



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ
ΜΕΣΩΝ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΤΩΝ
ΚΤΙΡΙΩΝ**

Κωνσταντόπουλος Αναστάσιος Α.Μ. 51204183

Επιβλέπων Καθηγητής : Ιωάννης Γελεγένης

Αθήνα, Φεβρουάριος, 2021

Η ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γελεγένης Γιάννης
Καθηγητής

Σαρρής Ιωάννης
Καθηγητής

Προεστάκης Εμμανουήλ
Λέκτορας Εφαρμογών

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ΚΩΝΣΤΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ του ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 51204183 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζονται οι μέθοδοι θέρμανσης των χώρων ενός κτιρίου καθώς και η αξιολόγηση τους σύμφωνα με τον τρόπο μετάδοσης της θερμότητας και την διαφοροποιημένη ζήτηση ενέργειας της κάθε μιας για κάλυψη των ίδιων ενεργειακών απωλειών.

Αναφέρονται οι κατηγορίες των θερμαντικών μέσων (ΘΜ) και πιο ειδικότερα τα χαρακτηριστικά των θερμαντικών μέσων στον τρόπο θέρμανσης των χώρων. Πραγματοποιείται αναλυτική μελέτη της ενεργειακής ζήτησης ενός κτιρίου σύμφωνα με την ανάλυση των θερμικών απωλειών. Αναλύεται η διαφοροποίηση της ενεργειακής ζήτησης σύμφωνα με τον τύπο των θερμαντικών μέσων (ΘΜ) και παρουσιάζονται οι ποσοτικοί υπολογισμοί των θερμικών απωλειών. Τέλος παρουσιάζεται η μεθοδολογία της μοντελοποίησης που ακολουθείται, η οποία χρησιμοποιεί το πρόγραμμα προσομοίωσης Energy-Plus, το οποίο χάρη στις δυνατότητες που έχει για εισαγωγή δεδομένων μπορεί να δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα για την ενεργειακή ζήτηση των θερμαντικών μέσων ενός κτιρίου .

Επομένως με τη βοήθεια του Energy-Plus μπορούμε να συγκρίνουμε τα θερμαντικά σώματα καλοριφέρ με αυτά των σωμάτων ανεμιστήρα-στοιχείου (Fan Coil), μέσω της προσομοίωσης και να υπολογίσουμε την ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου, ώστε να καταλήξουμε στα συμπεράσματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση του κάθε θερμαντικού μέσου. Βρήκαμε ότι ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει την ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων είναι η μόνωση του κτιρίου.

Συμπερασματικά, και όπως προέκυψε από προσομοιώσεις που πραγματοποιήσαμε σε τυπικό κτίριο, η ζήτηση μπορεί να διαφοροποιείται σημαντικά (έως 20%) όταν το ποσοστό ακτινοβολούμενης θερμότητας από τα θερμαντικά σώματα μεταβάλλεται από 0 σε 100%. Η κατανομή των απωλειών σε αερισμό και διαφυγή μέσω του κελύφους επηρεάζει σημαντικά το παραπάνω ποσοστό διαφοροποίησης.

Λέξεις κλειδιά : ‘θερμαντικά μέσα’, ‘πρόγραμμα προσομοίωσης *Energy Plus*’, ‘ενεργειακή ζήτηση’, ‘κτίριο’, ‘θερμικές απώλειες’, ‘Fan Coil’, ‘καλοριφέρ’

ABSTRACT

This dissertation presents the methods of heating the premises of a building as well as their evaluation according to the way of heat transfer and the differentiated energy demand of each to cover the same energy losses.

The categories of heating media (HM) and more specifically the characteristics of the heating media in the way the spaces are heated are mentioned. A detailed study of the energy demand of a building is carried out according to the analysis of thermal losses as well. The differentiation of energy demand according to the type of heating media (HM) is analyzed and the quantitative calculations of thermal losses are presented. Finally, the methodology of the modeling used by the Energy Plus simulation program is presented which, thanks to its data entry capabilities, can give satisfactory results for the energy demand of the heating media of a building.

Therefore, with the help of Energy-Plus we can compare the radiators with those of the fan-element bodies (Fan Coil), through the simulation and calculate the energy demand of the building, in order to reach conclusions about the factors that affect the performance of each radiator. We found that the most important factor influencing the energy demand of buildings is the insulation of the building.

In conclusion, and as shown by simulations we performed in a typical building, the demand can vary significantly (up to 20%) when the percentage of radiant heat from heating media changes from 0 to 100%. The distribution of losses in ventilation and escape through the shell significantly affects the above percentage of differentiation.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 4 |
| ABSTRACT..... | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 8 |
| 1.1 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ..... | 8 |
| 1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 8 |
| 1.3 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ..... | 10 |
| 1.4 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ..... | 10 |
| ΜΕΡΟΣ Α΄ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ..... | 12 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ..... | 12 |
| 2.1 ΕΣΤΙΑ Ή ΤΖΑΚΙ..... | 12 |
| 2.1.1 ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ..... | 12 |
| 2.1.2 ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ..... | 13 |
| 2.2 ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ..... | 15 |
| 2.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ..... | 16 |
| 2.2.2 ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ..... | 17 |
| 2.3 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 20 |
| 2.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 21 |
| 2.3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 23 |
| 2.3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 24 |
| 2.4 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ..... | 26 |
| 2.4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ..... | 30 |
| 2.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ..... | 34 |
| 2.4.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ..... | 35 |
| 2.4.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ..... | 36 |
| 2.5 ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 37 |
| 2.5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 40 |
| 2.5.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 42 |
| 2.5.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 42 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ..... | 43 |
| 3.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ..... | 43 |
| 3.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ..... | 44 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ..... | 47 |
| 4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ..... | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ..... | 50 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ..... | 51 |
| 5.1 ΣΥΝΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 52 |
| 5.1.1 ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΣΩΜΑ..... | 53 |
| 5.1.2 ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ..... | 55 |
| 5.1.3 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ..... | 56 |
| 5.2 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ | 61 |
| 5.2.1 ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ..... | 63 |
| 5.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΡΟΠΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ..... | 64 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΝΑΛΟΓΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ..... | 65 |
| ΜΕΡΟΣ Β΄ ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ..... | 69 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ..... | 69 |
| 7.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ..... | 69 |
| 7.2 ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΥΠΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ..... | 71 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ..... | 74 |
| 8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ..... | 74 |
| 8.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ..... | 80 |
| 8.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ..... | 84 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENERGY-PLUS..... | 85 |
| 9.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ..... | 86 |
| 9.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ENERGY-PLUS..... | 87 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ..... | 105 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 116 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 118 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ..... | 121 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄ ΠΙΝΑΚΕΣ..... | 132 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ENERGY-PLUS..... | 138 |

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Με τον όρο θερμαντικό μέσο εννοούμε κάθε μέσο με το οποίο μπορούμε να θερμάνουμε έναν χώρο (ή χώρους), με αποτέλεσμα να μεταφερθεί η θερμότητα στα άτομα που διαμένουν στο χώρο αυτό. Οι εγκαταστάσεις των θερμαντικών μέσων έχουν ως βασικό σκοπό τον έλεγχο της θερμοκρασίας ενός χώρου (κυρίως κατά τον χειμώνα). Με τον έλεγχο αυτό της θερμοκρασίας, το θερμαντικό μέσο μπορεί να επηρεάσει την θερμοκρασία του χώρου προς μια κατεύθυνση, δηλαδή να την αυξήσει. Βέβαια με την αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζεται ακόμα ένας παράγοντας και αυτός είναι η υγρασία του χώρου. Η υγρασία του χώρου μεταβάλλεται αντίστροφα από την θερμοκρασία του χώρου, δηλαδή όσο αυξάνεται η θερμοκρασία μειώνεται η υγρασία του χώρου (Whitman, 2003).

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η ανάγκη του ανθρώπου για θέρμανση ξεκινάει από τα προϊστορικά χρόνια. Οι προϊστορικοί άνθρωποι ανακάλυψαν το πρώτο θερμαντικό μέσο που ακούει στο όνομα «φωτιά». Με την βοήθεια των ξύλων διατηρούσαν την φωτιά αναμμένη αρκετή ώρα, ανακαλύπτοντας παράλληλα το αρχαιότερο καύσιμο (που είναι το ξύλο). Χρησιμοποιώντας μια ανοιχτού τύπου εστία για να καίγονται τα ξύλα δημιούργησαν την πιο παλαιά ‘συσκευή’ τοπικής θέρμανσης. Όμως από την συνεχή καύση των ξύλων οι καπνοί που δημιουργούνταν ήταν πρόβλημα. Έτσι ανακαλύφθηκε η καπνοδόχος, όπου τοποθετούνταν στην αρχή πάνω από το κέντρο της οροφής του χώρου, για να βρίσκει έξοδο ο καπνός. Αργότερα η καπνοδόχος έγινε αφορμή για την δημιουργία του τζακιού ανοικτού τύπου. Το τζάκι ανοικτού τύπου εφευρέθηκε τον 13^ο αιώνα στην Ευρώπη και αποτέλεσε την εξέλιξη της ανοικτής εστίας. Με αυτό τον τρόπο ο θερμαινόμενος χώρος απαλλάχθηκε από τους καπνούς και από τα αέρια της καύσεως. Δυστυχώς όμως, παρά τις προσπάθειες για βελτίωση και αναβάθμιση της απόδοσης (και γενικά) των τζακιών, τα τζάκια έχουν τις μεγαλύτερες θερμικές απώλειες μέχρι και σήμερα (δηλαδή με την μεγαλύτερη σπατάλη καυσίμου).

Τον 6^ο αιώνα εφευρέθηκε στην Κίνα η πρώτη σόμπα (ή θερμάστρα). Οι σόμπες αποτελούν κλειστές εστίες φωτιάς με καπνοδόχο για την απαγωγή των καυσαερίων. Σε αντίθεση με τα τζάκια η απώλεια θερμότητας είναι αρκετά λιγότερη στις σόμπες. Με το πέρασμα των αιώνων δημιουργήθηκαν αρκετές παραλλαγές της σόμπας με τις πιο γνωστές και αξιόπιστες να είναι οι σόμπες πετρελαίου και υγραερίου. Αυτά τα 2 είδη σόμπας χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα, λόγω της καλής απόδοσης που έχουν και επειδή έχουν πολλαπλές δυνατότητες ρύθμισης της ροής της θερμότητας.

Επίσης αξίζει να αναφέρουμε τον τρόπο θέρμανσης που εφευρέθηκε στην Αρχαία Ελλάδα και που αξιοποιήθηκε στην Αρχαία Ρώμη. Αυτός ο τρόπος θέρμανσης ήταν τα θερμαινόμενα δάπεδα ή αλλιώς ενδοδαπέδιο σύστημα θερμάνσεως. Σε αυτό το σύστημα το δάπεδο ήταν υπερυψωμένο στηριζόμενο σε μικρές κολώνες και τα θερμά αέρια από τα καμίνια διοχετεύονταν στα κενά που δημιουργούσαν οι μικρές κολώνες. Τα καυσαέρια απομακρυνόντουσαν από εντοιχισμένους κεραμικούς σωλήνες με πλευρικά ανοίγματα εξόδου (χωρίς την χρήση καπνοδόχων).

Αργότερα κατά τον 18^ο αιώνα δημιουργήθηκε ο αερολέβητας. Ο αερολέβητας ήταν η αναπτυγμένη μορφή του τζακιού και της σόμπας. Η βασική διαφορά τους ήταν ότι ο αερολέβητας έχει ξεχωριστές διαδρομές για τα καυσαέρια και τον καθαρό θερμό αέρα (τα καυσαέρια εξέρχονται από την καμινάδα, ενώ ο θερμός αέρας ζεσταίνει το χώρο). Αυτός ο νέος τρόπος θέρμανσης (με ατμό) χρησιμοποιήθηκε στα εργοστάσια για βιομηχανικές ανάγκες στα τέλη του 18^{ου} αιώνα ως πηγή ισχύος στην βιομηχανική επανάσταση. Από τότε μέχρι και σήμερα έχουν δημιουργηθεί πολλά είδη λέβητα όπως για παράδειγμα ο λέβητας συμπύκνωσης.

Από το 1830 ξεκινάνε οι μαζικές αναγνωρίσεις των πλεονεκτημάτων του ζεστού νερού για θέρμανση σε χαμηλή πίεση. Χρησιμοποιείται κυρίως στα καλοριφέρ, αλλά και σε θερμάνσεις δαπέδου ή οροφής. Στα πρώτα χρόνια της λειτουργίας των σωμάτων θέρμανσης ή καλοριφέρ η κυκλοφορία του νερού γινόταν με την βαρύτητα. Από την αρχή του 20^{ου} αιώνα έχουν εγκατασταθεί αντλίες ή κυκλοφορητές για την ασφαλή κυκλοφορία του νερού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να περιοριστούν τα συστήματα θέρμανσης με ατμό, παρά μόνο σε εργοστάσια και μεγάλες βιομηχανίες. Όμως το 1925 και μετά μπαίνει σε λειτουργία η μέθοδος θέρμανσης με ζεστό νερό υψηλής πίεσης (θέρμανση με υπέρθερμο νερό). Σε αυτή τη μέθοδο το ζεστό νερό κυκλοφορεί σε δίκτυο από σωλήνες με μεγάλη ανθεκτικότητα, αλλά μικρές στο μήκος σε σύγκριση με αυτές του ζεστού νερού χαμηλής πίεσης. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται με βάση το θερμοσιφωνικό φαινόμενο.

Μετά το πέρας του 1^{ου} Παγκόσμιου Πόλεμου έρχεται μια νέα μέθοδος θέρμανσης, αυτή του κλιματισμού. Έτσι, παράλληλα με την εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων θερμαντικών μέσων σε απόδοση και εμφάνιση, αναπτύσσονται καινούργιες μέθοδοι για θέρμανση που να την συνδυάζουν με ψύξη.

Τέλος έχουμε την ίσως πιο οικονομική μέθοδο θέρμανσης η οποία είναι η αντλία θερμότητας. Από το 1851 μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται για θέρμανση σπιτιών ακόμα και εγκαταστάσεων. Ο λόγος που την καθιστά οικονομικά συμφέρουσα είναι λόγω των δυνατοτήτων της σε συνδυασμένη θέρμανση και ψύξη και των υψηλών επιδόσεών της. Η χρήση της αντλίας θερμότητας ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη κατά την διάρκεια του 2^{ου} Παγκόσμιου Πόλεμου, όπου τα καύσιμα για θέρμανση ήταν σε έλλειψη. Οι συγκεκριμένες αντλίες θερμότητας δούλευαν με ηλεκτρική θερμότητα από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Σε συνδυασμό λοιπόν της αύξησης του ενεργειακού κόστους των κλασικών μεθόδων θέρμανσης και της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας, η αντλία θερμότητας έχει εξαπλωθεί παγκοσμίως (Whitman, 2003).

1.3 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Κεντρική θέρμανση ονομάζουμε την παραγωγή θερμότητας για τη θέρμανση χώρων και τη παραγωγή ζεστού νερού για χρήση από ένα σύνολο συσκευών και οργάνων που είναι κατάλληλα ρυθμισμένα και προσαρμοσμένα μεταξύ τους. Η κεντρική θέρμανση αποτελεί το μοναδικό είδος θέρμανσης το οποίο, κατά την δημιουργία και τη διαρκείας της καύσης, δεν καταναλώνει από το υποτιθέμενο οξυγόνο που βρίσκεται μέσα στο χώρο που ζούμε όπως κάνουν τα υπόλοιπα μέσα θέρμανσης (τζάκια, θερμάστρες κ.τ.λ.). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να είναι πιο υγιεινό προς τον άνθρωπο. Τέλος βασικό χαρακτηριστικό μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης είναι η ύπαρξη μίας μόνο πηγής παραγωγής θερμότητας και η μεταφορά της θερμότητας στους χώρους.

Ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης αποτελείται από ένα λέβητα, ένα καυστήρα, ένα κυκλοφορητή, μία δεξαμενή καύσιμου, τις σωληνώσεις, τις διατάξεις ασφαλείας, τη καπνοδόχο και τα θερμαντικά σώματα. Οι λέβητες (συνήθως πετρελαίου ή ακόμα και ξύλου, λιγνίτη κ.τ.λ.) χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή της θερμότητας. Η παραγόμενη ενέργεια μεταφέρεται στους διάφορους χώρους μέσω ενός θερμαντικού μέσου, ενώ η διανομή επιτυγχάνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων ή αεραγωγών, ή ακόμη και με συνδυασμό και των δύο. Όταν επιλέγεται εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης για ένα κτίριο, η πηγή παραγωγής θερμότητας τοποθετείται στον υπόγειο χώρο του κτιρίου. Αυτός ο υπόγειος χώρος, συνήθως, είναι τελείως ανεξάρτητος από τους χώρους όπου μεταφέρεται η θερμότητα για λόγους άνεσης και ασφάλειας. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγονται οι τυχόν αναθυμιάσεις και οι κίνδυνοι από τυχόν έκρηξη ή ακόμα και πυρκαγιά στον υπόγειο χώρο. Επίσης ελαχιστοποιούνται στο έπακρον οι πιθανοί θόρυβοι.

Το δίκτυο σωληνώσεων μπορεί να είναι μονοσωλήνιο σύστημα ή δισωλήνιο σύστημα. Το μονοσωλήνιο σύστημα αποτελείται από έναν μόνο σωλήνα, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και την τροφοδοσία των θερμοπομπών. Με λίγα λόγια η τροφοδοσία στο μονοσωλήνιο σύστημα ακολουθεί σύνδεση σε σειρά των θερμοπομπών. Το πρώτο θερμαντικό σώμα τροφοδοτείται κατευθείαν από τη πηγή, άρα η θερμοκρασία εισόδου είναι ελέγξιμη και δεδομένη. Στα επόμενα θερμαντικά σώματα όμως, η θερμοκρασία εισόδου είναι αποτέλεσμα της ανάμιξης που γίνεται στο διακόπτη μονοσωλήνιου του προηγούμενου σώματος. Το δισωλήνιο σύστημα αποτελείται από 2 σωλήνες. Έναν για να μεταφέρεται ο φορέας και έναν για να επιστρέφει ο φορέας στο λέβητα για να θερμανθεί ξανά. Εδώ υπάρχει παράλληλη σύνδεση των θερμοπομπών. Όλα τα θερμαντικά σώματα τροφοδοτούνται κατευθείαν από τη πηγή, αυτό έχει ως αποτέλεσμα χειροκίνητη ρύθμιση με ακρίβεια στη τιμή που έχουμε επιλέξει και φυσικά είναι ίδια σε όλα τα σώματα (Φαντάκης, 2013).

1.4 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Με τον όρο θερμικές απώλειες ονομάζουμε το ποσό της θερμότητας που χάνεται από τις επιφάνειες και τα τυχόν ανοίγματα του κτιρίου. Η συνολική θερμική απώλεια των διαφόρων χώρων του κτιρίου οφείλεται σε 2(δύο) ειδών θερμικές απώλειες. Αυτά τα 2 είδη είναι οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας και οι θερμικές απώλειες αερισμού.

Στη πρώτη κατηγορία, στις θερμικές απώλειες αγωγιμότητας περιλαμβάνονται όλες οι ροές θερμότητας που διέρχονται από τοίχους, παράθυρα, θύρες(πόρτες), οροφές, δάπεδα και κάθε άλλο είδος επιφάνειας που συνορεύει με τον έξω χώρο ή με χώρο χωρίς θέρμανση. Όλες αυτές οι ροές θερμότητας αθροίζονται και έτσι υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας. Στην δεύτερη κατηγορία, στις θερμικές απώλειες αερισμού περιλαμβάνονται όλες οι ροές θερμότητας που οφείλονται σε διεισδύσεις αέρα, δηλαδή ο αέρας που εισέρχεται από τις χαραμάδες και όλα τα ανοίγματα του κτιρίου (πόρτες και παράθυρα). Όπως και στις θερμικές απώλειες αγωγιμότητας έτσι και σε αυτές τις θερμικές απώλειες ο υπολογισμός τους πραγματοποιείται από το άθροισμα των παραπάνω ροών θερμότητας. Η διαφορά πίεσης που υπάρχει μεταξύ του εσωτερικού χώρου και του εξωτερικού μπορεί να προκληθεί από τη πρόσπτωση του ανέμου σε συνδυασμό με την αεροδυναμική συμπεριφορά του κτιρίου. Εδώ είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η διαφορά της πίεσης μεταξύ των χώρων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη ροή του αέρα. Τέλος υπάρχουν και οι δευτερεύουσες θερμικές απώλειες, όπως αυτές που προκαλούνται από το έδαφος. Αυτές οι θερμικές απώλειες εδάφους δημιουργούνται από όλα τα δομικά στοιχεία που εφάπτονται με το έδαφος (Ti-soft, 1998).

ΜΕΡΟΣ Α΄

2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

2.1 ΕΣΤΙΑ Ή ΤΖΑΚΙ

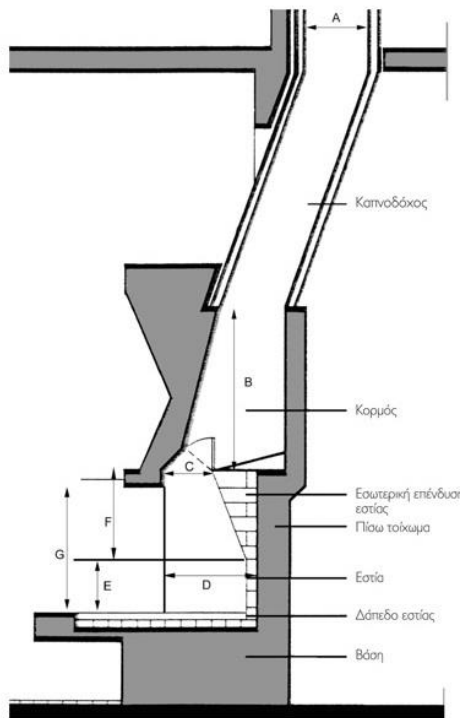
2.1.1 ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Το τζάκι (ανοικτού τύπου) αποτελεί, από τα αρχαία χρόνια μέχρι και σήμερα, το πιο διαδεδομένο μέσο θέρμανσης. Το τζάκι αποτελεί μία δομή κατασκευασμένη κυρίως από τούβλα ή πέτρα (επίσης υπάρχουν τζάκια κατασκευασμένα από μέταλλο), όπου στο εσωτερικό καίγονται ξύλα (ή ξυλάνθρακες) με σκοπό την θέρμανση ενός χώρου-δωματίου. Στα παλαιά χρόνια το τζάκι χρησίμευε, εκτός για την θέρμανση μιας κατοικίας, στη παρασκευή (μαγείρεμα) φαγητού, στο βράσιμο του νερού για χρήση και για άλλες ποικίλες χρήσεις. Σήμερα, τα μοντέρνα τζάκια χρησιμοποιούνται κυρίως για την χαλαρωτική ατμόσφαιρα που προκαλούν και η θέρμανση του έρχεται σε δεύτερη μοίρα παρόλο που η απόδοσή τους έχει μεταβληθεί θετικά.

Ένα τζάκι αποτελείται από την εστία του, η οποία συνήθως είναι φτιαγμένη από ειδικά τούβλα για να αντέχουν τις υψηλές θερμοκρασίες και να αποθηκεύουν τη θερμότητα (τα γνωστά πυρότουβλα) και την καμινάδα για να μπορεί να εξέρχεται ο καπνός από τον χώρο, ώστε να μην δημιουργεί αποπνικτική ατμόσφαιρα. Επίσης τα περισσότερα τζάκια διαθέτουν μία σχάρα, η οποία λειτουργεί σαν δοχείο για την συλλογή της στάχτης.



Εικόνα 1. Τζάκι ανοικτού τύπου με εστία από πυρότουβλα, Πηγή DimarFireplaces.com



Εικόνα 2. Σχηματική δομή από τζάκι ανοικτού τύπου, Πηγή ktirio.gr

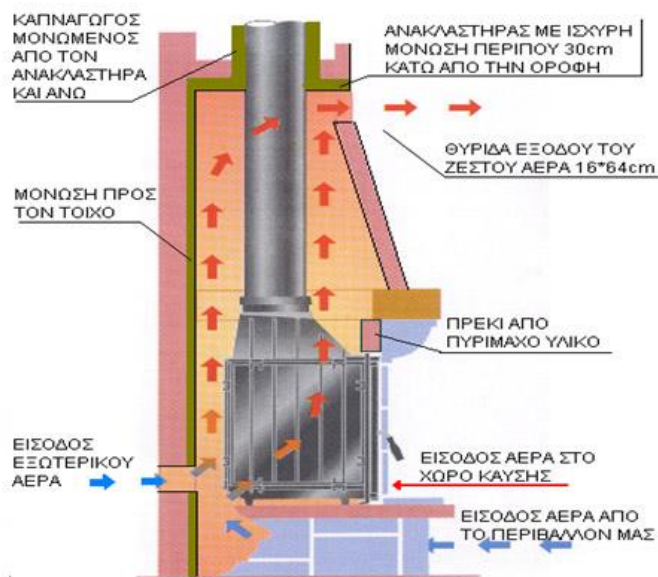
Δυστυχώς όμως το τζάκι ανοικτού τύπου αποτελεί το θερμαντικό μέσο με τις περισσότερες θερμικές απώλειες. Το συγκεκριμένο τζάκι δεν έχει ικανοποιητική απόδοση με βάση την θερμική ενέργεια που παράγει το ξύλο κατά την καύση. Η απόδοση του είναι από δέκα τοις εκατό (10%) έως δεκαπέντε τοις εκατό (15%) της θερμικής ενέργειας. Αυτό κυρίως συμβαίνει επειδή το τζάκι ζεσταίνει μόνο με ακτινοβολία (Περδίδς, 2013).

2.1.2 ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

Το τζάκι κλειστού τύπου ή ενεργειακό τζάκι, όπως και το τζάκι ανοικτού τύπου, αποτελεί δομή κατασκευασμένη από πυρότουβλα με πυρίμαχο τζάμι. Ένα ενεργειακό τζάκι έχει πολύ καλύτερη απόδοση από τα τζάκια ανοικτού τύπου της τάξεως εξήντα πέντε τοις εκατό (65 %) έως ογδόντα πέντε τοις εκατό (85 %). Αυτό κυρίως οφείλεται στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που διατηρεί μέσα στην κλειστή εστία και κατά συνέπεια στην τέλεια καύση που πετυχαίνει στην εστία. Η τέλεια καύση επιτυγχάνεται λόγω της μικρής ποσότητας αέρα που καταναλίσκει η κλειστή εστία για την καύση. Το πιο βασικό πλεονέκτημα του ενεργειακού τζακιού είναι ότι δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να ελέγχει την καύση και επίσης διαθέτει ένα σύστημα από ανεμιστήρες το οποίο προωθεί το θερμό αέρα μέσα στο δωμάτιο χωρίς να εισέρχεται ο καπνός από την καύση στο χώρο. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο για το ενεργειακό τζάκι είναι ότι έχει χαμηλή κατανάλωση καυσίμου (δηλαδή καυσόξυλα). Άρα, λόγω της μεγάλης απόδοσης, μένει αναξιοποίητο ένα πολύ μικρότερο ποσοστό σε σχέση με το τζάκι ανοικτού τύπου. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως το ενεργειακό τζάκι, μπορεί να ζεστάνει πολύ αποτελεσματικότερα τον χώρο μας, με σημαντικότερη οικονομία καυσίμου. Όπως σε όλα τα τζάκια, έτσι και εδώ η εξαγωγή των καυσαερίων γίνεται με την βοήθεια της καπνοδόχου.



Εικόνα 3. Ενεργειακό Τζάκι, Πηγή bioestia.gr



Εικόνα 4. Σχηματική τομή από ενεργειακό τζάκι, Πηγή ktirio.gr

Όσον αφορά την καπνοδόχο (καμινάδα), πρώτα από όλα θα πρέπει να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για να τοποθετηθεί. Συνηθίζεται να χτίζεται στους εξωτερικούς τοίχους ενός σπιτιού, αλλά οι πιο μοντέρνες εκδοχές θέλουν το τζάκι στο κέντρο ενός χώρου. Πέρα από καλαισθησία αυτή η εκδοχή χαρίζει και πρακτικότητα, μιας και η θερμότητα διαχέεται ομοιόμορφα και όχι μόνο προς μία κατεύθυνση. Ωστόσο, η καμινάδα αποτελεί τον αγωγό εισαγωγής και εξαγωγής αερίων. Οι θερμές μάζες, ως πιο ελαφριές, τείνουν να ανεβαίνουν προς τα πάνω, ενώ οι ψυχρές έλκονται προς την εστία. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί και στην κατασκευή της. Απαιτείται μία συγκεκριμένη διατομή, ύψος, υλικά, κυκλικό σχήμα με λείες επιφάνειες στο εσωτερικό καθώς και μόνωση, ειδικά εάν τοποθετείται σε εξωτερικό τοίχο.

Η εστία είναι το σημείο του τζακιού όπου πραγματοποιείται η καύση των ξύλων, τα οποία παράγουν τη θερμότητα. Η κατασκευή μιας κλειστής μαντεμένιας εστίας γίνεται με ειδικά υλικά αυστηρών προδιαγραφών ασφαλείας, ώστε να αποδίδει στο μέγιστο. Η πόρτα των συγκεκριμένων εστιών κατασκευάζεται από υαλοκεραμικό κρύσταλλο προσφέροντας μεγάλη στεγανότητα. Προτείνεται κατά τη διάρκεια της καύσης να μην την ανοίγεις απότομα αλλά σιγά-σιγά, διότι θα εξέλθει συσσωρευμένος καπνός από τις περσίδες. Ενώ για τον καθαρισμό της δε χρησιμοποιούμε αιχμηρά αντικείμενα, όπως σύρμα, αλλά απλό χαρτί. Ο καθαρισμός, όμως, του δοχείου συλλογής της στάχτης στο κέντρο της εστίας πρέπει να γίνεται σε τακτικά διαστήματα. Εξαρτάται, βέβαια, και από τη συχνότητα χρήσης που κάνεις στο τζάκι σου (Περδίδος, 2013).

2.2 ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ

Οι θερμάστρες αποτελούν ένα αυτόνομο σύστημα τοπικής θέρμανσης. Η μεταφορά θερμότητας είναι αρκετά απλοϊκή και χρησιμοποιούνται για τη κάλυψη τοπικών αναγκών. Οι θερμάστρες διακρίνονται σε 2 κατηγορίες, σε ηλεκτρικές θερμάστρες και σε θερμάστρες που καίνε κάποιο καύσιμο (όπως για παράδειγμα ξύλο, κάρβουνο, πετρέλαιο, αέρα κ.α.). Η κατάλληλη επιλογή μιας θερμάστρας συνδέεται άμεσα με το μέγεθος του χώρου (ή χώρων), τη διαθέσιμη ποσότητα καυσίμου υλικού και με βάση τις προτιμήσεις του χρήστη.

Αν ο χώρος ή ακόμα το κτίριο είναι μικρής έκτασης, τότε το πρόβλημα του ψύχους λύνεται με τη τοποθέτηση μίας θερμάστρας σχετικά μεγάλου μεγέθους ή αρκετές μικρές θερμάστρες (οι οποίες να μπορούν εύκολα να μετακινηθούν). Αν ο χώρος ή το κτίριο είναι μεγάλης έκτασης, τότε προτιμάται η θερμάστρα ακτινοβολίας, η οποία διακρίνεται σε ηλεκτρική ή πετρελαίου. Βασικό χαρακτηριστικό αυτών των θερμαστρών είναι ότι εκπέμπουν θερμότητα σε όση διάρκεια είναι σε λειτουργία και μόνο στη περιοχή που καλύπτεται από το ανακλαστικό κάτοπτρο (το οποίο καθορίζει την ακτινοβολία). Οι θερμάστρες που έχουν μεγαλύτερο όγκο, συχνά αποκαλούνται κεντρικές θερμάστρες, διαθέτουν επιπλέον ένα θερμοσυσσωρευτή επειδή λόγω όγκου η θερμάστρα έρχεται σε επαφή με τον αέρα του χώρου. Αυτή η υποτιθέμενη ποσότητα αέρα που έρχεται σε επαφή με τη συγκεκριμένη θερμάστρα, μετακινείται προς την οροφή, ενώ ο αέρας που βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το πάτωμα απορροφάται από τη θερμάστρα και κατά συνέπεια θερμαίνεται.



Εικόνα 5. Θερμάστρα ακτινοβολίας πετρελαίου Master XL61 της ‘‘masterheaters’’.



Εικόνα 6. Ηλεκτρική θερμάστρα ακτινοβολίας Master TS3 της ‘‘masterheaters’’.

Με αυτό τον τρόπο όλος ο αέρας του χώρου θερμαίνεται βαθμιαία και ακόμα αν απενεργοποιήσουμε τη θερμάστρα, η θερμοκρασία του αέρα θα αρχίσει να μειώνεται βαθμιαία. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι κεντρικές θερμάστρες είναι αποδοτικές μόνο σε μεγάλους χώρους. Αν τοποθετηθεί σε μικρό χώρο τότε σε σύντομο χρονικό διάστημα θα υπάρξει το φαινόμενο της υπερθέρμανσης και ακόμα χειρότερα ο κίνδυνος πυρκαγιάς.

Το βασικό χαρακτηριστικό της θερμάστρας είναι ότι η λειτουργία της βασίζεται σε καύση και με βάση αυτό γίνεται απαραίτητη η ύπαρξη αέρα πλούσιου σε οξυγόνο. Αυτό σημαίνει ότι οι θερμάστρες δεν θα πρέπει να λειτουργούν σε χώρους ερμητικά κλειστούς, επειδή δεν θα είναι αποδοτικές λόγω μη τέλειων καύσεων και θα προκαλούν αναπνευστικά προβλήματα στους ανθρώπους με την εκπομπή μεγάλης ποσότητας μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Τέλος η θερμάστρα θα πρέπει να τοποθετείται στο πιο ψυχρό μέρος του χώρου, με σκοπό τη σωστή μετακίνηση του θερμού αέρα (Σελλούντος, 1995).

2.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ

Οι ηλεκτρικές θερμάστρες βασίζονται στη μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα που συμβαίνει όταν μια θερμική αντίσταση διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Πιο συγκεκριμένα οι ηλεκτρικές θερμάστρες βασίζονται στο θεμελιώδη νόμο του Joule. Οι ηλεκτρικές θερμάστρες αποτελούνται από μία ωμική αντίσταση και έναν ανακλαστήρα, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη μετακίνηση της θερμικής ακτινοβολίας προς συγκεκριμένη κατεύθυνση. Τις περισσότερες φορές η ηλεκτρική θερμάστρα θερμαίνει τον αέρα του χώρου, ο οποίος κυκλοφορεί μέσα στο χώρο είτε με φυσική ροή ή αλλιώς με τη βαρύτητα, είτε με εξαναγκασμένη ροή με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα.

Η θέρμανση χώρου με ηλεκτρικό ρεύμα είναι αρκετά αποδοτική, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι έχει υψηλό λειτουργικό κόστος (υψηλή τιμή για το ηλεκτρικό ρεύμα). Παρότι όμως είναι ακριβή, λόγω της απόδοσης της επιλέγεται από τους καταναλωτές κυρίως ως συμπληρωματική πηγή θέρμανσεως. Οι ηλεκτρικές θερμάστρες διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Ηλεκτρικές θερμάστρες ακτινοβολίας
- Ηλεκτρικούς θερμοπομπούς
- Ηλεκτρική θέρμανση τοίχων ή οροφής
- Τοπικούς θερμοσυσσωρευτές

Οι ηλεκτρικές θερμάστρες ακτινοβολίας αποτελούνται από μια ηλεκτρική σπειροειδή αντίσταση (η οποία αποτελεί από μόνη της μια καλή πηγή θερμότητας), από ένα κεραμικό πυρήνα και ένα σφαιρικό ανακλαστήρα. Σε αυτό το πυρήνα τυλίγεται η αντίσταση. Όσον αφορά σε θερμάστρες μικρής ισχύος, της τάξεως 0,5 – 1 KW, η κατασκευή τους είναι απλή, επειδή αποτελούνται από τον ανακλαστήρα, ένα προστατευόμενο πλέγμα, στήριγμα δαπέδου και τα καλώδια προσαρμογής. Σε θερμάστρες πιο μεγάλης ισχύος, της τάξεως 1 – 4KW, το σχήμα τους είναι ορθογώνιο και αποτελούνται από ηλεκτρικές αντιστάσεις με περισσότερες σπείρες και διακόπτες οι οποίοι επιτρέπουν τη παροχή ρεύματος σε κάθε αντίσταση ξεχωριστά.

Οι ηλεκτρικοί θερμοπομποί είναι συσκευές που βασίζονται συνήθως στην άμεση ακτινοβολία ή κάποιες φορές βασίζονται σε ρεύματα αέρα ή σε έναν ενσωματωμένο ανεμιστήρα. Οι θερμοπομποί αποτελούν τοπικές ή φορητές μονάδες ηλεκτρικών θερμαστών, όμως τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για να κατασκευαστούν ηλεκτρικοί θερμοπομποί οροφής ή τοίχων.

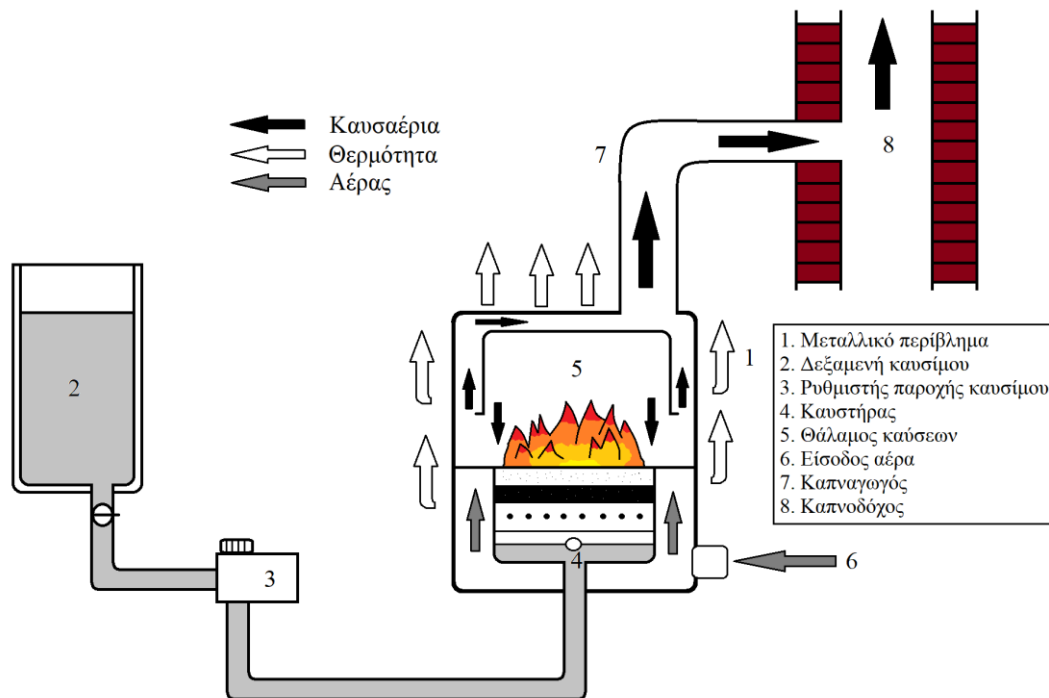
Η θέρμανση τοίχων ή οροφής με ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιούν ειδικές αντιστάσεις με τη μορφή ευλύγιστων καλωδίων. Αυτού του είδους η θέρμανση θα πρέπει να θεωρείται ότι αποτελεί σύστημα κεντρικής θέρμανσης, επειδή εφαρμόζεται σε ένα σύνολο χώρων. Οι τοπικοί θερμοσυσσωρευτές αποτελούν αυτόνομες ηλεκτρικές μονάδες θερμάνσεως. Βασικά τους χαρακτηριστικά είναι ότι έχουν μεγάλο όγκο και πολύ υψηλή θερμοσυσσωρευτική ικανότητα. Οι τοπικοί θερμοσυσσωρευτές λαμβάνουν ενέργεια συνήθως τις νυχτερινές ώρες και την αποθηκεύουν σε ειδικά τούβλα (με μεγάλη θερμοσυσσωρευτική ικανότητα) ή σε λάδι και την αποδίδουν τις πρωινές ώρες με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα (Σελλούντος, 1995).

2.2.2 ΘΕΡΜΑΣΤΡΕΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Οι θερμάστρες καυσίμου ή πιο ειδικά οι θερμάστρες με στερεό, υγρό ή αέριο καύσιμο αποτελούν ένα σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιείται σε όλους τους χώρους ή εγκαταστάσεις. Στερεό καύσιμο αποτελεί το ξύλο και το κάρβουνο, ενώ υγρό καύσιμο αποτελεί το πετρέλαιο. Βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι χρειάζονται αρκετές θερμάστρες καυσίμου για να θερμανθεί ένας χώρος μεγάλης έκτασης ή ένα σύνολο χώρων. Τέλος απαιτείται έλεγχος της καύσιμης ύλης σε τακτά χρονικά διαστήματα και πιο ειδικά στις θερμάστρες στερεού καυσίμου.

Οι θερμάστρες στερεού καυσίμου διακρίνονται σε θερμάστρες καυσόξυλων και σε θερμάστρες με κάρβουνα. Οι θερμάστρες με καυσόξυλα έχουν αρχίσει να εγκαταλείπονται ως επιλογή θέρμανσης, ειδικά σε πόλεις, επειδή έχουν την ανάγκη συνεχούς τροφοδοσίας, αποδίδουν καυσαέρια και πλέον είναι δυσεύρετα. Αυτές οι θερμάστρες βρίσκουν χρήση μόνο σε μερικές αγροτικές περιοχές όπου το καυσόξυλο είναι άφθονο και ο παράγοντας καυσαέριο είναι σε πολύ πιο μικρή ποσότητα.

Οι θερμάστρες που καίνε κάρβουνα έχουν τα ίδια μειονεκτήματα με τις θερμάστρες που καίνε καυσόξυλα αλλά σε μικρότερη κλίμακα. Βασικό μέρος αυτών των θερμαστών είναι η σχάρα, πάνω στην οποία καίγονται τα κάρβουνα. Η στάχτη, που προκαλείται από τη καύση των κάρβουνων, πέφτει σε ειδική υποδοχή κάτω από τη σχάρα. Επίσης βασικό μέρος αποτελεί η πυρίμαχη εσωτερική επένδυση, επειδή προστατεύει το μεταλλικό περίβλημα της θερμάστρας από την υπερθέρμανση. Αυτό το πυρίμαχο υλικό είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας και έχει μικρή αντοχή στις κρούσεις (όταν είναι θερμό). Σε γενικές γραμμές αποτελούνται από ένα περίβλημα, από λαμαρίνα και κλείνουν με ένα καπάκι, από χυτοσίδηρο, το οποίο συνδέεται με τη καπνοδόχο.



Σχήμα 1. Διάταξη εξαρτημάτων και λειτουργίας θερμάστρας πετρελαίου, Πηγή myenergyhome.gr

Οι θερμάστρες με υγρό καύσιμο ή πιο συγκεκριμένα οι θερμάστρες πετρελαίου εκπέμπουν θερμότητα καίγοντας φωτιστικό πετρέλαιο, με σημείο βρασμού 180-250 C° (ειδικό ‘καθαρό’ πετρέλαιο) ή πετρέλαιο Diesel με σημείο βρασμού τους 300 C°. Οι θερμάστρες πετρελαίου αποτελούνται από το εξωτερικό μεταλλικό περίβλημα, στο οποίο είναι τοποθετημένα όλα τα όργανα που ελέγχουν τη λειτουργία των θερμαστρών, από την εστία καύσεως και από τις μικρές δεξαμενές καυσίμου. Βασικά λειτουργικά τμήματα αποτελούν η συσκευή που ρυθμίζει τη παροχή του καυσίμου, ο καυστήρας, ο θάλαμος καύσεως, το σύστημα ρυθμίσεως της παροχής αέρα και το σύστημα απαγωγής των καυσαερίων. Η λειτουργία της θερμάστρας πετρελαίου ξεκινάει με το πετρέλαιο από τη δεξαμενή καυσίμου που ρέει προς το ρυθμιστή. Στη συνέχεια ο ρυθμιστής καθορίζει τη ροή του καυσίμου προς το καυστήρα. Η ρύθμιση της παροχής γίνεται χειροκίνητα. Ο καυστήρας αποτελείται από ένα κυλινδρικό μεταλλικό κνάθιο. Μέσα σε αυτό το κνάθιο υπάρχει ένα μεταλλικό δαχτυλίδι, πάνω στο οποίο αναπτύσσεται η καύση. Μέσω μιας ρυθμιζόμενης βαλβίδας ο αέρας φτάνει στο καυστήρα. Ο καυστήρας βρίσκεται σε ένα μεταλλικό κύλινδρο, ο οποίος αποτελεί το χώρο καύσεως και χάρη σε αυτόν μεταδίδεται η θερμότητα στο γύρω χώρο. Ο χώρος καύσεως αποτελείται από έναν οδηγό, ο οποίος οδηγεί στη καπνοδόχο. Τα καυσαέρια που παράγονται θερμαίνουν το μεταλλικό περίβλημα της θερμάστρας.

Οι θερμάστρες αερίου, το οποίο αέριο μπορεί να είναι φυσικό αέριο, υγραέριο (ή παλαιότερα φωταέριο) έχουν υψηλή απόδοση και ‘καθαρή’ καύση. Αυτές οι θερμάστρες παρέχουν την ικανοποιητική ασφάλεια και την επιθυμητή θέρμανση με ελάχιστα προβλήματα, όταν ληφθούν όλα τα αναγκαία μέτρα και προφυλάξεις.

Τα πλεονεκτήματα των θερμαστρών αερίου είναι τα εξής :

1. Εύκολη χρήση
2. Ελάχιστος χρόνος προθέρμανσης
3. Καθαρότητα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους
4. Η διαρκής ετοιμότητα για λειτουργία
5. Δεν χρειάζεται δεξαμενή καυσίμου
6. Δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον
7. Ευκολία στον υπολογισμό του κόστους εγκατάστασης
8. Δεν απαιτείται καπνοδόχος σε μικρές θερμάστρες

Ανάλογα με το καύσιμο, οι θερμάστρες αερίου διακρίνονται σε συσκευές ενός είδους αερίου, δύο αερίων ή όλων των αερίων καυσίμων. Η πίεση του αέρα τη στιγμή που εισέρχεται στη θερμάστρα είναι 7,5 mbar για φωταέριο, 18 mbar για φυσικό αέριο και 50 mbar για υγραέριο. Ανάλογα με τον τρόπο που θερμαίνουν οι θερμάστρες διακρίνονται σε θερμάστρες που θερμαίνουν με αγωγή και ακτινοβολίας, σε θερμάστρες υπέρυθρης ακτινοβολίας και σε καταλυτικές θερμάστρες. Οι 2 πρώτοι τύποι καίνε το αέριο σε ανάμειξη με τον αέρα του περιβάλλοντος και χρειάζονται απαραίτητα εγκατάστασή καπνοδόχου. Στη τρίτη κατηγορία το αέριο παράγει θερμότητα με χημική αντίδραση (λόγω της ύπαρξης καταλύτη) και δεν παράγει μονοξείδιο του άνθρακα.

Blue Flame



Εικόνα 7. Θερμάστρα υγραερίου
DeLonghi VBF Blue Flame 4,2KW της
“expert-hellas”.



Εικόνα 8. Θερμάστρα φυσικού
αερίου Linear mod.9008 8kw της
“myenergyhome”.

Οι πιο ογκώδεις θερμάστρες αερίου αποτελούνται από το περίβλημα, το θάλαμο καύσεως, τον ανακλαστήρα και την υποδοχή που συνδέεται με τη καπνοδόχο. Ο θάλαμος καύσεως αποτελείται από τον καυστήρα, ο οποίος αναμειγνύει το αέριο με τον αέρα στη σωστή αναλογία και από τον βοηθητικό καυστήρα (για τη φλόγα συντήρησης) (Σελλούντος, 1995).

2.3 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η ενδοδαπέδια θέρμανση (γνωστή και ως δαπεδοθέρμανση) αποτελεί ένα σύστημα θέρμανσης, το οποίο έχει ως βασικό σκοπό την θέρμανση του δαπέδου του χώρου και όχι την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα του δωματίου. Το σύστημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και να αξιοποιείται τα τελευταία 25 χρόνια στη χώρα μας. Όμως αυτό το σύστημα είχε πρώτα ανακαλυφθεί στην Αρχαία Ελλάδα και αργότερα εξελίχθηκε στην Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία με μεγάλη επιτυχία (χρησιμοποιώντας τεχνογνωσία από τους Αρχαίους Έλληνες). Πιο συγκεκριμένα το δάπεδο σε αυτό το σύστημα ενεργεί ως θερμαντικό μέσο.

Το δάπεδο σιγά και σταθερά θερμαίνεται με νερό σχετικά χαμηλής θερμοκρασίας, της τάξεως 45 με 50 °C, ή θερμαίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρικών αντιστάσεων. Σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε ότι το σύστημα με το θερμό νερό είναι αυτό που προτιμάται και έχει επικρατήσει θεαματικά (της τάξεως ~ 95 %), έναντι του συστήματος θέρμανσης με ηλεκτρικές αντιστάσεις (Παπαιωάννου, 1998).



Εικόνα 9. Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης στην Αρχαία Ελλάδα, Πηγή solutionstherms.gr



Εικόνα 10. Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης στην Αρχαία Ρώμη,
Πηγή decobook.gr

2.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Από τα αρχαία Ρωμαϊκά έτη το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης χρησιμοποιούνταν σε αρκετές κατοικίες, αλλά κυρίως σε λουτρικές εγκαταστάσεις. Σε εκείνα τα χρόνια εφαρμοζόταν καύση ξύλων για την θέρμανση. Με τη βοήθεια υπόγειων καναλιών (αγωγών) ο θερμός αέρας από την καύση μεταφερόταν κάτω από το δάπεδο του χώρου. Οι Ρωμαίοι επινόησαν τα ‘υπόκαυστα’, τα οποία ήταν προηγμένα, για εκείνη την εποχή, συστήματα θέρμανσης λουτρών. Τα υπόκαυστα ήταν χαμηλοί υπόγειοι χώροι κάτω από τα δάπεδα των λουτρών, όπου τα θερμά αέρια κυκλοφορούσαν (τα οποία προέρχονται από την εστία).

Σε ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης χρησιμοποιούνται οι ίδιες βασικές διατάξεις με αυτές των συμβατικών συστημάτων. Αναλυτικότερα περιλαμβάνουν ένα καυστήρα, ένα λέβητα και ένα κυκλοφορητή, ενώ το σημαντικό είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε συμβατικό καύσιμο (πετρέλαιο, φυσικό αέριο κλπ). Η βασική διαφορά με τα θερμαινόμενα σώματα είναι ότι ο τελικός αποδέκτης του ζεστού νερού είναι το δάπεδο, το οποίο λειτουργεί ως θερμαντικό μέσο, αντί για τα σώματα καλοριφέρ.



Εικόνα 11. Σύγχρονο Ενδοδαπέδιο Σύστημα Θέρμανσης ,Πηγή techcg.gr

Το σύστημα αποτελείται από μία κεντρική στήλη. Στην αρχή πραγματοποιείται θερμομόνωση στο κάτω μέρος του δαπέδου και στη συνέχεια, κάτω από το δάπεδο, απλώνεται ένα σύστημα σωλήνων, το οποίο μεταφέρει το ζεστό νερό σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου. Οι σωλήνες που τοποθετούνται είναι μονοί εύκαμπτοι και σε κυκλική διάταξη ή σε διάταξη μαιάνδρων μέσα στο δάπεδο. Οι αρχές των σωληνώσεων ενώνονται με την προσαγωγή της κεντρική στήλης με τη βοήθεια ειδικών συνδέσμων. Αντίστοιχα το πέρας των σωληνώσεων συνδέεται με την επιστροφή της κεντρική στήλης .

Έτσι από το ζεστό νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες, η θερμότητα αποδίδεται στο δάπεδο και κατά συνέπεια στο χώρο. Το δάπεδο ακτινοβολεί την θερμότητα στον αέρα του δωματίου και τον θερμαίνει ομοιόμορφα. Με αποτέλεσμα η θερμότητα να μην συγκεντρώνεται σε ένα μόνο σημείο του χώρου, αλλά μοιράζεται σε όλη την επιφάνεια του δωματίου. Οι σωλήνες κατανέμουν τη θερμότητα εκεί που χρειάζεται (και όχι στο υπόγειο ή στους εξωτερικούς τοίχους) και αποδίδουν με ελάχιστη αδράνεια και με χαμηλότερη θερμοκρασία του νερού προσαγωγής. Έτσι, το δάπεδο θερμαίνεται με αργό ρυθμό και ακτινοβολεί τη θερμότητα στον αέρα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομοιόμορφη θέρμανση του αέρα, από κάτω προς τα πάνω, και όχι συγκέντρωση της θέρμανσης κοντά στα σώματα. Η ενδοδαπέδια θέρμανση χρησιμοποιεί ζεστό νερό, αλλά όχι πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Η ενδεικτική θερμοκρασία του νερού είναι 45 με 50 °C, ώστε η θερμοκρασία που θερμαίνει το δάπεδο να είναι της τάξεως των 25 °C. Τα πιο παλιά χρόνια οι ειδικοί υποστήριζαν ότι το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι επιβλαβές για την υγεία ατόμων που πάσχουν από φλεβίτιδα ή κυκλοφορικό, επειδή τα δάπεδα είναι θερμά. Με βάση αυτές τις κατηγορίες πραγματοποιήθηκαν μελέτες στους Διεθνείς Οργανισμούς Υγείας για να αποδείξουν το αντίθετο. Αυτές οι μελέτες απέδειξαν ότι ο ανθρώπινος οργανισμός δέχεται με ευχαρίστηση θερμοκρασία δαπέδου από 20°C έως και 33°C και ενοχλείται όταν αυτή η θερμοκρασία είναι κάτω από 17°C ή πάνω από 36°C.

Σε μια καλά ρυθμισμένη εγκατάσταση ενδοδαπέδιας θέρμανσης η μέση θερμοκρασία του νερού στους σωλήνες είναι 45°C, ενώ η θερμοκρασία των δαπέδων κυμαίνεται μεταξύ 25°C και 28 °C. Η θερμοκρασία ενός υγιούς ατόμου είναι 36,6°C, και είναι μάλλον απίθανο να αισθάνεται με αυτήν τη θερμοκρασία ότι καίνε τα δάπεδα. Τέλος η ενδοδαπέδια θέρμανση δεν χρησιμοποιείται μόνο για οικίες, αλλά επιλέγεται και για πιο μεγάλες εγκαταστάσεις, όπως για παράδειγμα σε γέφυρες, ποδοσφαιρικά γήπεδα (σε όλα τα είδη γηπέδων), σε χώρους στάθμευσης, διαδρόμους προσγείωσης και απογείωσης, εισόδους και εξόδους γκαράζ ακόμα και σε ξενοδοχεία, εκκλησίες, σχολεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις (Σελλούντος, 1995).

