

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ



**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΨΥΞΗΣ
ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Υπό:

Αγγελάκης Κωνσταντίνος

Επιβλέπων καθηγητής:

Παπαευθυμίου Σπύρος

Χανιά, 2021



Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Παπαευθυμίου Σπύρο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτό το θέμα ως προπτυχιακό φοιτητή της σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης αλλά και για την καθοδήγησή και βοήθεια του καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Φυσικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη στήριξη και κατανόηση που έδειξαν όλα τα χρόνια της φοίτησής μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους φίλους και συμφοιτητές μου για την στήριξη και την βοήθεια τους σε όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στις μέρες μας, η ανάγκη για την ψύξη και θέρμανση ενός χώρου αποτελούν ένα από τα βασικότερα σημεία μελέτης και έρευνας για τον μηχανικό με σκοπό την δημιουργία συνθηκών άνεσης στον χώρο που διαμένει και εργάζεται ο άνθρωπος. Βασική προϋπόθεση και συνθήκη για την θέρμανση ή την ψύξη ενός χώρου αποτελεί η ανάγκη για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας με μειωμένη εκπομπή ρύπων σύμφωνα με τα δεδομένα τα οποία αποτελούν μέρος των οδηγιών και των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης που έχουν σκοπό την κατεύθυνση της τεχνολογίας σε λύσεις φιλικές προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα αποτελέσει η διερεύνηση και συγκριτική μελέτη των συστημάτων ψύξης και θέρμανσης κατοικιών.

Η αντλία θερμότητας και ο λέβητας συμπύκνωσης αποτελούν σύγχρονες και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες θέρμανσης με πολύ υψηλές αποδόσεις όπου συνεχώς εξελίσσονται, έχει επομένως ενδιαφέρον η ανάλυση και η συγκριτική αξιολόγηση των δύο αυτών εναλλακτικών συστημάτων μεταξύ τους. Θα ακολουθήσει μια ιστορική αναδρομή για τα δύο αυτά συστήματα ενώ θα εμβαθύνουμε στον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων καθώς και των εξαρτημάτων τα οποία αποτελούνται. Γίνεται μια ανάλυση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων τους καθώς και μια συνοπτική αναφορά στις εφαρμογές τους.

Abstract

Nowadays, the need for cooling and heating of a space are one of the main points of study and research for the engineers in order to create conditions of comfort in the space where a person lives and works. A basic condition for the heating or cooling of a space is the need for low energy consumption with reduced emissions according to the data that are part of the laws and the regulations of the European Union that aims at the direction of a technology friendly to the environment and the person.

The purpose of this thesis will be the investigation and comparative study of housing cooling and heating systems.

The heat pump and the condensing boiler are modern and environmentally friendly heating technologies with very high efficiencies which they are constantly evolving, so, it is interesting to analyze and to compare these two alternative systems. A historical review of these two systems will follow, while we will delve into the operation of the systems as well as the components that they consist. An analysis is made of their advantages and disadvantages as well as a brief report on their applications.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1°	8
Εισαγωγή	8
Ορισμός Θερμοκρασία - Θερμότητα.....	9
Νομοθεσία.....	11
Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων	13
Οδηγία ErP (Energy related Products)	16
Κεφάλαιο 2°	18
Αντλία Θερμότητας	18
Ιστορική Αναδρομή	19
Αρχή Λειτουργίας	21
Στοιχεία αντλιών θερμότητας	22
Συμπιεστής	22
Εξατμιστής	25
Συμπυκνωτής.....	27
Εκτονωτική διάταξη.....	29
Ψυκτικό Υγρό.....	31
Κατηγορίες	33
Εφαρμογές.....	35
Κεφάλαιο 3°	37
Λέβητας Συμπύκνωσης	37
Ιστορική Αναδρομή	38
Αρχή Λειτουργίας	39
Στοιχεία Λεβήτων Συμπύκνωσης	42
Λέβητας	43
Καυστήρας.....	44
Εναλλάκτης θερμότητας.....	45
Γραμμές τροφοδοσίας – Σύστημα σωληνώσεων.....	47
Κυκλοφορητές	47
Σύστημα Ελέγχου - Ρυθμιστές.....	48
Δοχείο διαστολής	49
Κατηγορίες	50
Εφαρμογές.....	52
Κεφάλαιο 4°	53

Συγκριτική μελέτη κόστους διαφόρων τεχνολογιών	53
Κεφάλαιο 5 ^ο	59
Συμπεράσματα	59
Βιβλιογραφία	64

Κεφάλαιο 1^ο

Εισαγωγή

Σκοπός της εγκατάστασης θέρμανσης σε ένα κλειστό χώρο είναι η διατήρηση και προσαρμογή της θερμοκρασίας σε κατάλληλα επίπεδα για τον άνθρωπο ώστε να ικανοποιούνται οι συνθήκες άνεσης σε περιόδους που η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή ή πολύ χαμηλή αντίστοιχα.

Με τον όρο «άνεση» στον κλιματισμό, χαρακτηρίζουμε την αίσθηση της απόλυτης σωματικής και πνευματικής ευημερίας των ατόμων που βρίσκονται σε έναν εσωτερικό χώρο και με τον όρο «συνθήκες άνεσης» χαρακτηρίζουμε τις παραμέτρους του εσωτερικού κλίματος (θερμοκρασία, υγρασία, καθαρότητα κ.λ.π.) που δημιουργούν τις προϋποθέσεις για να αισθάνονται τα άτομα που βρίσκονται μέσα στον χώρο «άνετα». Η αντίληψη της άνεσης είναι υποκειμενική και διαφέρει από άτομο σε άτομο ανάλογα με τα βιολογικά και ψυχολογικά χαρακτηριστικά του, ενώ ακόμη και για το ίδιο άτομο, διαφέρει ανάλογα με την στιγμιαία διάθεση του, [1].

Οι μηχανολόγοι μηχανικοί που μελετούν τις εγκαταστάσεις κλιματισμού, είναι υποχρεωμένοι να σχεδιάσουν τις εγκαταστάσεις τους με τέτοιον τρόπο ώστε όλη η ομάδα των ατόμων που βρίσκονται και χρησιμοποιούν τον υπό μελέτη χώρο να νιώθουν κατά το δυνατό περισσότερο άνετα.

Στις μέρες μας, ίσως η μεγαλύτερη πρόκληση την οποία καλείται να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος είναι η κλιματική αλλαγή και η προστασία του περιβάλλοντος γενικότερα. Η ανάγκη αυτή σε συνδυασμό με το πρόβλημα της παγκόσμιας εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων και αποθεμάτων στα οποία στηρίζεται ο σημερινός τεχνολογικός πολιτισμός, φέρνουν επιτακτικά την ανάγκη να στραφούμε σε εναλλακτικές λύσεις για την κάλυψη των αναγκών, διατηρώντας το επίπεδο ζωής που επιθυμούμε, μειώνοντας όμως παράλληλα τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Στόχος λοιπόν είναι να αυξήσουμε τη χρήση καθαρότερων μορφών ενέργειας που να έχουν χαμηλότερο αντίκτυπο και επιβάρυνση στο περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, ο κτιριακός τομέας είναι υπεύθυνος για το 40% περίπου της συνολικής τελικής κατανάλωσης ενέργειας σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η κατανάλωση αυτή, είτε σε μορφή θερμικής (κυρίως πετρέλαιο) είτε σε μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα, εκτός της σημαντικής οικονομικής επιβάρυνσης λόγω του υψηλού κόστους της ενέργειας, τη μεγάλη επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με ρύπους, κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), που ευθύνεται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην Ελλάδα οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται περίπου στο 70% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο αντιστοιχούν στο 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα.

Η πλειοψηφία του Ελληνικού κτιριακού αποθέματος είναι κτίρια κατοικιών (περίπου το 77%) και το 23% κτίρια τριτογενή τομέα. Σύμφωνα με τα στοιχεία που ανακοινώθηκαν το 2013 από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) για την κατανάλωση ενέργειας στον οικιακό τομέα, το 60% των ελληνικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν από το 1980 και στην πλειοψηφία τους παρουσιάζουν πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση. Όπως προέκυψε από την έρευνα, κάθε ελληνικό νοικοκυριό καταναλώνει ετησίως κατά μέσο όρο 13.994 kWh για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, εκ των οποίων το 73,2% απευθύνεται αποκλειστικά σε ανάγκες για θερμική ενέργεια [2].

Επίσης σύμφωνα με έρευνες, λόγω των παγκόσμιων αλλαγών, αύξηση θερμοκρασίας αλλά και αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, παρατηρούμε μια αυξητική τάση στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια γεγονός που πηγάζει λόγω της αυξημένης χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η χρήση των κλιματιστικών αποτελεί σημαντικό παράγοντα αύξησης του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής στη χώρα, με τεράστιες οικονομικές συνέπειες και σημαντική επιβάρυνση του καταναλωτή. Επί πλέον τα κλιματιστικά επιδεινώνουν το φαινόμενο της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων και τις συνεπαγόμενες δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν το καλοκαίρι.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι η έρευνα για εφαρμογές οι οποίες θα αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα συστήματα θέρμανσης και ψύξης κτιρίων έχει πολλές προοπτικές εφαρμογής και μεγάλη αναγκαιότητα με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Ορισμός Θερμοκρασία - Θερμότητα

Η θερμοκρασία και η θερμότητα αποτελούν δύο βασικές έννοιες της φυσικής οι οποίες σχετίζονται με την έννοια της ενέργειας και με αρκετά φαινόμενα γνωστά ως θερμικά φαινόμενα, παραδείγματος χάρη βρασμός και τήξη.

