρόβολος πάνω από ένα νότια προσανατολισμένο παράθυρο επιτρέπει στο χειμερινό ήλιο, που βρίσκεται χαμηλά στον ορίζοντα να περάσει στο εσωτερικό του κτιρίου, ενώ το καλοκαίρι τον εμποδίζει. Το μέγεθος του προβόλου αυτού εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρίσκεται το κτίριο. Για την Αθήνα, για παράδειγμα, καλές αναλογίες προβόλου είναι αυτές για τις οποίες η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της εξωτερικής πλευράς του σκιάστρου και του κατωφλιού του ανοίγματος είναι 55-60°.

Οι πρόβολοι που εκτείνονται δεξιά και αριστερά των ανοιγμάτων είναι πιο αποτελεσματικοί από πρόβλους που καλύπτουν μόνο το πλάτος του παραθύρου. Ένα οριζόντιο σκίαστρο δεν μπορεί να ανακόψει τις ηλιακές ακτίνες που έρχονται χαμηλά από την κατεύθυνση της ανατολής ή της δύσης κατά τη διάρκεια το καλοκαιριού. Για το λόγο αυτό, στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται τα μόνιμα κατακόρυφα σκίαστρα.

2. Κινητά σκίαστρα

Γενικά, από ενεργειακής πλευράς, είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται τα εξωτερικά σκίαστρα, καθώς είναι πιο αποτελεσματική η εμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας πριν περάσει το περίβλημα του κτιρίου. Εξωτερικά κινητά σκίαστρα μπορεί να είναι παντζούρια, περσίδες, τέντες, ρολά, κ.ά.

Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, όπως βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, κ.λπ., ή και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική. Επί πλέον, υπάρχουν σκίαστρα, συνήθως περσίδες, εσωτερικά του συστήματος του παραθύρου, ενδιάμεσα από διπλούς υαλοπίνακες.

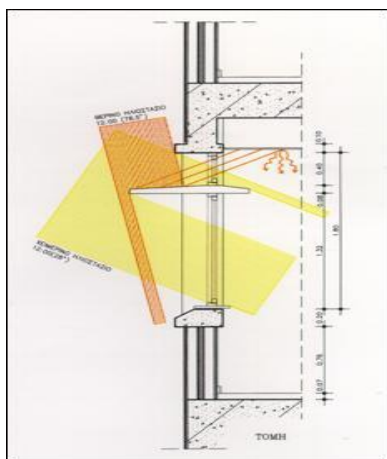
Κατά την επιλογή του σκιάστρου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα οπτικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία καθορίζουν και το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλούν, απορροφούν και, τελικά, αφήνουν να περάσει, καθώς και η συμβολή τους στα θέματα του φυσικού φωτισμού, θέας και αερισμού. Ένας γενικά οικονομικός συνδυασμός σκιάστρων που εξασφαλίζει την απαιτούμενη ηλιοπροστασία σε συνήθη κτίρια είναι σταθερά δομικά στοιχεία (οριζόντια ή κατακόρυφα, ανάλογα με τον προσανατολισμό) και εσωτερικά βενετικά στόρια, τα οποία επί πλέον, μπορούν να συνεισφέρουν και στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού (περιορίζοντας τη θάμβωση που προκαλείται από τα παράθυρα, μέσω της εκτροπής των ηλιακών ακτίνων προς την οροφή). Μια άλλη τεχνική, η οποία είναι ιδανική για μεσογειακά κλίματα είναι η χρήση των παραδοσιακών παντζουριών

με κινητά τμήματα και περιστρεφόμενες περσίδες, που εξασφαλίζουν ελεγχόμενη είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοπροστασία, ρύθμιση φυσικού φωτισμού) και δυνατότητα αερισμού, αλλά και νυχτερινή θερμική προστασία για το χειμώνα.

Τα κινητά σκίαστρα μπορεί να ελέγχονται χειροκίνητα, μηχανικά ή αυτόματα (π.χ. ανάλογα με την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, την εξωτερική ή εσωτερική θερμοκρασία). Ο αυτόματος χειρισμός τους μπορεί να ενταχθεί σε ένα σύστημα συνολικής ενεργειακής διαχείρισης του κτιρίου.

3. Ειδικοί υαλοπίνακες

Ένας άλλος τρόπος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων των κτιρίων είναι η χρήση ειδικών υαλοπινάκων. Υπάρχουν διάφορα είδη τέτοιων υαλοπινάκων: έγχρωμοι, απορροφητικοί, ανακλαστικοί, ημιδιαφανείς, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί κ.ά. με μεγάλη ποικιλία θερμικών και οπτικών ιδιοτήτων, κατάλληλοι για εφαρμογή σε κτίρια διαφόρων τύπων (βλ. χρήση βελτιωμένων υαλοπινάκων).



Εικ 4.7 Εξωτερικά σκίαστρα

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ			
Τύπος υαλοπίνακα	Πάχος υαλοπίνακα-διακένου-υαλοπίνακα (mm)	Αέριο διακένου	Συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/m ² K)
Μονός	6	-	5,7
Μονός	8	-	5
Διπλός	4-6-4	Αέρας	3,4
Διπλός	4-12-4	Αέρας	2,9
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-10-4	Αέρας	2,0 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αέρας	1,7 - 2,4
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-6-4	Αργό	2,1 - 2,6
Διπλός - χαμηλής εκπομπής	4-12-4	Αργό	1,3 - 1,7

Εικ. 4.8 Συντελεστές Θερμοπερατότητας Υαλοπινάκων

4. Βλάστηση

Ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος ηλιοπροστασίας του κτιρίου και των ανοιγμάτων του είναι και η χρήση βλάστησης είτε με κατάλληλα φυτεμένα φυλλοβόλα ή αειθαλή δέντρα, είτε με άλλα φυτά σε κατάλληλες θέσεις (πέργκολες, μπαλκόνια, κ.λπ.).

Τα φυλλοβόλα δέντρα έχουν το πλεονέκτημα ότι παρέχουν σταδιακή ηλιοπροστασία από την άνοιξη ως και το φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα αφήνουν τις ωφέλιμες ηλιακές ακτίνες να εισχωρούν στο κτίριο και έτσι, αποτελούν ιδανική λύση για νότιο προσανατολισμό. Ιδιαίτερα ωφέλιμη είναι η σκίαση που παρέχουν τα δέντρα (είτε αειθαλή είτε φυλλοβόλα) σε ανοίγματα με ανατολικό ή/και δυτικό προσανατολισμό.

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

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

4.6 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Κατάλληλα σχεδιασμένα συστήματα φυσικού φωτισμού αξιοποιούν το ηλιακό φως. Τα συστήματα φυσικού φωτισμού διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

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

α) Ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία

Τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές που αφορούν στο σχεδιασμό των ανοιγμάτων, στις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων, στα φωτομετρικά χαρακτηριστικά επιφανειών (υφή, χρώμα, φωτοδιαπερατότητα υλικών) και στη χρήση ανακλαστήρων, έτσι ώστε να υπάρχει επάρκεια και ομαλήκατανομή φυσικού φωτός μέσα στους χώρους. Οι συνηθέστερες τεχνολογίες φυσικού φωτισμού αφορούν υαλοπίνακες με συγκεκριμένες ιδιότητες, πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία, διαφανή μονωτικά υλικά και ανακλαστήρες (ράφια φωτισμού ή ανακλαστικές περσίδες).

β) Ανοίγματα Οροφής

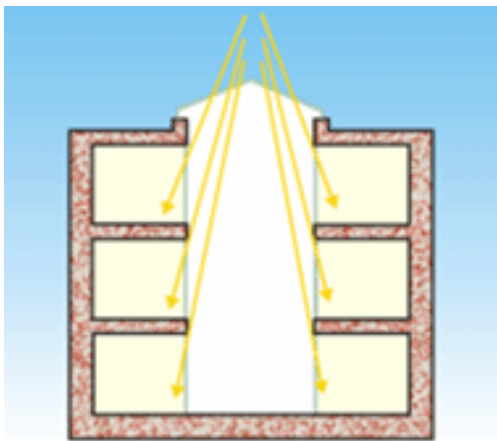
Τα ανοίγματα οροφής, τα οποία μπορεί να φέρουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες, παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία:

- Συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φωτός σε όλο το χώρο
- Παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός (που προτιμάται έναντι του άμεσου φωτός) από τον ουράνιο θόλο. Έχουν το μειονέκτημα, ωστόσο, ότι δέχονται μεγαλύτερη ηλιακή πρόπτωση το

καλοκαίρι από ότι το χειμώνα λόγω της οριζόντιας θέσης τους, δεδομένου ότι ο ήλιος κατά το θέρος είναι ψηλότερα. Για το λόγο αυτό συχνά συνιστώνται κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα στην οροφή, σε συνδυασμό με διατάξεις σκιασμού, όπως είναι οι ανακλαστήρες, περσίδες, ή κινητά πετάσματα. [44]

γ) Αίθρια

Τα αίθρια στο εσωτερικό ενός κτηρίου, συμβάλλουν στην βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, επιτρέποντας την είσοδο του φωτός στις κεντρικές ζώνες του κτηρίου με παράλληλη αύξηση της στάθμης του στους διάφορους χώρους. Επίσης βοηθούν στην ομοιογενή κατανομή διάχυτου φωτός που προέρχεται από το ουράνιο θόλο, με αποτέλεσμα την αποφυγή της ανεπιθύμητης εμφάνισης του φαινομένου της θάμβωσης. Εξασφαλίζουν, δηλαδή καλή οπτική άνεση για ένα κτήριο. Η στάθμη φωτισμού των διάφορων χώρων καθορίζεται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου, την ανακλαστικότητα των επιφανειών (τοιχών-δαπέδων) και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που βρίσκονται στους χώρους που περιβάλλουν το αίθριο [45]



Εικ. 4.9 Ανοίγματα οροφής



Εικ. 4.10 Αίθριο

δ) Ηλιοστάσια

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

ε) Φωτοσωλήνες

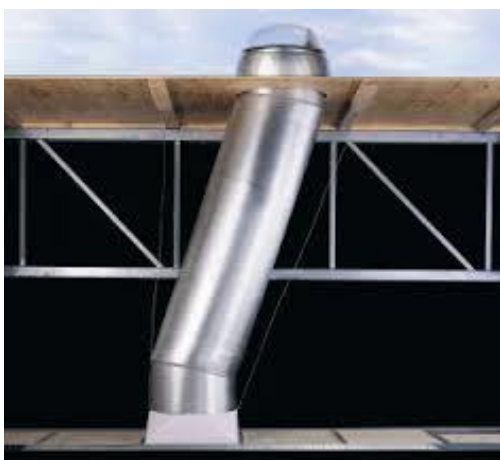
Πρόκειται για σωλήνες (light pipes) διαμέτρου 0,5 m περίπου, που εξέρχουν από την στέγη, διαπερνούν τη σοφίτα ή το δώμα και καταλήγουν στο εσωτερικό του κτηρίου. Η εσωτερική επιφάνεια τους είναι κατασκευασμένη από υψηλά ανακλαστικό υλικό ικανό να ανακλάσει το φως σε μεγάλο βαθμό. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας, το φως μεταφέρεται στο κτήριο χωρίς μεγάλες απώλειες.

Αν ο φωτοσωλήνας έχει διαφανή τοιχώματα, καθίσταται γραμμική φωτεινή πηγή σε όλο το μήκος του. Για να μεταφέρεται κατά το μέγιστο η φωτεινή δέσμη, πρέπει να προσπίπτει κάθετα στη διατομή του φωτοσωλήνα. Διαφορετικά θα πρέπει ο φωτοσωλήνας να είναι μικρού μήκους και μεγάλης διατομής. Υπάρχουν φωτοσωλήνες από μέταλλο και άκαμπτα πλαστικά, πλήρως ακριλικοί φωτοσωλήνες, ενώ στο εσωτερικό τους μπορούν να έχουν γυάλινες ή πλαστικές οπτικέςζίνες, οι οποίες τον καθιστούν ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν η εισερχόμενη φωτεινή δέσμη χρειάζεται να διανεμηθεί σε επιμέρους δέσμες.

Χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο, ιδίως σε κτήρια που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπως είναι αποθήκες και στο οικιακό τομέα, στους διαδρόμους και στους προθαλάμους-εισόδους. Δεν είναι σχετικά ακριβοί και εύκολα προσαρμόζονται σε υφιστάμενα κτήρια.

στ) Φωταγωγοί

Παραλλαγή των φωτοσωλήνων είναι οι φωταγωγοί (light ducts) οι οποίοι είναι αγωγοί που διαπερνούν το κτήριο κάθετα, ώστε να μεταδίδεται το φως σε όλους τους ορόφους. Συνηθέστερα, συνδυάζονται με ηλιοστατικούς καθρέφτες που ανακλούν το φως μέσα στον αγωγό, το οποίο μετά διαχέεται μέσω μιας σειράς από διαχυτικά τζάμια, κατάλληλης γεωμετρίας. Είναι δύσκολο, ωστόσο, να προσαρμοστούν σε υφιστάμενο κτήριο, λόγω των αλλαγών που χρειάζονται να γίνουν για τα ανοίγματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται μόνο σε καινούρια κτήρια. [46]



Εικ. 4.11 Φωτοσωλήνας



Εικ. 4.12 Φωταγωγός

5 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

5.1 Ηλιακοί συλλέκτες

Οι **επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες**, όπου πρόκειται για επίπεδες απορροφητικές μεταλλικές επιφάνειες, συνήθως μαύρες, που καλύπτονται με διαφανές κάλυμμα (γυάλινο ή πλαστικό) και τοποθετούνται σε ταράτσες ή στέγες κτιρίων. Οι επιφάνειες αυτές απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία, έπειτα η θερμότητα που συλλέγεται, μεταφέρεται στο ρευστό που περιέχεται σε λεπτούς σωλήνες που βρίσκονται σε επαφή με τις απορροφητικές επιφάνειες. Τέλος, το θερμαινόμενο ρευστό διοχετεύεται με τη βοήθεια μικρών αντλιών (κυκλοφορητές) σε μία μεμονωμένη δεξαμενή αποθήκευσης.

Επιπλέον, οι ηλιακοί συλλέκτες διαθέτουν ηλεκτρικά και πρόσθετα στοιχεία για θέρμανση του νερού τις νύχτες ή τις μέρες με συννεφιά. Ο προσανατολισμός και η κλίση του ηλιακού συλλέκτη παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοσή του και συγκεκριμένα, η μέγιστη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας συλλέγεται όταν ο συλλέκτης είναι προσανατολισμένος προς το Νότο με κλίση 30° - 60° ως προς τον ορίζοντα.

Οι συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες αποτελούνται από κοίλες επιφάνειες, ο άξονας των οποίων είναι απαραίτητως στραμμένος προς τον ήλιο, χρησιμοποιούνται δε σε εφαρμογές όπου απαιτούνται θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 180°C ή σε περιοχές με μικρή ηλιοφάνεια.

Οι **συλλέκτες κενού** αποτελούνται από δύο σωλήνες, έναν εξωτερικό γυάλινο ο οποίος επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να διέλθει και έναν εσωτερικό (που περιβάλλεται από τον πρώτο) μαύρο και τραχύ ώστε να απορροφά την ακτινοβολία. Ανάμεσα στους δύο σωλήνες υπάρχει κενό αέρος που δεν επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας προς τα έξω. Η θερμότητα αυτή απάγεται με νερό. Οι συλλέκτες αυτοί είναι ευρέως διαδεδομένοι στις βόρειες χώρες της Ευρώπης εξαιτίας του γεγονότος ότι επιτυγχάνουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες (άνω των 100°C).

Τέλος, οι **ηλιακοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα** βρίσκουν εφαρμογή μόνο σε κολυμβητικές δεξαμενές, όπου η επιθυμητή θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή (25οC). Τα πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν απαιτείται επιπρόσθετος εξοπλισμός, όπως για παράδειγμα μονάδα αποθήκευσης ή εναλλάκτες θερμότητας, που επιβαρύνει τον προϋπολογισμό.

5.2 Συστήματα υψηλής θερμοκρασίας

Τα ενεργητικά συστήματα υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν κάτοπτρα για να συγκεντρώσουν σε μια σημειακή ή γραμμική εστία την ηλιακή ενέργεια που πέφτει πάνω τους, ώστε να αναπτυχθεί σε αυτή υψηλή θερμοκρασία. Πάνω στην εστία τοποθετούνται σωλήνες μέσα στους οποίους περνάει κάποιο ρευστό, το οποίο θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις επιθυμητές εφαρμογές, όπως τήξη μετάλλων, ηλεκτροπαραγωγή κ.α. Ειδικά για την αύξηση των κατόπτρων σημειακής εστίας χρησιμοποιούνται διατάξεις παρακολούθησης της πορείας του ήλιου.

Τα συστήματα αυτά δηλαδή, μπορούμε να πούμε ότι χρησιμοποιούν ηλιακούς λέβητες, αλλά για να χρησιμοποιηθούν πρακτικά πρέπει να συνοδεύονται είτε από σύστημα αποθήκευσης της ενέργειας, ώστε αυτή να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί τις ώρες που δεν έχουμε ηλιοφάνεια, είτε από εναλλακτικό σύστημα παροχής ενέργειας, δηλαδή λέβητα συμβατικών καυσίμων που θα εξασφαλίζει τότε την απαιτούμενη ενέργεια.

5.3 Ηλιακά συστήματα αέρος

Η λειτουργία των ηλιακών συστημάτων αέρος βασίζεται στην κυκλοφορία θερμού αέρα διαμέσου αγωγών από και προς τον ηλιακό συλλέκτη. Η παραγόμενη θερμότητα αποθηκεύεται σε κατάλληλα αποθηκευτικά συστήματα. Τα συστήματα αέρος προσφέρονται για θέρμανση χώρων, καθώς ο αέρας διοχετεύεται κατευθείαν στην κατανάλωση χωρίς την παρεμβολή εναλλακτών θερμότητας. Πλεονεκτήματά τους είναι ότι δεν χρειάζονται αντιψυκτική προστασία και έχουν χαμηλό κόστος λειτουργίας. Ωστόσο, παρουσιάζουν μια σειρά τεχνικών δυσκολιών στη μεταφορά και διανομή του αέρα, οι οποίες όμως αντιμετωπίζονται με τον συνδυασμό των ηλιακών με συμβατικά συστήματα διανομής θερμού αέρα.



Εικ. 5.1 Κάτοπτρα



Εικ. 5.2 Ηλιακός θερμοσίφωνας

5.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα (Φ/Β) είναι βιομηχανικές διατάξεις μετατροπής της διαθέσιμης ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στην ουσία πρόκειται για ηλεκτρογεννήτριες που συγκροτούνται από πολλά φωτοβολταϊκά στοιχεία σε επίπεδη διάταξη που έχουν ως βάση λειτουργίας το φωτοβολταϊκό φαινόμενο.

Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική και ανακαλύφθηκε το 1839 από τον Εντμόντ Μπεκερέλ (Alexandre-Edmond Becquerel). Πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (DC). Στη συνέχεια, το συνεχές ρεύμα αποθηκεύεται και μέσω ενός μετατροπέα τάσεως (inverter) μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο (AC), το οποίο χρησιμοποιούν οι περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές.

Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (module), τυπικής ισχύος από 20W έως 300W. Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος το ηλιακό στοιχείο (solar cell), που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός μικρού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).

Κάθε Φ/Β στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου (Si). Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην ένωση των στρωμάτων δημιουργείται ένα ηλεκτρικό

πεδίο, που μπορεί να αξιοποιηθεί με τη σύνδεση ηλεκτροδίων στις δύο πλευρές της ένωσης. Το πυρίτιο (Si) είναι η βάση για το 90% περίπου της παγκόσμιας παραγωγής Φ/Β.

Όσον αφορά τη δομή, το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

1. Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς
2. Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης)- πλέον δεν χρησιμοποιούνται, εκτός σε απομακρυσμένες εγκαταστάσεις όπως είναι π.χ. οι Φάροι, διαφορετικά η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το υφιστάμενο δίκτυο της ΔΕΗ
3. Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση
4. Εφεδρική γεννήτρια.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε κτίρια αποτελούν δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, ενώ ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με σημαντικό πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο των υλικών όσο και της ενέργειας.

Η βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο συνδυασμό του προσανατολισμού και της κλίση των Φ/Β συστημάτων που εγκαθίστανται στα κτίρια. Αυτό που είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των ΦΒ πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα. Ιδίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος.



(α)



(β)

Εικ. 5.3 Δύσκαμπα Φωτοβολταϊκά

6 ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της υφιστάμενης κατάστασης του Εργαστηρίου των Μεταλλικών Κατασκευών. Στη συνέχεια, γίνεται περιγραφή του υπό μελέτη κτηρίου με αναλυτικότερη περιγραφή της χρήσης των χώρων κάθε ορόφου παραθέτοντας και αντίστοιχες κατόψεις. Τέλος, παρουσιάζονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά κατασκευής και λειτουργίας του κτηρίου και τα βασικότερα προβλήματα που καταγράφηκαν από τις επισκέψεις στους διάφορους χώρους.



Εικ. 6.1 προοπτική όψη του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών (πηγή www.labmetalstructures.civil.ntua.gr)

6.2 Γενικά στοιχεία του κτιρίου του τομέα των Μεταλλικών Κατασκευών

Το Εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών βρίσκεται στον ευρύτερο χώρο των κτηρίων της σχολής των Πολιτικών Μηχανικών στην ανατολική πλευρά της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου στους πρόποδες του Υμηττού.



Εικ. 6.2 Τοποθεσία του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Ο κύριος προσανατολισμός του κτιρίου είναι δυτικός και οι ακριβείς του γεωγραφικές συντεταγμένες είναι: γεωγραφικός πλάτος $37^{\circ}58'37.02''$ Βόρεια και γεωγραφικό μήκος $23^{\circ}46'45.21''$ Ανατολικά [Google Earth].

Ιδρύθηκε το 1965 αλλά επισήμως εντάχθηκε στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. το 1983. Από το 2003 στεγάζεται σε δικό του κτίριο το οποίο περιέχει το χώρο των δοκιμών, γραφεία προσωπικού, ένα αμφιθέατρο, PC lab, το χώρο των αγκυρώσεων καθώς και άλλους βοηθητικούς χώρους και αποθήκες.

6.3 Περιγραφή των χώρων του κτιρίου

Το υπό μελέτη κτήριο έχει κάλυψη περίπου 2265 m^2 και αναπτύσσεται σε πέντε επίπεδα. Πιο αναλυτικά, το κτήριο έχει δύο υπόγεια απ' τα οποία το πρώτο βρίσκεται σε στάθμη -5.45 m και καταλαμβάνει 150 m^2 χώρο, ενώ το δεύτερο βρίσκεται σε στάθμη -9 m και καταλαμβάνει περίπου 1000 m^2 . Τα δύο υπόγεια επίπεδα στεγάζουν κυρίως γραφεία προσωπικού, ενώ στο δεύτερο υπόγειο υπάρχει ο χώρος των αγκυρώσεων καθώς και κάποιες αποθήκες.



Εικ. 6.3 Κάτοψη δεύτερου υπογείου



Εικ. 6.4 Κάτοψη πρώτου υπογείου

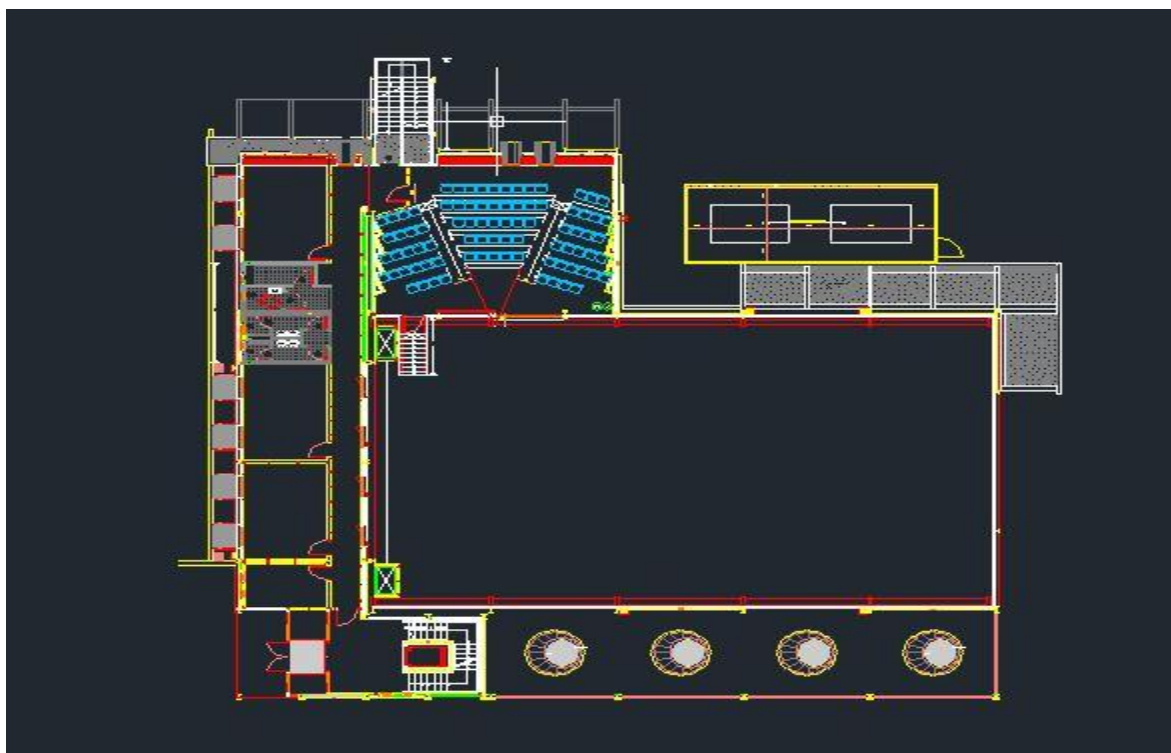
Χώροι δεύτερου υπογείου	Εμβαδά (m²)
Γραφεία προσωπικού	120
Διάδρομος	30
Χώρος αγκυρώσεων	665
Βοηθητικοί Χώροι	185
Σύνολο	1000

Πιν. 6.1 Εμβαδά χώρων δεύτερου υπογείου

Χώροι πρώτου υπογείου	Εμβαδά (m²)
Γραφεία προσωπικού	120
Διάδρομοι	30
Σύνολο	150

Πιν. 6.2 Εμβαδά χώρων πρώτου υπογείου

Το ισόγειο που βρίσκεται σε στάθμη 0 m καταλαμβάνει συνολικό χώρο περίπου 215 m² στον οπία περιλαμβάνονται ο διάδρομος(30 m²), οι χώροι των γραφείων του προσωπικού(103 m²), καθώς και ο χώρος του αμφιθεάτρου(82 m²).



Εικ. 6.5 Κάτοψη ισογείου

Χώροι ισογείου	Εμβαδά (m ²)
Γραφεία προσωπικού	103
Διάδρομος	30
Αμφιθέατρο	82
Σύνολο	215

Πιν 6.3 Εμβαδά χώρων ισογείου

Ο πρώτος όροφος καταλαμβάνει 160 m² απ' τα οποία τα 130 m² είναι γραφεία προσωπικού και τα υπόλοιπα 30 m² είναι ο χώρος του διαδρόμου.

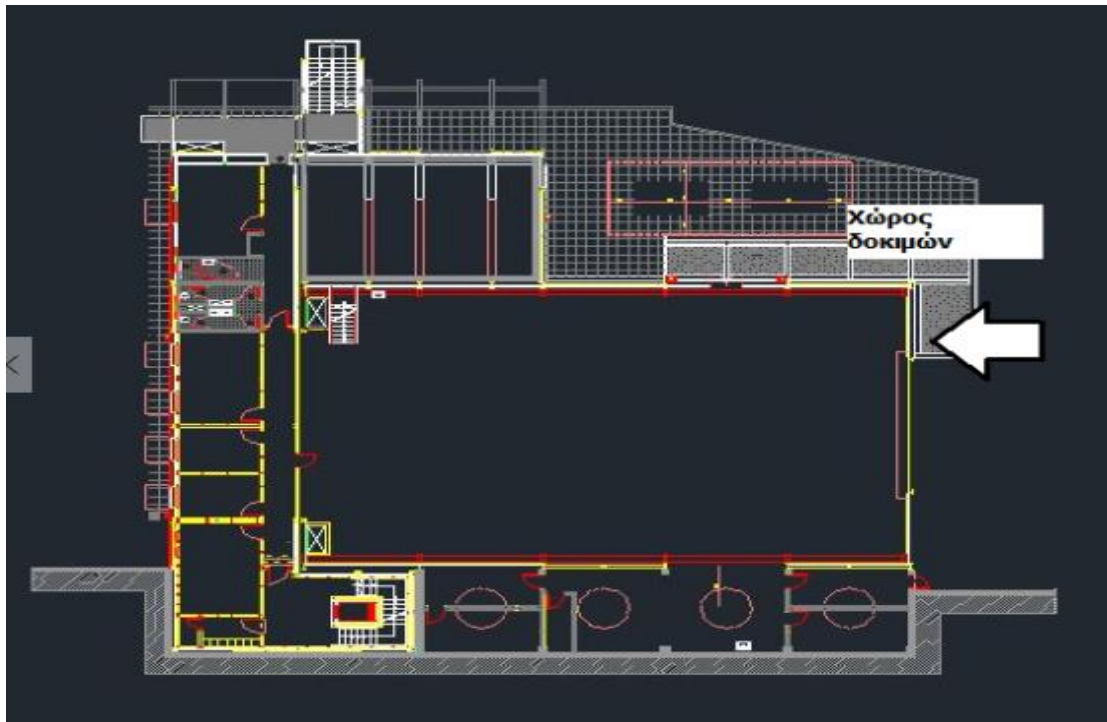


Εικ. 6.6 Κάτοψη πρώτου ορόφου

Χώροι ορόφου	Εμβαδά (m ²)
Γραφεία προσωπικού	130
Διάδρομος	30
Σύνολο	160

Πιν. 6.4 Εμβαδά χώρων πρώτου ορόφου

Τέλος, ο χώρος των δοκιμών υψώνεται στις τρεις ανώτερες στάθμες και καταλαμβάνει χώρο περίπου 740 m².



Εικ. 6.7 Κάτοψη χώρου δοκιμών

6.4 Βασικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του κτηρίου

Ο φέρων οργανισμός του κτηρίου στις τρεις ανώτερες στάθμες είναι κατά κύριο λόγο κατασκευασμένος από χάλυβα, ενώ το δεύτερο υπόγειο είναι κατασκευασμένο από εμφανές οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τα πατώματα και οι οροφές είναι κατά κύριο λόγο σύμμικτες κατασκευές εκτός από του δεύτερου υπογείου που αποτελούνται από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Τέλος οι εξωτερικοί τοίχοι του κτηρίου, στα τρία ανώτερα επίπεδα αποτελούνται κυρίως από πάνελ βιομηχανικής παραγωγής, ενώ στο δεύτερο υπόγειο η τοιχοποιία αποτελείται κυρίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.

6.5 Βασικά προβλήματα του κτιρίου

Σημαντικό πρόβλημα στη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου αποτελεί η αυξημένη διήθηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Τόσο τα κενά που υπάρχουν στις ενώσεις των πάνελ λόγω της μη τήρησης του σχεδίου από τον εργολάβο, όσο και η ανυπαρξία κουφωμάτων στις εξωτερικές πόρτες, επιτρέπουν στον αέρα να διεισδύει ανεμπόδιστα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη αθέλητων θερμικών απωλειών τους χειμερινούς μήνες και αθέλητων θερμικών κερδών τους θερινούς μήνες.