2.3.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Πλεονεκτήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης :

- Ομοιόμορφη κατανομή ζέστης.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελείται από σωλήνες με ζεστό νερό, οι οποίοι απλώνονται σε όλη την επιφάνεια του δαπέδου. Έτσι το δάπεδο ζεσταίνεται και εκπέμπει θερμότητα ομοιόμορφα στον αέρα, από κάτω προς τα πάνω. Με αυτό το τρόπο λοιπόν, δεν υπάρχουν πιο ψυχρά και πιο θερμά σημεία μέσα στο δωμάτιο, όπως για παράδειγμα γύρω από το καλοριφέρ. Άλλωστε, όπως όλοι γνωρίζουμε ότι ζεσταινόμαστε καλύτερα, όταν διατηρούμε τα πόδια μας ζεστά. Αυτό ακριβώς επιτυγχάνει η ενδοδαπέδια θέρμανση, που πρωτίστως ζεσταίνει το πάτωμα.

- Χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι το χαμηλό λειτουργικό κόστος και η εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό συμβαίνει για τρεις κυρίως λόγους :

- Η ενδοδαπέδια θέρμανση παρέχει αυτόνομη θέρμανση (*) σε κάθε ξεχωριστό χώρο. Αυτό σημαίνει ότι αν δεν χρησιμοποιούνται όλα τα δωμάτια σε ένα σπίτι για όλο το χρόνο, δεν υπάρχει λόγος να σπαταλούνται χρήματα για να ζεσταίνονται.
- Η ενδοδαπέδια θέρμανση έχει καλή απόδοση χωρίς να φθάνει υψηλές θερμοκρασίες, λειτουργεί με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία νερού, περίπου 35 έως 45 °C. Αυτό σημαίνει ότι κάνει οικονομία καυσίμου.
- Η ενδοδαπέδια θέρμανση, εκτός από πετρέλαιο, μπορεί να λειτουργήσει και με φυσικό αέριο ή με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αυτές οι πηγές είναι φθηνότερες και δεν εκπέμπουν ρύπους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης να είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

* Ο όρος αυτόνομη θέρμανση σημαίνει ότι μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης παρέχει στους ιδιοκτήτες τη δυνατότητα να ενεργοποιούν τη θέρμανση του διαμερισμάτος τους ξεχωριστά.

- Χρησιμοποιείται για ψύξη το καλοκαίρι.

Όπως χρησιμοποιείται η ενδοδαπέδια θέρμανση το χειμώνα για θέρμανση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το καλοκαίρι για ψύξη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω μίας παροχής κρύου νερού, ώστε να δροσίσει το χώρο.

- Δε χρειάζεται περισσότερη προσοχή και συντήρηση.

Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ότι δεν χρειάζεται συχνή συντήρηση και περισσότερη προσοχή από τα υπόλοιπα θερμαντικά σώματα. Από τη στιγμή της εγκατάστασης, οι πιθανότητες να προκύψει κάποια βλάβη και να χρειάζεται επισκευή είναι λιγιστές. Όπως και σε όλα τα συστήματα όμως, η συντήρηση καυστήρα και λέβητα ενδοδαπέδιας θέρμανσης πρέπει να είναι ετήσια. Η μοναδική διαφορά με τα υπόλοιπα θερμαντικά σώματα είναι ότι το νερό δεν καταλήγει στο καλοριφέρ, αλλά στους σωλήνες στο πάτωμα. Τα υπόλοιπα μέρη είναι ίδια και χρειάζονται συντήρηση.

- Δε χαλάει την αισθητική του χώρου (εξοικονόμηση χώρου).

Σε αντίθεση με τα κλασικά θερμαντικά σώματα, με την ενδοδαπέδια θέρμανση, δεν υπάρχει κάποιο ογκώδες σώμα μέσα στο δωμάτιο. Έτσι, όχι μόνο δεν χαλάει η αισθητική του δωματίου σου, αλλά επιτυγχάνεται και εξοικονόμηση χώρου σε σχέση με τα άλλα θερμαντικά σώματα.

- Δεν προκαλείται αποπνικτική ατμόσφαιρα.

Επειδή η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο δωμάτιο έχει σταθερή τιμή ίση με 25°C, η υγρασία του αέρα δεν χάνεται με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να μην γίνεται αποπνικτική. Το δάπεδο ακτινοβολεί τη θερμότητα, αυτό σημαίνει ότι δεν μεταφέρονται μικρόβια και δεν προκαλούνται ρεύματα αέρα (Παπαιωάννου, 1998).

2.3.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Μειονεκτήματα ενδοδαπέδιας θέρμανσης :

- Χρειάζεται αρκετή ώρα για να ζεστάνει το δωμάτιο

Ίσως το πιο σημαντικό μειονέκτημα του συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι ότι αποτελεί ένα σύστημα μεγάλης αδράνειας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι είναι αναγκαίο να περάσει κάποιος χρόνος από την στιγμή που θα το ενεργοποιήσουμε, με σκοπό να αποδώσει. Χρειάζεται χρόνος ώστε να αντιληφθεί τις ποικίλες εντολές που μπορούμε να του δώσουμε, όπως για παράδειγμα ενεργοποίηση (on), τερματισμός (off) και μεταβολή στη θερμοκρασία.

Με λίγα λόγια χρειάζεται κάποιος χρόνος για να αρχίσει να ζεσταίνει το χώρο. Για το λόγο αυτό καλό είναι να μην υπάρχει διακοπτόμενη λειτουργία, ώστε να υπάρχει καλή απόδοση. Παρόλα αυτά, επειδή υπάρχει θερμοστάτης, μπορείς απλά να το αφήνεις συνέχεια ανοιχτό. Έτσι θα έχεις ζεστό σπίτι όλη μέρα, καθώς θα λειτουργεί κάθε φορά που η θερμοκρασία πέφτει κάτω από το επιθυμητό επίπεδο.

Επομένως η ενδοδαπέδια θέρμανση δεν είναι συμφέρουσα για εξοχική κατοικία. Είναι λοιπόν πιο συμφέρουσα επιλογή για κάποιον που χρειάζεται θέρμανση στο χώρο του για 6 ώρες ημερησίως ή παραπάνω.

➤ Μεγάλο κόστος εγκατάστασης

Ακόμα ένα σημαντικό μειονέκτημα του συστήματος ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι το μεγάλο αρχικό κόστος εγκατάστασης (μεγαλύτερο από των καλοριφέρ). Έχει μεγάλο κόστος εγκατάστασης και χρειάζεται τακτικό καθαρισμό συστήματος θέρμανσης, αλλά εξοικονομείς πολλά χρήματα κατά τη διάρκεια χρήσης της, σε σχέση με τα άλλα θερμαντικά σώματα. Η απόσβεση γίνεται σχετικά γρήγορα καθώς το κόστος λειτουργίας της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι αρκετά χαμηλότερο σε σχέση με το κόστος των καλοριφέρ. Θα πρέπει, τέλος, να αναφέρουμε ότι όσο περισσότερες ώρες λειτουργεί ημερησίως το σύστημά μας, τόσο γρηγορότερα θα ολοκληρωθεί η απόσβεση του αρχικού κόστους.

➤ Δε συμφέρει σε περιοχές με ήπιο κλίμα/ γρήγορες αλλαγές.

Σε μία περιοχή όπου το κλίμα είναι πολύ ήπιο και δεν είναι αναγκαία η συχνή θέρμανση, τότε είναι προτιμότερο για τη θέρμανση του σπιτιού μία θερμάστρα αντί για το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης.

Αρχικά, η ενδοδαπέδια θέρμανση θα χρειαστεί αρκετές ώρες για να ζεστάνει το χώρο. Παράλληλα είναι πιο δύσκολο να γίνει γρήγορη απόσβεση των χρημάτων της αρχικής εγκατάστασης, αν τη χρησιμοποιείται πολύ λίγες μέρες το χρόνο.

Επίσης, σε μία περιοχή με έντονες και ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας την ίδια μέρα, το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης δεν είναι το προτιμότερο σύστημα θέρμανσης (δεν συμφέρει). Αυτό οφείλεται στο ότι χρειάζεται αρκετή ώρα για να αποδώσει, οπότε το σπίτι θα είναι ζεστό όταν δεν χρειάζεται και αντίθετα.

➤ Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση μοκέτας/χαλιού.

Το τελευταίο μειονέκτημα της ενδοδαπέδιας θέρμανσης είναι η ότι δεν επιτρέπεται η χρήση χαλιών, μοκετών κ.τ.λ. Οι μοκέτες και τα χαλιά θα μπλοκάρουν ή θα επιβραδύνουν την ακτινοβολία της θερμότητας μέσα στο σπίτι. Άρα θα υπάρχει μείωση της απόδοσης και οι χώροι του σπιτιού δεν θα πιάσουν την επιθυμητή θερμοκρασία (Παπαιωάννου, 1998).

2.4 ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ

Το καλοριφέρ (ακτινοβολούν σώμα, radiator) αποτελεί, ίσως το πιο κοινό, μέσο θέρμανσης. Πιο γενικά με τον όρο καλοριφέρ εννοούμε το σύστημα θέρμανσης, ενώ όταν αναφερόμαστε σε σώμα καλοριφέρ εννοούμε το θερμαντικό σώμα, το οποίο θερμαίνει τους πιθανούς χώρους. Το καλοριφέρ ως σύστημα μπορεί να διαιρεθεί σε 2 βασικές κατηγορίες. Αυτές οι κατηγορίες είναι η κεντρική θέρμανση και η αυτόνομη θέρμανση. Στην πρώτη κατηγορία η θέρμανση μεταφέρεται από θερμαντικό σώμα σε θερμαντικό σώμα, από δωμάτιο σε δωμάτιο, από διαμέρισμα σε διαμέρισμα και από όροφο σε όροφο μέχρι να καλύψει όλο το κτίριο (ή πολυκατοικία). Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργείται στους υψηλούς ορόφους καθυστέρηση στην θέρμανση και μείωση της διάρκειας της. Στη δεύτερη κατηγορία υπάρχει ένας αυτόνομος λέβητας για κάθε διαμέρισμα, ώστε να τίθεται σε λειτουργία όταν το επιθυμεί και για όση ώρα το επιθυμεί ο κάτοικος. Έτσι όλοι οι ένοικοι της πολυκατοικίας είναι ευχαριστημένοι όσον αφορά τη θέρμανση. Γι αυτό στις σύγχρονες πολυκατοικίες το κεντρικό σύστημα θέρμανσης έχει αντικατασταθεί με αυτόνομα συστήματα θέρμανσης.

Τα θερμαντικά σώματα χωρίζονται σε 2 κατηγορίες :

- Θερμαντικά σώματα νερού
- Ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα

Στα θερμαντικά σώματα νερού ανήκουν τα καλοριφέρ νερού και τα καλοριφέρ fan coil (μονάδες ανεμιστήρα-στοιχείου).

- Τα καλοριφέρ νερού: είναι τα πιο διαδεδομένα μέσα θέρμανσης στην Ελλάδα και είναι αυτά που έχουμε συνηθίσει περισσότερο αφού τα συναντάμε σε χώρους που χρησιμοποιούν και κεντρικό και αυτόνομο σύστημα θέρμανσης είτε με πετρέλαιο είτε με φυσικό αέριο. Τα καλοριφέρ νερού τοποθετούνται στο τοίχο του χώρου και δεν μπορούν να μετακινηθούν.



Εικόνα 12. Σώμα Καλοριφέρ νερού, Πηγή bioestia.gr

- Τα καλοριφέρ fan coil: έχουν πανομοιότυπη λειτουργία με τα καλοριφέρ νερού. Η βασική διαφορά τους είναι ότι τα καλοριφέρ fan coil διαθέτουν έναν ανεμιστήρα ο οποίος διαχέει το θερμό αέρα και τη θερμότητα του δωματίου. Μία άλλη σημαντική διαφορά τους είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για θέρμανση και για ψύξη του χώρου.



Εικόνα 13. Σώμα Καλοριφέρ τύπου fan coil (μονάδα ανεμιστήρα-στοιχείου), Πηγή multiclimate.gr

Τα Fan coils ή αλλιώς σύστημα θερμαντικών σωμάτων εξαναγκασμένης κυκλοφορίας, αποτελούν ένα σύστημα από εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες ψύξης και θέρμανσης. Αυτό το σύστημα μεταφέρει τη θερμότητα ή τη ψύξη στους διαφόρους χώρους του κτιρίου μέσω ενός κυκλώματος νερού κατάλληλης θερμοκρασίας. Οι εσωτερικές κλιματιστικές μονάδες αποτελούν το σύστημα μετάδοσης της θερμικής ενέργειας εντός των χώρων του κτιρίου.

Όπως προδίδει και το όνομα τους, η λειτουργία των Fan Coils βασίζεται στην εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα, η οποία δημιουργείται από τον ενσωματωμένο ανεμιστήρα που διαθέτουν. Ο ανεμιστήρας διανέμει ομοιόμορφα τη θερμότητα στο χώρο, άρα εκτελεί εξαναγκασμένη συναγωγή, σε αντίθεση με τα απλά θερμαντικά σώματα που διανέμουν τη θερμότητα στο χώρο με συνδυασμό συναγωγής και ακτινοβολίας. Τα Fan Coils μπορούν να συνδυαστούν και να λειτουργήσουν με αντλίες θερμότητας, ειδικά στις περιπτώσεις που ο πρωταρχικός στόχος είναι η ψύξη. Επίσης τα Fan Coils μπορούν να συνδυαστούν και με λέβητα συμπύκνωσης και με ηλιοθερμικά συστήματα.

Τα πλεονεκτήματα των Fan Coils είναι τα εξής :

1. Χρησιμοποιούν νερό στο στοιχείο τους σε χαμηλότερη θερμοκρασία (50 °C) από τα κλασσικά θερμαντικά σώματα (75 °C).
2. Λόγω της μικρότερης θερμοκρασίας δαπανούμε λιγότερη ενέργεια για τη θέρμανση του κτιρίου.
3. Έχουν υψηλή απόδοση, με αποτέλεσμα γρήγορη θέρμανση ή ψύξη του χώρου.
4. Η στάθμη θορύβου είναι αρκετά χαμηλή, ειδικά τα σύγχρονα Fan Coils είναι τελείως αθόρυβα και για αυτό το λόγο τοποθετούνται με άνεση σε χώρους δωματίων που απαιτούμε την χαμηλότερη στάθμη θορύβου.
5. Μικρό κόστος λειτουργίας λόγω της ύπαρξης του ανεμιστήρα που διανέμει τη θερμότητα γρηγορότερα.
6. Έχουν σύγχρονη μορφή (σχέδιο) και τη καλύτερη δυνατή αρχιτεκτονική λύση για κάθε χώρο.
7. Δυνατότητα θέρμανσης και ψύξης του χώρου
8. Εύκολη αντικατάσταση των κλασσικών θερμαντικών σωμάτων με Fan coils
9. Πετυχαίνουμε αυτονομία σε κάθε χώρο, επειδή τα Fan coils διαθέτουν θερμοστάτη, άρα διαφορετική θερμοκρασία σε κάθε δωμάτιο.
10. Μικρής ισχύς κινητήρας για τον ανεμιστήρα, άρα λιγότερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας(Ti-soft, 1998).

Τα ηλεκτρικά θερμαντικά σώματα χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση. Σε αυτά ανήκουν τα καλοριφέρ λαδιού, οι θερμοπομποί και οι θερμοσυσσωρευτές.

- Τα καλοριφέρ λαδιού: λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και το βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι περιέχουν λάδι. Ο βασικός λόγος που είναι γεμάτα με λάδι είναι για να μεταφέρει τη θερμότητα που δημιουργείται από την αντίσταση, που υπάρχει μέσα στο καλοριφέρ, σε όλη την επιφάνεια του σώματος και στη συνέχεια στο χώρο. Σημαντικό εδώ είναι να αναφέρουμε ότι το λάδι έχει την ιδιότητα να διατηρεί την θερμότητα για σημαντικό χρόνο. Τέλος, τα καλοριφέρ λαδιού διαθέτουν ροδάκια για να μπορούμε να έχουμε εύκολη μετακίνηση σε όλο το σπίτι.



Εικόνα 14. Καλοριφέρ Λαδιού,
Πηγή expert-hellas.gr

- Οι θερμοπομποί (ή convectors) : λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και διαθέτουν αντίσταση μέσα στο σώμα. Η λειτουργία τους είναι πανομοιότυπη με των καλοριφέρ λαδιού. Ο ψυχρός αέρας που βρίσκεται συνήθως στο πάτωμα του δωματίου εισέρχεται από το κάτω μέρος του θερμοπομπού. Αυτός ο αέρας θερμαίνεται από την αντίσταση και εξέρχεται από το πάνω μέρος του θερμοπομπού. Όπως και τα καλοριφέρ λαδιού, οι θερμοπομποί είναι οικονομικές λύσεις στην αγορά τους αλλά ακριβές στη λειτουργία τους και δεν εφαρμόζονται για να ζεστάνουν όλο το σπίτι, αλλά μεμονωμένα δωμάτια.
- Οι θερμοσυσσωρευτές : λειτουργούν και αυτοί με ηλεκτρικό ρεύμα, όμως δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον, επειδή κατά τη λειτουργία τους γίνεται μεγάλη κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 15. Θερμοπομπός, Πηγή allelectrics.gr



Εικόνα 16. Θερμοσυσσωρευτής, Πηγή allelectrics.gr

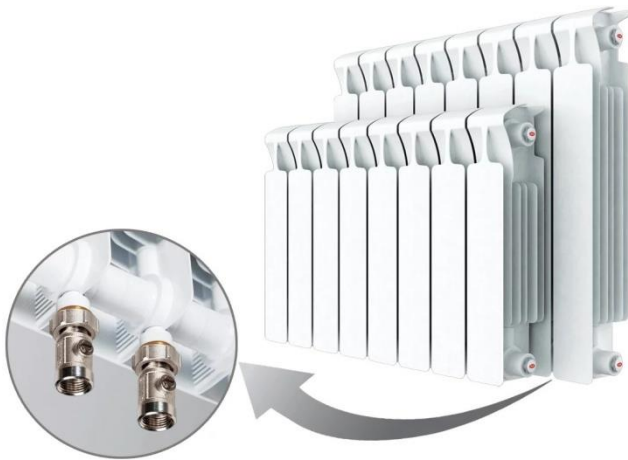
Τα σώματα καλοριφέρ είναι μεταλλικά κατασκευάσματα από χάλυβα, τα οποία αποτελούνται από τις λεγόμενες ‘φέτες’. Οι ‘φέτες’ συνήθως διαθέτουν 3 με 5 κενούς στύλους ενωμένους στις άκρες τους. Οι συγκεκριμένες άκρες με τη σειρά τους διαθέτουν ανοίγματα στα άνω και στα κάτω άκρα, όποτε όντας ενσωματωμένες (το οποίο είναι και η πηγή της θέρμανσης) συμπληρώνει το κενό. Οι ‘φέτες που βρίσκονται στα άκρα είναι διαφορετικές από αυτές που βρίσκονται στο κέντρο. Η μία ακραία ‘φέτα’ διαθέτει 2 ανοίγματα, τα οποία είναι μικρότερα από τις άλλες, στα οποία το σώμα ενώνεται με τους σωλήνες του νερού, ενώ η άλλη ακραία ‘φέτα’ διαθέτει μία βαλβίδα για εξαέρωση του σώματος.

Τα θερμαντικά σώματα χωρίζονται σε 3 κατηγορίες όσων αφορά τα υλικά κατασκευής. Οι 3 κατηγορίες είναι τα χαλύβδινα σώματα, τα χυτοσίδηρα σώματα και τα σώματα αλουμινίου. Τα χυτοσίδηρα σώματα δεν βρίσκονται πλέον στην αγορά (χρησιμοποιούνταν πριν από δεκαετίες) και έχουν αντικατασταθεί από τα χαλύβδινα σώματα. Τα χαλύβδινα θερμαντικά σώματα είναι ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται αρκετά χρόνια με πολύ καλά αποτελέσματα.



Εικόνα 17. Χαλύβδινο
θερμαντικό σώμα, Πηγή
bioestia.gr

Τα καλοριφέρ από αλουμίνιο αποτελούν τα καλοριφέρ της σύγχρονης γενιάς. Παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως την άμεση απόδοση της θερμότητας στο χώρο με αποτέλεσμα την οικονομία της ενέργειας. Επίσης είναι πολύ ελαφριά και φέρουν όλα τα χαρακτηριστικά του αλουμινίου, δηλαδή δεν διαβρώνονται. Τέλος είναι φιλικά προς το περιβάλλον, επειδή το αλουμίνιο είναι 100% ανακυκλώσιμο υλικό.



Εικόνα 18. Θερμαντικό σώμα
από αλουμίνιο, Πηγή bioestia.gr

2.4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ

Ένα σύστημα θέρμανσης με σώματα καλοριφέρ αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα. Τα μέρη ενός συστήματος θέρμανσης με σώματα καλοριφέρ είναι τα εξής:

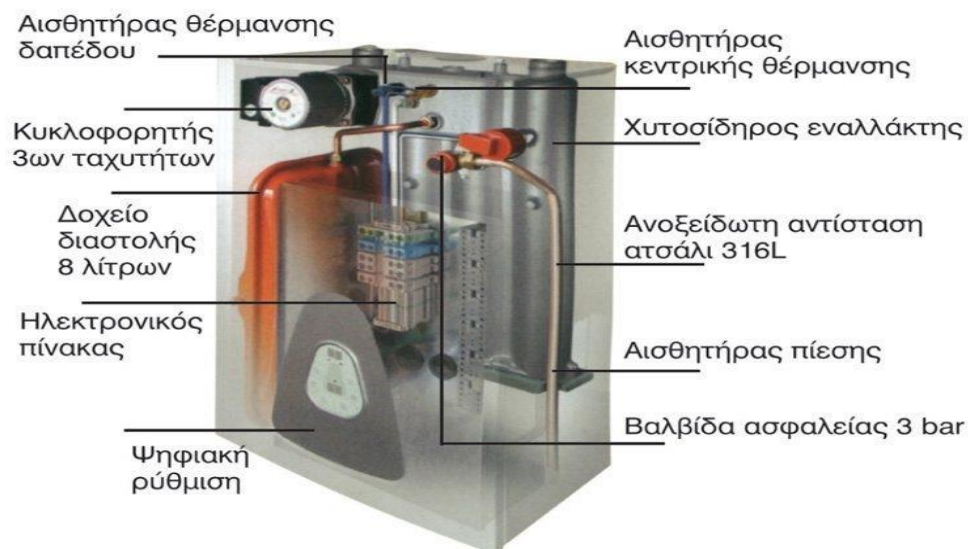
- Λέβητας : ο λέβητας με λίγα λόγια είναι μία πιεστική δεξαμενή η οποία μεταβιβάζει τη θερμότητα στο θερμαντικό μέσο (καλοριφέρ). Μέσα στο λέβητα πραγματοποιείται η καύση προκειμένου να θερμανθεί ο φορέας (στην Ελλάδα ο πιο διαδεδομένος φορέας είναι το ζεστό νερό χαμηλών

θερμοκρασιών). Η επιλογή κατάλληλου τύπου λέβητα καθορίζεται από την απαιτούμενη θερμοκρασία και την πίεση του παραγόμενου νερού ή ατμού (ανάλογα τον λέβητα). Συνήθως επιλέγεται ο λέβητας με φλογοσωλήνες (ή κυψελωτούς), στον οποίο τα καυσαέρια διέρχονται μέσω ενός δικτύου σωλήνων. Αυτό το δίκτυο σωληνώσεων είναι προσαρμοσμένο στο κεντρικό σώμα του λέβητα. Κάποιες φορές χρησιμοποιούνται ειδικοί σωλήνες με πτερύγια, οι γνωστοί πτερυγιοφόροι, με σκοπό την αύξηση της επιφανειακής θερμικής συναλλαγής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση της απόδοσης και την μείωση του μεγέθους των μονάδων. Ο τύπος λέβητα με φλογοσωλήνες έχει περιορισμούς. Η μέγιστη πίεση που μπορεί να φτάσει είναι τα 25 bar και η μέγιστη θερμοκρασία του είναι 300 °C. Επίσης υπάρχουν λέβητες που χρησιμοποιούν μονάδες υδροσωλήνων. Σε αυτόν το τύπο λέβητα, μέσα στους σωλήνες κυκλοφορεί το νερό και τα καυσαέρια διέρχονται γύρω από τους σωλήνες. Τα καυσαέρια μεταφέρουν τη θερμότητα από την εξωτερική επιφάνεια των σωλήνων προς την εσωτερική επιφάνεια. Τέλος οι λέβητες διακρίνονται σε 2 κατηγορίες σύμφωνα με το υλικό κατασκευής. Αυτές οι 2 κατηγορίες είναι οι λέβητες από χυτοσίδηρο και οι χαλύβδινοι λέβητες. Οι λέβητες από χυτοσίδηρο είναι αρκετά ανθεκτική ως προς τη διάβρωση και μπορούν να επιδεχθούν κατάλληλες προσθήκες στοιχείων. Τέλος, σημαντικό είναι ότι χρειάζονται μικρότερες ποσότητες νερού κατά τη λειτουργία τους. Οι χαλύβδινοι λέβητες έχουν μικρότερο βάρος και κόστος και καλύτερη αντοχή στις πιέσεις και στις απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας.

- Καυστήρας : Ο καυστήρας αποτελεί, ίσως το πιο σημαντικό εξάρτημα πάνω στο λέβητα. Μέσα στο καυστήρα επιτυγχάνεται η ανάμειξη του καύσιμου υλικού (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο) με τον αέρα, ώστε να πραγματοποιείται και να συντηρείται η καύση. Οι καυστήρες διακρίνονται σε 3 τύπους ανάλογα με το καύσιμο που χρησιμοποιούν και αναμειγνύουν με τον αέρα ή με τον τρόπο διασκορπισμού του καυσίμου. Αυτοί οι 3 τύποι είναι οι καυστήρες εξάτμισης, οι καυστήρες διασκορπισμού και καυστήρες περιστροφής.
- Οι κυκλοφορητές: Οι κυκλοφορητές, σε μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, μεταφέρουν το θερμό νερό από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και το επιστρέφουν. Ο κυκλοφορητής αποτελεί μία αντλία φυγοκεντρικού τύπου και κινείται με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Τις περισσότερες φορές τοποθετούνται μέσα στο λεβητοστάσιο και κοντά στο λέβητα. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του κυκλοφορητή είναι η παροχή νερού (m^3/h), το μανομετρικό ύψος H (mm), η ισχύς του κινητήρα (W), η διάμετρος (mm) και ο τύπος των άκρων υδραυλικής σύνδεσης του κυκλοφορητή στο δίκτυο (με ρακόρ ή φλάντζα).
- Η δεξαμενή καυσίμων: Η δεξαμενή καυσίμων είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία σε μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης καθώς εκεί αποθηκεύεται το καύσιμο (πετρέλαιο). Η δεξαμενή είναι συνήθως μεταλλική, αλλά μπορεί να είναι και πλαστική.
- Οι διατάξεις ασφαλείας: Οι διατάξεις ασφαλείας υπάρχουν για να εξασφαλίζουν την ασφαλή λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης. Αποτελούνται από το κλειστό δοχείο διαστολής, τον αυτόματο πληρώσεως, τη βαλβίδα ασφαλείας και τη βαλβίδα ανοδικής προστασίας. Αυτά τα 4 στοιχεία εξασφαλίζουν τη σταθερή πίεση του νερού μέσα στην εγκατάσταση θέρμανσης και τη προστασία από την ηλεκτρόλυση.

- Οι σωληνώσεις: Μέσω του δικτύου των σωληνώσεων πραγματοποιείται η κυκλοφορία του θερμού νερού από το λέβητα στα θερμαντικά σώματα και η επιστροφή του πίσω στο λέβητα. Υπάρχουν 3 τύποι σωληνίων που χρησιμοποιούνται με τα χρόνια. Οι 3 τύποι είναι οι χαλκοσωλήνες, οι χαλυβδοσωλήνες και οι πλαστικοί σωλήνες. Οι χαλυβδοσωλήνες χρησιμοποιούνταν στις περασμένες δεκαετίες, ενώ σήμερα έχουν εγκαταλειφθεί. Οι χαλκοσωλήνες είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος σωλήνα τη σήμερον ημέρα, ενώ οι πλαστικοί τα τελευταία χρόνια έχουν αρχίσει και προτιμούνται όλο και περισσότερο.
- Τα θερμαντικά σώματα: Τα θερμαντικά σώματα αποτελούν την τελευταία συσκευή του συστήματος κεντρικής θέρμανσης. Μέσω από αυτά μεταφέρεται η θερμότητα στο χώρο (για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στο κεφάλαιο 2.3).

Καταρχάς στο μηχανοστάσιο, στο οποίο βρίσκεται ο λέβητας άρα κατά προσέγγιση και ο καυστήρας, το νερό θερμαίνεται στο λέβητα, το οποίο προέρχεται από δεξαμενή. Στη συνέχεια το θερμό νερό πλέον διοχετεύεται με το δίκτυο των σωληνώσεων στα σώματα καλοριφέρ. Το θερμό νερό εισέρχεται από ένα σωλήνα στο θερμαντικό σώμα καλοριφέρ και από έναν άλλον πραγματοποιείται η επιστροφή του κρύου νερού πίσω στη δεξαμενή, με σκοπό να επαναλάβει στη διαδικασία.

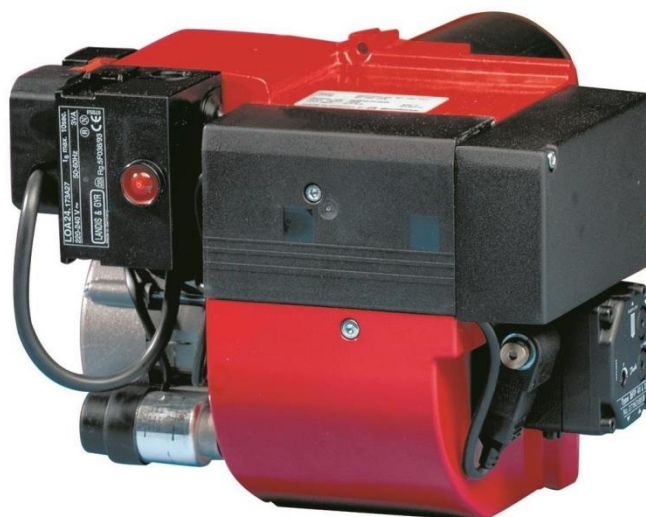


Εικόνα 19.Λέβητας συστήματος κεντρικής θέρμανσης, Πηγή paliogiannis.gr

Όταν το καυτό νερό εισέρθει στο σώμα, επειδή είναι κατασκευασμένο από μέταλλο και όλα τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας, θερμαίνεται σε αρκετά μικρό διάστημα και έτσι μεταδίδεται η θερμότητα και στο χώρο. Όμως με το πέρασμα του καιρού το νερό της δεξαμενής αρχίζει, με αργούς ρυθμούς, να εξατμίζεται και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επηρεάζεται και η απόδοση του. Για αυτό το λόγο συνιστάται πριν αρχίσει η σχεδόν καθημερινή λειτουργία, κυρίως τους χειμερινούς μήνες, να πραγματοποιείται εξαερισμός στα σώματα καλοριφέρ με ειδικό κλειδί που μας επιτρέπει να ανοίξουμε τη βαλβίδα, ώστε να επιτραπεί στον αέρα να φύγει. Ο εξαερισμός πρέπει παράλληλα να συμπληρώνεται με την αναπλήρωση του νερού στη δεξαμενή.

Όσον αφορά τον καυστήρα, εκτός από αυτόν που χρησιμοποιεί πετρέλαιο ως καύσιμο (ο πιο διαδεδομένος), υπάρχουν ακόμα 2 τύποι καυσίμου που μπορεί να χρησιμοποιήσει και υπάρχουν στη αγορά, το φυσικό αέριο και η βιομάζα:

- **Καυστήρας Φυσικού αερίου:** Το φυσικό αέριο πλέον εξυπηρετεί όλες τις οικιακές ανάγκες (μαγείρεμα, ζεστό νερό για θέρμανση και χρήση κ.α.). Με το φυσικό αέριο καταργείται η ανάγκη για τον ανεφοδιασμό και την αποθήκευση των καυσίμων. Το μόνο που χρειάζεται είναι να ενεργοποιηθεί η στρόφιγγα και έτσι παράγεται ενέργεια για να αξιοποιηθεί. Έτσι ο καταναλωτής το μόνο που χρειάζεται να κάνει είναι να παίζει το ρόλο του επιθεωρητή της εγκατάστασης και να φροντίζει για τη συντήρηση των συσκευών και των σωληνώσεων. Η τακτική συντήρηση των συσκευών φυσικού αερίου, η ρύθμιση του καυστήρα, ο καθαρισμός του λέβητα και ο συνολικός έλεγχος της εγκατάστασης, εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας, βελτίωση της απόδοσης και ασφάλεια. Επίσης επιβάλλεται και ο καθαρισμός του καυστήρα. Τέλος είναι απαραίτητος ο έλεγχος της στεγανότητας των σωληνώσεων της εγκατάστασης κάθε 4 χρόνια.
- **Καυστήρας Βιομάζας-Πέλλετ:** Η βιομάζα ή το πέλλετ αποτελεί ένα από τα πιο οικολογικά καύσιμα. Η παραγωγή τους πραγματοποιείται από υπολείμματα επεξεργασίας ξύλου ή από υπολείμματα αγροτικών καλλιεργειών. Για τη παρασκευή των πέλλετ δεν απαιτούνται δέντρα. Το σχήμα τους είναι κυλινδρικό με διάμετρο από 6 χιλιοστά έως 10 χιλιοστά, ενώ το μήκος τους είναι από 10 χιλιοστά έως 50 χιλιοστά. Οι καυστήρες που καίνε πέλλετ είναι αυτόματης λειτουργίας. Τέλος, το προϊόν προσφέρει θέρμανση με οικονομία καυσίμου της τάξεως του 40 % (Περδίδος, 2013).



Εικόνα 20.Καυστήρας πετρελαίου συστήματος κεντρικής θέρμανσης, Πηγή paliogiannis.gr

Η θερμότητα που εξέρχεται από τα σώματα καλοριφέρ, τα οποία θερμαίνονται από το ζεστό νερό, πρέπει να διαχέεται μέσα στο χώρο. Η θέρμανση του χώρου πραγματοποιείται με 2 τρόπους, με τη μεταφορά και την ακτινοβολία της θερμότητας. Η ακτινοβολία αποτελεί ένα μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από το σώμα καλοριφέρ, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό της θερμότητας διανέμεται μέσω μεταφοράς. Ο αέρας που βρίσκεται τριγύρω από το σώμα καλοριφέρ θερμαίνεται, όταν αρχίζει να ζεσταίνεται το σώμα. Αφού θερμανθεί ο αέρας αποκτά ανοδική πορεία, ενώ ο αέρας με τις πιο δροσερές θερμοκρασίες τραβιέται μέσα και διαπερνά το σώμα καλοριφέρ από το κάτω μέρος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργούνται κάθετα ρεύματα που διαιρούν το θερμό αέρα σε όλο το χώρο. Το πιο σημαντικό στοιχείο είναι να μπορεί να κυκλοφορεί ο αέρας ελεύθερα πάνω, κάτω και γύρω από τα σώματα καλοριφέρ. Επίσης σημαντικό είναι να αποφεύγονται οι τοποθετήσεις επίπλων και κουρτινών κοντά στα σώματα καλοριφέρ, επειδή εμποδίζουν τη καλή ροή της θερμότητας και να καθαρίζονται τακτικά. Αν δεν καθαρίζονται τα σώματα, σωματίδια όπως σκόνη ή ακόμα και χνούδια συσσωρεύονται στην επιφάνεια του καλοριφέρ. Τα οποία παίζουν το ρόλο μίας ‘κακής’ μόνωσης και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιβραδύνουν την μετάδοση της θερμότητας. Τέλος, οι θερμοστατικές κεφαλές είναι μία καλή λύση για τη βελτίωση της ροής θερμότητας. Οι θερμοστατικές κεφαλές τοποθετούνται στα θερμαντικά σώματα και λειτουργούν σαν αισθητήρες θερμότητας του χώρου που αυξομειώνουν τη ροή νερού, όποτε χρειάζεται. Έτσι προσφέρουν και μεγάλη οικονομία.

2.4.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ

Πλεονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ από αλουμίνιο :

- Μικρό βάρος : εύκολη μετακίνηση και τοποθέτηση.
- Χαμηλό κόστος : σε σχέση με άλλα σώματα καλοριφέρ από διαφορετικό μέταλλο.
- Υψηλή μεταφορά θερμότητας
- Υψηλή θερμική αγωγιμότητα : η αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι σχεδόν 4 φορές μεγαλύτερη από αυτή του χυτοσιδήρου, τα θερμαντικά σώματα θερμαίνονται σχεδόν αμέσως.
- Μοντέρνος και κομψός σχεδιασμός : δεν είναι απαραίτητο να γίνεται προσπάθεια να αποκρυφτούν από το χώρο, γιατί αποτελούν ένα ταιριαστό και όμορφο ‘έπιπλο’ για κάθε εσωτερικό χώρο.

Πλεονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ από χάλυβα :

- Μικρή πιθανότητα για διάβρωση
- Καλοί δείκτες πιέσεις : 8 έως 15 bar (για σωληνοειδή θερμαντικά σώματα)

Πλεονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα πετρελαίου :

- Ευρύ δίκτυο διανομής : το πετρέλαιο καίγεται στο καυστήρα με αποτέλεσμα να θερμαίνεται το νερό στο λέβητα το οποίο μέσω σωληνώσεων φτάνει στα σώματα καλοριφέρ.

Πλεονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα φυσικού αερίου :

- Πιο οικονομικό (σε σχέση με το πετρέλαιο) της τάξεως έως 30%
- Συνεχής παροχή : συνεχώς διαθέσιμο
- Ίδιες ιδιότητες πληρωμής με αυτές του νερού και του ρεύματος : δεν χρειάζεται προαγορά και αποθήκευση.
- Εγκατάσταση συστήματος (λέβητα- καυστήρα) νέας γενιάς με καλύτερη απόδοση.
- Ταχεία απόκριση στη ρύθμιση θερμοκρασίας.
- Μικρό κόστος συντήρησης συσκευών και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

Πλεονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα βιομάζας (πέλλετ) :

- Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας (τα υλικά της συλλέγονται και μπορούν να ανανεωθούν).
- Σχετικό χαμηλό κόστος λειτουργίας (ανάλογα με το είδος βιοκαυσίμου)
- Σου παρέχει τη δυνατότητα παραγωγής υλικών βιομάζας (ξύλα, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων κλπ.).
- Μικρότερο κόστος κατανάλωσης από φυσικό αέριο, άρα και από το πετρέλαιο σε συνάρτηση με την απόδοση του λέβητα και της καύσιμης ύλης.
- Ευκολία στη χρήση
- Μικρό ποσοστό στάχτης και μηδαμινές μυρωδιές κατά τη διάρκεια της καύσης.
- Υψηλή θερμογόνος δύναμη
- Μικρή ανάγκη για συντήρηση

2.4.3 ΜΕΙΝΟΕΚΤΗΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΩΝ ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ

Μειονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ από αλουμίνιο :

- Η διάρκεια ζωής είναι μικρή : περίπου 9 με 15 χρόνια
- Πιθανές διαρροές μεταξύ των τμημάτων.
- Δεν είναι φτιαγμένα για να αντέχουν στις υπερπίεσεις.

Μειονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ από χάλυβα :

- Υψηλό κόστος
- Μεγάλο βάρος (λόγω υλικού) : δυσκολία στη μετακίνηση και τοποθέτηση.
- Μέτρια μεταφορά θερμότητας
- Χαμηλή θερμική αγωγιμότητα : τα θερμαντικά σώματα αρχίζουν να θερμαίνονται μετά από κάποιο σημαντικό διάστημα από την έναρξη λειτουργίας του συστήματος.
- Ξεπερασμένη σχεδίαση.

Μειονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα πετρελαίου :

- Υψηλό κόστος αγοράς των θερμαντικών μέσων – εγκατάστασης (λέβητας, σωληνώσεις, καυστήρας, καλοριφέρ κλπ)
- Υψηλό κόστος λειτουργίας
- Μεταβαλλόμενο και αυξανόμενο κόστος καυσίμου.
- Απαιτεί συχνή συντήρηση
- Απαιτείται αρκετός χώρος για την εγκατάσταση
- Το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πηγή ενέργειας
- Δυσκολία στη προμήθεια καυσίμου (βυτιοφόρο)
- Απαίτηση για προαγορά καυσίμου και εγκατάσταση δεξαμενής.

Μειονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα φυσικού αερίου :

- Περιορισμένο δίκτυο διανομής
- Χρέωση μηνιαίου παγίου
- Υψηλό κόστος αγοράς μέσων και εγκατάστασης
- Μεταβαλλόμενο κόστος καυσίμου
- Απαιτεί συχνή συντήρηση
- Το φυσικό αέριο δεν αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Μειονεκτήματα σωμάτων καλοριφέρ με καυστήρα-λέβητα βιομάζας (πέλλετ) :

- Απαιτεί μεγάλο χώρο για εγκατάσταση του καυστήρα
- Υψηλό κόστος συντήρησης, αν χρησιμοποιούνται συχνά πέλλετ
- Απαιτεί συχνό καθάρισμα
- Μεγάλος χώρος για την αποθήκευση του καυσίμου
- Ανάγκη συνεχούς τροφοδοσίας με καύσιμα.

2.4.4 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μία εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης για να θεωρείται επιτυχημένη πρέπει να θερμαίνει σωστά και όσο πρέπει, δεδομένου ότι λειτουργεί οικονομικά και με ασφάλεια. Για να γίνει επίτευξη των παραπάνω απαιτείται σωστή μελέτη. Αυτή η μελέτη πρέπει να περιλαμβάνει τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού, τα τεχνικά μεγέθη του εξοπλισμού, τον ακριβή υπολογισμό των θερμικών απαιτήσεων, τον ικανοποιητικό σχεδιασμό των δικτύων διανομής και τη ρύθμιση των διαφόρων στοιχείων. Η πρώτη προτεραιότητα είναι η επιλογή ισχύος του λέβητα, η οποία στηρίζεται στον υπολογισμό των βασικών κλιματικών και γεωγραφικών παραμέτρων και των θερμικών απωλειών του κτιρίου. Η σωστή μελέτη και ο σχεδιασμός πριν την εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης εγγυούνται την επιτυχία της εγκατάστασης.

Βασικές παρεμβάσεις που μπορούν να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης :

- Αποφυγή στην επιλογή ογκώδους λέβητα, ειδικά στη περίπτωση που δεν λειτουργούν σε πλήρη ισχύ και με χαμηλή απόδοση.
- Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, σε μερικές περιπτώσεις και σε μεσαίου μεγέθους εγκαταστάσεις, καλό είναι να προτιμούνται περισσότεροι του ενός λέβητες.

Με αυτό εξοικονομούν ενέργεια τις περιόδους που δεν απαιτείται μεγάλη ζήτηση λειτουργώντας μόνο ένα λέβητα.

- Καλό είναι οι λέβητες να μονώνονται, επειδή έτσι μειώνονται οι απώλειες. Οι απώλειες που έχει ένας λέβητας χωρίς μόνωση είναι της τάξεως του 5%, ενώ ενός λέβητα με μόνωση είναι της τάξεως του 1%.
- Αν μειωθεί η θερμοκρασία αναφοράς κατά ένα βαθμό, αυτό συμβάλει σε μείωση των καυσίμων σε ένα ποσοστό της τάξεως του 6% και ίσως λίγο πιο πάνω.
- Ένα σύστημα κεντρικής θέρμανσης πριν εγκατασταθεί πρέπει να ελεγχθεί, με βάση των θερμικών απωλειών του κτιρίου, ώστε να αποφευχθούν οι σπατάλες καυσίμου.
- Πρέπει να ελεγχθεί ο λέβητας για τυχόν χαραμάδες, που από τις οποίες διαπερνά κρύος αέρας στο εσωτερικό του λέβητα μειώνοντας την απόδοση του.
- Με την επιλογή ενός σημερινού καυστήρα προηγμένης τεχνολογίας μπορεί να επιτευχθεί η τέλεια καύση, πραγματοποιώντας κατάλληλες και σωστές ρυθμίσεις.
- Επίσης υπάρχουν καυστήρες με αυτόματο τάμπερ αέρα, ώστε να εμποδίζεται ο κρύος αέρας να εισέρχεται όταν ο καυστήρας είναι ανενεργός.
- Θα πρέπει να γίνεται μόνωση στις σωληνώσεις, ειδικά σε αυτές που περνούν μέσα από μη θερμαινόμενους χώρους.
- Για να επιτευχθεί η απαραίτητη και επιθυμητή θερμοκρασία σε ένα χώρο προτείνεται η χρήση ενός θερμοστάτη στα θερμαντικά σώματα.
- Αν ένα θερμαντικό σώμα είναι τοποθετημένο δίπλα σε εξωτερικό τοίχο τότε καλό θα είναι να τοποθετείται μονωτικό μεταξύ τους (Ti-soft, 1998).

2.5 ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Με τον όρο αντλία θερμότητας εννοούμε τη μηχανολογική διάταξη, η οποία μας δίνει τη δυνατότητα να μεταφέρουμε θερμική ενέργεια από χώρους χαμηλής θερμοκρασίας σε χώρους με υψηλότερες θερμοκρασίες. Το βασικό χαρακτηριστικό των αντλιών θερμότητας είναι ότι μεταφέρουν τη θερμική ενέργεια με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής. Όμως για να πραγματοποιηθεί αυτή η εξαναγκασμένη μεταφορά της θερμότητας απαιτείται κατανάλωση ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα η αντλία θερμότητας αποτελεί ένα ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφοράς (και όχι παραγωγής) θερμικής ενέργειας ή απορρόφησης θερμότητας από τον αέρα του περιβάλλοντος για θέρμανση ή για νερό χρήσης (ζεστό νερό). Η θερμότητα του αέρα του περιβάλλοντος μεταφέρεται στη κατοικία μέσω ενός υδραυλικού συστήματος νερού, παρόμοιο με αυτό των σωμάτων καλοριφέρ και της ενδοδαπέδιας θέρμανσης.

Οι αντλίες θερμότητας αποτελούν μία ηλεκτρική συσκευή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αποδοτικά για θέρμανση και για ψύξη. Έχουν τη δυνατότητα να εναλλάσσουν το κύκλο ψύξης του συστήματος με αποτέλεσμα να μας προσφέρουν ζεστό ή ψυχρό αέρα (ή άλλο μέσο θερμότητας ή ψύχους). Τα συγκεκριμένα συστήματα υψηλής απόδοσης κατέχουν την ικανότητα να αφαιρούν θερμότητα από το περιβάλλον και να τη προσδίδουν στον εσωτερικό χώρο κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και εκτελούν την αντίστροφη διαδικασία τους καλοκαιρινούς μήνες, ώστε να κλιματίζεται κατάλληλα ο χώρος. Η αντλία θερμότητας δαπανά ενέργεια για να αντλήσει τη θερμότητα του περιβάλλοντος.

Αυτή η ενεργεία που δαπανά είναι ελάχιστη και για αυτό το λόγο αποτελεί την οικονομικότερη λύση θέρμανσης και ψύξης ενός σπιτιού. Πιο συγκεκριμένα, η ενεργεία που χρησιμοποιεί η αντλία θερμότητας δε δαπανάται για τη μείωση ή την αύξηση της θερμοκρασίας αλλά μόνο για την άντληση της θερμότητας. Λειτουργούν σαν ένα εξελιγμένο κλιματιστικό απορροφώντας θερμική ενέργεια που υπάρχει στην ατμόσφαιρα (αεροθερμία) ή από το έδαφος (γεωθερμία) και παράγουν ψυχρό ή θερμό νερό για ψύξη ή θέρμανση κτιρίων αντίστοιχα. Για να παράγουν ψύξη βασίζονται στο φαινόμενο της ψύξης ενός υγρού όταν αυτό εξαερώνεται. Η τεχνολογία της αντλίας θερμότητας δεν είναι σύγχρονη, όμως χρησιμοποιείται ευρέως κυρίως για ανάγκες ψύξης, όπως για παράδειγμα στα ψυγεία, στους καταψύκτες και στα κλιματιστικά ψύξης. Σε αυτές τις περιπτώσεις όλο το ζητούμενο έργο παράγεται από τα μηχανήματα χωρίς επαφή και ωφέλεια από το περιβάλλον. Αν όμως επιλεγθεί να αναστραφεί ο κύκλος λειτουργίας τους, τότε παράγουν θερμότητα, άρα έρχονται σε επαφή με το περιβάλλον, ώστε να αντλήσουν την απαιτούμενη θερμότητα από αυτό (χωρίς δαπάνες για τη παραγωγή ενέργειας). Η αντλία θερμότητας είναι φιλική προς το περιβάλλον και αποτελεί ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, αφού δεν απαιτείται καύσιμη ύλη για να αποδώσει θέρμανση ή ψύξη σε ένα χώρο ή χώρους. Τέλος, οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν και με άλλα συστήματα θέρμανσης, όπως για παράδειγμα λέβητα αερίου ή πετρελαίου, ώστε να έχουμε ακόμα μεγαλύτερη απόδοση στο χώρο.

Οι αντλίες θερμότητας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε 2 κατηγορίες. Αυτές οι 2 κατηγορίες είναι με βάση τον τρόπο λειτουργίας (ανάλογα με το μέσο που αντλείται και το μέσο που αποβάλλεται η θερμότητα ή ψύξη) τους και με βάση της θέσης εγκατάστασης των διαφόρων μηχανισμών της.

- Κατηγορίες αντλιών θερμότητας με βάση της θέσης εγκατάστασης των μηχανισμών της :
 1. Αντλίες θερμότητας monoblock ή ενιαίες : Αυτό το μηχάνημα αποτελείται από μία εξωτερική μονάδα, η οποία περιλαμβάνει το υδραυλικό συγκρότημα των μηχανισμών και τοποθετείται σε εξωτερικό χώρο, ώστε να απορροφά ενέργεια από το περιβάλλον άμεσα.
 2. Αντλίες θερμότητας split units ή διαιρούμενες : Σε αυτό το τύπο αντλίας θερμότητας η εξωτερική μονάδα αποτελεί το ψυκτικό μέσο που το οποίο απορροφά ενέργεια από το περιβάλλον, ενώ η εσωτερική μονάδα αποτελεί το υδραυλικό συγκρότημα, δηλαδή το συμπυκνωτή, και τοποθετείται στον εσωτερικό χώρο συνδεδεμένη με τις σωληνώσεις θέρμανσης.



Εικόνα 21. Αντλία Θερμότητας
Monoblock energy-system.gr



Εικόνα 22. Αντλία Θερμότητας Split
energy-system.gr

➤ Κατηγορίες αντλιών θερμότητας με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους :

1. Οι αντλίες θερμότητας Αέρα-Αέρα : Αποτελούν, ίσως, τη πιο διαδεδομένη αντλία θερμότητας. Αυτές οι αντλίες αντλούν ενέργεια από το εξωτερικό περιβάλλον και την μεταφέρουν κατευθείαν στον αέρα που κυκλοφορεί στο χώρο μας με τη βοήθεια κλιματιστικών διαιρουμένου τύπου ή από αεραγωγούς. Ο αέρας αποτελεί τη πηγή και το μέσο θερμότητας.
2. Οι αντλίες θερμότητας Αέρα-Νερού : Αποτελούν, μαζί με τις αντλίες θερμότητας Αέρα-Αέρα τις πιο διαδεδομένες αντλίες. Και σε αυτές τις αντλίες η ενέργεια αντλείται από το περιβάλλον, όμως αυτές την μεταφέρουν στο νερό, το οποίο κυκλοφορεί στο σύστημα θέρμανσης του κτιρίου (σώματα καλοριφέρ, ενδοδαπέδια θέρμανση κ.α.). Ο αέρας αποτελεί τη πηγή θερμότητας, ενώ το νερό το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.
3. Οι αντλίες θερμότητας Νερού-Νερού : Αυτές οι αντλίες αντλούν ενέργεια από το νερό και την μεταφέρουν στο νερό του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου. Πρόκειται για υδρόψυκτες αντλίες που έχουν με πύργο ψύξης. Το νερό αποτελεί τη πηγή και το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.
4. Οι αντλίες θερμότητας Νερού-Αέρα : Οι συγκεκριμένες αντλίες αντλούν ενέργεια από το νερό και την μεταφέρουν στον αέρα του πιθανού χώρου. Το νερό αποτελεί τη πηγή θερμότητας και ο αέρας το μέσο μεταφοράς της θερμότητας.
5. Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας : Οι γεωθερμικές αντλίες αντλούν ενέργεια από το φλοιό της γης. Πιο συγκεκριμένα εκμεταλλεύονται την θερμική ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο και το έδαφος. Οι γεωθερμικές αντλίες χωρίζονται σε 2 κατηγορίες, κλειστού τύπου και ανοικτού τύπου. Στις κλειστού τύπου αντλίες υπάρχει ένας γεωθερμικός εναλλάκτης θερμότητας, ο οποίος βρίσκεται στο έδαφος.

Αυτός ο εναλλάκτης αποτελείται από ένα κλειστό κύκλωμα νερού που είναι θαμμένο στη γη από όπου λαμβάνει την ενέργεια. Στις ανοικτού τύπου αντλίες εκμεταλλεύεται το νερό, που προέρχεται από γεωτρήσεις (είναι απαραίτητη η ύπαρξη του) για να αντλήσουμε θερμική ενέργεια. Στις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας η ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί και στο νερό του συστήματος θέρμανσης και στον αέρα του χώρου. Πηγή θερμότητας αποτελεί το έδαφος και μέσο μεταφοράς θερμότητας αποτελεί το νερό ή αέρας (ανάλογα την εγκατάσταση). Τέλος οι γεωθερμικές έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (6-7), όμως δεν είναι σταθερές όλη τη διάρκεια του χρόνου (Σελλούντος, 1995).