Μακροσκοπικά η έννοια της θερμοκρασίας μας δείχνει το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Μικροσκοπικά η θερμοκρασία εκφράζει το πόσο γρήγορα ή αργά κινούνται τα μόρια ενός σώματος ή είναι το μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων ενός σώματος.

Μακροσκοπικά με τον όρο θερμότητα εννοούμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία. Μικροσκοπικά με τον όρο θερμότητα εννοούμε την ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα με υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή ένα σώμα με μεγάλη κινητική ενέργεια των μορίων του σε ένα σώμα με χαμηλή θερμοκρασία δηλαδή ένα σώμα με μικρή κινητική ενέργεια των μορίων του μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία (δηλαδή μέχρι τη στιγμή που τα μόρια και των δύο σωμάτων θα έχουν την ίδια κινητική ενέργεια).

Η έννοια της θερμότητας δεν θα πρέπει να συγχέεται με την έννοια της θερμικής ενέργειας. Όλα τα σώματα, ακόμη και αυτά που η θερμοκρασία τους πλησιάζει στο απόλυτο μηδέν έχουν θερμική ενέργεια. Η θερμική ενέργεια οφείλεται στην διαρκή, άεναη και άτακτη κίνηση των μορίων τους (θερμική κίνηση). Η έννοια της θερμότητας χρησιμοποιείται μόνο για το χρονικό διάστημα όπου συμβαίνει μεταφορά (ή διαφορετικά ροή) ενέργειας από ένα σώμα ζεστό (με υψηλή θερμοκρασία) σε ένα πιο κρύο σώμα (με μικρότερη θερμοκρασία).

Υπάρχουν δύο μορφές θερμότητας που σχετίζονται με τον κλιματισμό:

- η αισθητή θερμότητα
- η λανθάνουσα θερμότητα

Η αισθητή θερμότητα είναι όταν ένα αντικείμενο θερμαίνεται, η θερμοκρασία του ανεβαίνει καθώς προστίθεται θερμότητα. Η αύξηση της θερμότητας ονομάζεται αισθητή θερμότητα. Παρομοίως, όταν αφαιρείται θερμότητα από ένα αντικείμενο και η θερμοκρασία του πέφτει, η θερμότητα που αφαιρείται ονομάζεται επίσης αισθητή θερμότητα. Η θερμότητα που προκαλεί αλλαγή της θερμοκρασίας ενός αντικειμένου ονομάζεται αισθητή θερμότητα. Έτσι, κατ' ορισμό, αισθητή θερμότητα ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας 1 Kg νερού από 0 °C μέχρι τη θερμοκρασία βρασμού, δηλαδή στους 100 °C. Φέρεται με την ονομασία αυτή επειδή γίνεται αντιληπτή από την ανύψωση θερμοκρασίας που παρατηρείται σε προσαρμοσμένο θερμόμετρο.

Λανθάνουσα θερμότητα κατ' ορισμό ονομάζεται το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την μετατροπή 1 Kg νερού θερμοκρασίας βρασμού σε ατμό ίδιας θερμοκρασίας. Φέρεται με την ονομασία αυτή επειδή λανθάνει τρόπο τινά της προσοχής μη γενόμενη αντιληπτή σε προσαρμοσμένο θερμόμετρο που συνεχίζει να παρουσιάζει σταθερά τη θερμοκρασία βρασμού. Όλες οι καθαρές ουσίες στη φύση έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν κατάσταση. Τα στερεά μπορούν να μετατραπούν σε υγρά (ο πάγος σε νερό) και τα υγρά μπορούν να μετατραπούν σε αέρια (το νερό σε ατμό), αλλά τέτοιου είδους αλλαγές απαιτούν την προσθήκη ή την αφαίρεση θερμότητας. Η θερμότητα που προκαλεί αυτές τις αλλαγές ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα.

Η λανθάνουσα θερμότητα, ωστόσο, δεν επηρεάζει τη θερμοκρασία μιας ουσίας - για παράδειγμα, το νερό παραμένει στους 100 °C ενόσω βράζει. Η θερμότητα που προστίθεται για να διατηρηθεί ο βρασμός του νερού είναι λανθάνουσα θερμότητα. Η θερμότητα που επιφέρει αλλαγή στην κατάσταση αλλά δεν επιφέρει καμία αλλαγή στη θερμοκρασία ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα.

Η κατανόηση αυτής της διαφοράς είναι θεμελιώδης για την κατανόηση του λόγου για τον οποίο χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό στα συστήματα ψύξης. Επίσης εξηγεί, επίσης, τον λόγο για τον οποίο οι όροι «συνολική ικανότητα» (αισθητή και λανθάνουσα ικανότητα) και «αισθητή ικανότητα» χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ψυκτικής ικανότητας μιας μονάδας. Κατά τη διάρκεια του κύκλου ψύξης, σχηματίζονται συμπυκνώματα στο εσωτερικό της μονάδας, λόγω της απομάκρυνσης λανθάνουσας θερμότητας από τον αέρα. Η αισθητή ικανότητα είναι η απαιτούμενη ικανότητα για τη μείωση της θερμοκρασίας και η λανθάνουσα ικανότητα είναι η ικανότητα απομάκρυνσης της υγρασίας από τον αέρα, [3].

Νομοθεσία

Η μείωση της κατανάλωσης και της σπατάλης ενέργειας αποκτά διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Το 2007 οι ηγέτες της ΕΕ όρισαν ως στόχο τη μείωση της ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ κατά 20% έως το 2020. Το 2018, στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους», καθορίστηκε νέος στόχος για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τουλάχιστον 32,5% έως το 2030. Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέσο, όχι μόνο για την επίτευξη βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές, αλλά και για την προαγωγή της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ. Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί, συνεπώς, στρατηγική προτεραιότητα για την Ενεργειακή Ένωση και προάγει την αρχή της «προτεραιότητας στην ενεργειακή απόδοση». Το μελλοντικό πλαίσιο πολιτικής για την περίοδο μετά το 2030 βρίσκεται υπό συζήτηση.

Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (2010/31/EU), η οποία τροποποιήθηκε το 2018 (οδηγία (ΕΕ) 2018/844), από κοινού με την οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (2018/2002/ΕΕ), αποσκοπεί στη διασφάλιση ενός κτιριακού αποθέματος υψηλής ενεργειακής απόδοσης και απαλλαγμένου από ανθρακούχες εκπομπές σε κάθε κράτος μέλος έως το 2050, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι ενεργειακής απόδοσης για την Ευρώπη, όπως η μείωση των εκπομπών CO₂ στην ΕΕ κατά 80-95 % σε σύγκριση με το 1990.

Η τροποποιημένη οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (οδηγία (ΕΕ) 2018/844) εισήγαγε μακροπρόθεσμες στρατηγικές ανακαίνισης:

- κάθε κράτος μέλος οφείλει να θεσπίσει μακροπρόθεσμη στρατηγική ανακαίνισης προς υποστήριξη της ανακαίνισης του εθνικού αποθέματος δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων, και μετατροπής του σε υψηλής ενεργειακής απόδοσης και απαλλαγμένο από ανθρακούχες εκπομπές κτιριακό απόθεμα έως το 2050·
- επιτάχυνση της μετατροπής των υφιστάμενων κτιρίων σε «κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» έως το 2050, και υποχρέωση όλα τα νέα κτίρια να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας από το 2021 και μετά·
- στήριξη του εκσυγχρονισμού όλων των κτιρίων με έξυπνες τεχνολογίες.

Η οδηγία για την ενεργειακή απόδοση (2018/2002/ΕΕ) απαιτεί από τα κράτη μέλη να αξιολογούν και να κοινοποιούν στην Επιτροπή τις δυνατότητες για υψηλής απόδοσης συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση και τηλεψύξη στην επικράτειά τους, καθώς και να διεξάγουν ανάλυση κόστους-οφέλους με βάση τις κλιματικές συνθήκες, την οικονομική εφικτότητα και την τεχνική καταλληλότητα (με ορισμένες εξαιρέσεις).

Στο πλαίσιο του πακέτου της Ενεργειακής Ένωσης, η Επιτροπή δρομολόγησε μια στρατηγική της ΕΕ για τη θέρμανση και την ψύξη (COM(2016)0051) στις 16 Φεβρουαρίου 2016. Στη στρατηγική περιλαμβάνονται σχέδια για την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, τη βελτίωση της διασύνδεσης μεταξύ των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και των συστημάτων τηλεθέρμανσης, η οποία θα αυξήσει σε σημαντικό βαθμό τη χρήση ανανεώσιμης ενέργειας, καθώς και για την ενθάρρυνση της επαναχρησιμοποίησης της απορριπτόμενης θέρμανσης και ψύξης που προκύπτει από βιομηχανικές δραστηριότητες. Οι νομοθετικές ρυθμίσεις για αυτήν τη στρατηγική περιλαμβάνονται στο πακέτο «Καθαρή ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους».

Επίσης, η ΕΕ έχει θεσπίσει μια σειρά μέτρων για την ενεργειακή απόδοση των προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, μέτρων για:

- την ένδειξη της κατανάλωσης ενέργειας και λοιπών πόρων από τα συνδεδεμένα με την ενέργεια προϊόντα μέσω της επισήμανσης και της παροχής ομοιόμορφων πληροφοριών σχετικά με αυτά, η οποία διέπεται από τον κανονισμό για την επισήμανση της ενεργειακής απόδοσης (κανονισμός (ΕΕ) 2017/1369)·
- τις απαιτήσεις οικολογικής σχεδίασης όσον αφορά τα προϊόντα που καταναλώνουν ενέργεια, που διέπονται από την 2009/125/ΕΚ, η οποία

αναδιατυπώνει την οδηγία 2005/32/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε από την οδηγία 2008/28/ΕΚ. Οι εκτελεστικοί κανονισμοί καλύπτουν ευρύ φάσμα προϊόντων

- Ο κανονισμός (ΕΕ) 2017/1369, που δημοσιεύτηκε τον Ιούλιο του 2017, καθορίζει ένα νέο πλαίσιο για την επισήμανση της ενεργειακής απόδοσης, προκειμένου να καθοριστούν προθεσμίες για την αντικατάσταση των ισχυουσών κατηγοριών A+, A++ και A+++ με μια κλίμακα από το A έως το G, η οποία χρησιμοποιείται ήδη από τον Μάρτιο του 2021.

