

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τεχνικοοικονομική ανάλυση και αξιολόγηση εναλλακτικών μεθόδων
οικιακής ψύξης και θέρμανσης**

Πανάγος Γεώργιος

Επιβλέπων: Μουστάκης Βασίλειος

Χανιά, 2020

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	1
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	8
1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	9
1.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	11
2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	11
2.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	12
2.2.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	12
2.2.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ	13
2.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	15
2.2.4 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ.....	17
2.2.5 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ.....	19
2.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ	26
3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	26
3.2 ΘΕΩΡΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	27
3.2.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ.....	29
3.2.2 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	30
3.2.3 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	30
3.2.4 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΑΗ.....	32
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΨΥΞΗΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	40
4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ.....	40
4.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ.....	40
4.2.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	40
4.2.2 ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	41
4.2.3 ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΥΚΛΟΥ	44

4.2.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	45
4.2.5 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ	46
4.3 ΛΕΒΗΤΕΣ.....	48
4.3.1 ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ	49
4.3.2 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ	50
4.3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ	50
4.4 ΕΝΝΟΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	51
4.4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ	51
4.4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΟΣΤΩΝ	54
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	54
5.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ FAN COIL	54
5.3 ΛΕΒΗΤΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	56
5.4 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	62
6.1 ΕΤΗΣΙΑ ΑΞΙΑ	62
6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΞΙΑΣ	62
6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΞΙΑΣ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Νομοί της Ελλάδας που εντάσσονται σε κάθε κλιματική ζώνη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-3/2017).

Πίνακας 2.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά θερμική ζώνη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-3/2017).

Πίνακας 2.3: Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-3/2017).

Πίνακας 2.4: Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-3/2017).

Πίνακας 2.5: Στοιχεία κτιρίου.

Πίνακας 2.6: Υπολογισμός θερμικών απωλειών ισογείου.

Πίνακας 2.7: Υπολογισμός θερμικών απωλειών υπνοδωματίου γονέων.

Πίνακας 2.8: Υπολογισμός θερμικών απωλειών βόρειου υπνοδωματίου.

Πίνακας 2.9: Υπολογισμός θερμικών απωλειών νότιου υπνοδωματίου.

Πίνακας 2.10: Υπολογισμός θερμικών απωλειών λουτρού.

Πίνακας 2.11: Συνολικές απώλειες χώρων

Πίνακας 3.1: Πηγές και κατηγορίες θερμικών κερδών.

Πίνακας 3.2: Τιμές $CLTD_{glaz}$.

Πίνακας 3.3: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (W/m^2).

Πίνακας 3.4: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων (CLF) από ενοίκους σε συνάρτηση με τις ώρες παραμονής εντός του χώρου.

Πίνακας 3.5: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη σε Watt ενοίκων ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και με το βαθμό ενεργητικότητας τους.

Πίνακας 3.6: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φώτα, για λειτουργία 8 ωρών.

Πίνακας 3.7: Συντελεστές α για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Πίνακας 3.8: Κατηγοριοποίηση b για την επιλογή CLF για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Πίνακας 3.9: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το ισόγειο.

Πίνακας 3.10: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το δωμάτιο γονέων.

Πίνακας 3.11: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το βόρειο υπνοδωμάτιο.

Πίνακας 3.12: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το νότιο υπνοδωμάτιο.

Πίνακας 3.13: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το λουτρό.

Πίνακας 3.14: Ψυκτικά φορτία ανοιγμάτων για το ισόγειο.

Πίνακας 3.15: Ψυκτικά φορτία ανοιγμάτων για τον όροφο.

Πίνακας 3.16: Ψυκτικό φορτίο οροφής.

Πίνακας 3.17: Συνολικά ψυκτικά φορτία

Πίνακας 5.1: Βαθμοημέρες θέρμανσης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2010).

Πίνακας 5.2: Βαθμοώρες ψύξης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2010).

Πίνακας 5.3: Συνολικά ετήσια κόστη της αντλίας θερμότητας και των Fan Coil.

Πίνακας 5.4: Μετατροπή KW σε Kcal/h.

Πίνακας 5.5: Συνολικά ετήσια κόστη του λέβητα υγραερίου και των κλιματιστικών μονάδων.

Πίνακας 5.6: Συνολικά ετήσια κόστη του λέβητα πετρελαίου και των κλιματιστικών μονάδων.

Πίνακας 6.1: Απαραίτητα στοιχεία για την εφαρμογή της μεθόδου ετήσιας αξίας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1: Κάτοψη ισογείου

Εικόνα 2.2: Κάτοψη ορόφου

Εικόνα 4.1: Αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας

(<https://engineeringissues.wordpress.com>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.2: Αντλία θερμότητας αέρος/αέρος (<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.3: Αντλία θερμότητας αέρος/νερού (<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.4: Γεωθερμική αντλία θερμότητας (<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.5: Αναστροφή κύκλου αντλιών θερμότητας

(<http://www.monachos.gr/forum/content.php/300-andlies-thermotitas-genika>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.6: Ροή ενέργειας αντλίας (<http://www.monachos.gr/forum/content.php/300-andlies-thermotitas-genika>) (10/10/2020)

Εικόνα 4.7: Απλοποιημένο σκαρίφημα λέβητα συμπύκνωσης (<https://www.aenaos-sa.gr/levites-sympiknosis-kaysaerion>) (6/10/2020)

Εικόνα 4.8: Λειτουργία κλιματιστικού (<http://airconditioninverter.gr>) (3/09/2020)

Εικόνα 5.1: Χαρακτηριστικά αντλίας HMI 120 (<https://www.calda.gr/aermec-hmi-antlia-thermotitas-inverter.html>) (6/11/2020)

Εικόνα 5.2: Χαρακτηριστικά λέβητα συμπύκνωσης υγραερίου (<https://www.bosch-climate.gr/products/gasheating/condensing-boilers/condens-2300-w.html>) (6/11/2020)

Εικόνα 5.3: Χαρακτηριστικά κλιματιστικών μονάδων (<https://www.calda.gr/aermec-slg-klimatistiko-toichoy-r32.html>) (6/11/2020)

Εικόνα 5.4: Χαρακτηριστικά λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου (<https://www.bosch-climate.gr/products/floorstandingboilers/floorstandingcondensingolio/condens2500ftnox.html>) (6/11/2020)

Σχήμα 6.1: Διάγραμμα συσχέτισης ετήσιας αξίας – επιτοκίου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Βασίλειο Μουστάκη, για την ανάθεση του θέματος και για όλη την καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας μου καθώς και την κυρία Μαρία Μπακατσάκη για την πολύτιμη συνεργασία της.

Στη συνέχεια, θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς την οικογένεια μου και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράστασή τους όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, οφείλω και ένα μεγάλο ευχαριστώ στην εταιρεία Calda Energy για την παροχή του καταλόγου των προϊόντων της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται συγκριτική τεχνο-οικονομική μελέτη διαφόρων μεθόδων ψύξης και θέρμανσης μιας νεόκτιστης κατοικίας στην περιοχή των Χανίων, με σκοπό την εύρεση της πιο συμφέρουσας λύσης.

Η σημαντικότητά της έγκειται στο ότι σε κάθε νεόκτιστη κατοικία θα πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί ενεργειακή μελέτη δεδομένου ότι στις μέρες μας αυτό δεν αποτελεί είδος πολυτελείας αλλά κάτι απόλυτα αναγκαίο που άπτεται της ποιότητας ζωής μας. Επομένως, είναι σημαντικό να γνωρίζει ο καταναλωτής την πιο συμφέρουσα για αυτόν λύση και να μην εστιάζει στο κόστος της αρχικής επένδυσης. Ως προς τα αναμενόμενα αποτελέσματα, ο στόχος είναι να διαφανεί ποιος από τους προς μελέτη συνδυασμούς είναι πιο συμφέρων και υπερτερεί των υπολοίπων.

Οι υπολογισμοί των ψυκτικών και θερμικών φορτίων πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζουν οι κανονισμοί του Κ.ΕΝ.Α.Κ και η μεταξύ τους σύγκριση υλοποιείται με την μέθοδο της Ετήσιας Αξίας. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι το αρχικό κόστος της επένδυσης, καθώς επίσης και το κόστος ενέργειας για την τρέχουσα περίοδο της μελέτης ή της εγκατάστασης.

Αρχικά, παρατίθεται η μεθοδολογία που θα εφαρμοστεί για τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών και των ψυκτικών φορτίων, καθώς και τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Ακολούθως, αναπτύσσεται η αρχή λειτουργίας του καθενός από τους τρεις μηχανολογικούς εξοπλισμούς. Στη συνέχεια, επιλέγεται ο κατάλληλος εξοπλισμός για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τόσο για την θέρμανση όσο και για την ψύξη και υπολογίζεται το ετήσιο κόστος τους. Τέλος, εφαρμόζεται η μέθοδος της ετήσιας αξίας και εξάγονται τα συμπεράσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενέργεια είναι σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένη με την καθημερινή μας ζωή ώστε και μόνο η έλλειψή της καθιστά αυτονόητη την αναγκαιότητά της. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεσμεύουν, παράγουν, καταναλώνουν, μετατρέπουν και αποθηκεύουν τεράστια ποσά ενέργειας. Γενικά, για κάθε αλλαγή απαιτείται ενέργεια, η οποία δεν εμφανίζεται από το τίποτα ούτε εξαφανίζεται, μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη και μετακινείται συνέχεια. Οι άνθρωποι προσπαθούν να διαχειριστούν τον ενεργειακό πλούτο της Γης χωρίς να χάνεται ενέργεια αλλά και χωρίς να μπορούν να δημιουργήσουν καινούρια. Μπορούν όμως με διάφορα μηχανήματα να την μετατρέψουν κάθε φορά στην μορφή που τους είναι χρήσιμη. Εκμεταλλεύονται την ενέργεια του Ήλιου, του νερού, του ανέμου ή χρησιμοποιούν την ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα καύσιμα, στο ξύλο, στο φυσικό αέριο και στο πετρέλαιο. Τα διάφορα «πρόσωπα» της ενέργειας ονομάζονται μορφές ενέργειας, οι οποίες διακρίνονται σε κινητική, δυναμική, ηλεκτρική, χημική, θερμική και πυρηνική.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η εξέλιξη της ανθρωπότητας είναι στενά συνδεδεμένη με τη χρήση ενέργειας. Οι ονομασίες ιστορικών περιόδων της προέκυψαν από τις διαφορετικές μορφές ενέργειας που διαχειρίζονταν οι άνθρωποι (λίθινη εποχή, εποχή του χαλκού κλπ).

Τα αρχαία χρόνια ο άνθρωπος έμαθε να χειρίζεται την φωτιά για να θερμαίνει ή να φωτίζει την σπηλιά που κατοικούσε και για να μαγειρεύει. Έπειτα το 5000 π.Χ. στον Νείλο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η αιολική ενέργεια για την κίνηση των πλοίων, ενώ το 4000 π.Χ. στην Ελλάδα χρησιμοποιούσαν μικρούς νερόμυλους για την άλεση δημητριακών αλλά και για την παροχή νερού σε οικισμούς. Όσον αφορά τον άνθρακα, η χρήση του αναφέρεται από το 3000 π.Χ. στην Κίνα, αλλά η εκτεταμένη εξόρυξη του ξεκίνησε στα μέσα του 17^{ου} αιώνα.

Τον 18^ο αιώνα ανακαλύφθηκε η πρώτη ατμομηχανή από τον Thomas Newcomen, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού από τα υπόγεια ορυχεία εξόρυξης άνθρακα. Το 1765, ο James Watt βελτίωσε σημαντικά την ατμομηχανή, δίνοντας και τη δυνατότητα χρήσης της

για την κίνηση μηχανών. Το 1799 ο ιταλός εφευρέτης Alessandro Volta, ανακάλυψε την πρώτη μπαταρία, δίνοντας τη δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε αδιάλειπτο χρόνο. Τον 19^ο αιώνα οι ατμομηχανές είχαν την δυνατότητα να παρέχουν την ισχύ περίπου 200 ανδρών. Έτσι, για πρώτη φορά στην παγκόσμια ιστορία η ενέργεια μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε κάθε χώρο, ώρα και σε οποιαδήποτε ποσότητα. Τέλος, τον 20^ο αιώνα η ανακάλυψη των κοιτασμάτων πετρελαίου οδήγησε τον τεχνικό κόσμο στην ανάγκη εφεύρεσης συστημάτων ικανών να αξιοποιήσουν το καινούργιο καύσιμο. Αρχικά ο Γάλλος μηχανικός Etienne Lenoir και έπειτα ο Γερμανός Nikolaus August Otto κατασκεύασαν τις πρώτες μηχανές εσωτερικής καύσης. Με λίγα λόγια ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από τρομακτική αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας, όμως η προμήθεια ενέργειας δεν συνιστά πρόβλημα αφού οι τρέχουσες πηγές ενέργειας είναι άφθονες, φθηνές και σημαντικά διαφοροποιημένες. Τα αποθέματα άνθρακα αρκούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες για τα επόμενα 200 χρόνια, ενώ το φυσικό αέριο για τα επόμενα 60 χρόνια.

1.3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Κύρια παράμετρος κάθε νέας ενεργειακής πολιτικής αποτελεί η εξοικονόμηση ενέργειας, διότι ο τομέας των κτιρίων συνδέεται με την κατανάλωση ενέργειας αλλά και με την έκλυση ρύπων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο κτιριακός τομέας συμμετέχει στην συνολική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό που ανέρχεται στο 40%. Στην Ελλάδα, τα κτίρια καταναλώνουν από την συνολική παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια το 66 - 67 % και η συμβολή τους στην έκλυση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι γύρω στο 42%. Έτσι, η Ευρώπη οδηγήθηκε στην έκδοση της Κοινοτικής Οδηγίας 2010/31/ΕΕ περί ενεργειακής απόδοσης κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη της την κλιματική αλλαγή και την ανάγκη τόσο για απεξάρτηση από ενεργειακούς πόρους τρίτων χωρών όσο και για αναβάθμιση του ισχύοντος κτιριακού αποθέματος. Η Ελλάδα ευθυγραμμίστηκε με την Κοινοτική Οδηγία (Νόμος 3661/2008) και την «Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων» (Φ.Ε.Κ 407/Β/09-04-2010).

1.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Η άνεση στους εσωτερικούς χώρους είναι κάτι πολύπλοκο. Το κομμάτι που σχετίζεται με την θερμότητα ονομάζεται «θερμική άνεση» και ουσιαστικά είναι ο βαθμός ικανοποίησης των ανθρώπων στις εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης. Η Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), έχει ορίσει ως θερμική άνεση μία κατάσταση κατά την οποία το ανθρώπινο μυαλό είναι απόλυτα ικανοποιημένο με τις θερμικές συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή. Θα πρέπει να σημειωθεί πως η θερμική άνεση δεν αφορά τις χειμερινές συνθήκες μεμονομένα, αλλά τις συνθήκες που επικρατούν στη διάρκεια όλου του χρόνου. Επειδή όμως πρόκειται για έναν υποκειμενικό όρο, ο οποίος μπορεί να διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο, ορίστηκαν κάποιες παράμετροι ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί και επιστημονικά.

Η θερμική άνεση επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Φυσικοί: Θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία και ταχύτητα αέρα και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας εσωτερικών επιφανειών.
- Βιολογικοί: Ηλικία και φύλο των ανθρώπων που βρίσκονται στον χώρο.
- Εξωτερικοί: Η ενδυμασία των ανθρώπων καθώς και το είδος της δραστηριότητας τους στον χώρο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Οι εγκαταστάσεις θέρμανσης έχουν σκοπό τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε έναν χώρο, ώστε οι συνθήκες άνεσης να ικανοποιούνται κατά τις περιόδους του έτους που η θερμοκρασία είναι χαμηλή. Αυτό επιτυγχάνεται με την απόθεση ποσών ενέργειας σε έναν χώρο με την μορφή θερμότητας. Η μετάδοση της θερμότητας είναι μια σύνθετη διαδικασία που πραγματοποιείται με τρεις βασικούς τρόπους :

- Με **αγωγή**, μετάδοση θερμότητας στο εσωτερικό στερεού σώματος ή μεταξύ στερεών σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή (τα μόρια δεν μετακινούνται), η οποία εξαρτάται από την θερμική αγωγιμότητα και την επιφάνεια επαφής.
- Με **συναγωγή**, κατά την οποία η μεταφορά θερμότητας πραγματοποιείται από ένα στερεό σώμα υψηλής θερμοκρασίας στη μάζα ενός ρευστού χαμηλότερης θερμοκρασίας ή αντίστροφα. Αν η κίνηση προέρχεται εξαιτίας θερμοκρασιακών διαφορών τότε έχουμε φυσική ή ελεύθερη συναγωγή. Αν αντίθετα, η κίνηση του ρευστού επιβάλλεται μηχανικά, τότε έχουμε εξαναγκασμένη συναγωγή. Παράγοντες που επηρεάζουν αυτόν τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας είναι η γεωμετρία της επιφάνειας, ο προσανατολισμός και οι διαστάσεις της, καθώς και η ταχύτητα και η πυκνότητα του υγρού.
- Με **ακτινοβολία**, είναι η μεταφορά θερμότητας από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που προκαλείται λόγω θερμοκρασιακών διαφορών μεταξύ δύο σωμάτων σε κενό χώρο ή σε χώρο χαμηλής πυκνότητας (αέρας). Αυτός ο τρόπος μεταφοράς επηρεάζεται από την ικανότητα ακτινοβολίας, τον παράγοντα οπτικού πεδίου, τη θερμοκρασία και το μήκος κύματος.