2.5.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μία αντλία θερμότητας αποτελεί ένα σύνθετο μηχανολογικό σύστημα. Τα μέρη μιας αντλίας θερμότητας είναι τα ακόλουθα :

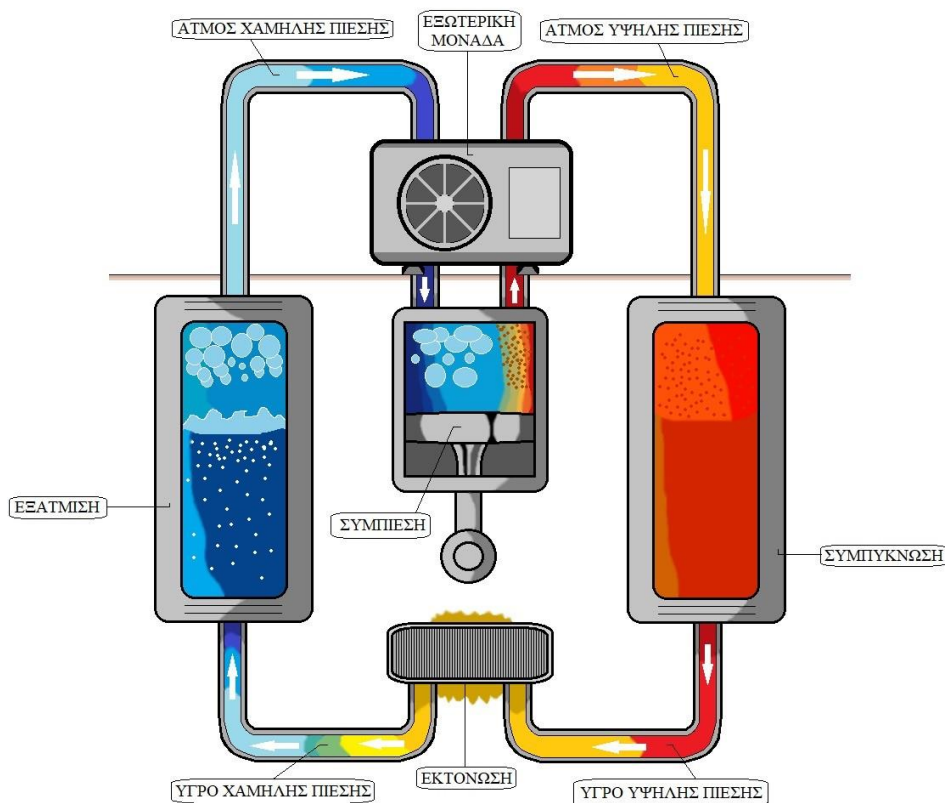
1. Συμπιεστής : για να απορρίπτεται η θερμότητα στο περιβάλλον.
2. Συμπυκνωτής : για να απορροφάται η θερμότητα από το εσωτερικό χώρο ή το περιβάλλον (μετατρέποντας τον αέρα σε υγρή μορφή).
3. Εξατμιστής : ο οποίος λειτουργεί ως εναλλάκτης θερμότητας.
4. Μηχανισμός αντιστροφής : στον οποίο είναι εγκατεστημένη μια τετράοδη βαλβίδα, που είναι υπεύθυνη για την εναλλαγή του από ψύξη σε θέρμανση και το αντίθετο. Αυτή η βαλβίδα, σε περίπτωση ψύξης, οδηγεί τη ροή του ψυκτικού από τον συμπυκνωτή στον εξατμιστή, ενώ σε περίπτωση θέρμανσης εφαρμόζει την αντίθετη πορεία.
5. Αυτοματισμοί : Είναι υπεύθυνοι για τη σωστή και ορθή λειτουργία της αντλίας θερμότητας.
6. Ηλεκτρική αντίσταση : για να αυξάνει τη θερμική απόδοση του συστήματος.
7. Προστατευτικά φίλτρα : για την αποφυγή ανεπιθύμητων σωματιδίων και ουσιών.
8. Ανεμιστήρας : για την αποφυγή υπερθέρμανσης του συστήματος.

Οι αντλίες θερμότητας έχουν πανομοιότυπο τρόπο λειτουργίας με όλα τα ψυκτικά μηχανήματα. Η λειτουργία τους βασίζεται πλήρως στις ίδιες αρχές λειτουργίας που εφαρμόζονται στα ψυγεία, στους καταψύκτες και στα κλιματιστικά μηχανήματα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημάνουμε ότι οι αντλίες θερμότητας βασίζονται στον ψυκτικό κύκλο, ο οποίος αποτελεί ένα αδιάκοπο κύκλο εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού. Οι αντλίες διεξάγουν πάντα ψυκτικό κύκλο και ποτέ θερμικό κύκλο, ο οποίος δεν υφίσταται.

Η λειτουργία μιας αντλίας θερμότητας αποτελείται από τα παρακάτω στάδια.

- Στο πρώτο στάδιο το ψυκτικό υγρό, το οποίο κυκλοφορεί μέσα στις σωληνώσεις, έχει χαμηλότερες θερμοκρασίες από τον εξωτερικό αέρα και μεγάλη πίεση. Επομένως, το ψυκτικό υγρό απορροφά θερμότητα και στη συνέχεια εξατμίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή ο εξωτερικός αέρας διαπέρνει το πρώτο εναλλάκτη θερμότητας.

- Στο δεύτερο στάδιο το ψυκτικό υγρό, που πλέον έχει πάρει αέρια μορφή (ατμός), διαπερνά το συμπιεστή. Στη διάρκεια της συμπίεσης η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου αυξάνεται, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται η θερμότητα.
- Στο τρίτο στάδιο το ψυκτικό μέσο φτάνει στο σημείο του συμπυκνωτή, ο οποίος αποτελεί τον δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας. Ο ατμός συμπυκνώνεται σε υγρό και η θερμότητα ελευθερώνεται στο νερό. Η θερμότητα αυξάνει τη θερμοκρασία του νερού και στη συνέχεια κυκλοφορεί, μέσω των σωληνώσεων, στο εσωτερικό του κτιρίου ώστε να το θερμάνει.
- Στο τέταρτο στάδιο το ψυκτικό υγρό πλέον διαπερνά την εκτονωτική βαλβίδα, στην οποία μειώνεται η πίεση και η θερμοκρασία του.
- Στο πέμπτο και τελευταίο στάδιο το μέσο φτάνει στον εξατμιστή, όπου λόγω της χαμηλής πίεσης του, εξατμίζεται και στη συνέχεια ψύχεται ώστε να μπορεί να απορροφήσει θερμότητα και να ξεκινήσει το κύκλο από την αρχή. Κατά τη διάρκεια του ψυκτικού κύκλου πραγματοποιείται μεταφορά θερμότητας, από τη στιγμή που εγκαταλείπει το συμπιεστή το ψυκτικό μέσο έως τη στιγμή που βγαίνει από το συμπυκνωτή. Χάρη σε αυτή τη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας πήρε και το όνομα της η αντλία θερμότητας, επειδή αντλεί θερμότητα (Σελλούντος, 1995).



Σχήμα 2. Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας μίας αντλίας θερμότητας, Πηγή naturalgastech.gr

Ένα ακόμα βασικό χαρακτηριστικό της αντλίας θερμότητας είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με ήδη υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης. Για παράδειγμα σε οικιακούς ή επαγγελματικούς χώρους, στους οποίους υπάρχουν ήδη εγκατεστημένοι λέβητες (αερίου ή πετρελαίου), οι αντλίες θερμότητας μπορούν να συνδυαστούν με το υπάρχον σύστημα με σκοπό τη σημαντική μείωση του κόστους λειτουργίας. Αυτός ο συνδυασμός μπορεί να εξυπηρετήσει ανάγκες για θέρμανση, που στις οποίες η αντλία θερμότητα δεν μπορεί να καλύψει μόνη της, δηλαδή σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες έως και $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε κοινές κατοικίες όμως η εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας αντικαθιστά πλήρως τον υπάρχοντα λέβητα.

2.5.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Πλεονεκτήματα αντλιών θερμότητας :

- Μία αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές, όπως για θέρμανση, ψύξη, ζεστό νερό χρήσης και ζεστό νερό.
- Η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη απορροφάται κατά περίπου 70% από το περιβάλλον, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό λαμβάνεται με τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Απαιτούνται ελάχιστα χρήματα για τη λειτουργία της.
- Εξοικονομούν το κόστος που θα απαιτούνταν για την αγορά καυσίμου.
- Είναι φιλική προς το περιβάλλον (χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου).
- Εύκολη λειτουργία και χρήση.
- Έχει υψηλή ενεργειακή απόδοση.
- Είναι αθόρυβη.
- Δεν χρειάζονται συχνές συντηρήσεις, μία προγραμματισμένη συντήρηση το χρόνο είναι επαρκής.
- Οι εργασίες για εγκαταστάσεις είναι απλές και δεν χρειάζονται ειδικές συνθήκες και προϋποθέσεις για να εγκατασταθεί.
- Δεν απαιτείται δεξαμενή καυσίμου και εγκατάσταση καπνοδόχου.
- Μπορούν να συνδυαστούν με ήδη υπάρχον σύστημα θέρμανσης.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.

2.5.3 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μειονεκτήματα αντλιών θερμότητας :

- Το κόστος αγοράς είναι αρκετά υψηλό.
- Η αντλία θερμότητας δεν έχει υψηλή επίδοση σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Αν υπάρχει κεντρική θέρμανση στο κτίριο είναι πιθανόν να χρειαστεί να εγκατασταθούν νέοι σωλήνες.

3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Κάθε χρόνο στη μεγάλη πλειοψηφία των κτιρίων της χώρας οι ένοικοι ξοδεύουν μεγάλα ποσά χρημάτων για τη θέρμανση ή και ψύξη. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κτίρια δεν είναι σωστά μονωμένα στα σημεία που λαμβάνουν χώρα οι μεγαλύτερες θερμικές απώλειες. Αυτό μπορεί να διορθωθεί από βιοκλιματικές κατασκευές που προσφέρουν πολύ μεγάλα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων.

Πριν από την εγκατάσταση ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης, απαιτείται να πραγματοποιηθεί εκτίμηση του μέγιστου πιθανού ποσού των θερμικών απωλειών κάθε χώρου, κάθε δωματίου του κτιρίου που πρόκειται να θερμανθεί. Υπάρχουν 2 βασικές κατηγορίες θερμικών απωλειών, οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας (ή θερμικές απώλειες περιβλήματος) και οι θερμικές απώλειες αερισμού (δηλαδή η απαιτούμενη θερμότητα για τη θέρμανση του εξωτερικού αέρα που εισέρχεται στο χώρο). Το πραγματικό όμως πρόβλημα των θερμικών απωλειών είναι μεταβατικό, επειδή οι πηγές που από τις οποίες προέρχονται είναι συνεχώς μεταβαλλόμενες. Αυτές οι πηγές είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η ταχύτητα του εξωτερικού αέρα και η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Βέβαια υπάρχουν και περιπτώσεις όπου παραμένουν σταθερές, όπως σε χειμερινούς περιόδους με ισχυρό ψύχος και θυελλώδη καιρό η θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος παραμένει σχεδόν σταθερή. Άρα και οι θερμικές απώλειες του χώρου θα είναι σχετικά σταθερές. Επομένως, οι θερμικές απώλειες συνήθως υπολογίζονται τις πρωινές ώρες υποθέτοντας σταθερές μεταφορές θερμότητας.

3.1 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

Οι θερμικές απώλειες αγωγιμότητας (ή μετάδοσης) είναι οι απώλειες που προκαλούνται από το σύνολο των επιφανειών ενός κτιρίου. Επιφάνειες ενός κτιρίου αποτελούν η οροφή, το δάπεδο, οι τοίχοι, οι πόρτες, η στέγη (αν δεν υπάρχει άλλος όροφος από πάνω) και τα γυάλινα παράθυρα. Η μεταδιδόμενη θερμότητα από όλες τις παραπάνω επιφάνειες του κτιρίου αποτελεί μεταφορά αισθητής θερμότητας που εκφράζει τις θερμικές απώλειες αγωγιμότητας με τον ακόλουθο τύπο :

$$\dot{Q}_F = kA * (T_{in} - T_{out}) \quad [1]$$

Όπου \dot{Q} ρυθμός μεταφοράς θερμότητας (W)

k αποτελεί τον συντελεστή θερμοπερατότητας ($\frac{W}{m^2K}$)

A εμβαδόν επιφάνειας (m^2)

T_{in} εσωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}C$)

T_{out} εξωτερική θερμοκρασία ($^{\circ}C$)

Για να πραγματοποιηθεί σωστός υπολογισμός των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας θα πρέπει να εκτελείται ανεξάρτητος υπολογισμός των θερμικών απωλειών για κάθε διαφορετική επιφάνεια κάθε δωματίου του κτιρίου. Για να εξασφαλιστεί η πληρότητα της εργασίας του υπολογισμού των θερμικών απωλειών θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα ειδικό φύλλο υπολογισμών. Αυτό το ειδικό φύλλο υπολογισμών κατέχει όλους τους συντελεστές και τα εμβαδά που χρειάζονται για να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες με εύκολο και συστηματικό τρόπο (καταγραφής). Μετά τη καταγραφή των διαφόρων δωματίων του κτιρίου θα πρέπει να υπολογίζονται τα αθροίσματα για όλο το κτίριο. Για τη διευκόλυνση του σκοπού υπάρχουν ειδικά προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y) (Donald Pitts, 2001).

3.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Οι θερμικές απώλειες αερισμού (ή διείσδυσης αέρα) είναι οι απώλειες θερμότητας που προέρχονται από την διαρροή αέρα του εσωτερικού χώρου λόγω εκτόπισής του από τον εξωτερικό αέρα περιβάλλοντος, όταν εισέρχεται μέσα στο κτίριο. Ο εξωτερικός αέρας διεισδύει στο κτίριο από τυχόν χαραμάδες και από τα κουφώματα (πόρτες και παράθυρα). Όλες οι κατασκευές παρουσιάζουν κάποια διαρροή αέρα, αυτό σημαίνει θερμικές απώλειες. Αυτό συμβαίνει επειδή ο εισροφούμενος αέρας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον αέρα που κυκλοφορεί στον εσωτερικό χώρο. Άρα ο ψυχρός εξωτερικός αέρας θα πρέπει να θερμανθεί από τον υποτιθέμενο θερμότερο αέρα και θα πρέπει να προστεθεί υγρασία, ώστε να αυξηθεί για να φτάσει σε επιθυμητά επίπεδα. Η απαιτούμενη αισθητή θερμότητα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$\dot{q}_s = \dot{m}_{out} * c_p * (T_{in} - T_{out}) \quad [2]$$

Όπου \dot{q}_s απαιτούμενη αισθητή θερμότητα (W)

\dot{m}_{out} ρυθμός ροής μάζας εισροφούμενου αέρα ($\frac{kg}{s}$)

c_p ειδική θερμότητα αέρα ($\frac{J}{kg * ^\circ C}$)

T_{in} εσωτερική θερμοκρασία ($^\circ C$)

T_{out} εξωτερική θερμοκρασία ($^\circ C$)

Αν χρησιμοποιήσουμε το τύπο του ρυθμού ροής μάζας του αέρα :

$$\dot{m}_{out} = \frac{\dot{Q}_v}{u_o} \quad [3]$$

ο τύπος της απαιτούμενης αισθητής θερμότητας γίνεται :

$$\dot{q}_s = \frac{\dot{Q}_v}{u_o} * c_p * (T_{in} - T_{out}) \quad [4]$$

Όπου \dot{Q}_v ρυθμός ροής όγκου ($\frac{m^3}{s}$)

u_o ειδικός όγκος ($\frac{m^3}{kg}$)

Η απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα για την υγρασία του αέρα δίνεται από τον ακόλουθο τύπο : $\dot{q}_l = \dot{m}_{out} * (W_{in} - W_{out}) * i_{fg}$ [5]

Όπου \dot{q}_l η απαιτούμενη λανθάνουσα θερμότητα (W)

\dot{m}_{out} ρυθμός ροής μάζας εισροφούμενου αέρα ($\frac{kg}{s}$)

$(W_{in} - W_{out})$ διαφορά λόγου υγρασίας ($\frac{kgv}{kga}$)

i_{fg} λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης σε συνθήκες εσωτερικού χώρου ($\frac{J}{kgv}$)

Αν χρησιμοποιήσουμε το τύπο του ρυθμού ροής μάζας του αέρα έχουμε :

$$\dot{q}_l = \frac{\dot{Q}}{u_o} * (W_{in} - W_{out}) * i_{fg} \quad [6]$$

Για τον υπολογισμό του εισροφούμενου αέρα σε κτιριακές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως 2 μέθοδοι. Ο πρώτος μέθοδος επίλυσης είναι η μέθοδος των σχισμών και η δεύτερη είναι η μέθοδος αλλαγής του αέρα (Croft, 1990).

1. Μέθοδος αλλαγής αέρα : Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε έναν υποτιθέμενο αριθμό αλλαγών αέρα ανά ώρα. Για την ικανοποιητική επίτευξη των αποτελεσμάτων αυτής της μεθόδου απαιτείται εμπειρία και καλή κρίση. Οι μηχανικοί με την εμπειρία τους κάνουν μία καλή υπόθεση για τον αριθμό των αλλαγών αέρα ανά ώρα, τον οποίο τον συμβολίζουν με ACH(Air Changes per Hour), με βάση τη κατασκευή και τη χρήση του κτιρίου. Ο αριθμός αυτός των αλλαγών αέρα (ACH) κυμαίνεται από 0,5 ACH έως 2 ACH. Τα περισσότερα μοντέρνα κτίρια παρουσιάζουν εισρόφηση 1 ACH. Ακολουθεί ο τύπος του ρυθμού εισρόφησης :

$$\dot{Q} = ACH * \frac{V}{c} \quad [7]$$

Όπου \dot{Q} ρυθμός εισρόφησης ($\frac{m^3}{s}$)

ACH αριθμός αλλαγών αέρα ανά ώρα

V χονδρικός όγκος χώρου (m^3)

C σταθερά μετατροπής μονάδων(στο SI λαμβάνει την τιμή 3600)

2. Μέθοδος των σχισμών (χαραμάδων) : Αυτή η μέθοδος βασίζεται στα χαρακτηριστικά των κουφωμάτων, των τοίχων και στη διαφορά πίεσης μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού χώρου. Η μέθοδος των σχισμών θεωρείται περισσότερο ακριβής (με τη κατάλληλη εκτίμηση των χαρακτηριστικών της πίεσης και των σχισμών). Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται από τις πόρτες, τα παράθυρα, τις διάφορες χαραμάδες και τα δομικά υλικά του κτιρίου. Η ποσότητα αυτή του αέρα εξαρτάται από το μέγεθος και πιο συγκεκριμένα από τη συνολική επιφάνεια των σχισμών και τη διαφορά της πίεσης κατά μήκος αυτών. Ακολουθεί ο τύπος του ρυθμού ροής όγκου του εισερχόμενου αέρα :
- $$\dot{Q} = A * C * \Delta P^n \quad [8]$$

Όπου \dot{Q} ρυθμός ροής όγκου ($\frac{m^3}{s}$)

A ενεργό εμβαδόν διαρροής σχισμών (m^2)

C συντελεστής ροής (εξαρτάται από το τύπο της σχισμής)

ΔP διαφορά της πίεσης εξωτερικού και εσωτερικού χώρου ($P_o - P_i$)

n εκθέτης εξαρτώμενος από τη φύση της ροής στη σχισμή

λαμβάνει τιμές από $0,4^+$ έως 1^- ($0,4 < n < 1,0$)

Η διαφορά πίεσης προκύπτει από 3 διαφορετικές επιδράσεις :

$$\Delta P = \Delta P_w + \Delta P_s + \Delta P_p \quad [9]$$

Όπου ΔP_w διαφορά της πίεσης λόγω αέρα

ΔP_s διαφορά της πίεσης λόγω καμινάδας (αν υπάρχει)

ΔP_p διαφορά της πίεσης λόγω συμπίεσης κτιρίου

4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

4.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

Θερμοκρασία αέρα (θ_a) : Η θερμοκρασία που καταγράφεται από ένα ξηρό θερμόμετρο, προστατευόμενο από την ακτινοβολία, το οποίο είναι αιωρούμενο στον αέρα.

Περιβαλλοντική θερμοκρασία (θ_{en}) : Μία υποθετική θερμοκρασία που καθορίζει τον ρυθμό της ροής της θερμότητας που ρέει μέσα στην επιφάνεια ενός δωματίου με μεταφορά, με την ακτινοβολία των γύρω επιφανειών και άλλες πηγές με ακτινοβολία. Είναι η θερμοκρασία του περιβαλλοντικού κόμβου και μπορούμε να την λαμβάνουμε με τον ακόλουθο τύπο :

$$\theta_{en} = \frac{1}{3}\theta_a + \frac{2}{3}\theta_r \quad [10]$$

Όπου θ_{en} η ενεργή θερμοκρασία στο κέντρο του δωματίου ($^{\circ}\text{C}$)

θ_a η θερμοκρασία του αέρα ($^{\circ}\text{C}$)

θ_r η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ($^{\circ}\text{C}$)

Θερμοκρασία μεταφοράς θερμότητας θ_e : Μία θερμοκρασία υπολογίζεται για να δώσει ένα ρυθμό μεταφοράς της θερμότητας σε μία επιφάνεια ισοδύναμη με τον συνδυασμό της ακτινοβολίας και της διαβίβασης. Ακολουθεί ο τύπος με τον οποίο μπορούμε να εκφράσουμε τον ρυθμό της ροής θερμότητας σε μια επιφάνεια :

$$\varphi_s = h_c \cdot (\theta_a - \theta_s) + \varphi_r \quad [11]$$

$$\text{ή} \quad h_c \cdot (\theta_e - \theta_s) = h_c \cdot (\theta_a - \theta_s) + \varphi_r \quad [12]$$

$$\theta_e = \theta_a + \frac{\varphi_r}{h_c} \quad [13]$$

Όπου θ_a : θερμοκρασία του αέρα ($^{\circ}\text{C}$), φ_s : ρυθμός της ροής της θερμότητας ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
 h_c : συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$), θ_s : θερμοκρασία της επιφάνειας ($^{\circ}\text{C}$), φ_r : ρυθμός της ακτινοβολίας της ροής θερμότητας ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), θ_e : θερμοκρασία μεταφοράς θερμότητας ($^{\circ}\text{C}$).

Θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας θ_s : Η συγκεκριμένη θερμοκρασία ενεργεί σαν ένας καθοδηγητής για την μεταφερομένη ενέργεια καθώς και για την ακτινοβολουμένη ενέργεια που μεταφέρεται στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Μπορούμε να την μετρήσουμε με τη βοήθεια ενός κατάλληλου θερμομέτρου επαφής. Υπάρχουν περιπτώσεις που μεταβάλλουν την θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας. Αυτό μπορούμε να επαληθεύσουμε κάνοντας μετρήσεις της θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία της επιφάνειας .

Επομένως η θερμοκρασία ποικίλει σε όλη την επιφάνεια. Οι κυριότερες αιτίες είναι ότι η θερμοκρασία επηρεάζεται από τις γωνίες, από τις αλλαγές της κατασκευής και από την κίνηση του αέρα.

Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας θ_r : Η συγκεκριμένη θερμοκρασία επηρεάζεται από ότι υπάρχει και φαίνεται στην γύρω περιοχή (επιφανειακές θερμοκρασίες, μορφές-σχήματα, ακόμα και από την ίδια την περιοχή). Αν για παράδειγμα επιλέξουμε ένα σημείο στο κέντρο ενός τυχαίου δωματίου, με όλες τις επιφάνειες του να έχουν τον ίδιο συντελεστή εκπομπής ακτινοβολίας (π.χ. 1) και χωρίς να υπάρχουν άλλες πηγές ακτινοβολίας, τότε η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας θ_r ισούται με την Μέση θερμοκρασία επιφανείας θ_m . Αυτή η θερμοκρασία καθορίζεται από το σύνολο των περιοχών και από το σύνολο των θερμοκρασιών των τριγύρω επιφανειών, διαιρώντας αυτά τα 2 σύνολα με το άθροισμα των περιοχών.

$$\text{Ακολουθεί ο μαθηματικός τύπος : } \theta_m = \frac{\Sigma(A \cdot \theta_s)}{\Sigma(A)} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad [14]$$

Όπου $\Sigma(A)$: άθροισμα επιφανειών

Ενεργή θερμοκρασία θ_c : Η τιμή της ενεργής θερμοκρασίας, σε πραγματικές συνθήκες (πραγματικός χώρος/δωμάτιο), ισούται με την τιμή της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα, σε υποτιθέμενες συνθήκες (υποθετικός χώρος/δωμάτιο). Αυτό συμβαίνει ώστε ο ένοικος του χώρου να βιώσει ακριβώς την ίδια ‘καθαρή’ ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον. Ο ρόλος αυτής της θερμοκρασίας είναι να αντιπροσωπεύει έναν δείκτη θερμοκρασίας για μεγαλύτερη άνεση, όταν οι ταχύτητες του αέρα είναι αρκετά χαμηλές.

Παρακάτω ακολουθεί ο κατά προσέγγιση τύπος της ενεργής θερμοκρασίας :

$$\theta_c = A \cdot \theta_{ai} + (1 - A) \cdot \theta_r \quad [15]$$

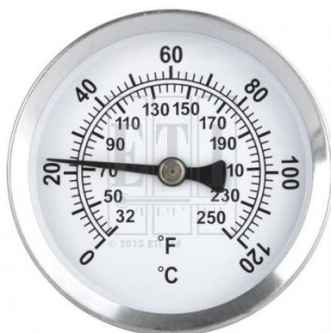
Όπου θ_{ai} : εσωτερική θερμοκρασία του αέρα ($^\circ\text{C}$), θ_c : ενεργή θερμοκρασία ($^\circ\text{C}$), θ_r : μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ($^\circ\text{C}$), A : συντελεστής που σχετίζεται με την ταχύτητα του αέρα u_a ($\frac{\text{m}}{\text{s}}$).

Ο συντελεστής A λαμβάνει τις ακόλουθες τιμές :

1. Για $u_a < 0.2$: $A = 0.5$
2. Για $0.2 < u_a < 0.6$: $A = 0.6$
3. Για $0.6 < u_a < 1$: $A = 0.7$

Όμως επειδή στην πράξη η ταχύτητα του αέρα, τις περισσότερες φορές, είναι χαμηλότερη από τα 0,2 m/s και επειδή οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα και της ακτινοβολίας διαφέρουν λιγότερο από 0,4 (°C), ο τύπος της ενεργούς θερμοκρασίας μπορεί να υπολογιστεί από τον μέσο όρο της εσωτερικής θερμοκρασίας του αέρα και της μέσης θερμοκρασίας της ακτινοβολίας :

$$\theta_c = \frac{1}{2}\theta_{ai} + \frac{1}{2}\theta_r \quad [16]$$



Εικόνα 23. Αναλογικό θερμόμετρο επαφής σωμάτων (καλοριφέρ), Πηγή ban.gr

Θερμοκρασία ακτινοβολίας : Χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο θερμόμετρο μέτρησης ακτινοβολίας μπορούμε να μετρήσουμε την φαινόμενη θερμοκρασία της ακτινοβολίας. Ανάλογα με την θέση του θερμομέτρου η μετρούμενη θερμοκρασία ποικίλει. Η τιμή της θερμοκρασίας ακτινοβολίας διαφέρει ανάλογα και με την επιφάνεια του σώματος :

- Μαύρο Σώμα : ισούται με την θερμοκρασία επιφάνειας
- Γκρι Σώμα : είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας, την εκδοχή της επιφάνειας και της ακτινοβολίας από το περιβάλλον που ανακλάται από την επιφάνεια (CIBSE , 2007).



Εικόνα 24. Θερμόμετρο μέτρησης ακτινοβολίας, Πηγή ban.gr

4.2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Κόμβος αέρα : το υποθετικό σημείο στο διάστημα που η μεταφορά της θερμότητας, μέσα από τους αγωγούς, λαμβάνει χώρα.

Black Body (‘Μαύρο Σώμα’) : Είναι ένα σώμα (καλοριφέρ) που απορροφά όλη την προσπίπτουσα ακτινοβολία, σε όλα τα μήκη κύματος. Ένα ‘Μαύρο Σώμα-Καλοριφέρ’ είναι ένα από τα πιο ιδανικά σώματα-καλοριφέρ για μία οικία.

Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (μέσα από τους αγωγούς) (h_c) : Ο συντελεστής αυτός σχετίζεται με την ανταλλαγή της θερμότητας στην επιφάνεια και τον περιβάλλοντα αέρα. Η τιμή του συντελεστή h_c εξαρτάται από την ροή του αέρα πάνω από την επιφάνεια (η ροή μπορεί να είναι φυσική ή με εξαναγκασμό) και από την θερμοκρασία της επιφάνειας αυτής. Με την βοήθεια της μεθόδου εισαγωγής της CIBSE τυποποιήθηκαν τιμές που μπορούμε να χρησιμοποιούμε, οι οποίες περιλαμβάνονται στον ακόλουθο πίνακα :

Πίνακας 1. Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας επιφανείας h_c

| Επιφάνεια | Κατεύθυνση ροής θερμότητας | Συντελεστής επιφανείας [h_c ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)] |
|-----------|----------------------------|---|
| Πάτωμα | Προς τα πάνω | 4.3 |
| | Προς τα κάτω | 1.5 |
| Τοίχος | Οριζόντια | 3.0 |
| Οροφή | Πάνω | 4.3 |
| | Κάτω | 1.5 |

Η εκροή θερμότητας από τις επιφάνειες είναι καθορισμένη από την μεταφορά μίας θετικής εκροής θερμότητας από ένα ζεστό σώμα-καλοριφέρ σε ένα κρύο. Για παράδειγμα μία ανοδική ροή θερμότητας από ένα ήδη ζεστό πάτωμα-όροφο στον ανώτατο όροφο του κτιρίου θα ήταν θετική (πολύ καλή απόδοση θερμότητας κτιρίου).

Ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (μέσα από τους αγωγούς) h_c εξαρτάται κυρίως από την επιφάνεια και τον αέρα. Πιο συγκεκριμένα από την επιφάνεια μας ενδιαφέρει η κλίση της, οι διαστάσεις της, η τραχύτητα της καθώς και η θερμοκρασία της. Όσον αφορά τον αέρα, μας ενδιαφέρει η τοπική του θερμοκρασία και ταχύτητα του.

Λεπτομερή θερμικά μοντέλα μπορούν να χρησιμοποιούν αυτούς τους συντελεστές, βασιζόμενους σε συσχετίσεις μεταξύ αυτών των μεταβλητών. Δεν υπάρχουν διαθέσιμα απλά στοιχεία για την αναγκαστική μεταφορά θερμότητας, αλλά μία μέση τιμή ίση με 3 ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) μπορεί να θεωρηθεί χαρακτηριστική .

Περιβαλλοντικός κόμβος : Το υποθετικό σημείο μέσα ένα δωμάτιο στο οποίο η ακτινοβολία και η θερμότητα μεταφοράς ανταλλάσσονται πάνω στις επιφάνειες του δωματίου.

Grey Body (‘Γκριζό Σώμα’) : Είναι ένα σώμα το οποίο απορροφά την ίδια ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος. Γνωρίζοντας αυτό μπορούμε να υποθέσουμε ότι η εκπομπή της ακτινοβολίας είναι ανεξάρτητη από το μήκος κύματος. Ένα ‘Γκριζό Σώμα’, της περισσότερες φορές, χρησιμοποιείται για να απλοποιήσει τα προβλήματα τις προβλεπόμενης ενεργειακής ακτινοβολίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των επιφανειών.

Ακτινοβολία Longwave (μεγάλου κύματος) : Αυτή η ακτινοβολία προέρχεται από πηγές χαμηλής θερμοκρασίας (μικρότερες από 500 °C), όπως για παράδειγμα οι τοίχοι ενός δωματίου και τα σώματα/καλοριφέρ θέρμανσης. Βασικά χαρακτηριστικά της ακτινοβολίας Longwave είναι ότι εξαρτάται από τις θερμοκρασίες του πομπού και δέκτη .

Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με ακτινοβολία h_r : Είναι ο συντελεστής που σχετίζεται με την ανταλλαγή της ακτινοβολίας μεγάλου κύματος (Longwave) μεταξύ των επιφανειών. Καθορίζεται από τη γεωμετρική διευθέτηση των σωμάτων θέρμανσης και των θερμοκρασιών τους. Θεωρώντας μία σταθερή θερμοκρασία ίση με 20 (°C), ο συντελεστής λαμβάνει την σταθερή τιμή 5,7 ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

Ακτινοβολία Shortwave (βραχυκύματα) : Πρόκειται για την ακτινοβολία που προέρχεται από πηγές υψηλής θερμοκρασίας (π.χ. ο ήλιος, ηλεκτρικά φώτα). Η ανταλλαγή της ακτινοβολίας βραχέων κυμάτων δεν εξαρτάται από την θερμοκρασία της επιφάνειας (Holmes, 2006).

5 ΤΡΟΠΟΙ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η μετάδοση θερμότητας αποτελεί το επιστημονικό πεδίο που επιτρέπει να γίνει γνωστή η κατανομή θερμοκρασίας σε ένα σώμα, σε συνάρτηση των συντεταγμένων του χώρου και του χρόνου και ταυτόχρονα να πραγματοποιείται ο υπολογισμός της θερμότητας που μεταφέρεται δια μέσου ενός σώματος (όταν υπάρχουν θερμοκρασιακές διαφορές). Αποτέλεσμα της μετάδοσης θερμότητας αποτελεί η κινητικότητα του εξωτερικού αλλά και του εσωτερικού αέρα περιβάλλοντος. Επίσης αποτέλεσμα της κινητικότητας του αέρα περιβάλλοντος είναι και η θερμική συμπεριφορά των υλικών της ατμόσφαιρας, δηλαδή στερεά, υγρά και αέρια.

Είναι γνωστό ότι η θερμότητα μεταδίδεται μόνη της από ένα σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας και δεν ισχύει σε καμία περίπτωση το αντίθετο. Στο σημείο αυτό συμβάλει ο μηχανικός με σκοπό να ενισχύσει τη μεταφορά θερμότητας ή να τη περιορίσει. Το τελευταίο μπορεί να το πετύχει με τα κατάλληλα μονωτικά υλικά, που χρησιμοποιούνται στις μονώσεις των κτιρίων και των εγκαταστάσεων.

Ο μηχανικός καλείται να δεσμεύσει τη θερμότητα που προσπίπτει σε ένα κτίριο και να την αξιοποιήσει κατάλληλα, ανάλογα με την εποχή.

Σύμφωνα με τον 1^ο νόμο της θερμοδυναμικής η θερμότητα και οι μεταβολές της ενθαλπίας αλληλοσυνδέονται, αλλά και με τους τρόπους που μεταδίδεται η θερμότητα στα σώματα των οποίων η ενθαλπία μεταβάλλεται. Η μετάδοση θερμότητας αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία και για αυτό διακρίνεται σε 3 στοιχειώδη φαινόμενα. Αυτά τα 3 στοιχειώδη φαινόμενα είναι η αγωγιμότητα, η επαφή-μεταφορά και η ακτινοβολία (Βραχόπουλος, 2004), (Αξαόπουλος, 2011).

5.1 ΣΥΝΑΓΩΓΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η έννοια της μετάδοσης θερμότητας με συναγωγή (ή επαφή-μεταφορά) περιλαμβάνει τη διαδικασία της μεταφοράς θερμότητας δια μέσου ρευστών, δηλαδή από ένα υγρό ή αέριο σε ένα στερεό μέσο άμεσης επαφής. Στη μετάδοση θερμότητας με συναγωγή παίζει μεγάλο ρόλο το μέσο μεταφοράς θερμότητας, σε αντίθεση με τη μετάδοση θερμότητας με αγωγή που η οποία καθορίζεται πλήρως από την ειδική θερμική αγωγιμότητα. Πιο συγκεκριμένα η συναγωγή θερμότητας είναι αποδοτική μονό στα ρευστά, είτε είναι αέριας μορφής είτε υγρής μορφής, επειδή τα σωματίδια των ρευστών μπορούν να μετακινηθούν με μεγαλύτερη ευκολία από ότι τα στερεά.

Αυτή η μετακίνηση των στοιχειωδών σωματιδίων εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες και ιδιαίτερα από τα αίτια και τις συνθήκες της ροής, το είδος και τις φυσικές ιδιότητες του υγρού, το σχήμα και το μέγεθος της επιφάνειας του στερεού. Η μεταφορά θερμότητας με συναγωγή αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία.

Η ροή θερμότητας με συναγωγή είναι σε συνάρτηση της διατομής (A), της διαφοράς θερμοκρασίας (ΔT), του είδους της ροής, του είδους του ρευστού και του χρόνου (t), δηλαδή : $Q = (A, T_1 - T_2, \text{είδος ροής, είδος ρευστού, } t)$

Η συναγωγή εκφράζει τα μεγέθη που ορίζουν το είδος του ρευστού ή το είδος της ροής και συμβολίζεται με h. Οι μονάδες με τις οποίες εκφράζεται ο συντελεστής συναγωγής είναι W/m^2K . Η θερμική συναγωγιμότητα h είναι συνάρτηση της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας, της ταχύτητας του ρευστού, του δυναμικού ιξώδους, της πυκνότητας, της ειδικής θερμοχωρητικότητας (υπό σταθερή πίεση του ρευστού) και των γεωμετρικών συνθηκών (Βραχόπουλος, 2004).

Οπότε η σχέση που εκφράζει τη ροή θερμότητας γίνεται :

$$Q = hA(T_1 - T_2) \quad [17]$$

Η συναγωγή θερμότητας διακρίνεται ανάλογα με το είδος της ροής θερμότητας και ανάλογα με το αίτιο που προκαλεί τη κίνηση του ρευστού. Ανάλογα με το είδος της ροής θερμότητας διακρίνεται σε :

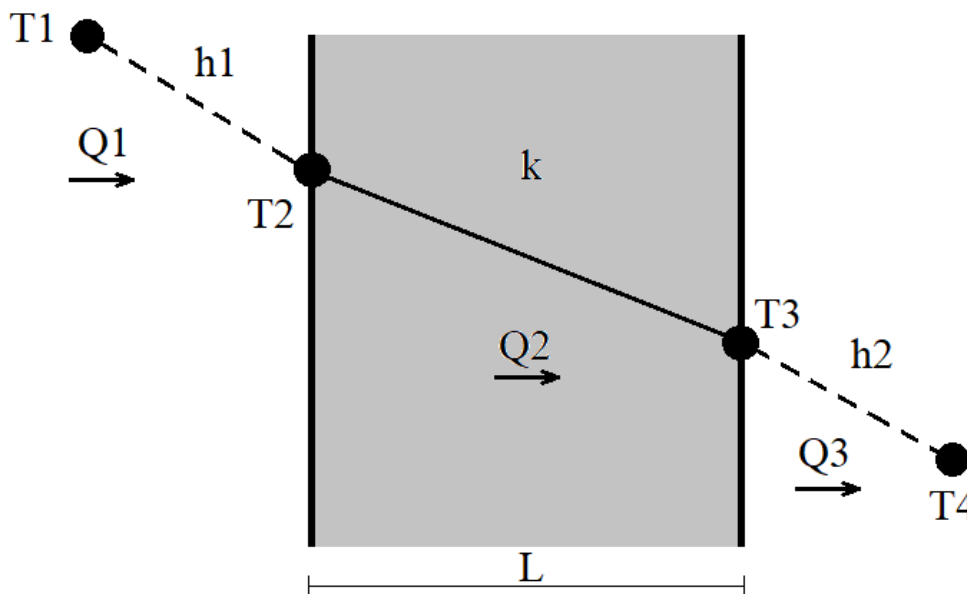
- Ροή θερμότητας σε ομογενές σώμα (Αποτελεί το σώμα που εξετάζουμε)
- Ροή θερμότητας σε κυλινδρικό τοίχωμα
- Ροή θερμότητας σε σφαιρικό τοίχωμα

Ανάλογα με το αίτιο που προκαλεί τη κίνηση του ρευστού διακρίνεται σε :

- Εξαναγκασμένη συναγωγή
- Φυσική συναγωγή

5.1.1 ΡΟΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΣΩΜΑ

Η ροή θερμότητας σε ομογενές σώμα διακρίνεται σε 2 κατηγορίες σε ομογενές επίπεδο σώμα και σε ομογενή παράλληλα διαδοχικά σώματα. Στη πρώτη κατηγορία θεωρούμαι το παρακάτω σχήμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Ομογενές επίπεδο σώμα

Μεταξύ των θέσεων 1 έως 2 και 3 έως 4 η ροή θερμότητας πραγματοποιείται με συναγωγή, ενώ μεταξύ των θέσεων 2 έως 3 η ροή θερμότητας πραγματοποιείται με αγωγιμότητα. Ισχύει ότι η ροής θερμότητας παραμένει σταθερή ($Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$). Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τις επιμέρους θερμοκρασίες χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους :

$$Q_1 = h_1 A (T_1 - T_2) \Leftrightarrow T_1 - T_2 = \frac{Q}{h_1 A} \quad [18]$$

$$Q_2 = A \frac{k}{L} (T_2 - T_3) \Leftrightarrow T_2 - T_3 = \frac{QL}{Ak} \quad [19]$$

$$Q_3 = h_2 A (T_3 - T_4) \Leftrightarrow T_3 - T_4 = \frac{Q}{h_2 A} \quad [20]$$

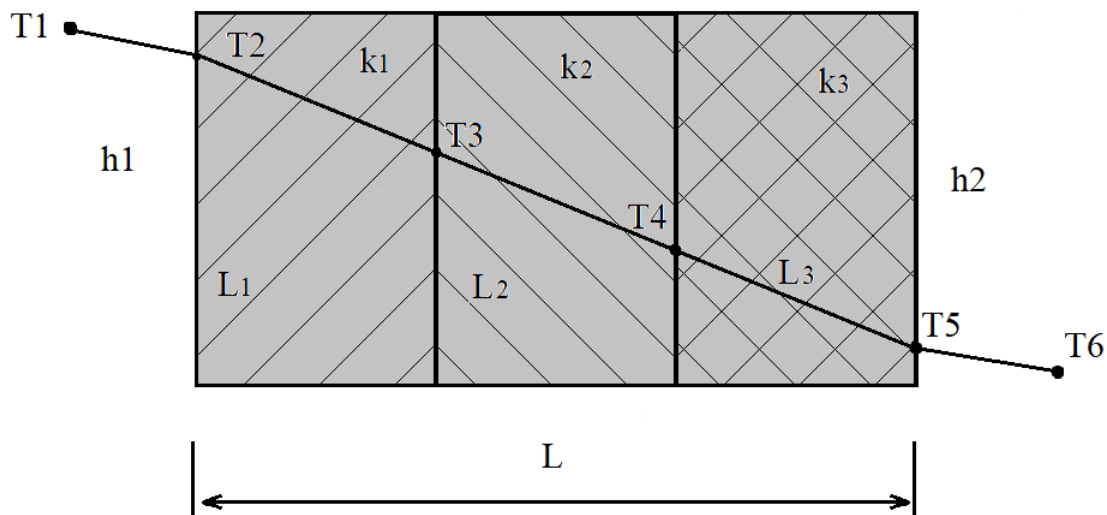
Άρα από τις σχέσεις [18],[19],[20] έχουμε : $T_1 - T_4 = \frac{Q}{A} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_2} \right)$ [21]

Από τη σχέση [21] έχουμε : $Q = \frac{A(T_1 - T_4)}{\frac{1}{h_1} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_2}}$, έστω $R = \frac{1}{U} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L}{k} + \frac{1}{h_2} \right)$ [22]

Άρα το ποσό θερμότητας σε ομογενές σώμα είναι : $Q = UA(T_1 - T_4)$ (W) [23]

Όπου U ο ολικός συντελεστής μετάδοσης θερμότητας (W/m^2K).

Στη ροή θερμότητας σε ομογενή παράλληλα διαδοχικά σώματα με επίπεδα παράλληλα τοιχώματα θεωρούμαι το παρακάτω σχήμα όπως φαίνεται στο Σχήμα 4. Λαμβάνεται σώμα με 3 παράλληλα επίπεδα τοιχώματα με πάχος ($L_1 L_2 L_3$) και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας ($k_1 k_2 k_3$). Μεταξύ των θέσεων 1 έως 2 και 5 έως 6 υφίσταται ροή θερμότητας με συναγωγή, ενώ μεταξύ των θέσεων 2 έως 5 αναπτύσσεται ροή θερμότητας με αγωγιμότητα.



Σχήμα 4. Σύνθετο σώμα με παράλληλες στρώσεις.

Ισχύει ότι η ροής θερμότητας παραμένει σταθερή ($Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = Q$). Για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε τις επιμέρους θερμοκρασίες χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους (Βραχόπουλος, 2004) :

Για το Q_1 χρησιμοποιείται η Σχέση [18].

$$Q_2 = A \frac{k_1}{L_1} (T_2 - T_3) \Leftrightarrow T_2 - T_3 = \frac{QL_1}{Ak_1} \quad [24]$$

$$Q_3 = A \frac{k_2}{L_2} (T_3 - T_4) \Leftrightarrow T_3 - T_4 = \frac{QL_2}{Ak_2} \quad [25]$$

$$Q_4 = A \frac{k_3}{L_3} (T_4 - T_5) \Leftrightarrow T_4 - T_5 = \frac{QL_3}{Ak_3} \quad [26]$$

$$Q_5 = h_2 A (T_5 - T_6) \Leftrightarrow T_5 - T_6 = \frac{Q}{h_2 A} \quad [27]$$

Προσθέτουμε τις Σχέσεις [18],[24],[25],[26] και [27] και προκύπτει :

$$T_1 - T_6 = \frac{Q}{A} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right) \quad [28]$$

$$\text{Από τη Σχέση [28] έχουμε: } Q = \frac{A(T_1 - T_6)}{\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2}}, \quad Q = UA(T_1 - T_6) \quad (W) \quad [29]$$

$$\text{έστω } R = \frac{1}{U} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{L_3}{k_3} + \frac{1}{h_2} \right) \quad [30]$$

5.1.2 ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ

Η φυσική συναγωγή (ή αλλιώς ελεύθερη κίνηση του υγρού) οφείλεται αποκλειστικά στη διαφορά πυκνότητας μεταξύ των θερμαινόμενων και των κρύων στοιχειωδών σωματίων του ρευστού (είτε είναι υγρό είτε αέριο). Το ρευστό κινείται υπό επίδραση ανοδικών δυνάμεων προερχόμενων από μεταβολές πυκνότητα. Η αρχή και η ένταση της συναγωγής καθορίζονται από τις θερμικές συνθήκες της διαδικασίας και εξαρτώνται από το είδος του ρευστού, τη θερμοκρασιακή διαφορά τους και τον όγκο του χώρου, στον οποίο πραγματοποιείται η διαδικασία. Στη φυσική συναγωγή θερμότητας η ταχύτητα είναι μηδέν στο θερμαινόμενο σώμα (οριακή συνθήκη μη ολίσθησης), αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς σε μία λεπτή οριακή στοιβάδα η οποία βρίσκεται κοντά στο σώμα. Αν το στερεό τοίχωμα είναι θερμότερο, παρατηρείται θέρμανση και η ροή του ρευστού πάει προς τα πάνω, ενώ αν το στερεό τοίχωμα είναι ψυχρότερο, η ροή του ρευστού πάει προς τα κάτω.

Η μετάδοση θερμότητας με φυσική συναγωγή συναντάται πολύ συχνά. Στη καθημερινή ζωή συναντάται στη θέρμανση των οικιακών συσκευών και στις εφαρμογές θέρμανσης χώρων, στο βράσιμο του νερού και το μαγείρεμα.

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις φυσική συναγωγή συναντάμε στους λέβητες, στους αποστακτήρες, στις θερμικές απώλειες που προκύπτουν από όλες τις θερμικές μηχανές και ιδιαίτερα από όλους τους αγωγούς ατμού. Οι συνθήκες υπό τις οποίες υφίσταται αυτό το φαινόμενο είναι, πιο συχνά, σε δωμάτιο του οποίου το περιβάλλον είναι σε σταθερή κατάσταση και έχει την ίδια θερμοκρασία σε όλη την έκτασή του. Αν μία πηγή θερμότητας εισέρθει μέσα στο χώρο, θα αναπτυχθεί μετάδοση θερμότητας από τη πηγή στον αέρα. Ο αέρας θερμαίνεται από τη φυσική επαφή με τη πηγή και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να γίνει ελαφρύτερος. Η διαφορά πυκνότητας μεταξύ του θερμού και του ψυχρού τμήματος του περιβάλλοντος προκαλεί δύναμη άνωσης, η οποία αναγκάζει τα θερμά τμήματα να ανυψωθούν. Αυτά τα ανυψούμενα θερμά τμήματα αντικαθίστανται από νέα ψυχρά τμήματα, τα οποία επίσης θερμαίνονται και ανυψώνονται.

Σε περίπτωση όμως που το σώμα που εισέρχεται στο χώρο είναι ψυχρότερο από το περιβάλλον, ο αέρας ψύχεται από την επαφή μαζί του και κινείται προς τα κάτω.

Η φυσική ροή εξαρτάται αποκλειστικά από τη μετάδοση θερμότητας. Η ένταση αυτού του φαινομένου καθορίζεται από 2 παράγοντες. Αυτοί οι 2 παράγοντες είναι ότι η μεταδιδόμενη θερμότητα είναι ανάλογη της επιφάνειας του σώματος και επίσης είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του ρευστού. Η διαφορά της πυκνότητας και η δύναμη άνωσης καθορίζονται από τη θερμοκρασιακή διαφορά και τη ζώνη μετάδοσης της θερμότητας, από την επιφάνεια. Οι μεταβολές στη μετάδοση θερμότητας εξαρτώνται από τις μεταβολές στη μορφή της ροής του ρευστού (Βραχόπουλος, 2004).

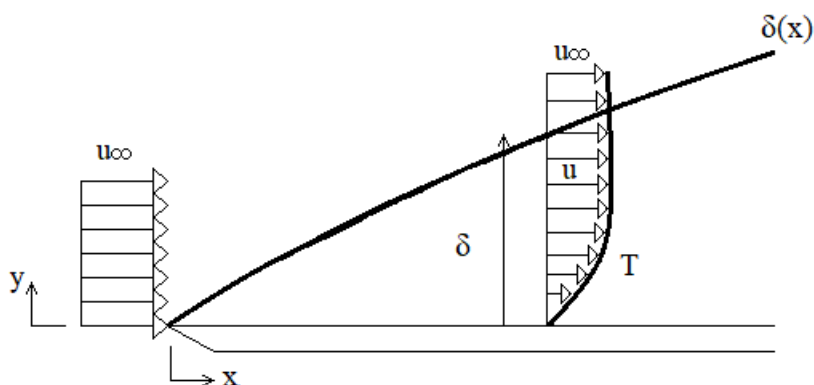
5.1.3 ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΣΥΝΑΓΩΓΗ

Η εξαναγκασμένη κίνηση του υγρού ή εξαναγκασμένη συναγωγή υφίσταται υπό την επίδραση εξωτερικών αιτιών, όπως για παράδειγμα ο άνεμος, μία αντλία, η βαρύτητα κ.α. Η εξαναγκασμένη συναγωγή εξαρτάται από το είδος και τις φυσικές ιδιότητες του ρευστού, τη θερμοκρασία, τη ταχύτητα ροής, το σχήμα και το μέγεθος του υποδοχέα μέσα στον οποίο η εξαναγκασμένη συναγωγή αναπτύσσεται. Η εξαναγκασμένη συναγωγή μπορεί να συνοδευτεί από φυσική συναγωγή και η σχετική επίδραση της φυσικής συναγωγής αυξάνει με τη διαφορά θερμοκρασιών των στοιχειωδών σωματιδίων και μειώνεται με τη ταχύτητα της εξαναγκασμένης ροής. Σε υψηλές ταχύτητες ροής η επίδραση της φυσικής συναγωγής είναι αμελητέα.

Στην εξαναγκασμένη συναγωγή μπορεί να έχουμε ροή του ρευστού προς οποιαδήποτε κατεύθυνση και η ταχύτητα ροής είναι συνήθως μεγαλύτερη, άρα και τα μεταφερόμενα ποσά θερμότητας είναι μεγαλύτερα. Η εξαναγκασμένη συναγωγή αναπτύσσεται σε βασικούς τύπους ροής των ρευστών. Αυτοί οι 2 τύποι είναι η στρωτή ροή των ρευστών και η τυρβώδης ροή των ρευστών (Νίκας, 2010).

Στη στρωτή ροή των ρευστών η θερμότητα μεταφέρεται κατά τη κάθετη διεύθυνση στο τοίχωμα, σε σημαντικό βαθμό με αγωγιμότητα και ο ρυθμός ροής της θερμότητας καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό από την ειδική θερμική αγωγιμότητα. Στη μεταφορά θερμότητας με συναγωγή η κύρια αντίσταση ελέγχεται μέσα σε ένα λεπτό στρώμα του ρευστού, επαπτόμενο στο βυθισμένο σώμα, στο οποίο οι επιδράσεις του ιξώδους είναι σημαντικές. Αυτή η ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη κίνηση του ρευστού μέσα σε αυτό το οριακό στρώμα και πιο συγκεκριμένα από το πάχος αυτού του οριακού στρώματος. Το οριακό στρώμα και το πεδίο της ταχύτητας επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη μεταφορά θερμότητας, όμως μπορούν να εξεταστούν ανεξάρτητα από τη μεταφορά θερμότητας, υπό τον όρο ότι οι ιδιότητες του ρευστού δεν μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία.

Σε αντίθετη περίπτωση οι διαδικασίες της μεταφοράς θερμότητας και της ροής του ρευστού είναι αλληλένδετες. Το οριακό στρώμα διακρίνεται σε 2 κατηγορίες, σε υδροδυναμικό οριακό στρώμα και σε θερμικό οριακό στρώμα. Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια του υδροδυναμικού οριακού στρώμα εξετάζουμε τη ροή του ρευστού σε επίπεδη πλάκα, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Υδροδυναμικό οριακό στρώμα.

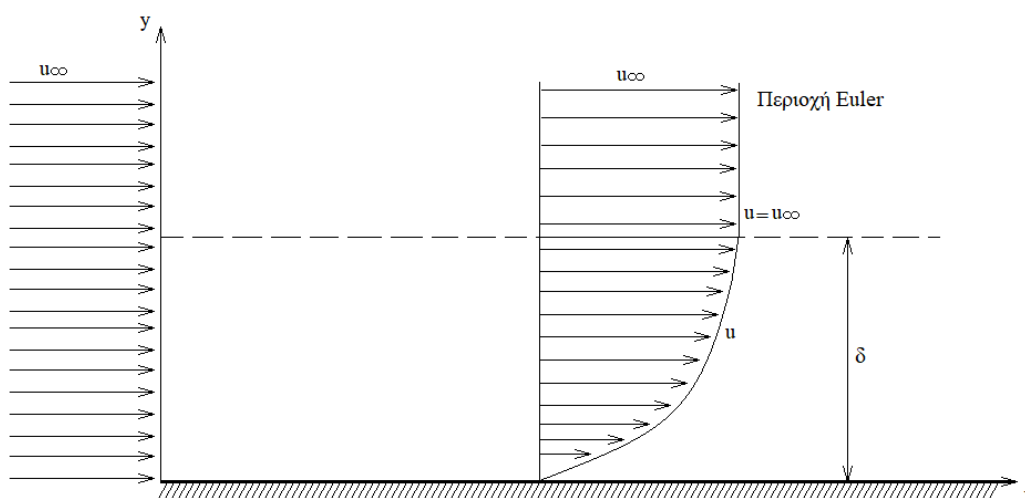
Στην επιφάνεια της επίπεδης πλάκας η τιμή της ταχύτητα του ρευστού είναι ίση με μηδέν. Με τη δεδομένη αύξηση του y , αυξάνεται η ταχύτητα και σε κάποια απόσταση δ από την επιφάνεια παίρνει την οριακή τιμή u_{∞} , η οποία είναι και μέγιστη. Πιο γενικευμένα με τον όρο οριακό στρώμα εννοούμε τη μεταβατική περιοχή που στην οποία συντελείται η μεταβολή της ταχύτητας του ρευστού από $u = 0$ σε $u = u_{\infty}$ στο εξωτερικό πεδίο. Ο νόμος της τριβής του Newton ισχύει στο οριακό στρώμα που κατά τον οποίο η διατμητική τάση που αναπτύσσεται λόγω τριβής είναι :

$$T = \frac{du}{dy} \mu \quad [31]$$

Όπου μ συντελεστής δυναμικού ιξώδους ($\frac{kg}{ms}$)

$\frac{du}{dy}$ η μεταβολή της ταχύτητας της ροής του ρευστού στο οριακό στρώμα.