Στις 23 Φεβρουαρίου 2021, η Επιτροπή ενέκρινε μια γενική τροποποίηση (C(2021)923) των κανονισμών για τον οικολογικό σχεδιασμό και την ενεργειακή επισήμανση, η οποία δημοσιεύθηκε το 2019, όσον αφορά τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για διαφορετικούς τύπους προϊόντων, [4].

Συγκεκριμένα για τα κτίρια, από την 1/1/2021, όλα πρέπει να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας ενώ για τα νέα κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, η υποχρέωση αυτή τέθηκε σε ισχύ από την 1/1/2019.

Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής εγκρίθηκε εθνικό σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας, το οποίο δύναται να περιλαμβάνει διαφορετικούς στόχους ανάλογα με την κατηγορία χρήσης του κτιρίου και αυτό να κοινοποιείται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Ενώ στην περίπτωση των υφιστάμενων κτιρίων ή κτιριακών μονάδων που ανακαινίζονται ριζικά, η ενεργειακή απόδοσή τους αναβαθμίζεται, στο βαθμό που αυτό είναι τεχνικά, λειτουργικά και οικονομικά εφικτό, ώστε να πληρούνται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης οι οποίες καθορίζονται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων - ΚΕΝΑΚ. Οι απαιτήσεις αυτές εφαρμόζονται για το σύνολο του ανακαινιζόμενου κτιρίου ή της κτιριακής μονάδας, καθώς και για τα ανακαινιζόμενα δομικά στοιχεία του κελύφους και των τεχνικών συστημάτων. Συγκεκριμένα, ως κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ορίζονται τα νέα κτίρια που φέρουν ενεργειακή κατηγορία A ενώ για τα υφιστάμενα κτίρια που ανακαινίζονται ριζικά πρέπει να αναβαθμίζονται σε ενεργειακή κατηγορία τουλάχιστον B+.

Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων

Η απόφαση αυτή διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ειδικότερα, σκοπό της παρούσας αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης συμβατικής

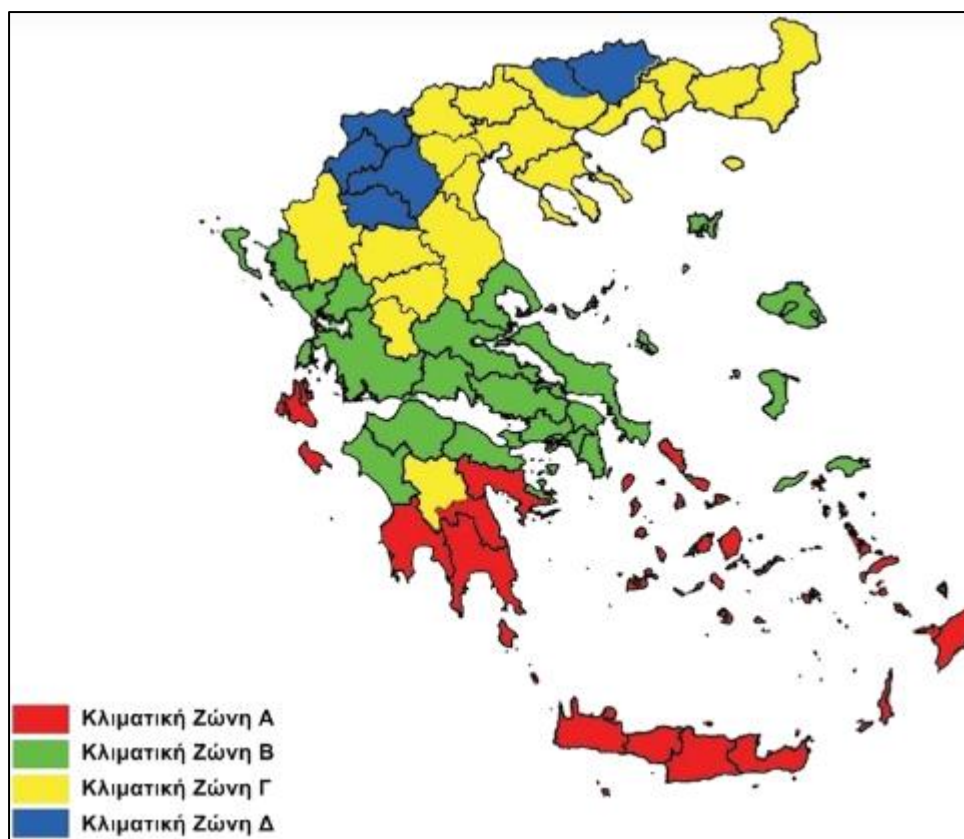
ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ΖΝΧ) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης και ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος των κτιρίων. Ο σκοπός αυτός επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) συστημάτων, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ), [5].

Για το σύνολο των δομικών στοιχείων ενός κτηρίου (αδιαφανή και διαφανή) θεσπίζονται από τον ισχύοντα κανονισμό, συγκεκριμένα όρια για τις τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας, τα οποία συνδέονται με τη θέση της διατομής στην κατασκευή και την κλιματική ζώνη του κτηρίου. Η θέση της διατομής έχει να κάνει με το είδος, την γεωμετρική κατάσταση και τα γειτνιάζουσα σημεία ενός δομικού στοιχείου. Οι κλιματικές ζώνες αφορούν τον διαχωρισμό της ελληνικής επικράτειας βάση των θερμοκρασιακών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε νομό της χώρας. Σύμφωνα με τον ισχύοντα κανονισμό ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, η χώρα μας χωρίζεται σε 4 κλιματικές ζώνες, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (από τη θερμότερη Ζώνη Α στην ψυχρότερη Ζώνη Δ).

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, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Πίνακας 1 Νομοί ελληνικής επικράτειας ανά κλιματική ζών, [6]

Πρέπει να τονιστεί ότι σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500μ. πρέπει να εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν. Για παράδειγμα, ένα κτήριο το οποίο βρίσκεται στον νομό Αττικής αλλά σε υψόμετρο μεγαλύτερο του ορίου που προαναφέρθηκε, αυτομάτως εντάσσεται από τη ζώνη Β στη ζώνη Γ. Από αυτή την ιδιαιτερότητα εξαιρούνται σαφώς οι ορεινές περιοχές της ζώνης Δ, καθώς αποτελεί την ψυχρότερη βάση κανονισμού.



Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας, [6]

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων, ανά κλιματική ζώνη έχουν ως εξής:

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας [$W/(m^2K)$]			
		Κλιματική Ζώνη			
		Α	Β	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	U_R	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_T	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	U_{FA}	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί χώροι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	U_{TU}	1,50	1,00	0,80	0,70
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με το έδαφος	U_{TB}	1,50	1,00	0,80	0,70
Δάπεδα σε επαφή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	U_{FU}	1,20	0,90	0,75	0,70
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος	U_{FB}	1,20	0,90	0,75	0,70
Κουφώματα ανοιγμάτων	U_W	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες ή μερικώς ανοιγόμενες	U_{GF}	2,20	2,00	1,80	1,80

Πίνακας 2 Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη, [6]

Με τα παραπάνω λοιπόν αντιλαμβανόμαστε την σημαντικότητά αναπροσαρμογής, και αναβάθμισης των συστημάτων θέρμανσης - κλιματισμού με ενεργειακά μέσα φιλικά για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Στις ακόλουθες δυο παραγράφους θα μελετήσουμε και θα κατανοήσουμε δυο συστήματα που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτιρίου.

Οδηγία ErP (Energy related Products)

Η οδηγία ErP περιλαμβάνει την οδηγία "Οικολογικού Σχεδιασμού" (Ecodesign) και καθορίζει τις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού για τη διάθεση στην αγορά και/ή τη θέση σε λειτουργία θερμαντήρων χώρου και θερμαντήρων συνδυασμένης λειτουργίας με ονομαστική θερμική ισχύ 400 kW. Στην οδηγία αυτή, που περιγράφεται στον Κανονισμό 813/2013 της Ε.Ε. συμπεριλαμβάνονται και οι θερμαντήρες που είναι ενσωματωμένοι σε συγκροτήματα θερμαντήρα χώρου με ρυθμιστή θερμοκρασίας και ηλιακή συσκευή ή σε συγκροτήματα θερμαντήρα συνδυασμένης λειτουργίας με ρυθμιστή θερμοκρασίας και ηλιακή συσκευή. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι η διαφορά μεταξύ ενός θερμαντήρα χώρου κι ενός θερμαντήρα συνδυασμένης λειτουργίας είναι ότι ο τελευταίος έχει τη δυνατότητα να παράγει θερμότητα και για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) εκτός από το να θερμαίνει σύστημα κεντρικής θέρμανσης με νερό. Σκοπός του παραπάνω κανονισμού είναι η θέσπιση των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης για θερμαντήρες χώρου και θερμαντήρες συνδυασμένης λειτουργίας που εισέρχονται στην αγορά της Ε.Ε. μετά την 26 Σεπτεμβρίου 2015.