Με βάση τον Κ.Εν.Α.Κ. η ελληνική επικράτεια διαχωρίζεται σε τέσσερις κλιματολογικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Η περιοχή στην οποία ανήκει η διώροφη κατοικία που μελετάται εντάσσεται στην κλιματική ζώνη Α.

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

Πίνακας 2.1: Νομοί της Ελλάδας που εντάσσονται σε κάθε κλιματική ζώνη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-3/2017)

Για τους υπολογισμούς των θερμικών και ψυκτικών φορτίων ενός κτηρίου, λαμβάνονται συγκεκριμένες περίοδοι για τη θέρμανση και ψύξη ανάλογα με την κλιματική ζώνη. Για τη ζώνη Α' και Β' η περίοδος θέρμανσης είναι από την 1^η Νοεμβρίου μέχρι και τις 15 Απριλίου και η περίοδος ψύξης από τις 15 Μαΐου μέχρι και τις 15 Σεπτεμβρίου.

2.2 ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Με βάση το DIN4701, οι θερμικές απώλειες ενός χώρου συνίστανται από:

1. Απώλειες θερμοπερατότητας Q_o , που προέρχονται από τα δομικά στοιχεία (τοιχοί, ανοίγματα, δάπεδα, οροφές κλπ).
2. Απώλειες λόγω προσαυξήσεων.
3. Απώλειες αερισμού χώρου Q_L .

Όλες οι εξισώσεις που θα παρατεθούν στην συνέχεια προέρχονται από τις Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος. (ΤΟΤΕΕ 201701-2/2017)

2.2.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Οι απώλειες θερμοπερατότητας υπολογίζονται από την σχέση:

$$Q_o = U \times A \times (t_i - t_a) [W] \quad (2.1)$$

όπου: $U [W/(m^2 \times K)]$: ο συντελεστής θερμοπερατότητας

$A [m^2]$: η επιφάνεια του δομικού στοιχείου

$t_i [^\circ C]$: η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικού χώρου

$t_a [^\circ C]$: θερμοκρασία εξωτερικού περιβάλλοντος

2.2.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ

Γενικότερα, η ροή θερμότητας μέσω ενός δομικού στοιχείου θεωρείται μονοδιάστατο μέγεθος με διεύθυνση κάθετη προς την επιφάνεια του εξεταζόμενου δομικού στοιχείου. Οι ανταλλαγές θερμότητας δεν εξαρτώνται από το χρόνο (στάσιμη κατάσταση) και μένουν ανεπηρέαστες από εξωτερικούς παράγοντες. Ομοίως, όλα τα δομικά υλικά θεωρούνται κατά παραδοχή ομογενή και ισότροπα, με σταθερά θερμοφυσικά χαρακτηριστικά και δεν επηρεάζονται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Βάσει των παραπάνω, η αντίσταση που προβάλλει μια ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται από τον γενικό τύπο:

$$R = \frac{d}{\lambda} [m^2 \times K/W] \quad (2.2)$$

όπου: $R [m^2 \times K/W]$: η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση.

$d [m]$: το πάχος της στρώσης.

$\lambda [W/(m \times K)]$: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης.

Το σύνολο των θερμικών αντιστάσεων όλων των στρώσεων ενός πολυστρωματικού δομικού στοιχείου, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζει την αντίσταση θερμοδιαφυγής (R_{ss}) και προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη γενικευμένη σχέση:

$$R_A = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} = \sum_j^n R_j [m^2 \times \frac{K}{W}] \quad (2.3)$$

Η σειρά των στρώσεων ενός δομικού στοιχείου πρακτικά δεν επηρεάζει τη ροή θερμότητας μέσω αυτού, επηρεάζει όμως την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητάς τους.

- Η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εσωτερική επιφάνεια περιορίζει τη θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου, δηλαδή την ικανότητά του να αποθηκεύει θερμότητα στη μάζα του.
- Αντίθετα, η τοποθέτηση της θερμομονωτικής στρώσης σε θέση πλησιέστερη προς την εξωτερική επιφάνεια επαυξάνει τη θερμοχωρητικότητά του. Ωστόσο, η θερμοχωρητικότητα του δομικού στοιχείου επηρεάζεται καθοριστικά από τη μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ικανότητα αποθήκευσης θερμότητας. Στόχος είναι η αποθηκευμένη ποσότητα θερμότητας να μπορεί να επαναποδοθεί στο εσωτερικό περιβάλλον του κτηρίου, όταν η θερμοκρασία του χώρου πέφτει σε χαμηλότερα επίπεδα από τη θερμοκρασία της μάζας του. Η συνολική θερμική αντίσταση που προβάλλει ένα πολυστρωματικό δομικό στοιχείο, που αποτελείται από ομογενείς στρώσεις υλικών, ορίζεται από το άθροισμα των αντιστάσεων των επιμέρους στρώσεων και των αντιστάσεων του στρώματος αέρα εκατέρωθεν των όψεων του σύμφωνα με την εξίσωση 2.4:

$$R_{ολικό} = R_i + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_a [m^2 \times \frac{K}{W}] \quad (2.4)$$

όπου: $R_{ολ}$ [$m^2 \times K/W$]: η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,

n : το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

R_i [$m^2 \times K/W$]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,

R_a [$m^2 \times K/W$]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες μέσω ενός δομικού στοιχείου ορίζονται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U). Ο συντελεστής αυτός, δίνει την ποσότητα θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου, υπό σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο, μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού

στοιχείου ισούται με τη μονάδα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_{ολικό}} \left[\frac{W}{m^2 \times K} \right] \quad (2.5)$$

στη γενική της έκφραση θα είναι:

$$\frac{1}{U} = R_i + \sum_{j=1}^n R_j + R_a \left[m^2 \times \frac{K}{W} \right] \quad (2.6)$$

όπου: U [W/(m²×K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n: το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,

R_i [m²×K/W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a [m²×K/W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Καθώς ο συντελεστής θερμοπερατότητας εξαρτάται από τα πάχη των στρώσεων του δομικού στοιχείου και από τη συναγωγή που παρουσιάζει με τα στρώματα αέρα εκατέρωθεν των όψεών του, αύξηση ή μείωση του πάχους μιας στρώσης του υλικού επηρεάζει το συντελεστή θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-1/2017).

2.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΘΕΡΜΟΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ο βαθμός θερμομονωτικής προστασίας ενός αδιαφανούς δομικού στοιχείου προσδιορίζεται από το συντελεστή θερμοπερατότητας (U), αυτού οριζόμενου από το αντίστροφο του αθροίσματος των θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι διαδοχικές στρώσεις του δομικού στοιχείου στη θεωρούμενη κατά παραδοχή μονοδιάστατη και κάθετη στην επιφάνειά του ροή θερμότητας μέσω αυτού και των αντίστοιχων θερμικών αντιστάσεων που προβάλλουν οι εκατέρωθεν των όψεών του στρώσεις αέρα. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου n στρώσεων ορίζεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_\delta + R_a} [W/(m^2 \times K)] \quad (2.7)$$

όπου: U [W/(m²×K)]: ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου

n: το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου

d [m]: το πάχος της κάθε στρώσης του δομικού στοιχείου

λ [W/(m×K)]: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της κάθε στρώσης

R_δ [m²×K/W]: η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος

R_i [m²×K/W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο

R_a [m²×K/W]: η αντίσταση θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Η τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας που υπολογίζεται για κάθε δομικό στοιχείο, ανάλογα με την θέση του στο κτίριο, θα πρέπει να βρίσκεται εντός των ορίων (μικρότερη ή ίση της μέγιστης επιτρεπόμενης), όπως αυτή ορίζεται στον πίνακα 2.2 για κάθε κλιματική ζώνη του ελλαδικού χώρου. Εάν η τιμή που προκύπτει είναι μεγαλύτερη, θα πρέπει ο έλεγχος να επαναληφθεί, ύστερα από βελτίωση των θερμοτεχνικών χαρακτηριστικών του δομικού στοιχείου:

- αυξάνοντας το πάχος της θερμομονωτικής στρώσης,
- αντικαθιστώντας το θερμομονωτικό υλικό με άλλο (πιο χαμηλό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας), ώστε να προκύπτει μικρότερη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας U (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2017).

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας U [W/(m ² ×K)]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,45	0,40	0,35	0,30
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,55	0,45	0,40	0,35
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό τοίχο	0,45	0,40	0,35	0,30
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	1,10	0,80	0,65	0,60
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	1,30	0,90	0,70	0,65
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	1,10	0,80	0,65	0,60
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80	2,60	2,40	2,20

Πίνακας 2.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανα θερμική ζώνη (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2017).

2.2.4 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΩΝ

Οι τιμές που προκύπτουν από την διαδικασία υπολογισμού των απωλειών θερμοπερατότητας λόγω διαφόρων εξωτερικών παραγόντων (προσανατολισμό, συχνότητα λειτουργίας της εγκατάστασης κλπ.) επιδέχονται κάποιες διορθωτικές προσαυξήσεις.

2.2.4.1 ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

Ο προσανατολισμός ενός χώρου έχει άμεση συσχέτιση με την επίδραση των ψυχρών βόρειων ανέμων στην τελική θερμοκρασία αυτού. Οι βόρειοι τοίχοι, για παράδειγμα, θεωρούνται περιοχές ψύχους και γι' αυτό άλλωστε στα περισσότερα σπίτια αποφεύγεται η τοποθέτηση ανοιγμάτων στη βόρεια πλευρά. Αντιθέτως, οι χώροι με μεσημβρινό προσανατολισμό (N, NA, ΝΔ) παρουσιάζουν μικρότερες θερμικές απώλειες από τις αναμενόμενες. Οι Γερμανικοί κανονισμοί, που κατά κύριο λόγο εφαρμόζονται στην Ελλάδα, δίνουν προσαυξήσεις και μειώσεις λόγω προσανατολισμού (πίνακας 2.3). Οι προσαυξήσεις αυτές δίνονται ως ποσοστό (%) και χαρακτηρίζονται με το σύμβολο Z_H .

Προσανατολισμός	Προσαύξηση (%)
B, BA, ΒΔ	+5
A, Δ	0
N, NA, ΝΔ	-5

Πίνακας 2.3: Προσαυξήσεις λόγω προσανατολισμού (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701- 2/2017)

2.2.4.2 ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Σε όλες σχεδόν τις εγκαταστάσεις η λειτουργία της κεντρικής θέρμανσης δεν είναι συνεχής, αλλά διακοπτόμενη. Οι διακοπές μπορεί να είναι για λίγες ώρες και προγραμματισμένες χρονικά, μπορεί να εξαρτώνται από τις μεταβολές της εξωτερικής θερμοκρασίας ή και να πραγματοποιούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, απαιτούνται επιπλέον ποσά θερμικής ενέργειας, τα οποία είναι απαραίτητα για την γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας του χώρου μέχρι τα επιθυμητά όρια. Έτσι, κάθε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης πρέπει να επαρκεί, τόσο για την κάλυψη των θερμικών απωλειών, όταν ήδη στους χώρους επικρατεί η επιθυμητή θερμοκρασία, όσο και για την αντιμετώπιση ενός πρόσκαιρα περισσότερο ψυχρού εσωτερικού περιβάλλοντος. Θα πρέπει μάλιστα η βελτίωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του χώρου και των στερεών αντικειμένων που περιέχονται σε αυτόν, μέχρι την επιθυμητή τιμή, να επιτυγχάνονται σε εύλογο χρονικό διάστημα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2017).

Στους Γερμανικούς κανονισμούς, αλλά και στην Ελληνική βιβλιογραφία, με:

- (I): συμβολίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης με μικρές διακοπές (συνήθως τη νύχτα) ή λειτουργεί συνεχώς.
- (II): συμβολίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης λειτουργίας 12 έως 15 ωρών την ημέρα.
- (III): συμβολίζεται μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης λειτουργίας 8 έως 12 ωρών την ημέρα.

Μετά τις περιόδους παύσης, το σύστημα κλιματισμού λειτουργεί με αυξημένη ισχύ. Έτσι, στα φορτία θέρμανσης συμπεριλαμβάνεται μία προσαύξηση λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας. Η προσαύξηση αυτή εκτελείται με την εισαγωγή ενός συντελεστή Z_D , ο οποίος δίνεται στον πίνακα 2.4.

Κατηγορία λειτουργίας ανά 24 ωρο	Τιμές του συντελεστή D			
	0,1 – 0,3	0,3 – 0,7	0,7 – 1,5	>1,5
I	7	7	7	7
II	20	15	15	15
III	30	25	20	15

Πίνακας 2.4: Προσαυξήσεις λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 201701-2/2017)

2.2.5 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Οι θερμικές απώλειες λόγω αερισμού οφείλονται στην εναλλαγή αέρα με το εξωτερικό περιβάλλον. Διακρίνονται σε δύο υποπεριπτώσεις:

1. Στην περίπτωση ύπαρξης εξαερισμού ισχύει:

$$Q_L = \dot{V} \times \rho \times c \times (\theta_i - \theta_o) \quad (2.8)$$

όπου: Q_L : η θερμική ισχύς των απωλειών λόγω αερισμού σε kW

\dot{V} : η παροχή όγκου του εισερχόμενου αέρα (m^3/s)

ρ : η πυκνότητα του αέρα (kg/m^3)

c : η ειδική θερμότητα του αέρα ($\text{kJ}/\text{kg} \times \text{K}$)

$\theta_i - \theta_o$: η διαφορά θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου – εξωτερικού περιβάλλοντος σε βαθμούς Κέλβιν.

2. Στην περίπτωση μη ύπαρξης εξαερισμού, υπολογίζονται οι απώλειες από τις χαραμάδες. Οι απώλειες αερισμού Q_L προκύπτουν από τη συναλλαγή αέρα μεταξύ χώρου-περιβάλλοντος, η οποία οφείλεται στην υπερπίεση που παρατηρείται στους θερμαινόμενους χώρους και στη διαφορά θερμοκρασίας με γειτονικούς χώρους και το περιβάλλον. Η ανάπτυξη της μικρής αυτής υπερπίεσης στους θερμαινόμενους χώρους ωθεί προς τα έξω αέρα μέσω των χαραμάδων των κουφωμάτων ή εντονότερα, όταν ανοίγουν παράθυρα ή πόρτες. Ψυχρά ρεύματα αέρα, τα οποία έχουν εισέλθει στα χαμηλότερα επίπεδα και προέρχονται έμμεσα ή άμεσα από το εξωτερικό περιβάλλον, αντικαθιστούν την ποσότητα του θερμού αέρα.

Όταν οι ποσότητες αυτές του νωπού αέρα είναι μικρές, η θερμική επιβάρυνση θεωρείται μικρή και είναι μάλιστα αναγκαίες για την ανανέωση του αέρα στους χώρους. Όταν όμως οι χρήστες του χώρου αφήνουν ανοικτά παράθυρα και πόρτες, ή οι χαραμάδες παραθύρων και πορτών είναι μεγάλες (λόγω κακής ποιότητας ή παλαιότητας), οι δαπάνες σε ενέργεια γίνονται πολύ σημαντικές.