Η μεταβολή $\frac{du}{dy}$ συντελείται σε απόσταση από τη στερεή επιφάνεια στην οποία ισχύει $u = u_{\infty}$. Η απόσταση αυτή ορίζεται ως δ για πρακτικούς μόνο λόγους (επειδή η εξίσωση $u = u_{\infty}$ συντελείται στο άπειρο). Όσον αφορά τη ροή του ρευστού διακρίνεται σε 2 περιοχές. Η πρώτη είναι το οριακό στρώμα, στο οποίο υπάρχει μεταβολή της ταχύτητας και οι διατμητικές τάσεις και η δεύτερη είναι μια περιοχή έξω από το οριακό στρώμα όπου οι μεταβολές της ταχύτητας και οι διατμητικές τάσεις μπορούν να θεωρηθούν αμελητέες. Αυτή η δεύτερη περιοχή ονομάζεται περιοχή Euler, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Πάχος υδροδυναμικού στρώματος, περιοχή Euler.

Το οριακό στρώμα διακρίνεται σε 3 περιοχές οι οποίες είναι η στρωτή περιοχή, η μεταβατική περιοχή και η τυρβώδης περιοχή. Οι διατμητικές τάσεις ισχύουν μόνο για τη στρωτή περιοχή και τη τυρβώδη περιοχή. Το ρευστό θεωρείται ότι κινείται σε αυτή τη περιοχή και πιο συγκεκριμένα κινείται σε στρώματα μικροσκοπικού πάχους και απόστασης μεταξύ τους dy με διαφορετικές ταχύτητες, που διαφέρουν κατά du . Η μοναδική έλξη που μπορούν να έχουν αυτά τα στρώματα είναι με τη κίνηση των μορίων του ρευστού. Τα μόρια συγκρούονται μεταξύ τους και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανταλλαγή της ορμής που εκφράζεται με τη μοριακή ιδιότητα μεταφοράς του ιξώδους.

Αν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές οι συγκρούσεις των μορίων του ρευστού γίνονται εντονότερες και έτσι γίνεται αισθητή και η μεταφορά θερμότητας με ιδιότητα μεταφοράς τη θερμική αγωγιμότητα.

Η τυρβώδης ροή αποτελεί το ακριβώς αντίθετο από τη στρωτή ροή. Η τυρβώδης ροή χαρακτηρίζεται από έντονες και ακανόνιστες κινήσεις. Αυτές οι ακανόνιστες

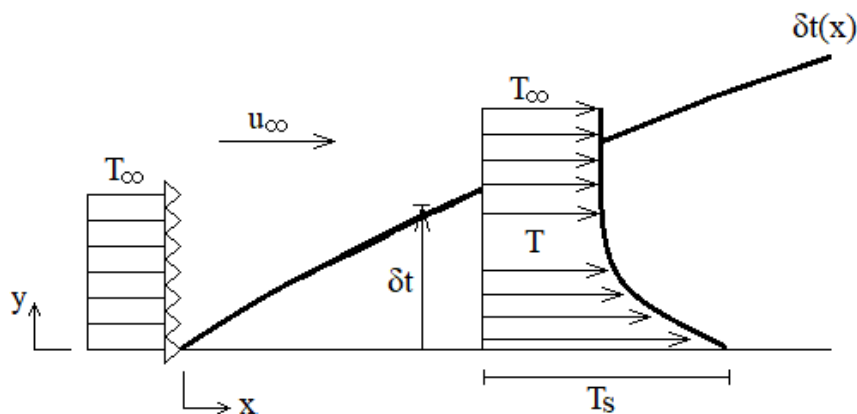
κινήσεις προκαλούν τη κίνηση των μαζών του ρευστού προς όλες τις κατευθύνσεις σε σχέση με τη διεύθυνση της ροής.

Οι διατμητικές τάσεις στη τυρβώδη περιοχή του οριακού στρώματος είναι πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές της στρωτής περιοχής του οριακού στρώματος και είναι αυτές που επιτρέπουν στο οριακό στρώμα να συμβάλλει στη συναγωγή θερμότητας. Καθοριστικό παράγοντα αποτελεί ο συντελεστής τριβής C_f που ορίζεται από τη παρακάτω σχέση :

$$C_f = \frac{1}{2} \frac{T}{\rho u_\infty^2} \quad [32]$$

Όπου ρ κινηματικό ιξώδες

Το θερμικό οριακό στρώμα έχει παρόμοια δημιουργία όπως το υδροδυναμικό οριακό στρώμα, δηλαδή το υδροδυναμικό δημιουργείται όταν υφίσταται κίνηση ρευστού σε μία επιφάνεια κατά τον ίδιο τρόπο δημιουργείται το θερμικό οριακό στρώμα όταν οι θερμοκρασίες στη φυσική ροή του ρευστού T_∞ και στην επιφάνεια T_s διαφέρουν. Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια του θερμικού οριακού στρώματος εξετάζουμε τη ροή του ρευστού σε επίπεδη πλάκα, όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Θερμικό οριακό στρώμα.

Στο άκρο του στρώματος η κατανομή της θερμοκρασίας είναι ομοιόμορφη, δηλαδή $T = T_\infty$. Η επιφάνεια μεταφέρει τη θερμοκρασία της στα στρώματα ρευστού που έρχονται σε επαφή με αυτήν και έτσι αποκαθίσταται θερμική ισορροπία. Αυτά τα στρώματα ρευστού με τη σειρά τους μεταδίδουν ενέργεια στα κοντινά τους στρώματα με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν έτσι μεταβολές θερμοκρασίας στο ρευστό. Το θερμικό οριακό στρώμα, πάχους δ_t , ορίζεται στη περιοχή του ρευστού όπου παρουσιάζονται αυτές οι θερμοκρασιακές μεταβολές. Το πάχος του θερμικού οριακού

στρώματος μπορεί να αυξηθεί αν τα φαινόμενα μεταφορά της θερμότητας επεκταθούν στην ελεύθερη ροή. Η τοπική πυκνότητα θερμορροής q , σε μία απόσταση x από το άκρο της πλάκας, υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο (Νίκας, 2010) :

$$q = -k_p \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad [33]$$

Όπου k_p η ειδική θερμική αγωγιμότητα του ρευστού.

Η τυρβώδης ροή του ρευστού χαρακτηρίζεται από τη τυχαία κίνηση των σωματιδίων του ρευστού, αποτέλεσμα της οποίας είναι η αποσύνθεση της στρωτής κίνησης. Αποτελεί το πιο κοινό τύπο κίνησης, λόγω των ελάχιστων απαιτούμενων διαταραχών ικανών να τη προκαλέσουν. Στη τυρβώδη ροή η μετάδοση θερμότητας στο ρευστό γίνεται με μία έντονη ανάμειξη των κινούμενων σωματιδίων του ρευστού.

Για τις 2 περιπτώσεις, τη στρωτή και τη τυρβώδη ροή, το 1883 ο Reynolds έκανε το πείραμα των χρωματισμένων ροϊκών νημάτων, όπου οι 2 ροές κυκλοφορούν σε κυκλικούς αγωγούς. Τα στρώματα ρευστού που κινούνται σε μορφή ομόκεντρων κυλίνδρων χωρίς έντονη ανταλλαγή των στοιχείων ρευστού μεταξύ τους είναι χαρακτηριστικό της στρωτής ροής. Σε περίπτωση όμως που η ταχύτητα της ροής στον αγωγό αυξηθεί, υπερβαίνοντας τη κρίσιμη τιμή, τότε το πεδίο ροής αλλάζει εξολοκλήρου. Το χρωματισμένο νήμα κινείται σε διαγώνιες κινήσεις, οι οποίες οδηγούν σε καταστροφή του ροϊκού νήματος, αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό της τυρβώδης ροής. Ακολουθούν οι 2 περιπτώσεις της ροής στα παρακάτω σχήματα.

Η κατανομή της ταχύτητα στη τυρβώδη ροή είναι περισσότερο εξισορροπημένη από την αντίστοιχη κατανομή της ταχύτητας στη στρωτή ροή και ο λόγος ότι η ακανόνιστη εγκάρσια μεταβαλλόμενη κίνηση του ρευστού εξισώνει την ακτινική μεταβολή της ταχύτητας. Κατά τη μετάβαση της ροής από στρωτή σε τυρβώδη σημαντικό ρόλο παίζει ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις τριβής. Οι πρώτες είναι σε αναλογία προς τη μάζα και τη κινηματική του κατάσταση, ενώ οι δεύτερες είναι σε αναλογία προς τη δυναμική συνεκτικότητα. Τα μεγέθη αυτά συνδυάζονται κατ' αυτό τον τρόπο στο χαρακτηριστικό αριθμό Reynolds, στον οποίο μπορεί να δοθεί η έννοια του λόγου των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις τριβής της ροής.

$$Re = \frac{\rho \bar{u} d}{\mu} \quad [34]$$

Όπου μ είναι το δυναμικό ιξώδες και εξαρτάται από τα ρευστά (από το νόμο του Νεύτωνα) με πολύ καλή προσέγγιση μόνο από τη θερμοκρασία. Στα αέρια το μ αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας και στα υγρά μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Το 1860 ο Maxwell εισήγαγε τη κινηματική συνεκτικότητα ν που εξαρτάται από τη πυκνότητα ρ του ρευστού και δίνεται από το τύπο :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad [35]$$

Το κινηματικό ιξώδες χρησιμοποιείται σε ροή ασυμπίεστων ρευστών, για λόγους ευκολίας των υπολογισμών και απλούστευσης των ρευστομηχανικών σχέσεων (Βραχόπουλος, 2004).

5.2 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η θερμική μετάδοση με ακτινοβολία αποτελεί τη μετάδοση θερμότητας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από ένα σώμα στο περιβάλλον του. Η θερμική ακτινοβολία προέρχεται από μετατροπές διαφόρων μορφών ενέργειας (κυρίως θερμικής ενέργειας) και είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων μοριακών και ατομικών διαταραχών. Η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται χωρίς να υπάρχει ανάγκη ύπαρξης κάποιου άλλου φορέα θερμικής ενέργειας μεταξύ του περιβάλλοντος και του σώματος. Σε κάθε θερμαινόμενο σώμα, ένα τμήμα της θερμικής ενέργειας μετατρέπεται σε ακτινοβολία. Η ποσότητα της ενέργειας που μετατρέπεται σε ακτινοβολία εξαρτάται ουσιαστικά μόνο από τη θερμοκρασία, επειδή η θερμοκρασία αποτελεί τη πρωταρχική αιτία των διαταραχών στο ατομικό επίπεδο. Ο μηχανισμός της μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία πραγματοποιείται σε 3 φάσεις, αυτές οι 3 φάσεις είναι οι ακόλουθες :

- Η θερμική ενέργεια της πηγής μετατρέπεται σε κινούμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τέτοιου είδους κύματα είναι οι ακτίνες X, οι υπεριώδεις και οι υπέρυθρες του ορατού φωτός.
- Αυτά τα κύματα αποκτούν πορεία προς το περιβάλλον του σώματος.
- Στους δέκτες των συγκεκριμένων κυμάτων πραγματοποιείται απορρόφηση και επαναμετατροπή της ακτινοβολίας των ηλεκτρομαγνητικά κυμάτων σε θερμότητα (Βραχόπουλος, 2004).

Η θερμική ακτινοβολία αποτελείται από διάφορα χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά της θερμικής ακτινοβολίας είναι :

- Η θερμική ακτινοβολία μεταδίδεται με ευθύγραμμο τρόπο.
- Η θερμική ακτινοβολία υφίσταται σε ανάκλαση και σε διάθλαση
- Η θερμική ακτινοβολία είναι αντιστρόφως ανάλογη με το την απόσταση της πηγής υψωμένη στο τετράγωνο, δηλαδή εξασθενίζει με την απόσταση.
- Η θερμική ακτινοβολία εκμεταλλεύεται τη ταχύτητα του φωτός ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$), ώστε να μπορέσει να γίνει η μετάδοση της στο κενό.
- Η ενέργεια της ακτινοβολίας είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του σώματος που εκπέμπει .

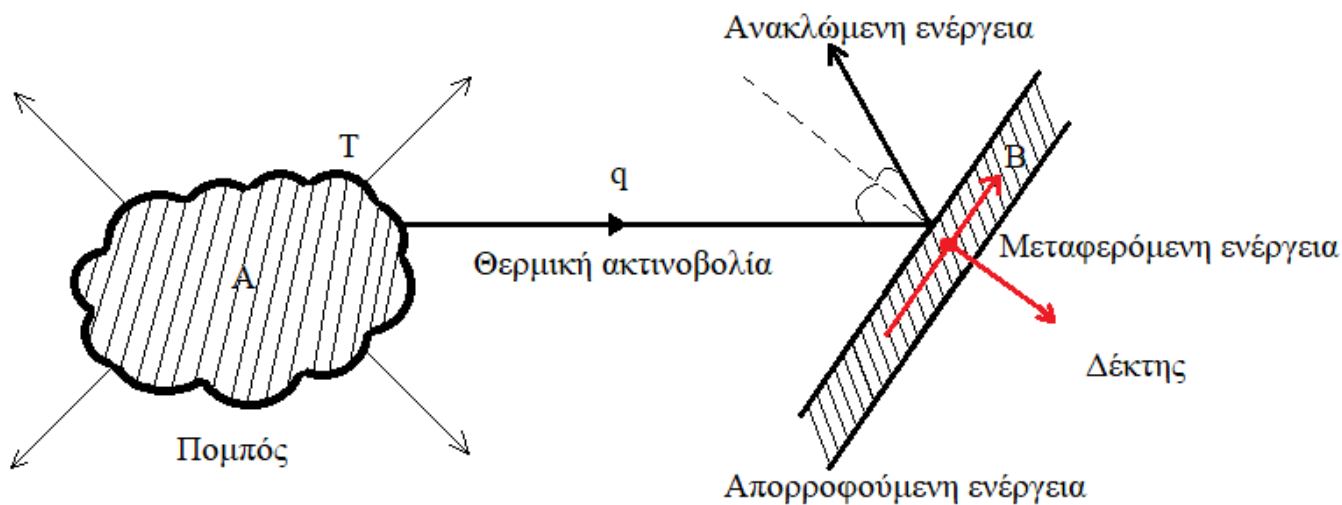
- Οι τιμές στις θερμοκρασίες που συναντάμε στα δομικά στοιχεία των κτιρίων, η θερμική ακτινοβολία είναι μήκους κύματος 0,3 έως 50μ και ξεχωρίζεται από το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας(Καρέκος, 2001).

Η ποιοτική ερμηνεία του μηχανισμού της μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία μπορεί να δοθεί με κυματική θεωρία. Το σώμα που έρχεται σε επαφή με τη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, λόγω της θερμικής του κατάστασης, ένα μεγάλο μέρος της εσωτερικής του ενέργειας εκπέμπεται σε μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Αυτά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταφέρονται προς όλες τις διευθύνσεις στο κενό μέχρι να βρουν κάποιο εμπόδιο, δηλαδή ένα άλλο σώμα. Σε αυτό το νέο σώμα, ένα μέρος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων απορροφάται και στη συνέχεια μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια του σώματος. Με τη τελευταία μετατροπή προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος και κατά συνέπεια εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας. Η εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας με τη σειρά της μειώνει τη θερμοκρασία του ακτινοβολούντος σώματος (σε περίπτωση που το σώμα λαμβάνει θερμότητα και άλλη πηγή η θερμοκρασία δεν μειώνεται) ή παραμένει σταθερή αν η θερμότητα που λαμβάνει το σώμα είναι ίση με τη θερμική του ενέργεια που εκπέμπεται.

Θερμική ακτινοβολία εκπέμπεται απεριόριστα από όλα τα σώματα. Οι ανθρώπινες αισθήσεις δεν είναι ικανές να διακρίνουν αυτή τη θερμική ακτινοβολία, εκτός και αν η θερμική ακτινοβολία βρίσκεται στη υπέρυθη περιοχή του φάσματος, δηλαδή με μήκος κύματος από 0,1 έως 100 (μm), ενώ η όραση ερεθίζεται σε μήκος κύματος από 0,38 έως 0,76 (μm). Η θερμική ακτινοβολία όταν προσπίπτει σε ένα σώμα, ένα μέρος της απορροφάται. Το ποσοστό θερμικής ακτινοβολίας που μπορεί να απορροφήσει ένα σώμα καθορίζεται μέσω μίας σταθεράς που ονομάζεται σταθερά απορρόφησης και συμβολίζεται με $\hat{\alpha}$. Ένα άλλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια και αυτό το ποσοστό καθορίζεται μέσω του συντελεστή ανάκλασης r . Το υπόλοιπο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας διέρχεται δια μέσο του σώματος και καθορίζεται μέσω του συντελεστή μεταβίβασης d . Αυτοί οι συντελεστές, όπως είναι λογικό, αν αθροιστούν θα λάβουμε το 100% ($\hat{\alpha} + r + d = 1$). Αν το σώμα είναι στερεό ή σε υγρή μορφή ο συντελεστής μεταβίβασης θεωρείται μηδενικός ($d = 0$), επίσης τον θεωρούμε αμελητέο αν το σώμα διαθέτει πολύ λεπτό πάχος. Αν το σώμα είναι αέριας μορφής ο συντελεστής ανάκλασης θεωρείται πάντα μηδενικός ($r = 0$), ενώ ο συντελεστής απορρόφησης $\hat{\alpha}$ θεωρείται αμελητέος στη πράξη, εκτός αν το σώμα διαθέτει πολύ μεγάλο πάχος. Αυτοί οι 3 συντελεστές εξαρτώνται από το υλικό, το πάχος, την επιφάνεια και το μήκος κύματος της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας του σώματος(Βραχόπουλος, 2004).

5.2.1 ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Θεωρούμαι το παρακάτω σχήμα (Σχήμα 8).



Σχήμα 8. Συμπεριφορά της θερμικής ακτινοβολίας μεταξύ 2 σωμάτων.

Η θερμική ισχύς που εκπέμπει ο θερμικής ακτινοβολίας πομπός A στο περιβάλλον του δίνεται από το παρακάτω τύπο :

$$q = S \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad [36]$$

Όπου q : ακτινοβολούμενη θερμική ισχύς (W)

S : επιφάνεια πομπού (m^2)

ε : συντελεστής εκπομπής του A

T : θερμοκρασία πομπού (K)

C_0 : συντελεστής ακτινοβολίας του 'μαύρου σώματος', $C_0 = 5.67 \frac{W}{m^2 K^4}$

Μαύρο σώμα θεωρείται αυτό που όταν λειτουργεί σαν πομπός θερμικής ακτινοβολίας εκπέμπει σε κάθε θερμοκρασία τη μέγιστη δυνατή θερμική ακτινοβολία σε όλα τα μήκη κύματος. Όταν όμως λειτουργεί ως δέκτη θερμικής ακτινοβολίας απορροφά όλη τη προσπίπτουσα σε αυτό ακτινοβολία (χωρίς ανάκλαση). Αν q είναι η θερμική ισχύς που λαμβάνει ο δέκτης B στο Σχήμα 8 τότε ισχύει ο τύπος :

$$q = q(\hat{a} + r + d) \Leftrightarrow (\hat{a} + r + d) = 1$$

Όπου \hat{a} συντελεστής απορρόφησης

r συντελεστής ανάκλασης

d συντελεστής μεταβίβασης

Άσπρο σώμα θεωρείται αυτό που ανακλά το σύνολο της ακτινοβολίας που το προσπίπτει. ($\hat{\alpha} = 0$, $r = 1$, $d = 0$)

Γκρίζο σώμα θεωρείται αυτό που απορροφά την ίδια ποσότητα από όλα τα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που λαμβάνει.

Έγχρωμο σώμα θεωρείται αυτό που απορροφά κατ' επιλογήν ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος (Καρέκος, 2001).

5.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΡΟΠΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Στους 3 βασικούς τρόπους μετάδοσης θερμότητας προκύπτουν συνδυασμοί μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα η μεταφορά θερμότητας με συνδυασμό αγωγής ή / και συναγωγή και ακτινοβολίας. Ο πιο διαδεδομένος συνδυασμός διαφόρων τρόπων μετάδοσης θερμότητας είναι η μετάδοση θερμότητας με συναγωγή και ακτινοβολία. Σε αυτή τη περίπτωση χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το θερμαντικό σώμα ή καλοριφέρ, στο οποίο η θερμική ενέργεια μεταφέρεται στον αέρα μέσω αγωγιμότητας, δηλαδή τα μόρια του αέρα που προσπίπτουν στο καλοριφέρ, στη συνέχεια με συναγωγή που πραγματοποιείται εξαναγκασμός στη μετακίνηση στα μόρια του αέρα προς τα επάνω όταν θερμανθούν και τέλος με ακτινοβολία από τη μεταλλική επιφάνεια του θερμαντικού σώματος. Με πανομοιότυπο τρόπο πραγματοποιείται η μεταφορά θερμότητας στην ενδοδαπέδια θέρμανση, στην οποία γίνεται με το συνδυασμό αγωγής και ακτινοβολίας, δηλαδή το δάπεδο ακτινοβολεί ενέργεια.

Αποτέλεσμα των παραπάνω συνδυασμών των βασικών τρόπων μετάδοσης θερμότητας είναι η πολύ καλύτερη θέρμανση, επειδή ο χώρος θερμαίνεται πιο γρήγορα και ομοιόμορφα, αφού το θερμαντικό σώμα θερμαίνει τον αέρα με συναγωγή και ταυτόχρονα θερμαίνει τη μάζα του χώρου, δηλαδή τα δομικά στοιχεία του (τοίχους, δάπεδο, έπιπλα). Ακόμα και οι θερμικές απώλειες, μέσω ενός επίπεδου τοιχώματος, περιλαμβάνουν μετάδοση θερμότητας μέσω αγωγιμότητας, αλλά και μετάδοση μέσω συναγωγής από τον αέρα του χώρου προς την εσωτερική επιφάνεια του τοιχώματος και από την εξωτερική επιφάνεια προς τον εξωτερικό αέρα αντίστοιχα. Σημαντικό παράδειγμα επίσης αποτελεί η θέρμανση κατά τη περίοδο των χειμερινών μηνών, στην οποία η θερμότητα μεταφέρεται από την οροφή ενός κτιρίου προς το ψυχρότερο περιβάλλον όχι μόνο με συναγωγή αλλά και με ακτινοβολία, ενώ η μεταφορά θερμότητας μέσω της οροφής από την εσωτερική προς την εξωτερική επιφάνεια γίνεται με αγωγή. Τέλος σε περίπτωση υαλοπινάκων ενός παραθύρου η μεταφορά θερμότητας γίνεται με συναγωγή και ακτινοβολία που ενεργούν παράλληλα, ενώ η μεταφορά θερμότητας μέσω των υαλοπινάκων γίνεται με αγωγή σε συνδυασμό με ακτινοβολία (Αένιας, 2013).

6 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΝΑΛΟΓΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

Οι εξωτερικές συνθήκες σχεδιασμού για θέρμανση και κλιματισμό των κτιρίων διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό και στη θέση και στο χρόνο, σε αντίθεση με τη πλειοψηφία των καταστάσεων μηχανικού σχεδιασμού. Το κάθε κτίριο πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένο, ώστε να παρέχει κατάλληλη αποθήκευση θέρμανσης για να συγκρούεται με τις εξωτερικές συνθήκες και ταυτόχρονα πρέπει να είναι στη θέση να παρέχει θέρμανση με υψηλότερη απόδοση από την εξωτερική θερμοκρασία.

Όπως αναφέραμε στις Ενότητες 3.1 και 3.2 οι θερμικές απώλειες διακρίνονται σε θερμικές απώλειες λόγω αγωγιμότητας και σε θερμικές απώλειες λόγω αερισμού. Στις θερμικές απώλειες αγωγιμότητας χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \Sigma R_w + \frac{1}{h_o} \quad [37]$$

Όπου U : θερμική διαπερατότητα ($\frac{W}{m^2K}$)

h_i : συντελεστής εσωτερικής μετάδοσης θερμότητας ($\frac{W}{m^2K}$)

h_o : συντελεστής εξωτερικής μετάδοσης θερμότητας ($\frac{W}{m^2K}$)

ΣR_w : η συνολική θερμική αντίσταση των τοίχων

Στο παρακάτω Πίνακα 2 μπορούμε να δούμε τη μεταβολή της θερμικής διαπερατότητας ανάλογα με τη κατασκευή των δομικών στοιχείων και επίσης η θερμική διαπερατότητα εξαρτάται από το συντελεστή μετάδοσης θερμότητας και τις εξωτερικές συνθήκες του καιρού.

Πίνακας 2. Θερμικές διαπερατότητες διαφόρων δομικών διατάξεων

| Δομή | Θερμική Διαπερατότητα (W/m ² K) |
|--|--|
| Τοίχος κοιλότητας με γύψο στο εσωτερικό του (105 mm τούβλα, 50mm κενό αέρα και 13mm γύψος) | 1,5 |
| Τοίχος κοιλότητας με υαλοβάμβακα και γύψο στο εσωτερικό του (105 mm τούβλα, 50mm κενό αέρα και 13mm γύψος) | 0,5 |
| Στεγασμένη οροφή χωρίς μόνωση παταριού | 2,6 |
| Στεγασμένη οροφή με 100mm μόνωση παταριού (υαλοβάμβακα) | 0.35 |
| Πάτωμα στερεού εδάφους με 4 άκρα χωρίς μόνωση | 0,62 |
| Πάτωμα στερεού εδάφους με 2 κάθετα άκρα χωρίς μόνωση | 0,36 |
| Πάτωμα στερεού εδάφους με 4 άκρα με μόνωση (25 mm) και θερμική αντίσταση | 0.58 |

| | |
|---|-----|
| 0,25 (m ² K/W) | |
| Παράθυρο μονού τζαμιού (αλουμινένιο πλαίσιο) | 6,4 |
| Παράθυρο διπλού τζαμιού (αλουμινένιο πλαίσιο) | 4,3 |

Για τις θερμικές απώλειες αερισμού χρησιμοποιούμε τη Σχέση [4] και άρα έχουμε :

$$Q_v = \rho c_p nV(T_i - T_o) \quad [38]$$

Σημαντικό χαρακτηριστικό του ηλεκτρικού ανάλογου αποτελεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι ισοδύναμες με τις θερμοκρασίες που παρουσιάζονται από τις επιπτώσεις ακτινοβολίας, είτε εξωτερική από την ηλιακή ακτινοβολία στις εξωτερικές επιφάνειες, είτε από εσωτερική ακτινοβολία ανταλλαγής μεταξύ των εσωτερικών επιφανειών. Για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος ισχύει ο τύπος :

$$T_{ei} = \frac{2}{3}T_{mr} + \frac{1}{3}T_{ai} \quad [39]$$

Όπου T_{ei} : εσωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος (C°)

T_{mr} : μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (C°)

T_{ai} : εσωτερική θερμοκρασία του αέρα (C°)

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας αποτελεί τη θερμοκρασία μιας μικρής σφαίρας, που η οποία είναι τελείως περιτριγυρισμένη από έναν αριθμό από επιφάνειες σε διαφορετικές θερμοκρασίες με απουσία μεταφοράς. Για ένα κυβικό περίβλημα στις κανονικές θερμοκρασίες των κτιρίων η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι ίση με τη μέση θερμοκρασία επιφανειών. Ο τύπος της μέσης θερμοκρασίας επιφανειών είναι ο παρακάτω :

$$T_{ms} = \Sigma(A_s T_s) / \Sigma(A_s) \quad [40]$$

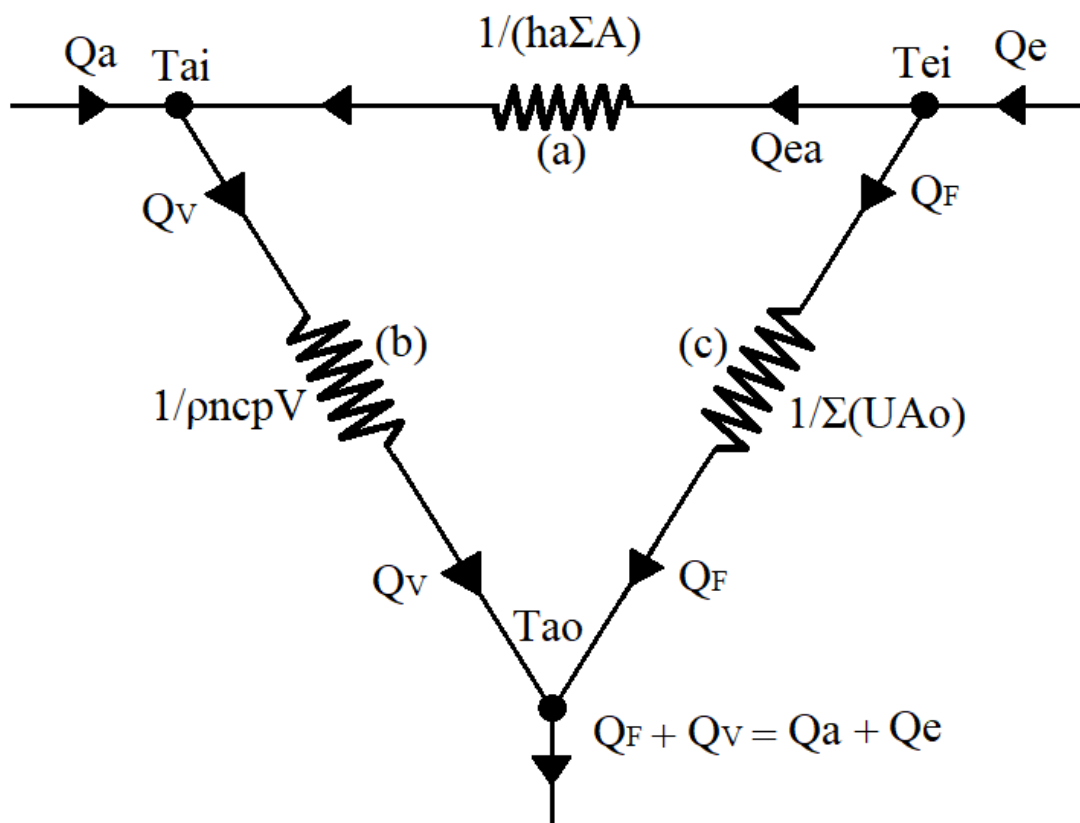
Όπου T_{ms} : μέση θερμοκρασία επιφανειών (C°)

T_s : θερμοκρασία επιφανειών (C°)

A_s : επιφάνεια σε θερμοκρασία T_s (m²)

Οι απώλειες λόγω αγωγιμότητας δίνονται από τη Σχέση [1] : $\dot{Q}_F = UA * (T_{in} - T_{out})$

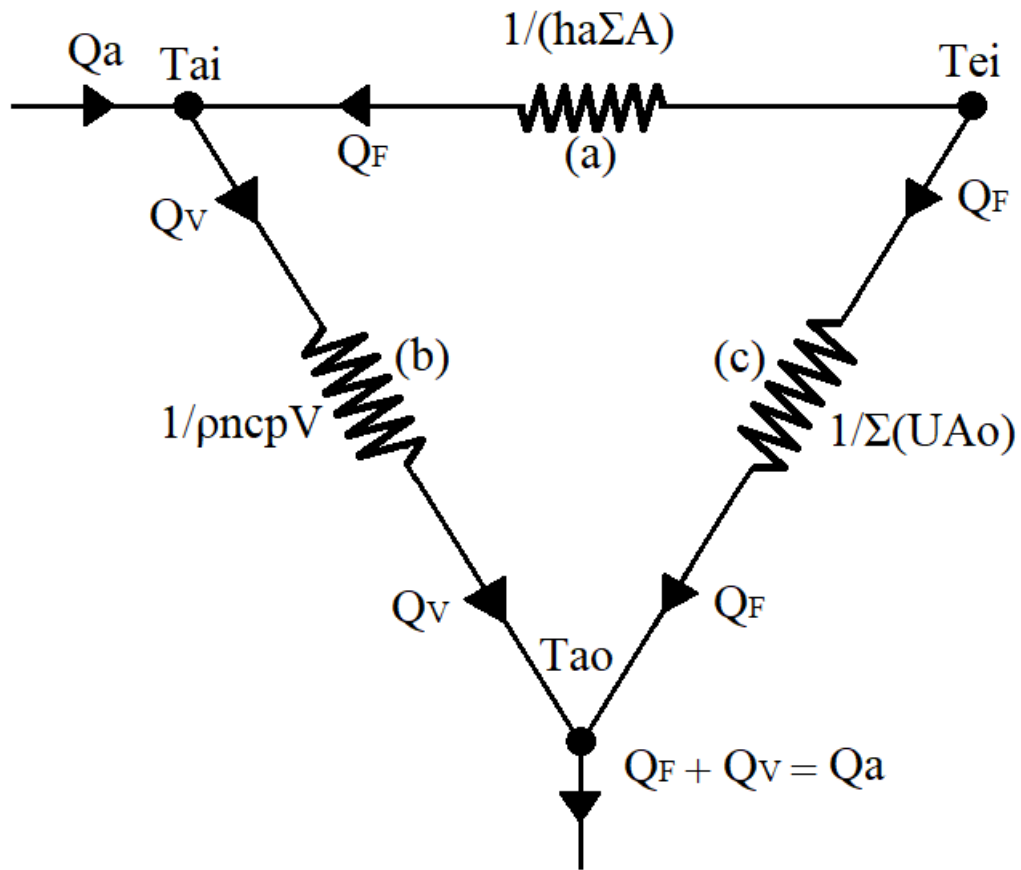
Ένα μοντέλο της διαδικασίας μεταφοράς θερμότητας που χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικό ανάλογο θέρμανσης (ηλεκτρική αντίσταση) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 9). Ένα ποσοστό από τη θερμότητα εισόδου (Q_a), θεωρείται ότι προσφέρεται στην εσωτερική θερμοκρασία του αέρα (T_{ai}) και ένα ποσοστό της θερμότητας (Q_e) θεωρείται ότι προσφέρεται στην εσωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος (T_{ei}). Υποθέτουμε ότι μεταφορά θερμότητας εισέρχεται στο σημείο εισαγωγής του αέρα και στο σημείο του περιβάλλοντος εισέρχεται η θερμότητα του περιβάλλοντος.



Σχήμα 9. Ηλεκτρικό ανάλογο θέρμανσης κτιρίου με ακτινοβολία

Οι θερμικές αντιστάσεις για κάθε σκέλος του δικτύου είναι οι ακόλουθες όπως φαίνονται στο Σχήμα 9 : η αντίσταση a ($1/h_a \Sigma A$) μπορεί να προέλθει από την Σχέση [37], η αντίσταση b ($1/\rho n c p V$) μπορεί να προέλθει από τη Σχέση [38] και η αντίσταση c ($1/\Sigma(UA_o)$) μπορεί να προέλθει από τη Σχέση [40].

Σε περίπτωση που στο ηλεκτρικό ανάλογο ο θερμός αέρας αγωγιμότητας μεταφέρεται με συναγωγή ($Q_e=0$) το Σχήμα 9 αλλάζει. Η αλλαγή παρουσιάζεται στο Σχήμα 10 παρακάτω. Εδώ κανένα ποσό θερμότητας δεν μεταδίδεται με ακτινοβολία (Croft, 1990).



Σχήμα 10. Ηλεκτρικό ανάλογο θέρμανσης κτιρίου με συναγωγή

ΜΕΡΟΣ Β΄

7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ

7.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Σε αυτό το σημείο της εργασίας θα αναλύσουμε τις περιπτώσεις των κτιρίων που μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μελέτη και υπολογισμό θερμικών απωλειών και στο τέλος να καταλήξουμε στο πιο κατάλληλο θερμαντικό μέσο για το κάθε κτίριο.

Αρχικά θα κατηγοριοποιήσουμε τα κτίρια σε 2 ακραίες κατηγορίες. Αυτές οι 2 κατηγορίες είναι οι εξής :

1. Η περίπτωση κτιρίου, του οποίου η κατασκευή πραγματοποιήθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 70 ή στις αρχές της δεκαετίας του 80, χωρίς εξωτερική μόνωση, δηλαδή σε γενικές γραμμές αμόνωτο, όμως έχει πραγματοποιηθεί αλλαγή στα κουφώματα του κτιρίου.
2. Η περίπτωση κτιρίου, του οποίου η κατασκευή πραγματοποιήθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 80 και μετά, με εξωτερική μόνωση, όμως δεν έχει πραγματοποιηθεί αλλαγή στα κουφώματα του κτιρίου.

Στη πρώτη κατηγορία κτιρίου, το κτίριο δεν διαθέτει μόνωση, αλλά επειδή τα κουφώματα του κτιρίου έχουν αλλάξει με καινούργια σύγχρονης τεχνολογίας οι απώλειες αερισμού είναι λιγότερες. Σε ένα κτίριο χωρίς εξωτερική μόνωση οι εσωτερικοί τοίχοι συνήθως εμφανίζουν σημάδια μούχλας ή μαύρα στίγματα. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας από το εσωτερικό του κτιρίου με το εξωτερικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα όταν ενεργοποιείται η θέρμανση σε ένα τέτοιο κτίριο, ο αέρας θερμαίνεται και στη συνέχεια αποκτά ανοδική πορεία, διότι είναι ελαφρύτερος. Σε εκείνο το σημείο ο θερμός αέρας έρχεται σε επαφή με τα μη μονωμένα και κρύα στοιχεία και έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται υγραποιήσεις. Σε αυτές τις υγραποιήσεις μαζεύονται διάφοροι μικροοργανισμοί και έτσι δημιουργείται η μούχλα.

Οι απώλειες αερισμού σε ένα τέτοιο κτίριο είναι ελάχιστες, όμως οι απώλειες λόγω συναγωγής είναι αρκετά υψηλές και επειδή οι θερμικές απώλειες λόγω συναγωγής ενεργούν πιο αισθητά στις συνολικές θερμικές απώλειες από τις απώλειες αερισμού, το κτίριο θα χρειαστεί σύστημα κεντρικής θέρμανσης. Η επιλογή θερμάστρας ή η εγκατάσταση τζακιού δεν θα ήταν αποδοτική για τη περίπτωση τέτοιου κτιρίου και πιο ειδικά στην επιλογή της θερμάστρας θα απαιτούνταν ένα μεγάλος αριθμός για να μπορέσουν να θερμανθούν όλοι οι χώροι του κτιρίου. Αντίθετα η επιλογή της κεντρικής θέρμανσης ή η εγκατάσταση μίας αντλίας θερμότητας είναι η πιο σωστή επιλογή για τέτοια κτίρια.

Η εγκατάσταση θερμαντικών σωμάτων νερού ή ακόμα και fan coil αποτελεί την πιο αποδοτική λύση. Αρκεί ο λέβητας που θα εγκατασταθεί να είναι αρκετών KW, ώστε να αποδίδει, και θα χρειαστεί να λειτουργεί σχεδόν στο μέγιστο. Αυτό σημαίνει ότι δαπανάται περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα.

Στη δεύτερη κατηγορία κτιρίου, το κτίριο διαθέτει εξωτερική μόνωση, όποτε δεν έχουμε φαινόμενα μούχλας και μαύρων στιγμάτων στους εσωτερικούς τοίχους, όμως το κτίριο αποτελείται από κουφώματα παλαιάς τεχνολογίας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν υψηλές θερμικές απώλειες αερισμού. Οι θερμικές απώλειες λόγω συναγωγής, που ενεργούν περισσότερο στις συνολικές θερμικές απώλειες από αυτές του αερισμού, είναι σχετικά μικρότερες από αυτές ενός κτιρίου χωρίς εξωτερική μόνωση. Και σε αυτή τη περίπτωση απαιτείται εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, αν και η εγκατάσταση αρκετών θερμοστροών θα ήταν ικανοποιητική επιλογή αρκεί να τοποθετηθούν σε σημεία που δεν υπάρχει κούφωμα. Φυσικά οι θερμοστροές δεν είναι τόσο αξιόπιστες όσο τα θερμαντικά σώματα, ειδικά σε περιπτώσεις παγερού ψύχους τους χειμερινούς μήνες. Όπως και στην πρώτη κατηγορία έτσι και σε αυτή ο λέβητας της εγκατάστασης πρέπει να λειτουργεί σε υψηλούς ρυθμούς, άρα περισσότερη σπατάλη ηλεκτρικού ρεύματος, όμως σε μικρότερο βαθμό από την πρώτη κατηγορία.

Ένας άλλος τρόπος για να εντοπίσουμε τις θερμικές απώλειες ενός κτιρίου είναι με τη χρήση μίας θερμοκάμερας. Η θερμοκάμερα αποτελεί ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να εντοπίσουμε τις πιθανές θερμικές απώλειες του κτιρίου μέσω διαφορετικών χρωματικών αποχρώσεων. Τους χειμερινούς μήνες, με τη δεδομένη και πιο τακτική λειτουργία των θερμαντικών σωμάτων, τα μη μονωμένα σημεία του κτιρίου παρουσιάζονται στη θερμοκάμερα σε διάφορες αποχρώσεις του μπλε, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες, με δεδομένη δροσερή ατμόσφαιρα μέσα στο κτίριο, οι πιθανές θερμικές απώλειες παρουσιάζονται στη θερμοκάμερα σε διάφορες αποχρώσεις του κόκκινου.



Εικόνα 25. Θερμοκάμερα της εταιρίας Fluke. Μοντέλο Tis55

Πηγή: [<http://www.megael.gr/tis55/>]

Τέλος θα περιγράψουμε τη κατηγορία του κτιρίου που βρίσκεται στο ενδιάμεσο μεταξύ των 2 πρώτων κατηγοριών. Αυτή η κατηγορία κτιρίου είναι το κτίριο με εξωτερική μόνωση και με καινούργιας τεχνολογίας κουφώματα. Σε αυτή τη κατηγορία οι θερμικές απώλειες συναγωγής και οι θερμικές απώλειες αερισμού βρίσκονται σε κανονικά επίπεδα. Αυτή η κατηγορία αποτελεί τη πιο κατάλληλη επιλογή κτιρίου.

7.2 ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΥΠΙΚΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

Το υποθετικό κτίριο που θα μελετήσουμε ανήκει στη 3^η κατηγορία του προηγούμενου Κεφαλαίου. Ακολουθούν αναλυτικά όλα τα χαρακτηριστικά του κτιρίου.

Περιοχή : Αττική

Κλιματική Ζώνη : Β

Πόλη : Πειραιά

Υψόμετρο Περιοχής : Κάτω από 500 μέτρα

Επιθυμητή Θερμοκρασία : 20 Βαθμούς Κελσίου

Έτος Κατασκευής : 1980

Εμβαδόν Κατοικίας : 85 Τετραγωνικά μέτρα

Ύψος Ορόφου : 3 Μέτρα

Θέση – Πυκνότητα Δόμησης : Σε πόλη με κτίρια σε κοντινή απόσταση

Μόνωση Τοίχων : Πλημμελής Μόνωση (3 εκατοστά)

Βόρεια Πλευρά σε Επαφή με : Αέρα

Νότια Πλευρά σε Επαφή με: Αέρα

Ανατολική Πλευρά σε Επαφή με: Αέρα

Δυτική Πλευρά σε Επαφή με : Αέρα

Δάπεδο σε Επαφή με : Έδαφος

Οροφή σε Επαφή με : Αέρα

Μόνωση Δαπέδου : Πλημμελής Μόνωση (3 εκατοστά)

Μόνωση Οροφής : Πλημμελής Μόνωση (3 εκατοστά)

Πόρτες Εξωτερικές : 1 (ύψος 2,2 μέτρα – μήκος 1,15 μέτρα)

Πόρτες Εσωτερικές : 4 (ύψος 2 μέτρα – μήκος 0,85 μέτρα)

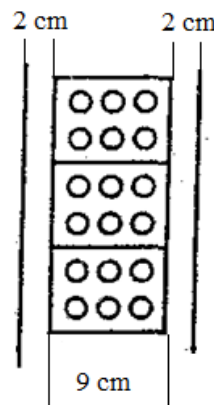
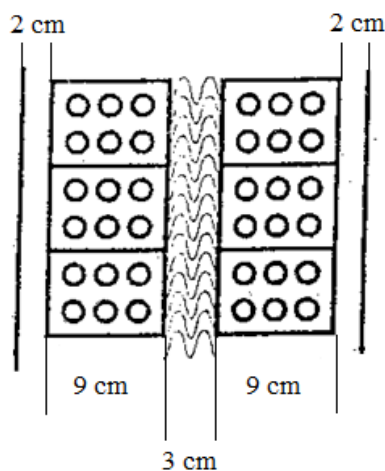
Παράθυρα-Μπαλκονόπορτες : 3-2 (1x ύψος 1.2 μέτρα – μήκος 1,2 μέτρα, 1x ύψος 1.2 μέτρα – μήκος 0.8 μέτρα, 1x ύψος 0.6 μέτρα – μήκος 0.7 μέτρα / 2x ύψος 2,2 μέτρα – μήκος 1,1 μέτρα)

Μέση Χειμερινή θερμοκρασία : 11 Βαθμούς Κελσίου

Μέση Ελάχιστη Χειμερινή Εξωτερική Θερμοκρασία : 2 Βαθμούς Κελσίου

Συντελεστής Ασφαλείας Υπολογισμών : 5%

Ο τύπος της δόμησης των εξωτερικών τοίχων του κτιρίου είναι διπλή δρομική (Εικόνα 26). Είναι κατασκευασμένοι με διπλό τούβλο με σοβάτισμα και στις 2 πλευρές και μόνωση 3 εκατοστών τύπου (DOW WALLMATE) ενδιάμεσα των τούβλων. Οι εσωτερικοί τοίχοι είναι κατασκευασμένοι από μονό τούβλο με σοβάτισμα και στις 2 πλευρές.



Εικόνα 26. Τύπος δόμησης εξωτερικού τοίχου. Εικόνα 27. Τύπος δόμησης εσωτερικού τοίχου.

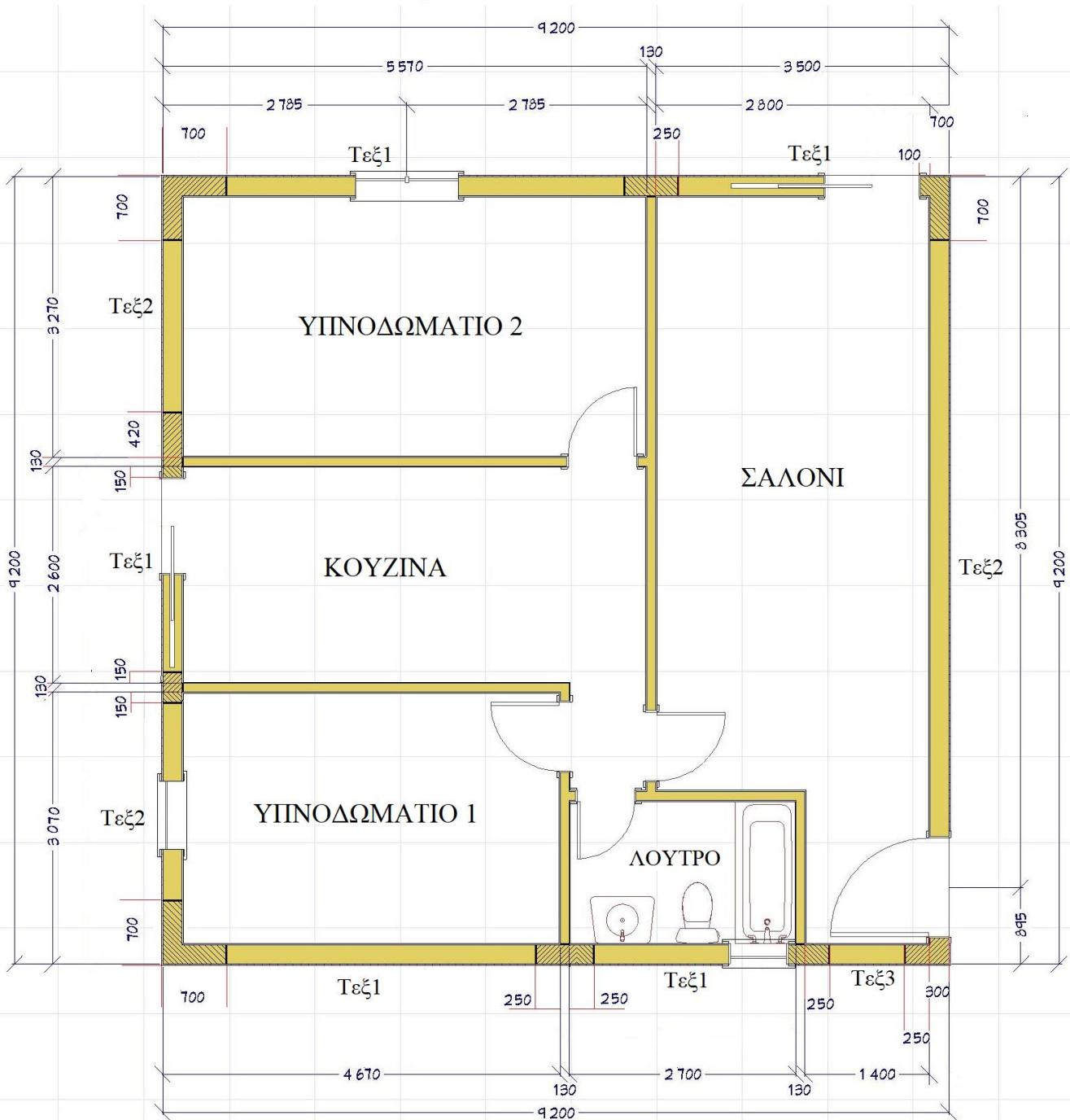
Το πάτωμα έχει πάχος 33 εκατοστά. Αυτά τα 33 εκατοστά διακρίνονται σε 25 εκατοστά σκυρόδεμα, 3 εκατοστά μόνωση DOW WALLMATE και 5 εκατοστά πλακίδια επίστρωσης.

Η οροφή έχει πάχος 36 εκατοστά, οποία διακρίνονται σε 28 εκατοστά σκυρόδεμα, 2 εκατοστά σοβάς, 3 εκατοστά μόνωση DOW WALLMATE και 3 εκατοστά πλακίδια επίστρωσης.

Το υλικό κατασκευής του πλαισίου των παράθυρων και των μπαλκονόπορτων είναι το αλουμίνιο. Ο τύπος τους είναι διπλός μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 3 χιλιοστά.

Το υλικό κατασκευής της εξωτερικής πόρτας είναι το αλουμίνιο. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας k , για πόρτες χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα στη ζώνη Β, είναι ίσος με $2,6 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$ (από Πίνακα Β.10 στο Παράρτημα Β').

Ακολουθεί η κάτοψη με διαστάσεις και τους διάφορους χώρους του κτιρίου.



Σχήμα 11. Κάτοψη υποτιθέμενου κτιρίου.

8 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ Κ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Όπως παρατηρούμε στο Σχήμα 11 το υποτιθέμενο κτίριο διαθέτει 5 δωμάτια/χώρους. Αυτοί οι χώροι είναι το σαλόνι, η κουζίνα, το υπνοδωμάτιο 1, το υπνοδωμάτιο 2 και το λουτρό. Ακολουθούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών των θερμικών απωλειών κάθε δωματίου ξεχωριστά με τη μορφή πινάκων. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί των θερμικών απωλειών βρίσκονται στο Παράρτημα Α'.

ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1

Πίνακας 3. Πίνακας θερμικών απωλειών για το Υπνοδωμάτιο 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|--------|-------------------|
| Είδος τοιχώματος | Προσανατολισμός | Πάχος τοιχώματος | Υπολογισμός επιφανειών | | | | | Υπολ.θερμ.απωλειών | | | | | Προσαυξήσεις | | | Θερμικές απώλειες |
| | | | Μήκος | Ύψος ή πλάτος | Επιφάνεια | Αρ.ομ.τοιχ. | Αφαιρετέα επιφάνεια | Επιφάνεια υπολογισμού | Συντελεστής θερμοπερ/τήτας | Διαφορά θερμοκρασίας | Θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξ. | Z _ο διακοπτ.λεπ. | Z _H προσαν.& υψ | Z συντ. προσαυξ. | | |
| - | - | cm | m | m | m ² | - | m ² | m ² | κ | °C | kcal/h | % | % | 1+% | kcal/h | |
| Τεξ 1 | A | 25 | 5,7 | 3 | 17,1 | 1 | 8,1 | 9 | 0,578 | 18 | 93,6 | 25 | 0 | 1,25 | 117,1 | |
| Τδοκ | A | 35 | 5,7 | 0,6 | 3,42 | 1 | | 3,42 | 0,694 | 18 | 42,7 | 25 | 0 | 1,25 | 53,4 | |
| Τκολ1 | A | 35 | 0,38 | 3 | 1,14 | 1 | | 1,14 | 0,694 | 18 | 14,2 | 25 | 0 | 1,25 | 17,8 | |
| Τκολ2 | A | 35 | 0,7 | 3 | 2,1 | 1 | | 2,1 | 0,694 | 18 | 26,2 | 25 | 0 | 1,25 | 32,8 | |
| Απαρα | A | - | 1,2 | 1,2 | 1,44 | 1 | | 1,44 | 3 | 18 | 77,8 | 25 | 0 | 1,25 | 97,2 | |
| Δαπ | - | 33 | 5,7 | 3,4 | 19,38 | 1 | | 19,38 | 0,7 | 9 | 122,1 | 25 | 0 | 1,25 | 152,6 | |
| | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 470,9 | |
| Τεξ 2 | B | 25 | 3,4 | 3 | 10,2 | 1 | 5,34 | 4,86 | 0,578 | 18 | 50,6 | 25 | 5 | 1,25 | 65,7 | |
| Τδοκ | B | 35 | 3,4 | 0,6 | 2,04 | 1 | | 2,04 | 0,694 | 18 | 25,5 | 25 | 5 | 1,25 | 33,1 | |
| Τκολ1 | B | 35 | 0,55 | 3 | 1,65 | 1 | | 1,65 | 0,694 | 18 | 20,6 | 25 | 5 | 1,25 | 26,8 | |
| Τκολ2 | B | 35 | 0,55 | 3 | 1,65 | 1 | | 1,65 | 0,694 | 18 | 20,6 | 25 | 5 | 1,25 | 26,8 | |
| Οροφή | - | 36 | 5,7 | 3,4 | 19,38 | 1 | | 19,38 | 0,691 | 18 | 241,1 | 25 | 0 | 1,25 | 301,3 | |
| | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 453,8 | |

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας k υπολογίζεται από τον τύπο :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\Sigma \delta i}{\lambda i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}} \right) \quad [41]$$

Όπου α_1 και α_2 συντελεστές θερμικής μετάβασης και είναι ίσοι με 7 και 20 $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h}^\circ\text{C}}$ (από Πίνακα Β.2 στο Παράρτημα Β).