Εικ. 6.8 Κενά ενώσεων

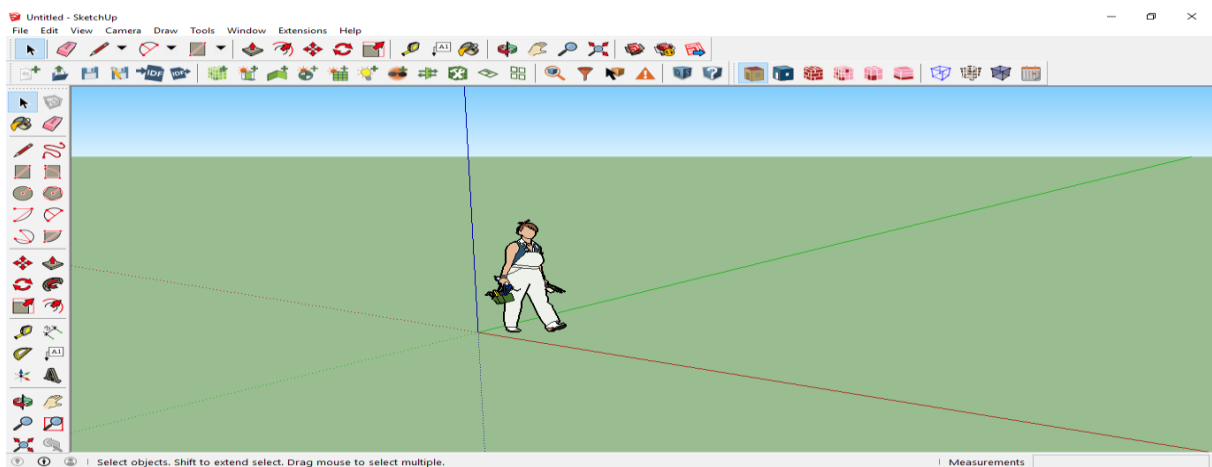
Επίσης, σημαντικό πρόβλημα που παρατηρήθηκε κατά τις συνομιλίες με τους χρήστες του κτιρίου είναι ότι το σύστημα θέρμανσης και ψύξης ενεργοποιείται από σημείο έξω από το εργαστήριο. Το γεγονός αυτό καθιστά δύσκολο το χειρισμό του θερμοστάτη από τους χρήστες του κτιρίου.

7 ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

7.1 Γενική περιγραφή των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν

Τα τρία προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση του κτιρίου είναι το **SketchUp**, το **OpenStudio plug-in** και το **EnergyPlus**.

Το **SketchUp** είναι ένα πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης ευρείας χρήσης, με εφαρμογές αξιοποιήσιμες τόσο στην αρχιτεκτονική, την εσωτερική διακόσμηση, τις ταινίες και το σχεδιασμό βιντεοπαιχνιδιών, όσο και από πολιτικούς και μηχανολόγους μηχανικούς.



Εικ. 7.1 Οθόνη εισαγωγής Sketch Up

Το **OpenStudio** αποτελεί μια πλατφόρμα εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη της ενεργειακής προσομοίωσης ενός κτιρίου. Η λειτουργία legacy OpenStudio plug-in που προσφέρει το λογισμικό OpenStudio αποτελεί ένα μέσο γραφικής ενεργειακής μοντελοποίησης που υποστηρίζεται και “φιλοξενείται” στον περιβάλλοντα χώρο του SketchUp με τη μορφή μια επιπρόσθετης “ηλεκτρονικής εργαλειοθήκης”. Κατά το σχεδιασμό της γεωμετρίας στο περιβάλλον του SketchUp γίνεται συνδυασμός τόσο των εργαλείων του, όσο και αυτών του legacy OpenStudio plug-in: το τελευταίο, με το που σχεδιάζει ο χρήστης μια επιφάνεια, αυτόματα μετατρέπει το αρχείο σχεδιασμού, που την περιέχει, σε μορφή (.idf) αναγνώσιμη από το EnergyPlus.



Εικ. 7.2 Toolbar του Openstudio plug-in στο Sketch Up

Το **EnergyPlus** είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης και ενεργειακής ανάλυσης θερμικών φορτίων. Βασίζεται στην περιγραφή του κτιρίου από τον χρήστη και του δίνει την δυνατότητα της ενεργειακής ανάλυσης του κτιρίου ως προς ένα μεγάλο εύρος παραμέτρων, όπως ο φωτισμός, η θέρμανση/ψύξη, ο αερισμός κι άλλες ροές ενέργειας, γεγονός που οδηγεί τελικώς σε μια αρκετά αντιπροσωπευτική προσομοίωση του κτιρίου. Για την υλοποίηση της κτιριακής προσομοίωσης το Energy Plus παρέχει, μεταξύ άλλων, τα υποπρογράμματα: **IDF Editor** και **EP-Launch** τα οποία αντίστοιχα εξυπηρετούν στη δημιουργία/επεξεργασία αρχείων εισόδου και την εκτέλεση προσομοιώσεων.

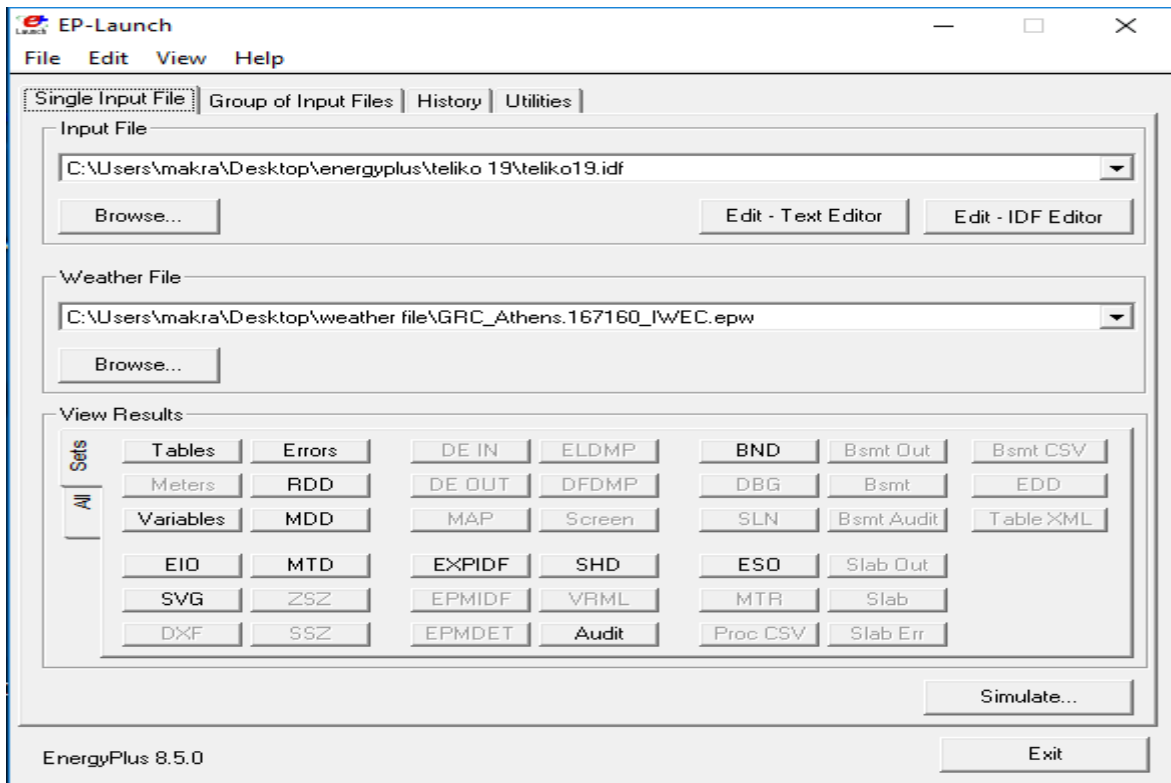


Fig. 7.3 Energy Plus Launch

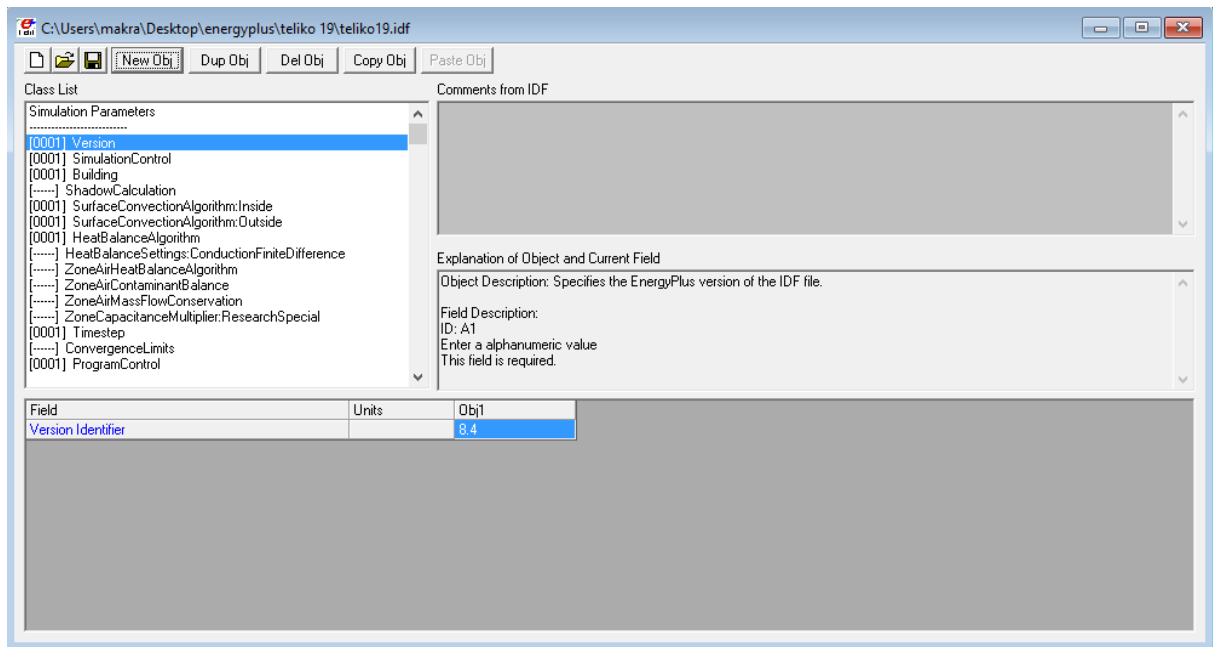


Fig. 7.4 IDF editor

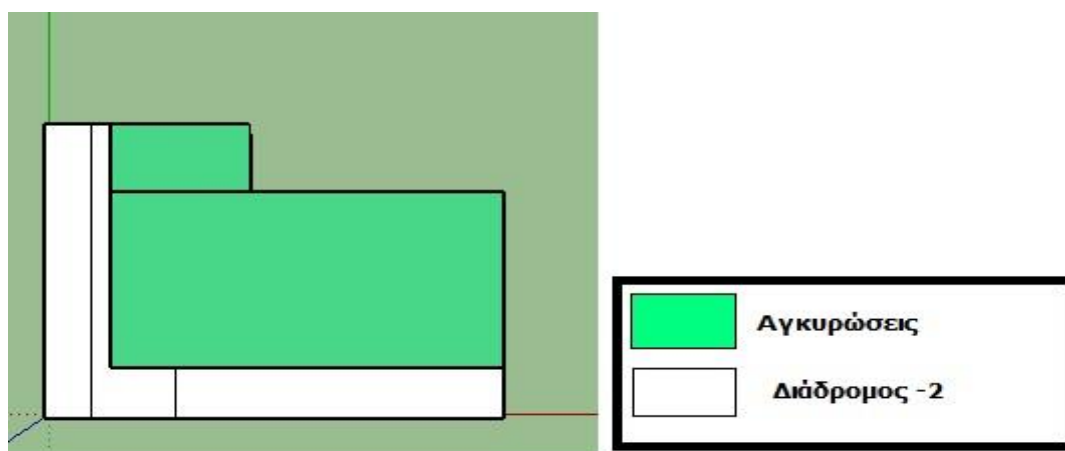
7.2 Σχεδιασμός κτιρίου στο SketchUp

Το πρώτο βήμα ήταν ο χωρισμός των εσωτερικών χώρων σε **θερμικές ζώνες** σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζει η Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, βλ. Παράρτημα Α). Ως θερμική ζώνη ορίζεται το σύνολο των χώρων μέσα στο κτίριο με όμοιες απαιτούμενες εσωτερικές συνθήκες, με παρόμοια χρήση, ίδιο προφίλ λειτουργίας ή/και κοινά ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα. Το κτίριο χωρίστηκε σε οκτώ θερμικές ζώνες.

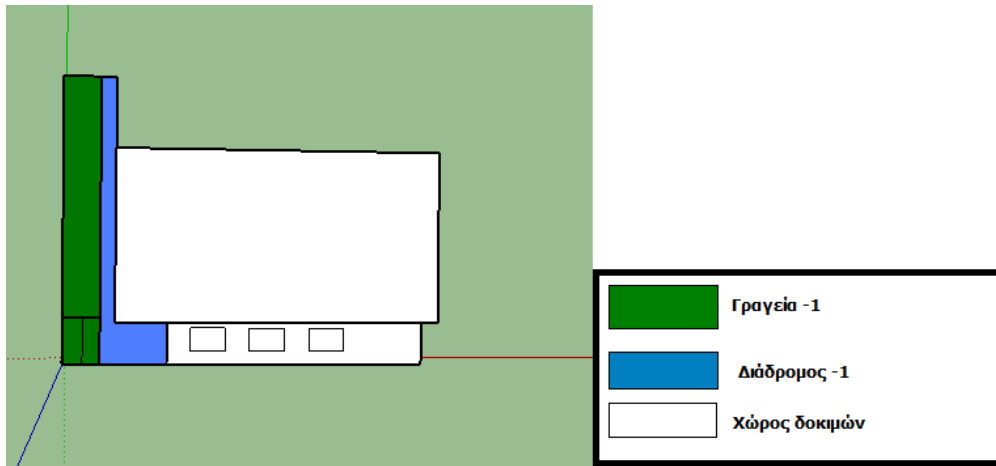
Παρακάτω φαίνονται συγκεντρωτικά οι θερμικές ζώνες που δημιουργήθηκαν.

Θερμική Ζώνη 1 / Thermal Zone 1	Διάδρομος και βοηθητικοί χώροι (επίπεδο -2)
Θερμική Ζώνη 2 / Thermal Zone 2	Χώρος αγκυρώσεων
Θερμική Ζώνη 3 / Thermal Zone 3	Χώρος δοκιμών
Θερμική Ζώνη 4 / Thermal Zone 4	Αμφιθέατρο
Θερμική Ζώνη 5 / Thermal Zone 5	Διάδρομοι (επίπεδα -1, 0, +1)
Θερμική Ζώνη 6 / Thermal Zone 6	Χώροι εργασίας προσωπικού (επίπεδο -1)
Θερμική Ζώνη 7 / Thermal Zone 7	Χώροι εργασίας προσωπικού (επίπεδο 0)
Θερμική Ζώνη 8 / Thermal Zone 8	Χώροι εργασίας προσωπικού (επίπεδο +1)

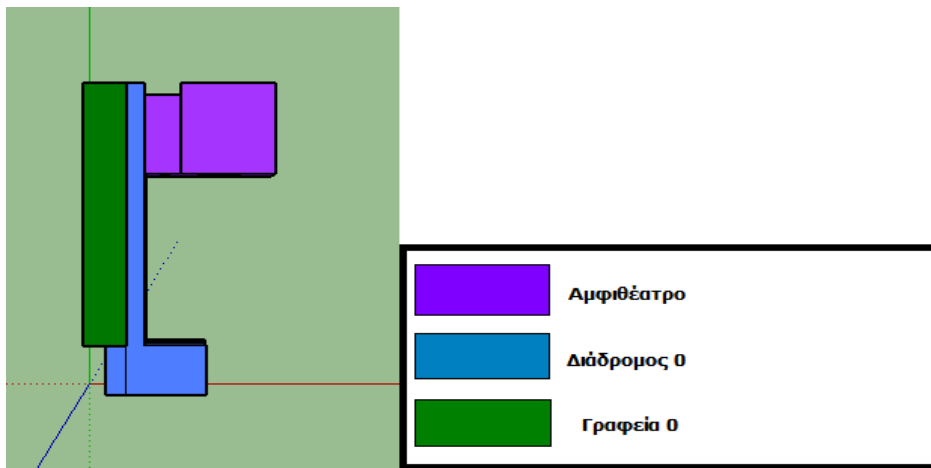
Πιν. 7.1 Θερμικές ζώνες και ποιους χώρους αντιπροσωπεύουν



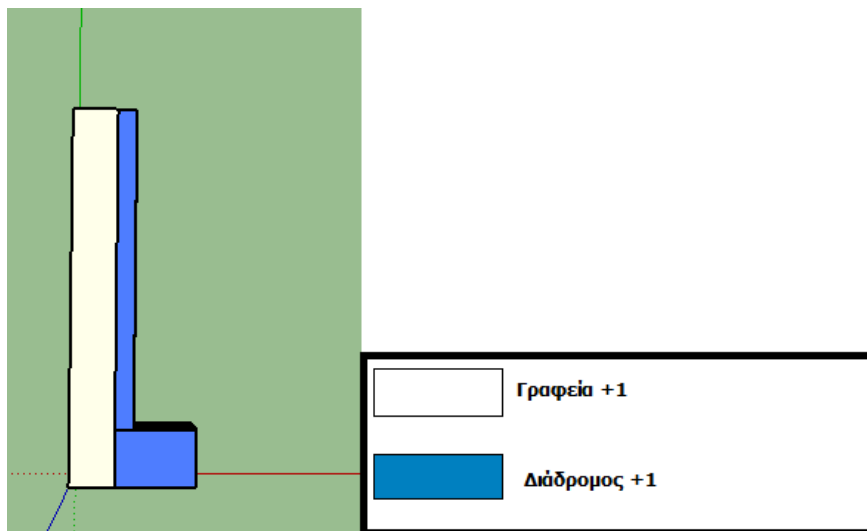
Εικ. 7.5 Θερμικές ζώνες -2



Εικ. 7.6 Θερμικές ζώνες -1

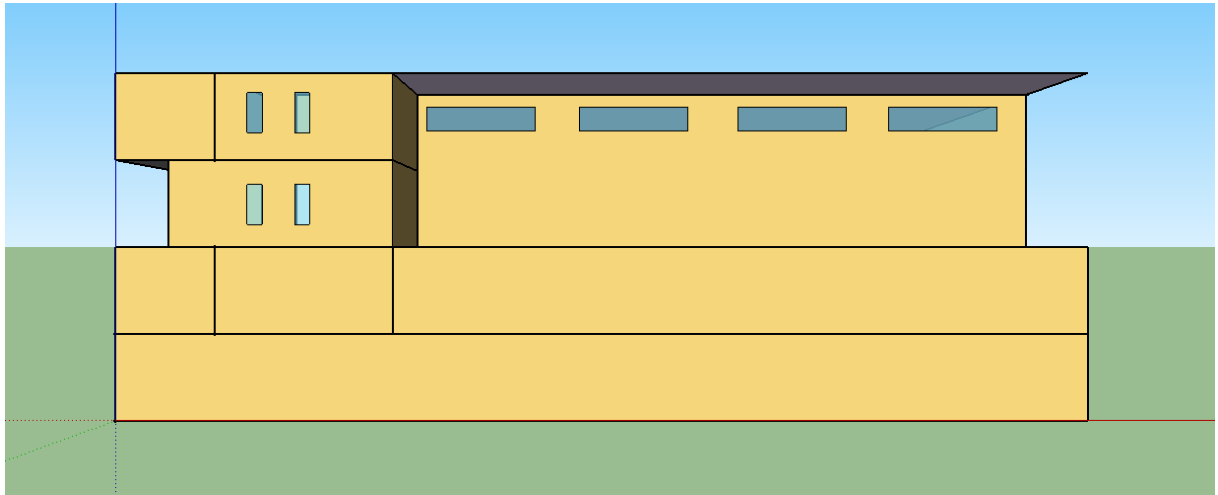


Εικ. 7.7 Θερμικές ζώνες 0

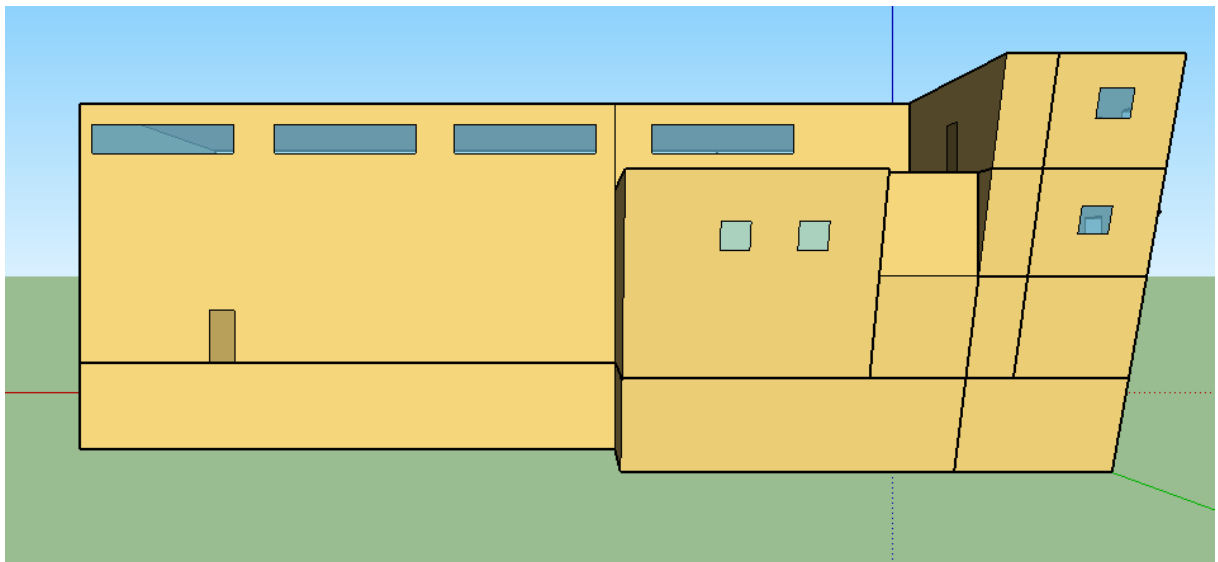


Εικ. 7.8 Θερμικές ζώνες +1

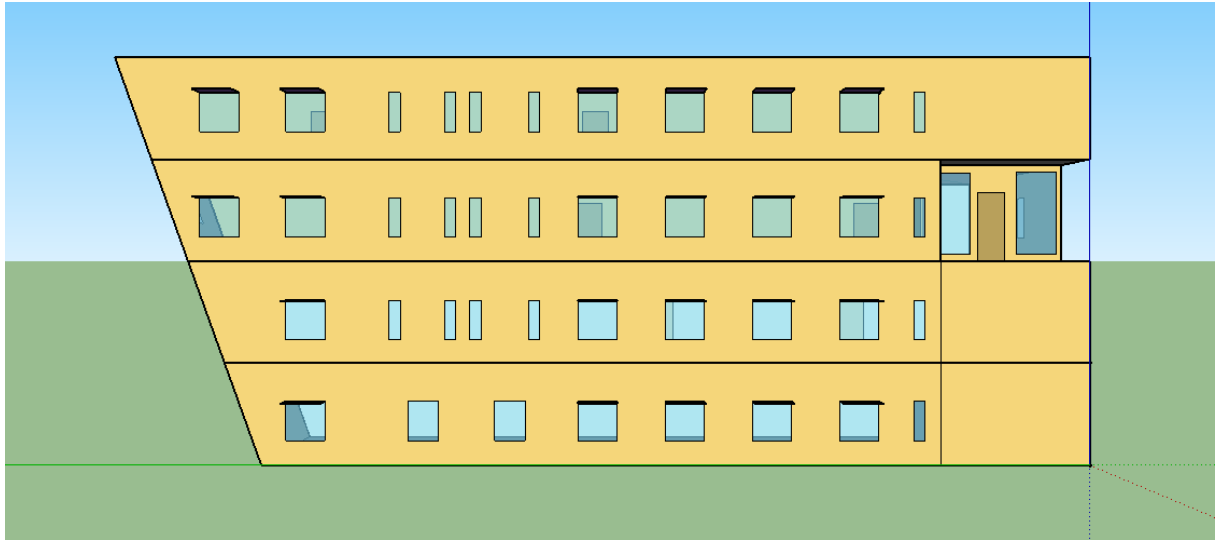
Στη συνέχεια αποτυπώθηκε το κτίριο στο SketchUp σύμφωνα με τον προσανατολισμό του. Πιο συγκεκριμένα το SketchUp διαθέτει ένα σύστημα τριών αξόνων, τον μπλε, τον κόκκινο και τον πράσινο που αντιστοιχούν στο ύψος, το μήκος και το πλάτος, με τον κόκκινο άξονα να έχει φορά προς την Ανατολή. Σύμφωνα με το παραπάνω το κτίριο σχεδιάστηκε κατά μήκος του κόκκινου άξονα.



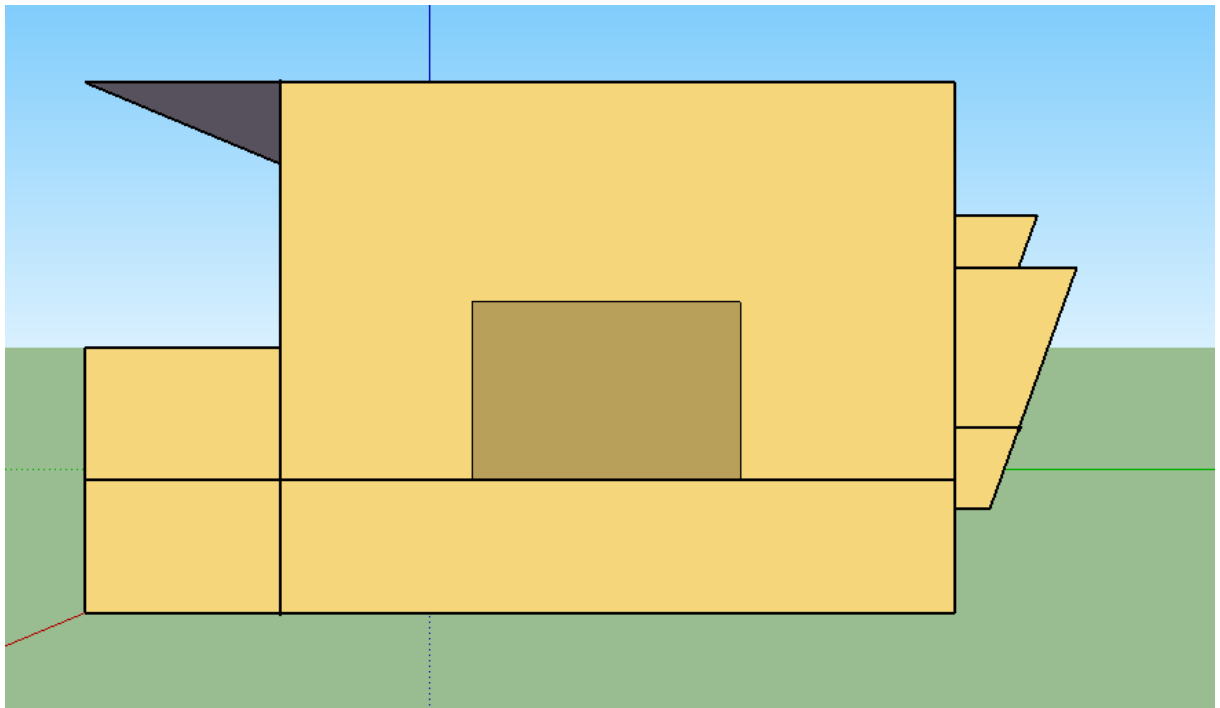
Εικ. 7.9 Νότια όψη κτηρίου



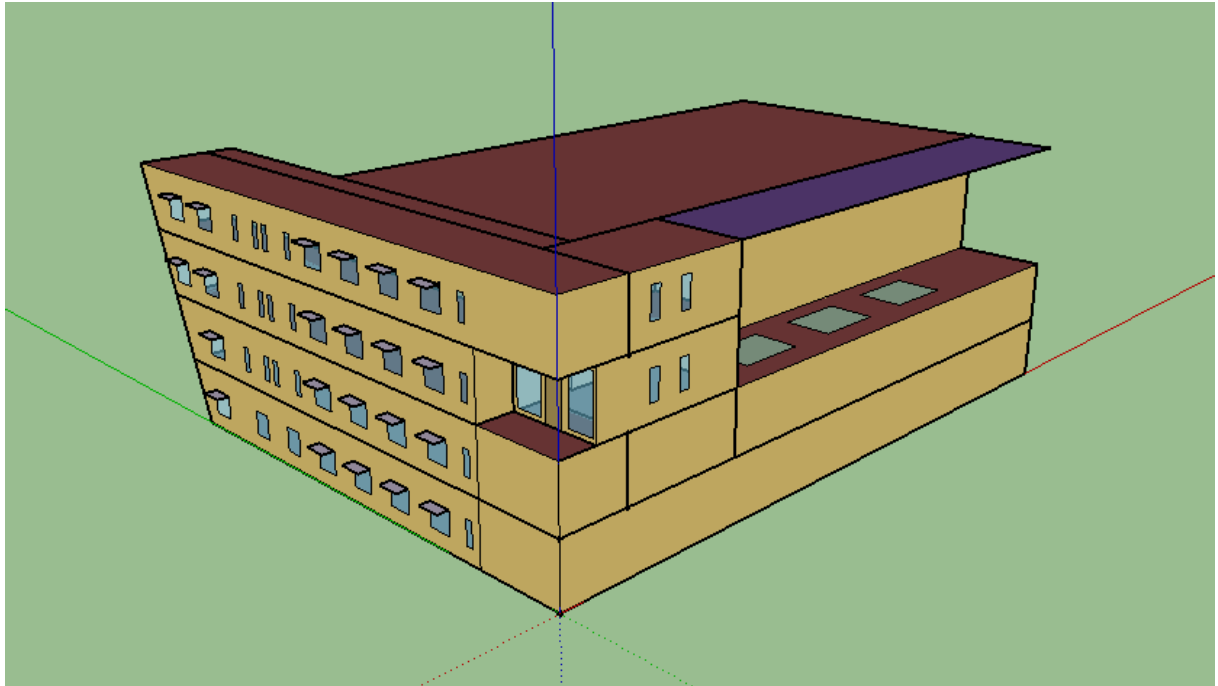
Εικ. 7.10 Βόρεια όψη κτηρίου



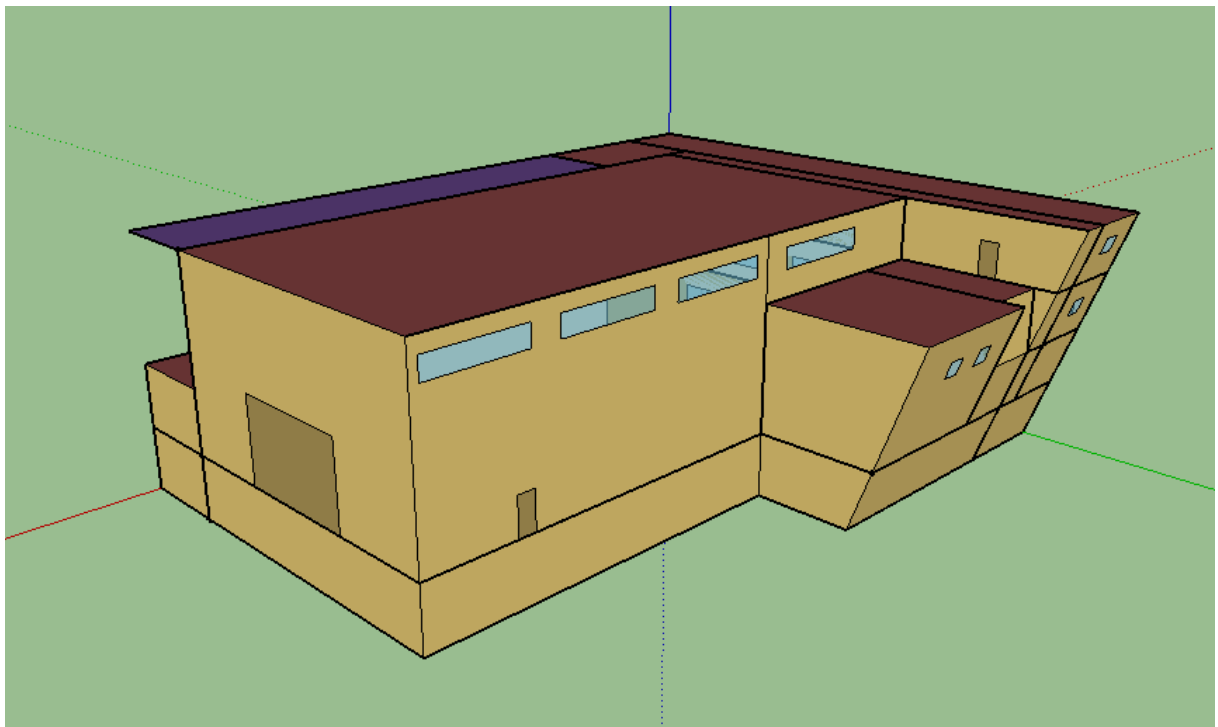
Εικ. 7.11 Ανατολική όψη κτιρίου



Εικ. 7.12 Δυτική όψη κτιρίου



Εικ. 7.13 Προοπτική όψη κτιρίου 1



Εικ. 7.14 Προοπτική όψη κτιρίου 2

Τέλος, με την επιλογή export to idf η τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου μετατράπηκε σε αρχείο όπου μέσω του EnergyPlus αναλύθηκε ενεργειακά.