Η θερμότητα Q_L εξαρτάται από τη διεισδυτικότητα των ανοιγμάτων, την κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου, ο οποίος δημιουργεί μεταβαλλόμενες τοπικά και χρονικά καταστάσεις της πίεσης. Για τον υπολογισμό του Q_L χρησιμοποιείται η σχέση:

$$Q_L = \sum Q_{A_i} = a \times \sum 1 \times R \times H \times Z_F \times \Delta\theta \quad (2.9)$$

όπου:

a : ο συντελεστής διείσδυσης αέρα του κάθε ανοίγματος, ο οποίος εκφράζει το λόγο του όγκου αέρα ο οποίος εισέρχεται ανά μέτρο μήκους σχισμής και ανά ώρα, για διαφορά πιέσεως 1 kp/m^2

$\Sigma 1$: η περίμετρος του ανοίγματος σε m

R : συντελεστής διεισδυτικότητας

H : συντελεστής θέσης και ανεμόπτωσης

Z_F : συντελεστής γωνιακών ανοιγμάτων, ο οποίος σε περίπτωση γωνιακών ανοιγμάτων παίρνει την τιμή 1,2 (αλλιώς $Z_F=1$)

$\Delta\theta$: η θερμοκρασιακή διαφορά στις δύο πλευρές του ανοίγματος σε Κέλβιν

2.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

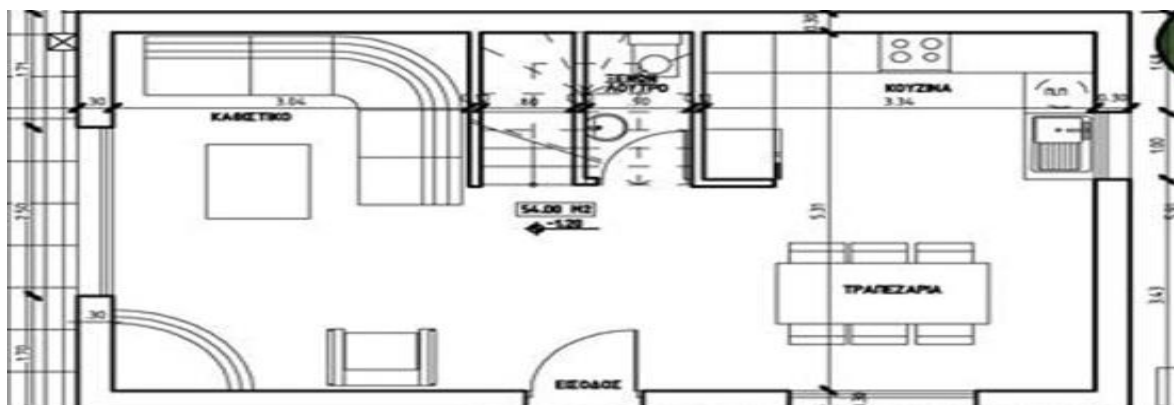
Το τελικό σύνολο των θερμικών απωλειών δεν είναι παρά το άθροισμα των Q_o (με τις προσαυξήσεις) και Q_L , δηλαδή:

$$Q_{ολ} = Q_o + Q_L \quad (2.10)$$

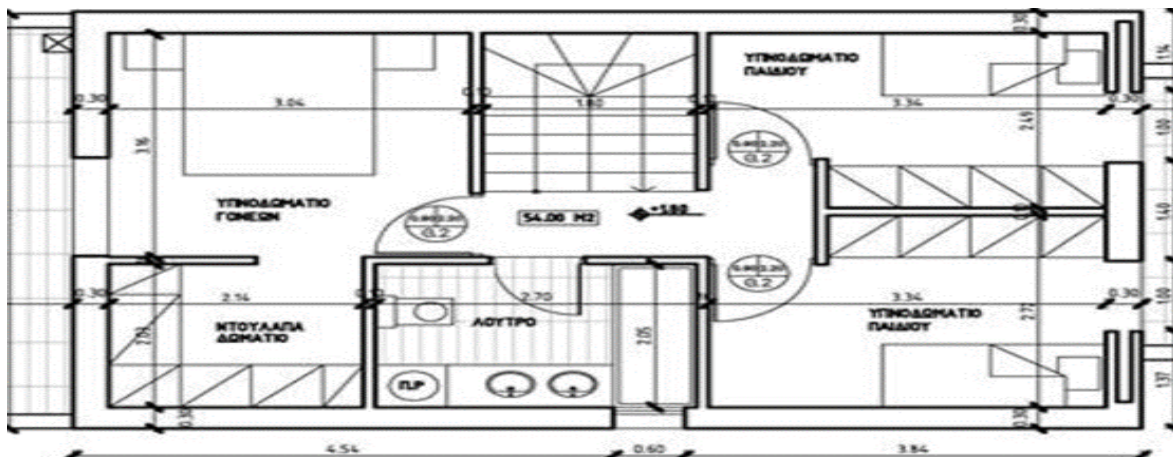
Ο παραπάνω τύπος εκφράζει τη συνολική θερμική ισχύ της εγκατάστασης. Για να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες ενός χώρου πιο εύκολα, χρησιμοποιείται ο παρακάτω πίνακας. Ακολουθούν οι πίνακες με τον αναλυτικό υπολογισμό των θερμικών απωλειών ανά δωμάτιο.

Πόλη	Χανιά
Μέση Ελάχιστη Εξωτερική Θερμοκρασία (°C)	3
Τύπος Κτιρίου	Κατοικία
Λειτουργία Εγκατάστασης	18 ώρες / 7 μέρες / 12 μήνες
Επιθυμητή Εσωτερική Θερμοκρασία (°C)	20
Θερμοκρασία Εδάφους (°C)	16
Αριθμός Επιπέδων Κτιρίου	2
Επίπεδο Εδάφους	1
Μεθοδολογία Υπολογισμού	DIN 77
Σύστημα Μονάδων	Watt

Πίνακας 2.5: Στοιχεία κτιρίου.



Εικόνα 2.1: Κάτοψη Ισογείου



Εικόνα 2.2: Κάτοψη Ορόφου

Επίπεδο: 1 Ονομασία: Ισόγειο

Είδος Επιφ.	Προσα ν.	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφ. (m ²)	Αφ. Επι φ. (m)	Τελ.Επι φ. (m ²)	Συντ. U (W/m ² ·C)	ΔΤ (°C)	Zh	ZD	Συν. απωλ. (W)
Τ.εξωτ .	B	8,9	3,4	30,53	0	30,53	0,6	17	5	7	349,9
Τ.εξωτ .	Δ	5,9	3,4	20,09	2,5	17,59	0,6	17	0	7	192
Μπα/π όρτα	N	1,6	2,2	3,52	0	3,52	3,2	17	-5	7	194,6
Μπα/π όρτα.	Δ	2,5	2,2	5,5	0	5,5	3,2	17	0	7	320,1
Τ.εξωτ	A	5,9	3,4	20,09	1	19,09	0,6	17	0	7	208,4
Τ.εξωτ .	N	8,9	3,4	30,53	2,6	27,93	0,6	17	-5	7	289,6
Θ.Εξω τ.	N	1	2,2	2,2	0	2,2	2	17	-5	7	76
Παραθ .	A	1	1	1	0	1	3,2	17	0	7	58,2
Δάπεδ ο		8,9	5,9	53,07	0	53,07	0,66	4	0	7	149,9
											1838,9

Πίνακας 2.6: Υπολογισμός θερμικών απωλειών ισόγειου.

Απώλειες αερισμού:

$$QL = 1,2 \times 0,75 \times 54 \times 1,006 \times 17 = 230 \text{ W}$$

Συνολικές απώλειες χώρου (αγωγιμότητας & αερισμού):

$$Q = QT + QL = 2068,9 \text{ W}$$

Επίπεδο: 2 Ονομασία : Υπνοδωμάτιο Γονέων

Είδος Επιφ.	Προ σαν.	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφ. (m ²)	Αφ.Επ ιφ. (m)	Τελ.Επιφ . (m ²)	Συντ. U (W/m ² . C)	ΔΤ (°C)	Zh	ZD	Συν. απωλ. (W)
Τ.εξωτ.	B	3,34	3,4	11,4	0	11,36	0,6	17	5	7	130,1
Τ.εξωτ.	Δ	5,89	3,4	20,1	1,8	18,23	0,6	17	0	7	198,9
Μπα/πό ρτα	Δ	1,8	2,2	3,96	0	3,96	3,2	17	0	7	230,5
Τ.Εσωτ	A	3,16	3,4	10,7	0,9	9,84	1,8	2	0	7	37,9
Τ.Εξωτ	N	1,74	3,4	5,92	0,9	5,02	0,6	17	-5	7	52
Θ.Εσωτ.	A	0,9	2,2	1,98	0	1,98	2,2	2	0	7	9,3
Οροφή		5,89	3,4	20,1	0	20,03	0,64	17	0	7	233,18
											891,88

Πίνακας 2.7: Υπολογισμός θερμικών απωλειών υπνοδωματίου γονέων.

Απώλειες αερισμού:

$$QL = 1,2 \times 0,75 \times 18 \times 1,006 \times 17 = 70 \text{ W}$$

Συνολικές απώλειες χώρου (αγωγιμότητας & αερισμού):

$$Q = QT + QL = 961,88 \text{ W}$$

Επίπεδο: 2 Ονομασία: Βόρειο Υπνοδωμάτιο

Είδος Επιφ.	Προσαν.	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφ. (m ²)	Αφ.Επιφ. (m)	Τελ.Επιφ. (m ²)	Συντ. U (W/m ² ·C)	ΔΤ (°C)	Zh	ZD	Συν.απ ωλ. (W)
Τ.εξωτ.	B	3,74	3,4	12,7	0	12,72	0,6	17	5	7	145,7
Τ.εξωτ.	A	2,14	3,4	7,28	1	6,28	0,6	17	0	7	68,5
Μπα/πόρτα	A	1	2,2	2,2	0	2,2	3,2	17	0	7	128,1
Τ.Εσωτ	N	3,74	3,4	12,7	0,9	11,82	1,8	2	0	7	45,5
Τ.Εσωτ	Δ	2,14	3,4	7,28	0	7,28	1,8	2	0	7	28
Θ.Εσωτ.	N	0,9	2,2	1,98	0	1,98	2,2	2	0	7	9,3
Οροφή		3,74	3	11,2	0	11,22	0,64	17	0	7	130,62
											555,72

Πίνακας 2.8: Υπολογισμός θερμικών απωλειών βόρειου υπνοδωματίου.

Απώλειες αερισμού:

$$QL = 1,2 \times 0,75 \times 8 \times 1,006 \times 17 = 30,4 \text{ W}$$

Συνολικές απώλειες χώρου (αγωγιμότητας & αερισμού):

$$Q = QT + QL = 586,12 \text{ W}$$

Επίπεδο: 2 Ονομασία: Νότιο Υπνοδωμάτιο

Είδος Επιφ.	Προσαν.	Μήκος (m)	Ύψος (m)	Επιφ. (m ²)	Αφ.Επιφ. (m)	Τελ.Επιφ. (m ²)	Συντ. U (W/m ² ·C)	ΔΤ (°C)	Zh	ZD	Συν.απ ωλ. (W)
Τ.εξωτ.	N	3,74	3,4	12,7	0	12,716	0,6	17	-5	7	131,8
Τ.Εξωτ.	A	2,37	3,4	8,06	1	7,058	0,6	17	0	7	77
Μπαλκ.	A	1	2,2	2,2	0	2,2	3,2	17	0	7	128,1
Τ.Εσωτ	B	3,74	3,4	12,7	0,9	11,816	1,8	2	0	7	45,5
Τ.Εσωτ	Δ	2,37	3,4	8,06	0	8,058	1,8	2	0	7	31
Θ.Εσωτ.	B	0,9	2,2	1,98	0	1,98	2,2	2	0	7	9,3
Οροφή		3,74	2,3	8,6	0	8,6	0,64	17	0	7	93,57
											516,27

Πίνακας 2.9: Υπολογισμός θερμικών απωλειών νότιου υπνοδωματίου.

Απώλειες αερισμού:

$$QL = 1,2 \times 0,75 \times 8,6 \times 1,006 \times 17 = 30,8 \text{ W}$$

Συνολικές απώλειες χώρου (αγωγιμότητας & αερισμού):

$$Q = QT + QL = 547,07 \text{ W}$$

Επίπεδο: 2 Ονομασία: Λουτρό

Είδος Επιφ.	Προσα ν.	Μήκ ος(m)	Ύψος (m)	Επιφ. (m ²)	Αφ. Επιφ . (m)	Τελ.Επιφ. (m ²)	Συντ. U(W/m ² ·C)	ΔΤ (°C)	Zh	ZD	Συν.απω λ. (W)
Τ.εξωτ.	N	2,9	3,4	9,86	0,6	9,26	0,6	17	-5	7	96
Παράθυρο	N	0,6	1	0,6	0	0,6	3,2	17	-5	7	33,2
Τ.Εσωτ.	B	2,7	3,4	9,18	0,9	8,28	1,8	2	0	7	31,9
Τ.Εσωτ	A	2,35	3,4	7,99	0	7,99	1,8	2	0	7	30,8
Τ.Εσωτ	Δ	2,35	3,4	7,99	0	7,99	1,8	2	0	7	30,8
Θ.Εσωτ.	B	0,9	2,2	1,98	0	1,98	2,2	2	0	7	9,3
Οροφή		2,7	2,35	6,5	0	6,5	0,64	17	0	7	75,67
											307,67

Πίνακας 2.10: Υπολογισμός θερμικών απωλειών λουτρού.

Απώλειες αερισμού:

$$QL = 1,2 \times 0,75 \times 65 \times 1,006 \times 17 = 27,79 \text{ W}$$

Συνολικές απώλειες χώρου (αγωγιμότητας & αερισμού):

$$Q = QT + QL = 335,46 \text{ W}$$

Ισόγειο	2.068,5 W
Υπνοδωμάτιο γονέων	961,88 W
Νότιο υπνοδωμάτιο	586,12 W
Βόρειο υπνοδωμάτιο	547,07 W
Λουτρό	335,46 W
Συνολικές απώλειες σπιτιού	4.499,43 W

Πίνακας 2.11: Συνολικές απώλειες χώρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

3.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται βασικοί ορισμοί με σκοπό την κατανόηση των μεθοδολογιών υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων ενός χώρου που αναλύονται παρακάτω.

1. Θερμικό κέρδος χώρου:

Ο όρος θερμικό κέρδος χώρου απαντάται στο σύνολο των θερμικών ροών (ισχύων) που βρίσκονται σε έναν χώρο, εισρέουν ή δημιουργούνται σε αυτόν, σε δεδομένη χρονική στιγμή. Οι ροές αυτές διαχωρίζονται σε επιμέρους ανάλογα με τους παράγοντες δημιουργίας τους και τις επιπτώσεις τους στις συνθήκες του χώρου. Στον πίνακα 3.1, παρατίθενται οι βασικές πηγές και κατηγορίες θερμικών κερδών, καθώς και το είδος των φορτίων που προκαλούν στο χώρο.

ΠΗΓΗ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΙΔΟΣ
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΤΟΙΧΩΜΑΤΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ
ΦΩΤΙΣΜΟΣ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ
ΑΤΟΜΑ	ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ ΚΑΙ ΛΑΝΘΑΝΟΝΤΑ
ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΣΩ ΤΖΑΜΙΩΝ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ	ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ	ΑΙΣΘΗΤΑ ΚΑΙ ΛΑΝΘΑΝΟΝΤΑ

Πίνακας 3.1: Πηγές και κατηγορίες θερμικών κερδών

2. Ψυκτικό φορτίο χώρου:

Αποτελεί την θερμική ισχύ που πρέπει να αφαιρεθεί από ένα χώρο, ώστε ο αέρας μέσα σε αυτόν να διατηρείται σε σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Μεταξύ του ψυκτικού φορτίου χώρου και του θερμικού φορτίου δεν υπάρχει καμία συσχέτιση σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Παρατηρείται χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στη χρονική στιγμή εισροής του θερμικού κέρδους και στη χρονική στιγμή μεταφοράς του στο χώρο ως ψυκτικό φορτίο. Αυτό

συμβαίνει επειδή ένα μέρος των θερμικών κερδών επιστρέφει στο περιβάλλον και άρα δεν αποτελεί ψυκτικό φορτίο. Επιπλέον, η εισαγωγή των φορτίων λόγω των τριών βασικών τρόπων μετάδοσης θερμότητας στον εσωτερικό κλιματιζόμενο χώρο από το περιβάλλον δεν είναι άμεση. Στην πραγματικότητα, διαπερνούν τη μάζα του κτιριακού κελύφους με ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας του σε σχέση με αυτή του χώρου. Η αύξηση αυτή, οδηγεί τα θερμικά κέρδη στο εσωτερικό του κτιρίου μέσω αγωγιμότητας. Έτσι, υπάρχει πάντα μία χρονική καθυστέρηση μεταξύ του ψυκτικού φορτίου ενός χώρου και του θερμικού κέρδους. Το θερμικό κέρδος που απάγεται προς το περιβάλλον και δεν εμφανίζεται ως ψυκτικό φορτίο προκύπτει από τα αισθητά φορτία του χώρου. Εν αντιθέσει, το λανθάνον θερμικό κέρδος επηρεάζει ακαριαία τις συνθήκες του χώρου και κατά συνέπεια ταυτίζεται χρονικά και ποσοτικά με το λανθάνον ψυκτικό φορτίο.

3. Αφαιρούμενη θερμική ισχύς:

Τα συστήματα ψύξης δύνανται να αφαιρούν θερμική ισχύ από το χώρο που κλιματίζεται κάθε χρονική στιγμή. Η θερμική αυτή ισχύς ορίζεται ως αφαιρούμενη θερμική ισχύς. Η ισχύς αυτή, ισοδυναμεί με το ψυκτικό φορτίο χώρου μόνο στην περίπτωση που η θερμοκρασία του χώρου δε μεταβάλλεται. Όμως, η θερμοκρασία του χώρου αλλάζει συνεχώς εξαιτίας των συστημάτων ελέγχου και της διακοπτόμενης λειτουργίας του ψυκτικού εξοπλισμού. Στην πράξη, η θερμοκρασία του χώρου λαμβάνει υψηλότερες τιμές από την προδιαγραφόμενη και επομένως η αφαιρούμενη θερμική ισχύς είναι μικρότερη σε σχέση με το ψυκτικό φορτίο.

4. Ψυκτικό φορτίο συσκευής:

Ορίζεται ως η θερμική ισχύς που αφαιρείται από το ψυκτικό στοιχείο ενός κλιματιστικού εξοπλισμού που βρίσκεται σε έναν ή περισσότερους κλιματιζόμενους χώρους. Ισούται με το άθροισμα των ψυκτικών φορτίων των χώρων και άλλων φορτίων που δύνανται να επιβαρύνουν το ψυκτικό στοιχείο, για κάθε χρονική στιγμή. Παραδείγματα τέτοιων φορτίων αποτελούν: το φορτίο λόγω εισαγωγής νωπού αέρα στο χώρο, το θερμικό κέρδος από αεραγωγούς, ανεμιστήρες, αντλίες κλπ.

3.2 ΘΕΩΡΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Βασικός στόχος των μεθόδων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων σχεδιασμού είναι ο εντοπισμός των μέγιστων φορτίων προκειμένου να διαστασιοποιηθούν τα μηχανήματα ψύξης. Για την επιλογή των συσκευών λαμβάνονται υπόψη

ακραίες συνθήκες λειτουργίας, ώστε να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτούμενες συνθήκες άνεσης μέσα σε ορισμένα όρια ανοχών.