Όπου λ συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας υλικού $\frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$

Όπου δ πάχος υλικού m

Οι θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξήσεις υπολογίζονται από τον τύπο :

$$Q = E \cdot k \cdot \Delta T \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) \quad [42]$$

Όπου E επιφάνεια υπολογισμού (m^2)

Όπου ΔT διαφορά θερμοκρασίας ($^\circ\text{C}$)

Οι θερμικές απώλειες με προσαυξήσεις υπολογίζονται από τον τύπο :

$$Q' = Q \cdot Z \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) \quad [43]$$

Όπου Z συντελεστής προσαύξεσης

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του υπνοδωματίου 1 υπολογίζονται από άθροισμα των θερμικών απωλειών των 2 εξωτερικών τοίχων του χώρου και με τις θερμικές απώλειες λόγω αερισμού.

Οι θερμικές απώλειες λόγω αερισμού υπολογίζονται από τον τύπο :

$$Q_a = a \cdot l \cdot R \cdot H \cdot Z_r \cdot \Delta T \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right) \quad [44]$$

Άρα $Q_{\text{ολ}} (\text{Υπνοδωμάτιο 1}) = 470,9 + 453,8 + Q_a^* = 924,7 + 57,4 = 982,1 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$

* ο υπολογισμός του Q_a για όλα τα δωμάτια βρίσκεται στο Παράρτημα Α'.

ΣΑΛΟΝΙ

Πίνακας 4. Πίνακας θερμικών απωλειών για το Σαλόνι

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|----------------|------------------|--------|-------------------|
| Είδος τοιχώματος | Προσανατολισμός | Πάχος τοιχώματος | Υπολογισμός επιφανειών | | | | | Υπολ.θερμ.απωλειών | | | | | Προσαυξήσεις | | | Θερμικές απώλειες |
| | | | Μήκος | Ύψος ή πλάτος | Επιφάνεια | Αρ.ομ.τοιχ. | Αφαιρετέα επιφάνεια | Επιφάνεια υπολογισμού | Συντελεστής θερμοπερ/ήτας | Διαφορά θερμοκρασίας | Θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξ. | Zο διακοπτ.λειπ. | ZH προσαν.& υψ | Z συντ. προσαυξ. | | |
| - | - | cm | m | m | m ² | - | m ² | m ² | k | °C | kcal/h | % | % | 1+% | kcal/h | |
| Τεξ 1 | A | 25 | 2,8 | 3 | 8,4 | 1 | 5,15 | 3,25 | 0,578 | 18 | 33,8 | 25 | 0 | 1,25 | 42,3 | |
| Τδοκ | A | 35 | 2,8 | 0,6 | 1,68 | 1 | | 1,68 | 0,694 | 18 | 21,0 | 25 | 0 | 1,25 | 26,2 | |
| Τκολ1 | A | 35 | 0,1 | 3 | 0,3 | 1 | | 0,3 | 0,694 | 18 | 3,8 | 25 | 0 | 1,25 | 4,7 | |
| Τκολ2 | A | 35 | 0,25 | 3 | 0,75 | 1 | | 0,75 | 0,694 | 18 | 9,4 | 25 | 0 | 1,25 | 11,7 | |
| Απαρα | A | - | 1,1 | 2,2 | 2,42 | 1 | | 2,42 | 3 | 18 | 130,7 | 25 | 0 | 1,25 | 163,3 | |
| Δαππ | - | 33 | 9,2 | 3,3 | 30,36 | 1 | | 30,36 | 0,7 | 9 | 191,3 | 25 | 0 | 1,25 | 239,1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 487,3 |
| Τεξ 2 | N | 25 | 9,2 | 3 | 27,6 | 1 | 11,05 | 16,55 | 0,578 | 18 | 172,2 | 25 | -5 | 1,20 | 206,6 | |
| Τδοκ | N | 35 | 9,2 | 0,6 | 5,52 | 1 | | 5,52 | 0,694 | 18 | 68,9 | 25 | -5 | 1,20 | 82,7 | |
| Τκολ1 | N | 35 | 0,7 | 3 | 2,1 | 1 | | 2,1 | 0,694 | 18 | 26,2 | 25 | -5 | 1,20 | 31,5 | |
| Τκολ2 | N | 35 | 0,3 | 3 | 0,9 | 1 | | 0,9 | 0,694 | 18 | 11,2 | 25 | -5 | 1,20 | 13,5 | |
| Απορτ | N | - | 1,15 | 2,2 | 2,53 | 1 | | 2,53 | 2,6 | 18 | 118,4 | 25 | 0 | 1,25 | 142,1 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 476,4 |
| Τεξ 3 | B | 25 | 1,4 | 3 | 4,2 | 1 | 2,34 | 1,86 | 0,578 | 18 | 19,3 | 25 | 5 | 1,30 | 25,1 | |
| Τδοκ | B | 35 | 1,4 | 0,6 | 0,84 | 1 | | 0,84 | 0,694 | 18 | 10,5 | 25 | 5 | 1,30 | 13,6 | |
| Τκολ1 | B | 35 | 0,25 | 3 | 0,75 | 1 | | 0,75 | 0,694 | 18 | 9,4 | 25 | 5 | 1,30 | 12,2 | |
| Τκολ2 | B | 35 | 0,25 | 3 | 0,75 | 1 | | 0,75 | 0,694 | 18 | 9,4 | 25 | 5 | 1,30 | 12,2 | |
| Οροφη | - | 36 | 9,2 | 3,3 | 30,36 | 1 | | 30,36 | 0,691 | 18 | 377,6 | 25 | 0 | 1,25 | 472,0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 535,2 |

Για τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών του σαλονιού χρησιμοποιούμε τις Σχέσεις [41], [42], [43] και [44].

$$\text{Άρα } Q_{\text{ολ}} (\text{Σαλόνι}) = 487,3 + 476,4 + 535,2 + Q_a = 1498,9 + 159,0 = 1657,9 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$$

ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2

Πίνακας 5. Πίνακας θερμικών απωλειών για το Υπνοδωμάτιο 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|--------|-------------------|
| Είδος τοιχώματος | Προσανατολισμός | Πάχος τοιχώματος | Υπολογισμός επιφανειών | | | | | Υπολ.θερμ.απωλειών | | | | | Προσαυξήσεις | | | Θερμικές απώλειες |
| | | | Μήκος | Ύψος ή πλάτος | Επιφάνεια | Αρ.ομ.τοιχ. | Αφαιρετέα επιφάνεια | Επιφάνεια υπολογισμού | Συντελεστής θερμοπερ/τητας | Διαφορά θερμοκρασίας | Θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξ. | Z _ο διακοππ.λειπ. | Z _H προσαν.& υψ | Z συντ. προσαυξ. | | |
| - | - | cm | m | m | m ² | - | m ² | m ² | k | °C | kcal/h | % | % | 1+% | kcal/h | |
| Τεξ 1 | Δ | 25 | 2,95 | 3 | 8,85 | 1 | 5,22 | 3,63 | 0,578 | 18 | 37,8 | 25 | 0 | 1,25 | 47,2 | |
| Τδοκ | Δ | 35 | 2,95 | 0,6 | 1,77 | 1 | | 1,77 | 0,694 | 18 | 22,1 | 25 | 0 | 1,25 | 27,6 | |
| Τκολ1 | Δ | 35 | 0,28 | 3 | 0,84 | 1 | | 0,84 | 0,694 | 18 | 10,5 | 25 | 0 | 1,25 | 13,1 | |
| Τκολ2 | Δ | 35 | 0,55 | 3 | 1,65 | 1 | | 1,65 | 0,694 | 18 | 20,6 | 25 | 0 | 1,25 | 25,8 | |
| Απαρα | Δ | - | 0,8 | 1,2 | 0,96 | 1 | | 0,96 | 3 | 18 | 51,8 | 25 | 0 | 1,25 | 64,8 | |
| Δαπ | - | 33 | 4,8 | 3,2 | 15,36 | 1 | | 15,36 | 0,7 | 9 | 96,8 | 25 | 0 | 1,25 | 121,0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 299,5 |
| Τεξ 2 | Β | 25 | 4,8 | 3 | 14,4 | 1 | 6,12 | 8,28 | 0,578 | 18 | 86,1 | 25 | 5 | 1,30 | 112,0 | |
| Τδοκ | Β | 35 | 4,8 | 0,6 | 2,88 | 1 | | 2,88 | 0,694 | 18 | 36,0 | 25 | 5 | 1,30 | 46,8 | |
| Τκολ1 | Β | 35 | 0,7 | 3 | 2,1 | 1 | | 2,1 | 0,694 | 18 | 26,2 | 25 | 5 | 1,30 | 34,1 | |
| Τκολ2 | Β | 35 | 0,38 | 3 | 1,14 | 1 | | 1,14 | 0,694 | 18 | 14,2 | 25 | 5 | 1,30 | 18,5 | |
| Οροφη | - | 36 | 4,8 | 3,2 | 15,36 | 1 | | 15,36 | 0,691 | 18 | 191,0 | 25 | 0 | 1,25 | 211,4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Σ= | 422,8 |

Για τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών του υπνοδωματίου 2 χρησιμοποιούμε τις Σχέσεις [41], [42], [43] και [44].

$$\begin{aligned} \text{Άρα } Q_{\text{ολ}} (\text{Υπνοδωμάτιο 2}) &= 299,5 + 422,8 + Q_a = 722,3 + 47,8 = \\ &= 770,1 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right) \end{aligned}$$

ΚΟΥΖΙΝΑ

Πίνακας 6. Πίνακας θερμικών απωλειών για την Κουζίνα

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|--------|-------------------|
| Είδος τοιχώματος | Προσανατολισμός | Πάχος τοιχώματος | Υπολογισμός επιφανειών | | | | | Υπολ.θερμ.απωλειών | | | | | Προσαυξήσεις | | | Θερμικές απώλειες |
| | | | Μήκος | Ύψος ή πλάτος | Επιφάνεια | Αρ.ομ.τοιχ. | Αφαιρετέα επιφάνεια | Επιφάνεια υπολογισμού | Συντελεστής θερμοπερ/ήτας | Διαφορά θερμοκρασίας | Θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξ. | Z ₀ διακοππ.λεπ. | Z _H προσαν.& υψ | Z συντ. προσαυξ. | | |
| - | - | cm | m | m | m ² | - | m ² | m ² | κ | °C | kcal/h | % | % | 1+ | kcal/h | |
| Τεξ 1 | B | 25 | 2,6 | 3 | 7,8 | 1 | 4,88 | 2,92 | 0,578 | 18 | 30,4 | 25 | 5 | 1,30 | 39,5 | |
| Τδοκ | B | 35 | 2,6 | 0,6 | 1,56 | 1 | | 1,56 | 0,694 | 18 | 19,5 | 25 | 5 | 1,30 | 25,3 | |
| Τκολ1 | B | 35 | 0,15 | 3 | 0,45 | 1 | | 0,45 | 0,694 | 18 | 5,6 | 25 | 5 | 1,30 | 7,3 | |
| Τκολ2 | B | 35 | 0,15 | 3 | 0,45 | 1 | | 0,45 | 0,694 | 18 | 5,6 | 25 | 5 | 1,30 | 7,3 | |
| Απαρα | B | - | 1,1 | 2,2 | 2,42 | 1 | | 2,42 | 3 | 18 | 130,7 | 25 | 5 | 1,30 | 169,9 | |
| Δαπ | - | 33 | 5,7 | 2,6 | 14,82 | 1 | | 14,82 | 0,7 | 9 | 93,4 | 25 | 0 | 1,25 | 116,7 | |
| Οροφη | - | 36 | 5,7 | 2,6 | 14,82 | 1 | | 14,82 | 0,691 | 18 | 184,4 | 25 | 0 | 1,25 | 230,4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 596,4 | |

Για τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών της κουζίνας χρησιμοποιούμε τις Σχέσεις [41], [42], [43] και [44].

$$\text{Αρα } Q_{\text{ολ}} (\text{Κουζίνα}) = 596,4 + Q_a = 596,4 + 78,9 = 675,3 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$$

ΛΟΥΤΡΟ

Πίνακας 7. Πίνακας θερμικών απωλειών για το Λουτρό

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|---------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------|--------|-------------------|
| Είδος τοιχώματος | Προσανατολισμός | Πάχος τοιχώματος | Υπολογισμός επιφανειών | | | | | Υπολ.θερμ.απωλειών | | | | | Προσαυξήσεις | | | Θερμικές απώλειες |
| | | | Μήκος | Ύψος ή πλάτος | Επιφάνεια | Αρ.ομ.τοιχ. | Αφαιρετέα επιφάνεια | Επιφάνεια υπολογισμού | Συντελεστής θερμοπερ/ήτας | Διαφορά θερμοκρασίας | Θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξ. | Z ₀ διακοππ.λεπ. | Z _H προσαν.& υψ | Z συντ. προσαυξ. | | |
| - | - | cm | m | m | m ² | - | m ² | m ² | κ | °C | kcal/h | % | % | 1+% | kcal/h | |
| Τεξ 1 | Δ | 25 | 2,7 | 3 | 8,1 | 1 | 3,18 | 4,92 | 0,578 | 18 | 51,2 | 25 | 0 | 1,25 | 64,0 | |
| Τδοκ | Δ | 35 | 2,7 | 0,6 | 1,62 | 1 | | 1,62 | 0,694 | 18 | 20,2 | 25 | 0 | 1,25 | 25,3 | |
| Τκολ1 | Δ | 35 | 0,25 | 3 | 0,75 | 1 | | 0,75 | 0,694 | 18 | 9,4 | 25 | 0 | 1,25 | 11,7 | |
| Τκολ2 | Δ | 35 | 0,13 | 3 | 0,39 | 1 | | 0,39 | 0,694 | 18 | 4,9 | 25 | 0 | 1,25 | 6,1 | |
| Απαρα | Δ | - | 0,7 | 0,6 | 0,42 | 1 | | 0,42 | 3 | 18 | 22,7 | 25 | 0 | 1,25 | 28,3 | |
| Δαπ | - | 33 | 2,7 | 1,7 | 4,59 | 1 | | 4,59 | 0,7 | 9 | 28,9 | 25 | 0 | 1,25 | 36,1 | |
| Οροφη | - | 36 | 2,7 | 1,7 | 4,59 | 1 | | 4,59 | 0,691 | 18 | 57,1 | 25 | 0 | 1,25 | 71,4 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 243,0 | |

Για τους υπολογισμούς των θερμικών απωλειών του λουτρού χρησιμοποιούμε τις Σχέσεις [41], [42], [43] και [44].

$$\text{Αρα } Q_{ολ} (\text{Λουτρό}) = 243,0 + Q_a = 243,0 + 31,1 = 274,1 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}} \right)$$

Πίνακας 8. Αποτελέσματα θερμικών απωλειών του κτιρίου

| ΔΩΜΑΤΙΟ | ΣΑΛΟΝΙ | ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 1 | ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ 2 | ΚΟΥΖΙΝΑ | ΛΟΥΤΡΟ |
|-------------------|--------|---------------|---------------|---------|--------|
| ΑΠΩΛΕΙΕΣ | 1657,9 | 982,1 | 770,1 | 675,3 | 274,1 |
| Σ = 4359,4 kcal/h | | | | | |

8.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Έχουμε επιλέξει να διαχωρίσουμε το σύστημα των σωληνώσεων των θερμαντικών σωμάτων σε 3 διαφορετικά κυκλώματα. Το πρώτο κύκλωμα αποτελεί το σαλόνι, το δεύτερο κύκλωμα αποτελεί το υπνοδωμάτιο 1 και η κουζίνα και τέλος το τρίτο κύκλωμα αποτελεί το υπνοδωμάτιο 2 και το λουτρό. Η ταχύτητα ροής του νερού είναι $V = 0.14 \text{ m/s}$ και η διάμετρος των σωλήνων του συστήματος είναι $d = 16 \text{ mm}$. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί των κυκλωμάτων βρίσκονται στο Παράρτημα Α΄. Ακολουθούν οι πίνακες με τα αποτελέσματα του κάθε κυκλώματος ξεχωριστά.

Πίνακας 9. ΚΥΚΛΩΜΑ 1

| Ενδεικτικός χώρος | Σαλόνι |
|---|------------|
| Ενδεικτικός αριθμός θερμαντικού σώματος | 1 |
| Θερμικές απώλειες χώρου $Q_{ολ}$ (kcal/h) | 1657,9 |
| Παροχή νερού κ' προρύθμιση διακόπτη σώματος (L) | 46,1 |
| Θερμοκρασία χώρου t_i (°C) | 18 |
| Θερμοκρασία εισαγωγής σώματος t_v (°C) | 90 |
| Πτώση θερμοκρασίας ΔT (°C) | 18 |
| Θερμοκρασία εξόδου t_r (°C) | 72 |
| Μέση θερμοκρασία σώματος t_m (°C) | 81 |
| Συντελεστής αναγωγής K | 1,15 |
| Ονομαστική ισχύς σώματος σε 60 (°C) (kcal/h) | 1906,6 |
| Θερμαντικό σώμα | 905-III-15 |
| Ενδεικτικό μήκος σωλήνων (m) | 6 |

Για τον υπολογισμό της παροχής του νερού χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$G = \left(\frac{Q_{ολ}}{t_i}\right) \cdot \Pi \quad (\text{L}) \quad [45]$$

Όπου Π η προρύθμιση και ισούται με 50%

Η θερμοκρασία εισαγωγής σώματος σε ένα χώρο με ένα θερμαντικό σώμα είναι 90°C

Για τον υπολογισμό της πτώσης θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$\Delta T = \frac{Q_{ολ}}{2 \cdot G \cdot \Pi} \quad (^\circ\text{C}) \quad [46]$$

Για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας εξόδου χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$t_r = t_v - \Delta T \quad (^\circ\text{C}) \quad [47]$$

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$t_m = \frac{t_v + t_r}{2} \quad (^\circ\text{C}) \quad [48]$$

Ο συντελεστής αναγωγής K βασίζεται με τη μέση θερμοκρασία του σώματος. Ανατρέχουμε στον Πίνακα Β.13 στο Παράρτημα Β΄.

Για τον υπολογισμό της ονομαστικής ισχύος χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$P = Q_{ολ} \cdot K \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right) \quad [49]$$

Το θερμαντικό σώμα : μέση θερμοκρασία 60°C και απόσταση σύνδεσης των σωλήνων προσαρμογής και απαγωγής νερού 905 mm.

Για τον υπολογισμό του αριθμού των ‘φετών’ ανατρέχουμε στον Πίνακα στο Β.11 Παράρτημα Β΄ στη στήλη των 905. Για ονομαστική ισχύ 1906,6 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$ παρατηρούμε ότι στο Πίνακα Β,11 δεν υπάρχει αυτή η συγκεκριμένη τιμή ονομαστικής ισχύος, οπότε επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη. Άρα για ισχύ 1910 $\left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$ το θερμαντικό σώμα έχει 15 ‘φέτες’.

Όσον αφορά το είδος του θερμαντικού σώματος υπάρχουν 3 είδη, τα οποία είναι τα δίστηλα, τα τρίστηλα και τετράστηλα. Επιλέγουμε τα τρίστηλα, είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος θερμαντικού σώματος, τα δίστηλα και τετράστηλα θερμαντικά σώματα επιλέγονται αν ο χώρος είναι πολύ μικρός ή πολύ μεγάλος αντίστοιχα.

Άρα το θερμαντικό σώμα που επιλέγουμε για το σαλόνι είναι τύπου 905-III-16.

Πίνακας 10. ΚΥΚΛΩΜΑ 2

| Ενδεικτικός χώρος | Υπνοδωμάτιο 1 | Κουζίνα |
|--|---------------|-----------|
| Ενδεικτικός αριθμός θερμαντικού σώματος | 2 | 3 |
| Θερμικές απώλειες χώρου $Q_{ολ}$ (kcal/h) | 982,1 | 675,3 |
| Παροχή νερού κ΄ προϋθμιση διακόπτη σώματος (L) | 46,0 | 46,0 |
| Θερμοκρασία χώρου t_i (°C) | 18 | 18 |
| Θερμοκρασία εισαγωγής σώματος t_v (°C) | 90 | 79,2 |
| Πτώση θερμοκρασίας ΔT (°C) | 10,7 | 7,3 |
| Θερμοκρασία εξόδου t_r (°C) | 68,7 | 64,7 |
| Μέση θερμοκρασία σώματος t_m (°C) | 79,3 | 72,0 |
| Συντελεστής αναγωγής K | 0,97 | 1,15 |
| Ονομαστική ισχύς σώματος σε 60 (°C) (kcal/h) | 952,5 | 776,6 |
| Θερμαντικό σώμα | 905-III-8 | 905-III-7 |
| Ενδεικτικό μήκος σωλήνων (m) | 32,3 | |

Για τον υπολογισμό της παροχής χρησιμοποιούμε τη Σχέση [45]. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να προσθέσουμε τις ολικές θερμικές απώλειες των 2 δωματίων.

Η θερμοκρασία εισαγωγής του ενδεικτικού θερμαντικού σώματος 2 (δηλαδή του υπνοδωματίου 1) είναι 90 °C. Για να υπολογίσουμε τη θερμοκρασία εισαγωγής του ενδεικτικού θερμαντικού σώματος 3 (δηλαδή της κουζίνας) χρησιμοποιούμε το τύπο:

$$t_{v2} = t_{v1} - \left(\frac{Q_{ολ2}}{G_{ολ}}\right) \quad (^\circ\text{C}) \quad [50]$$

Όπου $Q_{ολ}$ ολική παροχή του νερού (λίτρα)

Όπου $Q_{ολ}$ θερμικές απώλειες του υπνοδωματίου 1 (kcal/h)

Για τον υπολογισμό της πτώσης θερμοκρασίας, της θερμοκρασίας εξόδου, της μέσης θερμοκρασίας και της ονομαστικής ισχύς χρησιμοποιούμε τις Σχέσεις [46], [47], [48] και [49] αντίστοιχα για κάθε δωμάτιο. Τον συντελεστή αναγωγής από Πίνακα Β.13 στο Παράρτημα Β'.

Με τα ίδια κριτήρια επιλογής θερμαντικού σώματος, όπως και στο σαλόνι, παρατηρούμε ότι στο Πίνακα Β.11 στο Παράρτημα Β' δεν υπάρχει η τιμή ονομαστικής ισχύς 952,5 (kcal/h) για το υπνοδωμάτιο 1, ούτε η τιμή ονομαστικής ισχύς 776,6 (kcal/h) για τη κουζίνα. Άρα επιλέγουμε τα αμέσως μεγαλύτερα, οπότε για 1020 (kcal/h) και 890 (kcal/h) αντίστοιχα για υπνοδωμάτιο 1 και κουζίνα, που αντιπροσωπεύουν σε 8 και 7 'φέτες' αντίστοιχα.

Τελικά το θερμαντικό σώμα που επιλέγουμε για το υπνοδωμάτιο 1 είναι τύπου 905-III-8 και για τη κουζίνα 905-III-7.

Πίνακας 11. ΚΥΚΛΩΜΑ 3

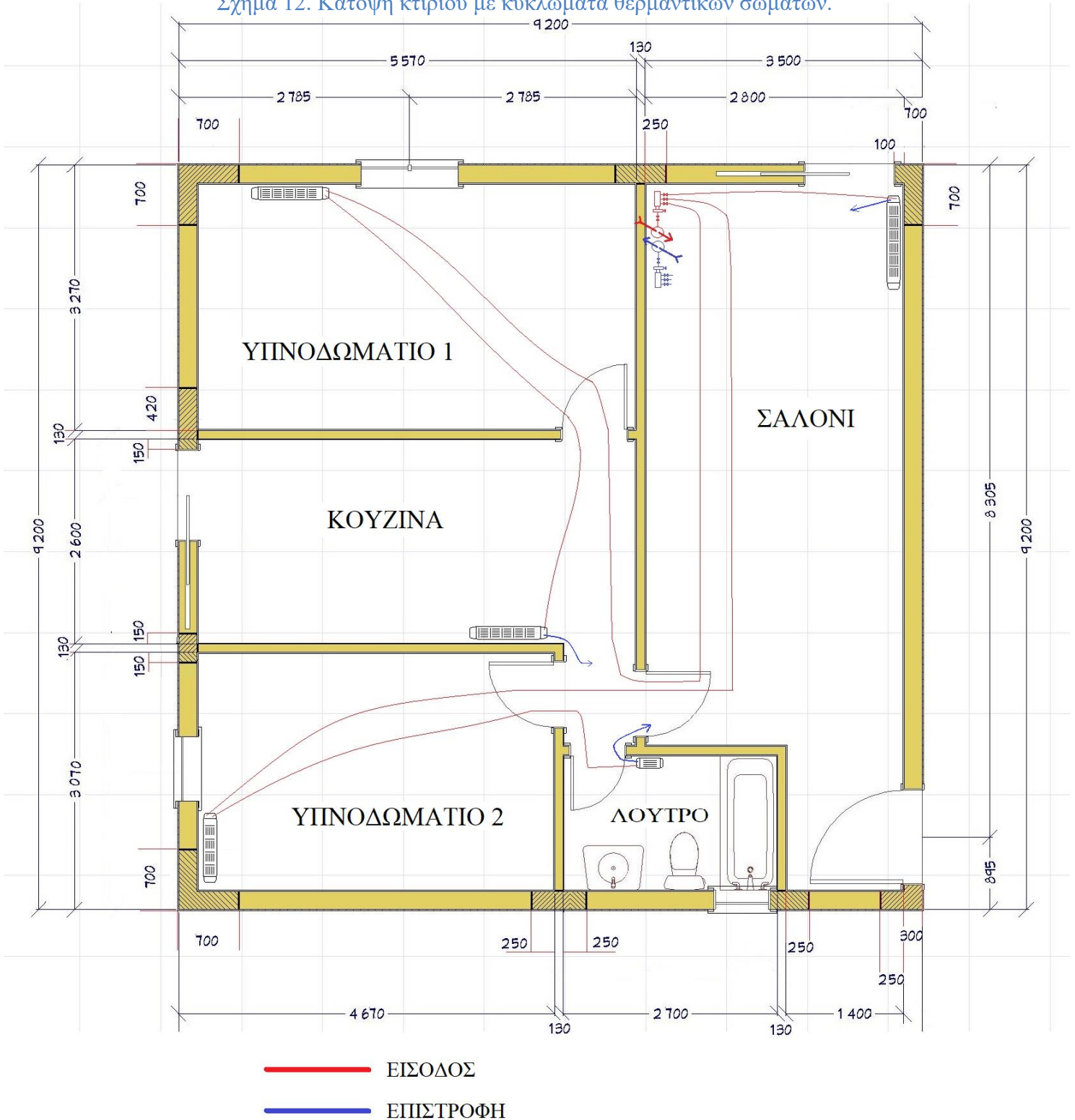
| Ενδεικτικός χώρος | Υπνοδωμάτιο 2 | Λουτρό |
|--|---------------|-----------|
| Ενδεικτικός αριθμός θερμαντικού σώματος | 4 | 5 |
| Θερμικές απώλειες χώρου $Q_{ολ}$ (kcal/h) | 770,1 | 274,1 |
| Παροχή νερού κ' προϋθμιση διακόπτη σώματος (L) | 29,0 | 29,0 |
| Θερμοκρασία χώρου t_i (°C) | 18 | 18 |
| Θερμοκρασία εισαγωγής σώματος t_n (°C) | 90 | 76,7 |
| Πτώση θερμοκρασίας ΔT (°C) | 13,3 | 4,7 |
| Θερμοκρασία εξόδου t_r (°C) | 63,4 | 67,3 |
| Μέση θερμοκρασία σώματος t_m (°C) | 76,7 | 72 |
| Συντελεστής αναγωγής K | 1,02 | 1,15 |
| Ονομαστική ισχύς σώματος σε 60 (°C) (kcal/h) | 785,5 | 315,1 |
| Θερμαντικό σώμα | 905-III-7 | 905-III-3 |
| Ενδεικτικό μήκος σωλήνων (m) | 32,2 | |

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με το Κύκλωμα 2 για βρούμε τα αποτελέσματα.

Με τα ίδια κριτήρια επιλογής θερμαντικού σώματος παρατηρούμε ότι στο Πίνακα Β.11 στο Παράρτημα Β' δεν υπάρχει η τιμή ονομαστικής ισχύς 785,5 (kcal/h) για το υπνοδωμάτιο 2, ούτε η τιμή ονομαστικής ισχύς 315,1 (kcal/h) για το λουτρό. Άρα επιλέγουμε τα αμέσως μεγαλύτερα, οπότε για 890 (kcal/h) και 440 (kcal/h) αντίστοιχα για υπνοδωμάτιο 2 και λουτρό, που αντιπροσωπεύουν σε 6 και 3 'φέτες' αντίστοιχα.

Τελικά το θερμαντικό σώμα που επιλέγουμε για το υπνοδωμάτιο 2 είναι τύπου 905-III-7 και για το λουτρό 905-III-3.

Διπλωματική εργασία – Κωνσταντόπουλος Αναστάσιος
Σχήμα 12. Κάτοψη κτιρίου με κυκλώματα θερμαντικών σωμάτων.



Κύκλωμα 1 : Σαλόνι, 1^ο θερμαντικό σώμα (μήκος σωληνώσεων 6 μέτρα)

Κύκλωμα 2 : Υπνοδωμάτιο 1-Κουζίνα, 2^ο και 3^ο θερμαντικό σώμα
(μήκος σωληνώσεων 32,3 μέτρα)

Κύκλωμα 3 : Υπνοδωμάτιο 2-Λουτρό, 4^ο και 5^ο θερμαντικό σώμα
(μήκος σωληνώσεων 32,2 μέτρα)

8.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΕΒΗΤΑ

Για να μπορέσουμε να επιλέξουμε κατάλληλο λέβητα που να ικανοποιεί τις θερμαντικές απαιτήσεις του κτιρίου θα πρέπει να υπολογίσουμε τη θερμική του ισχύ με βάση τις ολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου.

Για τον υπολογισμό της θερμικής ισχύος του λέβητα χρησιμοποιούμε τον ακόλουθο τύπο :

$$Q_{\Lambda} = [(1 + Z) \cdot Q_{ολ}] + Q_{\theta} \quad (\text{kcal/h}) \quad [51]$$

Όπου Z προσαύξηση λόγω απωλειών στις σωληνώσεις και λόγω επιτάχυνσης στην έναρξη της λειτουργίας. Λαμβάνεται ίση με 30% ή 0,3

Όπου $Q_{ολ}$ ολικές θερμικές απώλειες του κτιρίου (kcal/h)

Όπου Q_{θ} θερμική ισχύς του θερμοαντήρα (kcal/h)

Η θερμική ισχύς του θερμοαντήρα (ή αλλιώς μπόιλερ) υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$Q_{\theta} = C_M \cdot \Delta T \cdot t \quad (\text{kcal/h}) \quad [52]$$

Όπου C_M η χωρητικότητα του μπόιλερ. Επιλέγουμε $C_M = 100 \text{ L}$

Όπου ΔT η θέρμανση της ολικής ποσότητας του νερού από $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ σε $90 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Άρα $\Delta T = 90 - 20 = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Όπου t το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για θερμανθεί πλήρως η ολική ποσότητα του νερού. Λαμβάνεται $t = 1 \text{ hour}$.

Άρα από τη Σχέση [52] έχουμε : $Q_{\theta} = 100 \cdot 70 \cdot 1 = 7000 \text{ (kcal/h)}$

$$\begin{aligned} \text{Από τη Σχέση [51] έχουμε : } Q_{\Lambda} &= [(1 + 0.3) \cdot 4359,4] + 7000 \quad \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow Q_{\Lambda} &= [1.3 \cdot 4359,4] + 7000 \Leftrightarrow Q_{\Lambda} = 5667.22 + 7000 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow Q_{\Lambda} &= 12667.22 \text{ (kcal/h)} \quad \text{ή} \quad Q_{\Lambda} = 12667,22 \cdot 0,00116 = 14,694 \text{ KW} \end{aligned}$$

Όποτε για θερμαντικές απαιτήσεις του κτιρίου χρειαζόμαστε λέβητα με ελάχιστη θερμική ισχύ $14,7 \text{ KW}$.

Για να επιλέξουμε κατάλληλο καυστήρα θα πρέπει να υπολογίσουμε την ικανότητα καυστήρα, η οποία έχει τύπο :

$$G_K = \frac{Q_A}{H_u \cdot n} \quad (\text{kg/h}) \quad [53]$$

Όπου H_u η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου, δηλαδή για πετρέλαιο ισούται με 10000 (kcal/kg)

Όπου n ο βαθμός απόδοσης λέβητα. Συνήθως ο βαθμός απόδοσης στους λέβητες κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,9, οπότε θα επιλέξουμε μέση τιμή στο 0,85.

$$\begin{aligned} \text{Άρα από τη Σχέση [53] έχουμε : } G_K &= \frac{12667.22}{10000 \cdot 0.85} = \frac{12667.22}{8500} \quad \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow G_K &= 1,49 \text{ (kg/h)} \end{aligned}$$

Ανατρέχουμε στον Πίνακα Β.14 στο Παράρτημα Β'. Παρατηρούμε ότι η ικανότητα καυστήρα που υπολογίσαμε ανήκει στη πρώτη κατηγορία, δηλαδή είναι ανάμεσα στο 1,35 – 2,15. Άρα ο καυστήρας που επιλέγουμε είναι τύπου ENERJET 0=VS μονοβάθμιος με ενσωματωμένο προθερμαντήρα VS (130 W, 220 V). Η απόδοση του κυμαίνεται από 16 έως 25 KW, ο κινητήρας του είναι 110W, 220V και διαθέτει 1 ΜΠΕΚ.

9 Το Λογισμικό ENERGY-PLUS

Το Energy-Plus αποτελεί ένα δωρεάν πρόγραμμα με λογισμικό ανοιχτού κώδικα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων. Η ανάπτυξη του βασίζεται σε 2 προγενέστερα προγράμματα ενεργειακής προσομοίωσης που τα οποία είναι το BLAST (Buildings Loads and System Thermodynamic) και το DOE-2 (Department of Energy 2). Το πρόγραμμα BLAST και το πρόγραμμα DOE-2 αναπτύχθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 70 και στις της δεκαετίας του 80 από την τότε κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Με την αναβάθμιση της τεχνολογίας όμως τα 2 προγράμματα βελτιώθηκαν με αποτέλεσμα την δημιουργία του Energy-Plus το 1996 από το Υπουργείο Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής με σκοπό τον υπολογισμό της ενέργειας που απαιτείται για θέρμανση ή και για ψύξη ενός κτιρίου και χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα. Είναι συμβατό με όλα τα λειτουργικά συστήματα (Microsoft Windows, Linux και Mac OS) και με την πάροδο των χρόνων κυκλοφορούν και καινούργιες εκδόσεις με διορθώσεις σε τυχόν σφάλματα (bugs). Το πρόγραμμα Energy-Plus προσομοιώνει τη λειτουργία ενός κτιρίου μέσω της δυνατότητας εισαγωγής μεγάλης πληθώρας δεδομένων, όπως για παράδειγμα σύστημα θέρμανσης – ψύξης, ηλεκτρικές συσκευές, τεχνητό και φυσικό φωτισμό ακόμα και αριθμό ατόμων. Με αποτέλεσμα να μας παρουσιάζει τα θερμικά κέρδη, την ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπές διαφόρων αερίων, κόστος ενέργειας και ρυθμό θέρμανσης ή ψύξης.

Συνεπώς αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο το οποίο δίνει στον χρήστη μία πληθώρα από επιλογές, όπως για παράδειγμα την λειτουργία και την επεξεργασία ενός υφιστάμενου κτιρίου ή την δημιουργία και τον σχεδιασμό ενός νέου κτιρίου. Στη παρούσα διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιήσουμε το Energy-Plus για να πραγματοποιήσουμε μία σύγκριση μεταξύ 2 διαφορετικών θερμαντικών μέσων στο ίδιο κτίριο. Η σύγκριση θα γίνει μεταξύ καλοριφέρ νερού και θερμαντικών σωμάτων τύπου Fan coil. Το Energy-Plus θα μας υπολογίσει την ζήτηση θερμικής ενέργειας (σε kWh) και θα τις συγκρίνουμε. Τέλος θα αναλύσουμε επίσης και διάφορες περιπτώσεις στη μόνωση του κτιρίου, όπως για παράδειγμα σε κτίριο χωρίς μόνωση ή σε κτίριο με διπλάσια μόνωση.

9.1 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

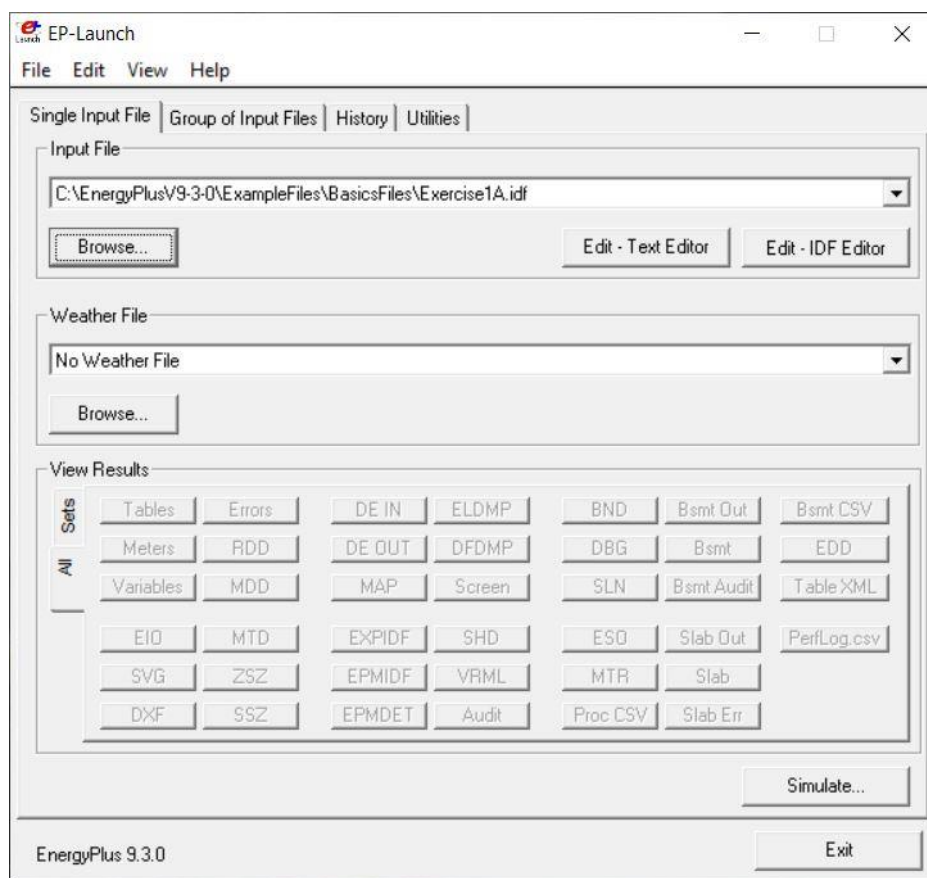
Το Energy-Plus αποτελεί ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα προσομοίωσης ενέργειας κτιρίων που το οποίο το χρησιμοποιούν μηχανικοί, αρχιτέκτονες και ερευνητές. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα του Energy-Plus, <https://energyplus.net/>, μερικά από τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του Energy-Plus είναι :

- Ολοκληρωμένη και ταυτόχρονη λύση στις συνθήκες των θερμικών ζωνών και την άμεση απόκριση του συστήματος HVAC χωρίς να υπάρχει η προϋπόθεση ότι το σύστημα HVAC ικανοποιεί τα φορτία ζώνης και ότι μπορεί να προσομοιώσει του κλιματιζόμενους χώρους και τους μη κλιματιζόμενους χώρους.
- Δίνει την λύση για επίτευξη της θερμικής ισορροπίας και της ακτινοβολίας που εμφανίζονται στις επιφάνειες των θερμικών ζωνών καθώς και υπολογισμούς συμπύκνωσης.
- Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να καθορίσει υπο-ωριαία χρονικά βήματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των θερμικών ζωνών και του περιβάλλοντος και ταυτόχρονα διάφορα μεταβαλλόμενα χρονικά βήματα για αλληλεπιδράσεις μεταξύ των θερμικών ζωνών και των συστημάτων HVAC. Τα χρονικά βήματα αυτά επιτρέπουν στο Energy-Plus να πραγματοποιεί μοντελοποίηση με πιο γρήγορη δυναμική, ενώ ταυτόχρονα ανταλλάσει την ταχύτητα προσομοίωσης για μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Παρέχει ένα μοντέλο που συνδυάζει την μεταφορά θερμότητας και της μάζας και αντιπροσωπεύει την κίνηση του αέρα μεταξύ των θερμικών ζωνών.
- Έχει προηγμένα μοντέλα διάταξης παραθύρων, συμπεριλαμβανομένων των ελεγχόμενων περσίδων των παραθύρων, των ηλεκτροχρωμικών υαλοπινάκων και των ισοζυγίων θερμότητας ανά στρώμα, τα οποία υπολογίζουν την ηλιακή ενέργεια που απορροφάται από τα τζάμια των παραθύρων.
- Παρέχει την δυνατότητα υπολογισμού του φωτισμού και της αντανάκλασης για την αναφορά της οπτικής άνεσης και των ελέγχων του φωτισμού.
- Διαθέτει ένα σύστημα HVAC που βασίζεται σε εξαρτήματα που υποστηρίζει τις τυπικές και τις νέες διαμορφώσεις του συστήματος.
- Διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό από ενσωματωμένα συστήματα HVAC και στρατηγικές ελέγχου του φωτισμού και ένα επεκτάσιμο σύστημα χρόνου εκτέλεσης που δέχεται να λάβει οδηγίες και ελέγχους από τον χρήστη.
- Λειτουργικό μοντέλο διασύνδεσης με εισαγωγές και εξαγωγές αρχείων για ταυτόχρονη προσημείωση με άλλες μηχανές.
- Τυπικές με μεγάλη ανάλυση αναφορές εξόδου, καθώς και αναφορές που μπορούν να καθοριστούν από τον χρήστη με δεκτό τον έλεγχο του χρόνου (από ετήσια έως ωριαία), όλα με πολλαπλασιαστές πηγών ενέργειας.

- Δυνατότητα εισαγωγής αρχείων με πραγματικές καιρικές συνθήκες από όλο τον κόσμο.
- Δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων που περιγράφουν ένα κτίριο, όπως για παράδειγμα παράθυρα, πόρτες, εξωτερικούς και εσωτερικούς τοίχους, ηλεκτρικές συσκευές, φωτισμός, συστήματα θέρμανσης ή ψύξης και αριθμό ατόμων.
- Δυνατότητα υπολογισμού εκπομπών διαφόρων αερίων.
- Δυνατότητα υπολογισμού κόστους ενέργειας.
- Δυνατότητα υπολογισμού φωτισμού και τυχόν σκίασης λόγω του ήλιου.
- Δυνατότητα υπολογισμού της θερμικής ακτινοβολίας, της αγωγής και της συναγωγής των θερμαντικών σωμάτων και των επιφανειών του κτιρίου.
- Δυνατότητα υπολογισμού της εισροής και της εκροής του αέρα από τις επιφάνειες και τις τυχόν χαραμάδες του κτιρίου.

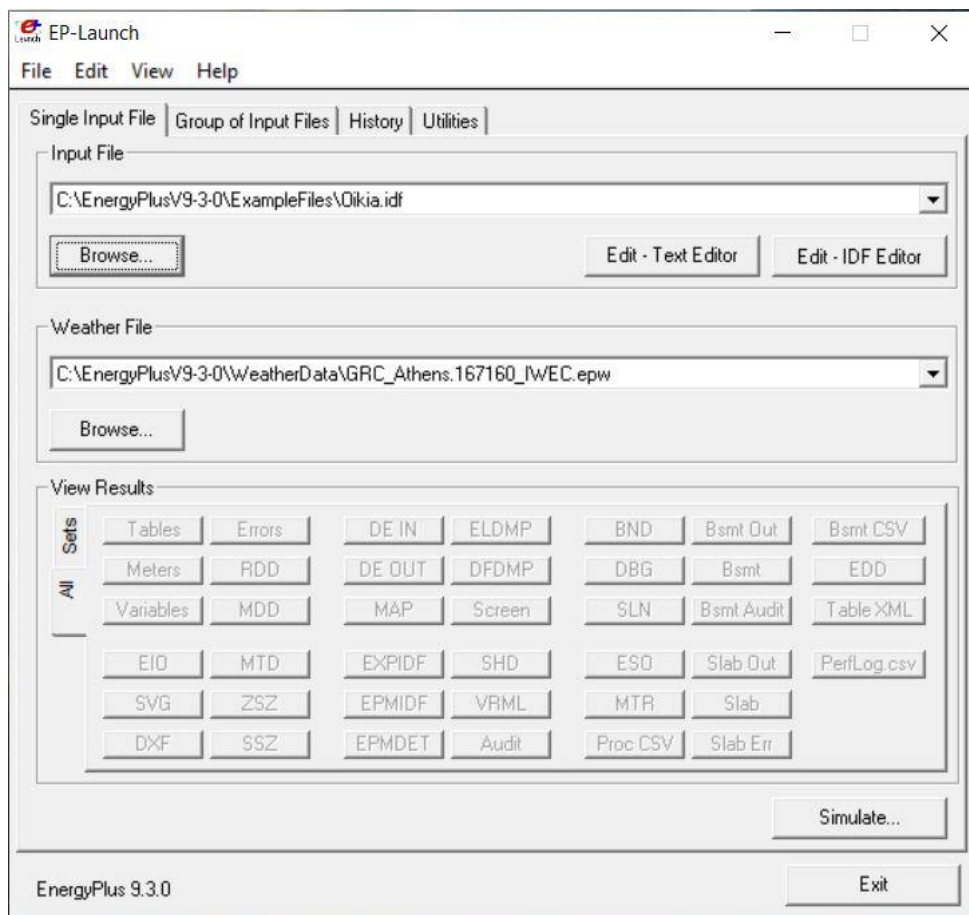
9.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ENERGY-PLUS

Το πρόγραμμα Energy-Plus είναι ένα δωρεάν πρόγραμμα προσομοίωσης, το οποίο μπορεί εύκολα να εγκατασταθεί από την ιστοσελίδα <https://energyplus.net/downloads> και ο χρήστης έχει την πολυτέλεια να επιλέξει από μία πληθώρα εκδόσεων του προγράμματος. Για να ξεκινήσουμε το πρόγραμμα Energy-Plus ανοίγουμε την εφαρμογή EP-Launch.exe που την οποία τη βρίσκουμε στο φάκελο του Energy-Plus που έχουμε κατεβάσει (στη δικιά μας περίπτωση έχει επιλεγθεί η έκδοση 9.3.0). Το κεντρικό παράθυρο που μας ανοίγει είναι το EP-Launch και φαίνεται στην Εικόνα 28.



Εικόνα 28.Παράθυρο EP-Launch

Στη καρτέλα που μας εμφανίζει ως αρχική, δηλαδή την καρτέλα Single Input File, παρατηρούμε ότι υπάρχουν 2 επιλογές ‘Browse’ όπως φαίνεται στην Εικόνα 39. Η πρώτη επιλογή ‘Browse’ ανήκει στο Input File και η δεύτερη ανήκει στο Weather File. Το Input File μας παρέχει τη δυνατότητα επιλογής του αρχείου, σε μορφή .idf, που περιέχει το κτίριο και όλα τα χαρακτηριστικά του. Το Weather File μας παρέχει τη δυνατότητα επιλογής του αρχείου με τις καιρικές συνθήκες της περιοχής που βρίσκεται το κτίριο μας, σε μορφή .epw. Στη παρούσα διπλωματική εργασία το αρχείο με το κτίριο μας λέγεται Oikia.idf και βρίσκεται στη περιοχή του Πειραιά. Το αρχείο με τις καιρικές συνθήκες που χρησιμοποιούμε είναι για την Αθήνα ως το μοναδικό αρχείο καιρού που ήταν διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του Energy-Plus μαζί με αυτό της Θεσσαλονίκης. Επιλέξαμε την Αθήνα επειδή βρίσκεται πολύ κοντά με τον Πειραιά και το αρχείο λέγεται GRC_Athens.167160_IWEC.epw. Στη παρακάτω Εικόνα 29 φαίνεται το κεντρικό παράθυρο EP-Launch με τα 2 αρχεία επιλεγμένα και έτοιμα για προσομοίωση.



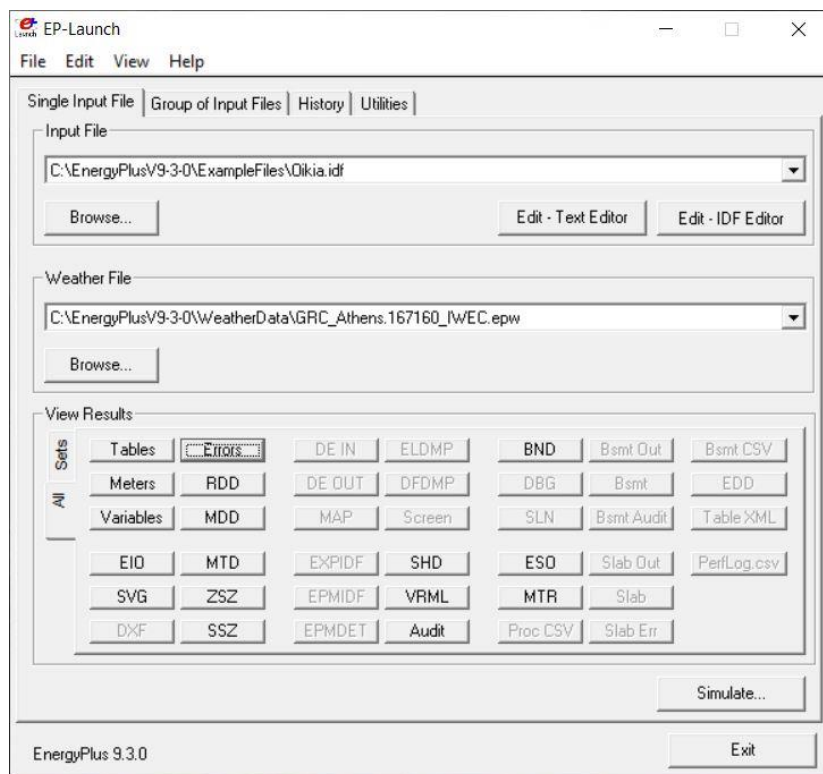
Εικόνα 29. Παράθυρο EP-Launch με αρχείο κτιρίου και καιρού.

Στη συνέχεια πατώντας την επιλογή ‘Simulate’, όπως φαίνεται στην Εικόνα 29, πραγματοποιείται η προσομοίωση του κτιρίου. Με την έναρξη της προσομοίωσης μας εμφανίζεται ένα παράθυρο cmd (Εικόνα 30), όπου παρακολουθούμε τη πορεία της προσομοίωσης σε γρήγορη ταχύτητα. Μόλις τελειώσει η προσομοίωση, στο κεντρικό παράθυρο του EP-Launch είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα της (Εικόνα 31) και μας δίνει πολλές επιλογές για να επεξεργαστούμε. Οι πιο σημαντικές είναι οι επιλογές ‘Meters’ και ‘Variables’ επειδή μας παρουσιάζουν τα αποτελέσματα τους σε μορφή αρχείου Excel, όπου είναι αρκετά εύκολη η επεξεργασία τους. Τέλος σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι στην επιλογή ‘Errors’ εμφανίζονται τα τυχόν λάθη που εντόπισε η προσομοίωση και τα εμφανίζει σε μορφή txt.

```

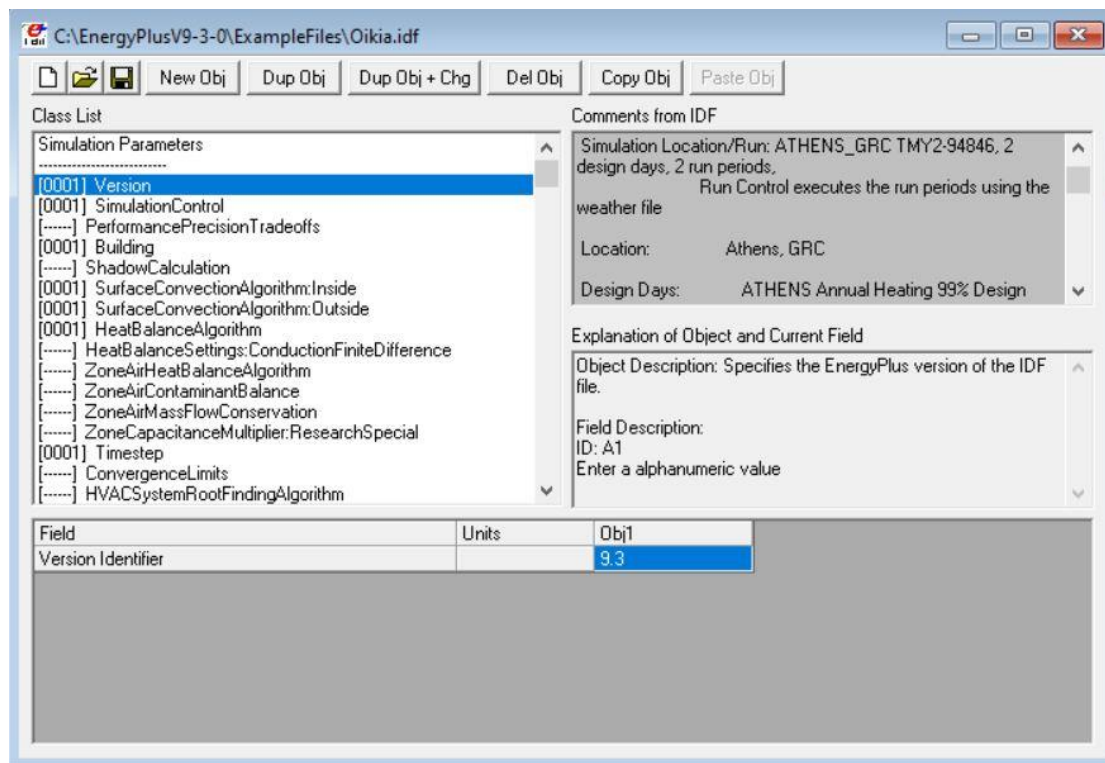
0001 - EnergyPlus Process
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>IF EXIST "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmif" DEL "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmif"
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>IF EXIST "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmdet" DEL "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmdet"
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>IF NOT EXIST "Energy+.idd" copy "C:\EnergyPlusV9-3-0\Energy+.idd" "Energy+.idd"
1 file(s) copied.
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>IF NOT EXIST "Energy+.ini" copy "C:\EnergyPlusV9-3-0\Energy+.ini" "Energy+.ini"
Δεν είναι δυνατή η εύρεση του καθορισμένου αρχείου από το σύστημα.
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if "idf" == "" set epinext=idf
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.idf" copy "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.idf" in.idf
1 file(s) copied.
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist in.imf "C:\EnergyPlusV9-3-0\EPMacro"
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist out.idf copy out.idf "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmif"
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist audit.out copy audit.out "C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\IKIA-1.epmdet"
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist audit.out erase audit.out
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist out.idf MOVE out.idf in.idf
C:\ENERGY-1\EXAMPLE-1\EPTEMP-00000001>if exist in.idf "C:\EnergyPlusV9-3-0\ExpandObjects"
    
```

Εικόνα 30. Πρόγραμμα προσομοίωσης cmd.