7.3 Εισαγωγή στοιχείων της προσομοίωσης μέσω του EnergyPlus

Το EnergyPlus μέσω των υποπρογραμμάτων EP-Launch και IDF-Editor μπορεί να επεξεργαστεί διάφορες κατηγορίες παραμέτρων οι οποίες επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Από την ευρεία λίστα που παρέχεται στο χρήστη μέσω του IDF Editor δόθηκαν πληροφορίες για τις παρακάτω κατηγορίες.

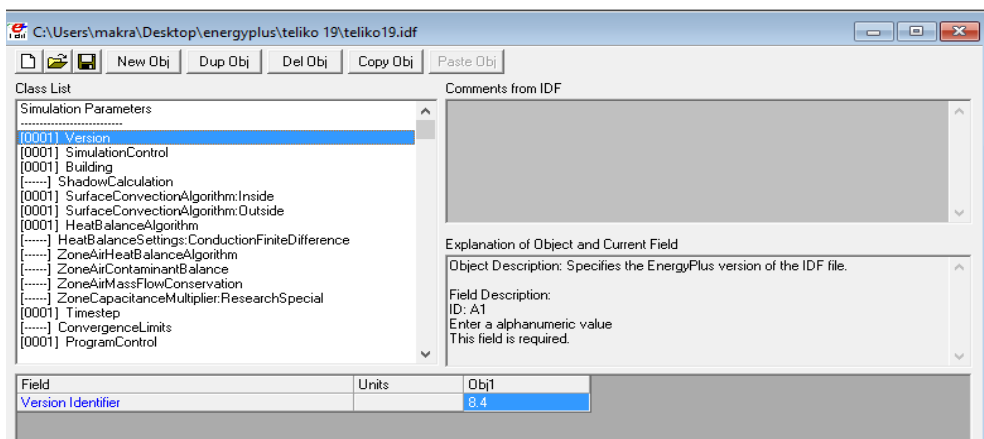
Όνομασίες των κατηγοριών στο IDF Editor	Επεξήγηση
Simulation Parameters	Παράμετροι προσομοίωσης
Location and Climate	Τοποθεσία και κλίμα
Schedules	Χρονοδιαγράμματα
Surface Construction Elements	Κατασκευαστικά στοιχεία επιφανειών
Thermal Zones and Surfaces	Θερμικές ζώνες και επιφάνειες
Internal Gains	Εσωτερικά θερμικά κέρδη
Zone Airflow	Ροή αέρα
HVAC Templates	Πρότυπα Θέρμανσης/Αερισμού/Κλιματισμού

Πιν. 7.2 Ονομασίες κατηγοριών στο IDF Editor

7.3.1 Simulation Parameters

Στην κατηγορία αυτή εισήχθησαν γενικά δεδομένα που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίστηκε η προσομοίωση του υπό μελέτη κτιρίου. Συμπληρώθηκαν λοιπόν οι παρακάτω υποκατηγορίες. Στην υποκατηγορία «**Versio**n» αναφέρεται η έκδοση του EnergyPlus το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην υπό μελέτη προσομοίωση. Στη συγκεκριμένη ανάλυση χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 8.4 του EnergyPlus. Στην υποκατηγορία «**Building**» δηλώθηκε το όνομα του υπό μελέτη κτιρίου, ο τύπος του εδάφους δηλώθηκε “suburbs” και δηλώθηκε επίσης και ο μηχανισμός με τον οποίο γίνεται η διανομή της ηλιακής ακτινοβολίας (solar distribution: Full Exterior). Στην

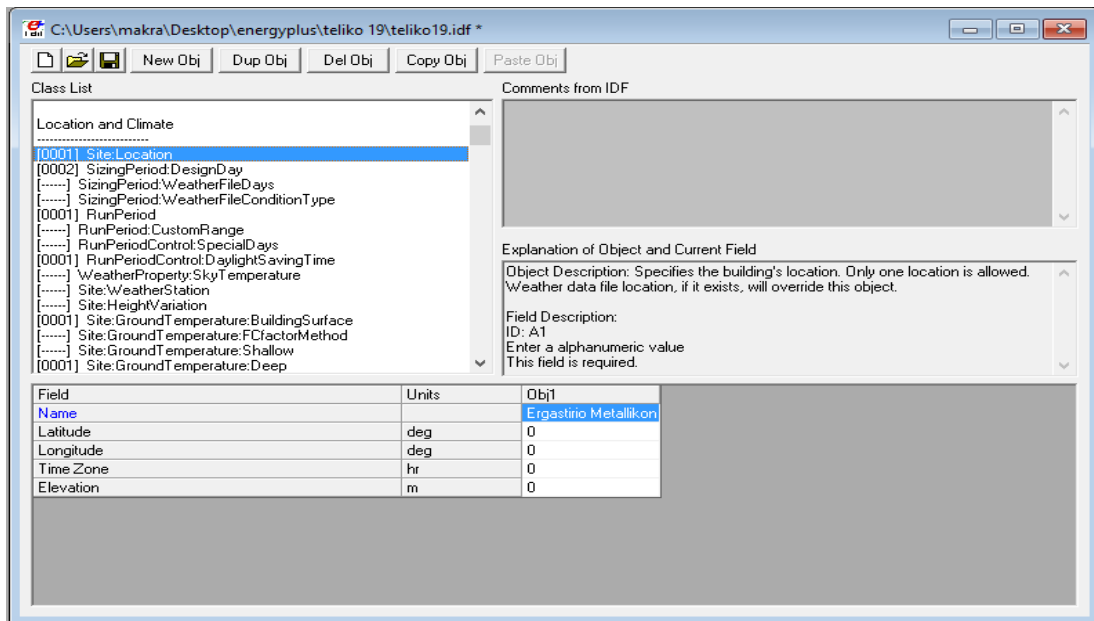
υποκατηγορία «**Timestep**» ορίστηκε να πραγματοποιούνται 4 βήματα ανά ώρα βάσει των οποίων θα γίνουν οι υπολογισμοί μεταφοράς της θερμότητας. Τέλος στην υποκατηγορία «**SimulationControl**» δόθηκαν τιμές στα διάφορα πεδία της σύμφωνα με τον τρόπο που επιθυμείται να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο τελευταίο στάδιο.



Εικ. 7.15 simulation parameters

7.3.2 Location and Climate

Στη συγκεκριμένη κατηγορία περιγράφηκαν οι συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή του ξενοδοχείου και είναι απαραίτητες να δηλωθούν για την εκτέλεση της προσομοίωσης. Συγκεκριμένα στην υποκατηγορία «**Site:Location**» καταγράφηκαν οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες του ξενοδοχείου (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) καθώς και η ζώνη ώρας στην οποία ανήκει. Στην υποκατηγορία «**RunPeriod**» δηλώθηκε το χρονικό διάστημα προσομοίωσης δηλαδή η περίοδος λειτουργίας του Εργαστηρίου των Μεταλλικών Κατασκευών.



Εικ. 7.16 Location and climate

7.3.3 Schedules

Στην κατηγορία Schedules ορίστηκαν τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας που επικρατούν σε όλους τους χώρους του κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα, στην επιλογή **schedule type limits** ορίστηκαν τα όρια των τιμών των μεταβλητών που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας του κτιρίου και ο τύπος της μεταβλητής του κάθε χρονοδιαγράμματος, δηλαδή συνεχής (Continuous) ή διακριτή (Discrete). Στη συνέχεια, στην επιλογή **Schedule: Compact** ορίστηκαν χρονοδιαγράμματα που αφορούν τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται σε κάθε χώρο καθώς και το επίπεδο δραστηριότητάς τους, το ποσοστό του ηλεκτρολογικού μηχανισμού και του τεχνητού φωτισμού που χρησιμοποιείται καθημερινά και τέλος το φυσικό αερισμό των χώρων. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν.

programma fota amfiteatro	programma ergastirio lights/ventilation
Fraction	Fraction
Through: 7/31	Through: 7/31
For: Weekdays WinterDesignDay	For: Weekdays WinterDesignDay
Until: 9:00	Until: 8:00
0	0
Until: 13:00	Until: 9:00
1	1
Until: 15:00	Until: 15:00
1	1
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0
For: Weekends AllOtherDays	For: Weekends AllOtherDays
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0
Through: 9/1	Through: 9/1
For: AllDays	For: AllDays
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0
Through: 12/31	Through: 12/31
For: Weekdays	For: Weekdays
Until: 9:00	Until: 8:00
0	0
Until: 13:00	Until: 13:00
1	1
Until: 15:00	Until: 15:00
1	.5
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0
For: Weekends AllOtherDays	For: Weekends AllOtherDays
Until: 24:00	Until: 24:00
0	0

Fig. 7.17 Schedule 1

Fig. 7.18 Schedule 2

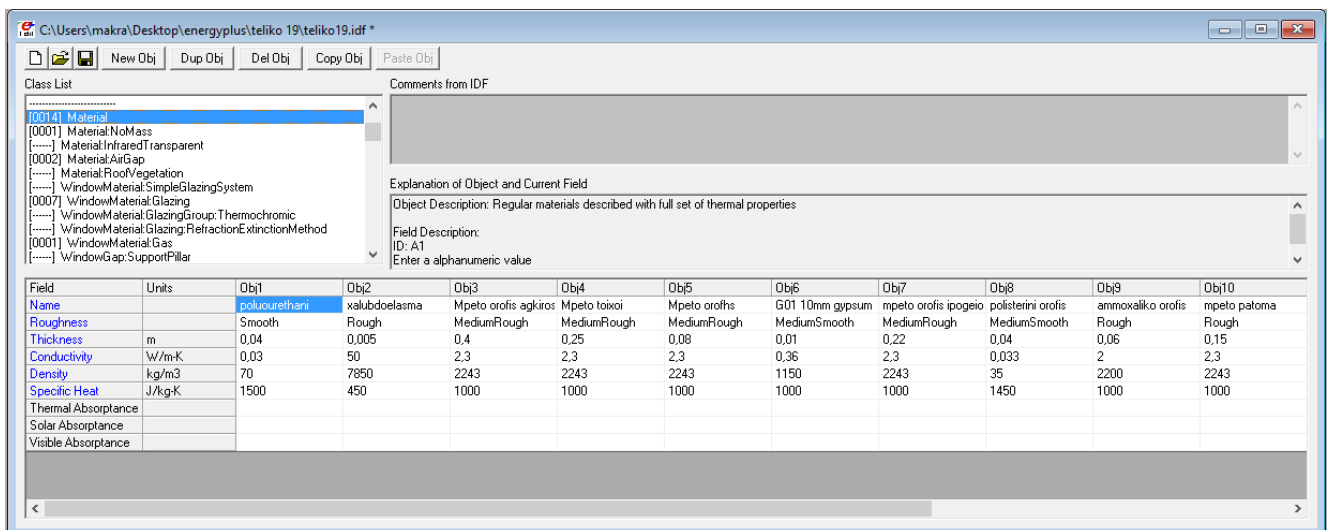
programma amfiteatro people/equipment
Fraction
Through: 7/31
For: Weekdays WinterDesignDay
Until: 9:00
0
Until: 13:00
1
Until: 15:00
.5
Until: 24:00
0
For: Weekends AllOtherDays
Until: 24:00
0
Through: 9/1
For: AllDays
Until: 24:00
0
Through: 12/31
For: Weekdays
Until: 9:00
0
Until: 13:00
1
Until: 15:00
.5
Until: 24:00
0
For: Weekends AllOtherDays
Until: 24:00
0

Fig. 7.19 Schedule 3

7.3.4 Surface Construction Elements

Σε αυτήν την κατηγορία ορίστηκε το κάθε υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή μαζί με τις φυσικές του ιδιότητες, η σύνθεση του κτιριακού κελύφους, καθώς και τα εσωτερικά στοιχεία του κτιρίου.

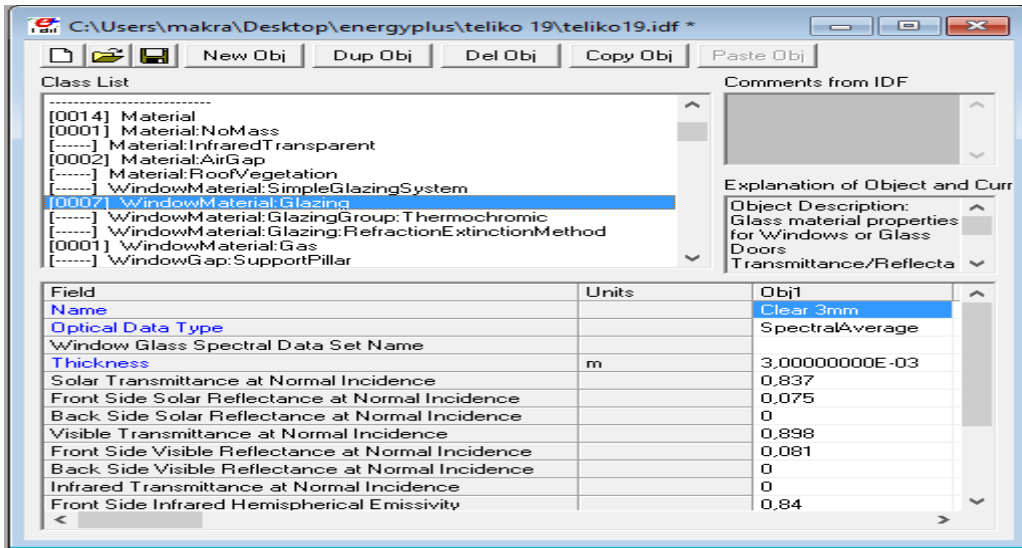
Στην υποκατηγορία **materials** ορίστηκε το κάθε υλικό που έχει χρησιμοποιηθεί για την εξωτερική και εσωτερική τοιχοποιία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις πόρτες. Πιο συγκεκριμένα, για κάθε υλικό επιλέχθηκε η τραχύτητά του, και συμπληρώθηκαν οι τιμές που αφορούν τις βασικές θερμικές ιδιότητές του (πάχος, αγωγιμότητα, πυκνότητα, ειδική θερμότητα) σύμφωνα με τους πίνακες που δίνονται στη Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010, βλ Παράρτημα Α).



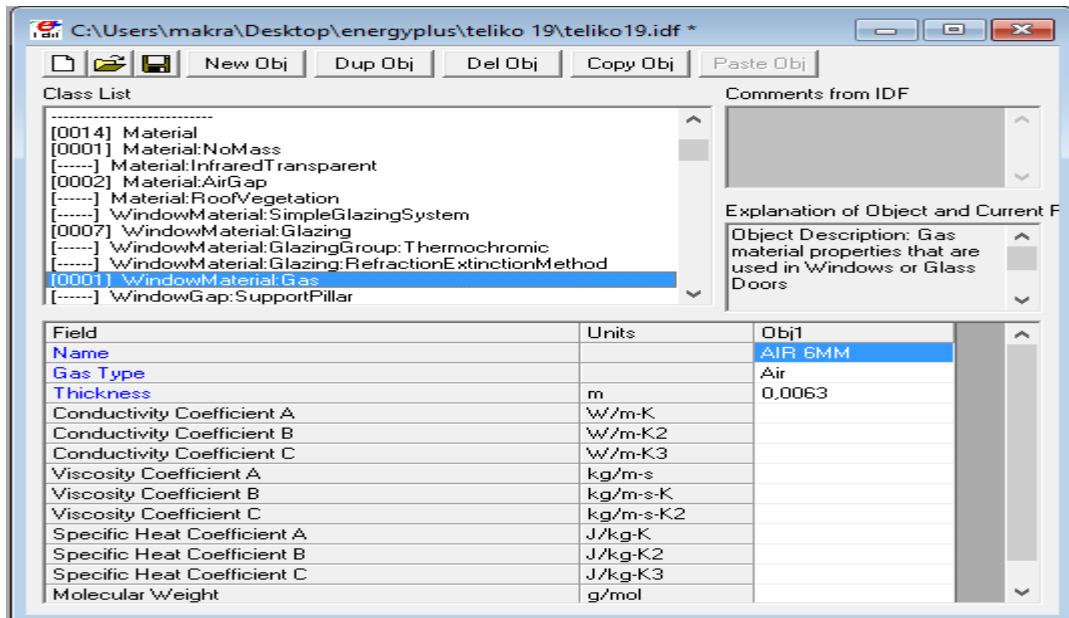
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10
Name		poliourethanei	xalubdoelasma	Mpeto orofis agkiros	Mpeto toixoi	Mpeto orofhs	G01 10mm gypsum	mpeto orofis ipogeio	polisterini orofis	ammaxalko orofis	mpeto patoma
Roughness		Smooth	Rough	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumRough	MediumSmooth	Rough	Rough
Thickness	m	0,04	0,005	0,4	0,25	0,08	0,01	0,22	0,04	0,06	0,15
Conductivity	W/m-K	0,03	50	2,3	2,3	2,3	0,36	2,3	0,033	2	2,3
Density	kg/m3	70	7850	2243	2243	2243	1150	2243	35	2200	2243
Specific Heat	J/kg-K	1500	450	1000	1000	1000	1000	1000	1450	1000	1000
Thermal Absorptance											
Solar Absorptance											
Visible Absorptance											

Εικ. 7.20 Materials

Στην υποκατηγορία **window material: glazing** και **window material: gass** δηλώθηκαν τα υλικά και τα αέρια αντίστοιχα απ' τα οποία αποτελούνται οι υαλοπίνακες.



Εικ. 7.21 Window material: glazing



Εικ. 7.22 Window material: gas

Τέλος, στην υποκατηγορία **constructions** εισήχθησαν όλες οι κατασκευαστικές δομές (τοιχοποιία, δάπεδα, οροφές, πόρτες, παράθυρα) από τις οποίες αποτελείται το Εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών.

toixoi -2	patoma -2	orofi diadromwn -2	orofi agiroiseis -2	notios eksoterikos ti	eksoterikos toixos g	toixos gipsosanidas	esoterikos toixos dip	eksoterikos toixos e
Mpeto toixoi	mpeto patoma	Mpeto orofhs	Mpeto orofis agkiros	Mpeto toixoi	xalubdoelasma	G01 10mm gypsum	G01 10mm gypsum	xalubdoelasma
				F04 Wall air space r	poluourethani	F04 Wall air space r	F04 Wall air space r	poluourethani
				xalubdoelasma	xalubdoelasma	G01 10mm gypsum	xalubdoelasma	xalubdoelasma
				poluourethani	F04 Wall air space r		poluourethani	
				xalubdoelasma	G01 10mm gypsum		xalubdoelasma	
							F04 Wall air space r	
							G01 10mm gypsum	

Εικ. 7.23 Constructions 1

orofes-patomata	teleutaia orofis	mpeto-panel	panel-mpeto	Exterior Door	Interior Door	window	Interior Window	Air Wall
xalubdoelasma	ammoxalko orofis	Mpeto toixoi	xalubdoelasma	F08 Metal surface	G05 25mm wood	Clear 3mm	Clear 3mm	Air Wall Material
Mpeto orofhs	polisterini orofis	F04 Wall air space r	poluourethani	I01 25mm insulation		AIR 6MM	AIR 6MM	
xalubdoelasma	xalubdoelasma	xalubdoelasma	xalubdoelasma			Clear 3mm	Clear 3mm	
	Mpeto orofhs	poluourethani	F04 Wall air space r					
	xalubdoelasma	xalubdoelasma	Mpeto toixoi					

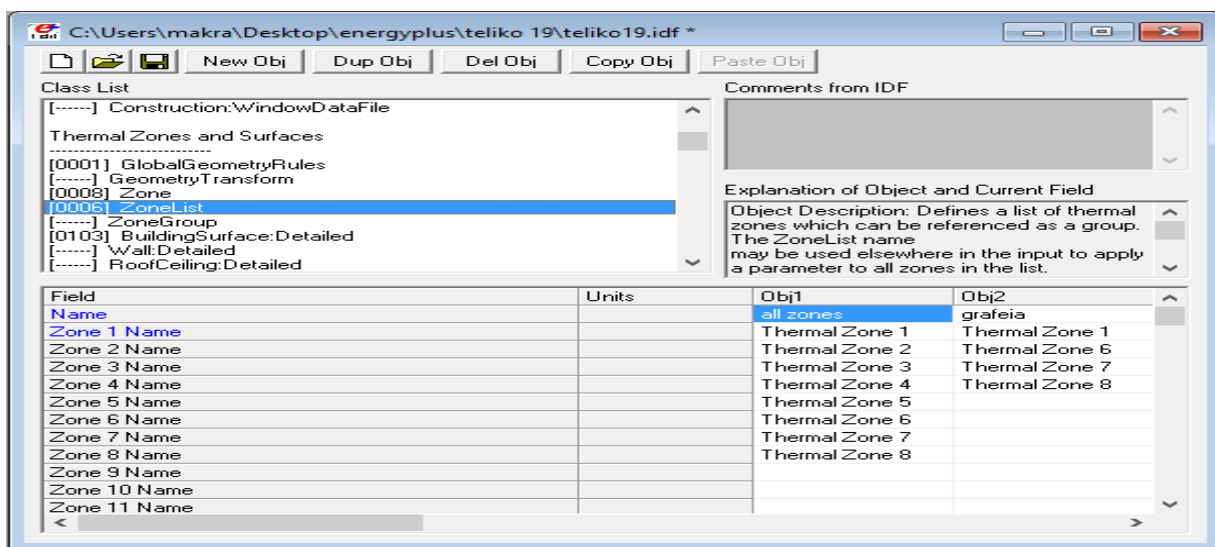
Εικ. 7.24 Constructions 2

7.3.5 Thermal Zones and Surfaces

Στην κατηγορία **Thermal Zones and Surfaces** περιγράφονται τα χαρακτηριστικά κάθε θερμικής ζώνης καθώς και τα χαρακτηριστικά κάθε επιφάνειας του κτιρίου που δημιουργήθηκε μέσω του SketchUp (τοιχοποιία, πόρτες, παράθυρα, επιφάνειες σκείασης).

Στην υποκατηγορία **Zone** καθορίζονται το όνομα και οι συντεταγμένες του αρχικού σημείου της κάθε ζώνης. Τα στοιχεία αυτά αναγνωρίζονται αυτόματα από το EnergyPlus κατά τη μετατροπή του αρχείου μορφής OpenStudio σε αρχείο idf.

Στην υποκατηγορία **ZoneList** δημιουργήθηκαν δύο ομάδες θερμικών ζωνών. Η πρώτη περιέχει όλες τις θερμικές ζώνες του κτιρίου και η δεύτερη τις θερμικές ζώνες που αναφέρονται στα γραφεία. Στόχος αυτής της ενέργειας ήταν η ομαδοποίηση των θερμικών ζωνών με κοινά χαρακτηριστικά και η διευκόλυνση στη διαδικασία αντιστοίχισης κάθε ιδιότητας στις επιμέρους ζώνες.



Εικ. 7.25 Zone list

Στην υποκατηγορία **BuildingSurface:Detailed** και **FenestrationSurface:Detailed** περιγράφονται αναλυτικά όλες οι επιφάνειες του κτιρίου που δημιουργήθηκαν μέσω του προγράμματος SketchUp. Λεπτομερέστερα, περιγράφεται το όνομα της κάθε επιφάνειας του κτιρίου, το όνομα της θερμικής ζώνης στην οποία ανήκει η κάθε επιφάνεια καθώς και το όνομα της κατασκευαστικής δομής από την οποία αποτελείται. Επίσης, δίνονται πληροφορίες για τις συνοριακές συνθήκες της κάθε επιφάνειας. Πιο συγκεκριμένα, ορίζεται εάν η κάθε επιφάνεια είναι εξωτερική ή εάν έρχεται σε επαφή με το έδαφος και επίσης εάν είναι εκτεθειμένη στον άνεμο και στην ηλιακή ακτινοβολία. Τέλος στην υποκατηγορία αυτή αναγράφονται οι συντεταγμένες των σημείων που δημιουργούν τις παραπάνω επιφάνειες.

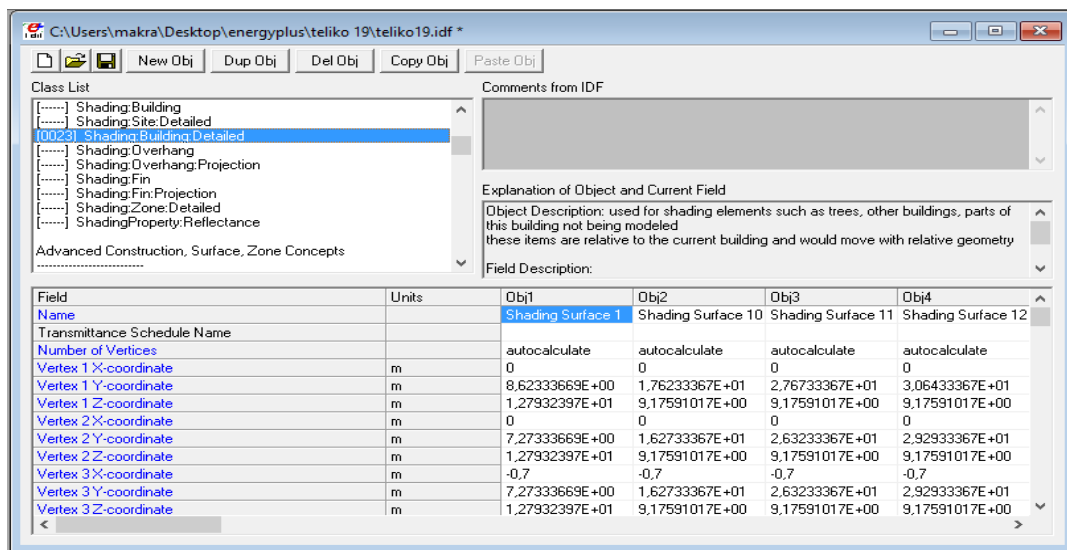
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Surface 1	Surface 10	Surface 105	Surface 2
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Ceiling
Construction Name		patoma -2	toikoi -2	toikoi -2	orofi diadromwn -2
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1	Thermal Zone 1
Outside Boundary Condition		Ground	Ground	Outdoors	Surface
Outside Boundary Condition Object					Surface 98
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground					
Number of Vertices					
Vertex 1 X-coordinate	m	5.65	3.06661514E-16	1.91526731E-17	39.29
Vertex 1 Y-coordinate	m	2.85177876E+01	5.14	29.78	-1.47910410E-33

Εικ. 7.26 BuldingSurface: Detailed

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		Sub Surface 1	Sub Surface 10	Sub Surface 2	Sub Surface 3
Surface Type		Window	Window	Window	Window
Construction Name		window	window	window	window
Building Surface Name		Surface 105	Surface 105	Surface 105	Surface 105
Outside Boundary Condition Object					
View Factor to Ground					
Shading Control Name					
Frame and Divider Name					
Multiplier					
Number of Vertices					
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	0	0
Vertex 1 Y-coordinate	m	6.07358653E+00	2.76733367E+01	8.62333669E+00	1.16233367E+01

Εικ. 7.27 FenestrationSurface: Detailed

Τέλος, στην υποκατηγορία **ShadingSurface:Detailed** αναγράφονται αυτόματα με τη μετατροπή του αρχείου OpenStudio σε idf το όνομα της κάθε επιφάνειας σκείασης του κτιρίου καθώς και οι συντεταγμένες των σημείων που καθορίζουν αυτές τις επιφάνειες.

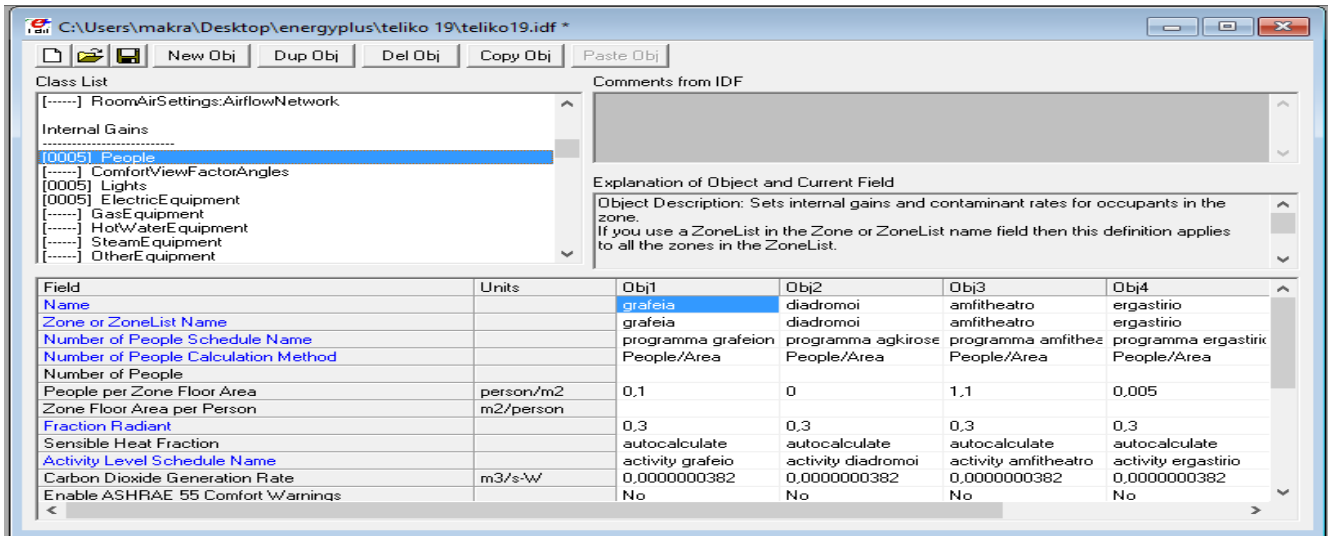


Εικ. 7.28 ShadingSurface: Detailed

7.3.6 Internal Gains

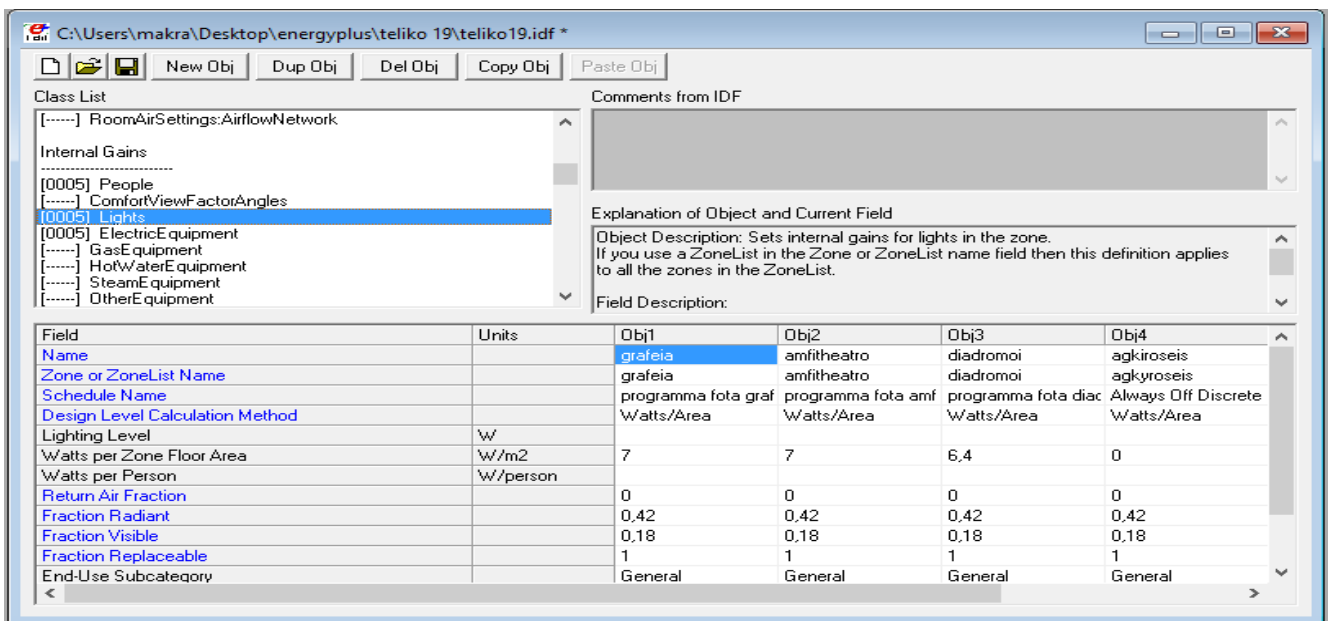
Τα θερμικά φορτία ή κέρδη που προκύπτουν σε ένα χώρο εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων μέσα σε αυτόν, το ωράριο παραμονής τους στο χώρο και το είδος της δραστηριότητάς τους (θερμική ενέργεια που εκλύεται λόγω του μεταβολισμού). Επίσης, εξαρτώνται από τη λειτουργία του φωτισμού καθώς και το είδος, τον αριθμό και τον χρόνο λειτουργίας όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Η κατηγορία που εξετάζει αυτές τις παραμέτρους ονομάζεται Internal Gains και συγκεκριμένα οι υποκατηγορίες «**People**», «**Lights**» και «**Electric Equipment**».