Παρόλο που ο ακριβής υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων είναι κατά κανόνα αδύνατος, εξαιτίας διαφόρων παραγόντων όπως οι αστοχίες στην κατασκευή, η αβεβαιότητα στον τρόπο λειτουργίας του κτιρίου και η απρόβλεπτη συμπεριφορά των συντελεστών θερμοπερατότητας, ένας ορθός υπολογισμός με οποιαδήποτε μέθοδο αποδίδει αποτελέσματα για μια σωστή λειτουργία του συστήματος κλιματισμού.

Οι πλέον γνωστές μέθοδοι υπολογισμού είναι:

- I.** η μέθοδος TETD (Total Equivalent Temperature Differential Method) της ASHRAE
- II.** η μέθοδος TFM (Transfer Function Method) της ASHRAE
- III.** η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor) της ASHRAE
- IV.** η μέθοδος HB (Heat Balance) της ASHRAE
- V.** η μέθοδος RTS (Radiant Time Series) της ASHRAE

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως είναι η μέθοδος CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor) της ASHRAE και με την χρήση αυτής έχουν πραγματοποιηθεί οι υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων της εξεταζόμενης κατοικίας.

Η μέθοδος CLTD / CLF υπολογίζει τα ψυκτικά φορτία ενός χώρου, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγει τη δυναμική ανάλυση μεταφοράς θερμότητας, με τη χρήση διαφόρων μεγεθών όπως την θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Temperature Difference – CLTD) και του συντελεστή ψυκτικού φορτίου (Cooling Load Factor – CLF). Η αμερικάνικη εταιρεία ASHRAE έχει αναπτύξει χαρακτηριστικές τιμές των συντελεστών CLTD και CLF αποσκοπώντας στη διατήρηση του πλήθους των αριθμητικών δεδομένων σε εύλογο μέγεθος.

Σημαντική θεωρείται η εισαγωγή διορθωτικών συντελεστών με σκοπό την διατήρηση του περιορισμού σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας κλιματιζόμενων χώρων θ_i και άρα την επέκταση της εφαρμογής της μεθόδου. Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων πραγματοποιείται συναρτήσει των παρακάτω στοιχείων :

- Εξωτερικές οροφές
- Εξωτερικοί τοίχοι
- Παράθυρα
- Εσωτερικά δομικά στοιχεία

- Φωτισμός
- Άνθρωποι
- Διάφορες συσκευές
- Αερισμός

Όλες οι εξισώσεις που θα παρατεθούν στη συνέχεια προέρχονται από το ηλεκτρονικό βιβλίο Κατσαπρακάκης, Δ., Μονιάκης, Μ., 2015 «Θέρμανση - ψύξη – κλιματισμός».

3.2.1 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΚΑΙ ΟΡΟΦΗΣ

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων από εξωτερική τοιχοποιία και οροφή προκύπτει κάθε ώρα από την σχέση :

$$\dot{Q}_{c,cond,t} = U \times A \times CLTD_t \quad (3.1)$$

όπου:

U: ο συντελεστής θερμοπερατότητας (W/m²×K)

A: το εμβαδόν της επιφάνειας του δομικού στοιχείου (m²)

CLTD: διαφορά θερμοκρασίας ψυκτικού φορτίου (K)

Στην περίπτωση που οι συνθήκες σχεδιασμού διαφέρουν από εκείνες για τις οποίες ισχύουν οι τιμές της CLTD των πινάκων, τότε η τιμή της CLTD διορθώνεται βάσει της σχέσης 3.2:

$$CLTD_{w,cor(\tau,\pi)} = (CLTD_{w(\tau,\pi)} + LM) \times k + (78 - T_r) + (T_0 - 85) \times f \quad (3.2)$$

όπου:

CLTD_{w(τ,π)}: Ισοδύναμη θερμοκρασιακή διαφορά του τοίχου που λαμβάνεται από πίνακες και εξαρτάται από τον τύπο του τοίχου και τον προσανατολισμό του.

LM: Διορθωτική διαφορά θερμοκρασίας για γεωγραφικό πλάτος, μήνα και προσανατολισμό.

T_r: Εσωτερική θερμοκρασία χώρου.

T₀: Μέση εξωτερική θερμοκρασία.

k: Συντελεστής χρώματος τοίχου.

- $k = 1.0$ για σκοτεινά χρώματα ή βιομηχανικές περιοχές
- $k = 0.5$ για ανοικτό χρώμα στέγης
- $k = 0.65$ για ανοικτό χρώμα τοίχου

f = διόρθωση για τον εξαερισμό οροφής $f = 0.75$ για ανεμιστήρα σε σοφίτα ή ψευδοροφή, διαφορετικά $f = 1.0$.

3.2.2 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων από εσωτερική τοιχοποιία προκύπτει από το γινόμενο του συντελεστή διαπερατότητας του δομικού στοιχείου, της επιφάνειας του και της ισοδύναμης θερμοκρασιακής διαφοράς κάθε ώρα :

$$Q_i = U \times A \times (t_b - t_i) [W] \quad (3.3)$$

όπου:

Q_i : ψυκτικό φορτίο κατά την ώρα i

i : ώρες της ημέρας

U : συντελεστής θερμοπερατότητας

A : εμβαδόν της επιφάνειας του τοίχου

t_b : θερμοκρασία του γειτονικού χώρου

t_i : εσωτερική θερμοκρασία του χώρου

Με τον παραπάνω τύπο υπολογίζονται και τα φορτία μέσω του δαπέδου, με μόνη διαφορά ότι το t_b θα είναι η θερμοκρασία του εδάφους.

3.2.3 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Ο υπολογισμός των θερμικών κερδών μέσω ανοιγμάτων πραγματοποιείται ξεχωριστά ως θερμικά κέρδη μέσω αγωγής και ως θερμικά κέρδη μέσω της απορροφούμενης ή μεταφερόμενης ηλιακής ακτινοβολίας διαμέσου του υαλοπίνακα. Τα θερμικά κέρδη μέσω αγωγής υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{c,cond,glaz,t} = U \times A \times CLTD_{glaz,t} \quad (3.4)$$

Οι τιμές της $CLTD_{glaz,t}$ δίνονται από τον πίνακα 3.2.

ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	$CLTD_{glaz} (^{\circ}C)$	ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ	$CLTD_{glaz} (^{\circ}C)$
1	1	13	7
2	0	14	7
3	-1	15	8
4	-1	16	8
5	-1	17	7
6	-1	18	7
7	-1	19	6
8	0	20	4
9	1	21	3
10	2	22	2
11	4	23	2
12	5	24	1

Πίνακας 3.2: Τιμές $CLTD_{glaz}$

Ο συντελεστής ηλιακών κερδών (Solar Heat Gain Factor – SHGF) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ηλιακών κερδών μέσω υαλοπινάκων. Μέσω αυτού εκφράζεται η μεταφορά ηλιακής ακτινοβολίας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο μέσω της διαπερατότητας και της απορροφητικότητας του υαλοπίνακα. Η ηλιακή ακτινοβολία που μεταφέρεται λόγω της διαπερατότητας του υαλοπίνακα στο εσωτερικό ενός κτιρίου μετατρέπεται σε θερμότητα, αφού απορροφάται εξ ολοκλήρου από το εσωτερικό περιβάλλον. Λόγω της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας από τον υαλοπίνακα, αυξάνεται η θερμοκρασία του, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της θερμικής διαπερατότητας U του υλικού του υαλοπίνακα. Ο SHGF συνδυάζει και τις δύο ροές θερμότητας από το περιβάλλον προς τον εσωτερικό χώρο. Για απλό, μονό υαλοπίνακα δίνεται από τη σχέση:

$$SHGF = F \times I \quad (3.5)$$

όπου ο συντελεστής F ισούται με 0,87 και I είναι η ολική προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στον υαλοπίνακα.

Για διαφορετικούς υαλοπίνακες από τον υαλοπίνακα αναφοράς, οι τιμές του SHGF θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το συντελεστή σκίασης SC του υαλοπίνακα. Έτσι, το στιγμιαίο ηλιακό κέρδος μέσω του υαλοπίνακα δίνεται τελικά από τη σχέση:

$$\dot{Q}_{sol} = A \times SC \times SHGF \quad (3.6)$$

όπου A η επιφάνεια του υαλοπίνακα. Εισάγοντας τον συντελεστή ψυκτικού φορτίου CLF, υπολογίζεται τελικά το ψυκτικό φορτίο που προκύπτει στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου από το παραπάνω ηλιακό κέρδος:

$$\dot{Q}_{c,sol,t} = A \times SC \times SHGF_{max} \times CLF_t \quad (3.7)$$

όπου ο συντελεστής SHGF_{max} είναι ο μέγιστος συντελεστής ηλιακών κερδών, ο οποίος δίνεται από τον πίνακα 3.3 για μη σκιασμένους υαλοπίνακες για την εικοστή πρώτη ημέρα κάθε μήνα.

Γ.Π	ΜΗΝΑΣ	B	A/Δ	N	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ
	ΜΑΙΟ	117	694	356	836
	ΙΟΥΝΙΟ	151	681	300	842
40°	ΙΟΥΛΙΟ	120	681	344	827
	ΑΥΓΟΥΣΤΟ	110	681	470	779
	ΣΕΠΤΕΜΒΡΗ	95	640	631	678

Πίνακας 3.3: Μέγιστοι συντελεστές ηλιακών κερδών SHGF για μη σκιασμένους υαλοπίνακες σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη (W/m²).

3.2.4 ΨΥΚΤΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΠΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών φορτίων από εσωτερικά θερμικά κέρδη χρησιμοποιούνται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων CLF για τρεις διαφορετικές κατηγορίες εσωτερικών πηγών θερμότητας, δηλαδή τους ενοίκους, τα φωτιστικά σώματα και τις συσκευές.

Τα αισθητά ψυκτικά φορτία από τους ενοίκους :

$$\dot{Q}_{occ,t} = \dot{Q}_{occ} \times CLF_{occ,t} \quad (3.8)$$

ενώ για τα λανθάνοντα φορτία CLF=1.

Τα ψυκτικά φορτία από φωτιστικά σώματα:

$$\dot{Q}_{lit,t} = \dot{Q}_{lit} \times CLF_{lit,t} \quad (3.9)$$

Τα ψυκτικά φορτία από τις συσκευές:

$$\dot{Q}_{app,t} = \dot{Q}_{app} \times CLF_{app,t} \quad (3.10)$$

Τα δεξιά μέλη των παραπάνω σχέσεων αντιστοιχούν στην παραγωγή θερμικής ισχύος από τις αντίστοιχες πηγές, ενώ στα αριστερά μέλη των σχέσεων εμφανίζονται τα ψυκτικά φορτία που αποδίδονται τελικά στο χώρο. Η παραγωγή θερμικής ισχύος για συγκεκριμένες περιόδους εντός του εικοσιτετραώρου θεωρείται σταθερή και μηδενική για τις υπόλοιπες. Οι συντελεστές CLF δίνονται από τους παρακάτω πίνακες. Συγκεκριμένα:

Στον **πίνακα 3.4** παρατίθενται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων από τους ένοικους του κτιρίου σε συνάρτηση με τις ώρες παραμονής τους μέσα στο κτίριο. Στον **πίνακα 3.5** παρουσιάζονται τα αισθητά και λανθάνοντα φορτία από τους ενοίκους, σύμφωνα με το βαθμό ενεργητικότητάς τους και την εσωτερική θερμοκρασία του χώρου. Στον **πίνακα 3.6** εμφανίζονται οι συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φωτισμό, για λειτουργία 8 ωρών. Οι συντελεστές αυτοί δίνονται σε συνάρτηση με το συντελεστή α. Ο συντελεστής αυτός, μεταβάλλεται βάσει της επίπλωσης και του αερισμού του κτιρίου σύμφωνα με τον **πίνακα 3.7**, και την κατηγοριοποίηση b, η οποία αφορά τον τύπο και το πάχος του δαπέδου του κτιρίου (**πίνακας 3.8**).

Συνολικές ώρες στο χώρο	Χρόνος μετά από κάθε νέα είσοδο στο χώρο (h)																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0,5	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
8	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
10	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
14	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
16	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
18	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1	1	1	1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2

Πίνακας 3.4: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων (CLF) από ενοίκους σε συνάρτηση με τις ώρες παραμονής εντός του χώρου.

Βαθμός ενεργητικότητας ατόμων	$\theta_R = 23,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 24,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 25,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 26,5^\circ\text{C}$		$\theta_R = 27,5^\circ\text{C}$	
	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L	\dot{Q}_s	\dot{Q}_L
Καθισμένοι σε ακινήσια	70	30	65	35	60	40	56	44	51	60
Καθισμένοι σε ελαφρά εργασία	74	45	69	51	64	56	58	62	53	66
Καθισμένοι, τρώγοντας	88	80	81	87	76	93	70	99	64	105
Δουλειά γραφείου	88	63	81	70	76	76	70	81	64	87
Όρθιοι, περπατώντας αργά	105	81	96	89	89	96	83	103	76	110

Πίνακας 3.5: Αισθητά και λανθάνοντα θερμικά κέρδη σε W ενοίκων ανάλογα με τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου και το βαθμό ενεργητικότητάς τους.

0,55	A	0	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0
	B	0,1	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	0,1	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	D	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Πίνακας 3.6: Συντελεστές ψυκτικών φορτίων από φώτα για λειτουργία 8 ωρών.

a	Επίπλωση	Ανακυκλοφορία αέρα	Τύπος φωτιστικού
0,45	Βαριά, απλή επίπλωση, χωρίς χαλί	Χαμηλή, προσαγωγή και επιστροφή κάτω από την οροφή	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,55	Συνήθης επίπλωση, χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή, προσαγωγή και επιστροφή κάτω ή μέσα από την οροφή, μέσω θυρίδων	Σε εσοχή, μη αεριζόμενο
0,65	Συνήθης επίπλωση με ή χωρίς χαλί	Μέση έως υψηλή ή χρήση fan coil ή κοινό κλιματιστικό, προσαγωγή μέσω διαχυτή οροφής ή τοίχου, επιστροφή μέσω θυρίδων οροφής	Αεριζόμενο
0,75 ή μεγαλύτερο	Οποιοδήποτε είδος επίπλωσης	Αεραγωγοί μέσω οροφής	Αεριζόμενο

Πίνακας 3.7: Συντελεστές a για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

Τύπος δαπέδου	Ανακυκλοφορία αέρα χώρου			
	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Πολύ υψηλή
Ξύλινο δάπεδο πάχους 50mm (50)	B	A	A	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 75mm (200)	B	B	B	A
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 150mm (370)	C	C	C	B
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 200mm (590)	D	D	C	C
Δάπεδο από σκυρόδεμα πάχους 300mm (780)	D	D	D	D

Πίνακας 3.8: Κατηγοριοποίηση b για την επιλογή CLF για υπολογισμό ψυκτικών φορτίων από φώτα.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΦΟΡΤΙΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι υπολογισμοί των ψυκτικών φορτίων για κάθε δωμάτιο της κατοικίας που μελετάται. Αρχικά θα υπολογιστούν τα ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το εκάστοτε δωμάτιο.

ΙΣΟΓΕΙΟ

Περιγραφή : Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm

Τύπος ASHRAE : B

Μάζα : 430 kg/m²

U : 0,6 W/m²·C

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	ΤΙΜΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	A	Q
B	20:00	8	30,53	146,54
N	20:00	12	30,53	219,82
A	20:00	15	20,09	180,81
Δ	24:00	17	20,09	204,92

Πίνακας 3.9: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το ισόγειο.

ΔΩΜΑΤΙΟ ΓΟΝΕΩΝ

Περιγραφή : Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm

Τύπος ASHRAE : B

Μάζα : 430 kg/m²

U : 0,6 W/m²·C

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	ΤΙΜΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	A	Q
B	20:00	8	11,36	54,53
N	20:00	12	5,02	36,12
Δ	24:00	17	18,23	185,91

Πίνακας 3.10: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το δωμάτιο γονέων.

ΒΟΡΕΙΟ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ

Περιγραφή : Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm

Τύπος ASHRAE : B

Μάζα : 430 kg/m²

U : 0,6 W/m²·C

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	ΤΙΜΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	A	Q
B	20:00	8	12,72	61,04
A	20:00	15	6,28	56,48

Πίνακας 3.11: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το βόρειο υπνοδωμάτιο.

ΝΟΤΙΟ ΥΠΝΟΔΩΜΑΤΙΟ

Περιγραφή : Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm

Τύπος ASHRAE : B

Μάζα : 430 kg/m²

U : 0,6 W/m²·C

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	ΤΙΜΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	A	Q
N	20:00	12	12,72	91,56
A	20:00	15	7,06	63,52

Πίνακας 3.12: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το νότιο υπνοδωμάτιο.

ΛΟΥΤΡΟ

Περιγραφή : Μόνωση πάχους 50mm & μπλόκος σκυροδέματος πάχους 200mm

Τύπος ASHRAE : B

Μάζα : 430 kg/m²

U : 0,6 W/m²·C

ΠΡΟΣΑΝ.	ΩΡΑ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	ΤΙΜΗ ΜΕΓΙΣΤΟΥ CLTD	A	Q
N	20:00	12	9,26	66,67

Πίνακας 3.13: Ψυκτικά φορτία εξωτερικών τοίχων για το λουτρό.