Εικόνα 31. Παράθυρο EP-Launch μετά τη προσομοίωση

Στο κεντρικό παράθυρο EP-Launch υπάρχουν 2 ακόμα επιλογές, οι οποίες ανοίγουν παράθυρα επεξεργασίας των δεδομένων και των χαρακτηριστικών του κτιρίου. Αυτές οι 2 επιλογές είναι το ‘Edit – Text Editor’ και ‘Edit – IDF Editor’ και παρουσιάζουν όλα τα δεδομένα του κτιρίου σε διαφορετική μορφή, το πρώτο τα παρουσιάζει σε μορφή txt και το δεύτερο τα παρουσιάζει σε ένα νέο παράθυρο που το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 32.



Εικόνα 32. EDIT – IDF EDITOR

Η εισαγωγή και η επεξεργασία των χαρακτηριστικών του κτιρίου γίνεται από τις επιλογές επεξεργασίας αντικειμένων (objectives) όπως φαίνονται στην Εικόνα 32 (δηλαδή New Obj, Dup Obj, Del Obj, Copy Obj και Paste Obj). Αυτά τα αντικείμενα βρίσκονται στη περιοχή Class List και έχουν μία σύντομη περιγραφή, η οποία παρουσιάζεται στο ‘Explanation of Object and Current Field’. Μέσω της επιλογής ‘Open Data Set’ μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έτοιμα παραδείγματα (όπως δομικά υλικά, αρχεία κτιρίων, θερμαντικά μέσα, χρονοδιαγράμματα και άλλα) και μπορούμε να το βρούμε στην επιλογή ‘File’.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πως έγινε η εισαγωγή των δεδομένων στις κατηγορίες που βρίσκονται στο ‘Edit – IDF Editor’ (Εικόνα 32). Η υπόθεση των 2 διαφορετικών θερμαντικών μέσων γίνεται για το ίδιο κτίριο, άρα πολλές κατηγορίες στο ‘Edit – IDF Editor’ θα είναι ίδιες και στα 2 θερμαντικά μέσα. Οι πιο σημαντικές κατηγορίες δεδομένων του ‘IDF Editor’ είναι οι ακόλουθες :

1. Simulation Parameters : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι παράμετροι προσομοίωσης
2. Location and Climate : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν η περιοχή και το κλίμα του κτιρίου
3. Schedules : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα χρονοδιαγράμματα
4. Surface Construction Elements : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα δομικά υλικά των επιφανειών
5. Thermal Zones and Surfaces : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν οι θερμικές ζώνες και οι επιφάνειες
6. Internal Gains : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα εσωτερικά κέρδη
7. Zone Airflow : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκει η ροή του αέρα
8. Coils : Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα θερμαντικά σώματα
9. Plant Heating and Cooling Equipment: Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν ο εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης της εγκατάστασης

Ακολουθεί η περιγραφή της εισαγωγής των δεδομένων στις κατηγορίες του ‘IDF Editor’ για το κτίριο με καλοριφέρ νερού.

[1] Η πρώτη κατηγορία Simulation Parameters διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Version, Simulation Control, Building, Surface Convection Algorithm Inside, Surface Convection Algorithm Outside, Heat Balance Algorithm και Timestep.

Version : Σε αυτή την υποκατηγορία παρουσιάζεται ποια έκδοση του Energy-Plus χρησιμοποιούμε. Έχουμε επιλέξει την έκδοση 9.3.0 όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω (Εικόνα 33).

| Field | Units | Obj1 |
|--------------------|-------|------|
| Version Identifier | | 9.3 |

Εικόνα 33. Υποκατηγορία Version

Simulation Control : Σε αυτή την υποκατηγορία παρουσιάζονται οι κατηγορίες υπολογισμών που θέλουμε να υπολογίσει το πρόγραμμα. Έχουμε επιλέξει να γίνουν όλοι οι υπολογισμοί για τα συστήματα και τους διάφορους χώρους του κτιρίου (Εικόνα 34).

| Field | Units | Obj1 |
|---|-------|------|
| Do Zone Sizing Calculation | | Yes |
| Do System Sizing Calculation | | Yes |
| Do Plant Sizing Calculation | | Yes |
| Run Simulation for Sizing Periods | | No |
| Run Simulation for Weather File Run Periods | | Yes |
| Do HVAC Sizing Simulation for Sizing Periods | | |
| Maximum Number of HVAC Sizing Simulation Passes | | |

Εικόνα 34. Υποκατηγορία Simulation Control

Building : Σε αυτή την υποκατηγορία εισάγουμε το όνομα του κτιρίου και όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι προκαθορισμένες από το πρόγραμμα (Εικόνα 35).

| Field | Units | Obj1 |
|---|--------|--------------|
| Name | | Dikia |
| North Axis | deg | 0 |
| Terrain | | City |
| Loads Convergence Tolerance Value | W | 0,04 |
| Temperature Convergence Tolerance Value | deltaC | 0,4 |
| Solar Distribution | | FullExterior |
| Maximum Number of Warmup Days | | 25 |
| Minimum Number of Warmup Days | | 6 |

Εικόνα 35. Υποκατηγορία Building

Surface Convection Algorithm Inside : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον αλγόριθμο για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας από τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Έχουμε επιλέξει τον αλγόριθμο τύπου TARP, ο οποίος λαμβάνει υπόψη τις τιμές φυσικής μεταφοράς θερμότητας με βάση την διαφορά θερμοκρασίας (Εικόνα 36).

| Field | Units | Obj1 |
|-----------|-------|------|
| Algorithm | | TARP |

Εικόνα 36. Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm Inside

Surface Convection Algorithm Outside : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον αλγόριθμο για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας από τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Έχουμε επιλέξει τον αλγόριθμο τύπου DOE-2(Εικόνα 37).

| Field | Units | Obj1 |
|-----------|-------|-------|
| Algorithm | | DOE-2 |

Εικόνα 37.Υποκατηγορία Surface Convection Algorithm Outside

Heat Balance Algorithm : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον αλγόριθμο που θα υπολογίσει τη θερμική ισορροπία. Έχουμε επιλέξει τον αλγόριθμο Conduction Transfer Function που ο οποίος υπολογίζει μόνο τη μεταφορά θερμότητας και όχι την υγρασία (Εικόνα 38).

| Field | Units | Obj1 |
|--|--------|----------------------------|
| Algorithm | | ConductionTransferFunction |
| Surface Temperature Upper Limit | C | |
| Minimum Surface Convection Heat Transfer Coefficient | W/m2-K | |
| Maximum Surface Convection Heat Transfer Coefficient | W/m2-K | |

Εικόνα 38. Υποκατηγορία Heat Balance Algorithm

Timestep : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε πόσα βήματα την ώρα θέλουμε να κάνει το πρόγραμμα για τους υπολογισμούς. Έχουμε επιλέξει 4 (Εικόνα 39).

| Field | Units | Obj1 |
|------------------------------|-------|------|
| Number of Timesteps per Hour | | 4 |

Εικόνα 39. Υποκατηγορία Timestep

[2] Η δεύτερη κατηγορία Location and Climate διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Site: Location, Sizing Period: Design Day και Run Period

Site: Location : Αυτή η υποκατηγορία συμπληρώνεται με βάση το αρχείο με καιρικές συνθήκες που έχουμε επιλέξει (Εικόνα 40).

| Field | Units | Obj1 |
|-----------|-------|-----------------------|
| Name | | ATHENS_GRC TMY2-94846 |
| Latitude | deg | 37,98381 |
| Longitude | deg | 23,727539 |
| Time Zone | hr | 2 |
| Elevation | m | 15 |

Εικόνα 40. Υποκατηγορία Site: Location

Sizing Period: Design Day : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα δεδομένα μίας ή και περισσότερων ημερών που θέλουμε να τους κάνουμε προσομοίωση. Τα δεδομένα ήταν έτοιμα λόγω της επιλογής του αρχείου καιρού (Εικόνα 41).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|---|----------------|--|--|
| Name | | ATHENS_GRC Annual Heating 99% Design Conditions DB | ATHENS_GRC Annual Cooling 1% Design Conditions DB/MCWB |
| Month | | 1 | 7 |
| Day of Month | | 21 | 21 |
| Day Type | | WinterDesignDay | SummerDesignDay |
| Maximum Dry-Bulb Temperature | C | 16 | 31,5 |
| Daily Dry-Bulb Temperature Range | deltaC | 0 | 10,7 |
| Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type | | | |
| Dry-Bulb Temperature Range Modifier Day Schedule N. | | | |
| Humidity Condition Type | | Wetbulb | Wetbulb |
| Wetbulb or DewPoint at Maximum Dry-Bulb | C | 16 | 23 |
| Humidity Condition Day Schedule Name | | | |
| Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb | kgWater/kgDryA | | |
| Enthalpy at Maximum Dry-Bulb | J/kg | | |
| Daily Wet-Bulb Temperature Range | deltaC | | |
| Barometric Pressure | Pa | 99063 | 99063 |
| Wind Speed | m/s | 4,9 | 5,3 |
| Wind Direction | deg | 270 | 230 |
| Rain Indicator | | No | No |
| Snow Indicator | | No | No |
| Daylight Saving Time Indicator | | No | No |
| Solar Model Indicator | | ASHRAEClearSky | ASHRAEClearSky |
| Beam Solar Day Schedule Name | | | |
| Diffuse Solar Day Schedule Name | | | |
| ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance | dimensionless | | |
| ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance | dimensionless | | |

Εικόνα 41. Υποκατηγορία Sizing Period: Design Day

Run Period : Σε αυτή την υποκατηγορία ρυθμίζουμε τις παραμέτρους ώστε να γίνει προσομοίωση ενός έτους. Έχουμε επιλέξει το πρόγραμμα να κάνει προσομοίωση για το έτος 2019 (Εικόνα 42).

| Field | Units | Obj1 |
|--|-------|--------------|
| Name | | Run Period 1 |
| Begin Month | | 1 |
| Begin Day of Month | | 1 |
| Begin Year | | 2019 |
| End Month | | 12 |
| End Day of Month | | 31 |
| End Year | | 2019 |
| Day of Week for Start Day | | Tuesday |
| Use Weather File Holidays and Special Days | | Yes |
| Use Weather File Daylight Saving Period | | Yes |
| Apply Weekend Holiday Rule | | No |
| Use Weather File Rain Indicators | | Yes |
| Use Weather File Snow Indicators | | Yes |
| Treat Weather as Actual | | |

Εικόνα 42. Υποκατηγορία Run Period

[3] Η τρίτη κατηγορία Schedules διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Schedule Type Limits και Schedule: Constant

Schedule Type Limits : Σε αυτή την υποκατηγορία ρυθμίζουμε το τύπο των τιμών καθώς και τα όρια τους που χρησιμοποιούνται στα χρονοδιαγράμματα (Εικόνα 43).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 |
|-------------------|--------|------------|------------|-------------|--------------|----------|------------|
| Name | | Any Number | Fraction | Temperature | Control Type | On/Off | FlowRate |
| Lower Limit Value | varies | | 0 | -60 | 0 | 0 | 0 |
| Upper Limit Value | varies | | 1 | 200 | 4 | 1 | 10 |
| Numeric Type | | | CONTINUOUS | CONTINUOUS | DISCRETE | DISCRETE | CONTINUOUS |
| Unit Type | | | | Temperature | | | |

Εικόνα 43. Υποκατηγορία Schedule Type Limits

Schedule: Constant : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε σταθερές ωριαίες τιμές για όλο το χρόνο (Εικόνα 44).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 |
|---------------------------|--------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Name | | Always On Discrete | Always Off Discrete | Always On Continuous |
| Schedule Type Limits Name | | Always On Discrete Limits | | |
| Hourly Value | varies | 1 | 0 | 1 |

Εικόνα 44. Υποκατηγορία Schedule Constant

[4] Η τέταρτη κατηγορία Surface Construction Elements διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Material, Material: No Mass, Window Material: Glazing, Window Material: Gas και Construction

Material : Σε αυτή την υποκατηγορία αναφέρουμε όλα τα δομικά υλικά που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή των εξωτερικών τοίχων, εσωτερικών τοίχων, οροφής, του πατώματος και των ανοιγμάτων καθώς και τις θερμικές τους ιδιότητες. Στο Κεφάλαιο 7.2 έχουμε αναλύσει με ποια δομικά υλικά είναι κατασκευασμένα. Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε στο πρόγραμμα είναι τα εξής (Εικόνα 45) Brick (τούβλο), Plaster (σοβάς), Tiles (Πλάκες επίστρωσης), concrete: cement (σκυρόδεμα) και insulation (μόνωση), τα οποία επιλέχθηκαν από το αρχείο ASHRAE 2005 HOF Materials.idf που βρίσκεται στο Open DataSet.

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|---------------------|--------|----------------|--------------------------------|---|---------------|---------------|
| Name | | M01 90mm brick | Gypsum or plaster board - 20mm | Tile and lay-in panels - plain or acoustic - 50mm | G06 50mm wood | G05 25mm wood |
| Roughness | | MediumRough | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumSmooth | MediumSmooth |
| Thickness | m | 0,09 | 0,02 | 0,05 | 0,0508 | 0,0254 |
| Conductivity | W/m-K | 0,89 | 0,58 | 0,057 | 0,15 | 0,15 |
| Density | kg/m3 | 1920 | 800 | 290 | 608 | 608 |
| Specific Heat | J/kg-K | 790 | 1090 | 590 | 1630 | 1630 |
| Thermal Absorptance | | | | | | |
| Solar Absorptance | | | | | | |
| Visible Absorptance | | | | | | |

| Obj6 | Obj7 | Obj8 | Obj9 |
|---|---|---|---|
| Tile and lay-in panels - plain or acoustic - 30mm MediumSmooth | Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 1600 kg/m3 - 280mm MediumRough | Insulation: Expanded perlite - organic bonded - 30 mm MediumSmooth | Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 1600 kg/m3 - 250mm MediumRough |
| 0,03 | 0,28 | 0,03 | 0,25 |
| 0,057 | 0,97 | 0,052 | 0,97 |
| 290 | 1600 | 16 | 1600 |
| 590 | 900 | 1260 | 900 |

Εικόνα 45. Υποκατηγορία Material

Material: No Mass : Σε αυτή την υποκατηγορία εισαγάγουμε δομικά υλικά που μας ενδιαφέρει μόνο η θερμική τους αντίσταση (Εικόνα 46).

| Field | Units | Obj1 |
|---------------------|--------|------------------------|
| Name | | Carpet and fibrous pad |
| Roughness | | Rough |
| Thermal Resistance | m2-K/W | 0,37 |
| Thermal Absorptance | | |
| Solar Absorptance | | |
| Visible Absorptance | | |

Εικόνα 46. Material No Mass

Window Material: Glazing : Σε αυτή την υποκατηγορία αναφέρουμε το τύπο του υαλοπίνακα που χρησιμοποιήσαμε στα παράθυρα. Επιλέξαμε υαλοπίνακες πάχους 3 χιλιοστά (Εικόνα 47).

| Field | Units | Obj1 |
|--|-------|-----------------|
| Name | | CLEAR 3MM |
| Optical Data Type | | SpectralAverage |
| Window Glass Spectral Data Set Name | | |
| Thickness | m | 0,003 |
| Solar Transmittance at Normal Incidence | | 0,837 |
| Front Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0,075 |
| Back Side Solar Reflectance at Normal Incidence | | 0,075 |
| Visible Transmittance at Normal Incidence | | 0,898 |
| Front Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0,081 |
| Back Side Visible Reflectance at Normal Incidence | | 0,081 |
| Infrared Transmittance at Normal Incidence | | 0 |
| Front Side Infrared Hemispherical Emissivity | | 0,84 |
| Back Side Infrared Hemispherical Emissivity | | 0,84 |
| Conductivity | W/m-K | 0,9 |
| Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance | | |
| Solar Diffusing | | |
| Young's modulus | Pa | |
| Poisson's ratio | | |
| Window Glass Spectral and Incident Angle Transmittance | | |
| Window Glass Spectral and Incident Angle Front Reflectance | | |
| Window Glass Spectral and Incident Angle Back Reflectance | | |

Εικόνα 47. Υποκατηγορία Window Material Glazing

Window Material: Gas : Σε αυτή την υποκατηγορία αναφέρουμε το μέγεθος του διακένου ανάμεσα στους υαλοπίνακες των παραθύρων (Εικόνα 48).

| Field | Units | Obj1 |
|-----------------------------|-----------|---------|
| Name | | AIR 3MM |
| Gas Type | | Air |
| Thickness | m | 0,003 |
| Conductivity Coefficient A | W/m-K | |
| Conductivity Coefficient B | W/m-K2 | |
| Conductivity Coefficient C | W/m-K3 | |
| Viscosity Coefficient A | kg/m-s | |
| Viscosity Coefficient B | kg/m-s-K | |
| Viscosity Coefficient C | kg/m-s-K2 | |
| Specific Heat Coefficient A | J/kg-K | |
| Specific Heat Coefficient B | J/kg-K2 | |
| Specific Heat Coefficient C | J/kg-K3 | |
| Molecular Weight | | |
| Specific Heat Ratio | | |

Εικόνα 48. Υποκατηγορία Window Material Gas

Construction : Σε αυτή την υποκατηγορία χρησιμοποιούμε τα στοιχεία της υποκατηγορίας Material με σκοπό να κατασκευάσουμε τις επιφάνειες του κτιρίου, δηλαδή του εξωτερικούς τοίχους, τους εσωτερικούς τοίχους, την οροφή, το πάτωμα, τα παράθυρα και την εξωτερική πόρτα (Εικόνα 49).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 |
|---------------|-------|---|---------------|-----------------|--|
| Name | | Exterior Wall | Exterior Door | Exterior Window | Ground Floor |
| Outside Layer | | Gypsum or plaster board - 20mm | G06 50mm wood | CLEAR 3MM | Tile and lay-in panels - plain or acoustic - 50mm |
| Layer 2 | | M01 90mm brick | | AIR 3MM | Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 1600 kg/m3 - 250mm |
| Layer 3 | | Insulation: Expanded perlite - organic bonded - 30 mm | | CLEAR 3MM | Insulation: Expanded perlite - organic bonded - 30 mm |
| Layer 4 | | M01 90mm brick | | | Carpet and fibrous pad |
| Layer 5 | | Gypsum or plaster board - 20mm | | | |
| Layer 6 | | | | | |
| Layer 7 | | | | | |
| Layer 8 | | | | | |
| Layer 9 | | | | | |
| Layer 10 | | | | | |

| Obj5 | Obj6 |
|--|--------------------------------|
| Roof | Interior Wall |
| Tile and lay-in panels - plain or acoustic - 30mm | Gypsum or plaster board - 20mm |
| Concrete: Cement/lime - mortar - and stucco - 1600 kg/m3 - 280mm | M01 90mm brick |
| Insulation: Expanded perlite - organic bonded - 30 mm | Gypsum or plaster board - 20mm |
| Gypsum or plaster board - 20mm | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Εικόνα 49. Υποκατηγορία Construction

[5] Η πέμπτη κατηγορία Thermal Zones and Surfaces διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Global Geometry Rules, Zone, Building Surface: Detailed, Fenestration Surface: Detailed και Door

Global Geometry Rules : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον τρόπο με τον οποίο τοποθετούνται οι επιφάνειες (Εικόνα 50).

| Field | Units | Obj1 |
|---|-------|-----------------|
| Starting Vertex Position | | UpperLeftCorner |
| Vertex Entry Direction | | Counterclockwis |
| Coordinate System | | Relative |
| Daylighting Reference Point Coordinate System | | Relative |
| Rectangular Surface Coordinate System | | Relative |

Εικόνα 50. Υποκατηγορία Global Geometry Rules

Zone : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τις θερμικές ζώνες που έχει το κτίριο. Επιλέξαμε κάθε δωμάτιο να είναι και μία θερμική ζώνη, άρα 5 θερμικές ζώνες (Εικόνα 51).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|-----------------------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Name | | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 |
| Direction of Relative North | deg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| X Origin | m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Y Origin | m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Z Origin | m | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Type | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Multiplier | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ceiling Height | m | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Volume | m3 | autocalculate | autocalculate | autocalculate | autocalculate | autocalculate |
| Floor Area | m2 | autocalculate | autocalculate | autocalculate | autocalculate | autocalculate |

Εικόνα 51. Υποκατηγορία Zone

Building Surface: Detailed : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τις διαστάσεις των επιφανειών (Εικόνα 52).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 | Obj7 | Obj8 | |
|-----------------------------------|---------------|----------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|--------------|---------------|
| Name | | C4-1 | C1-1 | F1-1 | SB12 | SB14 | SB15 | C2-1 | F2-1 | |
| Surface Type | | CEILING | CEILING | FLOOR | WALL | WALL | WALL | CEILING | FLOOR | |
| Construction Name | | Roof | Roof | Ground Floor | Exterior Wall | Exterior Wall | Exterior Wall | Roof | Ground Floor | |
| Zone Name | | SPACE4-1 | SPACE1-1 | SPACE1-1 | SPACE1-1 | SPACE1-1 | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE2-1 | |
| Outside Boundary Condition | | Surface | Surface | Ground | Surface | Surface | Surface | Surface | Ground | |
| Outside Boundary Condition Object | | | | | SB21 | SB41 | SB51 | | | |
| Sun Exposure | | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | SunExposed | NoSun | NoSun | |
| Wind Exposure | | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | WindExposed | NoWind | NoWind | |
| View Factor to Ground | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Number of Vertices | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Vertex 1 X-coordinate | m | 9,2 | 1,1 | 8,1 | 9,2 | 1,1 | 8,1 | 8,1 | 8,1 | |
| Vertex 1 Y-coordinate | m | 9,2 | 1,1 | 1,1 | 0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 7 | |
| Vertex 1 Z-coordinate | m | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 0 | |
| Vertex 2 X-coordinate | m | 0 | 0 | 9,2 | 9,2 | 1,1 | 8,1 | 9,2 | 9,2 | |
| Vertex 2 Y-coordinate | m | 9,2 | 0 | 0 | 0 | 1,1 | 1,1 | 0 | 9,2 | |
| Vertex 2 Z-coordinate | m | 2,4 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 0 | |
| Vertex 3 X-coordinate | m | 1,1 | 9,2 | 0 | 8,1 | 0 | 1,1 | 9,2 | 9,2 | |
| Vertex 3 Y-coordinate | m | 7 | 0 | 0 | 1,1 | 0 | 1,1 | 9,2 | 0 | |
| Vertex 3 Z-coordinate | m | 2,4 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 0 | |
| Vertex 4 X-coordinate | m | 8,1 | 8,1 | 1,1 | 8,1 | 0 | 1,1 | 8,1 | 8,1 | |
| Vertex 4 Y-coordinate | m | 7 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 0 | 1,1 | 7 | 1,1 | |
| Vertex 4 Z-coordinate | m | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 0 | |
| Obj9 | Obj10 | Obj11 | Obj12 | Obj13 | Obj14 | Obj15 | Obj16 | Obj17 | Obj18 | Obj19 |
| SB21 | SB23 | C3-1 | F3-1 | SB32 | SB34 | F4-1 | SB41 | C5-1 | F5-1 | SB51 |
| WALL | WALL | CEILING | FLOOR | WALL | WALL | FLOOR | WALL | CEILING | FLOOR | WALL |
| Exterior Wall | Exterior Wall | Roof | Ground Floor | Exterior Wall | Exterior Wall | Ground Floor | Exterior Wall | Roof | Ground Floor | Exterior Wall |
| SPACE2-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE3-1 | SPACE3-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 | SPACE5-1 | SPACE5-1 |
| Surface | Surface | Surface | Ground | Surface | Surface | Ground | Surface | Surface | Ground | Surface |
| SB12 | SB32 | | | SB23 | SB21 | | SB14 | | | SB15 |
| SunExposed | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun | NoSun |
| WindExposed | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind | NoWind |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8,1 | 9,2 | 9,2 | 8,1 | 8,1 | 0 | 1,1 | 0 | 1,1 | 8,1 | 1,1 |
| 1,1 | 9,2 | 9,2 | 7 | 7 | 9,2 | 1,1 | 0 | 7 | 7 | 1,1 |
| 2,4 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 |
| 8,1 | 9,2 | 0 | 1,1 | 8,1 | 0 | 0 | 0 | 1,1 | 8,1 | 1,1 |
| 1,1 | 9,2 | 9,2 | 7 | 7 | 9,2 | 0 | 0 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 0 | 0 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 0 | 0 |
| 9,2 | 8,1 | 1,1 | 0 | 9,2 | 1,1 | 0 | 1,1 | 8,1 | 1,1 | 8,1 |
| 0 | 7 | 7 | 9,2 | 9,2 | 7 | 9,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| 0 | 0 | 2,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,4 | 0 | 0 |
| 9,2 | 8,1 | 8,1 | 9,2 | 9,2 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 8,1 | 1,1 | 8,1 |
| 0 | 7 | 7 | 9,2 | 9,2 | 7 | 7 | 1,1 | 7 | 7 | 1,1 |
| 2,4 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 | 2,4 | 0 | 2,4 |

Εικόνα 52. Υποκατηγορία Building Surface Detailed

Fenestration Surface: Detailed, Door : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα παράθυρα και την εξωτερική πόρτα (Εικόνα 53).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 |
|-----------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Name | | WF-1 | DF-1 | WR-1 | WB-1 | DB-1 | WL-1 |
| Surface Type | | WINDOW | WINDOW | WINDOW | WINDOW | Door | WINDOW |
| Construction Name | | Exterior Window | Exterior Window | Exterior Window | Exterior Window | Exterior Door | Exterior Window |
| Building Surface Name | | SB14 | SB21 | SB34 | SB41 | SB12 | SB51 |
| Outside Boundary Condition Object | | | | | | | |
| View Factor to Ground | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Frame and Divider Name | | | | | | | |
| Multiplier | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Number of Vertices | | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Vertex 1 X-coordinate | m | 3 | 6,5 | 9,2 | 8,26 | 3 | 0 |
| Vertex 1 Y-coordinate | m | 0 | 0 | 3,8 | 9,2 | 9,2 | 11,4 |
| Vertex 1 Z-coordinate | m | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Vertex 2 X-coordinate | m | 3 | 6,5 | 9,2 | 8,26 | 3 | 0 |
| Vertex 2 Y-coordinate | m | 0 | 0 | 3,8 | 9,2 | 9,2 | 11,4 |
| Vertex 2 Z-coordinate | m | 0,9 | 0 | 0,9 | 0,9 | 0 | 0,9 |
| Vertex 3 X-coordinate | m | 16,8 | 7,2 | 9,2 | 4 | 2,1 | 0 |
| Vertex 3 Y-coordinate | m | 0 | 0 | 11,4 | 9,2 | 9,2 | 3,8 |
| Vertex 3 Z-coordinate | m | 0,9 | 0 | 0,9 | 0,9 | 0 | 0,9 |
| Vertex 4 X-coordinate | m | 16,8 | 7,2 | 9,2 | 4 | 2,1 | 0 |
| Vertex 4 Y-coordinate | m | 0 | 0 | 11,4 | 9,2 | 9,2 | 3,8 |
| Vertex 4 Z-coordinate | m | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |

Εικόνα 53. Υποκατηγορία Fenestration Surface Detailed and Door

[6] Η έκτη κατηγορία Internal Gains διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : People, Lights και Electric Equipment

People : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον αριθμό των ατόμων του κτιρίου (Εικόνα 54).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|--|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Name | | SPACE1-1 People 1 | SPACE2-1 People 1 | SPACE3-1 People 1 | SPACE4-1 People 1 | SPACE5-1 People 1 |
| Zone or ZoneList Name | | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 |
| Number of People Schedule Name | | OCCUPY-1 | OCCUPY-1 | OCCUPY-1 | OCCUPY-1 | OCCUPY-1 |
| Number of People Calculation Method | | people | people | people | people | people |
| Number of People | | 1 | 1 | 1 | | 1 |
| People per Zone Floor Area | person/m2 | | | | | |
| Zone Floor Area per Person | m2/person | | | | | |
| Fraction Radiant | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Sensible Heat Fraction | | | | | | |
| Activity Level Schedule Name | | ActSchd | ActSchd | ActSchd | ActSchd | ActSchd |
| Carbon Dioxide Generation Rate | m3/s-W | | | | | |
| Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings | | | | | | |
| Mean Radiant Temperature Calculation Type | | | | | | |
| Surface Name/Angle Factor List Name | | | | | | |
| Work Efficiency Schedule Name | | | | | | |
| Clothing Insulation Calculation Method | | | | | | |
| Clothing Insulation Calculation Method Schedule Name | | | | | | |
| Clothing Insulation Schedule Name | | | | | | |
| Air Velocity Schedule Name | | | | | | |

Εικόνα 54. Υποκατηγορία People

Lights : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα εσωτερικά κέρδη που προέρχονται από το φωτισμό του κτιρίου (Εικόνα 55).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|--|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Name | | SPACE1-1 Lights 1 | SPACE2-1 Lights 1 | SPACE3-1 Lights 1 | SPACE4-1 Lights 1 | SPACE5-1 Lights 1 |
| Zone or ZoneList Name | | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 |
| Schedule Name | | LIGHTS-1 | LIGHTS-1 | LIGHTS-1 | LIGHTS-1 | LIGHTS-1 |
| Design Level Calculation Method | | LightingLevel | LightingLevel | LightingLevel | LightingLevel | LightingLevel |
| Lighting Level | W | 289,2 | 124,88 | 289,2 | 124,88 | 541,15 |
| Watts per Zone Floor Area | W/m2 | | | | | |
| Watts per Person | W/person | | | | | |
| Return Air Fraction | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Fraction Radiant | | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| Fraction Visible | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Fraction Replaceable | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| End-Use Subcategory | | GeneralLights | GeneralLights | GeneralLights | GeneralLights | GeneralLights |
| Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature | | | | | | |
| Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co | | | | | | |
| Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co | 1/K | | | | | |
| Return Air Heat Gain Node Name | | | | | | |

Εικόνα 55. Υποκατηγορία Lights

Electric Equipment : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα εσωτερικά κέρδη που προέρχονται από τις ηλεκτρικές συσκευές του κτιρίου (Εικόνα 56).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Name | | SPACE1-1 ElecEq 1 | SPACE2-1 ElecEq 1 | SPACE3-1 ElecEq 1 | SPACE4-1 ElecEq 1 | SPACE5-1 ElecEq 1 |
| Zone or ZoneList Name | | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 |
| Schedule Name | | EQUIP-1 | EQUIP-1 | EQUIP-1 | EQUIP-1 | EQUIP-1 |
| Design Level Calculation Method | | EquipmentLevel | EquipmentLevel | EquipmentLevel | EquipmentLevel | EquipmentLevel |
| Design Level | W | 1056 | 456 | 1056 | 456 | 1976 |
| Watts per Zone Floor Area | W/m2 | | | | | |
| 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 | | | | | | |

Εικόνα 56. Υποκατηγορία Electric Equipment

[7] Η έβδομη κατηγορία Zone Airflow διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Zone Infiltration: Design Flow Rate

Zone Infiltration: Design Flow Rate : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον αερισμό λόγω των χαραμάδων στα ανοίγματα (Εικόνα 57).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|-------------------------------------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Name | | SPACE1-1 Infil 1 | SPACE2-1 Infil 1 | SPACE3-1 Infil 1 | SPACE4-1 Infil 1 | SPACE5-1 Infil 1 |
| Zone or ZoneList Name | | SPACE1-1 | SPACE2-1 | SPACE3-1 | SPACE4-1 | SPACE5-1 |
| Schedule Name | | INFIL-SCH | INFIL-SCH | INFIL-SCH | INFIL-SCH | INFIL-SCH |
| Design Flow Rate Calculation Method | | flow/zone | flow/zone | flow/zone | flow/zone | flow/zone |
| Design Flow Rate | m3/s | 0,062 | 0,032 | 0,032 | 0,014 | 0,062 |
| Flow per Zone Floor Area | m3/s-m2 | | | | | |
| Flow per Exterior Surface Area | m3/s-m2 | | | | | |
| Air Changes per Hour | 1/hr | | | | | |
| Constant Term Coefficient | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Temperature Term Coefficient | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Velocity Term Coefficient | | 0,2237 | 0,2237 | 0,2237 | 0,2237 | 0,2237 |
| Velocity Squared Term Coefficient | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Εικόνα 57. Υποκατηγορία Zone Infiltration Design Flow Rate

[8] Η όγδοη κατηγορία Coils διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Coil: Heating Water

Coil: Heating Water : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα θερμαντικά σώματα σε κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου (Εικόνα 58).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|--|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Name | | SPACE1-1 Zone Co | SPACE2-1 Zone Co | SPACE3-1 Zone Co | SPACE4-1 Zone Co | SPACE5-1 Zone Co |
| Availability Schedule Name | | ReheatCoilAvailSch | ReheatCoilAvailSch | ReheatCoilAvailSch | ReheatCoilAvailSch | ReheatCoilAvailSch |
| U-Factor Times Area Value | W/K | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Maximum Water Flow Rate | m3/s | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Water Inlet Node Name | | SPACE1-1 Zone Co | SPACE2-1 Zone Co | SPACE3-1 Zone Co | SPACE4-1 Zone Co | SPACE5-1 Zone Co |
| Water Outlet Node Name | | SPACE1-1 Zone Co | SPACE2-1 Zone Co | SPACE3-1 Zone Co | SPACE4-1 Zone Co | SPACE5-1 Zone Co |
| Air Inlet Node Name | | SPACE1-1 Zone Co | SPACE2-1 Zone Co | SPACE3-1 Zone Co | SPACE4-1 Zone Co | SPACE5-1 Zone Co |
| Air Outlet Node Name | | SPACE1-1 In Node | SPACE2-1 In Node | SPACE3-1 In Node | SPACE4-1 In Node | SPACE5-1 In Node |
| Performance Input Method | | UFactorTimesAreaΔ | UFactorTimesAreaΔ | UFactorTimesAreaΔ | UFactorTimesAreaΔ | UFactorTimesAreaΔ |
| Rated Capacity | W | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Rated Inlet Water Temperature | C | 90 | 90 | 79,335 | 76,724 | 90 |
| Rated Inlet Air Temperature | C | 16,6 | 16,6 | 16,6 | 16,6 | 16,6 |
| Rated Outlet Water Temperature | C | 72 | 68,67 | 64,665 | 67,276 | 63,448 |
| Rated Outlet Air Temperature | C | 32,2 | 32,2 | 32,2 | 32,2 | 32,2 |
| Rated Ratio for Air and Water Convection | | | | | | |
| Design Water Temperature Difference | deltaC | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |

Εικόνα 58. Υποκατηγορία Coil Heating Water

[9] Η ένατη κατηγορία ο εξοπλισμός θέρμανσης και ψύξης της εγκατάστασης διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες : Λέβητας ζεστού νερού (Boiler Hot Water)

Boiler Hot Water : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον λέβητα του κτιρίου (Εικόνα 59).

| Field | Units | Obj1 |
|--|-------|----------------------------|
| Name | | Central Boiler |
| Fuel Type | | Diesel |
| Nominal Capacity | W | autosize |
| Nominal Thermal Efficiency | | 0,85 |
| Efficiency Curve Temperature Evaluation Variable | | LeavingBoiler |
| Normalized Boiler Efficiency Curve Name | | BoilerEfficiency |
| Design Water Flow Rate | m3/s | autosize |
| Minimum Part Load Ratio | | 0 |
| Maximum Part Load Ratio | | 1,2 |
| Optimum Part Load Ratio | | 1 |
| Boiler Water Inlet Node Name | | Central Boiler Inlet Node |
| Boiler Water Outlet Node Name | | Central Boiler Outlet Node |
| Water Outlet Upper Temperature Limit | C | 100 |
| Boiler Flow Mode | | LeavingSetpointModulated |
| Parasitic Electric Load | W | |
| Sizing Factor | | |
| End-Use Subcategory | | |

Εικόνα 59. Υποκατηγορία Boiler Hot Water

Ακολουθεί η περιγραφή της εισαγωγής των δεδομένων στις κατηγορίες του ‘IDF Editor’ για το κτίριο με fan coil.

Επειδή πρόκειται για το ίδιο κτίριο οι περισσότερες κατηγορίες είναι ακριβώς ίδιες με το κτίριο με τα καλοριφέρ νερού. Σε αυτή τη περίπτωση προσθέτουμε μια επιπλέον κατηγορία που λέγεται Fans. Αυτή η κατηγορία διαχωρίζεται στις υποκατηγορίες Fan Variable Volume και Fan: ON/OFF.

Fan Variable Volume : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον ανεμιστήρα που βρίσκεται στα θερμαντικά σώματα Fan coil (Εικόνα 60).

| Field | Units | Obj1 |
|--|-------|--------------------------|
| Name | | DDAS Supply Fan |
| Availability Schedule Name | | FanAvailSched |
| Fan Total Efficiency | | 0,7 |
| Pressure Rise | Pa | 1000 |
| Maximum Flow Rate | m3/s | autosize |
| Fan Power Minimum Flow Rate Input Method | | Fraction |
| Fan Power Minimum Flow Fraction | | 0 |
| Fan Power Minimum Air Flow Rate | m3/s | |
| Motor Efficiency | | 0,9 |
| Motor In Airstream Fraction | | 1 |
| Fan Power Coefficient 1 | | 0,0015302446 |
| Fan Power Coefficient 2 | | 0,0052080574 |
| Fan Power Coefficient 3 | | 1,1086242 |
| Fan Power Coefficient 4 | | -0,11635563 |
| Fan Power Coefficient 5 | | 0 |
| Air Inlet Node Name | | DDAS Heating Coil Outlet |
| Air Outlet Node Name | | DDAS Supply Fan Outlet |
| End-Use Subcategory | | |

Εικόνα 60. Υποκατηγορία Fan Variable Volume

Fan: ON/OFF : Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τον κύκλο ψύξης ή θέρμανσης με βάση το θερμικό ή το ψυκτικό φορτίο αντίστοιχα (Εικόνα 61).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 |
|---|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Name | | SPACE1-1 Supply F | SPACE2-1 Supply F | SPACE3-1 Supply F | SPACE4-1 Supply F | SPACE5-1 Supply F |
| Availability Schedule Name | | FanAvailSched | FanAvailSched | FanAvailSched | FanAvailSched | FanAvailSched |
| Fan Total Efficiency | | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Pressure Rise | Pa | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Maximum Flow Rate | m3/s | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Motor Efficiency | | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Motor In Airstream Fraction | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Air Inlet Node Name | | SPACE1-1 Mixed Ai | SPACE2-1 Mixed Ai | SPACE3-1 Mixed Ai | SPACE4-1 Mixed Ai | SPACE5-1 Mixed Ai |
| Air Outlet Node Name | | SPACE1-1 Supply F | SPACE2-1 Supply F | SPACE3-1 Supply F | SPACE4-1 Supply F | SPACE5-1 Supply F |
| Fan Power Ratio Function of Speed Ratio Curve Name | | | | | | |
| Fan Efficiency Ratio Function of Speed Ratio Curve Name | | | | | | |
| End-Use Subcategory | | | | | | |

Εικόνα 61. Υποκατηγορία Fan ON/OFF

Στη κατηγορία Coils προσθέτουμε την υποκατηγορία Coil: Cooling Water .Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε τα σώματα ψύξης σε κάθε θερμική ζώνη του κτιρίου (Εικόνα 62).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 | Obj3 | Obj4 | Obj5 | Obj6 |
|---|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Name | | SPACE1-1 Cooling (| SPACE2-1 Cooling (| SPACE3-1 Cooling (| SPACE4-1 Cooling (| SPACE5-1 Cooling (| DDAS Cooling Coil |
| Availability Schedule Name | | HVACTemplate-Alw | HVACTemplate-Alw | HVACTemplate-Alw | HVACTemplate-Alw | HVACTemplate-Alw | HVACTemplate-Alw |
| Design Water Flow Rate | m3/s | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Air Flow Rate | m3/s | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Inlet Water Temperature | C | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Inlet Air Temperature | C | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Outlet Air Temperature | C | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Inlet Air Humidity Ratio | kgWater/kgDryA | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Design Outlet Air Humidity Ratio | kgWater/kgDryA | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize | autosize |
| Water Inlet Node Name | | SPACE1-1 Cooling (| SPACE2-1 Cooling (| SPACE3-1 Cooling (| SPACE4-1 Cooling (| SPACE5-1 Cooling (| DDAS Cooling Coil (|
| Water Outlet Node Name | | SPACE1-1 Cooling (| SPACE2-1 Cooling (| SPACE3-1 Cooling (| SPACE4-1 Cooling (| SPACE5-1 Cooling (| DDAS Cooling Coil (|
| Air Inlet Node Name | | SPACE1-1 Supply F | SPACE2-1 Supply F | SPACE3-1 Supply F | SPACE4-1 Supply F | SPACE5-1 Supply F | DDAS Mixed Air Du |
| Air Outlet Node Name | | SPACE1-1 Cooling (| SPACE2-1 Cooling (| SPACE3-1 Cooling (| SPACE4-1 Cooling (| SPACE5-1 Cooling (| DDAS Cooling Coil (|
| Type of Analysis | | DetailedAnalysis | DetailedAnalysis | DetailedAnalysis | DetailedAnalysis | DetailedAnalysis | DetailedAnalysis |
| Heat Exchanger Configuration | | CrossFlow | CrossFlow | CrossFlow | CrossFlow | CrossFlow | CrossFlow |
| Condensate Collection Water Storage Tank Name | | | | | | | |
| Design Water Temperature Difference | deltaC | | | | | | |

Εικόνα 62. Υποκατηγορία Coil Cooling Water

Η τελευταία προσθήκη γίνεται στη κατηγορία Plant Heating and Cooling Equipment με την υποκατηγορία Chiller: Electric. Σε αυτή την υποκατηγορία καθορίζουμε το σύστημα ψύξης (Εικόνα 63).

| Field | Units | Obj1 |
|---|-------|---------------------------|
| Name | | Main Chiller |
| Reference Capacity | W | autosize |
| Reference COP | W/W | 3,2 |
| Reference Leaving Chilled Water Temperature | C | 6,67 |
| Reference Entering Condenser Fluid Temperature | C | 29,4 |
| Reference Chilled Water Flow Rate | m3/s | autosize |
| Reference Condenser Fluid Flow Rate | m3/s | autosize |
| Cooling Capacity Function of Temperature Curve Name | | Main Chiller RecipCapFT |
| Electric Input to Cooling Output Ratio Function of Temp | | Main Chiller RecipEIRFT |
| Electric Input to Cooling Output Ratio Function of Part L | | Main Chiller RecipEIRFPLR |
| Minimum Part Load Ratio | | 0 |
| Maximum Part Load Ratio | | 1 |
| Optimum Part Load Ratio | | 1 |
| Minimum Unloading Ratio | | 0,25 |
| Chilled Water Inlet Node Name | | Main Chiller ChW/ Inlet |
| Chilled Water Outlet Node Name | | Main Chiller ChW/ Outlet |
| Condenser Inlet Node Name | | Main Chiller Cnd Inlet |
| Condenser Outlet Node Name | | Main Chiller Cnd Outlet |
| Condenser Type | | WaterCooled |
| Condenser Fan Power Ratio | W/W | |
| Fraction of Compressor Electric Consumption Rejected I | | 1 |
| Leaving Chilled Water Lower Temperature Limit | C | 5 |
| Chiller Flow Mode | | ConstantFlow |
| Design Heat Recovery Water Flow Rate | m3/s | 0 |
| Heat Recovery Inlet Node Name | | |
| Heat Recovery Outlet Node Name | | |

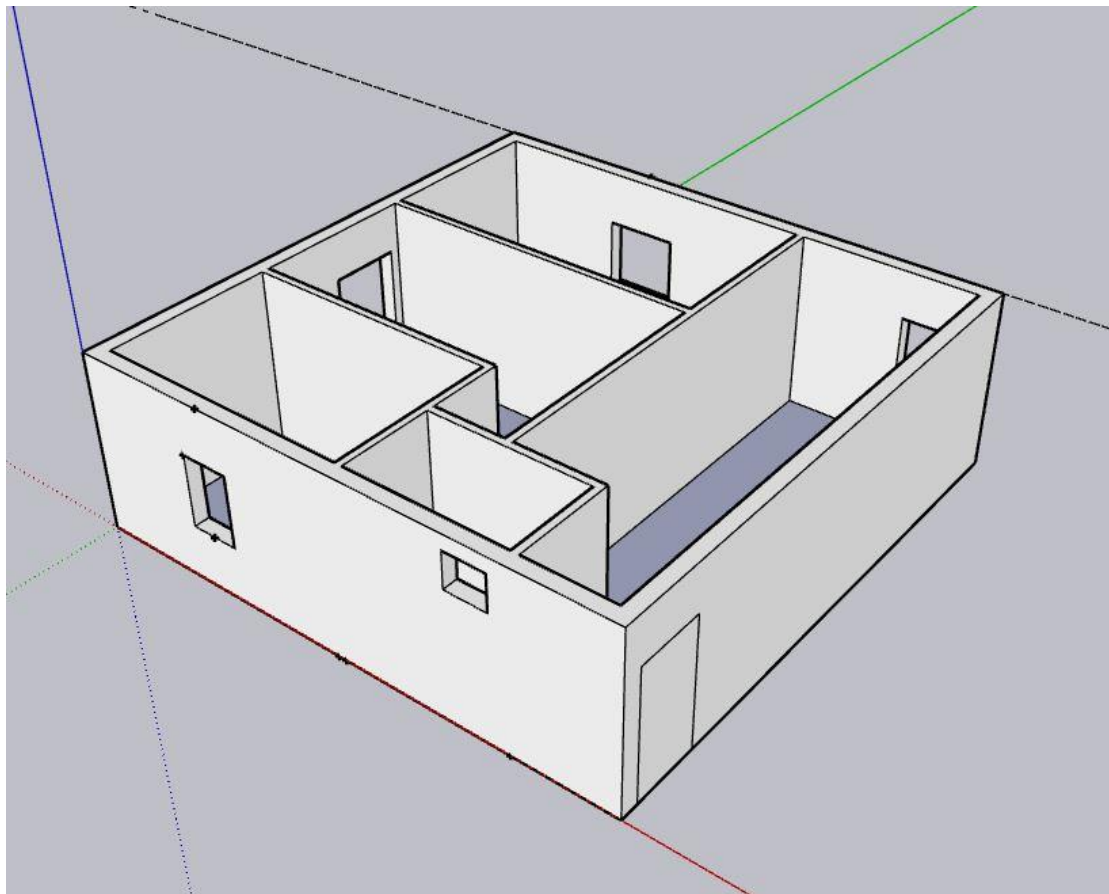
Εικόνα 63. Υποκατηγορία Chiller Electric

Για τέλος θα συμπεριλάβουμε τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην επιλογή Variables. Αυτή η υποκατηγορία λέγεται Output: Variable. Στη παρούσα διπλωματική θα υπολογίσουμε, μέσω του Energy-Plus, την ενεργειακή θερμική ζήτηση του κτιρίου και για τις 2 περιπτώσεις. Για να μπορέσει να υπολογίσει τη ζήτηση πρέπει να προσθέσουμε την επιλογή Heating Demand Rate στην υποκατηγορία Output: Variable (Εικόνα 64).

| Field | Units | Obj1 | Obj2 |
|---------------------|-------|---------------------|---------------------------------------|
| Key Value | | * | * |
| Variable Name | | Plant Supply Side C | Plant Supply Side Heating Demand Rate |
| Reporting Frequency | | Daily | Daily |
| Schedule Name | | | |

Εικόνα 64. Υποκατηγορία Output Variable

Ακολουθεί το σχέδιο του κτιρίου σε μορφή 3d (Εικόνα 65).



Εικόνα 65. Σχέδιο Κτιρίου σε μορφή 3d

10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ζήτηση ενέργειας που θα μετρήσουμε στο κτίριο μας με τα 2 διαφορετικά συστήματα, με τη βοήθεια προσομοίωσης του Energy-Plus, θα υπολογιστεί από τον μήνα Ιανουάριο έως το τέλος του μήνα Απριλίου και μετά θα γίνει παύση μέχρι τον μήνα Οκτώβριο όπου και θα συνεχίσει ο υπολογισμός μέχρι το τέλος του χρόνου. Με λίγα λόγια θα υπολογίσουμε τη θερμική ενεργειακή ζήτηση για 7 μήνες του έτους. Το Energy-Plus μας υπολόγισε τις τιμές της θερμικής ενεργειακής ζήτησης για όλες τις μέρες αυτών των 7 μηνών του τυπικού έτους. Για διευκόλυνση παρουσίασης των αποτελεσμάτων στους Πίνακες 12 και 13 που ακολουθούν παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα του κάθε μήνα με μέσο όρο (δηλαδή πόσα W χρειάζονται για κάθε μία μέρα του κάθε μήνα), τα ολοκληρωμένα αποτελέσματα βρίσκονται στο Παράρτημα Γ'.

Πίνακας 12. Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου με θερμαντικά σώματα καλοριφέρ.

| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης (W) |
|-------------|-----------------------------------|
| Ιανουάριος | 755,4 |
| Φεβρουάριος | 777,4 |
| Μάρτιος | 617,7 |
| Απρίλιος | 566,3 |
| Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 309,4 |
| Νοέμβριος | 624,9 |
| Δεκέμβριος | 854,8 |

Πίνακας 13. Ενεργειακή ζήτηση κτιρίου με θερμαντικά σώματα Fan Coil.

| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης (W) |
|-------------|-----------------------------------|
| Ιανουάριος | 654,3 |
| Φεβρουάριος | 681,7 |
| Μάρτιος | 558,9 |
| Απρίλιος | 406,6 |
| Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 214,1 |
| Νοέμβριος | 536,1 |
| Δεκέμβριος | 758,8 |

Σχόλιο 1: Όπως παρατηρούμε τα θερμαντικά σώματα Fan Coil απαιτούν λιγότερη θερμική ενεργειακή ζήτηση σε όλους τους μήνες που λειτουργούν σε σχέση με τα θερμαντικά σώματα καλοριφέρ.

Σχόλιο 2: Οι τιμές της μέσης ενεργειακής ζήτησης και στα 2 συστήματα μεταβάλλονται ομοιόμορφα, σε αυτό οφείλεται κυρίως ο καιρός. Όπως παρατηρούμε και στα 2 συστήματα ο μήνας Δεκέμβριος έχει την μεγαλύτερη μέση ενεργειακή ζήτηση. Αυτό σημαίνει ότι ο μήνας Δεκέμβριος ήταν ο πιο ψυχρός μήνας του έτους, το οποίο είναι και λογικό. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρούμε και στα 2 συστήματα ότι στους ανοιξιιάτικους μήνες η ενεργειακή ζήτηση μειώνεται, το οποίο είναι λογικό επειδή οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος αυξάνονται. Με την ίδια λογική μετά τον μήνα Οκτώβριο η ενεργειακή ζήτηση αρχίζει και αυξάνεται, επειδή οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος μειώνονται όσο βαδίζουμε προς τους χειμερινούς μήνες.

Ακολουθούν, σε μορφή πίνακα, τα αποτελέσματα της διαφοροποίησης των τιμών των 2 συστημάτων σε ποσοστά, δηλαδή σε τι ποσοστό είναι μειωμένα τα νούμερα των Fan coils σε σύγκριση με αυτά των καλοριφέρ.

Πίνακας 14. Ποσοστά διαφοροποίησης μεταξύ των 2 συστημάτων.

| Μήνας | Ποσοστό (%) |
|-------------|-------------|
| Ιανουάριος | 13,4 |
| Φεβρουάριος | 12,3 |
| Μάρτιος | 9,5 |
| Απρίλιος | 28,2 |
| Μάιος | 0,0 |
| Ιούνιος | 0,0 |
| Ιούλιος | 0,0 |
| Αύγουστος | 0,0 |
| Σεπτέμβριος | 0,0 |
| Οκτώβριος | 30,8 |
| Νοέμβριος | 14,2 |
| Δεκέμβριος | 11,2 |

Για τον υπολογισμό των ποσοστών ακολουθήσαμε την εξής διαδικασία:

Μέση ενεργειακή ζήτηση (Ιανουαρίου)_{καλοριφέρ} - Μέση ενεργειακή ζήτηση (Ιανουαρίου)_{fan coil} = 755,4 – 654,3 = 101,1 W

$$\frac{\text{Διαφορά ενεργειακής ζήτησης}}{\text{Μέση ενεργειακή ζήτηση (Ιανουαρίου)καλοριφέρ}} \cdot 100\% = \frac{101,1}{755,4} \cdot 100\% = 0,134 \cdot 100\% = 13,4 \%$$

Σχόλιο 3: Στον παρονομαστή χρησιμοποιούμε την τιμή της ενεργειακής ζήτησης του καλοριφέρ, επειδή είναι μεγαλύτερη από αυτή των fan coils.

Σχόλιο 4: Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζουμε τα ποσοστά των άλλων μηνών.

Σχόλιο 5: Παρατηρούμε ότι ο Απρίλιος και ο Οκτώβριος έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τους υπόλοιπους μήνες. Στη δικιά μας μελέτη αυτοί οι 2 μήνες είναι οι πιο θερμοί, όσον αφορά τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, και στα 2 συστήματα οι τιμές της ενεργειακής ζήτησης είναι μικρότερες σε σχέση με τους άλλους μήνες. Στη περίπτωση των fan coils η τιμή είναι ακόμα μικρότερη σε σχέση με τα καλοριφέρ και πιο συγκεκριμένα είναι μειωμένη σε ποσοστό 30,8%. Αυτό σημαίνει ότι τα θερμαντικά συστήματα fan coils έχουν καλύτερη επίδοση (όπως έχουμε αναλύσει στο Κεφάλαιο 2) στον τρόπο μεταφοράς θερμότητας ακόμα και τους πιο θερμούς μήνες σε σχέση με τα καλοριφέρ. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι τιμές στους χειμερινούς μήνες είναι αρκετά κοντά, αυτό σημαίνει ότι τα ακτινοβολούντα θερμαντικά μέσα έχουν καλύτερη επίδοση όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι αρκετά χαμηλές, σε σχέση με τους πιο θερμούς μήνες.