Στον κανονισμό αυτόν προβλέπεται η κατάργηση της διάθεσης λεβήτων συμβατικού βαθμού απόδοσης και η σταδιακή αντικατάσταση τους από λέβητες συμπύκνωσης ή από αντλίες θερμότητας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι από τις 26-09-2015 απαγορεύεται να εισέλθουν στην αγορά της Ε.Ε. λέβητες με συμβατικό βαθμό απόδοσης ωστόσο οι ήδη υπάρχοντες θα συνεχίσουν να λειτουργούν κανονικά μέχρι την ανάγκη αντικατάστασής τους για τεχνικούς λόγους. Επίσης, υποχρεωτική γίνεται η χρήση κυκλοφορητών ενεργειακής κλάσης "Α" και δείκτη ενεργειακής απόδοσης EEIE 0.23 τόσο σε αυτόνομα συστήματα όσο και ως μέρη μονάδων (641/2009, ΕΕ.) Επέκταση του Κανονισμού 813/2013 αποτελεί ο 814/2013 ο οποίος αναφέρεται στις απαιτήσεις οικολογικού σχεδιασμού (Ecodesign) των θερμαντήρων νερού με ονομαστική ισχύ και 400kW και των δεξαμενών αποθήκευσης ζεστού νερού με χωρητικότητα αποθήκευσης και 2000 l. Στον κανονισμό αυτό συμπεριλαμβάνονται και θερμαντήρες νερού που είναι ενσωματωμένοι σε συγκροτήματα θερμαντήρα νερού και ηλιακής συσκευής. Έτσι από 26-09-2015 απαγορεύεται να διατεθούν στην αγορά της Ε.Ε. θερμαντήρες νερού και δεξαμενές αποθήκευσης ζεστού νερού που δεν πληρούν τις απαιτήσεις

ενεργειακής απόδοσης που ορίζει ο παρών κανονισμός. Σημαντικό επίσης είναι το γεγονός πως, τόσο στον Κανονισμό 813/2013 όσο και στον 814/2013, θεσπίζονται τα μέγιστα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO, που μπορεί να προέρχονται από τους θερμαντήρες χώρου, τους θερμαντήρες χώρου συνδυασμένης λειτουργίας και τους θερμαντήρες νερού καθώς επίσης τα μέγιστα επιτρεπτά όρια θορύβου μόνο για θερμαντήρες χώρου, θερμαντήρες χώρου συνδυασμένης λειτουργίας και θερμαντήρες νερού που λειτουργούν με αντλία θερμότητας.

Στην Οδηγία ErP περιλαμβάνεται και η Οδηγία για την "Ενεργειακή Σήμανση" (Energy Labelling Directive, ELD) και η οποία περιγράφεται με τους κανονισμούς 811,812/2013 της Ε.Ε. Σύμφωνα με αυτούς τους κανονισμούς κάθε προϊόν που σχετίζεται με τη θέρμανση χώρων και νερού καθώς και με την αποθήκευση ζεστού νερού επιτρέπεται να εισέλθει στην αγορά της Ε.Ε. μόνο εάν φέρει την απαραίτητη ενεργειακή επισήμανση.

Στον κανονισμό αυτόν προβλέπεται ότι από την 26 Σεπτεμβρίου 2015 οι προμηθευτές που διαθέτουν στην αγορά της Ε.Ε. ή θέτουν σε λειτουργία κάποιο από τα παραπάνω προϊόντα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι αυτό συνοδεύεται από την κατάλληλη ετικέτα. Στην ετικέτα αυτή τα προϊόντα κατανέμονται σε μία τάξη ανάλογα με την ενεργειακή τους κλάση. Οι κλάσεις είναι από Α έως G και η διάκριση γίνεται με βάση το βαθμό απόδοσης των προϊόντων. Σκοπός της Οδηγίας ELD είναι η παροχή πιστοποιημένων πληροφοριών στους καταναλωτές σχετικά με την ενεργειακή κατανάλωση και την απόδοση των νέων προϊόντων καθώς και η ενθάρρυνσή τους να αγοράζουν προϊόντα υψηλής ενεργειακής απόδοσης.

Κεφάλαιο 2^ο

Αντλία Θερμότητας

Αντλία θερμότητας ονομάζεται η μηχανολογική διάταξη που μας επιτρέπει να μεταφέρουμε ενέργεια από έναν χώρο χαμηλής θερμοκρασίας, σε έναν χώρο υψηλότερης θερμοκρασίας. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές συσκευές παραγωγής ενέργειας (λέβητες πετρελαίου και φυσικού αερίου, ξυλολέβητες, ηλεκτρικές συσκευές θέρμανσης κ.λπ.) όπου πληρώνουμε παραγωγή ενέργειας, στις αντλίες θερμότητας συλλέγουμε και εκμεταλλευόμαστε ενέργεια που ήδη υπάρχει στο περιβάλλον, την μεταφέρουμε στον χώρο μας.

Ήδη από τον ορισμό, γίνεται φανερό ότι οι αντλίες θερμότητας σχεδιάζονται για να μεταφέρουν θερμότητα (θερμική ενέργεια) με φορά αντίθετη από αυτήν της φυσικής ροής ενώ για την μεταφορά αυτή απαιτείται πρόσδοση μηχανικού έργου δηλαδή κατανάλωση ενέργειας, συνήθως με τη μορφή ηλεκτρικής. Γενικότερα λοιπόν η αντλία θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιείται σε εφαρμογές κυρίως για ψύξη αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν θερμαντικό μέσο. Ουσιαστικά λοιπόν, η αντλία θερμότητας είναι μια ψυκτική μηχανή που μπορεί, στη γενική περίπτωση, να ψύξει και με αντιστροφή της λειτουργίας της να θερμάνει ένα σύστημα. Η διπλή αυτή λειτουργία έχει να κάνει με τον ορισμό, κάθε φορά από τον χρήστη, του υψηλού και του χαμηλού θερμοκρασιακού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, όταν οι απαιτήσεις του χρήστη είναι η θέρμανση ενός χώρου σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος, τότε ως σύστημα υψηλής θερμοκρασίας ορίζεται ο θερμαινόμενος χώρος και ως σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας το περιβάλλον. Έτσι, η αντλία θερμότητας μεταφέρει θερμότητα από το περιβάλλον στο θερμαινόμενο χώρο. Το αντίστροφο συμβαίνει στην περίπτωση της ψύξης ενός χώρου. Το σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας είναι πλέον ο ψυχόμενος χώρος ενώ ως σύστημα υψηλής θερμοκρασίας ορίζεται το περιβάλλον.

Σταδιακά, καθώς μειώνεται ο αριθμός των διαθέσιμων καύσιμων υλών μέρα με την μέρα η χρήση των αντλιών θερμότητας σαν κύρια ακόμα σαν υποστηρικτική πηγή θερμότητας την καθιστά σημαντική για το παρόν αλλά κυρίως το μέλλον καθώς η αντλία θερμότητας δεν παράγει θερμότητα καίγοντας κάποιο καύσιμο αλλά αντλεί θερμότητα από το περιβάλλον και την μεταφέρει στον χώρο μας ή το αντίστροφο.

Ιστορική Αναδρομή

Πολλοί άνθρωποι εξακολουθούν να πιστεύουν ότι οι αντλίες θερμότητας αποτελούν μια πρόσφατη τεχνολογία και καινοτομία και με βάση αυτή τη λογική ανησυχούν ότι τα συστήματα αυτά μπορεί να μην είναι αποδεδειγμένα ή σε πρώιμο στάδιο της εξέλιξής τους. Η αλήθεια ωστόσο είναι ότι η τεχνολογία της αντλίας θερμότητας έχει καθιερωθεί για περισσότερα από 200 χρόνια και συγκεκριμένα η πρώτη αντλία θερμότητας εδάφους χρησιμοποιήθηκε πριν από περισσότερα 70 χρόνια.

Η ιστορία της αντλίας θερμότητας και της ψύξης γενικά, πηγαίνει πολύ πίσω στον χρόνο και έχει μελετηθεί από το 1700. Το 1748, ο Σκωτσέζος καθηγητής William Cullen σχεδίασε μια μικρή ψυκτική μηχανή χρησιμοποιώντας μια αντλία για να δημιουργήσει κενό πάνω από τον διαιθυλαιθέρα, η οποία έκανε τον αιθέρα να βράσει και να απορροφήσει θερμότητα από τον περιβάλλοντα αέρα. Αυτό σημειώθηκε ως η αρχή της επιστημονικής αρχής πίσω από την ψύξη, η οποία αργότερα, το 1852, αναπτύχθηκε από τον Λόρδο Κέλβιν, Ιρλανδό-Σκωτσέζο φυσικό και μηχανικό, ο οποίος πρότεινε να χρησιμοποιηθεί η ίδια αρχή για να διατηρείται ένα δωμάτιο ζεστό.