Στη συνέχεια θα υπολογιστούν τα ψυκτικά φορτία ανοιγμάτων για το εκάστοτε δωμάτιο χρησιμοποιώντας την μέγιστη τιμή του συντελεστή ηλιακών κερδών.

ΙΣΟΓΕΙΟ

ΤΥΠΟΣ	ΠΡΟΣΑΝ.	U	A	SHGF	Max Qglaz	Max Qsol
ΠΑΡΑΘΥΡΟ	A	3,2	1	681	6,4	347,31
ΜΠΑ/ΠΟΡΤΑ	N	3,2	3,52	344	78,85	702,31
ΜΠΑ/ΠΟΡΤΑ	Δ	3,2	5,5	681	123,2	2097,48

Πίνακας 3.14: Ψυκτικά φορτία ανοιγμάτων για το ισόγειο.

ΟΡΟΦΟΣ

ΤΥΠΟΣ	ΠΡΟΣΑΝ.	U	A	SHGF	Max Qglaz	Max Qsol
ΠΑΡΑΘΥΡΟ ΛΟΥΤΡΟ	N	3,2	0,6	344	13,44	119,71
ΜΠΑ/ΠΟΡΤΑ Δ.Γ	Δ	3,2	3,96	681	88,7	1510,19
ΜΠΑ/ΠΟΡΤΑ B.Y	A	3,2	2,2	681	14,08	764,08
ΜΠΑ/ΠΟΡΤΑ N.Y	A	3,2	2,2	681	14,08	764,08

Πίνακας 3.15: Ψυκτικά φορτία ανοιγμάτων για τον όροφο.

ΨΥΚΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΟΡΟΦΗΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΥΠΟΣ ASHRAE	MAZA	U	A	MAX CLTD	Q _{max}
Βαρύ σκυρόδεμα πάχους 150mm με μόνωση πάχους 50 mm (χωρίς ψευδοροφή)	12	370 kg/m ²	0,66	52,89	25	872,69 W

Πίνακας 3.16: Ψυκτικό φορτίο οροφής.

Ισόγειο	3.899,18 W
Υπνοδωμάτιο γονέων	1.786,83 W
Νότιο υπνοδωμάτιο	919,6 W
Βόρειο υπνοδωμάτιο	881,6 W
Λουτρό	186,38 W
Συνολικά ψυκτικά φορτία σπιτιού	8.545,86 W

Πίνακας 3.17: Συνολικά ψυκτικά φορτία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΨΥΞΗΣ

ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ

4.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

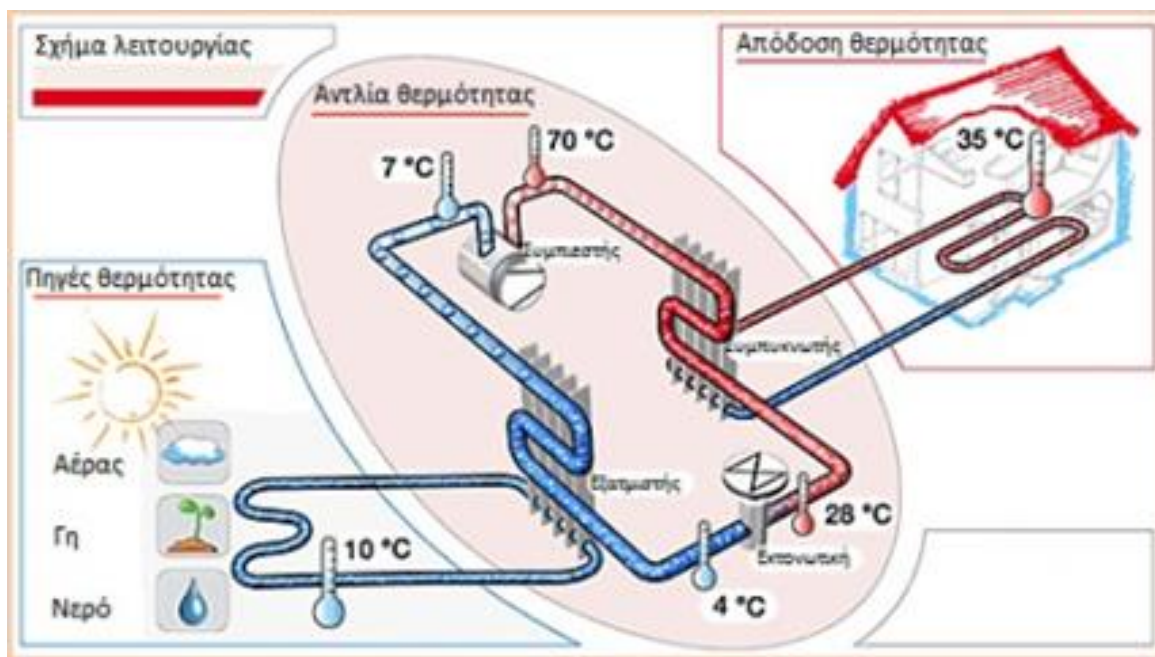
Βασικός σκοπός ενός συστήματος θέρμανσης είναι η προσθήκη θερμικών φορτίων προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία ενός χώρου σε επίπεδα άνεσης και ευεξίας για τον άνθρωπο. Οι δύο κύριες μορφές θέρμανσης είναι : η τοπική θέρμανση, η οποία παράγει και αποδίδει την θερμότητα σε ένα σημείο μέσα στον χώρο και η κεντρική θέρμανση στην οποία παράγεται θερμότητα σε διαφορετικό σημείο και μεταφέρεται διαμέσου των θερμαντικών σωμάτων μέσα στον χώρο. Τα μέσα που μεταφέρουν τη θερμότητα έχουν ιδιαίτερα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά και είναι κυρίως το νερό, ο αέρας και ο ατμός. Στην παρούσα διπλωματική εργασία τα συστήματα θέρμανσης που θα μελετηθούν είναι η αντλία θερμότητας, ο λέβητας πετρελαίου και ο λέβητας υγραερίου.

4.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η αντλία θερμότητας είναι ένα μηχάνημα που μας επιτρέπει να μεταφέρουμε ενέργεια από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας (εξωτερικό περιβάλλον το χειμώνα ή ψυχόμενος χώρος το καλοκαίρι), σε έναν χώρο υψηλότερης. Η ροή που «επιβάλλουν» είναι αντίθετη προς την φυσική ροή θερμότητας, με αποτέλεσμα να απαιτούν ένα μικρό ποσό ενέργειας για να συντηρήσουν την λειτουργία τους.

4.2.1 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Όπως όλα τα ψυκτικά μηχανήματα, έτσι και οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με βάση τις ίδιες αρχές που ακολουθούνται στα ψυγεία, στους καταψύκτες, στα κλιματιστικά μηχανήματα κ.λ.π. Η λειτουργία τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, που είναι ένας συνεχής κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού (εργαζόμενο μέσο) όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 4.1: Αρχή λειτουργίας των αντλιών θερμότητας (<https://engineeringissues.wordpress.com>)

Το ψυκτικό μέσο που ρέει μέσα στις σωλήνες, είναι υγρό υπό μεγάλη πίεση και θερμοκρασία. Η θερμότητα, που αποδόθηκε από το συμπιεστή κατά τη διάρκεια της συμπίεσης, αποβάλλεται στον συμπυκνωτή. Στη συνέχεια, η πίεση του ψυκτικού μέσου μειώνεται στην βαλβίδα εκτόνωσης, και εξατμίζεται στον εξατμιστή, όπου λαμβάνει θερμότητα. Έπειτα το ψυκτικό μέσο, χαμηλής θερμοκρασίας, το οποίο βρίσκεται σε αέρια ακόμη μορφή, συμπιέζεται, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

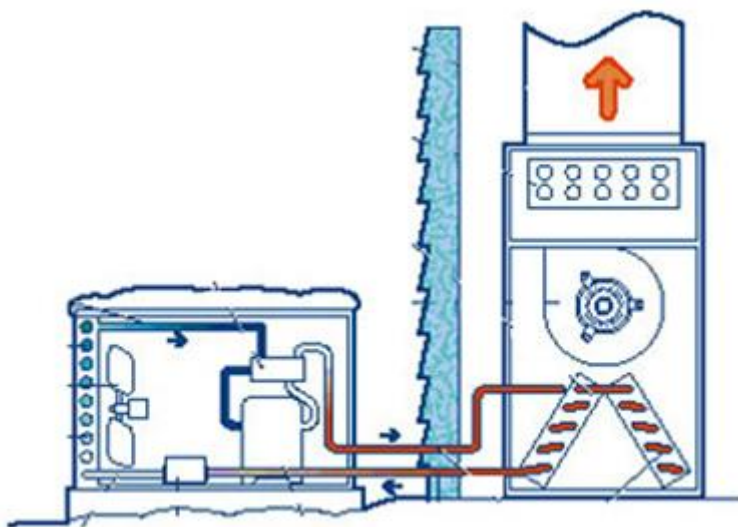
Μεγίστης σημασίας θεωρείται πως σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα μέσω της συμπύκνωσης, ενώ προσλαμβάνεται θερμότητα μέσω της εξάτμισης. Συνεπώς, με τον ψυκτικό κύκλο δύναται να μεταφερθεί θερμότητα (ενέργεια) ανάμεσα σε δύο σημεία. Έτσι, οι υπό λειτουργία συσκευές βάσει του ψυκτικού κύκλου, ονομάστηκαν αντλίες θερμότητας.

4.2.2 ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Οι αντλίες θερμότητας χωρίζονται, σύμφωνα με το ρευστό στο οποίο αποβάλλει ή από το οποίο προσλαμβάνει την ενέργεια η αντλία θερμότητας στον συμπυκνωτή και στον εξατμιστή, στις εξής κατηγορίες:

- **Αντλίες θερμότητας αέρος / αέρος**

Πρόκειται για αντλίες που διαθέτουν στον συμπυκνωτή αλλά και στον εξατμιστή εναλλάκτη θερμότητας αέρα / ψυκτικού. Είναι ευρέως γνωστά ως κλιματιστικά μηχανήματα διαιρούμενου τύπου (split type). Συγκεκριμένα, στον διαιρούμενο τύπο το ένα στοιχείο (εναλλάκτης εξατμιστή) βρίσκεται μέσα στην κατοικία και προσλαμβάνει ενέργεια, ψύχοντας το χώρο και το άλλο στοιχείο (εναλλάκτης συμπυκνωτή) αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον.

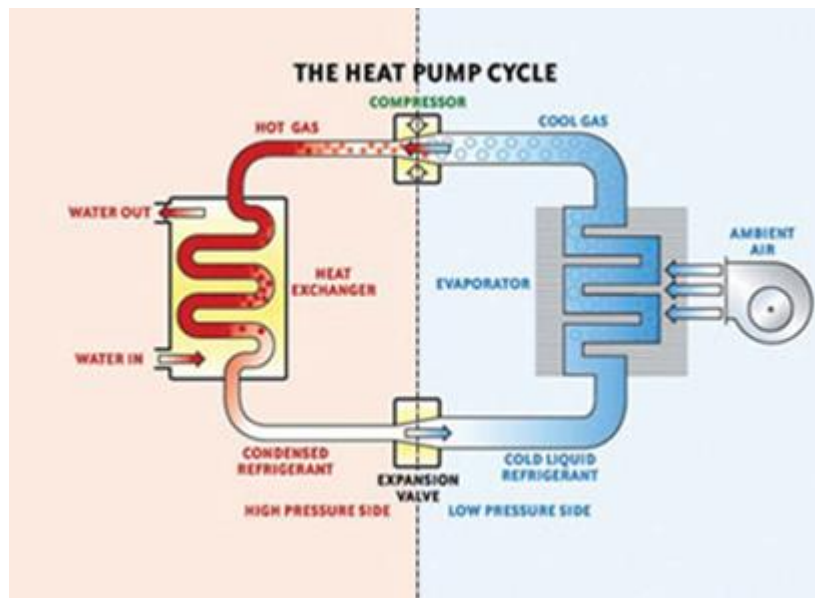


Εικόνα 4.2: Αντλία θερμότητας αέρος/αέρος

(<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>)

- **Αντλίες θερμότητας αέρος / νερού.**

Πρόκειται για αντλίες που διαθέτουν στην μια πλευρά (εξατμιστή) αντί για στοιχείο εναλλάκτη ψυκτικού μέσου / νερού αφαιρώντας θερμότητα, ψύχοντας δηλαδή νερό αντί για αέρα. Με τη χρήση των αντλιών αυτών, παρέχεται η δυνατότητα άντλησης θερμότητας και αποβολής της στο περιβάλλον.

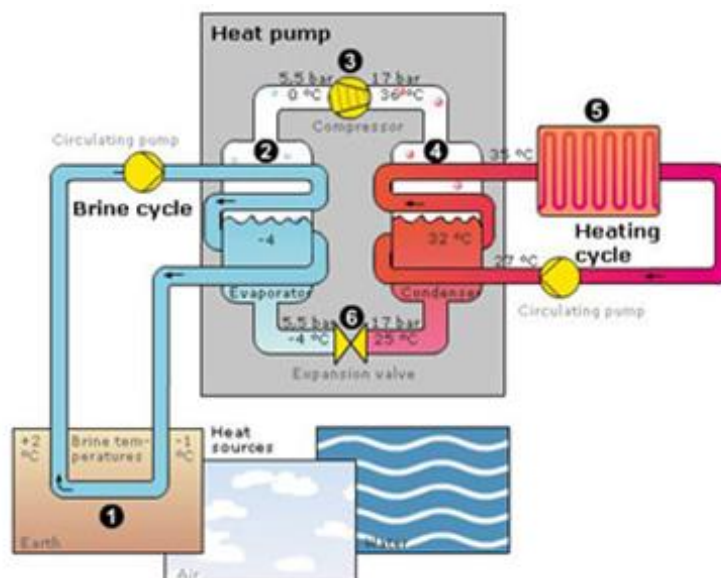


Εικόνα 4.3: Αντλία θερμότητας αέρος/νερού

(<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>)

- **Αντλίες θερμότητας νερού / νερού.**

Σε αυτό το είδος αντλιών υπάρχουν δύο εναλλάκτες νερού και το ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από τη μια μάζα νερού στην άλλη. Παραδείγματα τέτοιων αντλιών είναι οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας με πύργο ψύξης και οι αντλίες νερού/νερού που βασίζονται στη γεωθερμία.



Εικόνα 4.4: Γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού/νερού

(<https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antliathermotitas>)

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σύμφωνα με τη θέση των διαφόρων στοιχείων τους σε:

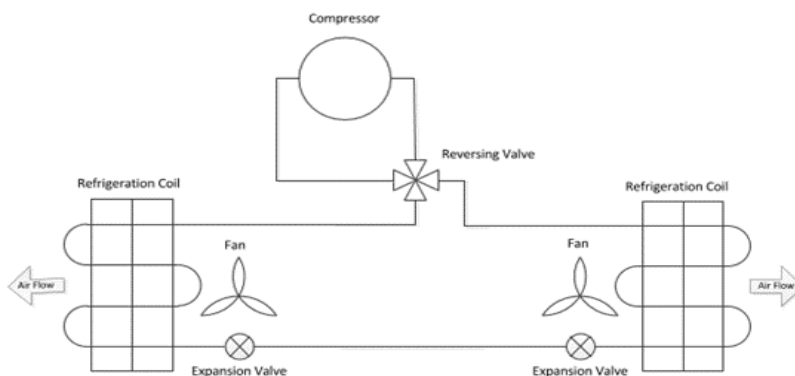
- Ενιαίες ή αυτόνομες (Monoblock), με την τοποθέτηση όλων των μηχανισμών στο ίδιο κέλυφος.
- Διαιρούμενες ή διμερούς τύπου (Split units), όπου ο ατμοποιητής (ή ο συμπυκνωτής) είναι ανεξάρτητος του υπολοίπου συστήματος.

Ενώ σύμφωνα με το είδος της κινητήριας μηχανής χωρίζονται σε:

- Αντλίες με ηλεκτροκίνητους συμπιεστές.
- Αντλίες με συμπιεστές κινούμενους από μηχανές εσωτερικής καύσης (πετρέλαιο, ατμός, αέριο κλπ).
- Αντλίες με συμπιεστές απορρόφησης και προσρόφησης (θερμική ενέργεια χαμηλής και μέσης θερμοκρασίας).

4.2.3 ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΚΥΚΛΟΥ

Σήμερα, οι αντλίες θερμότητας δύνανται να αναστρέφουν τον κύκλο τους, δηλαδή η μεταφορά θερμότητας να πραγματοποιείται προς την αντίθετη φορά. Αυτό επιτυγχάνεται προσθέτοντας μια δεύτερη βαλβίδα εκτόνωσης, που χρησιμοποιείται ως στένωση σε ενδεχόμενη ανάποδη ροή και μια τετράοδη βάνα Έτσι, η ίδια αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί το χειμώνα για τη μεταφορά θερμότητας από έξω στο σπίτι, και το καλοκαίρι για τη μεταφορά θερμότητας από το σπίτι έξω. Ουσιαστικά όταν κάποιος επιλέξει λειτουργία στο κλιματιστικό, χειρίζεται την τετράοδη βάνα αναστρέφοντας την ροή του ψυκτικού.