Στην υποκατηγορία **People** ορίστηκε ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται μέσα σε κάθε θερμική ζώνη. Πιο συγκεκριμένα, τέθηκε ο μέγιστος αριθμός ατόμων που βρίσκονται σε κάθε χώρο του κτιρίου σε μορφή άτομα/m², το πρόγραμμα με το οποίο αυτός ο αριθμός αθρομειώνεται μέσα στη μέρα καθώς και τα επίπεδα της ανθρώπινης δραστηριότητας σε κάθε χώρο του κτιρίου.



Εικ. 7.29 Internal Gains: People

Στην υποκατηγορία **Lights** δηλώθηκε η μέγιστη ισχύς που παράγει ο τεχνητός φωτισμός κάθε θερμικής ζώνης καθώς και το ποσοστό με το οποίο γίνεται η χρήση αυτού του φωτισμού κάθε ώρα της ημέρας.



Εικ. 7.30 Internal Gains: Lights

Τέλος, στην υποκατηγορία **Electric equipment** εξετάζονται τα εσωτερικά θερμικά κέρδη των ζωνών, παραγόμενα από τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών στους χώρους, χωρίς να

συμπεριλαμβάνονται τα σώματα κλιματισμού μέσα σε αυτές. Συγκεκριμένα ορίστηκαν πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία των ηλεκτρικών συσκευών, την ισχύ τους και τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας τους.

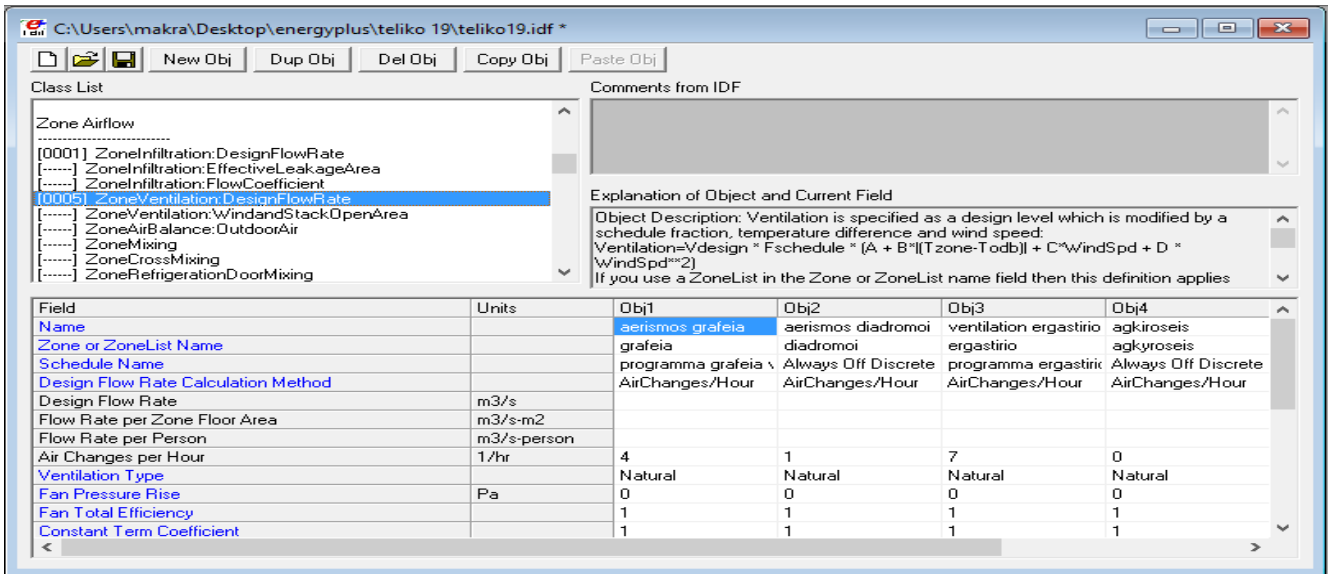
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		grafeia	diadromoi	amfitheatro	ergastirio	ag
Zone or ZoneList Name		grafeia	diadromoi	amfitheatro	ergastirio	ag
Schedule Name		programma grafeion	Always Off Discrete	programma amfithes	programma ergastiri	Alv
Design Level Calculation Method		Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	Watts/Area	W.
Design Level	W					
Watts per Zone Floor Area	W/m2	4.5	0	5	10	0
Watts per Person	W/person					
Fraction Latent		0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Fraction Lost		0	0	0	0	0
End-Use Subcategory		General	General	General	General	Ge

Εικ. 7.31 Internal Gains: Electric Equipment

7.3.7 Zone Airflow

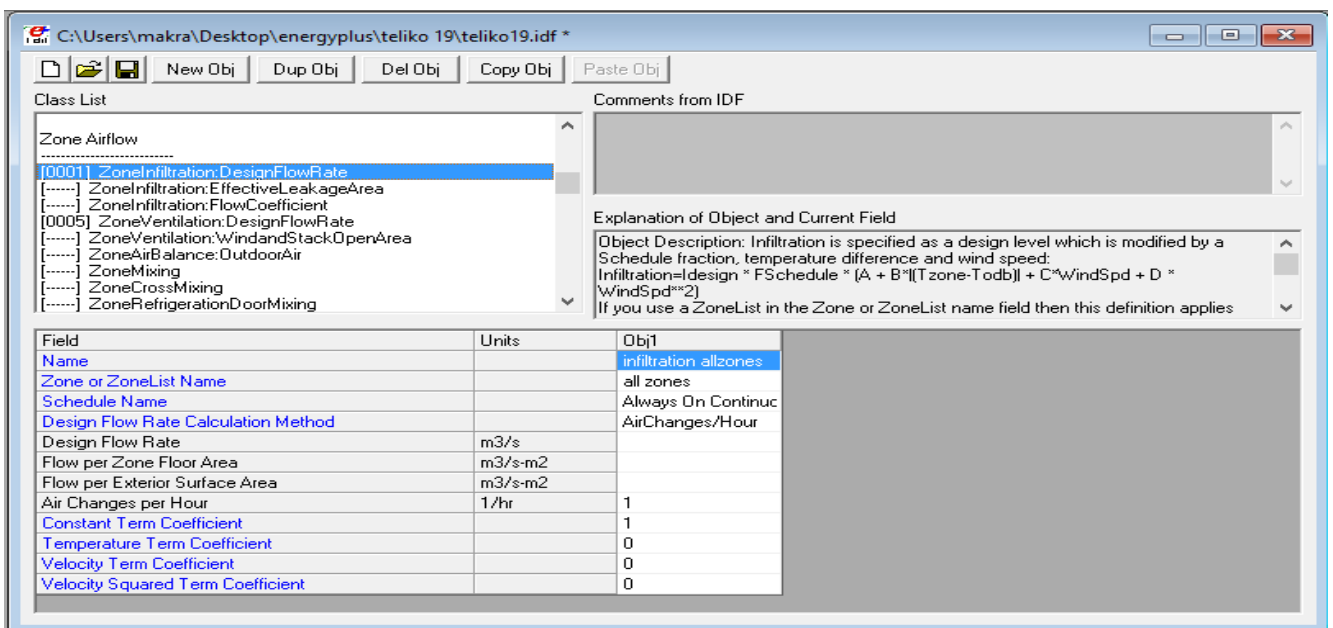
Ένα επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό της κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια είναι η ροή του αέρα μέσα σ' αυτά. Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές αερισμού ενός κτιρίου, ο φυσικός και ο τεχνητός αερισμός. Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται είτε στην ακούσια ροή του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μία θερμική ζώνη, χωρίς αυτό να είναι σκόπιμο (**διήθηση - infiltration**), είτε στην σκόπιμη ροή αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον απευθείας σε μία θερμική ζώνη (άμεσος **αερισμός - ventilation**). Τα στοιχεία αυτά περιγράφονται στη συγκεκριμένη κατηγορία.

Στην υποκατηγορία **ZoneVentilation:DesignFlowRate** ορίστηκαν οι παράμετροι που αφορούν τον άμεσο αερισμό των θερμικών ζωνών. Αναλυτικότερα, για κάθε θερμική ζώνη, ορίστηκε το χρονοδιάγραμμα του αερισμού και οι εναλλαγές αέρα ανά ώρα (air changes per hour). Η επιλογή air changes per hour δίνει την εναλλαγή αέρα στον χώρο ως πολλαπλάσιο του όγκου του χώρου ανά ώρα.



Εικ. 7.32 ZoneVentilation: DesignFlowRate

Η διήθηση αέρα στο κτίριο συνήθως προκαλείται από το άνοιγμα και το κλείσιμο των εξωτερικών θυρών, τις ρωγμές γύρω από τα παράθυρα, ακόμα και σε πολύ μικρές ποσότητες μέσω των δομικών στοιχείων. Στην υποκατηγορία **ZoneInfiltration:DesignFlowRate** ορίστηκε ότι σε όλες τις θερμικές ζώνες εκτός του χώρου των αγκυρώσεων παρατηρείται σταθερή και συνεχής διήθηση του αέρα. Στο πεδίο εναλλαγών αέρα ανά ώρα επιλέχθηκε η τιμή 1.

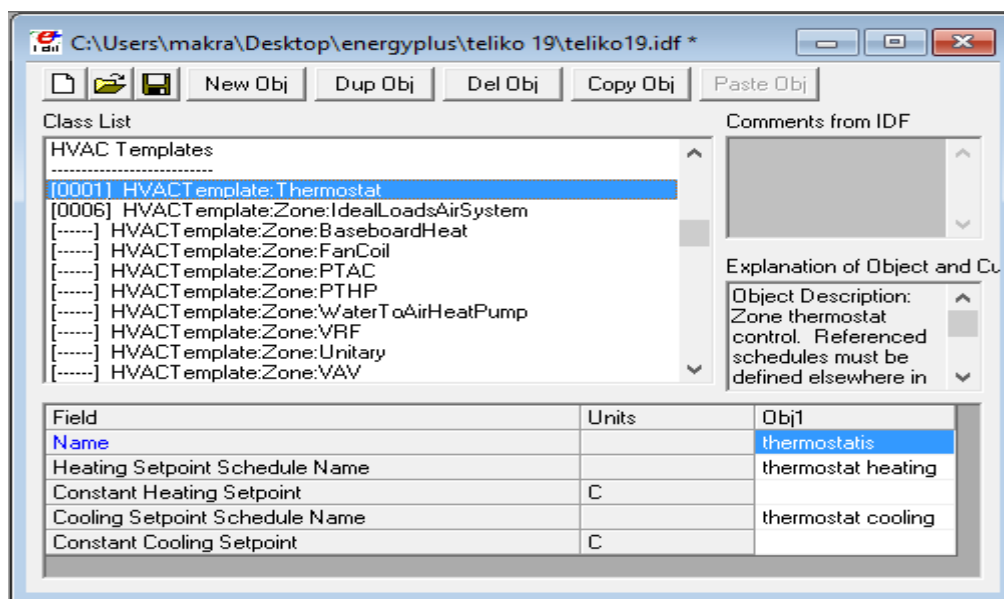


Εικ. 7.33 ZoneInfiltration: DesignFlowRate

7.3.8 HVAC Templates

Η κατηγορία αυτή σχετίζεται με τη λειτουργία των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης. Διατίθενται οι υποκατηγορίες **HVACTemplate:Thermostat** και **HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem** όπου ο χρήστης πρακτικά ορίζει ένα ιδανικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με θερμοστάτη, θέτοντας το σε λειτουργία όταν οι θερμοκρασίες στο χώρο ξεπεράσουν τα θερμοκρασιακά όρια που έχει ορίσει.

Στην υποκατηγορία **HVACTemplate:Thermostat** δημιουργήθηκε ένας θερμοστάτης με όνομα thermostat και ορίστηκαν τα χρονοδιαγράμματα ψύξης και θέρμανσης από την κατηγορία schedules/ schedules:compact.



Εικ. 7.34 HVACTemplate: Thermostat

Στην υποκατηγορία **HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem** ορίστηκε ότι για κάθε θερμική ζώνη εκτός από το χώρο των αγκυρώσεων τίθεται σε λειτουργία ο θερμοστάτης που ορίστηκε στην υποκατηγορία HVACTemplate:Thermostat.

C:\Users\makra\Desktop\energyplus\teliko 19\teliko19.idf *

New Obj Dup Obj Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- HVAC Templates
- [0001] HVACTemplate:Thermostat
- [0006] HVACTemplate:Zone:IdealLoadsAirSystem
- [.....] HVACTemplate:Zone:BaseboardHeat
- [.....] HVACTemplate:Zone:FanCoil
- [.....] HVACTemplate:Zone:PTAC
- [.....] HVACTemplate:Zone:PTHP
- [.....] HVACTemplate:Zone:WaterToAirHeatPump
- [.....] HVACTemplate:Zone:VRF
- [.....] HVACTemplate:Zone:Unitary
- [.....] HVACTemplate:Zone:VAV

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Zone with ideal air system that meets heating or cooling loads

Field Description: Zone name must match a building zone name
ID: A1
Select from list of objects

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Zone Name		Thermal Zone 1	Thermal Zone 3	Thermal Zone 4	Thermal Zone 6	Thermal Zone 7	Thermal Zone 8
Template Thermostat Name		thermostat1	thermostat1	thermostat1	thermostat1	thermostat1	thermostat1
System Availability Schedule Name		programma grafeion	programma ergastirik	programma amfithes	programma grafeion	programma fota graf	programma grafeion
Maximum Heating Supply Air Temperature	C	50	50	50	50	50	50
Minimum Cooling Supply Air Temperature	C	13	13	13	13	13	13
Maximum Heating Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156	0,0156
Minimum Cooling Supply Air Humidity Ratio	kgWater/kgDryA	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077	0,0077
Heating Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Heating Air Flow Rate	m3/s						
Maximum Sensible Heating Capacity	W						
Cooling Limit		NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit	NoLimit
Maximum Cooling Air Flow Rate	m3/s						
Maximum Total Cooling Capacity	W						

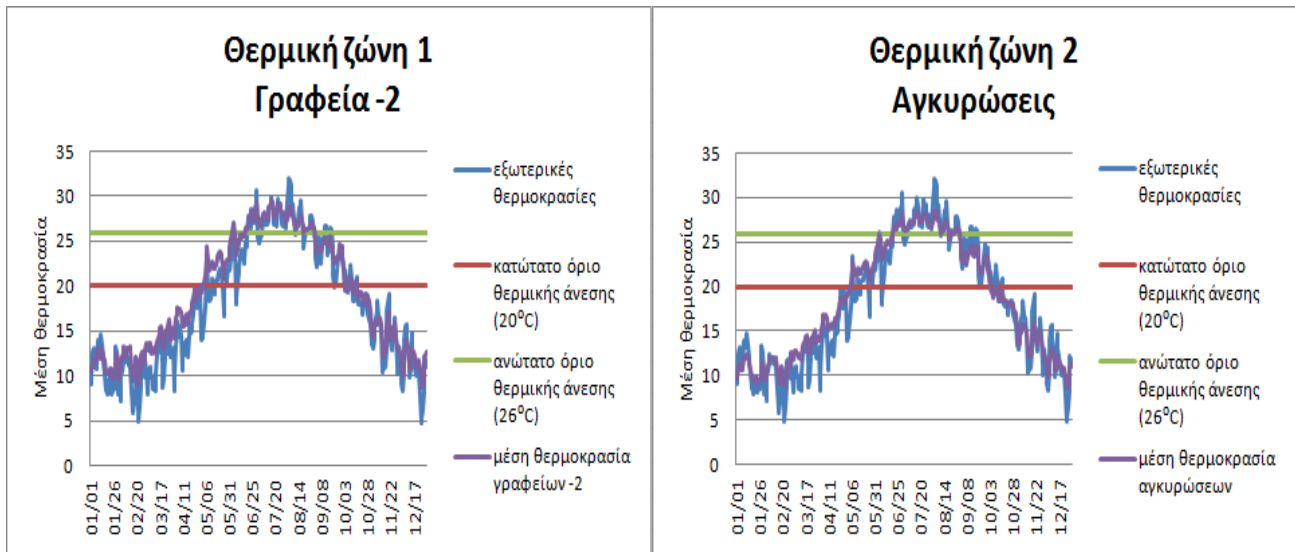
Εκ. 7.35 HVACTemplate: IdealAirLoadsSystem

8 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗΣ

8.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται και αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομείωση του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών στο EnergyPlus. Αναλυτικότερα, παρατίθενται διαγράμματα σε μορφή ραβδών και γραμμών στα οποία απεικονίζονται οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες των θερμικών ζωνών, τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τους ανθρώπους, τον τεχνητό φωτισμό και τον ηλεκτρολογικό μηχανισμό. Ακόμα, προβάλλονται τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες από τη διήθηση του αέρα στο κτίριο, το φυσικό αερισμό καθώς και η μεταφορά της θερμότητας μέσω των υαλοπινάκων. Τέλος, παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για τη ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου μέσω του θερμοστάτη.

8.2 Μέση ημερήσια θερμοκρασία σε κάθε θερμική ζώνη

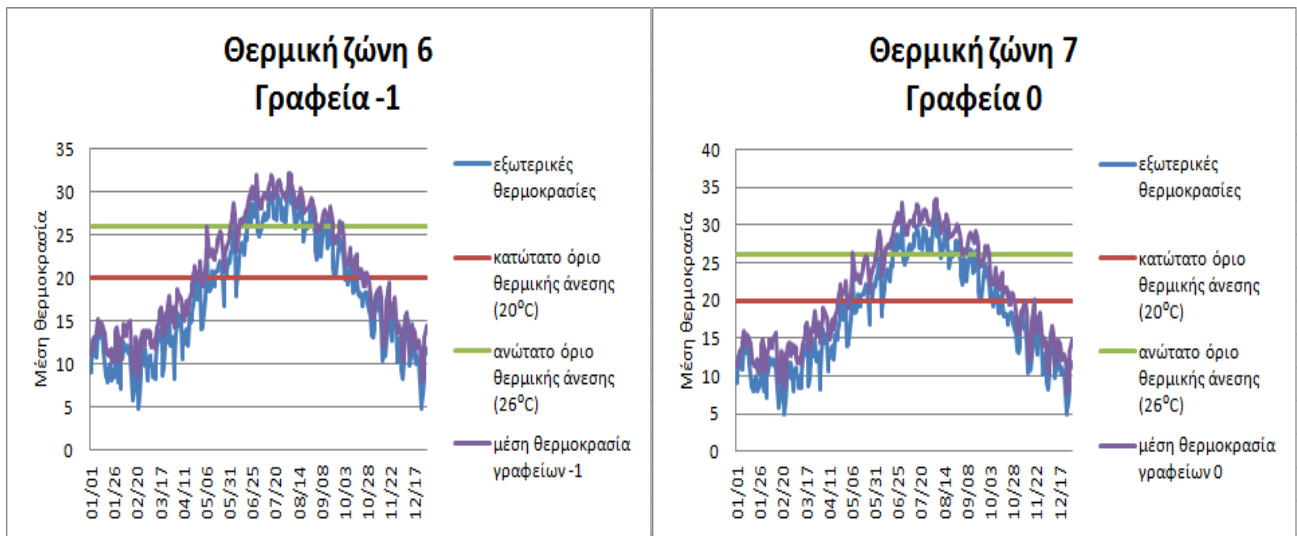


(α)

(β)

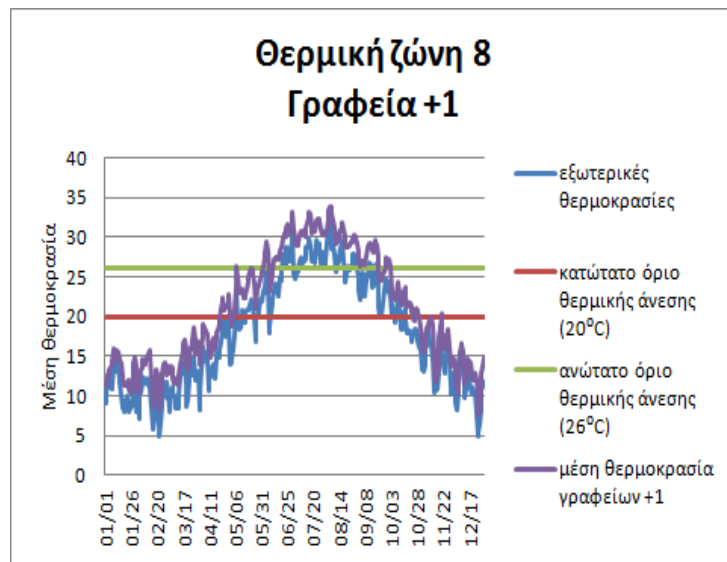
Εικ. 8.1 Μέσες θερμοκρασίες επιπέδου -2 (α) γραφεία στο επίπεδο -2 (β) χώρος αγκυρώσεων

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η μέση θερμοκρασία των δύο θερμικών ζωνών που βρίσκονται στο επίπεδο -2. Παρατηρείται ότι η θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό της εσωτερικές θερμοκρασίες των παραπάνω θερμικών ζωνών. Τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία βρίσκεται συνεχώς κάτω από το κατώτατο όριο θερμικής άνεσης και αντίστοιχα το καλοκαίρι βρίσκεται πάνω από το ανώτατο όριο θερμικής άνεσης. Σε αυτές τις συνθήκες οδηγούν πρώτον η έλλειψη θερμομόνωσης, καθώς οι τοίχοι στο επίπεδο -2 είναι κατασκευασμένοι εξ' ολοκλήρου από οπλισμένο σκυρόδεμα. Δεύτερον οι πόρτες είναι μεταλλικές, που σημαίνει ότι μεταφέρεται εύκολα η θερμότητα μέσω αγωγής. Τέλος, οι πόρτες δεν έχουν κάποιο κούφωμα με αποτέλεσμα η διήθηση του αέρα να είναι μεγάλη σε εκείνες τις περιοχές.



(α)

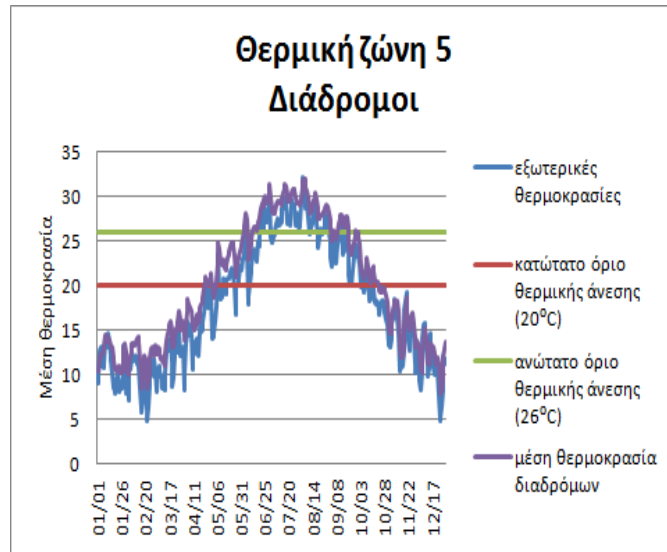
(β)



(γ)

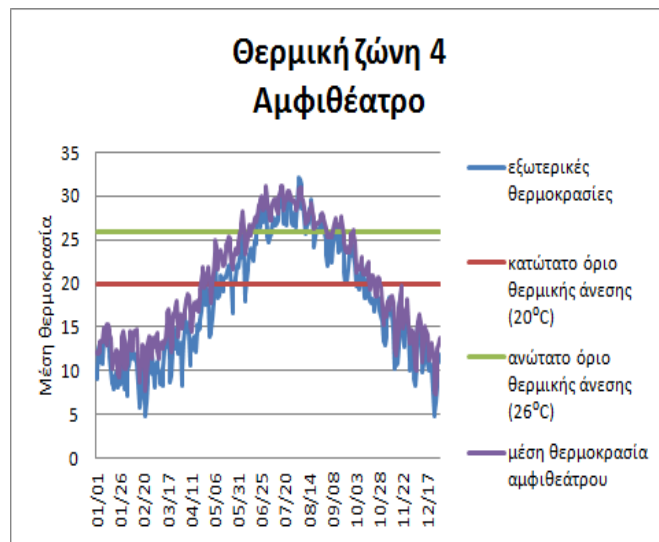
Εικ. 8.2 Μέσες θερμοκρασίες γραφείων (α) γραφείο επιπέδου -1 (β) γραφείο επιπέδου 0 (γ) γραφείο επιπέδου +1

Στους χώρους των γραφείων παρατηρείται ότι η μέση θερμοκρασία τους είναι συνεχώς μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη μεγάλη θερμική αδράνεια και στη μικρή θερμική αγωγιμότητα που έχει το κτίριο λόγω της ύπαρξης μόνωσης στους τοίχους και διπλών υαλοπινάκων. Αναλυτικότερα, η θερμότητα που παράγεται όλους τους μήνες από τους χρήστες του κτιρίου, τον τεχνητό φωτισμό, τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό και την ηλιακή ακτινοβολία αποθηκεύεται μέσα στους χώρους των γραφείων και προκαλεί υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την εξωτερική.



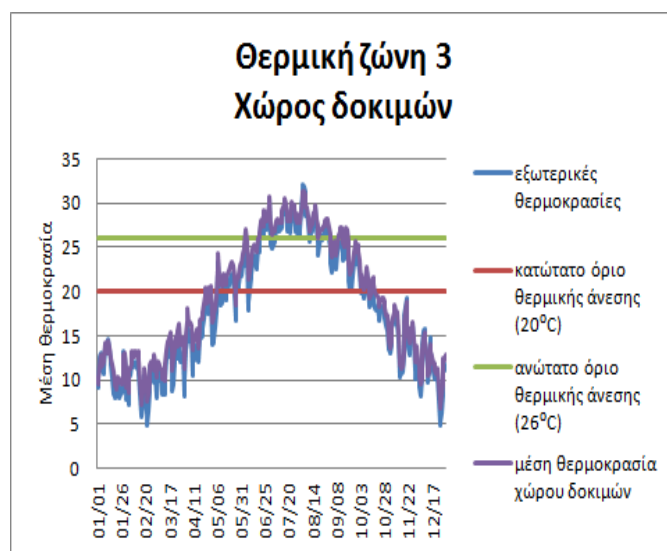
Εικ. 8.3 Μέση θερμοκρασία διαδρόμων

Στους διαδρόμους παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο με τα γραφεία. Αυτό συμβαίνει διότι οι διάδρομοι με τα γραφεία είναι διπλανοί χώροι οι οποίοι συνδέονται με ένα τοίχο χωρίς θερμομόνωση με αποτέλεσμα η θερμότητα να διαδίδεται χωρίς δυσκολία από τον ένα χώρο στον άλλο. Επίσης, όλες οι υπόλοιπες επιφάνειες που συγκροτούν τους χώρους των διαδρόμων έχουν θερμομόνωση. Επομένως, παρατηρείται «εύκολη» ροή της θερμότητας ανάμεσα στους δύο χώρους.



Εικ.8.4 Μέση θερμοκρασία αμφιθέατρου

Στη θερμική ζώνη που ανήκει το αμφιθέατρο παρατηρείται ότι η θερμοκρασία είναι παρόμοια με αυτή στους διαδρόμους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το αμφιθέατρο συνδέεται άμεσα με του διαδρόμους μέσω ενός ανοίγματος.



Εικ. 8.5 Μέση θερμοκρασία χώρου δοκιμών

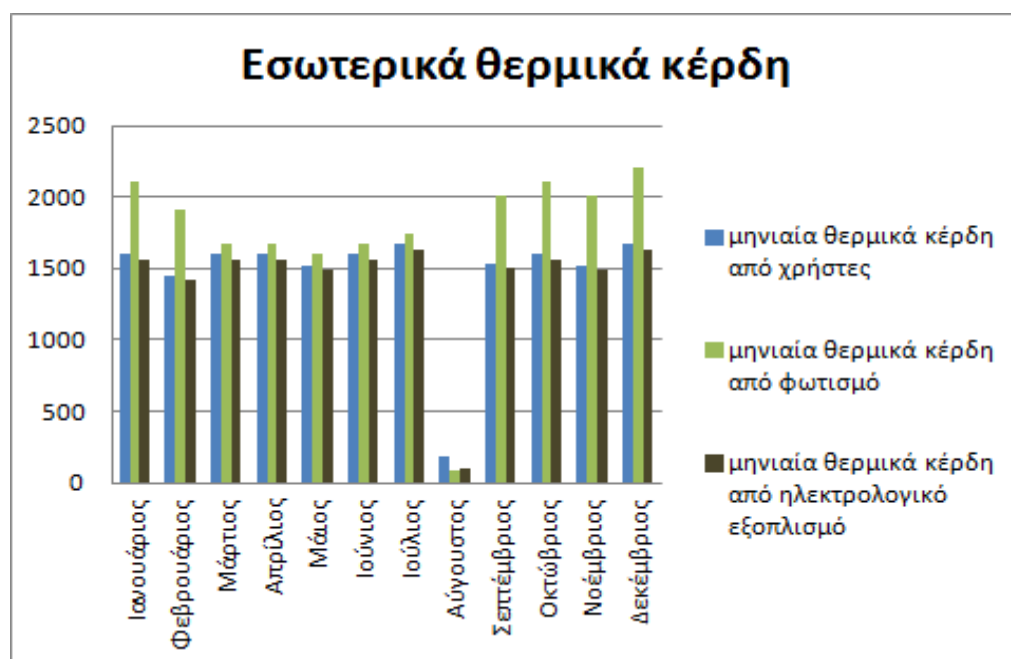
Χαρακτηριστικό της θερμοκρασίας στο χώρο που γίνονται τα πειράματα και οι δοκιμές είναι ότι σχεδόν ταυτίζεται με την εξωτερική θερμοκρασία. Στο χώρο των δοκιμών παρατηρούνται ανοίγματα στους τοίχους που οφείλονται σε αθέτηση του πλάνου του σχεδίου από τον εργολάβο τα οποία επιτρέπουν την ελεύθερη διείσδυση του αέρα από το περιβάλλον στο χώρο. Επίσης, υπάρχει μία μεταλλική πόρτα μεγάλης επιφάνειας (35 m^2) η οποία επιτρέπει την εύκολη ροή της θερμότητας μέσω αγωγής.

8.3 Εσωτερικά θερμικά κέρδη

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική άνεση ενός χώρου είναι τα ενεργειακά κέρδη που δέχεται από τους χρήστες του, τον τεχνητό φωτισμό του και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό του. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη σε kWh σε κάθε θερμική ζώνη.

Μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη				
Μήνες	Χρήστες (kWh)	Τεχνητός Φωτισμός (kWh)	Ηλεκτρολογικός Εξοπλισμός (kWh)	Σύνολο
Ιανουάριος	1595.27208	2105.044679	1563.396507	5263.713265
Φεβρουάριος	1450.247345	1913.676981	1421.269551	4785.193877
Μάρτιος	1595.27208	1672.680783	1563.396507	4831.349369
Απρίλιος	1595.27208	1672.680783	1563.396507	4831.349369
Μάιος	1522.759712	1596.649838	1492.333029	4611.74258
Ιούνιος	1595.27208	1672.680783	1563.396507	4831.349369
Ιούλιος	1667.784447	1748.711728	1634.459984	5050.956159
Αύγουστος	184.3847308	90.04668723	103.7164111	378.1478292
Σεπτέμβριος	1531.539938	2013.648767	1497.271906	5042.460611
Οκτώβριος	1595.27208	2105.044679	1563.396507	5263.713265
Νοέμβριος	1522.759712	2009.36083	1492.333029	5024.453571
Δεκέμβριος	1667.784447	2200.728528	1634.459984	5502.972959
Σύνολο	17523.62073	20800.95507	17092.82643	55417.40222

Εικ. 8.6 Μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη (πίνακας)



Εικ. 8.7 Μηνιαία θερμικά κέρδη (μπαρές)

Εύκολα παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των θερμικών κερδών προέρχεται από τον τεχνητό φωτισμό. Τα εσωτερικά θερμικά κέρδη από τις δραστηριότητες των χρηστών του κτιρίου παραμένουν σχεδόν σταθερές ανά μήνα επειδή το εβδομαδιαίο πρόγραμμα εργασίας τους παραμένει σταθερό. Τέλος, ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός εξαρτάται άμεσα από την παρουσία των χρηστών στο κτίριο και γι' αυτό το λόγο η απόκλιση των θερμικών κερδών που προέρχονται από αυτόν από τα θερμικά κέρδη από τους χρήστες παραμένει σταθερή.

8.4 Θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω παραθύρων

Τα εξωτερικά παράθυρα αποτελούν επιφάνειες οι οποίες συνορεύουν με το εξωτερικό περιβάλλον. Επομένως, τα κέρδη και οι απώλειες αγωγιμότητας μέσω αυτών είναι μεγάλες. Στον παρακάτω πίνακα παρατείνονται τα μηνιαία κέρδη και οι απώλειες θερμότητας με αγωγή διαμέσου των παραθύρων.

Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες παραθύρων		
Μήνες	Μηνιαία Θερμικά Κέρδη Παραθύρων(KWh)	Μηνιαίες Θερμικές Απώλειες Παραθύρων(KWh)
Ιανουάριος	2625.904211	881.6438405
Φεβρουάριος	3105.567089	877.722119
Μάρτιος	4739.791994	874.5110157
Απρίλιος	5350.755701	731.7489001
Μάιος	5252.673519	562.9003681
Ιούνιος	5471.074401	416.5549839
Ιούλιος	5959.823424	358.2957465
Αύγουστος	6808.803771	350.4602077
Σεπτέμβριος	6727.766225	510.8291418
Οκτώβριος	4407.486756	657.6700166
Νοέμβριος	2524.221623	750.4605438
Δεκέμβριος	2175.675086	867.6059974
Σύνολο	55149.5438	7840.402881

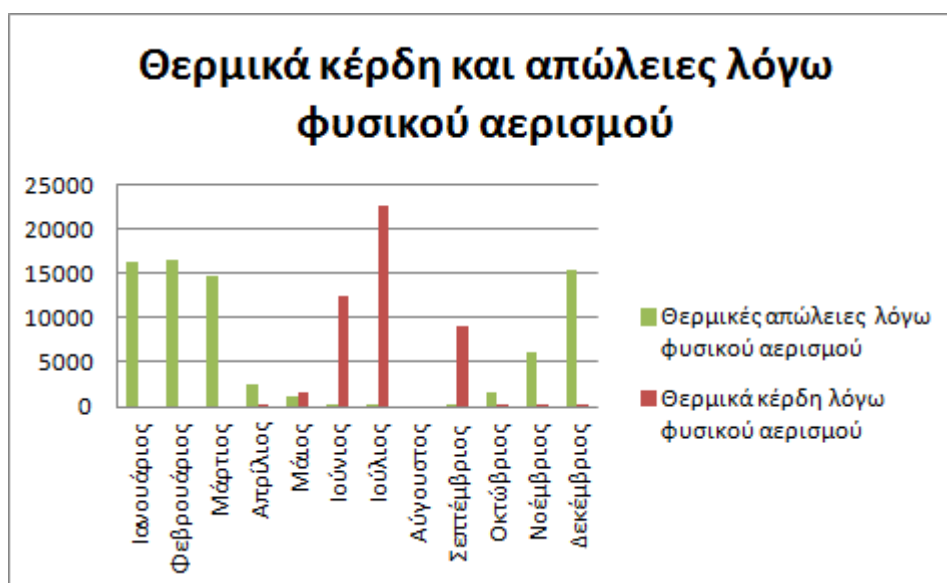
Εικ. 8.8 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω των παραθύρων

8.5 Θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω του φυσικού αερισμού

Ο φυσικός αερισμός των χώρων του κτιρίου αποτελεί σημαντική πηγή ενεργειακών κερδών και απωλειών. Μέσω του φυσικού αερισμού του κτιρίου επιτυγχάνεται η ανανέωση του αέρα των εσωτερικών χώρων με σκοπό τη δημιουργία συνθηκών άνεσης για εργασία. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα θερμικά κέρδη και οι απώλειες μέσω του φυσικού αερισμού των χώρων.

Μηνιαία κέρδη και απώλειες από το φυσικό αερισμό		
Μήνας	Ενεργειακά Κέρδη από Φυσικό Αερισμό (kWh)	Ενεργειακές Απώλειες από Φυσικό Αερισμό (kWh)
Ιανουάριος	0	16354.87572
Φεβρουάριος	0	16476.82592
Μάρτιος	0	14641.2994
Απρίλιος	108.240373	2432.256915
Μάιος	1490.901141	1179.949678
Ιούνιος	12383.79398	141.4090322
Ιούλιος	22685.44431	54.59085663
Αύγουστος	0	0
Σεπτέμβριος	8958.524626	291.0526489
Οκτώβριος	108.9504667	1528.947498
Νοέμβριος	37.19176159	6220.007343
Δεκέμβριος	21.70916472	15348.98057
Σύνολο	45794.75582	74670.19558

Εικ. 8.9 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες από φυσικό αερισμό (πίνακας)



Εικ. 8.10 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες από φυσικό αερισμό (μπαρά)

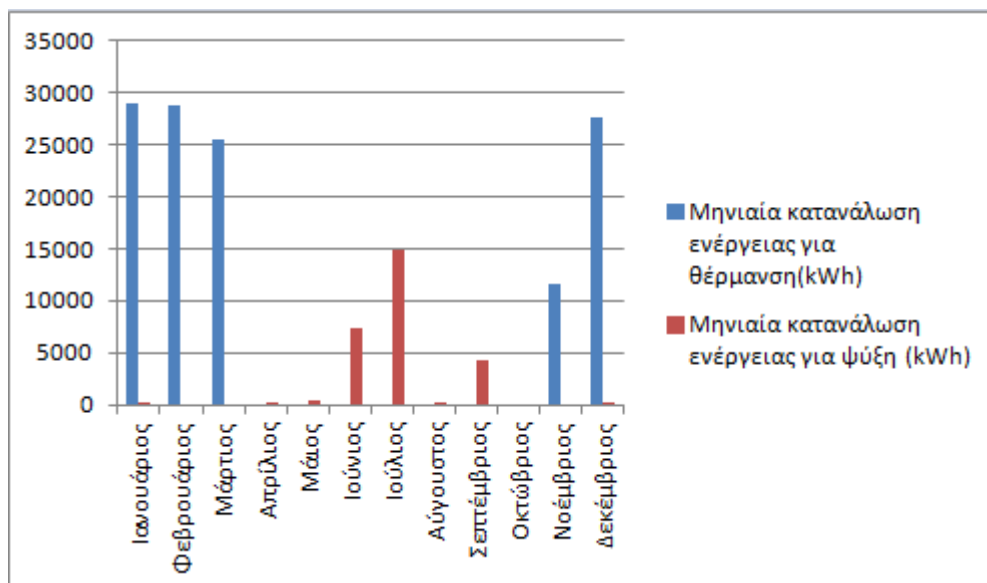
Όπως είναι φυσιολογικό παρατηρείται ότι τους χειμερινούς μήνες υπάρχουν απώλειες θερμότητας του κτιρίου και του καλοκαιρινούς μήνες θερμικά κέρδη.

8.6 Κατανάλωση ενέργειας από το θερμοστάτη

Ο θερμοστάτης είναι απαραίτητος για να διατηρείται η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων σε ανεκτά όρια. Τα όρια αυτά είναι από 20°C μέχρι 26°C σύμφωνα με τους κανόνες που ορίζει ο κανονισμός (ΤΟΤΕΕ-20701-1). Η ενέργεια που καταναλώνεται από το θερμοστάτη εξαρτάται άμεσα από τα συνολικά θερμικά κέρδη και τις απώλειες που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια και καθορίζει το κόστος που δαπανάται ετησίως για θέρμανση και ψύξη. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε kWh.

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση(kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	28914.76542	0.017781995
Φεβρουάριος	28874.40108	0.001109805
Μάρτιος	25587.4377	0.005208022
Απρίλιος	0	0.906492973
Μάιος	0.001220165	345.0678089
Ιούνιος	0.001190762	7284.792841
Ιούλιος	0.00172439	14811.61457
Αύγουστος	0	23.97846844
Σεπτέμβριος	4.89439E-12	4181.907999
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11625.79791	0.005154573
Δεκέμβριος	27705.07202	0.045182692
Σύνολο	122707.4783	26648.34261

Εικ. 8.11 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (πίνακας)



Εικ. 8.12 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (μπάρα)

Μέσω του πίνακα και του διαγράμματος παρατηρείται εύκολα ότι η ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση (**122707,4783 kWh**) είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη (**26648,34261 kWh**). Τέλος, η συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται είναι **149355,8209 kWh**.

9 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

9.1 Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού

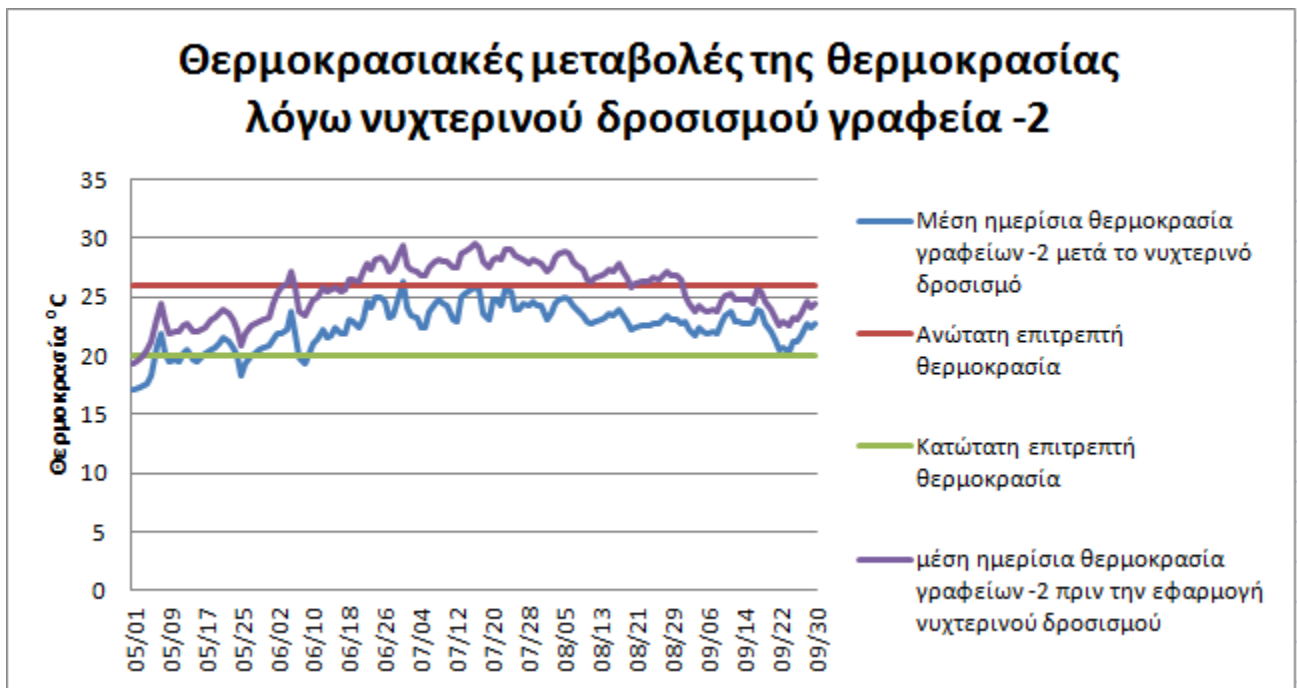
Ένας τρόπος μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης για ψύξη τους θερμούς μήνες είναι η εφαρμογή συστήματος φυσικού δροσισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σκοπός του είναι η αποθήκευση «δροσιάς» στη θερμική μάζα του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα.

Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, πρέπει τα παράθυρα που βρίσκονται στα γραφεία των καθηγητών να παραμένουν ανοιχτά από τη στιγμή που φεύγουν οι χρήστες των γραφείων για τελευταία φορά μέσα στη μέρα και να παραμένουν κλειστά στη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας. Παρακάτω παρουσιάζονται το πρόγραμμα (schedule) που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση αυτής της μεθόδου.

nuxterinos drosismos	0	Until: 24:00	Until: 24:00
Fraction	Until: 10:00	1	0
Through: 3/31	.3	For: Weekends AllOtherDays	Through: 12/31
For: Weekdays WinterDesignDay	Until: 15:00	Until: 24:00	For: Weekdays
Until: 6:00	.8	0	Until: 8:00
0	Until: 17:00	Through: 8/31	0
Until: 8:00	.3	For: AllDays	Until: 10:00
0	Until: 24:00	Until: 24:00	.3
Until: 10:00	0	0	Until: 11:00
.3	For: Weekends AllOtherDays	Through: 9/30	.7
Until: 11:00	Until: 24:00	For: Weekdays	Until: 13:00
.7	0	Until: 6:00	0
Until: 13:00	Through: 7/31	1	Until: 14:00
0	For: Weekdays	Until: 8:00	.8
Until: 14:00	Until: 6:00	0	Until: 24:00
.8	1	Until: 10:00	0
Until: 24:00	Until: 8:00	0	For: Weekends AllOtherDays
0	1	Until: 15:00	Until: 24:00
For: Weekends AllOtherDays	Until: 10:00	.2	0
Until: 24:00	0	Until: 17:00	
0	Until: 15:00	0	
Through: 4/30	.2	Until: 24:00	
For: Weekdays	Until: 17:00	1	
Until: 8:00	0	For: Weekends AllOtherDays	

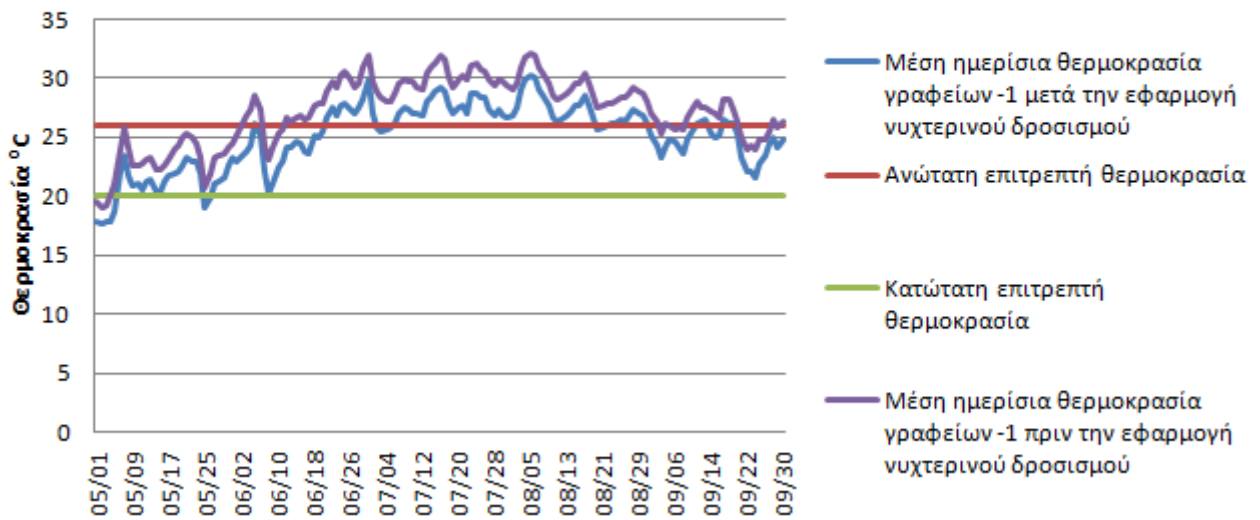
Εικ. 9.1 Πρόγραμμα νυχτερινού δροσισμού

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται οι ημερήσιες μεταβολές της θερμοκρασίας στους μήνες όπου εφαρμόζεται ο νυχτερινός δροσισμός (Μάιος-Σεπτέμβριος).



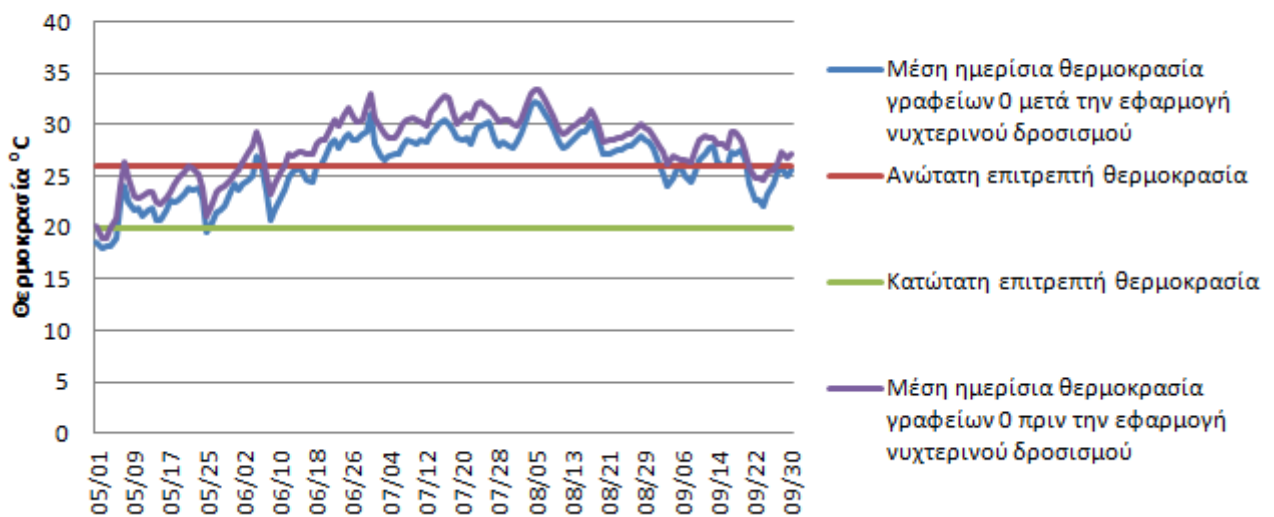
Εικ. 9.2 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία -2

Θερμοκρασιακές μεταβολές της θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού γραφεία -1

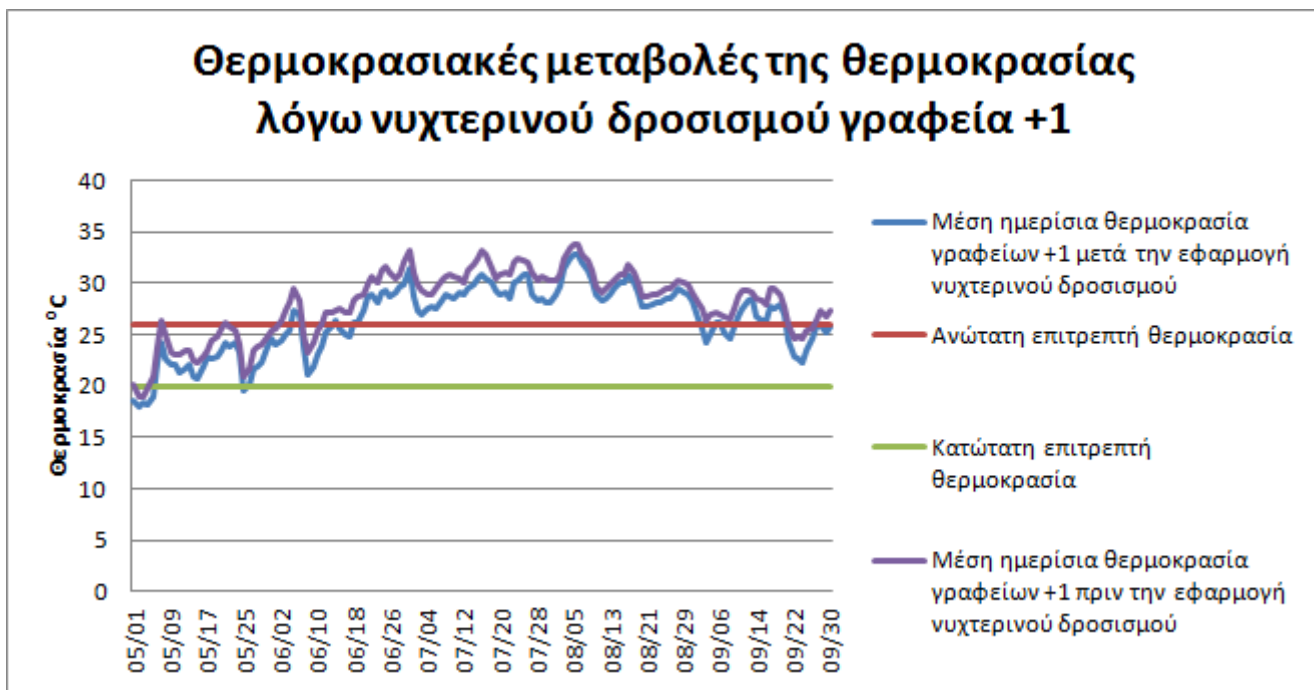


Εικ. 9.3 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία -1

Θερμοκρασιακές μεταβολές της θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού γραφεία 0



Εικ. 9.4 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία 0



Εικ. 9.5 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία +1

Παρατηρείται ότι υπάρχει σαφής ελάττωση της θερμοκρασίας στους χώρους των γραφείων. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται παρακάτω σε μορφή πίνακα οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασιακές μεταβολές που πραγματοποιούνται τους μήνες όπου εφαρμόζεται το σύστημα νυχτερινού δροσισμού.

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων -2 πριν την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων -2 μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού	Διαφορά
Μάιος	22.25198164	19.80287725	2.44910439
Ιούνιος	26.2600453	22.60651775	3.65352755
Ιούλιος	28.09146338	24.23056824	3.860895131
Αύγουστος	27.06207456	23.27440765	3.787666912
Σεπτέμβριος	23.35176874	22.25675138	1.095017358

Εικ. 9.6 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού -2

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων -1 πριν την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων -1 μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού	Διαφορά
Μάιος	22.90226326	21.04366204	1.858601221
Ιούνιος	27.56798227	25.05018344	2.517798835
Ιούλιος	29.8791351	27.35394603	2.525189072
Αύγουστος	29.25648869	27.36376266	1.892726035
Σεπτέμβριος	26.24472205	24.60408289	1.640639161

Εικ. 9.7 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού -1

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων 0 πριν την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων 0 μετά την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού	Διαφορά
Μάιος	23.24023977	21.58871675	1.651523018
Ιούνιος	28.15822668	26.01196112	2.146265561
Ιούλιος	30.67621687	28.5341719	2.142044967
Αύγουστος	30.21287684	28.97418108	1.238695754
Σεπτέμβριος	27.14558025	25.51287113	1.632709117

Εικ. 9.8 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού 0

Μήνας	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων +1 πριν την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού	Μέση μηνιαία θερμοκρασία γραφείων +1 μετά την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού	Διαφορά
Μάιος	23.24501776	21.75852849	1.486489273
Ιούνιος	28.28359077	26.3745282	1.909062566
Ιούλιος	30.8745811	28.96706128	1.907519818
Αύγουστος	30.53249272	29.5492542	0.983238525
Σεπτέμβριος	27.34053141	25.73795516	1.602576252

Εικ. 9.9 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυκτερινού δροσισμού +1

Τέλος, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα οι μηνιαίες καταναλώσεις του θερμοστάτη πριν και μετά την εφαρμογή του συστήματος νυκτερινού δροσισμού.

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση(kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	28914.76542	0.017781995
Φεβρουάριος	28874.40108	0.001109805
Μάρτιος	25587.4377	0.005208022
Απρίλιος	0	0.906492973
Μάιος	0.001220165	345.0678089
Ιούνιος	0.001190762	7284.792841
Ιούλιος	0.00172439	14811.61457
Αύγουστος	0	23.97846844
Σεπτέμβριος	4.89439E-12	4181.907999
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11625.79791	0.005154573
Δεκέμβριος	27705.07202	0.045182692
Σύνολο	122707.4783	26648.34261

Εικ. 9.10 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά τηναξιοποίηση του νυχτερινού δροσισμού		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση θερμοστάτη για θέρμανση μετά το νυχτερινο δροσισμό (kWh)	Μηνιαία κατανάλωση θερμοστάτη για ψύξη μετά το νυχτερινο δροσισμό (kWh)
Ιανουάριος	28920.98091	0.008708827
Φεβρουάριος	28879.98983	0.001110511
Μάρτιος	25589.44331	0.00520887
Απρίλιος	0	0.895403666
Μάιος	5.04044E-12	331.1550792
Ιούνιος	0.000606925	7157.305548
Ιούλιος	0.005584446	14629.89841
Αύγουστος	0	23.96889252
Σεπτέμβριος	7.59409E-05	4090.793891
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11629.17102	0.005157418
Δεκέμβριος	27711.4424	0.031316904
Σύνολο	122731.0337	26234.06873

Εικ. 9.11 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού

Γίνεται αντιληπτό ότι η ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση παραμένει πρακτικώς η ίδια, σε αντίθεση με την ενέργεια που καταναλώνεται για ψύξη η οποία μειώνεται κατά **464,58 kWh** ετησίως.

9.2 Πλήρωση των κενών των ενώσεων των πάνελ με διογκωμένη πολυουρεθάνη

Σημαντικό πρόβλημα στη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου αποτελεί η αυξημένη διήθηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους. Τα κενά που υπάρχουν στις ενώσεις των πάνελ λόγω της μη τήρησης του σχεδίου από τον εργολάβο επιτρέπουν στον αέρα να διεισδύει ανεμπόδιστα στο εσωτερικό του κτιρίου.

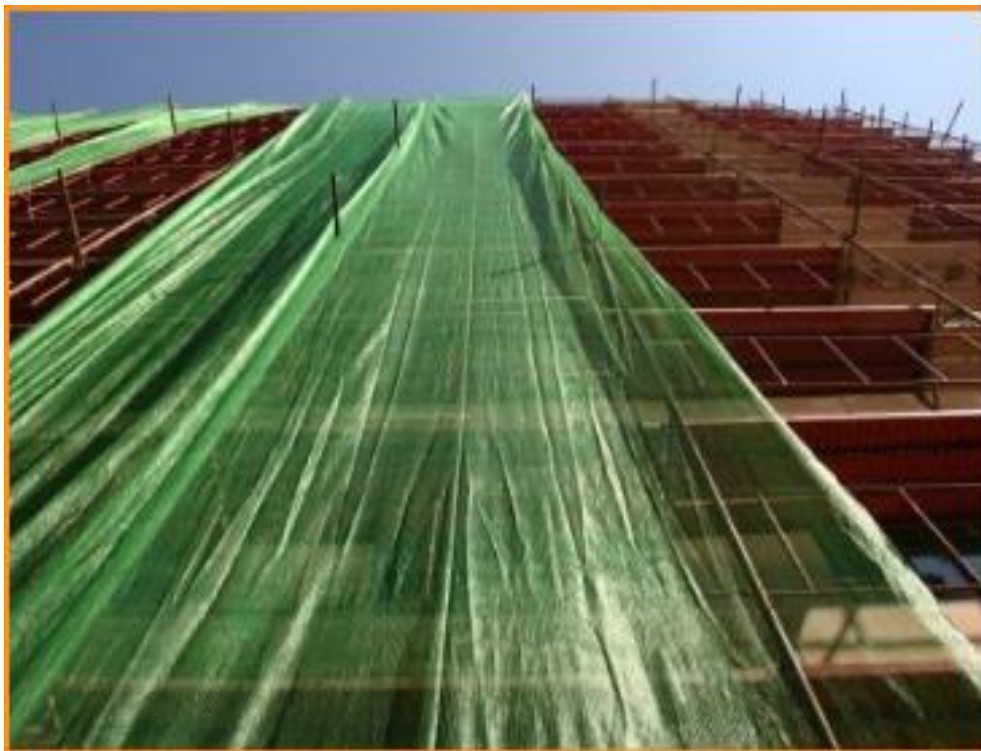
Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος συνίσταται η χρήση αφρού διογκωμένης πολυουρεθάνης τύπου Sika Boom S. Το Sika Boom-S χρησιμοποιείται για σταθεροποίηση και μόνωση σε αρμούς συνδέσεων γύρω από κασώματα παραθύρων και θυρών, ανοιγμάτων κατασκευής για σωλήνες, των κοίλων χώρων σε συστήματα κλιματισμού, σε εγκαταστάσεις ηλεκτρονικού εξοπλισμού, κτλ. Προσφέρει ακόμα μόνωση έναντι του ήχου, του ψύχους και της υγρασίας σε μία εφαρμογή. Παρακάτω παρουσιάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της παραπάνω πολυουρεθάνης.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	
Χημική βάση	Πολυουρεθάνη ενός συστατικού που ωριμάζει με την υγρασία
Πυκνότητα	0.018 kg/l (= 18 kg/m ³)
Χρόνος Δημιουργίας Επιδερμίδας	10 - 15 λεπτά (+23°C / 50% Σ.Υ.)
Ταχύτητα Ωρίμανσης	Το κορδόν των 20 mm μπορεί να κοπεί μετά από 30 λεπτά (+23°C / 50% Σ.Υ.) Πλήρης ωρίμανση μετά από 12 ώρες (+23°C / 50% Σ.Υ.)
Θερμοκρασία Λειτουργίας	-40°C έως +80°C (προσωρινά έως τους +100°C)
Θερμική Αγωγιμότητα	- 0.04 W/mK (DIN 52 612)
Μηχανικές / Φυσικές Ιδιότητες	
Διατμητική Αντοχή	- 0.08 N/mm ² (+23°C / 50% Σ.Υ.) (DIN 53 427)
Εφελκυστική Αντοχή	- 0.18 N/mm ² (+23°C / 50% Σ.Υ.) (DIN 53 430)
Πληροφορίες Συστήματος	
Λεπτομέρειες Εφαρμογής	
Κατανάλωση	Η κατανάλωση μπορεί να ρυθμιστεί από την πίεση και τη γωνία του άκρου της βελβίδας / προσαρμογέα. Απόδοση: Δοχείο 750 ml μέχρι 34 l (+/- 3 l) Δοχείο 500 ml μέχρι 22 l (+/- 3 l)
Ποιότητα Υποστρώματος	Καθαρό και ξηρό, ομογενές, απαλλαγμένο από λάδια και λιπαρές ουσίες, σκόνη και χαλαρά ή σθερά τμήματα. Βοφές, επιδερμίδα σκυροδέματος και άλλα υλικά με χαμηλή πρόσφυση θα πρέπει να αφαιρούνται. Πρέπει να τηρούνται οι τυπικοί κατασκευαστικοί κανόνες.
Προετοιμασία Υποστρώματος	Βρέξτε προηγουμένως το υπόστρωμα με καθαρό νερό. Αυτό εξασφαλίζει ότι ο αφρός θα ωριμάσει με τον καλύτερο τρόπο και θα εμποδίσει τη δευτερογενή διαστολή του αφρού.
Συνθήκες Εφαρμογής / Περιορισμοί	
Θερμοκρασία Υποστρώματος	+5°C ελάχιστη / +25°C μέγιστη (το δοχείο αεροσάλ πρέπει να έχει ελάχιστη θερμοκρασία +5°C.)
Θερμοκρασία Περιβάλλοντος	+5°C ελάχιστη / +25°C μέγιστη (το δοχείο αεροσάλ πρέπει να έχει ελάχιστη θερμοκρασία +5°C.)
Υγρασία Υποστρώματος	Το υπόστρωμα πρέπει να είναι στεγνό για οπτικό έλεγχο
Σχετική Υγρασία Ατμόσφαιρας	Μεταξύ 30% και 100%

Εκ. 9.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά Sika Boom S

Συγκεκριμένα, αξιολογήθηκε ότι απαιτείται πλήρωση αρμών συνολικού μήκους 1000 μέτρων. Η διατομή του αρμού είναι ίση με 0,001 m² και κατά συνέπεια ο συνολικός όγκος πλήρωσης ανέρχεται στο 1 m³ (1000 litres). Η διογκωμένη πολυουρεθάνη τύπου Sika Boom-S, σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της, μετά την εφαρμογή της διογκώνεται 1,7 φορές. Αυτό σημαίνει ότι στους αρμούς χρειάζεται να τοποθετηθεί πολυουρεθάνη ίση με το 60% του όγκου που πρέπει να γεμίσουν. Επομένως, προτείνεται η αγορά 600 l διογκωμένης πολυουρεθάνης.