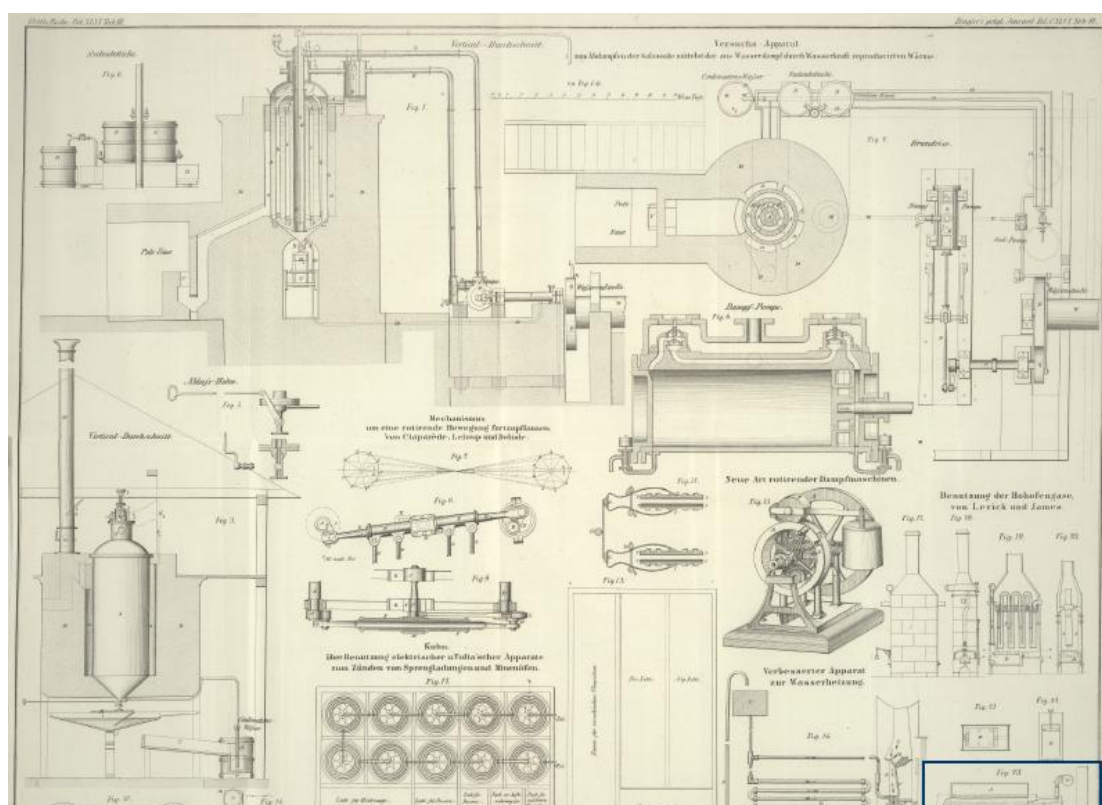
Η πρώτη αντλία θερμότητας όπως τη γνωρίζουμε σήμερα κατασκευάστηκε από τον Αυστριακής καταγωγής Peter von Rittinger το 1856 χρησιμοποιώντας την αρχή που είχε αναπτύξει προηγουμένως ο Λόρδος Κέλβιν αναγνωρίζοντας την αρχή της αντλίας θερμότητας ενώ διεξήγαγε πειράματα σχετικά με τη χρήση της λανθάνουσας θερμότητας ατμών νερού για την εξάτμιση άλμης αλατιού. Ως αποτέλεσμα, η αντλία θερμότητας χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για να στεγνώσει το αλάτι σε αλυκές στην Αυστρία.

Στη συνέχεια η πρώτη αντλία θερμότητας μεγάλης κλίμακας αναπτύχθηκε στο Norwich του Ηνωμένου Βασιλείου από τον John Sumner το 1945. Σκοπός ήταν να θερμανθεί ένα γραφείο και συγκεκριμένα της Finn Geotherm με αντλία θερμότητας, αλλά η λιτότητα κατά τη διάρκεια του πολέμου εμπόδισε τη διάθεση πόρων για να επικεντρωθεί σε ένα τόσο καινοτόμο έργο. Ωστόσο, μετά τον πόλεμο, ο John Sumner, ο οποίος ήταν ο ηλεκτρολόγος μηχανικός της πόλης στο Norwich, κατασκεύασε ένα σύστημα από σωζόμενα μέρη βασισμένο στο ψυκτικό μέσο διοξείδιο του θείου (SO₂). Το σύστημα φημολογείται ότι έχει επιτύχει έναν εποχικό λόγο απόδοσης 3,42. Το σύστημα λειτουργούσε με μέση θερμική απόδοση 147kW και είχε μέγιστη ισχύ 234kW. Το σύστημα σχεδιάστηκε για να κυκλοφορεί νερό γύρω από τα συστήματα εκπομπής θερμότητας του κτιρίου στους 50-55 ° C. Παρά την αποτελεσματικότητα και την αποτελεσματικότητα του συστήματος δεν αντιγράφηκε ευρέως στο Ηνωμένο Βασίλειο λόγω της σχετικής φθηνότητας των

ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας και αργότερα το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο της Βόρειας Θάλασσας.

Ωστόσο, οι τεχνικές πρόοδοι του Ηνωμένου Βασιλείου υιοθετήθηκαν και αναπτύχθηκαν και στον υπόλοιπο κόσμο. Το 1948 εγκαταστάθηκε μια αντλία θερμότητας μεγάλης κλίμακας στο Oregon των Ηνωμένων Πολιτειών. Μετά την πετρελαϊκή κρίση του ΟΠΕΚ τη δεκαετία του 1970, η ανάπτυξη και η υιοθέτηση αντλιών θερμότητας άρχισε να αυξάνεται. Η Σουηδία ειδικά ανέπτυξε νέους ατομικούς αντιδραστήρες και έψαχνε για αποτελεσματικά μέσα για τη θέρμανση των κατοικιών με ηλεκτρισμό και όχι με παραφίνη.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των αντλιών θερμότητας συνεχίζεται με την πρόοδο στην τεχνολογία των συμπιεστών και των ελέγχων, επιτρέποντας ιδίως στα συστήματα να είναι πιο αποτελεσματικά και ευκολότερα ελεγχόμενα. Η τεχνολογία των αντλιών θερμότητας είναι αξιόπιστη, αποτελεσματική, αποδοτική και είναι εδώ για να μείνει!

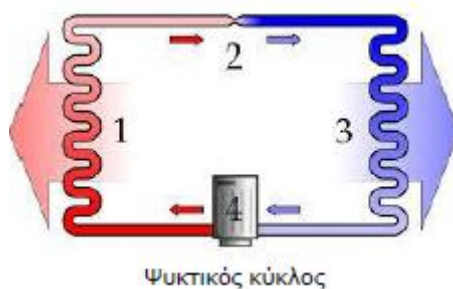


Εικόνα 2 Σχηματική αναπαράσταση της πρώτης αντλίας θερμότητας [7]

Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας στηρίζεται στη θεωρητική αρχή της μηχανής του Carnot. Η μηχανή του Carnot είναι μια θερμοδυναμική θεωρητική «κατασκευή», μια θερμική μηχανή, που έχει τη μέγιστη δυνατή απόδοση μεταξύ των μηχανών που λειτουργούν ανάμεσα σε δύο θερμοκρασίες T_h και T_c . Η μηχανή εκτελεί μια κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή, που ονομάζεται Κύκλος Carnot ενώ η απόδοση της μηχανής σε αυτό τον κύκλο είναι το ανώτερο θεωρητικό όριο, η μέγιστη δυνατή απόδοση.

Οι αντλίες θερμότητας λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν όλα τα ψυκτικά μηχανήματα και η λειτουργία τους βασίζεται στις ίδιες αρχές που εφαρμόζονται στα ψυγεία, καταψύκτες, κλιματιστικά μηχανήματα κ.λπ. Η λειτουργία τους βασίζεται στον ψυκτικό κύκλο, που είναι ένας αέναςος κύκλος εκτόνωσης και συμπίεσης ενός ρευστού (εργαζόμενο μέσο) σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 3 Ψυκτικός κύκλος [8]

Το ρευστό (ψυκτικό μέσο) που ρέει μέσα στις σωλήνες, στη θέση 1, είναι υγρό σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία, μετά το συμπίεστή. Στη θέση 1, αποβάλλεται η θερμότητα που απέδωσε κατά την συμπίεση ο συμπίεστής. Στη συνέχεια, το ψυκτικό μέσο εκτονώνεται (μειώνεται η πίεση του) στην εκτονωτική βαλβίδα (2), και εξατμίζεται (λόγω της πτώσης της πίεσης) στον εξατμιστή στη θέση 3, όπου ψύχεται και προσλαμβάνει θερμότητα. Στη συνέχεια το κρύο ψυκτικό μέσο, σε αέρια ακόμη μορφή, συμπιέζεται στον συμπίεστή, υγροποιείται, θερμαίνεται, αποβάλλει θερμότητα και ούτω κάθε εξής.

Το σημαντικό είναι ότι σε κάθε κύκλο, αποβάλλεται θερμότητα (ενέργεια) στη θέση 1 και προσλαμβάνεται (ενέργεια) στη θέση 3, άρα εφόσον ο κύκλος είναι διαρκής υπάρχει μια διαρκής μεταφορά θερμότητας από το σημείο 3 στο σημείο 1 και συνεπώς με τον ψυκτικό κύκλο μπορούμε να μεταφέρουμε θερμότητα (ενέργεια) μεταξύ δυο σημείων.

Η λειτουργία αυτή (η μεταφορά θερμότητας από ένα σημείο σε ένα άλλο) είναι που έδωσε το όνομα "αντλίες θερμότητας" στις συσκευές που λειτουργούν με βάση τον ψυκτικό κύκλο.