Στη συνέχεια θα κάνουμε σύγκριση μεταξύ των τιμών της ενεργειακής ζήτησης και τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος για το έτος 2019. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μέσες τιμές ενεργειακής ζήτησης για τα 2 συστήματα, καθώς και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Πίνακας 15. Σύγκριση ενεργειακής ζήτησης με θερμοκρασίες περιβάλλοντος

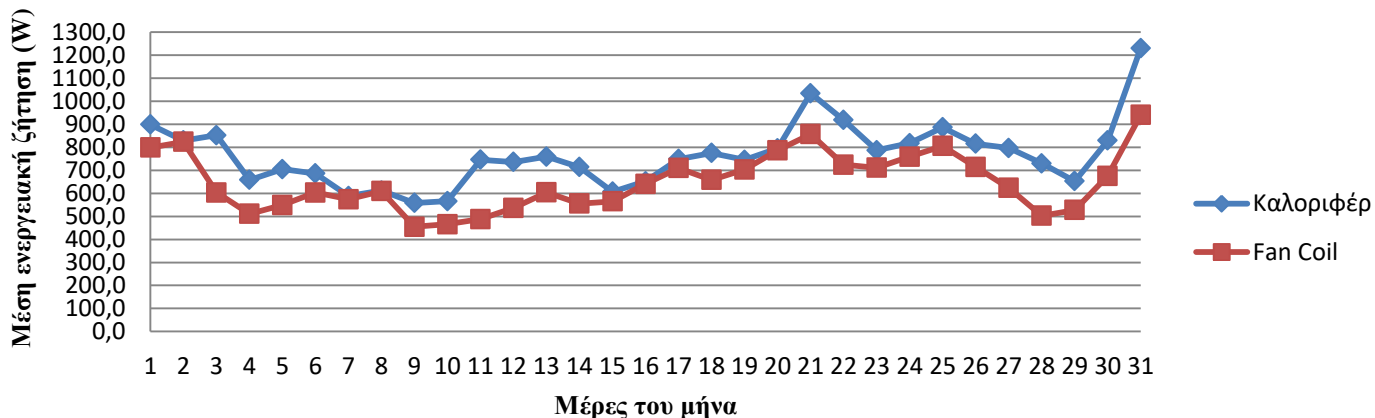
| Μήνας | Εν. Ζήτηση Καλοριφέρ (W) | Εν. Ζήτηση Fan coils (W) | Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C) |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Ιανουάριος | 755,4 | 654,3 | 9 |
| Φεβρουάριος | 777,4 | 681,7 | 9,17 |
| Μάρτιος | 617,7 | 558,9 | 12,56 |
| Απρίλιος | 566,3 | 406,6 | 14,52 |
| Οκτώβριος | 309,4 | 214,1 | 20,48 |
| Νοέμβριος | 624,9 | 536,1 | 13,29 |
| Δεκέμβριος | 854,8 | 758,8 | 8,28 |

Σχόλιο 6: Παρατηρούμε ότι οι μέσες τιμές της ενεργειακής ζήτησης μειώνονται όσο αυξάνονται οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, το οποίο είναι λογικό. Ο μήνας Δεκέμβριος και στα 2 συστήματα έχει την πιο υψηλή τιμή ενεργειακής ζήτησης, άρα αυτό σημαίνει ότι απαιτείται περισσότερη θέρμανση από τους άλλους μήνες, λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Όπως παρατηρούμε η μέση θερμοκρασία τον μήνα Δεκέμβριο είναι η χαμηλότερη με τιμή 8,28 °C. Τέλος, παρατηρούμε ότι και στους υπόλοιπους μήνες, με βάση τις τιμές της μέσης ενεργειακής ζήτησης αντιστοιχούν οι κατάλληλες τιμές της μέσης θερμοκρασίας.

Σχόλιο 7: Τις τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορούμε να τις βρούμε στην ιστοσελίδα <http://www.meteoacharnes.gr/>. Οι τιμές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για όλο το έτος είναι αναρτημένες στον Πίνακα Γ3 στο Παράρτημα Γ'.

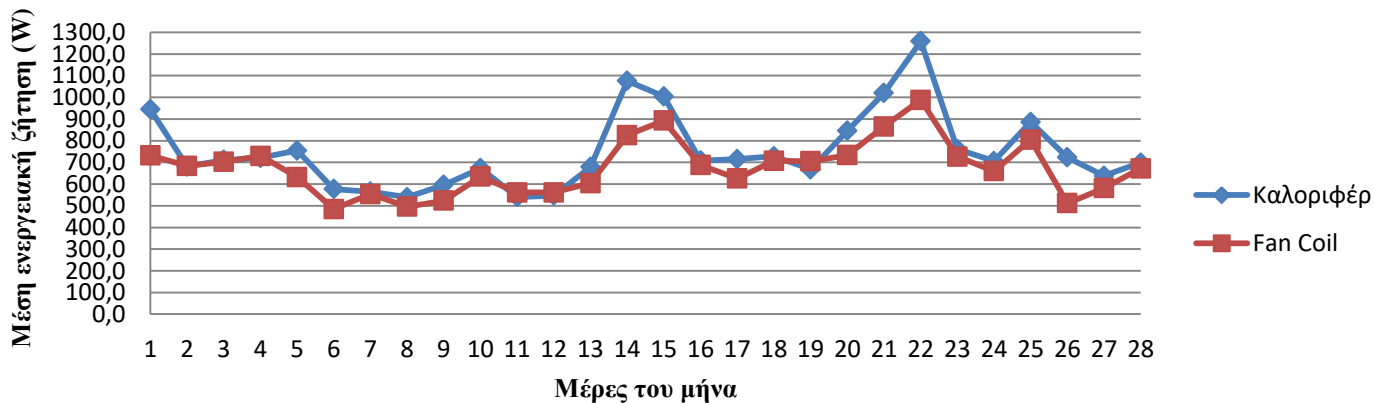
Ακολουθούν διαγράμματα σύγκρισης για κάθε μήνα ξεχωριστά και ένα με όλους τους μήνες συνολικά από τα 2 συστήματα.

Ιανουάριος



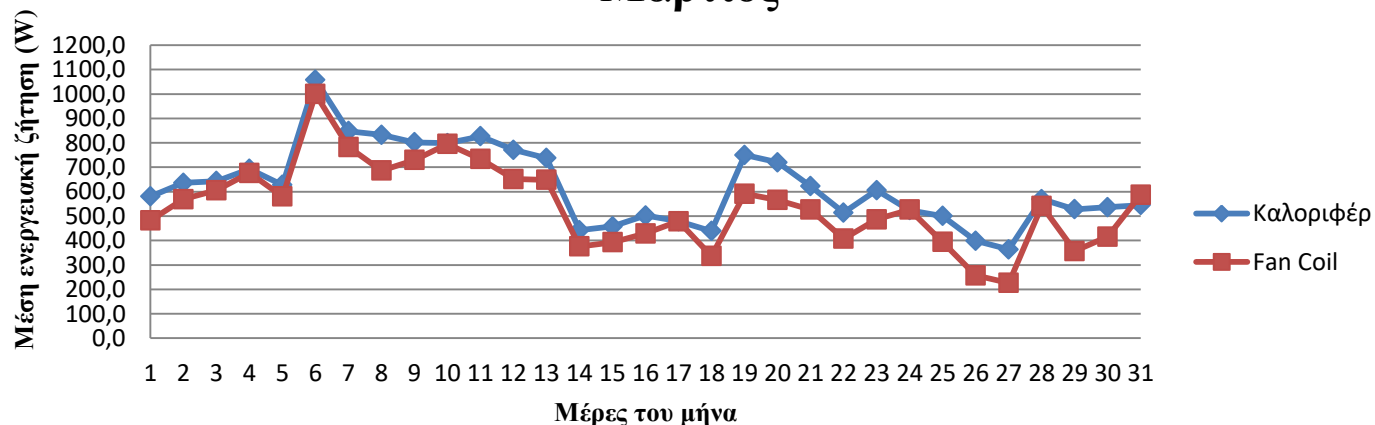
Διάγραμμα 1. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Ιανουάριο.

Φεβρουάριος



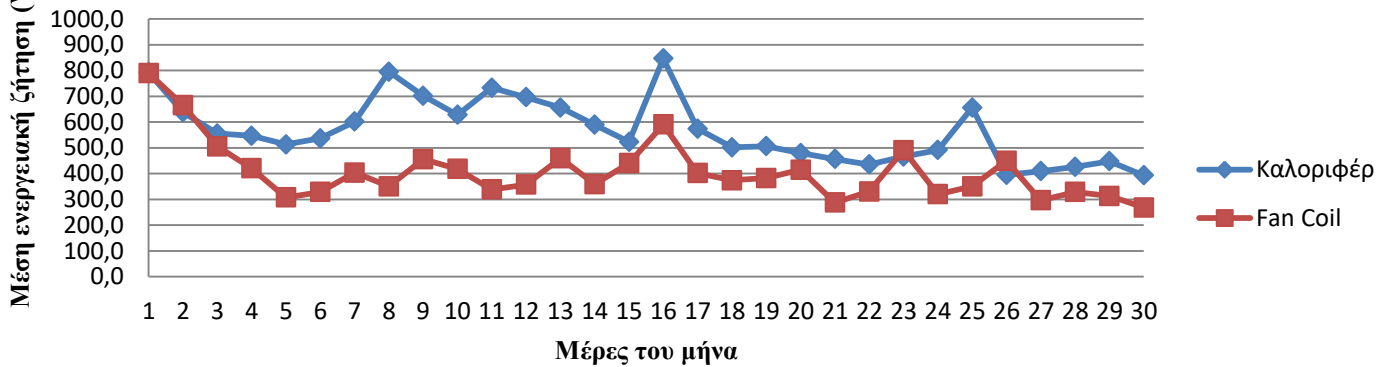
Διάγραμμα 2. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Φεβρουάριο.

Μάρτιος



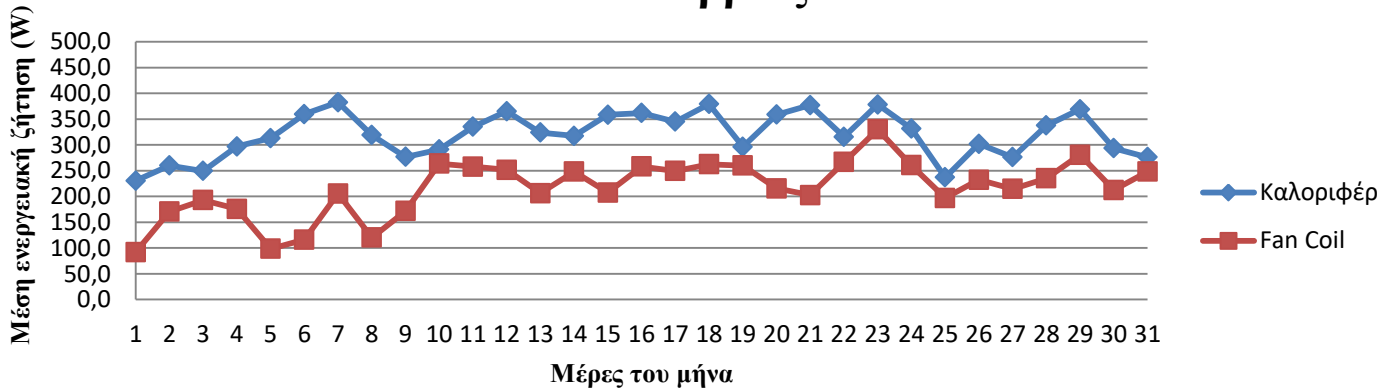
Διάγραμμα 3. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Μάρτιο.

Απρίλιος



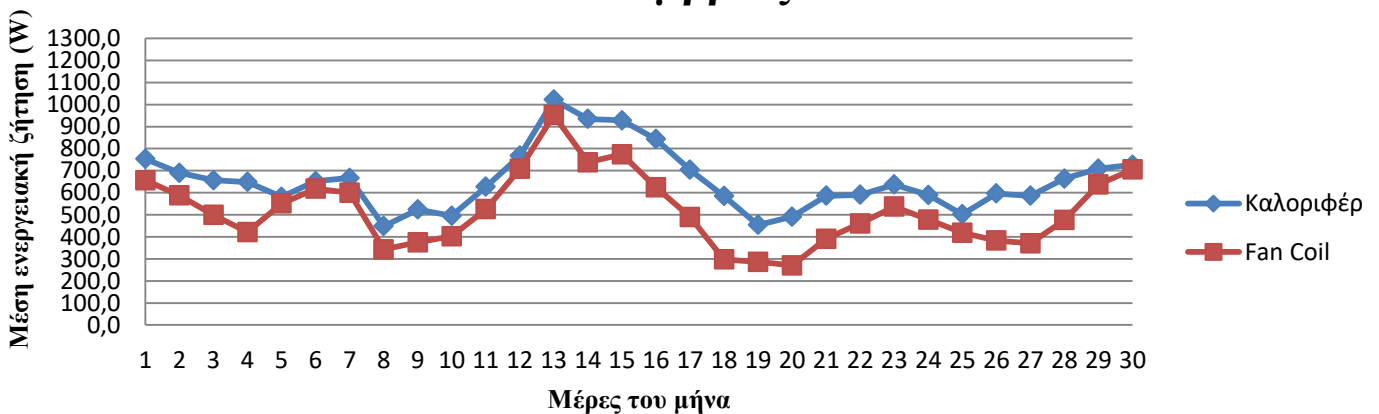
Διάγραμμα 4. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Απρίλιο.

Οκτώβριος

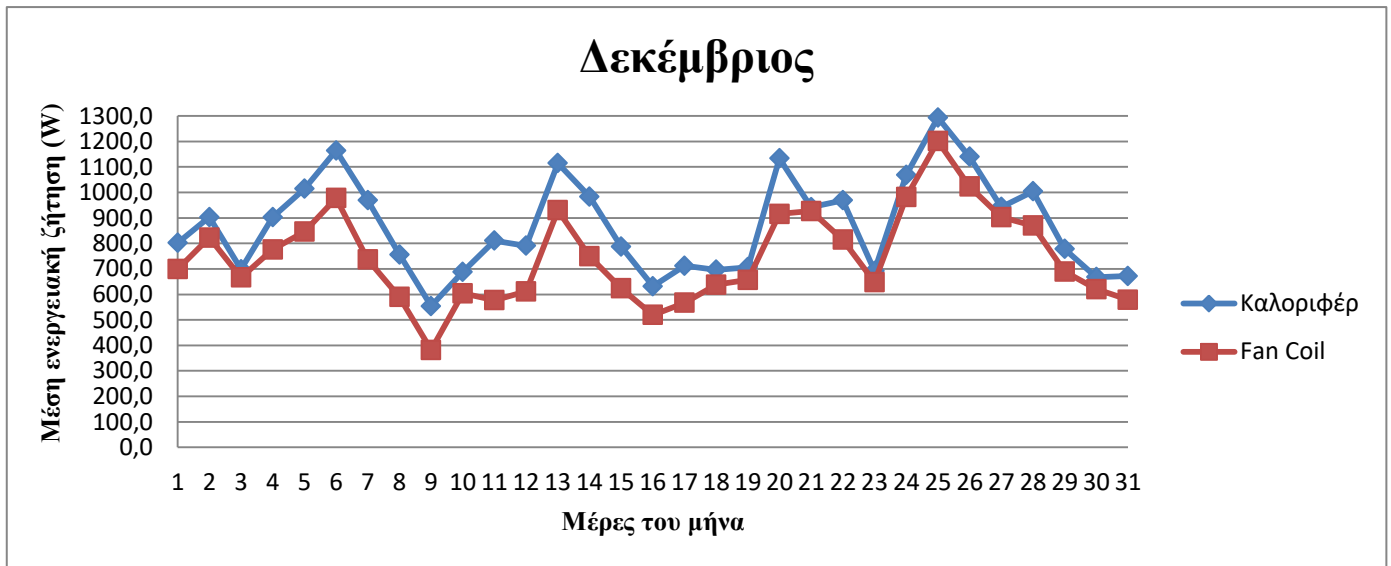


Διάγραμμα 5. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Οκτώβριο.

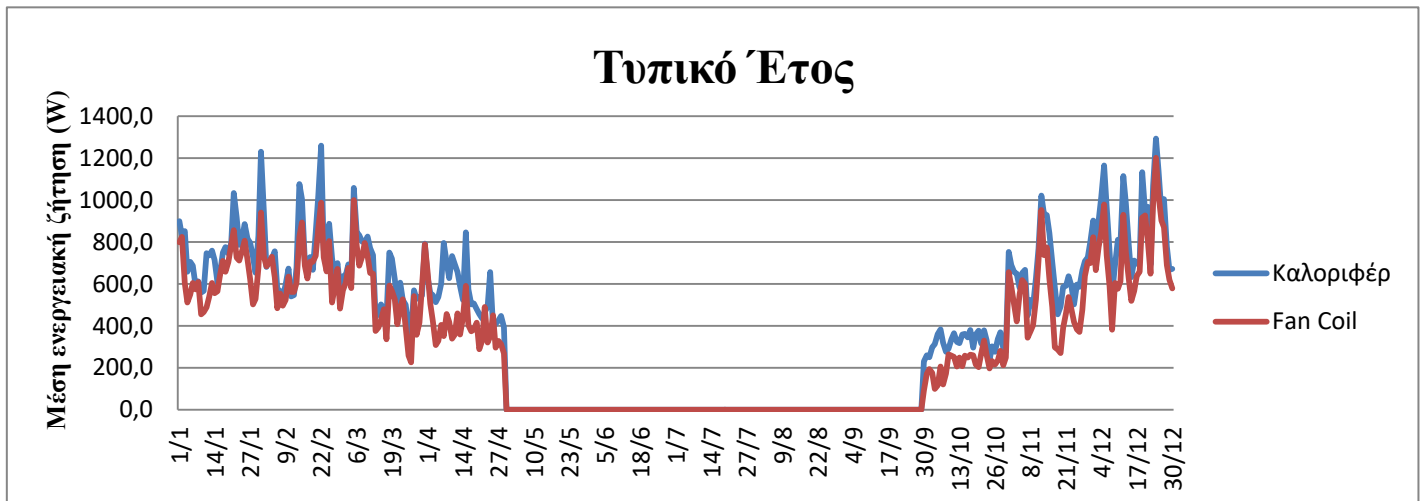
Νοέμβριος



Διάγραμμα 6. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Νοέμβριο.



Διάγραμμα 7. Μέση ενεργειακή ζήτηση για τον μήνα Δεκέμβριο.



Διάγραμμα 8. Μέση ενεργειακή ζήτηση για ένα τυπικό έτος.

Σχόλιο 8: Όπως παρατηρούμε σε όλα τα διαγράμματα που προηγήθηκαν η καμπύλη των θερμαντικών σωμάτων fan coil είναι πιο κάτω από την αντίστοιχη των καλοριφέρ, αυτό μας δείχνει την καλύτερη επίδοση που έχουν τα θερμαντικά σώματα fan coil στη συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζουμε.

Με σκοπό να πραγματοποιήσουμε ολοκληρωμένη σύγκριση μεταξύ των 2 συστημάτων, θα πειραματιστούμε με τον παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει άμεσα την ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου είτε με θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας, είτε με θερμαντικά σώματα συναγωγής. Η μόνωση καθώς και η αεροστεγανότητα αποτελούν βασικά αίτια αυξημένης ενεργειακής ζήτησης και βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σχετική συμπεριφορά των εξεταζόμενων θερμαντικών σωμάτων.

Ακολουθούν οι πειραματισμοί της μόνωσης του κτιρίου, σε μορφή πινάκων, για τα 2 συστήματα. Οι περιπτώσεις που θα πειραματιστούμε είναι η περίπτωση κτιρίου χωρίς μόνωση, η περίπτωση κτιρίου με ακριβώς τη μισή μόνωση από αυτή που χρησιμοποιήσαμε (15mm) και τέλος η περίπτωση της διπλάσιας μόνωσης από αυτή που χρησιμοποιήσαμε (60mm). Και αυτοί οι πίνακες θα εμφανίζουν τις μέσες τιμές της ενεργειακής ζήτησης κτιρίου σε W, ώστε να κάνουμε τη σύγκριση.

Πίνακας 16. Περίπτωση κτιρίου με μηδενική μόνωση και με καλοριφέρ

| ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ | | | |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Χωρίς Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 878,3 | Ιανουάριος | 755,4 |
| Φεβρουάριος | 907,1 | Φεβρουάριος | 777,4 |
| Μάρτιος | 697,2 | Μάρτιος | 617,7 |
| Απρίλιος | 631,4 | Απρίλιος | 566,3 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 361,6 | Οκτώβριος | 309,4 |
| Νοέμβριος | 707,2 | Νοέμβριος | 624,9 |
| Δεκέμβριος | 957,2 | Δεκέμβριος | 854,8 |

Πίνακας 17. Περίπτωση κτιρίου με μηδενική μόνωση και με Fan coil

| FAN COIL | | | |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Χωρίς Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 759,6 | Ιανουάριος | 654,3 |
| Φεβρουάριος | 790,2 | Φεβρουάριος | 681,7 |
| Μάρτιος | 625 | Μάρτιος | 558,9 |
| Απρίλιος | 450,2 | Απρίλιος | 406,6 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 250,1 | Οκτώβριος | 214,1 |
| Νοέμβριος | 601,3 | Νοέμβριος | 536,1 |
| Δεκέμβριος | 841,3 | Δεκέμβριος | 758,8 |

Πίνακας 18. Περίπτωση κτιρίου με μίση μόνωση και με καλοριφέρ

| ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ | | | |
|----------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Με Μισή Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 829,6 | Ιανουάριος | 755,4 |
| Φεβρουάριος | 875,8 | Φεβρουάριος | 777,4 |
| Μάρτιος | 678,4 | Μάρτιος | 617,7 |
| Απρίλιος | 593,7 | Απρίλιος | 566,3 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 327,8 | Οκτώβριος | 309,4 |
| Νοέμβριος | 665,4 | Νοέμβριος | 624,9 |
| Δεκέμβριος | 914,2 | Δεκέμβριος | 854,8 |

Πίνακας 19. Περίπτωση κτιρίου με μισή μόνωση και με Fan coil

| FAN COIL | | | |
|----------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Με Μίση Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 691,5 | Ιανουάριος | 654,3 |
| Φεβρουάριος | 756,1 | Φεβρουάριος | 681,7 |
| Μάρτιος | 581,0 | Μάρτιος | 558,9 |
| Απρίλιος | 422,9 | Απρίλιος | 406,6 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 225,1 | Οκτώβριος | 214,1 |
| Νοέμβριος | 571,9 | Νοέμβριος | 536,1 |
| Δεκέμβριος | 784 | Δεκέμβριος | 758,8 |

Πίνακας 20. Περίπτωση κτιρίου με διπλή μόνωση και με καλοριφέρ

| ΚΑΛΟΡΙΦΕΡ | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Με Διπλή Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 703,4 | Ιανουάριος | 755,4 |
| Φεβρουάριος | 747,2 | Φεβρουάριος | 777,4 |
| Μάρτιος | 562,8 | Μάρτιος | 617,7 |
| Απρίλιος | 510,2 | Απρίλιος | 566,3 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 286,9 | Οκτώβριος | 309,4 |
| Νοέμβριος | 586,3 | Νοέμβριος | 624,9 |
| Δεκέμβριος | 760,9 | Δεκέμβριος | 854,8 |

Πίνακας 21. Περίπτωση κτιρίου με διπλή μόνωση και με Fan coil

| FAN COIL | | | |
|-----------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Με Διπλή Μόνωση | | Με Μόνωση | |
| Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης | Μήνας | Μέση Τιμή Ενεργειακής Ζήτησης |
| Ιανουάριος | 614,6 | Ιανουάριος | 654,3 |
| Φεβρουάριος | 652,3 | Φεβρουάριος | 681,7 |
| Μάρτιος | 504,5 | Μάρτιος | 558,9 |
| Απρίλιος | 348,5 | Απρίλιος | 406,6 |
| Μάιος | 0 | Μάιος | 0 |
| Ιούνιος | 0 | Ιούνιος | 0 |
| Ιούλιος | 0 | Ιούλιος | 0 |
| Αύγουστος | 0 | Αύγουστος | 0 |
| Σεπτέμβριος | 0 | Σεπτέμβριος | 0 |
| Οκτώβριος | 195,9 | Οκτώβριος | 214,1 |
| Νοέμβριος | 492,1 | Νοέμβριος | 536,1 |
| Δεκέμβριος | 726,2 | Δεκέμβριος | 758,8 |

Όσο μεταβάλλουμε τη μόνωση, μεταβάλλονται και οι θερμικές απώλειες του κτιρίου. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα αποτελέσματα των θερμικών απωλειών του κτιρίου, με βάση τις 3 περιπτώσεις μόνωσης που προηγήθηκαν σε σύγκριση με την αρχική εκδοχή των θερμικών απωλειών.

Πίνακας 22. Αποτελέσματα θερμικών απωλειών σε σύγκριση με την μόνωση

| Μόνωση (mm) | 0 | 15 | 30 | 60 |
|----------------------------|---------|--------|--------|--------|
| Θερμικές Απώλειες (kcal/h) | 11997,3 | 5884,4 | 4359,4 | 3003,0 |

Σχόλιο 9: Οι υπολογισμοί των θερμικών απωλειών πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με το Κεφάλαιο 8.1, μεταβάλλοντας την τιμή της μόνωσης ανάλογα με την περίπτωση.

Σχόλιο 10: Παρατηρούμε στον Πίνακα 22 πόσο μεγάλη είναι διαφορά των θερμικών απωλειών στην περίπτωση της μηδενικής μόνωσης με αυτή της μόνωσης των 60mm. Αυτό μας δείχνει πόσο σημαντικό παράγοντα αποτελεί η μόνωση στις θερμικές απώλειες του κτιρίου και έμμεσα στην ενεργειακή ζήτηση του κτιρίου, επειδή όσο πιο μεγάλες είναι οι θερμικές απώλειες του κτιρίου, εξίσου μεγάλες είναι και οι τιμές της ενεργειακής ζήτησης.

Σχόλιο 11: Το αρχικό μας κτίριο είχε μόνωση 30mm (4359,4 kcal/h), κάνοντας τους σωστούς υπολογισμούς μπορούμε να υπολογίσουμε, με την μορφή ποσοστού, πόσο μεγάλη είναι η αύξηση των θερμικών απωλειών, όταν αφαιρέσουμε τελείως την μόνωση από το κτίριο.

Χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο έχουμε: $11997,3 - 4359,4 = 7637,9$

$(7637,9 / 11997,3) * 100\% = 63,4\%$

Έχουμε αύξηση κατά 63,4% .

Το ποσοστό 63,4% είναι αρκετά υψηλό, σε σχέση με τα άλλα 2 ποσοστά, άρα αυτό μας δείχνει το πόσο σημαντική είναι η συνεισφορά της μόνωσης στη μείωση των θερμικών απωλειών και κατά συνέπεια στη μείωση της ενεργειακής ζήτησης. Επίσης και στην περίπτωση των 15mm, η διαφορά με την μηδαμινή μόνωση φτάνει έως το 51%, ενώ στην περίπτωση των 60mm η διαφορά αποκτά χαώδη απόσταση της τάξεως του 75%.

Σχόλιο 12: Το πόσο σημαντικό παράγοντα αποτελεί η μόνωση μπορούμε να το συμπεράνουμε και από τους Πίνακες με τα αποτελέσματα του Energy-Plus. Στους Πίνακες 16 και 17, δηλαδή στη περίπτωση της απουσίας μόνωσης, υπολογίσαμε τα ποσοστά της αύξησης της μόνωσης και τα παρουσιάζουμε στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 23. Ποσοστά αύξησης ενεργειακής ζήτησης (χωρίς μόνωση)

| Μήνας | Ποσοστό αύξησης ενεργειακής ζήτησης (%) | |
|-------------|---|----------|
| | Καλοριφέρ | Fan Coil |
| Ιανουάριος | 14,4 | 13,9 |
| Φεβρουάριος | 14,1 | 13,7 |
| Μάρτιος | 11,4 | 10,6 |
| Απρίλιος | 10,3 | 9,7 |
| Οκτώβριος | 14,4 | 14,4 |
| Νοέμβριος | 11,6 | 10,8 |
| Δεκέμβριος | 10,7 | 9,8 |

Όπως παρατηρούμε τα ποσοστά των θερμαντικών μέσων με ακτινοβολία είναι αρκετά κοντά με αυτά των θερμαντικών σωμάτων συναγωγής. Άρα αυτό σημαίνει ότι, λόγω της απουσίας της μόνωσης, τα 2 συστήματα έχουν σχεδόν την ίδια επίδοση και δεν μπορούμε να κάνουμε σωστή και ακριβή σύγκριση. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε και εδώ το πόσο σημαντικό ρόλο έχει η μόνωση στη θέρμανση ενός κτιρίου, επειδή λόγω της απουσίας της μας είναι αδύνατον να καταλήξουμε στο πιο σύστημα πλεονεκτεί κατά περίπτωση.

Ακολουθούν οι πίνακες με τα ποσοστά της αύξησης της ενεργειακής ζήτησης και μείωσης της ενεργειακής ζήτησης για τις περιπτώσεις της μισής και της διπλής μόνωσης αντίστοιχα.

Πίνακας 24. Ποσοστά αύξησης ενεργειακής ζήτησης (μισή μόνωση)

| Μήνας | Ποσοστό αύξησης ενεργειακής ζήτησης (%) | |
|-------------|---|----------|
| | Καλοριφέρ | Fan Coil |
| Ιανουάριος | 8,9 | 5,4 |
| Φεβρουάριος | 11,2 | 8,8 |
| Μάρτιος | 8,9 | 3,8 |
| Απρίλιος | 4,6 | 3,9 |
| Οκτώβριος | 5,6 | 4,9 |
| Νοέμβριος | 6,1 | 4,3 |
| Δεκέμβριος | 6,5 | 3,2 |

Πίνακας 25. Ποσοστά μείωσης ενεργειακής ζήτησης (διπλή μόνωση)

| Μήνας | Ποσοστό μείωσης ενεργειακής ζήτησης (%) | |
|-------------|---|----------|
| | Καλοριφέρ | Fan Coil |
| Ιανουάριος | 6,9 | 8,1 |
| Φεβρουάριος | 3,9 | 4,3 |
| Μάρτιος | 8,9 | 9,7 |
| Απρίλιος | 9,9 | 14,3 |
| Οκτώβριος | 7,3 | 8,5 |
| Νοέμβριος | 6,2 | 8,2 |
| Δεκέμβριος | 11 | 4,3 |

Παρατηρούμε ότι τα θερμαντικά σώματα συναγωγής στον Πίνακα 24 έχουν μεγαλύτερες διαφορές από τα σώματα ακτινοβολίας και αυτό συμβαίνει και στον Πίνακα 25. Λόγω της ύπαρξης της μόνωσης, τα θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας-συναγωγής καλοριφέρ βελτιώνουν την επίδοσή τους, επειδή η ακτινοβολούμενη θερμότητα προς τους τοίχους δεν περνά με εύκολο τρόπο προς το περιβάλλον, όμως επειδή το κτίριο έχει καλή αεροστεγανότητα τα θερμαντικά σώματα fan coil πλεονεκτούν σε αυτόν τον τομέα.

Τα fan coil έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε κτίρια με καλή αεροστεγανότητα, ενώ τα καλοριφέρ έχουν καλύτερη συμπεριφορά σε κτίρια με μόνωση (όσο αυξάνουμε τη μόνωση τόσο καλύτερη γίνεται η συμπεριφορά τους).

Σχόλιο 13: Τα ποσοστά των Πινάκων 23,24 και 25 υπολογίστηκαν ομοίως με αυτά από το Σχόλιο 11.

11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του προγράμματος προσομοίωσης Energy-Plus, αλλά και της ανάλυσης που αναφέραμε στο κομμάτι της θεωρίας, καταλυτικό τομέα αποτελεί η μόνωση του κτιρίου στην σύγκρισή μεταξύ των 2 θερμομαντικών σωμάτων.

Καταλήξαμε ότι τα θερμομαντικά σώματα Fan coils ή συναγωγής, με δεδομένη την ύπαρξη της μόνωσης στο κτίριο (έστω και 15mm), υπερτερούν σε επίδοση, άρα και σε λιγότερη ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης, από τα θερμομαντικά σώματα καλοριφέρ νερού ή ακτινοβολίας. Στο μοναδικό τομέα που τα 2 θερμομαντικά σώματα είχαν πανομοιότυπες επιδόσεις ήταν στην περίπτωση που το κτίριο δεν έχει εξωτερική μόνωση. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι λόγω της απουσίας της μόνωσης οι θερμικές απώλειες αυξήθηκαν αρκετά (63,4% όπως υπολογίσαμε) και έτσι κανένα από τα 2 συστήματα δεν μπορεί να επιδώσει ικανοποιητικά.

Σύμφωνα με την θεωρία που αναλύσαμε τα θερμομαντικά σώματα καλοριφέρ υπερέρχουν από τα θερμομαντικά σώματα Fan Coil στον τομέα του κόστους. Τα καλοριφέρ είναι πιο οικονομικά κατά μονάδα από τα Fan Coil, άλλα ακόμα και σε αυτόν τον τομέα η διαφορά τους δεν είναι πολύ μεγάλη (λιγότερη από 200 ευρώ ανά μονάδα). Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι η διαφορά που υπάρχει στο οικονομικό κομμάτι μπορεί εύκολα να αποσβεσθεί από λιγότερη κατανάλωση ενεργείας που πετυχαίνουμε με τα Fan Coils, έναντι των καλοριφέρ νερού. Τα Fan Coils έχουν καλύτερες επιδόσεις στην θέρμανση του χώρου σε μονωμένα κτίρια και επίσης τα μονωμένα κτίρια για να θερμομανθούν απαιτούν λιγότερη ενεργειακή ζήτηση θέρμανσης. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει ότι τα καλοριφέρ δεν αποτελούν καλή επιλογή για σύστημα θέρμανσης σε ένα κτίριο, αντιθέτως μάλιστα αποτελούν μια πολύ καλή επιλογή και σίγουρα τη πιο διαδεδομένη στην Ελλάδα.

Συνοψίζοντας, για να απαντήσουμε στο ερώτημα πως επιδρούν τα θερμομαντικά μέσα στην ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων, τα θερμομαντικά μέσα που συγκρίναμε αποτελούν και τα 2 πολύ καλές επιλογές στον τομέα της θέρμανσης. Αν πραγματοποιούσαμε σύγκριση μεταξύ θερμομαντικών σωμάτων συναγωγής με θερμομαντικά σώματα που μεταφέρουν θερμότητα μόνο με ακτινοβολία, θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο αποτέλεσμα ότι τα θερμομαντικά σώματα συναγωγής έχουν καλύτερη επίδοση.

Στην δικιά μας περίπτωση, έχοντας δεδομένες θερμικές απώλειες αερισμού, καταλήξαμε ότι με την αύξηση της μόνωσης η ενεργειακή ζήτηση αυξάνεται περισσότερο στα καλοριφέρ. Με την απουσία της μόνωσης δείξαμε ότι η επίδοση των 2 σωμάτων είναι σχεδόν ίδια, ενώ αν οι απώλειες αερισμού είναι αρκετές τότε υπερτερούν τα καλοριφέρ έναντι των fan coil.

Συμπερασματικά τα θερμαντικά σώματα fan coil υπερτερούν όταν οι θερμικές απώλειες αερισμού είναι χαμηλές και όταν υπάρχει μόνωση στο κτίριο, ενώ τα καλοριφέρ υπερτερούν όταν οι θερμικές απώλειες αερισμού είναι πολλές, επειδή τα καλοριφέρ μεταφέρουν την θερμότητα και με συναγωγή και με ακτινοβολία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αξαόπουλος Π.Ι, 2011, Solar Thermal Conversion Active Solar Systems, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
- Βραχόπουλος Μ.Γ., Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός ΕΜΠ, 2004 Αναλυτική Προσέγγιση Κεντρικών Θερμάνσεων, Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλης
- Γελεγένης Ι.Ι - Π.Ι Αξαόπουλος Π.Ι, 2005, Πηγές Ενέργειας συμβατικές και ανανεώσιμες, εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα
- Ζωγόπουλος Ε.Α. – Φέτσης Ν.Χ. – Ευαγγελίου Π.Μ., 2006, Μελέτες Συστημάτων Κεντρικής Θέρμανσης, εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα
- Κακάτσιος Ξ.Κ, 2006, Αρχές Μεταφοράς Θερμότητας και Μάζης, εκδόσεις Συμεών, Αθήνα
- Καρέκος Σ.Ι, 2001, Μετάδοση Θερμότητας Θερμομόνωση, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
- Μαλαχίας Γ., 2010, Κεντρικές Θερμάνσεις με Μονοσωλήνιο Σύστημα,, εκδόσεις Ιων, Αθήνα
- Νίκας Κ. – Στέφανος Π., 2010, Αρχές της Μετάδοσης Θερμότητας για Μηχανικούς, Τόμος 1, έκδοση 1^η, Αθήνα
- Παπαϊωάννου Π. – Σκαρλάτος Π., 1998, Ενδοδαπέδια Θέρμανση και Ξύλινο Δάπεδο, εκδόσεις Κτίριο
- Περδίδης Σ.Δ, 2006, Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων και Βιομηχανιών, Αθήνα, Εκδοτική ΣΕΛΚΑ-4Μ
- Περδίδης Σ.Δ, 2007, Επεμβάσεις Εξοικονόμησης Ενέργειας σε κτίρια – αθλητικά κέντρα – βιομηχανίες – μεταφορές, ΤΟΜΟΣ Α΄, Αθήνα, Εκδοτική ΣΕΛΚΑ-4Μ
- Περδίδης Σ.Δ., 2013, Θέρμανση με Βιομάζα, εκδόσεις Σέλκα-4Μ ΕΠΕ
- Σελλούντος Β.Η, 1995, Θέρμανση Κλιματισμός, Τόμος Α΄, εκδόσεις Δορυφόρος, Αθήνα
- Σελλούντος Β.Η, 1995, Θέρμανση Κλιματισμός, Τόμος Β΄, εκδόσεις Δορυφόρος, Αθήνα
- Φαντάκης Π., Κεντρικές Θερμάνσεις, εκδόσεις Φαντάκης, 2013, Αθήνα
- CIBSE Guide A Environmental Design, January 2006 7th edition -CIBSE Publications, Issue 2 January 2007, Great Britain by page bros (Norwich) Ltd
- Donald Pitts – Leighton Sissom, 2001, Μεταφορά Θερμότητας, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Energy Efficiency for Engineers and Technologists, 1990, Croft T.E., London

Holmes M., 2006, Thermal Response And Plant Sizing, CIBSE, 173-269

Rashmikant P., December 25 1979, United States Patent, 697 York haven Rd, Cincinnati Ohio 45240

Sheridan J.P, March 20 1984, United States Patent, N. 35th St.

Whitman W.C. – Johnson W.M. – Tomczyk John A., 2003, Θέρμανση, εκδόσεις Ιων

Zung J.T, January 25 1977, United States Patent, P.O. Box 491 Rolla Mo 65401

Ηλεκτρονικές πηγές

Ιστοσελίδα <https://www.aenaos-sa.gr/> , Τελευταία επίσκεψη 20/12/2020

Ιστοσελίδα <https://www.allelectrics.gr/> Τελευταία επίσκεψη 3/1/2021

Ιστοσελίδα <https://www.andrianos.gr/gr/> Τελευταία επίσκεψη 09/10/2020

Ιστοσελίδα <https://www.ban.gr/index> Τελευταία επίσκεψη 3/1/2021

Ιστοσελίδα <https://www.bioestia.gr/> Τελευταία επίσκεψη 2/1/2021

Ιστοσελίδα <https://www.decobook.gr/> Τελευταία επίσκεψη 2/1/2021

Ιστοσελίδα <http://dimar.gr/el/homepage/> Τελευταία επίσκεψη 1/1/2021

Ιστοσελίδα <https://energyplus.net/> Τελευταία επίσκεψη 19/11/2020

Ιστοσελίδα <https://www.energy-system.gr/> Τελευταία επίσκεψη 1/1/2021

Ιστοσελίδα <https://techno.expertexpro.com/el/>, Τελευταία επίσκεψη 15/11/2020

Ιστοσελίδα <https://www.expert-hellas.gr/> Τελευταία επίσκεψη 25/10/2020

Ιστοσελίδα <https://fragoulakis.gr/> Τελευταία επίσκεψη 09/10/2020

Ιστοσελίδα <https://greenbuilding.gr/> , Τελευταία επίσκεψη 09/10/2020

Ιστοσελίδα <https://ioannisnoulas.wordpress.com/>, Τελευταία επίσκεψη 20/11/2020

Ιστοσελίδα <https://ktirio.gr/el/> Τελευταία επίσκεψη 1/1/2021

Ιστοσελίδα <http://www.masterheaters.gr/> Τελευταία επίσκεψη 25/10/2020

Ιστοσελίδα <http://www.meteoacharnes.gr/> Τελευταία επίσκεψη 5/2/2021

Ιστοσελίδα <https://www.monoseisgoumas.gr/>, Τελευταία επίσκεψη 09/10/2020

Ιστοσελίδα <https://www.multiclimate.gr/> Τελευταία επίσκεψη 3/1/2021

Ιστοσελίδα <http://www.myenergyhome.gr/> Τελευταία επίσκεψη 27/10/2020

Ιστοσελίδα <https://naturalgastech.gr/> Τελευταία επίσκεψη 15/11/2020

Ιστοσελίδα <https://paliogiannis.gr/> Τελευταία επίσκεψη 30/12/2020

Ιστοσελίδα <https://www.pikrakis.com.gr/el/> , Τελευταία επίσκεψη 11/12/2020

Ιστοσελίδα <https://www.solutionstherm.gr/> Τελευταία επίσκεψη 1/1/2021

Ιστοσελίδα <https://techg.gr/> Τελευταία επίσκεψη 1/1/2021

Ιστοσελίδα <https://www.ti-soft.com/> Τελευταία επίσκεψη 13/12/2020

Ιστοσελίδα <https://www.unionprofile.gr/el/> Τελευταία επίσκεψη 13/12/2020

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Υπολογισμός του συντελεστή θερμοπερατότητας k , ο οποίος έχει τύπο :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\sum \delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}. \text{ Οι τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας } K \text{ διαφέρουν}$$

ανάλογα με το υλικό κατασκευής.

- $k_{\text{Τεξ}}$: ο εξωτερικός τοίχος αποτελείται από 5 δομικά υλικά, τα οποία είναι κατά σειρά ο σοβάς, το τούβλο, η μόνωση, το τούβλο και ο σοβάς. Αυτό σημαίνει ότι έχει 5 διαφορετικά δ ($\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ και δ_5) και 5 διαφορετικά λ ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ και λ_5). Άρα ο τύπος του k γίνεται :

$$k_{\text{Τεξ}} = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,143 + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,09}{0,4} + \frac{0,03}{0,029} + \frac{0,09}{0,4} + \frac{0,02}{0,75} + 0,05}$$

$$= \frac{1}{0,143 + 0,0267 + 0,225 + 1,0345 + 0,225 + 0,0267 + 0,05} = \frac{1}{1,7308} = 0,578 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$$

Όπου $\delta_1 = \delta_5 = 0,02$ m (πάχος σοβά), $\delta_2 = \delta_4 = 0,09$ m (πάχος τούβλου) και $\delta_3 = 0,03$ m (πάχος μόνωσης).

Όπου $\lambda_1 = \lambda_5 = 0,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (ασβεστοκονίαμα από πίνακα στο Β.1 Παράρτημα Β), $\lambda_2 = \lambda_4 = 0,4 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (οπτόπλινθοι διάτρητοι από πίνακα στο Β.1 Παράρτημα Β) και $\lambda_3 = 0,029 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (μόνωση DOW WALLMATE).

- $k_{\text{Τδοκ}} = K_{\text{Τκολ}}$: Ο συντελεστής θερμοπερατότητας K του δοκαριού είναι ίσος με αυτόν της κολώνας, επειδή διαθέτουν τα ίδια δομικά υλικά. Για την ακρίβεια είναι κατά σειρά ο σοβάς, η μόνωση, το σκυρόδεμα και ο σοβάς. Άρα υπάρχουν 4 διαφορετικά δ και λ . Το K υπολογίζεται ως εξής :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,143 + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,03}{0,029} + \frac{0,28}{1,75} + \frac{0,02}{0,75} + 0,05}$$

$$= \frac{1}{0,143 + 0,0267 + 1,0345 + 0,16 + 0,0267 + 0,05} = \frac{1}{1,4407} = 0,694 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$$

Όπου $\delta_1 = \delta_4 = 0,02$ m (πάχος σοβά), $\delta_2 = 0,03$ m (πάχος μόνωσης) και $\delta_3 = 0,28$ m (πάχος σκυροδέματος).

Όπου $\lambda_1 = \lambda_4 = 0,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (ασβεστοκονίαμα από πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β), $\lambda_2 = 0,029 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (μόνωση DOW WALLMATE) και $\lambda_3 = 1,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (Σκυρόδεμα από πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β').

- **k Δάπεδο** : Το δάπεδο αποτελείται κατά σειρά από πλακίδια επίστρωσης, τη μόνωση και το σκυροδέμα. Άρα 3 διαφορετικά δ και λ . Το k υπολογίζεται ως εξής :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,143 + \frac{0,05}{0,9} + \frac{0,03}{0,029} + \frac{0,25}{1,75} + 0,05}$$

$$= \frac{1}{0,143 + 0,0556 + 0,1428 + 0,0345 + 0,05} = \frac{1}{1,426} = 0,7 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$$

Όπου $\delta_1 = 0,05$ m (πλακίδια επίστρωσης), $\delta_2 = 0,03$ m (πάχος μόνωσης) και $\delta_3 = 0,25$ m (πάχος σκυροδέματος).

Όπου $\lambda_1 = 0,9 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (πλακίδια επίστρωσης από Πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β'), $\lambda_2 = 0,029 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (μόνωση DOW WALLMATE) και $\lambda_3 = 1,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (Σκυροδέμα από πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β').

- **k Απαρα** = $3 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$ (από Πίνακα Β.8 στο Παράρτημα Β')
- **k Απόρτα** = $2,6 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$ (από Πίνακα Β.10 στο Παράρτημα Β')
- **k Οροφή** : Η οροφή αποτελείται κατά σειρά από σοβά, σκυροδέμα, μόνωση και πλακίδια επίστρωσης. Άρα διαθέτει 4 διαφορετικά δ και λ . Το k υπολογίζεται ως εξής :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,143 + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,28}{1,75} + \frac{0,03}{0,029} + \frac{0,03}{0,09} + 0,05}$$

$$= \frac{1}{0,143 + 0,0267 + 0,16 + 0,0345 + 0,033 + 0,05} = \frac{1}{1,447} = 0,691 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$$

Όπου $\delta_1 = 0,02$ m (πάχος σοβά), $\delta_2 = 0,28$ m (πάχος σκυροδέματος) και $\delta_3 = 0,03$ m (πάχος μόνωσης) και $\delta_4 = 0,03$ m (πλακίδια επίστρωσης)

Όπου $\lambda_1 = 0,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (ασβεστοκονίαμα από Πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β'),

$\lambda_2 = 1,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (Σκυροδέμα από Πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β') (πλακίδια

επίστρωσης από Πίνακα Β.1 στο Παράρτημα Β'), $\lambda_3 = 0,029 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (μόνωση DOW

WALLMATE) και $\lambda_4 = 1,75 \frac{\text{kcal}}{\text{mh}^\circ\text{C}}$ (πλακίδια επίστρωσης από Πίνακα Β.1 στο

Παράρτημα Β').

Αμέσως παρακάτω παρατίθενται ενδεικτικά οι αναλυτικοί υπολογισμοί των θερμικών απωλειών για το χώρο του σαλονιού. Ανάλογοι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν για όλους τους υπόλοιπους χώρους του διαμερίσματος, που δεν παρατίθενται εδώ για οικονομία χώρου.

Αναλυτικοί υπολογισμοί θερμικών απωλειών για το χώρο του σαλονιού :

Το σαλόνι αποτελείται από 3 εξωτερικούς τοίχους. Αυτούς τους 3 εξωτερικούς τοίχους τους ονομάζουμε Τεξ₁, Τεξ₂ και Τεξ₃ αντίστοιχα. Στο πάνω μέρος κάθε εξωτερικού τοίχου υπάρχει ένα δοκάρι το οποίο έχει ίδιο μήκος με τον κάθε αντίστοιχο τοίχο και το ονομάζουμε Τδοκ. Στο αριστερό και στο δεξιό άκρο κάθε εξωτερικού τοίχου υπάρχουν 2 κολώνες, που οι οποίες ονομάζονται Τκολ₁ και Τκολ₂ αντίστοιχα και έχουν το ίδιο ύψος με τον εξωτερικό τοίχο. Επίσης στον Τεξ₁ υπάρχει μια μπαλκονόπορτα, που την οποία ονομάζουμε Απαρα και στον Τεξ₂ υπάρχει μία εξωτερική πόρτα, που την οποία ονομάζουμε Απόρτα. Τέλος λαμβάνουμε υπόψη και το δάπεδο και την οροφή του σαλονιού.

1)Ο Τεξ₁ συνολικά αποτελείται από το δοκάρι Τδοκ, 2 κολώνες Τκολ₁ και Τκολ₂, από τη μπαλκονόπορτα Απαρα και σε αυτό τον τοίχο θα συμπεριλάβουμε και το δάπεδο.

Ο πρώτος υπολογισμός είναι ο προσανατολισμός : όλα τα μέρη του Τεξ₁, εκτός του δαπέδου που δεν έχει προσανατολισμό, είναι προσανατολισμένα προς την Ανατολή (συντομογραφία στους πίνακες με Α).

Ο δεύτερος υπολογισμός αποτελεί το πάχος τοιχώματος, όπως υπολογίσαμε στο κεφάλαιο 7.2 ο εξωτερικός τοίχος έχει πάχος τοιχώματος 25 εκατοστά, ενώ το δοκάρι και η κολώνα έχουν πάχος τοιχώματος 35 εκατοστά και το δάπεδο 33 εκατοστά. Η μπαλκονόπορτα δεν συμπεριλαμβάνεται στο πάχος τοιχώματος.

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η επιφάνεια :

- Επιφάνεια Τεξ₁ : $E = 2.8\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 8.4 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια Τδοκ : $E = 2.8\text{m}(\text{μήκος}) \times 0.6\text{m}(\text{ύψος}) = 1.68 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια Τκολ₁ : $E = 0.1\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 0.3 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια Τκολ₂ : $E = 0.25\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 0.75 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια Απαρα : $E = 1.1\text{m}(\text{μήκος}) \times 2.2\text{m}(\text{ύψος}) = 2.42 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια Δάπεδο : $E = 9.2\text{m}(\text{μήκος}) \times 3.3\text{m}(\text{ύψος}) = 30.36 \text{ m}^2$

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογίσουμε την αφαιρετέα επιφάνεια. Η αφαιρετέα επιφάνεια είναι η επιφάνεια που πρέπει να αφαιρέσουμε έτσι ώστε να μας απομείνει μόνο η επιφάνεια του ‘καθαρού’ τοίχου. Άρα σε αυτή τη περίπτωση η αφαιρετέα επιφάνεια αποτελεί το άθροισμα των επιφανειών του δοκαριού, των κολώνων και της μπαλκονόπορτας, δηλαδή $E_f = 1,68 + 0,3 + 0,75 + 2,42 = 5,15 \text{ m}^2$.

Οπότε η επιφάνεια υπολογισμού για τον Τεξ₁ είναι $8,4 - 5,15 = 3,25 \text{ m}^2$.

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η διαφορά θερμοκρασίας, που η οποία είναι παντού σταθερή και ίση με 18 °C το οποίο είναι αποτέλεσμα της διαφοράς της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου (20 °C) και της μέσης ελάχιστης εξωτερικής θερμοκρασίας της περιοχής (Πειραιάς = 2 °C). Μόνο το δάπεδο λαμβάνει διαφορετική διαφορά θερμοκρασία και υπολογίζεται από το παρακάτω τύπο :

$$\Delta T = \frac{T_{\varepsilon\sigma\omega} - T_{\varepsilon\xi}}{2} = \frac{20-2}{2} = 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι οι θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξήσεις, οι οποίες υπολογίζονται από το παρακάτω τύπο :

$$Q = E \cdot \Delta T \cdot k$$

Άρα έχουμε :

- Q Tεξ₁ : $Q = 3.25 \cdot 18 \cdot 0.578 = 33.813 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- Q Tδοκ : $Q = 1.68 \cdot 18 \cdot 0.694 = 20.987 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- Q Tκολ₁ : $Q = 0.3 \cdot 18 \cdot 0.694 = 3.748 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- Q Tκολ₂ : $Q = 0.75 \cdot 18 \cdot 0.694 = 9.369 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- Q Απαρα : $Q = 2.42 \cdot 18 \cdot 3 = 130,680 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- Q Δάπεδο : $Q = 30.36 \cdot 9 \cdot 0.7 = 191.268 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

Τέλος γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών με προσαυξήσεις. Για να τις υπολογίσουμε πρέπει να υπολογίσουμε το συντελεστή προσαύξησης Z, που ο όποιος έχει τύπο : $Z = 1 + Z_o + Z_H$

Όπου Z_o συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας και Z_H συντελεστής προσανατολισμού. Ο συντελεστής Z_H λαμβάνεται από το πίνακα Β.3 από το Παράρτημα Β', ενώ ο συντελεστής Z_o είναι σταθερός στο 0,25.

Άρα το Z υπολογίζεται ως εξής :

- Z Tεξ₁ : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$
- Z Tδοκ : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$
- Z Tκολ₁ : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$
- Z Tκολ₂ : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$
- Z Απαρα : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$
- Z Δάπεδο : $Z = 1 + (0.25 + 0) = 1.25$

Επομένως οι τελικές θερμικές απώλειες υπολογίζονται ως εξής :

- $Q' \text{ Τεξ}_1 : Q' = Q \text{ Τεξ}_1 \cdot Z \text{ Τεξ}_1 = 33,813 \cdot 1,25 = 42,266 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- $Q' \text{ Τδοκ} : Q' = Q \text{ Τδοκ} \cdot Z \text{ Τδοκ} = 20,987 \cdot 1,25 = 26,233 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- $Q' \text{ Τκολ}_1 : Q' = Q \text{ Τκολ}_1 \cdot Z \text{ Τκολ}_1 = 3,748 \cdot 1,25 = 4,685 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- $Q' \text{ Τκολ}_2 : Q' = Q \text{ Τκολ}_2 \cdot Z \text{ Τκολ}_2 = 9,369 \cdot 1,25 = 11,711 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- $Q' \text{ Απαρα} : Q' = Q \text{ Απαρα} \cdot Z \text{ Απαρα} = 121,968 \cdot 1,25 = 163,350 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$
- $Q' \text{ Δάπεδο} : Q' = Q \text{ Δάπεδο} \cdot Z \text{ Δάπεδο} = 191,268 \cdot 1,25 = 239,085 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του Τεξ_1 είναι το άθροισμα των παραπάνω αποτελεσμάτων : $Q'_{\text{ολ}} = Q' \text{ Τεξ}_2 + Q' \text{ Τδοκ} + Q' \text{ Τκολ}_1 + Q' \text{ Τκολ}_2 + Q' \text{ Απόρτα} = 42,266 + 26,233 + 4,685 + 11,711 + 163,350 + 239,085 \Leftrightarrow$

$$Q'_{\text{ολ}} = 487,330 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

2)Ο Τεξ_2 συνολικά αποτελείται από το δοκάρι Τδοκ , 2 κολώνες Τκολ_1 και Τκολ_2 και από την εξωτερική πόρτα Απόρτα .