Εικόνα 4.5: Αναστροφή κύκλου αντλιών θερμότητας

(<http://www.monachos.gr/forum/content.php/300-andlies-thermotitas-genika>)

4.2.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Στην πραγματικότητα, οι αντλίες θερμότητας είναι σύνθετα μηχανήματα και περιέχουν παραπάνω εξαρτήματα. Τέτοια εξαρτήματα είναι οι ηλεκτρονικές πλακέτες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση της λειτουργίας του εκάστοτε τμήματος της συσκευής. Επιπλέον, διαθέτουν αισθητήρες με σκοπό τη μέτρηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της πίεσης του ψυκτικού μέσου πριν και μετά τον συμπιεστή. Ακόμα, για την εξακρίβωση της ορθής ηλεκτρικής παροχής, οι αντλίες θερμότητας διαθέτουν επιτηρητές φάσεων. Εξαρτήματα αυτοματισμού, χειριστήρια, οθόνες ενδείξεων κ.λ.π. χρησιμοποιούνται επίσης σε εξελιγμένα μηχανήματα ώστε να ρυθμίζουν τις στροφές των ανεμιστήρων των στοιχείων. Τέλος, οι βέλτιστες ρυθμίσεις όλων των παραπάνω εξαρτημάτων επιτυγχάνονται μέσω ενσωματωμένης ηλεκτρονικής λογικής στις αντλίες θερμότητας.

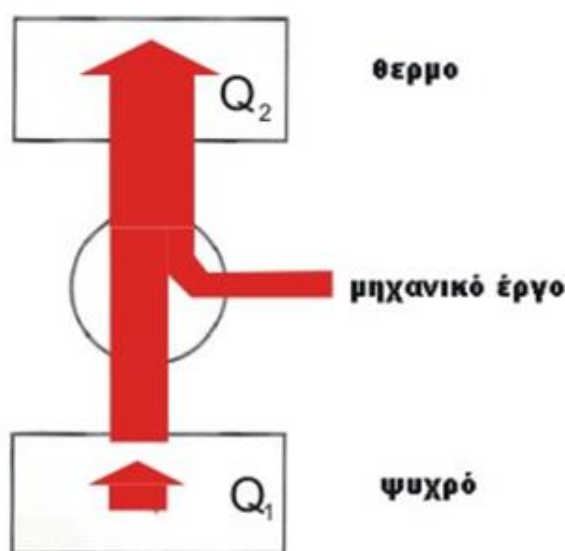
Τα συστατικά μέρη μιας σύγχρονης αντλίας θερμότητας αέρος με αναστροφή κύκλου είναι (<http://www.monachos.gr>):

1. Ο συμπιεστής (κομπρεσέρ) που συμπιέζει το αέριο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία.
2. Ο συμπυκνωτής όπου συμπυκνώνεται το συμπιεσμένο αέριο και υγροποιείται αποβάλλοντας θερμότητα.
3. Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή που κινεί τον αέρα του περιβάλλοντος στο στοιχείο του συμπυκνωτή για να αποβάλλει το ψυκτικό την ενέργεια του (κατάσταση ψύξης)
4. Η βαλβίδα εκτόνωσης στην οποία το υγρό ψυκτικό μέσο εκτονώνεται και μετατρέπεται σε αέριο με παράλληλη μείωση της θερμοκρασίας του.
5. Ο εξατμιστής όπου ψύχεται το νερό.
6. Αν η αντλία είναι αέρα / αέρα, τότε ο εξατμιστής είναι τύπου στοιχείου και υπάρχει ανεμιστήρας που κινεί τον αέρα του χώρου γύρω από τον εξατμιστή για να τον ψύξει.
7. Στην περίπτωση αντλίας θερμότητας αέρα/αέρα, αντί για ανεμιστήρα, η αντλία διαθέτει έναν κυκλοφορητή (ή αντλία inline σε μεγαλύτερα μεγέθη αντλιών) που κινεί το νερό, ψύχοντας το στον εναλλάκτη από το εξατμιζόμενο ψυκτικό μέσο.
8. Η τετράοδη βάνα για την αναστροφή του κύκλου.
9. Τα αισθητήρια θερμοκρασίας και πίεσης στο συμπιεστή και τον εξατμιστήρα.

10. Η πλακέτα που επιβλέπει, με τη βοήθεια των αισθητηρίων, τη συνολική λειτουργία της αντλίας θερμότητας και άρα την προστατεύει από φθορές και καταστροφή, εκτελώντας τις απαιτούμενες ρυθμίσεις στην τετράοδη βάνα, τις εκτονωτικές βαλβίδες και τους ανεμιστήρες για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.
11. Το κέλυφος της αντλίας με τη βάση στήριξης.
12. Το χειριστήριο.

4.2.5 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η αποδοτικότητα των αντλιών θερμότητας χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή συμπεριφοράς (επίδοσης) COP (Coefficient of Performance).



Εικόνα 4.6: Ροή ενέργειας αντλίας (<http://www.monachos.gr/forum/content.php/300-andlies-thermotitas-genika>)

Στην παραπάνω σχήμα, απεικονίζεται η ροή ενέργειας μίας αντλίας θερμότητας όταν αυτή λειτουργεί για θέρμανση. Η αντλία αντλεί από το ψυχρό περιβάλλον μια ποσότητα θερμότητας Q_1 , προσθέτει μηχανικό έργο (W) στο συμπιεστή, και αποδίδει ποσό ενέργειας Q_2 στον ψυχρό χώρο. Στην κατάσταση θέρμανσης, το ζητούμενο ποσό ενέργειας είναι το Q_2 , ενώ στην κατάσταση ψύξης, είναι το Q_1 . Το ισοζύγιο ενέργειας του παραπάνω σχήματος, απαιτεί:

$$Q_2 = Q_1 + W \quad (4.1)$$

Ο συντελεστής επίδοσης COP μιας αντλίας θερμότητας σε κατάσταση θέρμανσης, ισούται με:

$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1} \quad (4.2)$$

και για ιδανικές συνθήκες ισχύει η εξίσωση:

$$COP = \frac{T_\theta}{T_\theta - T_\psi} \quad (4.3)$$

όπου:

T_θ : είναι η θερμοκρασία του θερμού χώρου

T_ψ : είναι η θερμοκρασία του ψυχρού χώρου

Από την εξίσωση 4.3 προκύπτει το συμπέρασμα ότι για την ίδια θερμοκρασιακή διαφορά $T_\theta - T_\psi$ ο COP βελτιώνεται όσο υψηλότερης στάθμης είναι η θερμοκρασία T_θ . Ο συντελεστής COP είναι αντιστρόφως ανάλογος της διαφοράς θερμοκρασίας ($T_\theta - T_\psi$) μεταξύ του κλιματιζόμενου και του εξωτερικού χώρου. Συμπερασματικά, επειδή στην Ελλάδα επικρατούν ήπιες κλιματολογικές συνθήκες, οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με υψηλούς βαθμούς απόδοσης.

Επιστρέφοντας στην εξίσωση ορισμού του συντελεστή COP

$$COP = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1}$$

προκύπτει ότι ο συντελεστής απόδοσης ισούται με το έργο που μεταφέρθηκε στον χώρο, δια το έργο που καταναλώθηκε στον συμπιεστή.

Συνεπώς, συντελεστής COP = 4 μιας αντλίας θερμότητας σημαίνει ότι μεταφέρονται 4 kW ενέργειας καταναλώνοντας 1 kW ηλεκτρισμού, ή διαφορετικά, η ενέργεια που μεταφέρεται κοστίζει 25%. Ο συντελεστής COP εξαρτάται από τις θερμοκρασίες ψυχρού και θερμού χώρου και δε μεταβάλλεται. Οι συντελεστές που αναγράφονται στα φυλλάδια των κατασκευαστών, είναι μετρημένοι υπό συγκεκριμένες θερμοκρασίες, τυποποιημένες σύμφωνα με το πρότυπο Eurovent.

Για τη θέρμανση ισχύει ότι:

- Θερμοκρασία θερμού = 20°C και
- Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 7°C / 6°C WB

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η συγκεκριμένη αντλία, θα έχει τον συντελεστή COP που αναφέρει ο κατασκευαστής, όταν η θερμοκρασία χώρου είναι 20°C και η θερμοκρασία περιβάλλοντος 7°C. Σε οποιοσδήποτε άλλες συνθήκες, ο παράγοντας COP είναι διαφορετικός, και αυτό είναι το σημαντικότερο που πρέπει να κοιτάζει κανείς, διότι προτιμάται μια αντλία με χαμηλότερο COP που παραμένει όμως σταθερό από μια αντλία με πιο υψηλό COP που μειώνεται σημαντικά αν οι συνθήκες μεταβληθούν.

Για την θερινή λειτουργία της ψύξης, χρησιμοποιείται ο λόγος ενεργειακής απόδοσης EER (Energy Efficiency Ratio), που ορίζεται ως:

$EER = \text{Ψυκτική ισχύς εξατμιστή (btu/h)} / \text{Ηλεκτρική ισχύς συμπιεστή (W)},$

$$\text{ή } \mathbf{EER = Q1/W} \text{ (4.4)}$$

Ο συντελεστής EER, ο οποίος εξαρτάται και αυτός από τις θερμοκρασίες, μετράται επίσης σε τυποποιημένες συνθήκες Eurovent,

- Θερμοκρασία θερμού = 27°C και
- Θερμοκρασία εισόδου εξωτερικού αέρα 35°C / 6°C WB

Επιπλέον, στην ψύξη χρησιμοποιείται και ένας ακόμη δείκτης απόδοσης, ο εποχιακός βαθμός απόδοσης, (SEER) που ορίζεται σαν κλάσμα της ενέργειας που μεταφέρθηκε στην καλοκαιρινή περίοδο δια της ενέργειας που δαπανήθηκε στον συμπιεστή για την ίδια περίοδο.

(<http://www.monachos.gr>)

4.3 ΛΕΒΗΤΕΣ

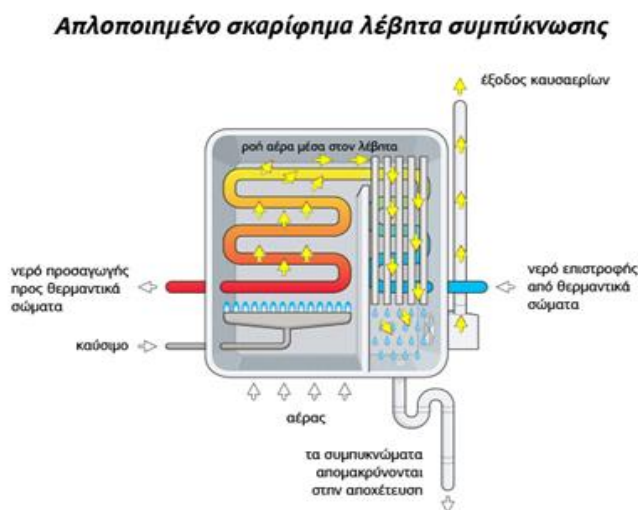
Ο λέβητας είναι μια κατασκευή στην οποία γίνεται η μετάδοση της θερμότητας που εκλύεται απο την καύση του καυσίμου, σε ένα ρευστό το οποίο είναι το νερό, ο αέρας, ο ατμός ή το λάδι. Όλοι σχεδόν οι λέβητες έχουν μία τυπική δομή και αποτελούνται από :

- Το θάλαμο καύσης, όπου γίνεται η καύση του καυσίμου
- Τους φλογαυλούς, οι οποίοι δημιουργούν την διαδρομή των καυσαερίων
- Το θάλαμο του εργαζόμενου μέσου (υδροθάλαμος, ατμοθάλαμος κλπ.)
- Τον καπνοθάλαμο όπου συγκεντρώνονται τα καυσαέρια.

Για να επιτευχθεί η σωστή λειτουργία ενός κοινού λέβητα πρέπει η θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων να κυμαίνεται στους 180~200°C. Όμως, αυτό συνεπάγεται μεγάλη σπατάλη ενέργειας. Στους κοινούς λέβητες η ρύθμιση της θερμοκρασίας των καυσαερίων σε χαμηλότερη τιμή είναι αδύνατη, γιατί η μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, οδηγεί στην υγροποίηση τους. Τα υγροποιημένα καυσαέρια, που είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά και επιθετικά προς τον χάλυβα, εμποδίζουν την σωστή ρύθμιση της καύσης και καταστρέφουν τους κοινούς λέβητες σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα όταν εισχωρήσουν στο εσωτερικό τους. Με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των λέβητων, οι κατασκευαστικές εταιρίες ανέπτυξαν λέβητες κατασκευασμένους από υλικά ανθεκτικά στην διάβρωση από τα συμπυκνώματα των καυσαερίων.

4.3.1 ΛΕΒΗΤΕΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Οι λέβητες συμπύκνωσης εκμεταλλεύονται την αποθηκευμένη ενέργεια στα ζεστά καυσαέρια προτού αυτά αποβληθούν στο περιβάλλον σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να καταστραφούν. Το γεγονός αυτό, επιτυγχάνεται τοποθετώντας έναν εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων - νερού στην έξοδο του λέβητα. Αρχικά, πραγματοποιείται ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του νερού που επιστρέφει από τα σώματα και των ζεστών καυσαερίων, ενώ στη συνέχεια τα καυσαέρια κρυνώνουν πρότου βγουν από τον λέβητα. Οι υγροποιήσεις των καυσαερίων συλλέγονται σε μια ανοξείδωτη λεκάνη συλλογής και οδηγούνται στην αποχέτευση χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να διαβρωθεί ο λέβητας.



Εικόνα 4.7: Απλοποιημένο σκαρίφημα λέβητα συμπύκνωσης.

(<https://www.aenaos-sa.gr/levites-sympiknosis-kaysaerion>)

Εξαιρετική οικονομία επιτυγχάνεται με τον παραπάνω τρόπο, αφού παρατηρείται πτώση της ενέργειας των καυσαερίων σε τέτοιο βαθμό που το καυσαέριο να εξέρχεται από τον λέβητα σε θερμοκρασίες μόλις 10°C μεγαλύτερες από την θερμοκρασία του νερού στον λέβητα.

4.3.2 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΛΕΒΗΤΑ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Η ικανότητα του λέβητα να εκμεταλλεύεται την ενέργεια καύσης, ονομάζεται βαθμός απόδοσης. Για παράδειγμα, όταν ένας λέβητας επιτυγχάνει βαθμό απόδοσης 94%, σημαίνει ότι προκύπτουν απώλειες της τάξης του 6%, θεωρώντας ότι τα καυσαέρια εκλύονται προς το περιβάλλον σε θερμοκρασίες, στις οποίες δεν επέρχεται συμπύκνωση. Όταν τα καυσαέρια συμπυκνώνονται, απελευθερώνουν υψηλά ποσά ενέργειας τα οποία αποθηκεύονται στο καυσαέριο (λανθάνουσα ενέργεια). Οι λέβητες συμπύκνωσης προσφέρουν την λανθάνουσα ενέργεια, η οποία όταν προστεθεί στην ενέργεια καύσης σε συνδυασμό με την ποιότητα κατασκευής τους και του εξελιγμένου συστήματος ελέγχου που διαθέτουν, επιτυγχάνουν βαθμούς απόδοσης άνω του 100% .

4.3.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΛΕΒΗΤΩΝ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ

Οι λέβητες συμπύκνωσης χρησιμοποιούν εξελιγμένα συστήματα ελέγχου (αισθητήρα λάμδα, ανεμιστήρες αέρα μεταβλητών στροφών κλπ.), τα οποία εξασφαλίζουν ότι η καύση πραγματοποιείται στις ιδανικές συνθήκες και ότι τα προϊόντα της είναι μόνο νερό και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ενώ όλες οι υπόλοιπες βλαβερές ενώσεις παράγονται σε πολύ χαμηλά ποσοστά, γεγονός που τους καθιστά ιδιαίτερα φιλικούς προς το περιβάλλον. Πέραν αυτού, οι λέβητες συμπύκνωσης εμφανίζουν και άλλα πλεονεκτήματα:

- Προσαρμόζουν την θερμοκρασία των σωμάτων ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία λόγω της ενσωματωμένης λειτουργίας αντιστάθμισης παρέχοντας έτσι τις καλύτερες συνθήκες άνεσης.
- Είναι πολύ οικονομικοί (της τάξης του 20% ~ 35% χαμηλότερα).
- Η υψηλή ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν τους δίνει μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Απαιτούν αρκετά λιγότερη συντήρηση λόγω της καθαρής καύσης.

- Αθόρυβη λειτουργία.
- Απομακρυσμένος έλεγχος και ενσωματωμένος προγραμματισμός είναι κάποιες από τις επιπλέον λειτουργίας οι οποίες παρέχονται από τα συστήματα ελέγχου των λεβήτων συμπύκνωσης.

4.4 ΕΝΝΟΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

Σύστημα κλιματισμού ορίζεται ως μια συσκευή, (σύστημα ή μηχανισμός) που σταθεροποιηθεί τη θερμοκρασία του αέρα και την υγρασία εντός της περιοχής που χρησιμοποιείται, τόσο για την ψύξη, όσο και για τη θέρμανση ανάλογα με τις ιδιότητες του αέρα σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Συνήθως πραγματοποιείται με τη χρήση του κύκλου ψύξης και σπανιότερα με τη χρήση της εξάτμισης. Κλιματισμός ουσιαστικά σημαίνει καλές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, για μία άνετη διαβίωση. Γενικότερα, κλιματισμός χαρακτηρίζεται η ψύξη του χώρου που επιτυγχάνεται με ποικίλα μηχανήματα, αφού τα ίδια χρησιμοποιούνται και για την θέρμανση.