Στοιχεία αντλιών θερμότητας

Τα βασικότερα κατασκευαστικά μέρη που αποτελούν μια αντλία θερμότητας είναι ο συμπιεστής, οι εναλλάκτες θερμότητας (εξατμιστής και συμπυκνωτής) και η εκτονωτική διάταξη. Επίσης βασικό στοιχείο είναι το ψυκτικό μέσο ενώ για τη λειτουργία μιας ολοκληρωμένης αντλίας θερμότητας χρησιμοποιούνται μηχανισμοί αντιστροφής της λειτουργίας του ψυκτικού κύκλου καθώς και αυτοματισμοί ελέγχου και ρύθμισης. Αναλυτικά:

Συμπιεστής

Ο συμπιεστής είναι το πιο σημαντικό μηχανήμα σε κάθε ψυκτική εγκατάσταση που εργάζεται με βάση τον ψυκτικό κύκλο με συμπίεση ατμών του ψυκτικού μέσου. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως η «καρδιά» των συστημάτων ψύξης, όχι μόνο λόγω της σημαντικότητάς του αλλά και λόγω της λειτουργίας του, καθώς τροφοδοτεί το σύστημα με ψυκτικό ρευστό. Ο συμπιεστής αναρροφά το ψυκτικό αέριο από τον εξατμιστή και το συμπιέζει (καταθλίβει) από την χαμηλή πίεση στην υψηλή πίεση προς τον συμπυκνωτή. Το ψυκτικό σε αέρια μορφή φεύγοντας από τον εξατμιστή εισέρχεται στην γραμμή αναρρόφησης στον συμπιεστή έχοντας απορροφήσει ένα μέρος θερμότητας από τον εξατμιστή συμπιέζεται προς τον συμπυκνωτή δημιουργώντας έτσι μια συνεχή διαφορά πίεσης μεταξύ της πλευράς υψηλής και χαμηλής πίεσης, αποτέλεσμα της συμπίεσης είναι η τάση αύξησης της πίεσης και παράλληλα της θερμοκρασίας του.

Οι συμπιεστές για εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού, μπορούν να καταταγούν σε πέντε μεγάλες κατηγορίες ή τύπους ανάλογα με την λειτουργία τους. Αναλυτικά:

- Φυγοκεντρικοί συμπιεστές (centrifugal compressors)
- Παλινδρομικοί ή Εμβολοφόροι συμπιεστές (reciprocating compressors)
- Κοχλιωτοί ή ελικοειδείς συμπιεστές (screw compressors)
- Σπειροειδείς συμπιεστές (scroll compressors)
- Περιστροφικοί συμπιεστές (rotary compressors)

Οι **φυγοκεντρικοί συμπιεστές** (centrifugal compressors) χρησιμοποιούνται στα μεγάλα ψυκτικά συγκροτήματα κλιματισμού. Αποτελούνται κατά βάση από ένα σταθερό σπειροειδές κέλυφος, μέσα στο οποίο κινείται από έναν ηλεκτροκινητήρα

ή από μια μηχανή εσωτερικής καύσης μία πτερωτή. Η φτερωτή παίρνει κίνηση από έναν ηλεκτροκινητήρα μέσω συστήματος μετατροπής των στροφών με ελικοειδείς οδοντωτούς τροχούς. Οι ατμοί του ψυκτικού ρευστού οδηγούνται αξονικά στην πτερωτή, παρασύρονται σε περιστροφική κίνηση και λόγω της αναπτυσσόμενης φυγόκεντρης δύναμης συμπιέζονται. Οι φυγόκεντρικοί συμπιεστές μπορεί να αποτελούνται από μία ή και περισσότερες βαθμίδες συμπίεσης, συνήθως 2 έως και 5. Επειδή οι μονοβάθμιοι συμπιεστές με φτερωτή μεγάλης διαμέτρου παρουσιάζουν το φαινόμενο του «μπουκώματος» ή της κυμάτωσης λόγω των υψηλών επιπέδων συμπίεσης (συγκριτικά με τις διαστάσεις του συμπυκνωτή) χρησιμοποιούνται συνηθέστερα οι διβάθμιοι συμπιεστές που έχουν φτερωτές μικρότερης διαμέτρου. Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πλήρη αντιστροφή της ροής του ψυκτικού ρευστού και τη βίαιη εκδίωξή του από τον συμπυκνωτή. Η κυμάτωση είναι αποτέλεσμα της αδυναμίας του συμπιεστή να συνεχίσει να εργάζεται πάνω από ένα κρίσιμο λόγο πιέσεων εισόδου-εξόδου. Η παραπάνω δυσλειτουργία αντιμετωπίζεται με τη χρήση πολυβάθμιων φυγόκεντρικών συμπιεστών (συνήθως διβάθμιων) που παρουσιάζουν καλύτερη λειτουργική συμπεριφορά, μειώνοντας ταυτόχρονα και τη διατομή της πτερωτής. Οι φυγόκεντρικοί συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογές σε ψυκτικά συγκροτήματα κλιματιστικών εγκαταστάσεων μεγάλου μεγέθους με ψυκτική ικανότητα 700 – 4.000kW.

Οι **παλινδρομικοί συμπιεστές** (reciprocating compressors) είναι ο πιο κοινός τύπος συμπιεστή ψύξης που παρουσιάζει απλότητα κατασκευής και σχετικά χαμηλό κόστος προμήθειας. Χρησιμοποιούνται κυρίως στα επαγγελματικά συστήματα ψύξης-κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους ενώ αποτελούνται από ένα σύστημα εμβόλου-διωστήρα που κινείται μέσα σε έναν κύλινδρο. Με την παλινδρόμηση του εμβόλου αναρροφάται ατμός από τον εξατμιστή, ο οποίος στη συνέχεια συμπιέζεται και καταθλίβεται στον συμπυκνωτή. Οι παλινδρομικοί συμπιεστές έχουν τη δυνατότητα κατά την αναρρόφηση και συμπίεση του ψυκτικού ρευστού να επιτυγχάνουν μεγαλύτερη θερμοκρασία και πίεση συμπύκνωσης συγκριτικά με άλλους τύπους συμπιεστών (η σύγκριση γίνεται για ίδια ποσότητα και τύπο ψυκτικού ρευστού). Το παραπάνω χαρακτηριστικό είχε μέχρι πρότινος καταστήσει τους παλινδρομικούς συμπιεστές επικρατέστερους για την εφαρμογή σε συστήματα αντλιών θερμότητας και λοιπές ψυκτικές μηχανές με ισχύ από 1.8 έως 350kW και χωρητικότητα από 0.5 έως 100 τόνους. Κατά τη σχεδίαση μιας αντλίας θερμότητας με παλινδρομικό συμπιεστή ιδιαίτερη σημασία έχει η δυνατότητα άρτιας ανταπόκρισης του συμπιεστή σε όλα τα θερμικά φορτία που θα κληθεί να αντιμετωπίσει, από το ελάχιστο έως και το μέγιστο με βάση το οποίο επιλέγεται. Η επιθυμητή θερμοκρασία στον εξατμιστή επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης ή μείωσης της παροχής ψυκτικού ρευστού από την εκτονωτική βαλβίδα, ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες περιβάλλοντος. Έτσι για παράδειγμα κατά τη χρήση της

αντλίας θερμότητας για θέρμανση, για να συνεχίσει ο εξατμιστής να λειτουργεί στην ίδια επιθυμητή θερμοκρασία συνεχώς, θα πρέπει η παροχή ψυκτικού ρευστού να αυξάνει ανάλογα με τη μείωση της θερμοκρασίας της πηγής (αέρας, νερό ή έδαφος) και αντίστροφα να μειώνεται ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας της πηγής. Η παραπάνω λειτουργία όμως προκαλεί αλλοίωση της απόδοσης του παλινδρομικού συμπιεστή, γεγονός που οφείλεται στον επιζήμιο χώρο του συμπιεστή. Ως επιζήμιος χώρος νοείται ο χώρος που παραμένει «ασάρωτος» από το έμβολο, δηλαδή ο χώρος μεταξύ της πλάκας των βαλβίδων και του εμβόλου, όταν αυτό βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Μέσα στο χώρο αυτό παραμένει πάντα ένα ποσό ψυκτικού ρευστού, η μάζα του οποίου εξαρτάται από τις διαστάσεις του επιζήμιου χώρου και από το μέγεθος της πίεσης που επικρατεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση της κατάθλιψης, τόσο περισσότερο ψυκτικό εγκλωβίζεται και τόσο περισσότερο αλλοιώνεται η απόδοση του παλινδρομικού συμπιεστή. Μέχρι κάποιο βαθμό, η παραπάνω αλλοίωση μπορεί να αμεληθεί, ωστόσο υπάρχει κάποια μέγιστη πίεση κατάθλιψης, πάνω από την οποία το σύστημα θα αδυνατεί να λειτουργήσει. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 το παραπάνω πρόβλημα επιλύθηκε σε ένα βαθμό με τη χρήση δύο σταδίων συμπίεσης πριν την εισαγωγή του ρευστού στο συμπυκνωτή. Στα συστήματα αυτά γίνεται χρήση δύο συμπιεστών εκ των οποίων ο ένας εκτελεί συμπίεση σε χαμηλές θερμοκρασίες ψυκτικού ρευστού (π.χ. από -35°C σε 5°C) ενώ ο δεύτερος σε υψηλότερες (π.χ. από 5°C σε 50°C), λύση που δημιουργεί ωστόσο μεγάλες απαιτήσεις χώρου. Σήμερα για την επίλυση του προβλήματος χρησιμοποιούνται μηχανισμοί ελέγχου του όγκου και της χωρητικότητας του παλινδρομικού συμπιεστή (capacity control systems).