Ο πρώτος υπολογισμός είναι ο προσανατολισμός : όλα τα μέρη του Τεξ_2 είναι προσανατολισμένα προς το Νότο (συντομογραφία στους πίνακες με N).

Ο δεύτερος υπολογισμός αποτελεί το πάχος τοιχώματος. Οι υπολογισμοί είναι οι ίδιοι με τον Τεξ_1 . Η εξωτερική πόρτα δεν συμπεριλαμβάνεται στο πάχος τοιχώματος.

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η επιφάνεια :

- Επιφάνεια $\text{Τεξ}_2 : E = 9,2\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 27,6 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια $\text{Τδοκ} : E = 9,2\text{m}(\text{μήκος}) \times 0,6\text{m}(\text{ύψος}) = 5,52 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια $\text{Τκολ}_1 : E = 0,7\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 2,1 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια $\text{Τκολ}_2 : E = 0,3\text{m}(\text{μήκος}) \times 3\text{m}(\text{ύψος}) = 0,9 \text{ m}^2$
- Επιφάνεια $\text{Απόρτα} : E = 1,15\text{m}(\text{μήκος}) \times 2,2\text{m}(\text{ύψος}) = 2,53 \text{ m}^2$

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογίσουμε την αφαιρετέα επιφάνεια. Σε αυτή τη περίπτωση η αφαιρετέα επιφάνεια αποτελεί το άθροισμα των επιφανειών του δοκαριού, των κολώνων και της εξωτερική πόρτας, δηλαδή $E_t = 5,52 + 2,1 + 0,9 + 2,53 = 11,05 \text{ m}^2$.

Οπότε η επιφάνεια υπολογισμού για τον Τεξ_2 είναι $27,6 - 11,05 = 16,55 \text{ m}^2$.

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η διαφορά θερμοκρασίας και είναι ίδια με τον Τεξ_1

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι οι θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξήσεις, οι οποίες υπολογίζονται από το παρακάτω τύπο :

$$Q = E \cdot \Delta T \cdot k$$

Άρα έχουμε :

- $Q_{Tεξ_2}$: $Q = 16,55 \cdot 18 \cdot 0.578 = 172,186 \frac{kcal}{h}$
- $Q_{Tδοκ}$: $Q = 5,52 \cdot 18 \cdot 0.694 = 68,956 \frac{kcal}{h}$
- $Q_{Tκολ_1}$: $Q = 2,1 \cdot 18 \cdot 0.694 = 26,233 \frac{kcal}{h}$
- $Q_{Tκολ_2}$: $Q = 0,9 \cdot 18 \cdot 0.694 = 11,243 \frac{kcal}{h}$
- $Q_{Απόρτα}$: $Q = 2.53 \cdot 18 \cdot 2.6 = 118,404 \frac{kcal}{h}$

Τέλος γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών με προσαυξήσεις. Για να τις υπολογίσουμε πρέπει να υπολογίσουμε το συντελεστή προσαύξησης Z, που ο όποιος έχει τύπο : $Z = 1 + Z_o + Z_H$

Όπου Z_o συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας και Z_H συντελεστής προσανατολισμού. Ο συντελεστής Z_H λαμβάνεται από το Πίνακα Β.3 από το Παράρτημα Β', ενώ ο συντελεστής Z_o είναι σταθερός στο 0,25.

Άρα το Z υπολογίζεται ως εξής :

- $Z_{Tεξ_1}$: $Z = 1 + (0.25 - 0,05) = 1.20$
- $Z_{Tδοκ}$: $Z = 1 + (0.25 - 0,05) = 1.20$
- $Z_{Tκολ_1}$: $Z = 1 + (0.25 - 0,05) = 1.20$
- $Z_{Tκολ_2}$: $Z = 1 + (0.25 - 0,05) = 1.20$
- $Z_{Απόρτα}$: $Z = 1 + (0.25 - 0,05) = 1.20$

Επομένως οι τελικές θερμικές απώλειες υπολογίζονται ως εξής :

- $Q'_{Tεξ_2}$: $Q' = Q_{Tεξ_2} \cdot Z_{Tεξ_2} = 172,186 \cdot 1,20 = 206,623 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Tδοκ}$: $Q' = Q_{Tδοκ} \cdot Z_{Tδοκ} = 68,956 \cdot 1,20 = 82,747 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Tκολ_1}$: $Q' = Q_{Tκολ_1} \cdot Z_{Tκολ_1} = 26,233 \cdot 1,20 = 31,480 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Tκολ_2}$: $Q' = Q_{Tκολ_2} \cdot Z_{Tκολ_2} = 11,243 \cdot 1,20 = 13,491 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Απόρτα}$: $Q' = Q_{Απόρτα} \cdot Z_{Απόρτα} = 118,404 \cdot 1,20 = 142,085 \frac{kcal}{h}$

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του $Tεξ_2$ είναι το άθροισμα των παραπάνω αποτελεσμάτων : $Q'_{ολ} = Q'_{Tεξ_1} + Q'_{Tδοκ} + Q'_{Tκολ_1} + Q'_{Tκολ_2} + Q'_{Απόρτα} = 206,623 + 82,747 + 31,480 + 13,491 + 142,085$

$$Q'_{ολ} Tεξ_2 = 476,426 \frac{kcal}{h}$$

3) Ο $Tεξ_3$ συνολικά αποτελείται από το δοκάρι $Tδοκ$, 2 κολώνες $Tκολ_1$ και $Tκολ_2$ και θα συμπεριλάβουμε την οροφή.

Ο πρώτος υπολογισμός είναι ο προσανατολισμός : όλα τα μέρη του $Tεξ_2$ είναι προσανατολισμένα προς το Βορρά (συντομογραφία στους πίνακες με Β), εκτός από την οροφή που δεν έχει προσανατολισμό.

Ο δεύτερος υπολογισμός αποτελεί το πάχος τοιχώματος. Οι υπολογισμοί είναι οι ίδιοι με τον $Tεξ_1$. Η οροφή έχει υπολογιστεί στο κεφάλαιο 7.2 .

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η επιφάνεια :

- Επιφάνεια $Tεξ_3$: $E = 1,4m(\mu\eta\kappa\omicron\varsigma) \times 3m(\upsilon\psi\omicron\varsigma) = 4,2 m^2$
- Επιφάνεια $Tδοκ$: $E = 1,4m(\mu\eta\kappa\omicron\varsigma) \times 0,6m(\upsilon\psi\omicron\varsigma) = 0,84 m^2$
- Επιφάνεια $Tκολ_1$: $E = 0,25m(\mu\eta\kappa\omicron\varsigma) \times 3m(\upsilon\psi\omicron\varsigma) = 0,75 m^2$
- Επιφάνεια $Tκολ_2$: $E = 0,25m(\mu\eta\kappa\omicron\varsigma) \times 3m(\upsilon\psi\omicron\varsigma) = 0,75 m^2$
- Επιφάνεια Οροφή : $E = 9,2m(\mu\eta\kappa\omicron\varsigma) \times 3,3m(\upsilon\psi\omicron\varsigma) = 30,36 m^2$

Στη συνέχεια πρέπει να υπολογίσουμε την αφαιρετέα επιφάνεια. Σε αυτή τη περίπτωση η αφαιρετέα επιφάνεια αποτελεί το άθροισμα των επιφανειών του δοκαριού, των κολώνων και της εξωτερική πόρτας, δηλαδή $E_T = 0,84 + 0,75 + 0,75 = 2,34 m^2$.

Οπότε η επιφάνεια υπολογισμού για τον $Tεξ_2$ είναι $4,2 - 2,34 = 1,86 m^2$.

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η διαφορά θερμοκρασίας και είναι ίδια με τον $Tεξ_1$. Η οροφή έχει την ίδια διαφορά θερμοκρασίας.

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι οι θερμικές απώλειες χωρίς προσαυξήσεις, οι οποίες υπολογίζονται από το παρακάτω τύπο :

$$Q = E \cdot \Delta T \cdot k$$

Άρα έχουμε :

- $Q Tεξ_3$: $Q = 1,86 \cdot 18 \cdot 0,578 = 19,351 \frac{kcal}{h}$
- $Q Tδοκ$: $Q = 0,84 \cdot 18 \cdot 0,694 = 10,493 \frac{kcal}{h}$
- $Q Tκολ_1$: $Q = 0,75 \cdot 18 \cdot 0,694 = 9,369 \frac{kcal}{h}$
- $Q Tκολ_2$: $Q = 0,75 \cdot 18 \cdot 0,694 = 9,369 \frac{kcal}{h}$
- $Q Οροφή$: $Q = 30,36 \cdot 18 \cdot 0,691 = 377,618 \frac{kcal}{h}$

Τέλος γίνεται ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών με προσαυξήσεις. Για να τις υπολογίσουμε πρέπει να υπολογίσουμε το συντελεστή προσαύξεσης Z , που ο όποιος έχει τύπο : $Z = 1 + Z_o + Z_H$

Όπου Z_0 συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας και Z_H συντελεστής προσανατολισμού. Ο συντελεστής Z_H λαμβάνεται από το Πίνακα Β.3 από το Παράρτημα Β', ενώ ο συντελεστής Z_0 είναι σταθερός στο 0,25.

Άρα το Z υπολογίζεται ως εξής :

- $Z_{Τεξ_1} : Z = 1 + (0,25 + 0,05) = 1,30$
- $Z_{Τδοκ} : Z = 1 + (0,25 + 0,05) = 1,30$
- $Z_{Τκολ_1} : Z = 1 + (0,25 + 0,05) = 1,30$
- $Z_{Τκολ_2} : Z = 1 + (0,25 + 0,05) = 1,30$
- $Z_{Οροφή} : Z = 1 + (0,25 + 0) = 1,25$

Επομένως οι τελικές θερμικές απώλειες υπολογίζονται ως εξής :

- $Q'_{Τεξ_3} : Q' = Q_{Τεξ_3} \cdot Z_{Τεξ_3} = 19,351 \cdot 1,30 = 25,157 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Τδοκ} : Q' = Q_{Τδοκ} \cdot Z_{Τδοκ} = 10,493 \cdot 1,30 = 13,641 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Τκολ_1} : Q' = Q_{Τκολ_1} \cdot Z_{Τκολ_1} = 9,369 \cdot 1,30 = 12,180 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Τκολ_2} : Q' = Q_{Τκολ_2} \cdot Z_{Τκολ_2} = 9,369 \cdot 1,30 = 12,180 \frac{kcal}{h}$
- $Q'_{Οροφή} : Q' = Q_{οροφή} \cdot Z_{οροφή} = 377,618 \cdot 1,25 = 472,022 \frac{kcal}{h}$

Οι συνολικές θερμικές απώλειες του $Τεξ_3$ είναι το άθροισμα των παραπάνω αποτελεσμάτων : $Q'_{ολ} = Q'_{Τεξ_3} + Q'_{Τδοκ} + Q'_{Τκολ_1} + Q'_{Τκολ_2} + Q'_{Οροφή} + Q'_{Οροφή} = 25,157 + 13,641 + 12,180 + 12,180 + 472,022$

$$Q'_{ολ \ Τεξ_3} = 535,180 \frac{kcal}{h}$$

Για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών λόγω αερισμού χρησιμοποιούμε τον τύπο : $Q_a = a \cdot l \cdot R \cdot H \cdot Z_{\Gamma} \cdot \Delta T$

Όπου a συντελεστής προσαύξησης από στο Πίνακα Β.5 στο Παράρτημα Β'

l μήκος χαραμάδων (m) υπολογίζεται από το άθροισμα όλων των πλευρών όλων των ανοιγμάτων του χώρου. Το σαλόνι διαθέτει μια μπαλκονόπορτα 1,1x2.2 και μία εξωτερική πόρτα 1,15x2.2. Άρα $l = 1.1 + 1.1 + 2.2 + 2.2 + 1.15 + 1.15 + 2.2 + 2.2 = 13.3 \text{ m}$

R συντελεστής διεισδυτικότητας από στο Πίνακα Β.6 στο Παράρτημα Β'

H συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης από στο Πίνακα Β.7 στο Παράρτημα Β'

Z_{Γ} συντελεστής προσαύξησης παραθύρων και είναι ίσος με 1,2

ΔT διαφορά θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) [$20 - 2 = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$]

$$Q_a = 1,5 \cdot 13,3 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 18 = 159.009 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Αναλυτικοί υπολογισμοί για τα θερμαντικά σώματα για το κύκλωμα 1:

Ο πρώτος υπολογισμός είναι η παροχή του νερού, που η οποία έχει τύπο :

$$G = \left(\frac{Q_{o\lambda}}{t_i}\right) \cdot \Pi \quad (\text{L})$$

$$G = \frac{1657,946}{18} \cdot 0,5 = 46,054 \text{ L} \quad , \text{ η παροχή χωρίς προρύθμιση είναι } G = 92,108 \text{ L}$$

Ο δεύτερος υπολογισμός είναι η πτώση θερμοκρασίας, που η οποία έχει τύπο :

$$\Delta T = \frac{Q_{o\lambda}}{2 \cdot G \cdot \Pi} \quad (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T = \frac{1657,946}{2 \cdot 92,108 \cdot 0,5} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η θερμοκρασία εξόδου, που η οποία έχει τύπο :

$$tr = tv - \Delta T \quad (^\circ\text{C})$$

$$tr = 90 - 18 = 72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η μέση ενεργός θερμοκρασία, που η οποία έχει τύπο :

$$tm = tv - \Delta T - ti \quad (^\circ\text{C})$$

$$tm = 90 - 18 - 18 = 54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι η ονομαστική ισχύς, που η οποία έχει τύπο :

$$P = Q_{o\lambda} \cdot K \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$$

$$P = 1657,946 \cdot 1,15 = 1906,638 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Αναλυτικοί υπολογισμοί για τα θερμαντικά σώματα για το κύκλωμα 2:

Το κύκλωμα 2 αποτελείται από το υπνοδωμάτιο 1 και τη κουζίνα.

Ο πρώτος υπολογισμός είναι η παροχή του νερού, που η οποία έχει τύπο :

$$G = \left(\frac{Q_{o\lambda}}{t_i}\right) \cdot \Pi \quad (\text{L})$$

$$\text{Το } Q_{o\lambda} = 982,008 + 675,355 = 1657,363 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$G = \frac{1657,363}{18} \cdot 0,5 = 46,038 \text{ L} \quad , \text{ η παροχή χωρίς προρύθμιση είναι } G = 92,076 \text{ L} \text{ και για τα 2 δωμάτια.}$$

Ο δεύτερος υπολογισμός είναι η θερμοκρασία εισαγωγής του θερμαντικού σώματος της κουζίνας με τύπο :

$$t_{v2} = t_{v1} - \left(\frac{Q_{o\lambda}}{G_{o\lambda}}\right) \quad (^\circ\text{C})$$

$$t_{v2} = 90 - \frac{982,008}{92,076} = 90 - 10,665 = 79,335 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η πτώση θερμοκρασίας, που η οποία έχει τύπο :

$$\Delta T = \frac{Q_{o\lambda}}{2 \cdot G \cdot \Pi} \quad (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T(\text{υπνοδωμάτιο 1}) = \frac{982,008}{2 \cdot 92,076 \cdot 0,5} = 10,665 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T(\text{κουζίνα}) = \frac{675,355}{2 \cdot 92,076 \cdot 0,5} = 7,335 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η θερμοκρασία εξόδου, που η οποία έχει τύπο :

$$tr = tv - \Delta T \quad (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T'(\text{υπνοδωμάτιο 1}) = \frac{982,008}{46,038} = 21,330 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T'(\text{κουζίνα}) = \frac{675,355}{46,038} = 14,670 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tr(\text{υπνοδωμάτιο 1}) = 90 - 21,330 = 68,670 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tr(\text{κουζίνα}) = 79,243 - 14,670 = 64,665 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι η μέση ενεργός θερμοκρασία, που η οποία έχει τύπο :

$$tm = tv - \Delta T - ti \quad (^\circ\text{C})$$

$$tm(\text{υπνοδωμάτιο 1}) = 90 - 18 - 10,665 = 61,335 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tm(\text{κουζίνα}) = 79,335 - 18 - 7,335 = 54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τελευταίος υπολογισμός είναι η ονομαστική ισχύς, που η οποία έχει τύπο :

$$P = Q_{o\lambda} \cdot K \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$$

$$P(\text{υπνοδωμάτιο 1}) = 982,008 \cdot 0,97 = 952,548 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$P(\text{κουζίνα}) = 675,355 \cdot 1,15 = 776,658 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Αναλυτικοί υπολογισμοί για τα θερμαντικά σώματα για το κύκλωμα 3:

Το κύκλωμα 2 αποτελείται από το υπνοδωμάτιο 2 και το λουτρό.

Ο πρώτος υπολογισμός είναι η παροχή του νερού, που η οποία έχει τύπο :

$$G = \left(\frac{Q_{o\lambda}}{t_i}\right) \cdot \Pi \quad (\text{L})$$

$$\text{Το } Q_{o\lambda} = 770,06 + 274,026 = 1044,086 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$G = \frac{1044,0,86}{18} \cdot 0,5 = 29,002 \text{ L}$, η παροχή χωρίς προρύθμιση είναι $G = 58,004 \text{ L}$ και για τα 2 δωμάτια.

Ο δεύτερος υπολογισμός είναι η θερμοκρασία εισαγωγής του θερμαντικού σώματος του λουτρού με τύπο :

$$t_{v2} = t_{v1} - \left(\frac{Q_{ολ}}{G_{ολ}}\right) \quad (^\circ\text{C})$$

$$t_{v2} = 90 - \frac{770,06}{58,004} = 90 - 13,278 = 76,724 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τρίτος υπολογισμός είναι η πτώση θερμοκρασίας, που η οποία έχει τύπο :

$$\Delta T = \frac{Q_{ολ}}{2 \cdot G \cdot \Pi} \quad (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T(\text{υπνοδωμάτιο 2}) = \frac{770,06}{2 \cdot 58,004 \cdot 0,5} = 13,276 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T(\text{λουτρό}) = \frac{274,026}{2 \cdot 58,004 \cdot 0,5} = 4,724 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τέταρτος υπολογισμός είναι η θερμοκρασία εξόδου, που η οποία έχει τύπο :

$$tr = tv - \Delta T \quad (^\circ\text{C})$$

$$\Delta T'(\text{υπνοδωμάτιο 2}) = \frac{770,06}{29,002} = 26,552 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T'(\text{λουτρό}) = \frac{274,026}{29,002} = 9,448 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tr(\text{υπνοδωμάτιο 2}) = 90 - 26,552 = 63,448 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tr(\text{λουτρό}) = 76,724 - 9,448 = 67,276 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο πέμπτος υπολογισμός είναι η μέση ενεργός θερμοκρασία, που η οποία έχει τύπο :

$$tm = tv - \Delta T - ti \quad (^\circ\text{C})$$

$$tm(\text{υπνοδωμάτιο 2}) = 90 - 18 - 13,276 = 58,724 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$tm(\text{λουτρό}) = 76,724 - 18 - 4,724 = 54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ο τελευταίος υπολογισμός είναι η ονομαστική ισχύς, που η οποία έχει τύπο :

$$P = Q_{ολ} \cdot K \quad \left(\frac{\text{kcal}}{\text{h}}\right)$$

$$P(\text{υπνοδωμάτιο 2}) = 770,06 \cdot 1,02 = 785,461 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$P(\text{λουτρό}) = 274,026 \cdot 1,15 = 315,130 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας Β.1 Συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λ υλικών

| Υλικά | Φαινόμενη Πυκνότητα kg/m ³ | Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (kcal/m*h*°C) |
|-------------------------------|--|--|
| Συμπαγής λίθοι | | 3 |
| Ψαμμίτης | | 2 |
| Πλάκες τύπου Μάλτα | | 0,90 |
| Άμμος φυσική προέλευσης | | 1,20 |
| Πλίνθοι συμπαγής ωμοί | | 0,80 |
| Πλίνθοι με άχυρο ωμοί | | 0,60 |
| Άμμος διαμέτρου κόκκου ≤ 5 | | 0,50 |
| Περλίτης διογκωμένος | | 0,055 |
| Τσιμεντοκονίαμα | | 1,20 |
| Σκυρόδεμα ≥ B160 | | 1,75 |
| Σκυρόδεμα ≤ B120 | | 1,30 |
| Ασβεστοκονίαμα | | 0,75 |
| Μόνωση DOW WALLMATE | | 0.029 |
| Πλακίδια επίστρωσης | 2000 | 0,90 |
| Οπτόπλινθοι πλήρεις | 1000 | 0,40 |
| Οπτόπλινθοι διάτρητοι | 1000 | 0,40 |
| Γαρμπιλοσκυρόδεμα | 1500 | 0,55 |
| Κισσηρόδεμα | 800 | 0,25 |
| Κυψελωτό σκυρόδεμα | 400 | 0,12 |
| Πλάκες από κισσηρόδεμα | 800 | 0,25 |
| Πλάκες από ελαφρό σκυρόδεμα | 1400 | 0,50 |
| Γυψοσανίδες | 1200 | 0,50 |
| Πλάκες από αμιαντοτσιμέντο | 1800 | 0,30 |
| Τσιμεντόλιθοι πλήρεις | 1600 | 0,68 |
| Τσιμεντόλιθοι διάτρητοι | 1200 | 0,48 |
| Τσιμεντόλιθοι με διάκενα | 1000 | 0,43 |
| Κισσηρόλιθοι πλήρεις | 800 | 0,35 |
| Κισσηρόλιθοι με 2 διάκενα | 1000 | 0,38 |
| Κισσηρόλιθοι με 3 διάκενα | 1400 | 0,42 |
| Πλίνθοι από κυψελωτό τσιμέντο | 600 | 0,30 |
| Πλακίδια από φελλό | 450 | 0,055 |
| Διογκωμένα συνθετικά υλικά | | 0,035 |
| Υαλοβάμβακας | 50 | 0,035 |
| Χυτοσίδηρος | | 50 |
| Χάλυβας | | 50 |
| Αλουμίνιο | | 175 |
| Ορείχαλκος | | 55 |
| Χαλκός | | 330 |
| Υαλός | | 0,70 |

Πίνακας Β.2 Συντελεστής θερμικής μετάβασης και αντίσταση θερμικής μετάβασης

| | Kcal/m ² *h*°C |
|--|---------------------------|
| Στις εξωτερικές πλευρές κλειστών χώρων με φυσική κίνηση αέρα | |
| Επιφάνειες τοίχων, εσωτερικά παράθυρα, εξωτερικά παράθυρα | a _i =7 |
| Δάπεδα και οροφές σε περίπτωση θερμικής μετάβασης | a _i =7 |
| Από κάτω προς τα πάνω | |
| Από πάνω προς τα κάτω | a _i =5 |
| Στις εξωτερικές πλευρές με μέση ταχύτητα ανέμου περίπου 2m/s | a _i =20 |

Πίνακας Β.3 Τιμές του συντελεστή Z_H (%)

| Προσανατολισμός | ΒΑ | Β | ΒΔ | Δ | Α | ΝΑ | Ν | ΝΔ |
|-----------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Z _H | 5% | 5% | 5% | 0% | 0% | -5% | -5% | -5% |

Πίνακας Β.4 Τιμές του συντελεστή Z₀ (%)

| Συντελεστής διακοπτόμενης λειτουργίας | | <0.29 | 0.300-0.69 | 0.70-1.49 | ≥1,50 | |
|---------------------------------------|-----|--------------------------------|------------|-----------|-------|-----|
| Λειτουργία της εγκατάστασης ανά 24ωρο | I | Συνεχή λειτουργία | 7% | 7% | 7% | 7% |
| | II | Λειτουργία 12-16ωρών ημερησίως | 20% | 15% | 15% | 15% |
| | III | Λειτουργία 8-12 ώρες ημερησίως | 30% | 25% | 20% | 15% |

Πίνακας Β.5 Συντελεστής προσαύξησης λόγω αερισμού

| Υλικό | Είδος ανοίγματος | α |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----|
| Παράθυρα από φυσικό ή συνθετικό ξύλο | Απλό υαλοστάσιο | 3 |
| | Διπλό υαλοστάσιο εγγυημένα αεροστεγές | 2 |
| Παράθυρο μεταλλικό | Απλό υαλοστάσιο | 1,5 |
| | Διπλό υαλοστάσιο εγγυημένα αεροστεγές | 1,2 |
| Πόρτα ξύλινη | Πόρτα απλή | 3 |
| | Πόρτα εγγυημένα αεροστεγής | 2 |
| Πόρτα μεταλλική | Πόρτα απλή | 1,5 |
| | Πόρτα εγγυημένα αεροστεγής | 1,2 |

Πίνακας Β.6 Συντελεστής διεισδυτικότητας

| Συντελεστής διεισδυτικότητας R | | |
|--|---|-----|
| Εξωτερικό παράθυρο ή πόρτα | Λόγος εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα | R |
| Κούφωμα με ξύλινο πλαίσιο | < 3 | 0.9 |
| | 3 - 9 | 0.7 |
| Κούφωμα με μεταλλικό η συνθετικό πλαίσιο | < 6 | 0.9 |
| | >= 6 | 0.7 |

Πίνακας Β.7 Συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

| Ανεμόπτωση | Θέση | Οικοδομικό Σύστημα | |
|------------|----------------------|--------------------|----------|
| | | Συνεχές | Ελεύθερο |
| Κανονική | προστατευόμενη | 0.24 | 0.34 |
| | ελεύθερη | 0.41 | 0.58 |
| | άκρως προστατευόμενη | 0.60 | 0.84 |
| Ισχυρή | προστατευόμενη | 0.41 | 0.58 |
| | ελεύθερη | 0.60 | 0.84 |
| | άκρως προστατευόμενη | 0.82 | 1.13 |

Πίνακας Β.8 Συντελεστές θερμοπερατότητας k για παράθυρα και πόρτες σε συνάρτηση με το υλικό κατασκευής του πλαισίου και του τύπου του υαλοπίνακα

| Τύπος | Υλικά πλαισίου | |
|--|--------------------------------|----------------------------------|
| | Ξύλο ή συνθετικό υλικό | Χάλυβας η άλλα μέταλλα σκυρόδεμα |
| | Συντελεστής θερμοπερατότητας K | |
| | kcal/m ² *h*°C | kcal/m ² *h*°C |
| Απλός υαλοπίνακας | 4.5 | 5 |
| Διπλός μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 6mm | 2.8 | 3,2 |
| Διπλός μονωτικός υαλοπίνακας με διάκενο 12mm | 2.6 | 3 |
| Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 2cm<s<4cm | 2,2 | 2,6 |
| Διπλός υαλοπίνακας με απόσταση 4cm<s<7cm | 2 | 2,4 |
| Διπλό παράθυρο με απόσταση υαλοπινάκων >=7cm | 2,2 | - |
| Τοίχος από υαλοπλίνθους με πάχος 80 mm | - | 3 |
| Χωρίς υαλοπίνακα | 3 | 5 |

Πίνακας Β.9 Θερμοκρασίες χώρων διαμονής

| ΧΩΡΟΙ | °C |
|--|--|
| 1:Κατοικίες Υπνοδωμάτια, κουζίνες Προθάλαμοι, διάδρομοι, W.C Κλιμακοστάσια Λουτρά | +20 +15 +10 +22 |
| 2:Επιχειρήσεις Καταστήματα, γραφεία, εστιατόρια, ξενοδοχεία Κλιμακοστάσια, διάδρομοι, W.C | +20 +15 |
| 3: Εκπαιδευτικά κτίρια Αίθουσες διδασκαλίας Χώροι εργαστηρίων Αμφιθέατρα Κλειστά γυμναστήρια Αίθουσες λουτρών αποδυτηρίων Διάδρομοι κλιμακοστάσια και W.C νηπιαγωγείων Ιατρεία Χώροι φύλαξης οργάνων και βεστιάρια | +20 +15 - +18 +18 +15 +22 +15 +24 +15 |

Πίνακας Β.10 Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, ανά κλιματική ζώνη, για υφιστάμενα κτίρια

| Δομικό στοιχείο | Συντελεστής θερμοπερατότητας [kcal/m ² *h*°C | | | |
|---|---|------|------|------|
| | Κλιματική ζώνη | | | |
| | A | B | Γ | Δ |
| Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 2,75 | 2,60 | 2,40 | 2,25 |
| Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 4,90 | 4,50 | 4,15 | 3,80 |
| Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 2,75 | 2,60 | 2,40 | 2,25 |
| Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 4,90 | 4,50 | 4,15 | 3,80 |
| Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα | 1,90 | 1,70 | 1,55 | 1,55 |
| Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο | 3,45 | 3,10 | 2,65 | 2,50 |

Πίνακας Β.11 Τρίστηλα χαλύβδινα θερμαντικά σώματα

| Αριθμός στοιχείων (φέτες) | Μήκος Σώματος | 905 | 655 | 505 | 355 |
|---------------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|
| N | L (mm) | Q (kcal/h) | Q (kcal/h) | Q (kcal/h) | Q (kcal/h) |
| 1 | 40 | 130 | 100 | 80 | 65 |
| 2 | 80 | 250 | 200 | 160 | 130 |
| 3 | 120 | 380 | 300 | 240 | 190 |
| 4 | 160 | 510 | 400 | 320 | 260 |
| 5 | 200 | 640 | 500 | 400 | 320 |
| 6 | 240 | 770 | 600 | 480 | 390 |
| 7 | 280 | 890 | 700 | 560 | 450 |
| 8 | 320 | 1020 | 800 | 640 | 520 |
| 9 | 360 | 1150 | 900 | 720 | 580 |
| 10 | 400 | 1280 | 1000 | 800 | 640 |
| 11 | 440 | 1400 | 1100 | 880 | 710 |
| 12 | 480 | 1530 | 1200 | 960 | 770 |
| 13 | 520 | 1660 | 1300 | 1040 | 840 |
| 14 | 560 | 1790 | 1400 | 1120 | 900 |
| 15 | 600 | 1910 | 1500 | 1200 | 970 |
| 16 | 640 | 2040 | 1600 | 1280 | 1030 |
| 17 | 680 | 2170 | 1700 | 1360 | 1100 |
| 18 | 720 | 2300 | 1800 | 1440 | 1160 |
| 19 | 760 | 2420 | 1900 | 1520 | 1230 |
| 20 | 800 | 2550 | 2000 | 1600 | 1290 |
| 21 | 840 | 2660 | 2100 | 1680 | 1340 |
| 22 | 880 | 2780 | 2200 | 1760 | 1400 |
| 23 | 920 | 2900 | 2300 | 1840 | 1470 |
| 24 | 960 | 3030 | 2400 | 1920 | 1530 |
| 25 | 1000 | 3180 | 2490 | 2000 | 1590 |

(Ζωγόπουλος, 2006)

Πίνακας Β.12 Απόδοση κοινών χαλύβδινων θερμαντικών σωμάτων για μέση ενεργό θερμοκρασία 60 °C

| Αριθμός Στοιχείου | Μέγεθος | Μονάδα | 905 | 655 | 505 | 3500 |
|-------------------|-----------------|--------------------------|------|------|------|------|
| II | f | m ² /στοιχείο | 0.20 | 0.15 | 0.12 | 0.09 |
| | K ₆₀ | Kcal/hm ² °C | 7.4 | 7.6 | 7.8 | 8.0 |
| | q ₆₀ | Kcal/hm ² | 445 | 455 | 470 | 480 |
| III | f | m ² /στοιχείο | 0.30 | 0.23 | 0.18 | 0.14 |
| | K ₆₀ | Kcal/hm ² °C | 7.1 | 7.3 | 7.5 | 7.7 |
| | q ₆₀ | Kcal/hm ² | 425 | 440 | 450 | 460 |
| IV | f | m ² /στοιχείο | 0.42 | 0.32 | 0.25 | 0.19 |
| | K ₆₀ | Kcal/hm ² °C | 6.8 | 7.0 | 7.2 | 7.4 |
| | q ₆₀ | Kcal/hm ² | 410 | 420 | 430 | 445 |

Πίνακας Β.13 Συντελεστής αναγωγής K με βάση τη μέση θερμοκρασία tm.

| tm (°C) | K | tm (°C) | K | tm (°C) | K |
|---------|------|---------|------|---------|------|
| 70 | 0,81 | 61,5 | 0,97 | 53 | 1,18 |
| 69,5 | 0,82 | 61 | 0,98 | 52,5 | 1,19 |
| 69 | 0,83 | 60,5 | 0,99 | 52 | 1,21 |
| 68,5 | 0,84 | 60 | 1,00 | 51,5 | 1,22 |
| 68 | 0,85 | 59,5 | 1,01 | 51 | 1,24 |
| 67,5 | 0,86 | 59 | 1,02 | 50,5 | 1,26 |
| 67 | 0,86 | 58,5 | 1,03 | 50 | 1,27 |
| 66,5 | 0,87 | 58 | 1,05 | 49,5 | 1,29 |
| 66 | 0,88 | 57,5 | 1,06 | 49 | 1,31 |
| 65,5 | 0,89 | 57 | 1,07 | 48,5 | 1,33 |
| 65 | 0,90 | 56,5 | 1,08 | 48 | 1,34 |
| 64,5 | 0,91 | 56 | 1,10 | 47,5 | 1,36 |
| 64 | 0,92 | 55,5 | 1,11 | 47 | 1,38 |
| 63,5 | 0,93 | 55 | 1,12 | 46,5 | 1,40 |
| 63 | 0,94 | 54,5 | 1,14 | 46 | 1,42 |
| 62,5 | 0,95 | 54 | 1,15 | 45,5 | 1,44 |
| 62 | 0,96 | 53,5 | 1,16 | 45 | 1,47 |

Πίνακας Β.14 Τεχνικά χαρακτηριστικά καυστήρων OERTLI

| Καυστήρες Ελαφρού Πετρελαίου (Diesel Oil) | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|------------|--------------|
| Τύπος Καυστήρα | Απόδοση Καυστήρα KW | Κατανάλωση Καυσίμων kg/h | Κινητήρας | Παρατηρήσεις |
| ENERJET 0-VS | 16-25 | 1.35-2.15 | 110W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| ENERJET 1 | 22-35 | 1.85-3.00 | 110W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| ENERJET 2 | 33-48 | 2.75-4.10 | 110W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| ENERJET 3 | 46-65 | 3.85-5.50 | 110W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| OE 2-0 | 40-148 | 3.4-12.5 | 150W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| OE 2-2 | 100-200 | 8.4-16.9 | 150W 220V | 1 ΜΠΕΚ |
| OE 3-1 Z | 125-356 | 10.5-30 | 450W 220V | 2 ΜΠΕΚ |
| OE 3-2 Z | 185-510 | 15.6-43 | 450W 220V | 2 ΜΠΕΚ |
| OE 4-2 Z | 305-759 | 25.7-64 | 750W 220V | 2 ΜΠΕΚ |
| OE 5-1 Z | 356-1127 | 30-95 | 1100W 380V | 2 ΜΠΕΚ |
| OE 5-2 Z | 533-1720 | 44.9-145 | 2200W 380V | 2 ΜΠΕΚ |

(ΜΑΛΑΧΙΑΣ, 2010)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ENERGY-PLUS

Πίνακας Γ1. Αποτελέσματα κτιρίου για τα θερμαντικά σώματα καλοριφέρ

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) |
|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1/1/2019 | 898,4 | 23/2/2019 | 760,9 | 17/4/2019 | 574,1 | 9/11/2019 | 523,6 |
| 2/1/2019 | 829,1 | 24/2/2019 | 706,1 | 18/4/2019 | 501,7 | 10/11/2019 | 495,6 |
| 3/1/2019 | 851,8 | 25/2/2019 | 886,6 | 19/4/2019 | 506,5 | 11/11/2019 | 427,0 |
| 4/1/2019 | 658,3 | 26/2/2019 | 722,9 | 20/4/2019 | 479,7 | 12/11/2019 | 757,7 |
| 5/1/2019 | 705,0 | 27/2/2019 | 638,5 | 21/4/2019 | 456,3 | 13/11/2019 | 921,8 |
| 6/1/2019 | 686,3 | 28/2/2019 | 699,0 | 22/4/2019 | 435,4 | 14/11/2019 | 834,2 |
| 7/1/2019 | 587,9 | 1/3/2019 | 580,2 | 23/4/2019 | 465,6 | 15/11/2019 | 928,0 |
| 8/1/2019 | 611,5 | 2/3/2019 | 636,1 | 24/4/2019 | 491,0 | 16/11/2019 | 843,1 |
| 9/1/2019 | 558,2 | 3/3/2019 | 643,2 | 25/4/2019 | 655,8 | 17/11/2019 | 703,6 |
| 10/1/2019 | 565,5 | 4/3/2019 | 693,1 | 26/4/2019 | 394,8 | 18/11/2019 | 584,4 |
| 11/1/2019 | 745,7 | 5/3/2019 | 627,2 | 27/4/2019 | 409,6 | 19/11/2019 | 454,1 |
| 12/1/2019 | 736,0 | 6/3/2019 | 1057,9 | 28/4/2019 | 426,1 | 20/11/2019 | 491,0 |
| 13/1/2019 | 759,1 | 7/3/2019 | 847,5 | 29/4/2019 | 447,5 | 21/11/2019 | 586,2 |
| 14/1/2019 | 714,1 | 8/3/2019 | 832,4 | 30/4/2019 | 393,1 | 22/11/2019 | 590,4 |
| 15/1/2019 | 606,8 | 9/3/2019 | 802,1 | 1/10/2019 | 574,1 | 23/11/2019 | 636,6 |
| 16/1/2019 | 652,3 | 10/3/2019 | 798,3 | 2/10/2019 | 501,7 | 24/11/2019 | 589,6 |
| 17/1/2019 | 748,8 | 11/3/2019 | 826,4 | 3/10/2019 | 506,5 | 25/11/2019 | 501,9 |
| 18/1/2019 | 775,0 | 12/3/2019 | 770,7 | 4/10/2019 | 479,7 | 26/11/2019 | 596,3 |
| 19/1/2019 | 545,4 | 13/3/2019 | 537,8 | 5/10/2019 | 456,3 | 27/11/2019 | 586,2 |
| 20/1/2019 | 685,5 | 14/3/2019 | 441,8 | 6/10/2019 | 435,4 | 28/11/2019 | 663,8 |
| 21/1/2019 | 1034,1 | 15/3/2019 | 457,6 | 7/10/2019 | 465,6 | 29/11/2019 | 708,6 |
| 22/1/2019 | 918,1 | 16/3/2019 | 502,6 | 8/10/2019 | 491,0 | 30/11/2019 | 726,3 |
| 23/1/2019 | 786,7 | 17/3/2019 | 478,6 | 9/10/2019 | 655,8 | 1/12/2019 | 801,6 |
| 24/1/2019 | 817,6 | 18/3/2019 | 438,7 | 10/10/2019 | 394,8 | 2/12/2019 | 868,7 |
| 25/1/2019 | 886,0 | 19/3/2019 | 750,2 | 11/10/2019 | 409,6 | 3/12/2019 | 698,1 |
| 26/1/2019 | 815,0 | 20/3/2019 | 719,9 | 12/10/2019 | 426,1 | 4/12/2019 | 903,0 |
| 27/1/2019 | 796,8 | 21/3/2019 | 622,5 | 13/10/2019 | 447,5 | 5/12/2019 | 1014,4 |
| 28/1/2019 | 730,1 | 22/3/2019 | 513,8 | 14/10/2019 | 393,1 | 6/12/2019 | 1164,2 |
| 29/1/2019 | 652,6 | 23/3/2019 | 605,7 | 15/10/2019 | 574,1 | 7/12/2019 | 968,6 |
| 30/1/2019 | 829,2 | 24/3/2019 | 523,6 | 16/10/2019 | 501,7 | 8/12/2019 | 756,3 |
| 31/1/2019 | 1230,1 | 25/3/2019 | 500,1 | 17/10/2019 | 230,5 | 9/12/2019 | 553,8 |
| 1/2/2019 | 944,5 | 26/3/2019 | 398,5 | 18/10/2019 | 259,8 | 10/12/2019 | 688,2 |
| 2/2/2019 | 680,7 | 27/3/2019 | 363,5 | 19/10/2019 | 169,4 | 11/12/2019 | 810,8 |
| 3/2/2019 | 711,0 | 28/3/2019 | 569,2 | 20/10/2019 | 296,9 | 12/12/2019 | 790,3 |
| 4/2/2019 | 721,0 | 29/3/2019 | 527,9 | 21/10/2019 | 312,9 | 13/12/2019 | 1114,8 |
| 5/2/2019 | 755,0 | 30/3/2019 | 536,6 | 22/10/2019 | 359,6 | 14/12/2019 | 983,4 |
| 6/2/2019 | 577,2 | 31/3/2019 | 544,6 | 23/10/2019 | 382,6 | 15/12/2019 | 786,6 |
| 7/2/2019 | 565,1 | 1/4/2019 | 792,8 | 24/10/2019 | 319,0 | 16/12/2019 | 631,9 |
| 8/2/2019 | 538,9 | 2/4/2019 | 637,5 | 25/10/2019 | 276,8 | 17/12/2019 | 712,0 |
| 9/2/2019 | 596,2 | 3/4/2019 | 554,9 | 26/10/2019 | 251,1 | 18/12/2019 | 696,7 |
| 10/2/2019 | 573,1 | 4/4/2019 | 546,3 | 27/10/2019 | 335,2 | 19/12/2019 | 706,5 |

| | | | | | | | |
|-----------|--------|-----------|-------|------------|-------|------------|--------|
| 11/2/2019 | 540,0 | 5/4/2019 | 512,9 | 28/10/2019 | 365,3 | 20/12/2019 | 915,5 |
| 12/2/2019 | 547,1 | 6/4/2019 | 536,6 | 29/10/2019 | 324,0 | 21/12/2019 | 941,7 |
| 13/2/2019 | 679,0 | 7/4/2019 | 601,6 | 30/10/2019 | 317,3 | 22/12/2019 | 968,6 |
| 14/2/2019 | 1476,1 | 8/4/2019 | 794,6 | 31/10/2019 | 358,3 | 23/12/2019 | 692,0 |
| 15/2/2019 | 1504,4 | 9/4/2019 | 702,0 | 1/11/2019 | 361,6 | 24/12/2019 | 1068,3 |
| 16/2/2019 | 508,0 | 10/4/2019 | 627,8 | 2/11/2019 | 344,9 | 25/12/2019 | 1293,5 |
| 17/2/2019 | 415,0 | 11/4/2019 | 732,8 | 3/11/2019 | 379,2 | 26/12/2019 | 1139,9 |
| 18/2/2019 | 728,6 | 12/4/2019 | 696,4 | 4/11/2019 | 296,3 | 27/12/2019 | 942,4 |
| 19/2/2019 | 667,4 | 13/4/2019 | 656,0 | 5/11/2019 | 358,6 | 28/12/2019 | 1070,9 |
| 20/2/2019 | 845,3 | 14/4/2019 | 589,6 | 6/11/2019 | 377,0 | 29/12/2019 | 678,6 |
| 21/2/2019 | 1419,7 | 15/4/2019 | 522,9 | 7/11/2019 | 315,5 | 30/12/2019 | 566,6 |
| 22/2/2019 | 1358,9 | 16/4/2019 | 846,2 | 8/11/2019 | 378,1 | 31/12/2019 | 571,8 |

Πίνακας Γ2. Αποτελέσματα κτιρίου για τα θερμαντικά σώματα fan coil.

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΝ. ΖΗΤΗΣΗ (W) |
|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1/1/2019 | 798,8 | 23/2/2019 | 726,6 | 17/4/2019 | 402,2 | 9/11/2019 | 374,5 |
| 2/1/2019 | 823,8 | 24/2/2019 | 659,6 | 18/4/2019 | 374,0 | 10/11/2019 | 402,1 |
| 3/1/2019 | 603,2 | 25/2/2019 | 805,0 | 19/4/2019 | 382,7 | 11/11/2019 | 825,4 |
| 4/1/2019 | 511,2 | 26/2/2019 | 511,7 | 20/4/2019 | 415,0 | 12/11/2019 | 777,7 |
| 5/1/2019 | 548,9 | 27/2/2019 | 581,2 | 21/4/2019 | 287,6 | 13/11/2019 | 1392,2 |
| 6/1/2019 | 603,7 | 28/2/2019 | 672,3 | 22/4/2019 | 330,2 | 14/11/2019 | 637,7 |
| 7/1/2019 | 674,3 | 1/3/2019 | 481,9 | 23/4/2019 | 490,5 | 15/11/2019 | 774,0 |
| 8/1/2019 | 609,7 | 2/3/2019 | 569,3 | 24/4/2019 | 320,2 | 16/11/2019 | 624,6 |
| 9/1/2019 | 454,9 | 3/3/2019 | 605,6 | 25/4/2019 | 350,0 | 17/11/2019 | 489,3 |
| 10/1/2019 | 465,6 | 4/3/2019 | 676,6 | 26/4/2019 | 449,6 | 18/11/2019 | 297,3 |
| 11/1/2019 | 487,8 | 5/3/2019 | 580,4 | 27/4/2019 | 296,4 | 19/11/2019 | 286,4 |
| 12/1/2019 | 536,7 | 6/3/2019 | 999,5 | 28/4/2019 | 328,6 | 20/11/2019 | 170,2 |
| 13/1/2019 | 604,4 | 7/3/2019 | 932,5 | 29/4/2019 | 313,1 | 21/11/2019 | 390,7 |
| 14/1/2019 | 555,3 | 8/3/2019 | 686,3 | 30/4/2019 | 268,1 | 22/11/2019 | 460,5 |
| 15/1/2019 | 565,0 | 9/3/2019 | 729,9 | 1/10/2019 | 92,0 | 23/11/2019 | 536,7 |
| 16/1/2019 | 660,8 | 10/3/2019 | 895,6 | 2/10/2019 | 170,4 | 24/11/2019 | 478,3 |
| 17/1/2019 | 789,9 | 11/3/2019 | 733,8 | 3/10/2019 | 193,0 | 25/11/2019 | 418,1 |
| 18/1/2019 | 658,0 | 12/3/2019 | 652,0 | 4/10/2019 | 175,6 | 26/11/2019 | 382,5 |
| 19/1/2019 | 703,4 | 13/3/2019 | 748,6 | 5/10/2019 | 98,4 | 27/11/2019 | 370,5 |
| 20/1/2019 | 786,6 | 14/3/2019 | 375,6 | 6/10/2019 | 116,1 | 28/11/2019 | 475,4 |
| 21/1/2019 | 856,8 | 15/3/2019 | 392,6 | 7/10/2019 | 205,6 | 29/11/2019 | 637,4 |
| 22/1/2019 | 724,4 | 16/3/2019 | 528,6 | 8/10/2019 | 120,3 | 30/11/2019 | 705,4 |
| 23/1/2019 | 711,3 | 17/3/2019 | 478,6 | 9/10/2019 | 171,8 | 1/12/2019 | 698,6 |
| 24/1/2019 | 759,0 | 18/3/2019 | 336,2 | 10/10/2019 | 263,8 | 2/12/2019 | 822,8 |
| 25/1/2019 | 805,9 | 19/3/2019 | 591,6 | 11/10/2019 | 257,6 | 3/12/2019 | 666,0 |
| 26/1/2019 | 714,6 | 20/3/2019 | 566,0 | 12/10/2019 | 201,6 | 4/12/2019 | 776,4 |
| 27/1/2019 | 623,6 | 21/3/2019 | 526,7 | 13/10/2019 | 176,1 | 5/12/2019 | 845,6 |
| 28/1/2019 | 502,8 | 22/3/2019 | 407,3 | 14/10/2019 | 148,2 | 6/12/2019 | 977,8 |
| 29/1/2019 | 528,0 | 23/3/2019 | 486,6 | 15/10/2019 | 170,5 | 7/12/2019 | 736,7 |
| 30/1/2019 | 675,8 | 24/3/2019 | 526,6 | 16/10/2019 | 158,1 | 8/12/2019 | 589,6 |
| 31/1/2019 | 940,3 | 25/3/2019 | 393,9 | 17/10/2019 | 149,2 | 9/12/2019 | 382,0 |

| | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|------------|--------|
| 1/2/2019 | 731,6 | 26/3/2019 | 257,2 | 18/10/2019 | 222,4 | 10/12/2019 | 603,8 |
| 2/2/2019 | 683,6 | 27/3/2019 | 226,1 | 19/10/2019 | 259,9 | 11/12/2019 | 577,4 |
| 3/2/2019 | 702,6 | 28/3/2019 | 581,4 | 20/10/2019 | 215,6 | 12/12/2019 | 611,4 |
| 4/2/2019 | 729,5 | 29/3/2019 | 356,9 | 21/10/2019 | 202,5 | 13/12/2019 | 929,7 |
| 5/2/2019 | 632,3 | 30/3/2019 | 415,6 | 22/10/2019 | 266,6 | 14/12/2019 | 748,9 |
| 6/2/2019 | 484,3 | 31/3/2019 | 587,4 | 23/10/2019 | 330,0 | 15/12/2019 | 623,6 |
| 7/2/2019 | 554,1 | 1/4/2019 | 789,7 | 24/10/2019 | 260,6 | 16/12/2019 | 519,6 |
| 8/2/2019 | 495,9 | 2/4/2019 | 665,3 | 25/10/2019 | 247,0 | 17/12/2019 | 566,9 |
| 9/2/2019 | 523,9 | 3/4/2019 | 505,5 | 26/10/2019 | 302,3 | 18/12/2019 | 638,3 |
| 10/2/2019 | 634,5 | 4/4/2019 | 420,5 | 27/10/2019 | 284,7 | 19/12/2019 | 657,1 |
| 11/2/2019 | 561,2 | 5/4/2019 | 307,7 | 28/10/2019 | 235,2 | 20/12/2019 | 1133,7 |
| 12/2/2019 | 561,5 | 6/4/2019 | 328,6 | 29/10/2019 | 280,7 | 21/12/2019 | 926,6 |
| 13/2/2019 | 604,3 | 7/4/2019 | 403,6 | 30/10/2019 | 312,5 | 22/12/2019 | 814,6 |
| 14/2/2019 | 825,7 | 8/4/2019 | 350,6 | 31/10/2019 | 348,1 | 23/12/2019 | 648,3 |
| 15/2/2019 | 893,0 | 9/4/2019 | 455,6 | 1/11/2019 | 656,7 | 24/12/2019 | 981,4 |
| 16/2/2019 | 987,6 | 10/4/2019 | 418,0 | 2/11/2019 | 587,7 | 25/12/2019 | 1261,2 |
| 17/2/2019 | 825,6 | 11/4/2019 | 338,3 | 3/11/2019 | 498,6 | 26/12/2019 | 1183,1 |
| 18/2/2019 | 707,3 | 12/4/2019 | 357,1 | 4/11/2019 | 421,6 | 27/12/2019 | 941,8 |
| 19/2/2019 | 705,5 | 13/4/2019 | 459,6 | 5/11/2019 | 551,4 | 28/12/2019 | 769,6 |
| 20/2/2019 | 733,6 | 14/4/2019 | 359,0 | 6/11/2019 | 618,0 | 29/12/2019 | 689,6 |
| 21/2/2019 | 765,4 | 15/4/2019 | 440,2 | 7/11/2019 | 599,7 | 30/12/2019 | 620,3 |
| 22/2/2019 | 788,1 | 16/4/2019 | 590,5 | 8/11/2019 | 243,0 | 31/12/2019 | 578,8 |

Πίνακας Γ3. Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (°C) τυπικού έτους για την Αθήνα

| | Ιανουάριος | Φεβρουάριος | Μάρτιος | Απρίλιος | Οκτώβριος | Νοέμβριος | Δεκέμβριος |
|----|------------|-------------|---------|----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 6,8 | 10,6 | 11 | 14,1 | 24,1 | 15,7 | 10,5 |
| 2 | 5,9 | 11,2 | 12,1 | 14,4 | 23,2 | 16,2 | 8,6 |
| 3 | 5,1 | 10 | 11,3 | 13,6 | 21,9 | 16,8 | 11 |
| 4 | 4,1 | 10,2 | 10,1 | 12,4 | 22,5 | 18,3 | 10,7 |
| 5 | 2,3 | 11,2 | 11,6 | 12,5 | 21 | 18,3 | 9,6 |
| 6 | 3,1 | 9,5 | 14,4 | 12,5 | 21 | 18,6 | 9,4 |
| 7 | 3,1 | 8,4 | 14,3 | 14,3 | 19,2 | 20,4 | 9,6 |
| 8 | 9,3 | 7,8 | 14,2 | 12,4 | 17,9 | 18,4 | 10,1 |
| 9 | 11 | 7,1 | 14,1 | 13 | 18,6 | 17,1 | 9,2 |
| 10 | 11,7 | 8,6 | 15,1 | 15,6 | 19,8 | 13,2 | 10 |
| 11 | 11,2 | 10,8 | 15,8 | 16 | 21,6 | 14,1 | 9,3 |
| 12 | 10,3 | 11,7 | 13,8 | 14,2 | 21,6 | 13,6 | 9,4 |
| 13 | 9,5 | 6,9 | 8,3 | 11,7 | 21,2 | 9 | 10 |
| 14 | 7,8 | 8,2 | 9,1 | 12,4 | 20,7 | 11 | 9,4 |
| 15 | 5,4 | 7,8 | 8,9 | 12,1 | 21,1 | 11,3 | 8,6 |
| 16 | 5,1 | 5,9 | 12,7 | 12,7 | 21 | 11,2 | 9,6 |
| 17 | 7,2 | 7,2 | 14,6 | 12,8 | 21,3 | 10,5 | 9,8 |
| 18 | 8,3 | 8,9 | 14,3 | 12,7 | 20,4 | 10,6 | 10,5 |
| 19 | 9 | 10,4 | 13,9 | 12,3 | 20,7 | 9,3 | 11,9 |
| 20 | 10,4 | 10,8 | 13,8 | 11,7 | 20,7 | 11,2 | 10,4 |
| 21 | 10,2 | 11,3 | 14,4 | 12,2 | 21,4 | 9,2 | 9,8 |
| 22 | 11,4 | 10,8 | 12,7 | 13,2 | 22,1 | 14,8 | 9,1 |

| | | | | | | | |
|----|------|-----|------|------|------|------|------|
| 23 | 12,1 | 5,6 | 14 | 15,4 | 21 | 14,4 | 8,6 |
| 24 | 10,2 | 8,5 | 12,7 | 16,4 | 21,1 | 8,5 | 7,9 |
| 25 | 10,3 | 9,6 | 13,8 | 17,6 | 19,8 | 9,3 | 6,6 |
| 26 | 10,1 | 11 | 13,8 | 19,9 | 19,3 | 9,6 | 5,8 |
| 27 | 12,3 | 8,2 | 12,8 | 20,6 | 19,6 | 11 | 4,9 |
| 28 | 12,9 | 8,6 | 10,4 | 20,1 | 18,1 | 10,5 | 3,6` |
| 29 | 13,2 | - | 9,5 | 18,8 | 17,6 | 11 | 2,1 |
| 30 | 14,5 | - | 9,8 | 18 | 18,4 | 10,5 | 0,5 |
| 31 | 15,1 | - | 12,1 | - | 16,9 | - | 0,3 |