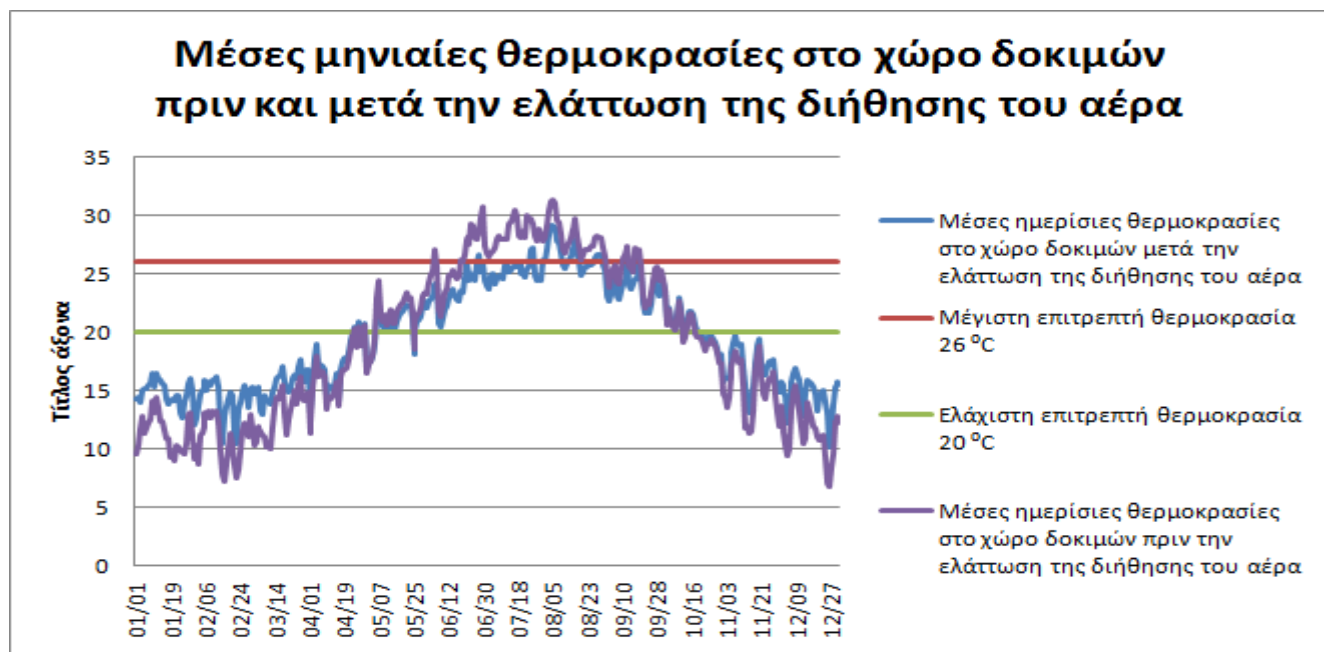
Απαιτούνται 12 ώρες μέχρι την ολοκλήρωση της διόγκωσης. Όμως, όπως όλα τα αφρώδη πλαστικά υλικά κατά την αποθήκευση της και σε κάθε εφαρμογή της η διογκωμένη πολυουρεθάνη χρειάζεται προστασία από την υπεριώδη ακτίνα του ηλίου και από τους διαλύτες. Για το λόγο αυτό προτείνεται η χρήση αντιανεμικού διχτύου (λινάτσα). Η πυκνή λινάτσα καλύπτει τις ανάγκες χρήσης της όπως είναι η σκίαση, ο περιορισμός επέκτασης σκόνης, η ασφάλεια, η αίσθηση προστασίας στον εργαζόμενο και η ιδιωτικότητα.



Εικ. 9.13 Πυκνή λινάτσα

Προκειμένου να επιτευχθεί η εύκολη πρόσβαση σε όλες τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου θεωρείται απαραίτητη η τοποθέτηση ικριωμάτων (σκαλωσιών) αλουμινίου περιμετρικά του κτιρίου στους τοίχους με κατακόρυφη τοποθέτηση και η χρήση καλαθοφόρου γερανού με σκοπό την ευκολότερη πρόσβαση στους κεκλιμένους τοίχους.

Παρακάτω, παρουσιάζονται σε μορφή διαγράμματος οι μεταβολές της θερμοκρασίας στο χώρο που γίνονται οι δοκιμές στη διάρκεια ενός έτους, καθώς και πίνακας με τις μέσες μηνιαίες διαφορές που παρατηρούνται.



Εικ. 9.14 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω της ελάττωσης της διήθησης του αέρα στο χώρο των δοκιμών

Μήνας	Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες πριν την ελάττωση της διήθησης του αέρα (°C)	Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα (°C)	Διαφορά (°C)
Ιανουάριος	12.73920422	14.80491248	2.065708253
Φεβρουάριος	11.90212874	14.20185075	2.299722008
Μάρτιος	13.54477749	15.41625203	1.871474549
Απρίλιος	16.8124166	17.3472932	0.534876606
Μάιος	20.49649404	20.62169011	0.125196075
Ιούνιος	24.70636723	23.61787997	-1.088487258
Ιούλιος	26.97464271	25.16976475	-1.804877963
Αύγουστος	26.89442337	26.62008908	-0.274334288
Σεπτέμβριος	24.48586833	23.83124924	-0.654619087
Οκτώβριος	20.25681221	20.58146852	0.324656308
Νοέμβριος	15.93441255	16.85189205	0.917479497
Δεκέμβριος	12.69994698	14.5833225	1.883375527

Εικ. 9.15 Θερμοκρασίες πριν και μετά πλήρωσης κενών

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι με την ελάττωση της διήθησης του αέρα στον εσωτερικό χώρο παρατηρούνται σημαντικές θερμοκρασιακές μεταβολές στο χώρο των δοκιμών. Αναλυτικότερα, τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται αύξηση της μέσης μηνιαίας εσωτερικής θερμοκρασίας η οποία φτάνει και τους 2,3 °C και τους θερινούς μήνες η μέση μηνιαία θερμοκρασία ελαττώνεται μέχρι και 1,8 °C.

Στη συνέχεια, παρατίθενται οι παρακάτω πίνακες και τα διαγράμματα στα οποία παρουσιάζεται η μείωση της μηνιαίας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου λόγω μείωσης της διήθησης.

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση(kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	28914.76542	0.017781995
Φεβρουάριος	28874.40108	0.001109805
Μάρτιος	25587.4377	0.005208022
Απρίλιος	0	0.906492973
Μάιος	0.001220165	345.0678089
Ιούνιος	0.001190762	7284.792841
Ιούλιος	0.00172439	14811.61457
Αύγουστος	0	23.97846844
Σεπτέμβριος	4.89439E-12	4181.907999
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11625.79791	0.005154573
Δεκέμβριος	27705.07202	0.045182692
Σύνολο	122707.4783	26648.34261

Εικ. 9.16 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα στους εσωτερικούς χώρους		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	26156.00529	0.00638508
Φεβρουάριος	26060.15801	0.012735093
Μάρτιος	23108.3341	0.023103753
Απρίλιος	0	7.347759804
Μάιος	2.54956E-12	385.8991207
Ιούνιος	3.4748E-05	7274.483599
Ιούλιος	2.30753E-11	14696.1079
Αύγουστος	0	22.67053461
Σεπτέμβριος	0.000214245	4218.224254
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	10462.87228	0.004733975
Δεκέμβριος	25088.50719	0.024088985
Σύνολο	110875.8771	26604.80421

Εικ. 9.17 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την πλήρωση κενών

Παρατηρείται μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση κατά **11831,6012 kWh** και για ψύξη **43,5384 kWh**. Επομένως, συνολικά, η ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται μειώθηκε κατά **11875,1396 kWh**.



Εικ. 9.18 Διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα

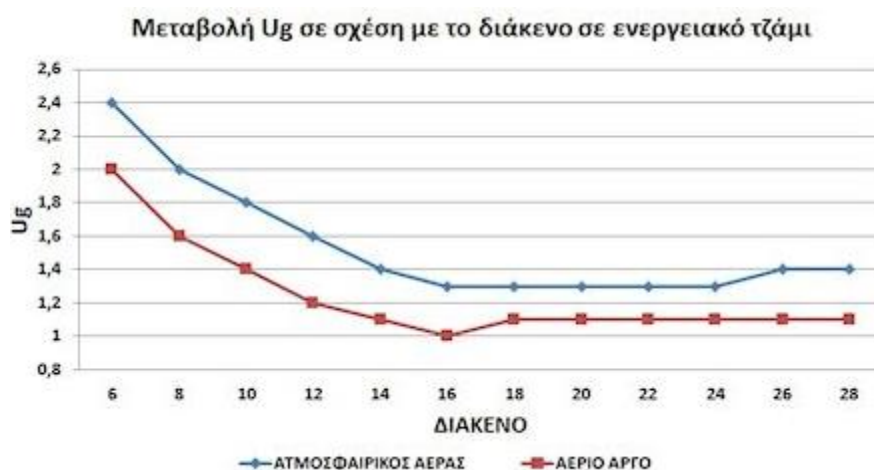


Εικ. 9.19 Διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα

9.3 Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)

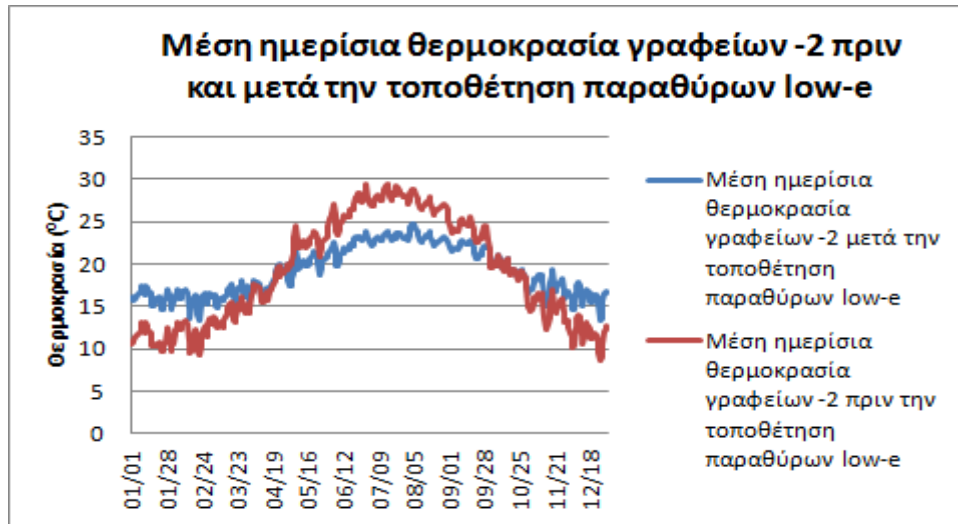
Στο σημείο αυτό προτείνεται η τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-e). Οι συγκεκριμένοι υαλοπίνακες έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία και φέρουν μικροσκοπικώς λεπτότητες επιστρώσεις μεταλλικών στοιχείων (οξειδίων Αργύρου κλπ) οι οποίες εναποτίθενται στην επιφάνεια των υαλοπινάκων που βρίσκεται μέσα στο διάκενο που δημιουργούν οι διπλοί υαλοπίνακες και δημιουργούν επιφάνεια που αντανακλά τη θερμότητα. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η ανεμπόδιστη εισροή θερμότητας και κατ' επέκταση αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά την περίοδο των καλοκαιρινών μηνών και αντίστοιχα η διαφυγή θερμότητας από τους εσωτερικούς χώρους προς το εξωτερικό περιβάλλον τους χειμερινούς μήνες.

Επιλέχθηκε, να αντικατασταθούν οι υαλοπίνακες των παραθύρων, με διπλούς, ενεργειακούς υαλοπίνακες τρίτης γενιάς με εξωτερικό τζάμι Low-e 6mm, 12mm αργό και εσωτερικό τζάμι Low-e 6mm. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη μεταβολή του συντελεστή θερμοπερατότητας U ανάλογα με το πάχος του διακένου μεταξύ των δύο υαλοπινάκων.

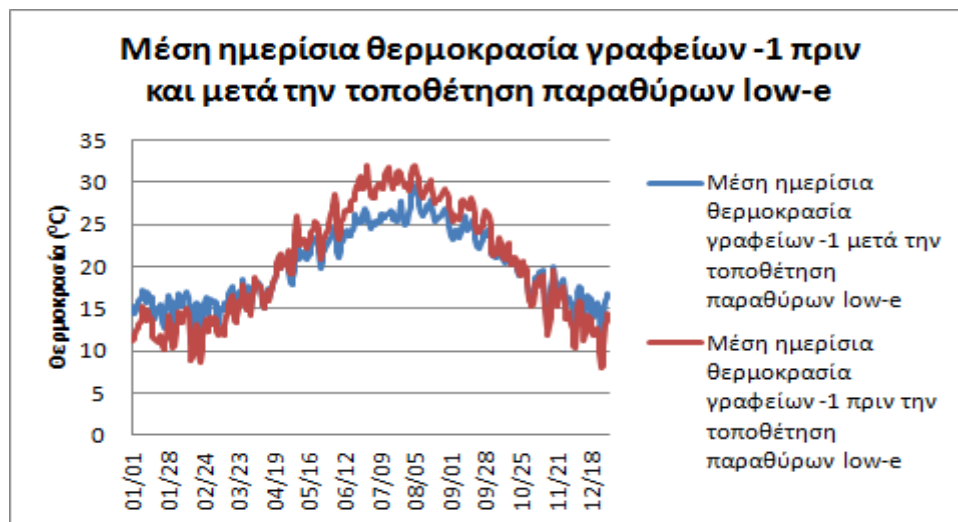


Εικ. 9.20 Μεταβολή θερμοπερατότητας παραθύρων σε σχέση με το διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων (<http://www.practikal.gr/products/yalopinakes/energiakoiyalopinakes.html>)

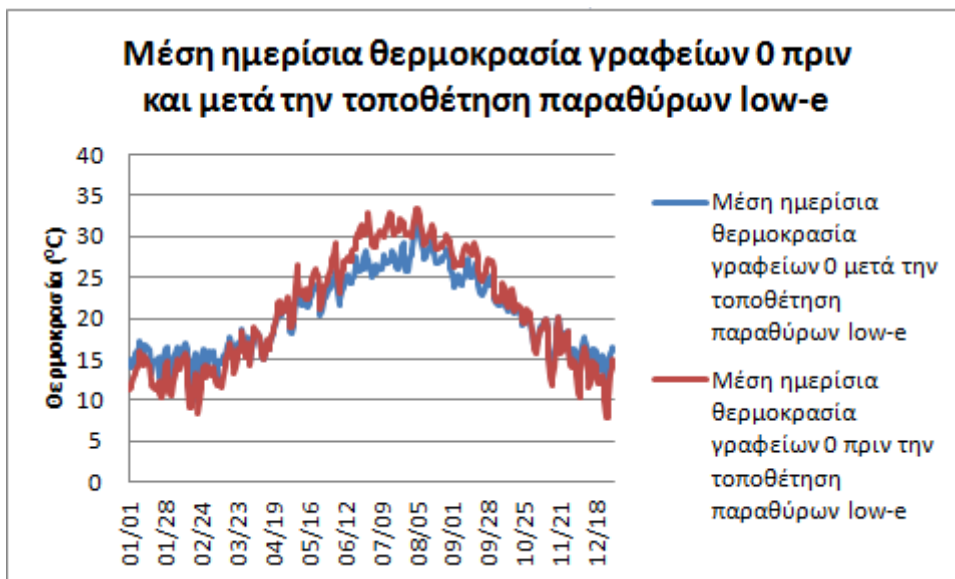
Παρακάτω παρουσιάζονται οι ημερήσιες θερμοκρασιακές μεταβολές πριν και μετά την τοποθέτηση των ενεργειακών υαλοπινάκων σε μορφή διαγραμμάτων, καθώς και οι μέσες μηνιαίες διαφορές της εσωτερικής θερμοκρασίας των γραφείων που παρατηρείται.



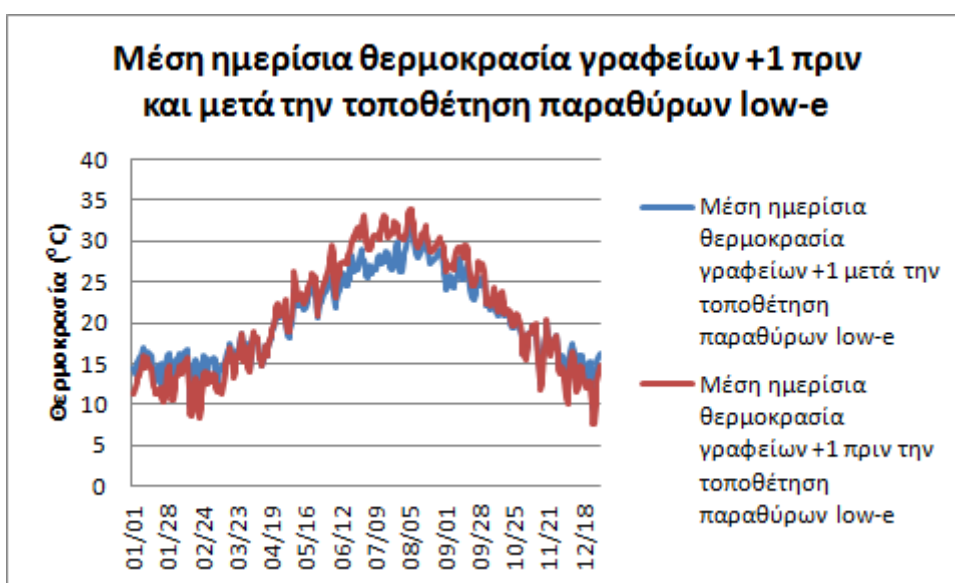
Εικ. 9.21 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία -2



Εικ. 9.22 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία -1



Εικ. 9.23 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία 0



Εικ. 9.24 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία +1

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η θερμοκρασία των γραφείων του χειμερινούς μήνες είναι υψηλότερη αφού τοποθετηθούν οι υαλοπίνακες χαμηλής εκπομπής, ενώ τους θερινούς μήνες χαμηλότερη.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα η ενεργειακή κατανάλωση του θερμοστάτη σε kWh για τη διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε αποδεκτά όρια πριν και μετά την τοποθέτηση των ενεργειακών υαλοπινάκων.

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση(kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	28914.76542	0.017781995
Φεβρουάριος	28874.40108	0.001109805
Μάρτιος	25587.4377	0.005208022
Απρίλιος	0	0.906492973
Μάιος	0.001220165	345.0678089
Ιούνιος	0.001190762	7284.792841
Ιούλιος	0.00172439	14811.61457
Αύγουστος	0	23.97846844
Σεπτέμβριος	4.89439E-12	4181.907999
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11625.79791	0.005154573
Δεκέμβριος	27705.07202	0.045182692
Σύνολο	122707.4783	26648.34261

Εικ. 9.25 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη μετά την τοποθέτηση υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής		
Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	28819.75072	0.001525671
Φεβρουάριος	28818.19687	0.001114444
Μάρτιος	25654.5068	0.005297513
Απρίλιος	0	0.649605229
Μάιος	0.001184218	329.8139083
Ιούνιος	0.00330952	7129.71114
Ιούλιος	0.001649148	14543.99888
Αύγουστος	0	19.89151939
Σεπτέμβριος	0.000119017	4147.102426
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	11619.94368	0.005154081
Δεκέμβριος	27599.28807	0.031187997
Σύνολο	122511.6924	26171.21176

Εικ. 9.26 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Παρατηρείται μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για ψύξη ίση με 477,13085 kWh και μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για θέρμανση κατά 195,7859 kWh. Αυτό σημαίνει ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση για θέρμανση και για ψύξη μειώνεται κατά 672,91675 kWh.

9.4 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας LED

Στο παρών κεφάλαιο εξετάζεται η αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού με λαμπτήρες τύπου LED. Τα LED είναι πιο οικονομικά σε κατανάλωση ρεύματος, αν συγκριθούν με μία φθορισμού ίδιας φωτεινότητας και έχουν 5-10 φορές μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Αρχικά, στους διαδρόμους και τα γραφεία κάθε ορόφου χρησιμοποιούνται λαμπτήρες φθορίωσης μάρκας **PHILIPS/MASTER TL-D Super 80**. Ο συγκεκριμένος λαμπτήρας καταναλώνει **36 watt** και παράγει φωτεινότητα ίση με **3350 lumens**.



MASTER TL-D Super 80

MASTER TL-D Super 80 36W/830 1SL/25

The MASTER TL-D Super 80 lamp offers more lumens per watt and better color rendering than TL-D standard colors. Furthermore, it has a lower mercury content. The lamp can be operated in existing TL-D luminaires.

Product data

General Information

Cap-Base	G13 [G13 Medium Bi-Pin Fluorescent]
Life To 10% Failures (Nom)	12000 h
Life To 50% Failures (Nom)	15000 h
Life To 50% Failures Preheat (Nom)	20000 h
LSF 2000 h Rated	99 %
LSF 4000 h Rated	99 %
LSF 6000 h Rated	99 %
LSF 8000 h Rated	99 %
LSF 12000 h Rated	89 %
LSF 16000 h Rated	33 %
LSF 20000 h Rated	2 %

LLMF 6000 h Rated	94 %
LLMF 8000 h Rated	93 %
LLMF 12000 h Rated	92 %
LLMF 16000 h Rated	91 %
LLMF 20000 h Rated	90 %

Operating and Electrical

Power (Rated) (Nom)	36.0 W
Lamp Current (Nom)	0.440 A
Voltage (Nom)	103 V

Temperature

Design Temperature (Nom)	25 °C
--------------------------	-------

Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

Mechanical and Housing

Cap-Base Information	Green Plate
----------------------	-------------

Approval and Application

Energy Efficiency Label (EEL)	A
Mercury (Hg) Content (Nom)	2.0 mg
Energy Consumption kWh/1000 h	42 kWh

Light Technical

Color Code	830 [CCT of 3000K]
Luminous Flux (Nom)	3350 lm
Luminous Flux (Rated) (Nom)	3350 lm
Color Designation	Warm White (WW)
Chromaticity Coordinate X (Nom)	440
Chromaticity Coordinate Y (Nom)	403
Correlated Color Temperature (Nom)	3000 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	93 lm/W
Color Rendering Index (Nom)	85
LLMF 2000 h Rated	96 %
LLMF 4000 h Rated	95 %

Εικ. 9.27 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **PHILIPS/MASTER TL-D Super 80**

Συνολικά σε κάθε διάδρομο υπάρχουν 14 τέτοιου είδους λαμπτήρες που παράγουν συνολική φωτεινότητα 780 lm/m². Σύμφωνα με τους κανόνες του ΤΟΤΕΕ στους διαδρόμους απαιτείται ελάχιστη φωτεινότητα ίση με 200 lm/m². Επομένως, κρίνεται υπερβολική η χρήση τέτοιου είδους λαμπτήρων και προτείνεται η αντικατάστασή τους με λαμπτήρες τύπου LED μάρκας **PHILIPS/ MASTER LEDtube Value - MLDTV/20/1283UO**.



Εικ. 9.28 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **PHILIPS/ MASTER LEDtube Value - MLDTV/20/1283UO**

Η συγκεκριμένη μάρκα λαμπτήρα καταναλώνει **18 watt** και παράγει φωτεινότητα **2300 lm**. Άρα, μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων θα παράγονται **536 lm/m²** ώστε να παραμείνουν τα επίπεδα φωτεινότητας σε υψηλά επίπεδα με τη μισή όμως κατανάλωση.

Αντίστοιχα στα γραφεία κάθε ορόφου υπάρχουν πάλι συνολικά 24 λαμπτήρες τύπου **PHILIPS/MASTER TL-D Super 80**. Η φωτεινότητα που παράγουν ανά τετραγωνικό μέτρο είναι ίση με 609 lm/m^2 . Προτείνεται η αντικατάσταση με τους ίδιους λαμπτήρες τύπου **PHILIPS/ MASTER LEDtube Value - MLDTV/20/1283UO** οι οποίοι με τη μισή κατανάλωση παρέχουν φωτεινότητα ίση με 502 lm/m^2 . Σύμφωνα με τους κανόνες του TOTEE στους διαδρόμους απαιτείται ελάχιστη φωτεινότητα ίση με **500 lm/m^2** . Επομένως, η φωτεινότητα παραμένει πάνω από το όριο που ορίζουν οι κανονισμοί.

Στο χώρο των δοκιμών χρησιμοποιούνται 25 λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης μάρκας **GENERAL ELECTRIC** οι οποίοι καταναλώνουν **400 watt** και παράγουν **22500 lm** ο καθένας. Αυτό σημαίνει ότι στο χώρο των δοκιμών παράγεται φωτεινότητα ίση με **$756,24 \text{ lm/m}^2$** .



Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Ισχύς (W):	400
Τάση (V):	135
Lumens (lm):	22500
Lumens ανά Watt (Αποτελεσματικότητα):	56
Κάλυκας:	E40

Εικ. 9.29 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **GENERAL ELECTRIC**

Προτείνεται η χρησιμοποίηση λαμπτήρων τύπου **Led High Bay Bulb** οι οποίοι καταναλώνουν **200 watt** και παράγουν **20000 lm** ο καθένας. Επομένως, επιτυγχάνεται μείωση της κατανάλωσης κατά 50% με το φωτισμό να είναι ίσος με **672,21 lm/m²** να παραμένει σε υψηλά επίπεδα.



Quick Detail:

- *Model Name: FR-HBE200W
- *Certification: CE/ROHS
- *CCT: 2700 ~7000K
- *Power Consumption: 200W
- *Input Voltage: AC90 ~ 277V
- *CRI: Ra > 80
- *Beam Angle: 60° /90°/ 120°
- *LED Brand: CREE
- *Luminance: 20000LM±5%
- *Warranty: 5 Years
- *Protection Rate: IP43
- *Cover: Optical Lens
- *Radiator: Fin cooling

Εικ. 9.30 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **Led High Bay Bulb**

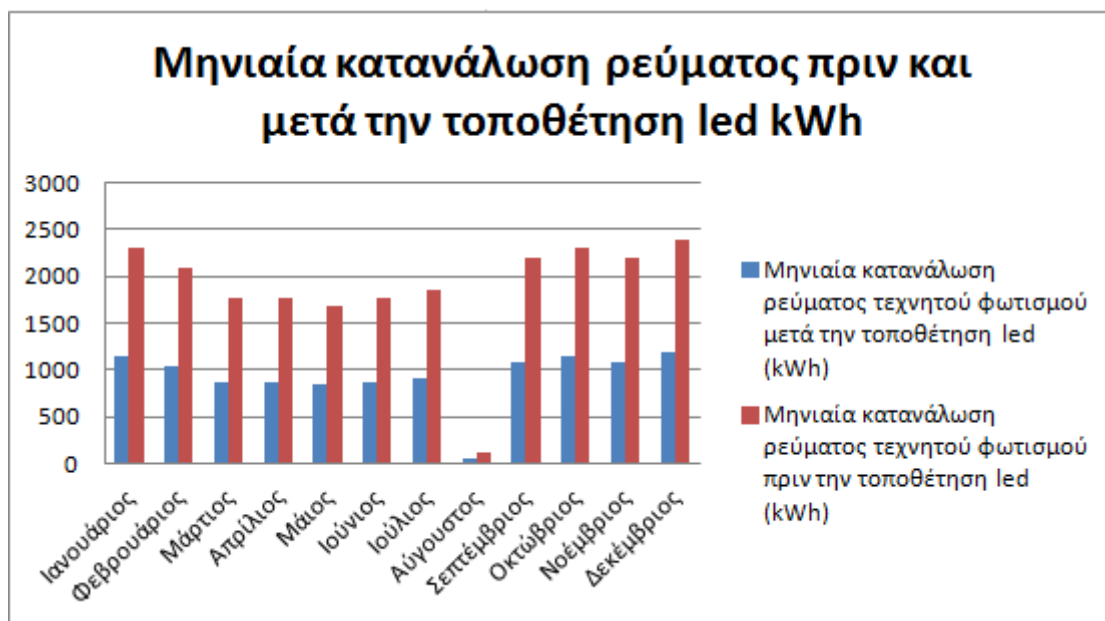
Στο χώρο του αμφιθεάτρου δεν ήταν δυνατό να εντοπιστεί ο τύπος του λαμπτήρα που χρησιμοποιείται. Για το λόγο αυτό γίνεται η παραδοχή ότι έχουν τοποθετηθεί λαμπτήρες τύπου spot οι οποίοι πληρούν τις προδιαγραφές που ορίζει ο κανονισμός (TOTEE-20701-1) για τον απαραίτητο φωτισμό στα αμφιθέατρα. Σύμφωνα με τον κανονισμό η συνολική μέση εγκατεστημένη ισχύς τεχνητού φωτισμού, η οποία παράγει ελάχιστη μέση φωτεινότητα για τον χώρο του αμφιθεάτρου ίση με 500 lm/m², ανέρχεται στα 16 w/m².

Μετά την αλλαγή όλων των λαμπτήρων του κτιρίου με λαμπτήρες τύπου Led, η κατανάλωση του ρεύματος για φωτισμό μειώνεται από **22387,44 kWh** το χρόνο σε **11112,03 kWh** το χρόνο, κερδίζοντας έτσι **11275,41 kWh** κάθε χρόνο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μηνιαία κατανάλωση ρεύματος του Εργαστηρίου των Μεταλλικών Κατασκευών στη διάρκεια ενός έτους.

Μήνας	Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος τεχνητού φωτισμού μετά την τοποθέτηση led (kWh)	Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος τεχνητού φωτισμού πριν την τοποθέτηση led (kWh)
Ιανουάριος	1138.622602	2292.284359
Φεβρουάριος	1035.111457	2083.894872
Μάρτιος	875.6810969	1766.401348
Απρίλιος	875.6810969	1766.401348
Μάιος	835.8774107	1686.110378
Ιούνιος	875.6810969	1766.401348
Ιούλιος	915.4847831	1846.692318
Αύγουστος	54.55554551	109.111091
Σεπτέμβριος	1089.464913	2193.285382
Οκτώβριος	1138.622602	2292.284359
Νοέμβριος	1086.86703	2188.089615
Δεκέμβριος	1190.378175	2396.479103
Σύνολο	11112.02781	22387.43552
		Μείωση κατανάλωσης κατά 50%

Εικ. 9.31 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος φωτισμού πριν και μετά την τοποθέτηση LED

Στα παρακάτω σχήμα επίσης παρουσιάζεται διαγραμματικά η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας φωτισμού του κτιρίου λόγω τοποθέτησης λαμπτήρων εξοικονόμησης ενέργειας LED.