4.4.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

Οι βασικές λειτουργίες που εκτελούνται από ένα σύστημα κλιματισμού είναι (<https://el.wikipedia.org>):

- **Θέρμανση:** κατά τη διεργασία αυτή προστίθεται θερμική ενέργεια στον αέρα του χώρου που κλιματίζεται. Επομένως, η θερμοκρασία αυξάνεται ή διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα.
- **Ψύξη:** κατά τη διεργασία αυτή αφαιρείται θερμική ενέργεια από τον αέρα του χώρου που κλιματίζεται. Έτσι, η θερμοκρασία μειώνεται ή διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα.
- **Ύγρανση:** κατά τη διεργασία αυτή προστίθεται υγρασία στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου και άρα η σχετική υγρασία αυξάνεται ή διατηρείται σε συγκεκριμένα επίπεδα.
- **Αφύγρανση:** κατά τη διεργασία αυτή αφαιρείται υγρασία από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα επίπεδα.
- **Ανανέωση του αέρα:** κατά τη διεργασία αυτή λαμβάνεται εξωτερικός αέρας και απορρίπτεται αέρας από τους χώρους του κτιρίου, προκειμένου να αραιωθούν τα αέρια

προσμίξεων του αέρα και να εξασφαλιστεί η απαραίτητη ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

- **Καθαρισμός του αέρα:** κατά την διεργασία αυτή αφαιρούνται οι σωματιδιακές και βιολογικές προσμίξεις του αέρα. Συνεπώς, βελτιώνεται και διατηρείται η ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

4.4.2 ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



Εικόνα 4.8: Λειτουργία Κλιματιστικού (<http://airconditioninverter.gr>)

Τα κλιματιστικά ουσιαστικά είναι αντλίες θερμότητας αέρος – αέρος και λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο (αέριο κύκλο) κατά τον οποίο το ψυκτικό μέσο (φρέον) συμπιέζεται στον συμπιεστή (εξωτερικό μηχανήμα) συμπυκνώνεται και υγροποιείται. Έπειτα, εκτονώνεται στην βαλβίδα εκτόνωσης και αεριοποιείται και πάλι στον εξατμιστή (εσωτερικό μηχανήμα).

Πιο αναλυτικά κατά την ψύξη, ο αεροκομπρέσσορας συμπιέζει (σημείο Β του διαγράμματος) το ψυκτικό μέσο (Freon) με αποτέλεσμα το αέριο αυτό να γίνεται καυτό και να έχει υψηλή πίεση. Αυτό το καυτό αέριο περνάει μέσα από ένα σετ σωλήνων και ψύχεται από τον εξωτερικό ανεμιστήρα (όσο ζεστός και αν είναι ο εξωτερικός αέρας, είναι πάντα πολύ πιο κρύος από την θερμοκρασία του καυτού αερίου). Έτσι, κατά τη διαδρομή μέσα από τους σωλήνες μετατρέπεται σταδιακά σε υγρό. Στο τέλος όμως αυτής της διαδρομής, το υγρό αυτό καταλήγει και περνάει από μία βαλβίδα εκτόνωσης, όπου εκεί αυτό εξατμίζεται και γίνεται κρύο (μετατρέπεται ουσιαστικά ξανά σε παγωμένο αέριο με χαμηλή πίεση) και κυκλοφορεί

μέσα στους σωλήνες που βρίσκονται μετά την εκτονωτική βαλβίδα. Εκεί ένας ανεμιστήρας φυσάει τους σωλήνες που έχουν παγώσει από το αέριο, με αποτέλεσμα να παράγεται κρύος αέρας μέσα στον χώρο. Αυτό το αέριο κάνει συνέχεια τον κύκλο του, με αποτέλεσμα οι σωλήνες να είναι συνέχεια παγωμένοι και να βγάζει το κλιματιστικό συνεχόμενα κρύο αέρα.

Ανάλογα με την λειτουργία των στροφών του συμπιεστή τα κλιματιστικά ταξινομούνται σε:

- **On/Off** : λειτουργούν σε σταθερές στροφές (και ισχύ). Ξεκινούν όταν η θερμοκρασία φτάσει λίγο πάνω από την επιθυμητή και σταματούν όταν η θερμοκρασία κατέβει λίγο κάτω από την επιθυμητή. Αποτέλεσμα αυτού, η θερμοκρασία του χώρου να μην μένει σταθερή και έτσι να υπάρχει μια διακύμανση πάνω και κάτω του επιθυμητού ορίου
- **Inverter** : λειτουργούν μεταβάλλοντας τις στροφές του συμπιεστή προσαρμόζοντας την ισχύ τους κάθε στιγμή στις ανάγκες του χώρου. Δηλαδή, για να επιτευχθεί μείωση της θερμοκρασίας αυξάνονται οι στροφές και έπειτα χαμηλώνονται. Στη συνέχεια υπάρχει μια αυξομείωση των στροφών κάθε στιγμή προκειμένου η θερμοκρασία του χώρου να παραμένει σχεδόν σταθερή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΟΣΤΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα υπολογιστούν τα ετήσια κόστη των τριών συνδυασμών μηχανολογικού εξοπλισμού για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της κατοικίας. Για τον υπολογισμό των καταναλώσεων θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των βαθμομερών θέρμανσης και των βαθμοωρών ψύξης. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι βαθμομέρες θέρμανσης με θερμοκρασία αναφοράς τους 18°C και στον πίνακα 5.2 οι βαθμοώρες ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 26°C για την περιοχή των Χανίων.

ΠΕΡΙΟΧΗ/ΜΗΝΑΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ
ΧΑΝΙΑ	198	174	149	51	57	152

Πίνακας 5.1: Βαθμομέρες Θέρμανσης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010).

ΠΕΡΙΟΧΗ/ΜΗΝΑΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
ΧΑΝΙΑ	497	1276	1051	157

Πίνακας 5.2: Βαθμοώρες Ψύξης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2010).

5.2 ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ FAN COIL

Ο πρώτος μηχανολογικός εξοπλισμός που θα μελετηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, τόσο για την θέρμανση όσο και για την ψύξη της κατοικίας θα είναι οι αντλίες θερμότητας με Fan Coil και συγκεκριμένα η αντλία HMI 120 του οίκου AERMEC με τα εξής χαρακτηριστικά:

			HMI040	HMI060	HMI080	HMI100	HMI120
			220-240V ~ 50Hz				
12°/7°C	Ψυκτική απόδοση	(1) kW	3,00	4,00	5,00	7,80	9,50
	Ολική απορροφ. ισχύς	(1) kW	0,94	1,29	1,61	2,48	3,20
	EER	(1)	3,19	3,10	3,11	3,15	2,97
	Παροχή νερού	l/h	516	672	860	1320	1650
	Διαθέσιμη στατική πίεση	kPa	75	74	74	71	65
40°/45°C	Θερμαντική απόδοση	(2) kW	4,00	6,00	7,50	10,00	12,00
	Ολική απορροφ. ισχύς	(2) kW	1,00	1,58	2,00	2,70	3,48
	COP	(2)	4,00	3,80	3,75	3,70	3,45
	Παροχή νερού	l/h	690	977	1240	1700	2050
	Διαθέσιμη στατική πίεση	kPa	74	73	72	63	52

Εικόνα 5.1: Χαρακτηριστικά αντλίας HMI 120 (<https://www.calda.gr/aermec-hmi-antlia-thermotitas-inverter.html>).

- Για την θέρμανση πραγματοποιήθηκαν οι εξής υπολογισμοί:

$$\begin{aligned} KWh/year &= \text{Μέγιστες απώλειες} \times \text{Βαθμοημέρες} = 5 \text{ KW} \times 781 \\ &= 3905 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει διαιρώντας τις παραπάνω κιλοβατώρες με τον συντελεστή εποχιακής απόδοσης (SCOP):

$$3905 \text{ KWh} / 3,54 = 1.103,11 \text{ KWh} \quad \text{ηλεκτρικού ρεύματος}$$

Πολλαπλασιάζοντας με την τιμή της κιλοβατώρας προκύπτει το ετήσιο κόστος λειτουργίας για την θέρμανση:

$$1.103,11 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 220,62 \text{ €}$$

- Για την ψύξη πραγματοποιήθηκαν οι εξής υπολογισμοί:

$$\begin{aligned} KWh/year &= \text{Μέγιστες απώλειες} \times \text{Βαθμοώρες} = 9 \text{ KW} \times 2981 \\ &= 26.829 \text{ KWh} \end{aligned}$$

Αντίστοιχα, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει με τον ίδιο τρόπο, με μόνη διαφορά την διαίρεση των κιλοβατώραν με τον βαθμό εποχιακής ενεργειακής απόδοσης (SEER):

$$26.829 \text{ KWh} / 4,3 = 6.239,3 \text{ KWh} \quad \text{ηλεκτρικού ρεύματος}$$

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας για την ψύξη:

$$6.239,3 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 1.247,86 \text{ €}$$

Για την επιτυχή ψύξη θα χρειαστεί η αγορά Fan Coil του οίκου AERMEC. Πιο αναλυτικά, για το ισόγειο θα χρειαστούν 2 x FCZ300 ACT με κόστος 720 €, για το υπνοδωμάτιο γονέων 1 x FCZ300 ACT με κόστος 360€ και 1 x FCZ150 ACT για το κάθε υπνοδωμάτιο με κόστος 309€.

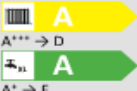
Το συνολικό ετήσιο κόστος που πρέπει να δαπανηθεί για την λειτουργία, αγορά και συντήρηση της αντλίας θερμότητας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(€)	1.468,48
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ(€)	5.698
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ(€)	140
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(€)	7.306,48

Πίνακας 5.3: Συνολικά ετήσια κόστη της αντλίας θερμότητας και των Fan Coil.

5.3 ΛΕΒΗΤΑΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ο δεύτερος μηχανολογικός εξοπλισμός θα είναι ο λέβητας συμπύκνωσης υγραερίου για τη θέρμανση και κλιματιστικές μονάδες για τη ψύξη. Ο λέβητας συμπύκνωσης υγραερίου που επιλέχθηκε είναι ο CONDENS 2300W του οίκου BOSCH με τα εξής χαρακτηριστικά:

Condens 2300 W	GC2300iW 24/30 C 23
	 A+++ → D A+ → F > Δελτίο προϊόντος
Ελαχ. θερμική ισχύς (50/30°C) [kW]	3,4
Μεγ. θερμική ισχύς (50/30°C) [kW]	25,2
Ελαχ. θερμική ισχύς (80/60°C) [kW]	3
Μεγ. θερμική ισχύς (80/60°C)[kW]	24
Ονομ. θερμικό φορτίο G20 (80/60°C) [Pn]	24,5
Εποχιακός βαθμός απόδοσης θέρμανσης [%]	94
Μεγ. θερμοκρασία προσαγωγής [°C]	82
Προσαγωγή και επιστροφή θέρμανσης [ίντσες]	R 3/4
Σύνδεσμος εξαρτημάτων καυσαερίων [Ø mm]	80/125, 80/80, 60/100
Ηλεκτρική σύνδεση [VAC]	230
Ηλεκτρική σύνδεση [Hz]	50
Απορρόφηση ηλεκτρικής ισχύος (χωρίς κυκλοφορητή), αναμονή/μερικό φορτίο/πλήρες φορτίο	110
Κατηγορία προστασίας [IP]	X4
Πλάτος [mm]	400
Ύψος [mm]	710
Βάθος [mm]	300
Καθαρό βάρος [kg]	36

Εικόνα 5.2: Χαρακτηριστικά λέβητα συμπύκνωσης υγραερίου (<https://www.bosch-climate.gr/products/gasheating/condensing-boilers/condens-2300-w.html>).

- **Για την θέρμανση:**

Όπως υπολογίστηκε παραπάνω, χρειάζονται 3.905 KWh για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Για την εύρεση των λίτρων υγραερίου που χρειάζονται, διαιρούνται οι κιλοβατώρες με το γινόμενο της θερμογόνου δύναμης του υγραερίου (6,6 KW/lt) με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα.

$$3.905 \text{ KWh} / (6,6 \text{ KW/lt} \times 0,94) = 629,43 \text{ lt υγραέριο}$$

Πολλαπλασιάζοντας με την τιμή αγοράς του υγραερίου προκύπτει το ετήσιο κόστος λειτουργίας:

$$629,43 \text{ lt} \times 0,73 \text{ €/lt} = 459,49 \text{ €}$$

Για την λειτουργία του λέβητα θα χρειαστούν κάποια θερμοανταλλάκτρες. Η εύρεση των σωμάτων απαιτεί την μετατροπή των KW του κάθε χώρου σε χιλιοθερμίδες ανά ώρα (kcal/h). Η αναλογία είναι: 1 KW = 859,85 kcal/h.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι χιλιοθερμίδες του κάθε χώρου:

ΧΩΡΟΣ	KW	Kcal/h
ΙΣΟΓΕΙΟ	2,0689	1778
ΔΩΜ.ΓΟΝ.	0,9619	827
Β.ΥΠΝΟΔ.	0,5471	503
Ν.ΥΠΝΟΔ.	0,5861	470
ΛΟΥΤΡΟ	0,3355	288

Πίνακας 5.4: Μετατροπή KW σε Kcal/h.

Με βάση τα παραπάνω:

- Για το ισόγειο θα χρειαστούν δύο σώματα Plan Ventil Compact 22/900/400 του οίκου DiaNorm με κόστος 286 €.
- Για το δωμάτιο γονέων θα χρειαστεί ένα σώμα Plan Ventil Compact 22/600/500 του οίκου DiaNorm με κόστος 127 €.
- Για το βόρειο υπνοδωμάτιο θα χρειαστεί ένα σώμα Plan Ventil Compact 22/200/700 του οίκου DiaNorm με κόστος 122 €.
- Για το νότιο υπνοδωμάτιο θα χρειαστεί ένα σώμα Plan Ventil Compact 22/200/600 του οίκου DiaNorm με κόστος 113 €.

- Για το λουτρό θα χρειαστεί ένα σώμα του οίκου K-Energy 770×300 με κόστος 74 €.

Επίσης θα χρειαστεί και μία δεξαμενή υγραερίου χωρητικότητας 1000lt του οίκου Pansolar με κόστος 990 €.

Συνολικό κόστος για την θέρμανση: **3.416,49 €**

- **Για την ψύξη:**

Οι κλιματιστικές μονάδες που επιλέχθηκαν είναι η SLG500 με κόστος 776€ για το ισόγειο και η SLG250 438 € για κάθε δωμάτιο του οίκου AERMEC, με τα εξής χαρακτηριστικά:

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Indoor units		SLG250W	SLG350W	SLG500W
Outdoor units		SLG250	SLG350	SLG500
Nominal cooling performances				
Cooling capacity (1)	kW	2,70	3,20	4,60
Cooling input power (1)	kW	0,80	1,00	1,40
EER (2)	W/W	3,29	3,21	3,22
Moisture removed	l/h	0,8	1,4	1,8
Minimum cooling performances				
Cooling capacity	kW	0,50	0,60	0,70
Cooling input power	kW	0,10	0,10	0,20
Maximum cooling performances				
Cooling capacity	kW	3,50	3,60	5,20
Cooling input power	kW	1,40	1,40	1,70
Cooling input current	A	3,8	4,4	6,3
Seasonal efficiency				
SEER	W/W	6,80	6,10	6,10
Efficiency energy class (3)		A++	A++	A++
Pdesignnc	kW	2,7	3,2	4,6
Annual power consumption	kWh/annum	139	184	264

Εικόνα 5.3: Χαρακτηριστικά κλιματιστικών μονάδων (<https://www.calda.gr/aermec-slg-klimatistiko-toichoy-r32.html>)

Η μεθοδολογία για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους λειτουργίας είναι ίδια με αυτήν των αντλιών θερμότητας.

Για το ισόγειο:

$$2.981 \times 4 \text{ KW} = 11.924 \text{ KWh}$$

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $11.824 \text{ KWh} / 6,10 = 1.954,75 \text{ KWh}$ ηλεκτρικού ρεύματος

Κόστος λειτουργίας: $1.954,75 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 390,95 \text{ €}$

Για το δωμάτιο γονέων:

$$2.981 \times 2 \text{ KW} = 5.962 \text{ KWh}$$

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $5.962 \text{ KWh} / 6,8 = 876,76 \text{ KWh}$ ηλεκτρικού ρεύματος

Κόστος λειτουργίας: $876,76 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 175,35 \text{ €}$.

Για το βόρειο υπνοδωμάτιο:

$$2.981 \times 1 \text{ KW} = 2981 \text{ KWh}$$

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $2.981 \text{ KWh} / 6,8 = 438,38 \text{ KWh}$ ηλεκτρικού ρεύματος

Κόστος λειτουργίας: $438,38 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 87,68 \text{ €}$

Για το νότιο υπνοδωμάτιο:

$$2.981 \times 1 \text{ KW} = 2981 \text{ KWh}$$

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: $2.981 \text{ KWh} / 6,8 = 438,38 \text{ KWh}$ ηλεκτρικού ρεύματος

Κόστος λειτουργίας: $438,38 \text{ KWh} \times 0,2 \text{ €/KWh} = 87,68 \text{ €}$.

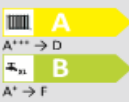
Το συνολικό ετήσιο κόστος που πρέπει να δαπανηθεί για την λειτουργία, αγορά και συντήρηση τόσο του λέβητα υγραερίου όσο και των κλιματιστικών μονάδων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(€)	1.201,15
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ(€)	5047
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ(€)	150
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(€)	6.398,15

Πίνακας 5.5: Συνολικά ετήσια κόστη του λέβητα υγραερίου και των κλιματιστικών μονάδων.