Εικ. 9.32 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος φωτισμού πριν και μετά την τοποθέτηση LED

9.5 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του κτιρίου

Η τελευταία πρόταση ενεργειακής βελτίωσης του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών αφορά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος. Η τοποθέτηση δύσκαμπτων φωτοβολταϊκών προσθέτει σημαντικό βάρος στη στέγη του κτιρίου. Όμως, η στέγη είναι βιομηχανικού τύπου και δεν έχει σχεδιαστεί για να παραλαμβάνει λειτουργικά φορτία. Για το λόγο αυτό προτείνεται η τοποθέτηση εύκαμπτων φωτοβολταϊκών συστημάτων τα οποία θα προσθέσουν λιγότερο βάρος στη στέγη. Τα φωτοβολταϊκά που προτείνεται να τοποθετηθούν κατασκευάζονται και διανέμονται από την εταιρεία **SOLOPOWER SYSTEMS** και είναι το μοντέλο **SoloPanel 3L**. Αναλυτικότερα, ενώ τα συμβατικά, δύσκαμπτα φωτοβολταϊκά προσθέτουν φορτίο ίσο με $12,3 \text{ kg/m}^2$, τα εύκαμπτα φωτοβολταϊκά τύπου **SoloPanel 3L** ζυγίζουν $2,4 \text{ kg/m}^2$. Το φορτίο αυτό θεωρείται αμελητέο και ότι δεν επιβαρύνει τη στέγη σε σημείο που να χρειάζεται ειδική μελέτη. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται η μορφή των συγκεκριμένων φωτοβολταϊκών, καθώς και το φύλλο δεδομένων (data sheet) τους.



Εικ. 9.33 Φωτοβολταϊκό Solopower SP3L

SoloPanel® SP3L is an innovative photovoltaic module based upon Copper, Indium, Gallium, Selenium (“CIGS”) semiconductor material electro-deposited on a flexible stainless steel substrate and encapsulated in a state-of-the-art moisture barrier laminate. It is designed for a wide range of applications.



SoloPanel® Model

SP3L

LOW INSTALLED SYSTEM COST

The flexible, lightweight form factor of the SP3L enables rapid and easy installation as well as low cost system integration with a wide variety of mounting solutions. The SP3L module is optimized for commercial and industrial building integration.

HIGH ENERGY PERFORMANCE

SoloPower® is the market leader in high efficiency flexible modules. Modules are designed for superior performance under all light conditions, including low sun angle, providing excellent energy yield throughout the year.

PROVEN DURABILITY

SoloPower® modules are built to meet or exceed UL 1703, IEC 61646 & IEC 61730 standards. Cells and modules are continually subjected to rigorous environmental and accelerated life cycle testing beyond industry standards.

KEY FEATURES

- + One hundred eighty (180) series connected, high efficiency, CIGS solar cells optimize panel performance
- + Low weight, non-penetrating mounting solutions take advantage of the lightweight module characteristics
- + Superior low-sun angle and low light performance provide excellent energy yield
- + Low profile bypass diodes allow for maximum performance under shade conditions
- + Weather resistant front sheet, sealed junction box and protective back sheet provide a long life, reliable and durable package
- + Modules are built to meet and/or exceed UL standard 1703, IEC 61646 & IEC 61730 standards
- + Manufactured in a highly automated state-of-the-art facility
- + 5-year limited warranty against defective materials and workmanship
- + 25-year warranty on power output
- + Designed and manufactured in the USA
- + For a complete listing of SoloPower products visit: www.solopower.com



Innovated Integration

SoloPower Systems Inc. is a US based manufacturer of high-efficiency thin-film photovoltaic modules based on Copper Indium Gallium di Selenide (CIGS). The unique manufacturing process utilizes a low cost, proprietary electro-deposition tool set. The company is headquartered in Portland, Oregon.



APPLICATIONS

Segments: Commercial, Industrial Rooftop & Utility

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (STC)¹

Solopower SP3L		200	220	240	260
Rated Power (Pmax) ²	W	210	220	240	260
Voltage at Pmax (Vmp)	V	63.8	65.1	68.2	70.8
Current at Pmax (Imp)	A	3.2	3.4	3.5	3.7
Short-circuit current (Isc)	A	4.1	4.4	4.3	4.4
Open-circuit Voltage (Voc)	V	96.0	91.8	95.4	97.2
Efficiency ³	%	8.6	9.5	10.4	11.2

1. STC standard test conditions: 1000W/m² intensity, Air Mass 1.5, 25°C cell temperature. The power tolerance is -5%/+5% Wp, at STC. The electrical characteristics are within ± 10% unless otherwise specified.
2. Stabilized Power.
3. Aperture Efficiency.

Solopower SP3L

Temp. Co-efficient of Isc	%/°C	-0.03	Pmp	-0.48	%/°C
Temp. Co-efficient of Voc	%/°C	-0.36			
Max. Series Fuse Rating	A	7			
Maximum DC Voltage					
US	VDC	600			
EU	VDC	1,000			
NOCT	°C	48			

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Solopower SP3L

Length	86.5 in / 2.187 m
Width	45.1 in / 1.146 m
Thickness	0.1 in / 2.0 mm
Weight	13.2 lbs / 6.1 kg
Roof Load From Module	0.49 lbs/ft ² / 2.4 kg/m ²

QUALIFICATIONS

Certified to Standards: UL 1703, IEC 61646, & IEC 61730.

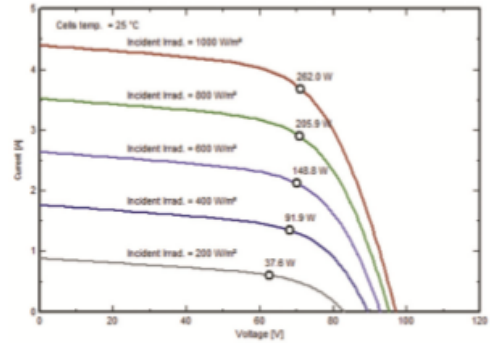


WARRANTY

Limited Warranty
Materials and workmanship: 5 years
Power output: 25 years (90% of nominal rated power for years 1 to 10, 80% of nominal rated power for years 11 to 25). Designed and manufactured in the USA.

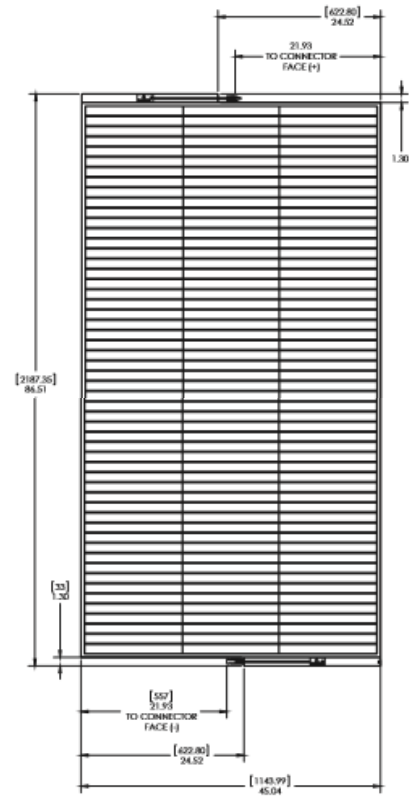
Contact sales@solopower.com for complete terms of the limited warranty.
©2012 SoloPower Systems Inc.® All rights reserved. SoloPower Systems®, the SoloPower® logo, and Solo Panel® are trademarks of SoloPower Systems Inc.® in the USA and other countries.

IV CURVES



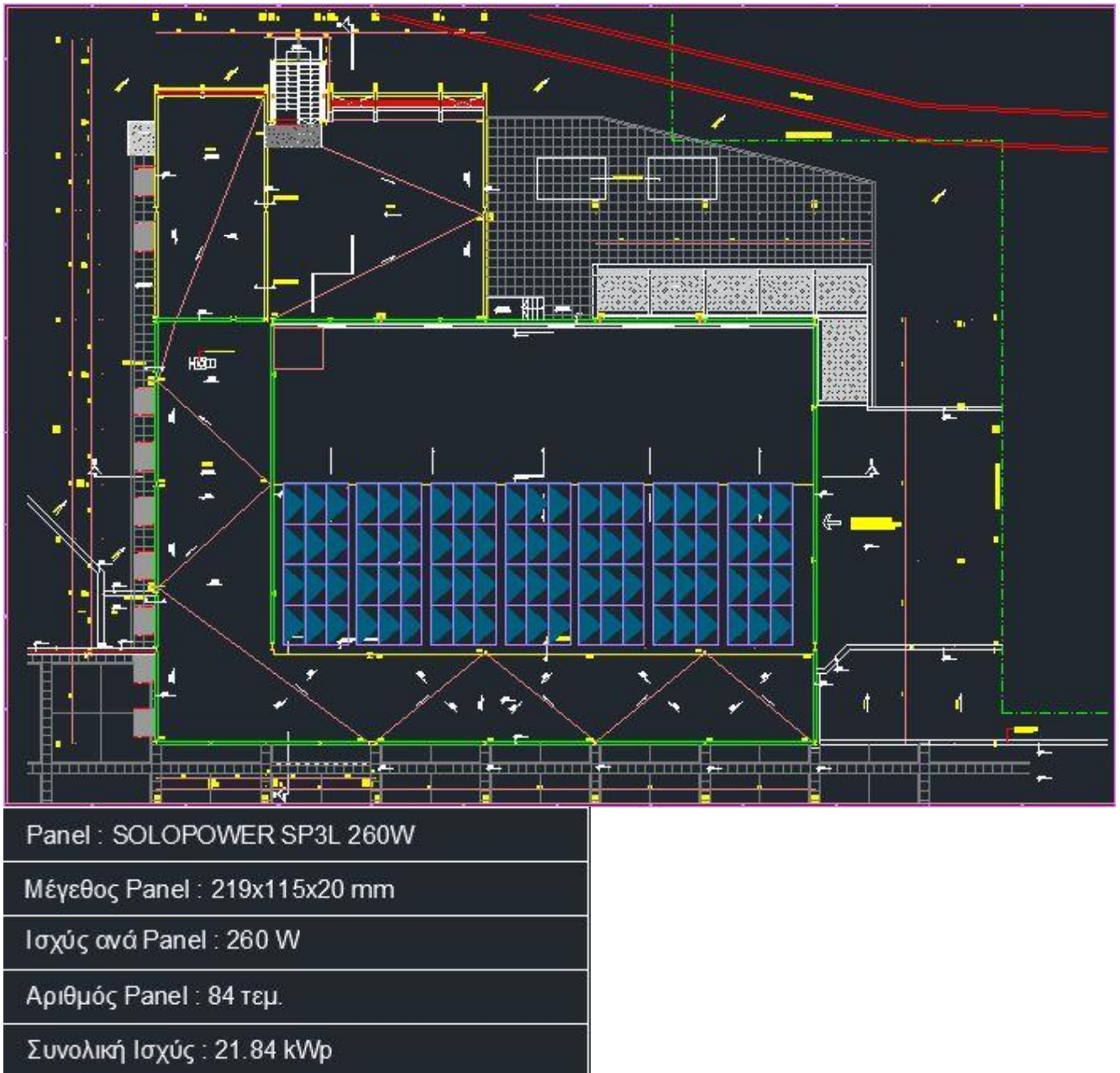
Current (A) vs. Voltage (V) at various Irradiance levels

MECHANICAL DRAWING

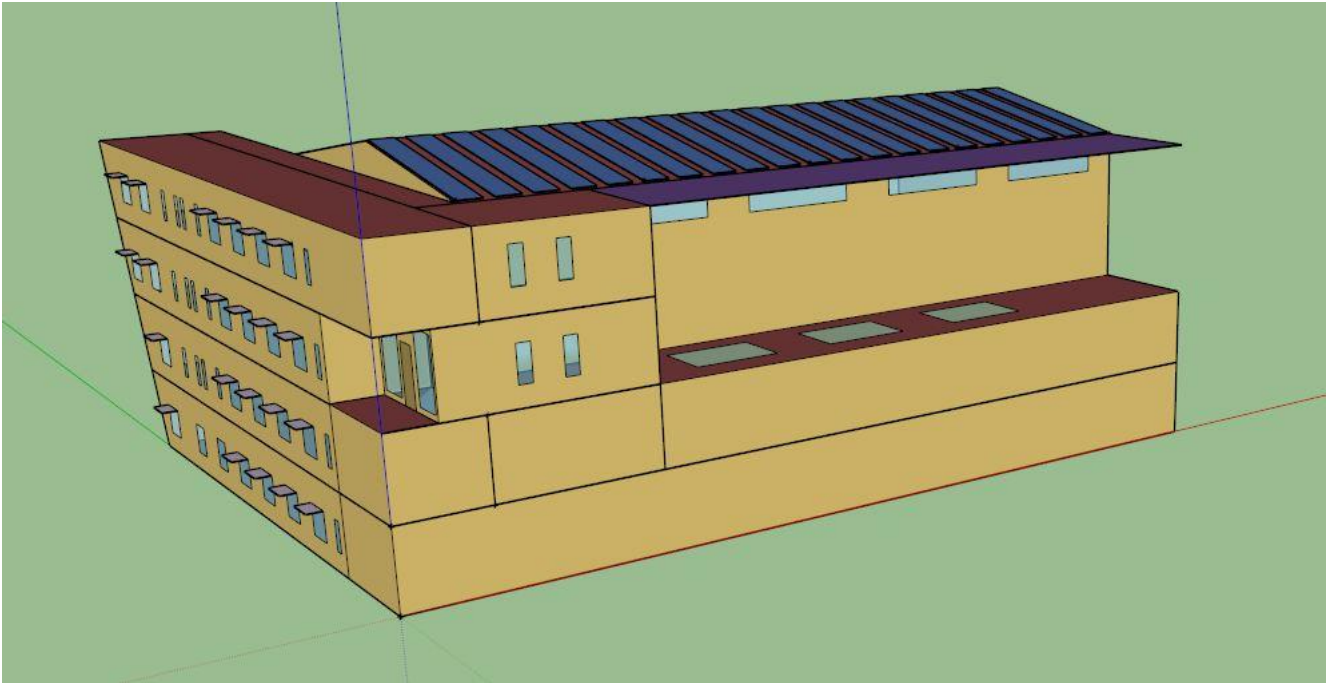


SOLOPOWER
SYSTEMS
6308 N Marine Drive
Portland, Oregon 97203
+1 503-388-3710

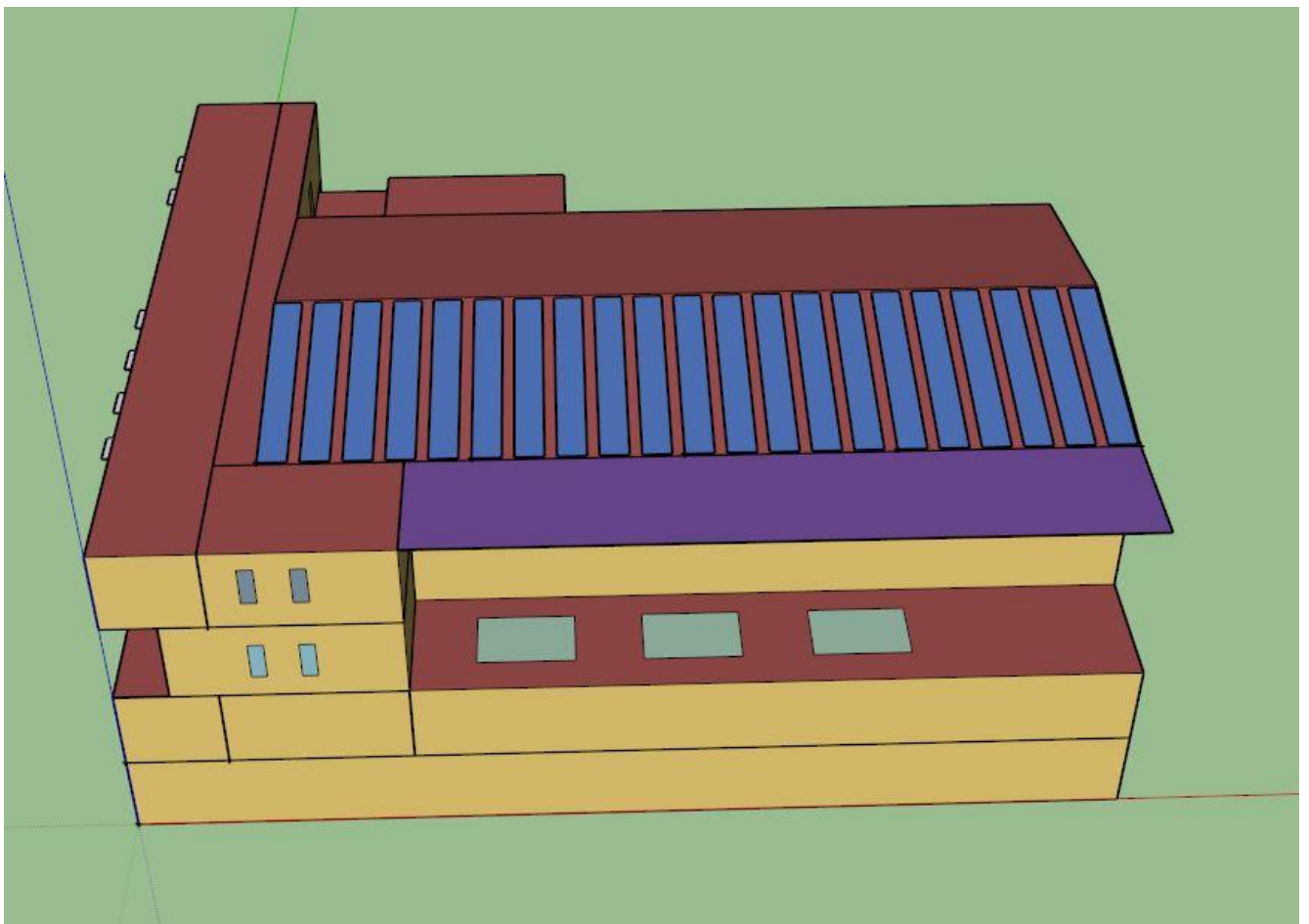
Μετά από δοκιμές που έγιναν στο Energy Plus κρίθηκε καταλληλότερη η τοποθέτηση 84 φωτοβολταϊκών συστημάτων στη νότια πλευρά της στέγης του εργαστηρίου με συνολική ισχύ ίση με 21840 watt. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται, πάνω στην κάτοψη της οροφής του εργαστηρίου, ο τρόπος με τον οποίο κρίθηκε ότι πρέπει να τοποθετηθούν τα φωτοβολταϊκά.



Εικ. 9.36 Κάτοψη με φωτοβολταϊκά

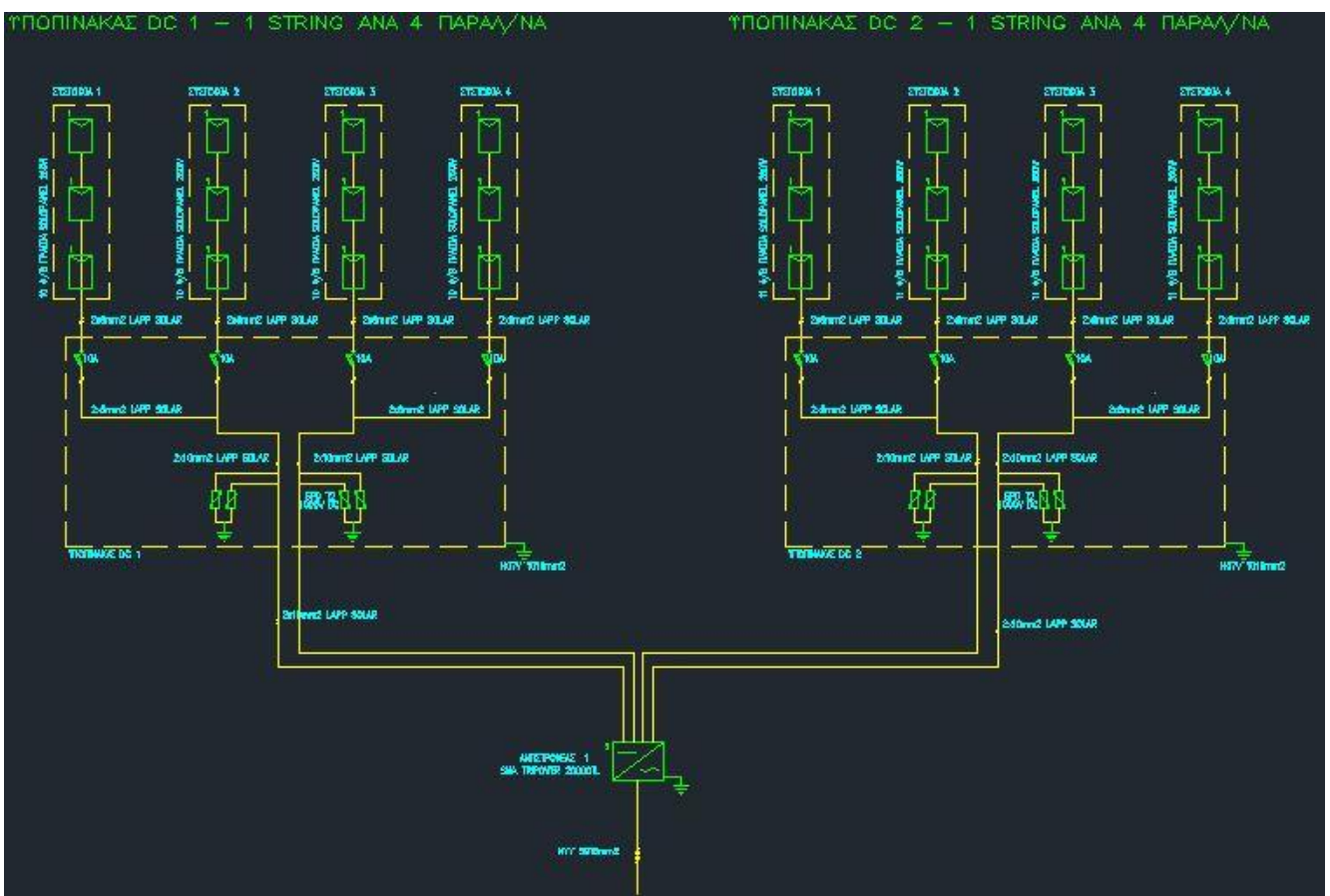


Εκ. 9.37 Προοπτική 1 φωτοβολταϊκά



Εκ. 9.38 Προοπτική 2 φωτοβολταϊκά

Τα 84 φωτοβολταϊκά χωρίζονται σε 2 ομάδες συστοιχιών όπου η κάθε ομάδα αποτελείται από 4 συστοιχίες. Η ομάδα 1 αποτελείται από συστοιχίες των 10 φωτοβολταϊκών η κάθε μία ενώ η ομάδα 2 αποτελείται από συστοιχίες των 11 φωτοβολταϊκών η κάθε μία. Η κάθε συστοιχία αποτελεί ουσιαστικά ένα κλειστό κύκλωμα φωτοβολταϊκών το οποίο αφού συνδεθεί και με τις υπόλοιπες συστοιχίες της αντίστοιχης ομάδας καταλήγουν σε έναν πίνακα. Στον πίνακα αυτό υπάρχουν 4 ασφάλειες των 10 Αmber, 2 ρυθμιστές τάσης και ένα σύστημα γείωσης. Τέλος, το ρεύμα που παράγεται από την κάθε ομάδα συστοιχιών μεταφέρεται σε έναν μετατροπέα (inverter) όπου το συνεχές ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται το παραπάνω ηλεκτρικό κύκλωμα.



Εικ. 9.39 Κύκλωμα Φωτοβολταϊκών

Ο μετατροπέας που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο **Sunny Tripower 2000 TL** ο οποίος είναι ιδανικός για μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκά συστήματα όπως το παραπάνω. Σε αντίθεση με το συνεχές ρεύμα, το εναλλασσόμενο έχει ευκολότερη και οικονομικότερη μετάδοση (μικρότερες απώλειες κατά τη μεταφορά του και λεπτότερα καλώδια μεταφοράς).

$$\begin{cases} P_{\text{ειξ}} = V_1 * I_1 \\ P_{\text{ειξ}} = V_2 * I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_{\text{ειξ}} = P_{\text{ειξ}} \\ V_1 = 12V, V_2 = 220V \end{cases} \Rightarrow 12I_1 = 220I_2 \Rightarrow I_1/I_2 = 18,3$$

Επομένως ο μεταροπέας θα τοποθετηθεί στην νότια πλευρά της στέγης, όσο το δυνατόν πιο κοντά στα φωτοβολταϊκά ώστε η μετατροπή του ρεύματος από συνεχές σε εναλλασσόμενο να πραγματοποιηθεί άμεσα και θα μεταφερθεί στον υπόγειο χώρο του κτιρίου όπου και είναι εγκατεστημένος ο πίνακας ελέγχου. Παρακάτω παρουσιάζεται το φύλλο δεδομένων.

SUNNY TRIPOWER 20000TL / 25000TL



Efficient

- Maximum efficiency of 98.4%

Safe

- DC surge arrester (SPD type II) can be integrated

Flexible

- DC input voltage of up to 1000 V
- Multistring capability for optimum system design
- Optional display

Innovative

- Cutting-edge grid management functions with Integrated Plant Control
- Reactive power available 24/7 (Q on Demand 24/7)

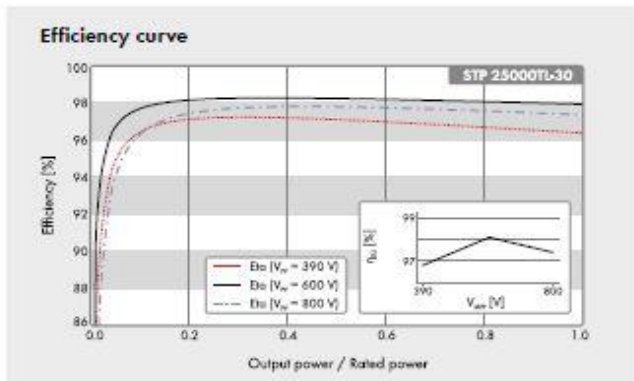
SUNNY TRIPOWER 20000TL / 25000TL

The versatile specialist for large-scale commercial plants and solar power plants

The Sunny Tripower 20000TL/25000TL is the ideal inverter for large-scale commercial and industrial plants. Not only does it deliver extraordinary high yields with an efficiency of 98.4%, but it also offers enormous design flexibility and compatibility with many PV modules thanks to its multistring capabilities and wide input voltage range.

The future is now: the Sunny Tripower 20000TL/25000TL comes with cutting-edge grid management functions such as Integrated Plant Control, which allows the inverter to regulate reactive power at the point of common coupling. Separate controllers are no longer needed, lowering system costs. Another new feature—reactive power provision on demand (Q on Demand 24/7).

Ек. 9.40 inverter data sheet 1



Accessories



● Standard features ○ Optional features - Not available
 Data at nominal conditions
 Date: January 2016

Technical Data	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Input (DC)		
Max. DC power (at $\cos \varphi = 1$) / DC rated power	20440 W / 20440 W	25550 W / 25550 W
Max. input voltage	1000 V	1000 V
MPP voltage range / rated input voltage	320 V to 800 V / 600 V	390 V to 800 V / 600 V
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. input current input A / input B	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
Output (AC)		
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	20000 W	25000 W
Max. AC apparent power	20000 VA	25000 VA
AC nominal voltage	3 / N / PE, 220 V / 380 V 3 / N / PE, 230 V / 400 V 3 / N / PE, 240 V / 415 V	180 V to 280 V
AC voltage range	180 V to 280 V	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	50 Hz / 230 V
Rated power frequency / rated grid voltage	29 A / 29 A	36.2 A / 36.2 A
Max. output current / Rated output current	1 / 0 overexcited to 0 underexcited	1 / 0 overexcited to 0 underexcited
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	≤ 3 %	≤ 3 %
THD	3 / 3	3 / 3
Feed-in phases / connection phases		
Efficiency		
Max. efficiency / European Efficiency	98.4% / 98.0%	98.3% / 98.1%
Protective devices		
DC-side disconnection device	●	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	● / ●
DC surge arrester (Type II) can be integrated	○	○
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	● / ● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	●
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC, III; DC, II	I / AC, III; DC, II
General data		
Dimensions (W / H / D)	661 / 682 / 264 mm [26.0 / 26.9 / 10.4 inch]	661 / 682 / 264 mm [26.0 / 26.9 / 10.4 inch]
Weight	61 kg [134.48 lb]	61 kg [134.48 lb]
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C [-13 °F to +140 °F]	-25 °C to +60 °C [-13 °F to +140 °F]
Noise emission (typical)	51 dB(A)	51 dB(A)
Self-consumption (at night)	1 W	1 W
Topology / cooling concept	Transformerless / Opticool	Transformerless / Opticool
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65	IP65
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%	100%
Features / function / Accessories		
DC connection / AC connection	SUNCLIX / spring-cage terminal	SUNCLIX / spring-cage terminal
Display	○	○
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●	○ / ●
Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●	● / ●
Multifunction relay / Power Control Module	○ / ○	○ / ○
OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●	● / ● / ●
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●	● / ●
Guarantee: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
Certificates and permits (more available on request)		
* Does not apply to all national appendices of EN 50438		
Type designation	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

Το παραπάνω φωτοβολταϊκό σύστημα παράγει συνολική ετήσια ενέργεια ίση με **48130,14 kWh**. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η μηνιαία παραγωγή ενέργειας των φωτοβολταϊκών.

Μήνας	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκών συστημάτων (kWh)
Ιανουάριος	2057.219171
Φεβρουάριος	2399.510525
Μάρτιος	3636.760133
Απρίλιος	4365.519411
Μάιος	5336.34717
Ιούνιος	6155.494772
Ιούλιος	6440.613145
Αύγουστος	5836.630341
Σεπτέμβριος	4786.540303
Οκτώβριος	3311.558258
Νοέμβριος	2002.80271
Δεκέμβριος	1801.143592
Σύνολο	48130.13953

Εικ. 9.42 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκών

9.6 Αξιολόγηση των επεμβάσεων

Για να αξιολογηθεί η οικονομική βιωσιμότητα των παραπάνω προτεινόμενων επεμβάσεων πρέπει να υπολογιστεί το οικονομικό κέρδος που αντιστοιχεί στις συγκεκριμένες μειώσεις της ενεργειακής κατανάλωσης και να συγκριθεί με το αντίστοιχο κόστος της κάθε επέμβασης.

Το καύσιμο που καταναλώνεται για θέρμανση και για ψύξη είναι το ηλεκτρικό ρεύμα. Σύμφωνα με το γεγονός ότι το Πολυτεχνείο αποτελεί καταναλωτή μέσης τάσης η χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος με βάση τα τιμολόγια της Δ.Ε.Η. είναι 0,064 €/kWh. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η αρχική ετήσια κατανάλωση και το κόστος που δαπανάται για θέρμανση και ψύξη.

Ετήσιο κόστος θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη		
	Κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Κόστος (€)
Θέρμανση	122,707	7853.27
Ψύξη	26648.34261	1705.5
Σύνολο	149355.8209	9558.77

Εικ. 9.43 Ετήσιο κόστος για θέρμανση και ψύξη

Παρακάτω αξιολογείται η οικονομική βιωσιμότητα της κάθε επέμβασης ξεχωριστά υπολογίζοντας το ετήσιο ενεργειακό κέρδος που προσφέρει η κάθε επέμβαση και στη συνέχεια πολλαπλασιάζοντάς το με την τιμή που κοστίζει η κάθε κιλοβατώρα.

9.6.1 Αξιοποίηση του φυσικού δροσισμού

Η χρήση του φυσικού αερισμού δεν συνοδεύεται από κάποια οικονομική επιβάρυνση, καθώς στην πράξη το άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων πραγματοποιείται χειροκίνητα από τους χρήστες της σχολής. Το ετήσιο οικονομικό κέρδος που παρατηρείται ανέρχεται στα 26,51 €. Παρακάτω παρουσιάζονται σε μορφή πίνακα οι διαφορές στην ετήσια κατανάλωση του θερμοστάτη και το συνολικό ετήσιο οικονομικό κέρδος.

Ετήσιο κόστος θερμοστάτη για θέρμανση και ψύξη					
	Αρχική κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Τελική κατανάλωση ενέργειας (kWh)	Αρχικό κόστος (€)	Τελικό κόστος (€)	Ετήσιο κέρδος (€)
Θέρμανση	122707.4783	122707.4783	7853.278611	7853.278611	0
Ψύξη	26648.34261	26234.06873	1705.493927	1678.980399	26.51352832
Σύνολο					26.51352832

Εικ. 9.44 Ετήσιο κόστος για θέρμανση και ψύξη μετά τον φυσικό δροσισμό

9.6.2 Πλήρωση των ενώσεων των πάνελ με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης

Η διογκωμένη πολυουρεθάνη παρασκευάζεται σε δοχεία των 750 ml όπου κοστίζει 4,5 € το καθένα. Προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρωση κενών συνολικού όγκου 1000 λίτρων θα χρειαστεί να προμηθευτούν 800 μπουκαλάκια διογκωμένης πολυουρεθάνης τύπου Sika Boom-S τα οποία κοστίζουν συνολικά 3600 €.