5.4 ΛΕΒΗΤΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Ο τρίτος μηχανολογικός εξοπλισμός θα είναι ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου για τη θέρμανση και κλιματιστικές μονάδες για τη ψύξη. Ο λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου που επιλέχθηκε είναι ο CONDENS 2500FT του οίκου BOSCH με τα εξής χαρακτηριστικά:

Condens 2500FT	Olio Condens 2500FT
	 A+++ → D A+ → F > Δελτίο προϊόντος
Χωρητικότητα [l]	63
Μέγιστη ονομαστική θερμική ισχύς [80/60°C]	25,4
Μέγιστη πίεση λειτουργίας [bar]	2,5
Προσαγωγή και επιστροφή θέρμανσης [BSP]	22
Σύνδεσμος εξαρτημάτων καυσαερίων [mm]	80/125
Θερμοκρασία καυσαερίων στους 50/30°C	-
Θερμοκρασία καυσαερίων στους 80/60°C	-
Ηλεκτρική κατανάλωση [W]	-
Ηλεκτρική κατανάλωση Standby [W]	-
Ονομαστικός βαθμός απόδοσης με θερμοκρασία επιστροφής 30°C	-
Ενεργειακή απόδοση εποχιακής θέρμανσης χώρου βάσει ErP 2015 [%]	91
Κατηγορία ενεργειακής απόδοσης βάσει ErP 2015	A
Εκπομπή NOx βάσει ErP 2015 [mg/kWh]	90
Ύψος [mm]	855
Πλάτος [mm]	520
Μήκος [mm]	600
Βάρος [kg]	128

Εικόνα 5.4: Χαρακτηριστικά λέβητα συμπύκνωσης πετρελαίου (<https://www.bosch-climate.gr/products/floorstandingboilers/floorstandingcondensingolio/condens2500ftnox.html>)

- Για την θέρμανση:

Για την εύρεση των λίτρων πετρελαίου που χρειάζονται, διαιρούνται οι κιλοβατώρες με το γινόμενο της θερμογόνου δύναμης του πετρελαίου (10,5 KWh/lit) με τον βαθμό απόδοσης του λέβητα.

$$3.905 / (10,5 \times 0,91) = 408,69 \text{ lt πετρελαίου}$$

Πολλαπλασιάζοντας με την τιμή αγοράς του πετρελαίου προκύπτει το ετήσιο κόστος λειτουργίας.

$$408,69 \times 0,81 = 331,04 \text{ €}$$

Επιπλέον, θα χρειαστεί η αγορά μιας δεξαμενής πετρελαίου του οίκου PanSolar με κόστος 150 €. Τα σώματα θα είναι τα ίδια με αυτά που υπολογίστηκαν για τον λέβητα υγραερίου.

- **Για την ψύξη:**

Για την ψύξη θα χρησιμοποιηθούν οι κλιματιστικές μονάδες που υπολογίστηκαν παραπάνω για τον λέβητα υγραερίου.

Το συνολικό ετήσιο κόστος που πρέπει να δαπανηθεί για την λειτουργία, αγορά και συντήρηση τόσο του λέβητα πετρελαίου όσο και των κλιματιστικών μονάδων παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(€)	1.072,7
ΚΟΣΤΟΣ ΑΓΟΡΑΣ(€)	6.661
ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ(€)	150
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ(€)	7.883,7

Πίνακας 5.6: Συνολικά ετήσια κόστη του λέβητα πετρελαίου και των κλιματιστικών μονάδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.1 ΕΤΗΣΙΑ ΑΞΙΑ

Η μέθοδος της ετήσιας αξίας έχει το πλεονέκτημα ότι γίνεται αμέσως κατανοητή από μη ειδικούς με μία μόνο ανάγνωση. Στην περίπτωση όπου η ετήσια αξία είναι θετική σημαίνει ετήσιο κέρδος, ενώ αρνητική ετήσια αξία σημαίνει ζημία. Η χρήση της δεν απαιτεί πολύπλοκους χειρισμούς και για αυτό τον λόγο ο προγραμματισμός της σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι απλός. Η μέθοδος χρησιμοποιεί δεδομένα με τις ελάχιστες δυνατές αλλαγές επειδή οι πληροφορίες που συλλέγονται έχουν συνήθως ετήσιο χρονικό ορίζοντα. Το μειονέκτημα της είναι ότι δεν μπορεί να λειτουργήσει ορθά όταν τα ετήσια κόστη και έσοδα δεν είναι σταθερά κάθε χρόνο. Ως εργαλείο λήψης αποφάσεων χρησιμοποιεί τη σύγκριση μεταξύ ετησίων αξιών διαφορετικών τρόπων δράσης, δηλαδή ανάμεσα σε δύο διαφορετικές δυνατότητες επένδυσης θα προτιμηθεί αυτή με την μεγαλύτερη ετήσια αξία. (Β. Μουστάκης, 2012).

6.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΞΙΑΣ

Η ετήσια αξία είναι η διαφορά μεταξύ του ετήσιου οφέλους και του ετήσιου κόστους (Βασίλης Σ. Μουστάκης, « Πρακτικός οδηγός οικονομικής ανάλυσης »).

Συμβολικά:

$$AW = BA - CA \quad (6.1)$$

Όπου το BA είναι το ετήσιο όφελος και CA το ετήσιο κόστος. Όταν χρησιμοποιείται για την λήψη μιας απόφασης παίρνει την μορφή :

$$BA - CA \geq 0 \quad (6.2)$$

Στο τέλος επιλέγεται η εναλλακτική για την οποία η ποσότητα BA-CA είναι μεγαλύτερη.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία που εξετάζονται μόνο τα ετήσια κόστη, δηλαδή τα ετήσια οφέλη των εναλλακτικών είναι ίδια, θα επιλεγεί η εναλλακτική με το χαμηλότερο ετήσιο κόστος.

6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΞΙΑΣ

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την υλοποίηση της μεθόδου.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ	ΚΟΣΤΟΣ(€)	ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ(€)	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΖΩΗ
A/Θ	7.166,48	140	20
ΛΕΒ.ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ	6.248,15	150	15
ΛΕΒ.ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	7.733,7	150	15

Πίνακας 6.1: Απαραίτητα στοιχεία για την εφαρμογή της μεθόδου ετήσιας αξίας.

Το κόστος ευκαιρίας αυτήν την περίοδο στην αγορά κυμαίνεται από 2 % - 6 %. Επίσης, στο κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος αγοράς και λειτουργίας.

Για τον υπολογισμό της ετήσιας αξίας πρέπει να μετασχηματιστούν όλες οι καταβολές ή οφέλη σε ισοδύναμες ομοιομόρφες περιοδικές καταβολές ή οφέλη. Αυτό επιτυγχάνεται με τον μετασχηματιστή ανάκτησης κεφαλαίου (A/P,i,N). Επιπλέον, οι παραμένουσες αξίες μετά την οικονομική ζωή των μηχανολογικών εξοπλισμών θεωρούνται ίσες με το μηδέν διότι η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς και οι φθορές όλα αυτά τα χρόνια είναι μεγάλες. Έτσι, τα μηχανήματα ανακυκλώνονται ή αποσύρονται.

Η ετήσια αξία κάθε εναλλακτικής θα υπολογιστεί από τον τύπο:

$$AC = (\text{Κόστος Επένδυσης}) \times (\text{Μετασχηματιστής Ανάκτησης Κεφαλαίου}) + \text{Ετήσια Συντήρηση} \quad (6.3)$$

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ετήσιες αξίες κάθε εναλλακτικής για επιτόκιο από 2% έως 6% με βήμα 1% για να φανεί η συμπεριφορά του κόστους για κάθε μία από τις τιμές του επιτοκίου.

- **Για επιτόκιο $i = 2\%$**

Για την αντλία θερμότητας:

$$AC_{A/\theta} = 7.166,48 \times (A/P, 2, 20) + 140 = 7.166,48 \times 0,0612 + 140 = 578,59$$

Για τον λέβητα υγραερίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΥΓΡ} = 6.248,15 \times (A/P, 2, 15) + 150 = 6.248,15 \times 0,0778 + 150 = 636,11$$

Για τον λέβητα πετρελαίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΠΕΤΡ} = 7.733,7 \times (A/P, 2, 15) + 150 = 7.733,7 \times 0,0778 + 150 = 751,68$$

- Για επιτόκιο $i=3\%$

Για την αντλία θερμότητας:

$$AC_{A/\theta} = 7.166,48 \times (A/P, 3, 20) + 140 = 7.166,48 \times 0,0672 + 140 = 621,59$$

Για τον λέβητα υγραερίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΥΓΡ} = 6.248,15 \times (A/P, 3, 15) + 150 = 6.248,15 \times 0,0838 + 150 = 663,59$$

Για τον λέβητα πετρελαίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΠΕΤΡ} = 7.733,7 \times (A/P, 3, 15) + 150 = 7.733,7 \times 0,0838 + 150 = 798,08$$

- Για επιτόκιο $i=4\%$

Για την αντλία θερμότητας:

$$AC_{A/\theta} = 7.166,48 \times (A/P, 4, 20) + 140 = 7.166,48 \times 0,0736 + 140 = 667,45$$

Για τον λέβητα υγραερίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΥΓΡ} = 6.248,15 \times (A/P, 4, 15) + 150 = 6.248,15 \times 0,0899 + 150 = 711,71$$

Για τον λέβητα πετρελαίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΠΕΤΡ} = 7.733,7 \times (A/P, 4, 15) + 150 = 7.733,7 \times 0,0899 + 150 = 845,26$$

- Για επιτόκιο $i=5\%$

Για την αντλία θερμότητας:

$$AC_{A/\theta} = 7.166,48 \times (A/P, 5, 20) + 140 = 7.166,48 \times 0,0802 + 140 = 714,75$$

Για τον λέβητα υγραερίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΥΓΡ} = 6.248,15 \times (A/P, 5, 15) + 150 = 6.248,15 \times 0,0963 + 150 = 751,70$$

Για τον λέβητα πετρελαίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda,ΠΕΤΡ} = 7.733,7 \times (A/P, 5, 15) + 150 = 7.733,7 \times 0,0963 + 150 = 894,76$$

- Για επιτόκιο $i=6\%$

Για την αντλία θερμότητας:

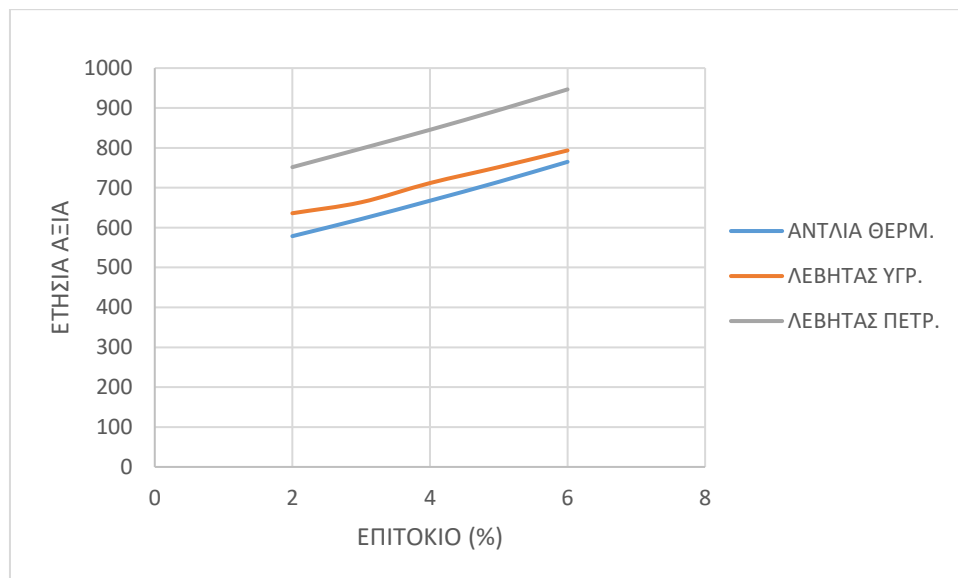
$$AC_{A/\theta} = 7.166,48 \times (A/P, 6, 20) + 140 = 7.166,48 \times 0,0872 + 140 = 764,92$$

Για τον λέβητα υγραερίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda\Upsilon\Gamma\text{P}} = 6.248,15 \times (A/P, 6, 15) + 150 = 6.248,15 \times 0,1030 + 150 = 793,56$$

Για τον λέβητα πετρελαίου με τις κλιματιστικές μονάδες:

$$AC_{\Lambda\text{ΠΕΤΡ}} = 7.733,7 \times (A/P, 6, 15) + 150 = 7.733,7 \times 0,1030 + 150 = 946,57$$



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα συσχέτισης ετήσιας αξίας - επιτοκίου.

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι η ετήσια αξία αυξάνεται συνεχώς με την αύξηση του επιτοκίου και ότι η αντλία θερμότητας σε κάθε περίπτωση, υπερτερεί των υπολοίπων εναλλακτικών, αφού παρουσιάζει την χαμηλότερη ετήσια αξία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, επιχειρήθηκε η σύγκριση τριών μηχανολογικών εξοπλισμών προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για θέρμανση και ψύξη σε μια νεόδμητη κατοικία 120 τ.μ. στην περιοχή των Χανίων, με σκοπό να καταδειχθεί η πιο συμφέρουσα λύση.

Αρχικά, εκπονήθηκε η μελέτη θέρμανσης σύμφωνα με τα πρότυπα που ορίζουν οι κανονισμοί του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. ώστε να υπολογιστούν οι θερμικές απώλειες των δομικών στοιχείων, οι απώλειες αερισμού και οι απώλειες λόγω προσανξήσεων. Έτσι, οι συνολικές θερμικές απώλειες που προέκυψαν είναι 4.499,43 W. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν τα ψυκτικά φορτία, με τη μέθοδο CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference/ Cooling Load Factor) της ASHRAE, η τιμή των οποίων ανέρχεται στα 8.545,86 W.

Προκειμένου να καλυφθούν οι θερμικές και οι ψυκτικές ανάγκες της κατοικίας επιλέχθηκαν:

- I. Αντλία θερμότητας HMI 120 του οίκου AERMEC με Fan Coil FCZ300 ACT και FZC150 ACT.
- II. Λέβητας συμπύκνωσης υγραερίου CONDENS 2300W του οίκου BOSCH με κλιματιστικές μονάδες SLG500 και SLG250 του οίκου AERMEC.
- III. Λέβητας συμπύκνωσης πετρελαίου CONDENS 2500FT του οίκου BOSCH με κλιματιστικές μονάδες SLG500 και SLG250 του οίκου AERMEC.

Έπειτα, εφαρμόστηκε η μέθοδος των βαθμομερών θέρμανσης και των βαθμοωρών ψύξης για κάθε έναν από τους παραπάνω συνδυασμούς για την εύρεση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας. Για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους κάθε μηχανολογικού εξοπλισμού, συνυπολογίστηκε το κόστος αγοράς, καθώς και το ετήσιο κόστος συντήρησης.

Όλα τα παραπάνω ήταν απαραίτητα για την τεχνικοοικονομική ανάλυση με την μέθοδο της ετήσιας αξίας. Σύμφωνα με αυτήν, το ετήσιο κόστος της αντλίας θερμότητας με Fan Coil ήταν αυτό με τη χαμηλότερη τιμή για κάθε μία από τις τιμές του επιτοκίου που εφαρμόστηκαν. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκαν μόνο τα ετήσια κόστη. Επομένως, επιλέχθηκε η αντλία θερμότητας με Fan Coil.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βαλκάνος Ραφαήλ, Πανάγος Κωνσταντίνος «Διερεύνηση ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου της Παιδαγωγικής Σχολής του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας», Διπλωματική Εργασία (2017).
- Βασίλης Σ. Μουστάκης, « Πρακτικός οδηγός οικονομικής ανάλυσης» (2012).
- Γιαννέας Παναγιώτης, Παπαϊωάννου Γεώργιος «Μελέτη Ψύξης-Θέρμανσης Νέας Εξοχικής Κατοικίας στην Ομβρυά Πάτρας», Διπλωματική Εργασία (2019).
- Κατσαπρακάκης Δημήτριος, Μονιάκης Μύρων «Θέρμανση - ψύξη – κλιματισμός» (2015).
- Πανάρας Γ., Σημειώσεις μαθημάτων «Θέρμανση, Ψύξη και Κλιματισμός», «Ενεργειακός σχεδιασμός κτιρίων Ι».
- Παπακώστας Κ., Τσιλιγκιρίδης Γ., Κυριάκης Ν.; «Βαθμομέρες θέρμανσης 50 ελληνικών πόλεων», Κείμενο (2005).
- Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 201701-1/2017.
- Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 201701-2/2017.
- Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 201701-3/2017.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <https://engineeringissues.wordpress.com>
- <https://www.aenaos-sa.gr/levites-sympiknosis-kaysaerion>
- <http://www.warmland.gr/what-is-lpg/cost-lpg/>
- https://gr.globalpetrolprices.com/heating_oil_prices/
- <http://www.allaboutenergy.gr/Intro11.html>
- <https://levitostasia.weebly.com/blog/6454886>
- <http://www.monachos.gr/forum/forum.php>
- <https://naturalgastech.gr/2019/02/06/antlia-thermotitas>