Το κόστος των ικριωμάτων προς ενοικίαση ανέρχεται στα 5 €/m² επιφάνειας που παρέχει πρόσβαση. Οι εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου όπου θα πραγματοποιηθεί η επέμβαση ανέρχονται

στα 1000 m². Συνεπώς, η ενοικίαση και η τοποθέτησή των ικριωμάτων υπολογίζεται ότι θα κοστίσει συνολικά 5000 €.

Το κόστος ενοικίασης του καλαθοφόρου γερανού μαζί με το κόστος εργασίας του χειριστή του αξιολογείται στα 500 € ημερησίως. Αξιολογείται ότι ο γερανός θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί για δύο μέρες προκειμένου να ολοκληρωθούν οι εργασίες στον κεκλιμένο τοίχο. Επομένως, συνολικά πρόκειται να ξοδευτούν 1000 €.

Συνολικά, εκτιμάται ότι το συνολικό κόστος της συγκεκριμένης επέμβασης ανέρχεται στα 9600 €. Η ενέργεια που εξοικονομείται υπολογίζεται στα 11875,14 kWh ανά έτος. Συνεπώς, εξοικονομούνται 760 €/έτος. Ο χρόνος απόσβεσης της συγκεκριμένης επέμβασης υπολογίζεται στα 13 χρόνια.

9.6.3 Προσθήκη υαλοπινάκων χαμηλής εκπομπής (Low-emissivity)

Ενδεικτικό κόστος για τα διπλά τζάμια Low-e των 6mm με αργό στο εσωτερικό θεωρήθηκαν τα 100€/m². Στο κόστος συγκαταλέγεται και το κόστος τοποθέτησης. Τα παράθυρα που προτείνεται να αντικατασταθούν είναι εκείνα που βρίσκονται στη δυτική πλευρά του κτιρίου και καλύπτουν συνολικά επιφάνεια 52 m². Ως αποτέλεσμα το κόστος επέμβασης να είναι 5.200 €. Η ενέργεια που εξοικονομείται το χρόνο ανέρχεται στις 673 kWh. Αυτό σημαίνει ότι εξοικονομούνται 43 € ετησίως. Ο χρόνος απόσβεσης της συγκεκριμένης επέμβασης υπολογίζεται στα 121 έτη.

9.6.4 Αντικατάσταση λαμπτήρων πυράκτωσης με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας LED

Συνολικά, για την αντικατάσταση των λαμπτήρων όλων των διαδρόμων, των γραφείων και του εργαστηρίου χρειάζονται 152 λαμπτήρες τύπου **PHILIPS/ MASTER LEDtube Value - MLDTV/20/1283UO** με κόστος 10,4 € η καθεμία, 25 λαμπτήρες τύπου **Led High Bay Bulb** με κόστος 200 € η καθεμία. Συνεπώς, το συνολικό κόστος για την αγορά και την τοποθέτηση των λαμπτήρων ανέρχεται στα 7063,2 €. Το ενεργειακό κέρδος αυτής της επένδυσης ανέρχεται στις 11275,4 kWh ανά έτος. Επομένως, το οικονομικό κέρδος υπολογίζεται στα 721,6 € ανά έτος. Συνεπάγεται ότι ο χρόνος απόσβεσης της συγκεκριμένης επέμβασης υπολογίζεται στα 10 χρόνια.

9.6.5 Τοποθέτηση φωτοβολταϊκών συστημάτων στη στέγη του κτιρίου

Στο σημείο αυτό εξετάζεται η οικονομική βιωσιμότητα της τοποθέτησης εύκαμπτων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Το κάθε φωτοβολταϊκό πάνελ κοστίζει 450 €. Επομένως, τα 84 φωτοβολταϊκά κοστίζουν 37800€ και μαζί με το κόστος τοποθέτησης η τελική τιμή ανέρχεται στα 40000 €.

Στην παρούσα περίπτωση, για το υπό μελέτη Φ/Β σύστημα αναλύεται η περίπτωση να αποτελεί Φ/Β σύστημα διασυνδεδεμένου ενεργειακού συμψηφισμού - αυτοπαραγωγής (net metering). Με τον τρόπο αυτό, θα γίνεται συμψηφισμός της παραγόμενης με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Στην περίπτωση που η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι περισσότερη από την παραγόμενη, ο χρήστης, όντας συνδεδεμένος στο δίκτυο της Δ.Ε.Η πληρώνει τη διαφορά της καταναλισκόμενης με την παραγόμενη ενέργεια. Στην αντίθετη περίπτωση όπου η παραγόμενη ενέργεια είναι περισσότερη από την καταναλισκόμενη, αυτή αποθηκεύεται για έως και έναν χρόνο μετά τον οποίο μηδενίζεται σαν πίστωση.

Το φωτοβολταϊκό σύστημα που μελετάται στην παρούσα περίπτωση παράγει 48130,14 kWh ανά έτος. Συνεπώς το ετήσιο οικονομικό όφελος ανέρχεται στα 3080,33 €. Επομένως, ο χρόνος απόσβεσης της συγκεκριμένης επένδυσης υπολογίζεται στα 13 χρόνια.

9.7 Εναλλακτικοί συνδιασμοί επεμβάσεων

Προκειμένου να εξάγουμε συμπεράσματα για την συνολική εξοικονόμηση ενέργειας μετά από την εφαρμογή όλων των προτεινόμενων επεμβάσεων, κρίθηκε πιο αποδοτικό να γίνει η διάκριση τριών εναλλακτικών σεναρίων επεμβάσεων, ώστε να γίνει στη συνέχεια η οικονομική ανάλυσή τους και η επιλογή του βέλτιστου.

Το Σενάριο Α περιλαμβάνει όλες τις επεμβάσεις, ενώ στο Σενάριο Β δεν λαμβάνεται υπ' όψη η αντικατάσταση των υαλοπινάκων με αντίστοιχους χαμηλής εκπομπής.

9.7.1 Σενάριο Α

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μηνιαία μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη μετά την προσομοίωση του Σεναρίου Α.

Κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη (Σενάριο A)		
Μήνας	Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh)	Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	26594,06575	0,006739571
Φεβρουάριος	26488,34146	0,013188871
Μάρτιος	23566,74131	0,022838895
Απρίλιος	0	5,680096408
Μάιος	0,000532216	331,3934944
Ιούνιος	0,000646248	6378,459282
Ιούλιος	1,71345E-11	13045,48377
Αύγουστος	0	16,85260581
Σεπτέμβριος	6,57849E-05	3620,931448
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	10798,85681	0,004055068
Δεκέμβριος	25549,15322	0,024949348
Σύνολο	112997,1598	23398,87247

Εικ. 9.45 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο A



Εικ. 9.46 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο A

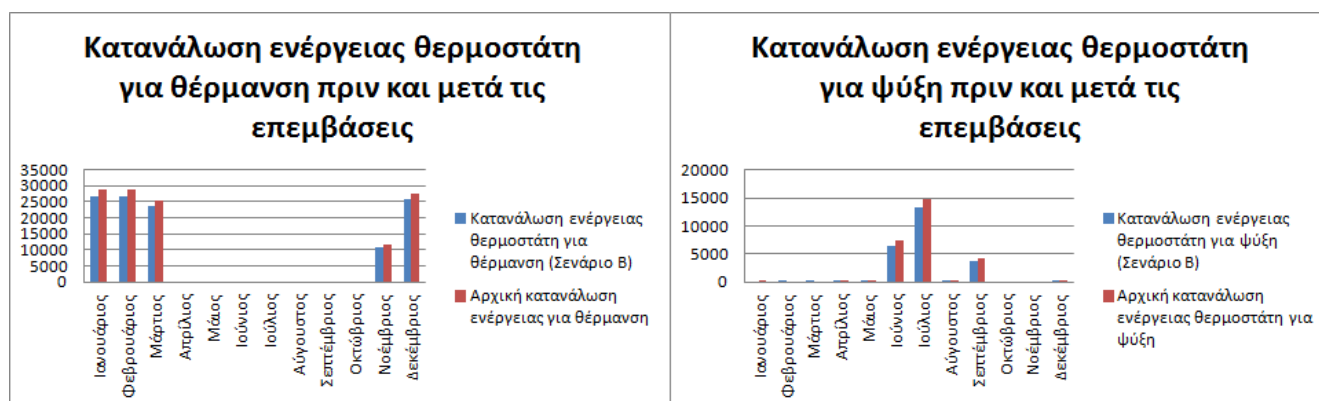
Παρατηρείται ότι η συνολική μείωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κυμαίνεται στις 12.960 kWh. Αυτό ισοδυναμεί σε 830 € ετησίως.

9.7.2 Σενάριο B

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μηνιαία μείωση των απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη μετά την εφαρμογή του Σεναρίου B.

Κατανάλωση ενέργειας θερμοστάτη (Σενάριο Β)		
Μήνας	Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (kWh)	Κατανάλωση ενέργειας για ψύξη (kWh)
Ιανουάριος	26706,79856	0,006459017
Φεβρουάριος	26564,7561	0,013171422
Μάρτιος	23554,95171	0,023825563
Απρίλιος	0	6,947832453
Μάιος	1,09195E-12	344,9512182
Ιούνιος	0,000568521	6505,854102
Ιούλιος	0,005059721	13276,61746
Αύγουστος	0	22,01727282
Σεπτέμβριος	0,000101422	3753,590493
Οκτώβριος	0	0
Νοέμβριος	10843,32914	0,004059405
Δεκέμβριος	25672,71831	0,024969418
Σύνολο	113342,5596	23910,05087

Εικ. 9.47 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο Β



Εικ. 9.48 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο Β

Παρατηρείται ότι η συνολική μείωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη κυμαίνεται στις 12.103 kWh.

Αυτό ισοδυναμεί σε 775 € ετησίως

9.8 Τελική πρόταση

Στο σενάριο Α η αρχική μας επένδυση είναι **21.863€** και μαζί με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών ανέρχεται στα **61.863€** και εξοικονομούνται **3.910€** ετησίως. Συνεπώς, στο σενάριο η

οικονομική απόσβεση της επένδυσης πραγματοποιείται στα **16 χρόνια**. Στα 20 χρόνια το κέρδος ανέρχεται στα **15.640€**.

Στο σενάριο Β η αρχική μας επένδυση είναι **16.663€** και μαζί με την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών ανέρχεται στα **56.663€** και εξοικονομούνται **3.855€** ετησίως. Συνεπώς, στο σενάριο η οικονομική απόσβεση της επένδυσης πραγματοποιείται στα **15 χρόνια**. Στα 20 χρόνια το κέρδος ανέρχεται στα **19.275€**.

Τέλος, έχοντας σαν κριτήριο το κέρδος στα 20 χρόνια αλλά και τον χρόνο ζωής των βελτιώσεων που λαμβάνουν χώρα, επιλέγεται η εφαρμογή του **σενάριου Β**.

10 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμισή του και τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης.

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μέσω της καταγραφής της υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου και των προβλημάτων του μετά από επί τόπου επισκέψεις και συνομιλίες με τους χρήστες του κτιρίου. Ακόμη, μέσω την προσομοίωση του τμήματος του κτιρίου με το πρόγραμμα Energy Plus εξάγαμε συμπεράσματα και προτάθηκαν βελτιωτικές επεμβάσεις. Τέλος, έγινε προσομοίωση των επεμβάσεων και αξιολογήθηκε η οικονομική τους βιωσιμότητα.

11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

11.1 Εισαγωγή

Το Εργαστήριο των Μεταλλικών Κατασκευών αποτελεί μία σύγχρονη κατασκευή καθώς κατασκευάστηκε το 2003 και η αρχιτεκτονική του ακολουθεί αρκετές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η επαρκής θερμομόνωση στους τοίχους και τα πατώματα προστατεύει το κτίριο από τις εναλλαγές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Επίσης υπάρχει ο απαραίτητος αριθμός παραθύρων και σκιάστρων ώστε να εκμεταλλεύονται οι χρήστες του κτιρίου σε μεγάλο βαθμό την ηλιακή ακτινοβολία χωρίς να εμφανίζονται περιπτώσεις θάμβωσης.

11.2 Θερμική άνεση

Σχετικά με τις συνθήκες θερμικής άνεσης του κτιρίου, προέκυψε μέσα από τις αναλύσεις στο Energy Plus, ότι η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων του κτιρίου καταγράφηκε αρκετές φορές εκτός των επιθυμητών ορίων που ορίζει ο TOTEE-20701-1.

Το παραπάνω φαινόμενο μεγεθύνεται από στην αυξημένη διήθηση του αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω οπών που βρίσκονται σε όλη την εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου οι οποίες οφείλονται σε κακοτεχνίες κατά την κατασκευή του.

11.3 Συνθήκες οπτικής άνεσης

Στους χώρους των γραφείων γίνεται σωστή αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού. Πιο συγκεκριμένα, στη νότια πλευρά του κτιρίου όπου βρίσκονται τα γραφεία, υπάρχει μεγάλος αριθμός παραθύρων ο οποίος επιτρέπει στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Επίσης, τις

απογευματινές ώρες που η ηλιακή ακτινοβολία έχει μειωθεί σε μεγάλο βαθμό, γίνεται χρήση λαμπτήρων με υψηλή φωτεινότητα. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, η οπτική άνεση στους χώρους των γραφείων παραμένει σε υψηλά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Σε κάθε διάδρομο υπάρχουν δύο παράθυρα που επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στον εσωτερικό χώρο. Επομένως ο φυσικός φωτισμός από μόνος του προσφέρει χαμηλού επιπέδου οπτική άνεση. Συνεπώς, προκειμένου να διατηρηθεί η οπτική άνεση σε υψηλά επίπεδα γίνεται έντονη χρήση του τεχνητού φωτισμού.

Στο αμφιθέατρο και το εργαστήριο παρατηρείται το ίδιο φαινόμενο με τους διαδρόμους. Το επίπεδο φωτεινότητας μέσω φυσικό φωτισμό είναι αρκετά χαμηλό με αποτέλεσμα να αδυνατεί να φωτίσει επαρκώς τους εσωτερικούς χώρους. Επίσης και σε αυτούς τους δύο χώρους του κτιρίου παρατηρείται εκτεταμένη χρήση του τεχνητού φωτισμού.

11.4 Ποιότητα αέρα

Όσον αφορά την ποιότητα του αέρα δεν παρουσιάστηκε κάποιο πρόβλημα. Υπάρχει επαρκής εξαερισμός στους χώρους του εργαστηρίου και οι χρήστες του κτιρίου μπορούν εύκολα, ανοίγοντας τα παράθυρα, να ανανεώσουν τον αέρα που βρίσκεται στους εσωτερικούς χώρους.

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Εικόνα 1.2 Τρόποι τοποθέτησης αντλιών γεωθερμίας

Εικόνα 1.3 Θερμικό ισοζύγιο

Εικόνα 2.1 Θερμική άνεση

Εικόνα 2.2 Αερισμός

Εικόνα 3.1 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Εικόνα 4.1 Άμεσο κέρδος

Εικόνα 4.2 Τοίχος Trombe

Εικόνα 4.3 Προσαρτημένο θερμοκήπιο

Εικόνα 4.4 Αερισμός

Εικόνα 4.5 Αεριζόμενο κέλυφος

Εικόνα 4.6 Υβριδικός αερισμός

Εικόνα 4.7 Εξωτερικά σκίαστρα

Εικόνα 4.8 Συντελεστές Θερμοπερατότητας Υαλοπινάκων

Εικόνα 4.9 Ανοίγματα οροφής

Εικόνα 4.10 Αίθριο

Εικόνα 4.11 Φωτοσωλήνας

Εικόνα 4.12 Φωταγωγός

Εικόνα 5.1 Κάτοπτρα

Εικόνα 5.2 Ηλιακός θερμοσίφωνας

Εικόνα 5.3 Δύσκαμπτα Φωτοβολταϊκά

Εικόνα 6.1 προοπτική όψη του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών

Εικόνα 6.2 Τοποθεσία του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών

Εικόνα 6.3 Κάτοψη δεύτερου υπογείου

Εικόνα 6.4 Κάτοψη πρώτου υπογείου

Εικόνα 6.5 Κάτοψη ισογείου

Εικόνα 6.6 Κάτοψη πρώτου ορόφου

Εικόνα 6.7 Κάτοψη χώρου δοκιμών

Εικόνα 6.8 Κενά ενώσεων

Εικόνα 7.1 Οθόνη εισαγωγής Sketch Up

Εικόνα 7.2 Toolbar του Openstudio plug-in στο Sketch Up

Εικόνα 7.3 Energy Plus Launch

Εικόνα 7.4 IDF editor

Εικόνα 7.5 Θερμικές ζώνες -2

Εικόνα 7.6 Θερμικές ζώνες -1

Εικόνα 7.7 Θερμικές ζώνες 0

Εικόνα 7.8 Θερμικές ζώνες +1

Εικόνα 7.9 Νότια όψη κτηρίου

Εικόνα 7.10 Βόρεια όψη κτηρίου

Εικόνα 7.11 Ανατολική όψη κτηρίου

Εικόνα 7.12 Δυτική όψη κτηρίου

Εικόνα 7.13 Προοπτική όψη κτηρίου 1

Εικόνα 7.14 Προοπτική όψη κτηρίου 2

Εικόνα 7.15 simulation parameters

Εικόνα 7.16 Location and climate

Εικόνα 7.17 Schedule 1

Εικόνα 7.18 Schedule 2

Εικόνα 7.19 Schedule 3

Εικόνα 7.20 Materials

Εικόνα 7.21 Window material: glazing

Εικόνα 7.22 Window material: gas

Εικόνα 7.23 Constructions 1

Εικόνα 7.24 Constructions 2

Εικόνα 7.25 Zone list

Εικόνα 7.26 BuildingSurface: Detailed

Εικόνα 7.27 FenestrationSurface: Detailed

Εικόνα 7.28 ShadingSurface: Detailed

Εικόνα 7.29 Internal Gains: People

Εικόνα 7.30 Internal Gains: Lights

Εικόνα 7.31 Internal Gains: Electric Equipment

Εικόνα 7.32 ZoneVentilation: DesignFlowRate

Εικόνα 7.33 ZoneInfiltration: DesignFlowRate

Εικόνα 7.34 HVACTemplate: Thermostat

Εικόνα 7.35 HVACTemplate: IdealAirLoadsSystem

Εικόνα 8.1 Μέσες θερμοκρασίες επιπέδου -2

Εικόνα 8.2 Μέσες θερμοκρασίες γραφείων

Εικόνα 8.3 Μέση θερμοκρασία διαδρόμων

Εικόνα 8.4 Μέση θερμοκρασία αμφιθεάτρου

Εικόνα 8.5 Μέση θερμοκρασία χώρου δοκιμών

Εικόνα 8.6 Μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη

Εικόνα 8.7 Μηνιαία θερμικά κέρδη

Εικόνα 8.8 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες μέσω των παραθύρων

Εικόνα 8.9 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες από φυσικό αερισμό

Εικόνα 8.10 Μηνιαία θερμικά κέρδη και απώλειες από φυσικό αερισμό

Εικόνα 8.11 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 8.12 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 9.1 Πρόγραμμα νυχτερινού δροσισμού

Εικόνα 9.2 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία -2

Εικόνα 9.3 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία -1

Εικόνα 9.4 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία 0

Εικόνα 9.5 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω νυχτερινού δροσισμού στα γραφεία +1

Εικόνα 9.6 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού -2

Εικόνα 9.7 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού -1

Εικόνα 9.8 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού 0

Εικόνα 9.9 Διαφορά Θερμοκρασίας γραφείων πριν και μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού +1

Εικόνα 9.10 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 9.11 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την εφαρμογή νυχτερινού δροσισμού

Εικόνα 9.12 Τεχνικά χαρακτηριστικά Sika Boom S

Εικόνα 9.13 Πυκνή λινάτσα

Εικόνα 9.14 Διαφορές θερμοκρασίας λόγω της ελάττωσης της διήθησης του αέρα στο χώρο των δοκιμών

Εικόνα 9.15 Θερμοκρασίες πριν και μετά πλήρωσης κενών

Εικόνα 9.16 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 9.17 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μετά την πλήρωση κενών

Εικόνα 9.18 Διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα

Εικόνα 9.19 Διαφορές στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη μετά την ελάττωση της διήθησης του αέρα

Εικόνα 9.20 Μεταβολή θερμοπερατότητας παραθύρων σε σχέση με το διάκενο μεταξύ των υαλοπινάκων

Εικόνα 9.21 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία -2

Εικόνα 9.22 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία -1

Εικόνα 9.23 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία 0

Εικόνα 9.24 Θερμοκρασιακές διαφορές μετά την τοποθέτηση low-e υαλοπινάκων στα γραφεία +1

Εικόνα 9.25 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 9.26 Κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη

*Εικόνα 9.27 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **PHILIPS/MASTER TL-D Super 80***

*Εικόνα 9.28 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **PHILIPS/MASTER LEDtube Value - MLDTV/20/1283UO***

*Εικόνα 9.29 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **GENERAL ELECTRIC***

*Εικόνα 9.30 Τεχνικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα **Led High Bay Bulb***

Εικόνα 9.31 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος φωτισμού πριν και μετά την τοποθέτηση LED

Εικόνα 9.32 Μηνιαία κατανάλωση ρεύματος φωτισμού πριν και μετά την τοποθέτηση LED

Εικόνα 9.33 Φωτοβολταϊκό Solopower SP3L

Εικόνα 9.34 Data sheet 1

Εικόνα 9.35 Data Sheet 2

Εικόνα 9.36 Κάτοψη με φωτοβολταϊκά

Εικόνα 9.37 Προοπτική 1 φωτοβολταϊκά

Εικόνα 9.38 Προοπτική 2 φωτοβολταϊκά

Εικόνα 9.39 Κύκλωμα Φωτοβολταϊκών

Εικόνα 9.40 inverter data sheet 1

Εικόνα 9.41 inverter data sheet 1

Εικόνα 9.42 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας φωτοβολταϊκών

Εικόνα 9.43 Ετήσιο κόστος για θέρμανση και ψύξη

Εικόνα 9.44 Ετήσιο κόστος για θέρμανση και ψύξη μετά τον φυσικό δροσισμό

Εικόνα 9.45 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο A

Εικόνα 9.46 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο A

Εικόνα 9.47 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο B

Εικόνα 9.48 Μηνιαία κατανάλωση ενέργειας Σενάριο B

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Κλειώ Ν. Αξαρλή, *Ενεργειακός σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων : Γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού*
- 2) Δημήτρης Αραβαντινός, *Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων*
- 3) Κλειώ Ν. Αξαρλή, *Παρεμβάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων: Υπολογισμοί και συστήματα ελέγχου της απόδοσης*
- 4) Κ. Τ. Παπακώστας, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός, *Εξοικονόμηση ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού*
- 5) Δρ. Α. Τσαγκρασούλης *Συστήματα φωτισμού και εξοικονόμηση ενέργειας*
- 6) *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητήριου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010*
- 7) Ανδρεαδάκη, Ε., *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός – Περιβάλλον και Βιωσιμότητα*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006
- 8) Κώστας & Θέμης Τσίππρας, 2005. 'Οικολογική Αρχιτεκτονική'. Εκδόσεις Κέδρος
- 9) Σταμάτης Δ. Περδίας, 2006. 'Ενεργειακή επιθεώρηση κτιρίων και βιομηχανιών'
- 10) Σταμάτης Δ. Περδίας, 2007 'Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια-Αθλητικά κέντρα-Βιομηχανίες-Μεταφορές'. Τόμος Α. Τεχνική Εκδοτική
- 11) Τριάντη Ευφροσύνη, *Προτάσεις για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.*, 2003, Αθήνα
- 12) Εκδόσεις Κτίριο, *Αρχιτεκτονική και εργαλεία εξοικονόμησης ενέργειας*, Τεύχος Μαρτίου 2016
- 13) *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης Τ.Ο.ΤΕΕ, 20701-1/2010*
- 14) *Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων Τ.Ο.ΤΕΕ, 20701-1/2010*
- 15) Νιάου Μαρία, *Ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου Λαμπαδαρίου της σχολής των Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. μέσω του Προγράμματος Ecotect*, Νοέμβριος 2011, Αθήνα.
- 16) Φελλούρη Γεωργία, *Βιοκλιματική Θεώρηση Κτιρίου Βέη, Σχολής Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.*, Νοέμβριος 2010, Αθήνα
- 17) Μπανάκα Στεφανία, *Ενεργειακή επιθεώρηση και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτηρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.- Πτέρυγες Β, Δ*, Νοέμβριος 2011, Αθήνα.

- 18) Χρυσούλα Λύτρα, *Ενεργειακή αναβάθμιση βόρειου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου*, Αθήνα, Μάρτιος 2013
- 19) Παρασκευή Ν. Εμμανουήλ, Μαρίνα Ν. Κούγια, *Ενεργειακή αναβάθμιση νότιου τμήματος κτηρίου Χημικών Μηχανικών Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου*, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- 20) Εμμανουήλ Κακούρης, *Ενεργειακή αναβάθμιση του κτιρίου Φυσικής Ε.Μ.Π, στην περιοχή ζωγράφου με Βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα, Οκτώβριος 2012
- 21) Κατσέλης Χρήστος, *Τεχνικοοικονομική μελέτη για βελτίωση της μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με φωτοβολταϊκά στοιχεία, της Σχολής Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 2012, Αθήνα*
- 22) Μπάμπαλης Αντώνιος & Παρασκευόπουλος Ματθαίος, *Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός κτηρίου κλειστού γυμναστηρίου Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.*, Ιούνιος 2011, Αθήνα
- 23) Δαμιανού Μαρία & Σπύρου Νίκος, *Προτάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης υπεραγοράς της αλυσίδας καταστημάτων ΔΙΑ επί της οδού Πανεπιστημίου στην πόλη της Πάτρας*, 2010, Πάτρα
- 24) Χριστοδούλου Γεωργία, *Ενεργειακή Επιθεώρηση στο Κτίριο Φυσικής της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου*, Αθήνα 2010
- 25) Αδαμοπούλου Ελένη, *Επίδραση του συνδυασμού τιμών των κυριότερων παραμέτρων του κτιριακού κελύφους στις συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους χειμερινούς μήνες*, Αθήνα 2013
- 26) Κωνσταντίνα Α.Μπαμπαλή, *Φωτοβολταϊκές Εγκαταστάσεις σε Κτίρια*, Αθήνα, Ιούνιος 2011
- 27) Δήμητρα Στεφανακάκη, *Φυτεμένες όψεις, Η συμβολή τους στην αναβάθμιση του αστικού τοπίου*, Θεσσαλονίκη 2011
- 28) Δούλος Θ. Λάμπρος, *Ανάπτυξη συστήματος αυτόματης προσαρμογής του τεχνητού φωτισμού με στόχο τη βέλτιστη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού*, Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2010
- 29) Αργυράκη Μαρία, *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ηλιακά Συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα*, Αθήνα, Ιούλιος 2008
- 30) Καραλίβανος Κωνσταντίνος, Κουτσιαλής Χρήστος, *Βιοκλιματικός ανασχεδιασμός υπάρχοντος κτιρίου γραφείων στην αττική μέσω του λογισμικού EnergyPlus*, Αθήνα, Ιούλιος 2013
- 31) Πιέτρης Κωνσταντίνος, *Ενεργειακή μελέτη και πρόταση εξοικονόμησης ενέργειας στο σύστημα φωτισμού του κτιρίου Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.-Πτέρυγες Α,Θ,Η,Η1*
- 32) Παπαντώνη Μαρία, *Ενεργειακή αναβάθμιση μεσαίου τμήματος κτιρίου Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου*

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- 33) <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=287&language=el-GR>
- 34) <http://www.allaboutenergy.gr/AiolikiEnergeia.html>
- 35) <http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/PROSTASIA%20PERIBALONTOS/Geothermiki%20Energeia.htm>
- 36) http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_geothermal.htm
- 37) <http://www.ktirio.gr/system/files/2012-06-91.pdf>
- 38) <http://masmarbles.gr/shop/%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%83-%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%BF%CF%83/>
- 39) <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- 40) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
- 41) <https://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/3-pathetika-eliaka-systemata-thermanses>
- 42) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
- 43) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm
- 44) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_anoigmata_orofis.htm
- 45) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_aithria.htm
- 46) http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_fotismos_fotagogoi.htm

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1:

(α) <http://renewablegreece.wikispaces.com/file/view/sunny.jpg/410460518/sunny.jpg>

(β) <http://www.elperes.gr/wp-content/uploads/2013/11/SUNSET-AT-PYLOS-WIND-PARK.jpg>

Εικόνα 1.2:(α),(β) <http://www.idropigi.gr/images/stories/orizontios-geoenallaktis.jpg>

Εικόνα 1.3: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1362777112959/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-081.jpg

Εικόνα 2.1: <http://s154.photobucket.com/user/ppdimio/media/chart2.jpg.html?t=1224853145>

Εικόνα 2.2: <http://image.slidesharecdn.com/rygzszbqkgqcl2haokn2-signature-100038d73fd53108084e99745d1055b199080b49b90948d7f0179454f00ce34b-poli-141123100522-conversion-gate02/95/pallantzas-ptolemaida-2014-24-638.jpg?cb=1416737264>

Εικόνα 3.1:

(α) <http://greencom.gr/wp-content/uploads/2015/02/%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82-%CF%83%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%82.jpg>

pg

(β) <http://www.akroteam.gr/wp-content/uploads/2014/06/082-bioclim-6-300x168.jpg>

Εικόνα 4.1: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1362777112959/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-082.jpg

Εικόνα 4.2: https://46dc30c7-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/TOTEE%20%CE%95%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82_00011.png?attachauth=ANoY7cp-Qe7mC0s99WvQ9B2oEXva0h-73naj-1hg-C2zuKSSj2yT-pzpvFiPM0eWGTT8jJASFr19Ke6JfpoLYQQUvnSBJDFWt7w3yuEEKZbQUlhQDYIFgU2Aew5pHMZ77CbDiE7-g9WH8EIbXf-D_4UXs5GXpp_2dzYFYNH9Ln5f98qsrmeoO3G8bIeQiGgYpipZygWmpnoxkq7BJtCX7xWrKy6BH9QZPAuO13J4BjX-Gr4Yphe8ejaUCM6adJ2b1t_oBRktorQRLuc-v6iM4_s9-9CC4fWAvvPUdqC2koD4-a-3QbsHiu34r0099YyBBuff3hftkTXG&attredirects=0

Εικόνα 4.3: https://sites.google.com/site/wildwaterwall/_/rsrc/1362777112959/eliaka-spitia/anartesechoristitlo/-114.jpg

Εικόνα 4.4: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/fysikos_drosismos_aerismos.jpg

Εικόνα 4.5: <http://www.asterpap.gr/images/aerizomenh.jpg>

Εικόνα 4.6: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/fysikos_drosismos_ybridikos.jpg

Εικόνα 4.7:

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos_clip_image007.jpg

Εικόνα 4.8: http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/fig3.jpg

Εικόνα 4.9:

http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/images/fysikos_fotismos_anoigmata_orofis_clip_image002.gif

Εικόνα 4.10:

<http://4myhouse.gr/Images/Articles/%CE%91%CE%AF%CE%B8%CF%81%CE%B9%CE%BF%20%CE%BC%CE%B5%20%CE%B8%CE%AD%CE%B1%20%CF%84%CE%B7%20%CE%B8%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1%204.jpg>

Εικόνα 4.11: https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRJSNTIzARoPFqTu-ri4RkY3qbEP3KvWF31RaM4_NW_QfAcPn9C

Εικόνα 4.12: <https://ualotexniki.files.wordpress.com/2015/05/0411.jpg>

Εικόνα 5.1: <http://www.satworld.gr/DH.jpg>

Εικόνα 5.2: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/4f/5c/83/4f5c8399d02cfee2f2424e58862eae9f.jpg>

Εικόνα 5.3:

(α) http://www.evolutions.net/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/f/i/file_3.jpg

(β) <http://energypress.gr/sites/default/files/article/images/stegi.jpg?width=220>