Οι **κοχλιωτοί συμπιεστές** (screw compressors) αποτελούνται από ένα σταθερό κέλυφος κυλινδρικής μορφής και δύο περιστρεφόμενους ατέρμονες κοχλίες που κινούνται με τη βοήθεια οδοντωτών τροχών. Οι δυο αυτοί στροφείς φέρουν ατέρμονες κοχλίες με πτερύγια που εμπλέκονται μεταξύ τους. Τα πολύ μικρά διάκενα που δημιουργούν τα πτερύγια των στροφών μεταξύ τους καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα λαδιού, στεγανοποιώντας με αυτό τον τρόπο άριστα τον χώρο της αναρρόφησης και της κατάθλιψης. Οι ατμοί του ψυκτικού μέσου, καθώς κινούνται μέσα στους ατέρμονες κοχλίες καταλαμβάνουν όλο και μικρότερο χώρο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεσή τους. Οι κοχλιωτοί συμπιεστές έχουν ελάχιστο αριθμό κινούμενων μερών από τους υπόλοιπους τύπους συμπιεστών (συγκεκριμένα 15 φορές λιγότερα μέρη από τους παλινδρομικούς συμπιεστές) και προσφέρουν υψηλότερους βαθμούς συμπίεσης σε μικρή και μεσαία ψυκτική ισχύ, χαρακτηριστικό που οφείλεται στη δυνατότητα τους να στραγγαλίζουν το ψυκτικό ρευστό μέχρι και στο 10% του αρχικού όγκου. Μειονέκτημα των κοχλιωτών συμπιεστών αποτελεί ωστόσο η απαίτηση για λίπανση στοιχείων του συμπιεστή που ταυτόχρονα έρχονται σε επαφή με το ψυκτικό ρευστό. Το γεγονός αυτό δημιουργεί την ανάγκη προσθήκης πολύπλοκου και

ογκώδους συστήματος διαχωρισμού του ρευστού από το λιπαντικό ώστε το ρευστό να εκτελεί συνεχώς τον ψυκτικό κύκλο χωρίς ανεπιθύμητες προσμίξεις που επηρεάζουν τις ιδιότητές του. Ένα ακόμα ζήτημα που απασχολεί και χρήζει βελτίωσης είναι η δυσαναλογία μεταξύ προσφερόμενης ισχύος και μείωσης του όγκου κατεργασίας. Παρατηρείται έτσι κατά τη λειτουργία των κοχλιωτών συμπιεστών, έπειτα από την πρόσδοση για παράδειγμα του 50(+) % του έργου που απαιτείται για μια πλήρη συμπίεση, το ψυκτικό ρευστό να έχει συμπιεστεί λιγότερο από το 50% του αρχικού όγκου. Παρ' όλα αυτά, η αυξημένη αξιοπιστία και η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής που χαρακτηρίζουν τον συγκεκριμένο τύπο, οδηγούν ολοένα και περισσότερους κατασκευαστές στην επιλογή των κοχλιωτών συμπιεστών για εφαρμογή σε συστήματα αντλιών θερμότητας. Χρησιμοποιούνται σε ψυκτικά συγκροτήματα εγκαταστάσεων κλιματισμού από 350kW και πάνω.

Οι **σπειροειδείς συμπιεστές** (scroll compressors) αποτελούνται από δυο πλάκες που φέρουν σπείρα και είναι προσαρμοσμένες η μια μέσα στην άλλη. Η μια από τις δυο σπείρες είναι σταθερή ενώ η άλλη κινείται έκκεντρα μέσα στη σταθερή. Με την κίνηση αυτή δημιουργούνται δυο θύλακες, οι οποίοι εγκλωβίζουν τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού. Με την συνεχή μείωση του όγκου των θυλάκων, οι ατμοί συμπιέζονται και οδηγούνται προς τον συμπυκνωτή. Οι σπειροειδείς συμπιεστές είναι ο κατεξοχήν τύπος συμπιεστή που χρησιμοποιείται στις αντλίες θερμότητας, με συνεχώς αυξανόμενη χρήση καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλές αποδόσεις, αθόρυβη λειτουργία και έλλειψη κραδασμών. Οι σπειροειδείς συμπιεστές βρίσκουν εφαρμογή σε ψυκτικά συγκροτήματα κλιματισμού μικρού και μεσαίου μεγέθους 10 – 200kW.

Τέλος, οι **περιστροφικοί συμπιεστές** (rotary compressors) αποτελούνται από ένα ρότορα (στροφέα) που περιστρέφεται έκκεντρα μέσα σε έναν κύλινδρο. Με την περιστροφή του ρότορα, ο διατιθέμενος χώρος για τους ατμούς του ψυκτικού ρευστού γίνεται όλο και μικρότερος. Με τον τρόπο αυτό οι ατμοί συμπιέζονται μέχρι την υψηλή πίεση και οδηγούνται στον συμπυκνωτή. Ο συγκεκριμένος τύπος συμπιεστή μπορεί να επιτυγχάνει αρκετά υψηλά επίπεδα συμπίεσης, η χωρητικότητά του ωστόσο σε ψυκτικό ρευστό είναι περιορισμένη σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους συμπιεστών (η σύγκριση γίνεται για παρόμοιες διαστάσεις), για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε μονάδες μικρής και μεσαίας ισχύος όπως τα οικιακά ψυγεία, οι κλιματιστικές συσκευές δωματίου κτλ.

Εξατμιστής

Ο εξατμιστής είναι το τμήμα της αντλίας θερμότητας που έχει ως λειτουργία την απορρόφηση θερμότητας από το περιβάλλον του. Ουσιαστικά ο εξατμιστής είναι ένας από τους δυο εναλλάκτες θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού ρευστού και

του συστήματος υψηλού θερμοκρασιακού επιπέδου, όπως αυτό ορίζεται κάθε φορά ανάλογα με τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας.

Οι εξατμιστές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το ρευστό που ψύχουν, δηλαδή αέρα ή νερό. Έτσι έχουμε, τους εξατμιστές που ψύχουν αέρα και ονομάζονται αερόψυκτοι και τους εξατμιστές που ψύχουν υγρά και ονομάζονται υδρόψυκτοι. Έτσι, ανάλογα κάθε φορά με την χρήση για την οποία προορίζεται η ψυκτική μηχανή χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος εξατμιστής.

Οι αερόψυκτοι εξατμιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν σε όλες τις εφαρμογές του κλιματισμού, της συντήρησης προϊόντων, στους καταψύκτες κτλ., ενώ οι εξατμιστές αυτοί χωρίζονται σε δυο επιπλέον κατηγορίες: αυτούς με την φυσική κυκλοφορία αέρα και σε αυτούς με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία.

Στους εξατμιστές φυσικής κυκλοφορίας, ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τον εξατμιστή ψύχεται και γίνεται πιο πυκνός (άρα πιο βαρύν) με αποτέλεσμα να κινείται από επάνω προς τα κάτω δημιουργώντας με αυτό τον τρόπο ένα καθοδικό ρεύμα φυσικής κυκλοφορίας γύρω από τον εξατμιστή. Η απόδοση του εξαρτάται από την επιφάνεια του, δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του τόσο μεγαλύτερη και η απόδοση του.

Στους εξατμιστές εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα η κυκλοφορία επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός ή περισσότερων ανεμιστήρων ενώ η κατασκευή των οποίων περιλαμβάνει ένα πτερυγιοφόρο σωλήνα – στοιχείο και ένα τουλάχιστον ανεμιστήρα που φυσά τον αέρα ανάμεσα στα πτερύγια του εξατμιστή. Επίσης η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας είναι μικρότερη από αυτή των εξατμιστών με φυσική κυκλοφορία.

Οι υδρόψυκτοι εξατμιστές βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα εγκαταστάσεων όπως είναι οι εγκαταστάσεις κλιματισμού στις οποίες ο εξατμιστής ψύχει το νερό όπως οι ψύκτες πόσιμου νερού, οι ψυκτικές εγκαταστάσεις υγρών τροφίμων (χυμοί, μπύρα κτλ.) αλλά και μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες ψύχονται διάφορες άλμες σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0°C. Όλοι οι εξατμιστές που χρησιμοποιούνται στον κλιματισμό για ψύξη νερού έχουν διάταξη προστασίας από πάγωμα. Η διάταξη αυτή αποτελείται από ένα θερμοστάτη ο οποίος ελέγχει την θερμοκρασία του ψυχόμενου νερού και διακόπτει την λειτουργία της ψυκτικής μηχανής αν η θερμοκρασία του κατέβει κάτω από τους 4°C, ή απλά με τη χρήση αντιπηκτικού υγρού στη θέση του νερού.

Στην περίπτωση όμως των αερόψυκτων εξατμιστών στους οποίους παρατηρείται συχνά το φαινόμενο δημιουργίας πάγου στην επιφάνεια του εξατμιστή, η αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται μέσω της διαδικασίας της απόψυξης. Αυτό γίνεται γιατί η επιφάνεια του εξατμιστή έχει θερμοκρασία χαμηλότερη από τον αέρα στο εσωτερικό του με αποτέλεσμα η υγρασία του αέρα

να συμπυκνώνεται. Το σχηματιζόμενο στρώμα πάγου δρα ως μονωτικό υλικό με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού εναλλαγής θερμότητας μεταξύ του ψυχόμενου αέρα και του εξατμιστή. Όπως γίνεται αντιληπτό, το φαινόμενο σχηματισμού πάγου δεν επηρεάζει τη λειτουργία μόνο του εξατμιστή, αλλά ολόκληρης της αντλίας θερμότητας. Η μείωση της ικανότητας του εξατμιστή εξαναγκάζει σε παρατεταμένη λειτουργία τον συμπιεστή με συνέπεια την αύξηση της κατανάλωσης αλλά και μείωση της διάρκειας ζωής του λόγω υπερθέρμανσης. Για τον λόγο αυτό πρέπει να γίνεται συχνά απόψυξη. Στα σύγχρονα μηχανήματα η απόψυξη γίνεται με αυτόματους μηχανισμούς που μπαίνουν σε λειτουργία συνήθως μέσω θερμοστάτη, όπως είναι, η χρήση ζεστού νερού μέσω κατάλληλων σωληνώσεων, με ηλεκτρικές αντιστάσεις, οι οποίες τοποθετούνται μέσα στα πτερύγια του στοιχείου του αεροψυκτήρα, μέσω της παράκαμψης θερμού αερίου ή και με ψεκασμό ζεστού νερού στην εξωτερική επιφάνεια του εξατμιστή.

Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής είναι το τμήμα της αντλίας θερμότητας από το οποίο αποβάλλεται η θερμότητα στο περιβάλλον. Ουσιαστικά ο συμπυκνωτής αποτελεί έναν από τους δυο εναλλάκτες θερμότητας μεταξύ του ψυκτικού ρευστού και του συστήματος χαμηλού θερμοκρασιακού επιπέδου, όπως αυτό ορίζεται κάθε φορά ανάλογα με τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας. Έτσι κατά τη θερμαντική λειτουργία ο συμπυκνωτής προσδίδει θερμότητα στο μέσον ή τον χώρο που πρέπει να θερμανθεί, ενώ κατά την ψυκτική λειτουργία απορρίπτει θερμότητα στο εξωτερικό περιβάλλον. Το αέριο φθάνει στο συμπυκνωτή σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση μέσω του συμπιεστή όπου γίνεται ψύξη και συμπύκνωση του ψυκτικού μέσου σε τρία στάδια με την θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον. Στο πρώτο στάδιο το υπέρθερμο αέριο ψύχεται μέχρι τη θερμοκρασία συμπύκνωσης. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται η συμπύκνωση του αερίου σε υγρό όπου αποβάλλονται μεγάλα ποσά θερμότητας. Ενώ στο τρίτο στάδιο το υγροποιημένο ψυκτικό μέσο ψύχεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης.

Η απόδοση των συμπυκνωτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του υλικού διαμέσου του οποίου γίνεται η εναλλαγή θερμότητας. Οι συμπυκνωτές όπως και οι εξατμιστές μπορεί να κατασκευάζονται από χαλκό, χάλυβα, ορείχαλκο, ανοξείδωτο χάλυβα ή αλουμίνιο, με τον χαλκό να είναι το επικρατέστερο υλικό λόγω του υψηλού συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και της αντοχής του στη διάβρωση.

Οι συμπυκνωτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους, δηλαδή τον τρόπο τον οποίο αποβάλλουν θερμότητα στο περιβάλλον. Έτσι έχουμε, τους αερόψυκτους συμπυκνωτές, οι οποίοι ψύχονται μέσω του αέρα, τους υδρόψυκτους συμπυκνωτές οι οποίοι ψύχονται μέσω του νερού και τους

εξατμιστικούς συμπυκνωτές οι οποίοι ψύχονται με ταυτόχρονη κυκλοφορία νερού αέρα.

Αερόψυκτοι συμπυκνωτές

Αερόψυκτοι συμπυκνωτές ονομάζονται οι συμπυκνωτές που ψύχονται με τη βοήθεια του αέρα του περιβάλλοντος. Δηλαδή ο αέρας απάγει τη θερμότητα και συμπυκνώνει το ψυκτικό μέσο. Στον συγκεκριμένο τύπο η επιφάνεια εναλλαγής θερμότητας αποτελείται από σωλήνες χαλκού μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το ψυκτικό ρευστό. Για την αποδοτικότερη εναλλαγή θερμότητας μεταξύ αέρα και ψυκτικού ρευστού, στους σωλήνες τοποθετούνται πτερύγια χαλκού ή αλουμινίου που αυξάνουν την επιφάνεια εναλλαγής ανάμεσα στα οποία περνάει ο αέρας και ψύχει.

Η κυκλοφορία του αέρα μέσα από το συμπυκνωτή γίνεται είτε με φυσική κυκλοφορία αέρα χωρίς δηλαδή τη χρήση κάποιου ανεμιστήρα ή με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα με την βοήθεια ενός ή και περισσότερων ανεμιστήρων.

Ο αερόψυκτος συμπυκνωτής φυσικής κυκλοφορίας αέρα συνήθως βρίσκει εφαρμογή σε μικρές εγκαταστάσεις όπως τα οικιακά ψυγεία ενώ η απόδοση του εξαρτάται από το μέγεθος της επιφάνειας του, δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι η επιφάνεια του συμπυκνωτή τόσο μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας από τη θερμοκρασία του αέρα συνεπώς αυξάνετε και η απόδοση του. Τα πλεονεκτήματα του συγκεκριμένου είναι η απλή κατασκευή, το χαμηλό κόστος, η αθόρυβη λειτουργία του καθώς και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Ο αερόψυκτος συμπυκνωτής εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα μπορεί να κατασκευαστεί σε διάφορα μεγέθη ενώ βρίσκει εφαρμογή σε μικρές έως και μεγάλες ψυκτικές εγκαταστάσεις. Η λειτουργία του βασίζεται σε ανεμιστήρες οι οποίες φυσούν και κατευθύνουν τον αέρα από τα πτερύγια του συμπυκνωτή ενώ η απόδοση του εξαρτάται από την ταχύτητα του αέρα καθώς και από την επιφάνεια του στοιχείου. Όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του αέρα που περνά από το στοιχείο, τόσο μεγαλύτερη και η παροχή του άρα τόσο περισσότερη η θερμότητα που μπορεί να απορροφήσει. Τα πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων είναι ότι η επιφάνειας συναλλαγής θερμότητας σε σχέση με την απόδοση τους είναι μικρή και επομένως έχουν μικρές διαστάσεις, διατίθενται σε διάφορα μεγέθη καλύπτοντας από λίγα kW έως και 350kW.

Υδρόψυκτοι συμπυκνωτές

Στους υδρόψυκτους συμπυκνωτές η εναλλαγή θερμότητας πραγματοποιείται μέσω της κυκλοφορίας του νερού. Το νερό μπορεί να προέρχεται από οποιαδήποτε φυσική πηγή νερού ή από το δίκτυο της πόλης. Το νερό ψύξης καθώς περνά μέσα από το συμπυκνωτή απορροφά μέρος της θερμότητας που

πρέπει να απομακρυνθεί με αποτέλεσμα αυτό να θερμαίνεται. Στις μικρές εγκαταστάσεις με μικρές καταναλώσεις το νερό μετά το συμπυκνωτή ενώ έχει πλέον θερμανθεί οδηγείται στην αποχέτευση, το σύστημα αυτό λέγεται ανοιχτό. Δηλαδή το νερό χάνεται και πρέπει να έχουν συνεχή αναπλήρωση με νέο. Αυτό όμως δεν μπορεί να συμβαίνει σε μεγάλες εγκαταστάσεις με μεγάλες απαιτήσεις και καταναλώσεις. Στις περιπτώσεις αυτές λοιπόν το νερό ψύξης ανακυκλώνεται, ψύχεται ξανά (αφού έχει θερμανθεί) και ξαναχρησιμοποιείται. Αυτή η διαδικασία γίνεται σε ένα μηχάνημα που ονομάζεται πύργος ψύξης και το σύστημα λέγεται κλειστό.

Ανάλογα με τον τρόπο κυκλοφορίας του ψυκτικού ρευστού και του νερού εντός των υδρόψυκτων συμπυκνωτών, αυτοί κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, τους σωληνωτούς συμπυκνωτές, τους συμπυκνωτές με δοχείο και σερπαντίνα και τους συμπυκνωτές κελύφους-σωλήνα.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές διπλού σωλήνα αποτελούνται από δύο σωλήνες, στους οποίους στον εσωτερικό κυκλοφορεί το νερό ψύξης και στον εξωτερικό το ψυκτικό υγρό. Οι συμπυκνωτές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σε μικρές ψυκτικές μηχανές.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές με δοχείο και σερπαντίνα αποτελούνται από ένα δοχείο μέσα στο οποίο έχει τοποθετηθεί μια σερπαντίνα από χαλκοσωλήνα, όπου μέσα στο δοχείο κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο και στη σερπαντίνα το νερό ψύξης. Αυτοί οι συμπυκνωτές βρίσκουν εφαρμογή σε μικρού και μεσαίου μεγέθους ψυκτικές μηχανές.

Οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές με κέλυφος και σωλήνες είναι οι πιο διαδεδομένοι σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους ψυκτικές μηχανές. Ο συμπυκνωτής εδώ αποτελείται από ένα κυλινδρικό δοχείο μέσα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί σωλήνες. Στο κέλυφος του συμπυκνωτή κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσα και στους σωλήνες το νερό ψύξης.

Εξατμιστικοί συμπυκνωτές

Εξατμιστικοί συμπυκνωτές ονομάζονται οι συμπυκνωτές που ψύχονται με συνδυασμό νερού και αέρα. Για να αξιοποιήσουν αυτούς τους δυο παράγοντες οι συμπυκνωτές αυτοί τοποθετούνται σε κιβώτιο μέσα στο οποίο δημιουργείται ρεύμα αέρα ενώ ταυτόχρονα καταβρέχονται με νερό αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο τον ρυθμό ψύξης του συμπυκνωτή. Οι εξατμιστικοί συμπυκνωτές έχουν πολύ καλή απόδοση σε σχέση με το μέγεθος τους και κατασκευάζονται σε όλα τα μεγέθη.

Εκτονωτική διάταξη

Σκοπός της εκτονωτικής διάταξης ή αλλιώς στραγγαλιστικής διάταξης είναι η ρύθμιση της απαραίτητης και αναγκαίας ποσότητας ψυκτικού ρευστού από τον

συμπυκνωτή προς τον εξατμιστή με ελεγχόμενο τρόπο, ώστε η αντλία θερμότητας να εργάζεται με τη μέγιστη δυνατή απόδοση χωρίς όμως να υπερφορτώνεται ο συμπιεστής. Επίσης σκοπός της εκτονωτικής διάταξης είναι να αλλάζει τα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού μέσου έτσι ώστε από ψυκτικό υγρό υψηλής πίεσης στην έξοδο του συμπυκνωτή να μετατρέπεται σε ψυκτικό υγρό σταθερής χαμηλής πίεσης. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η άριστη και πιο αποδοτική μεταφορά θερμότητας στο ψυκτικό υγρό από τον εξατμιστή καθώς και η τροφοδότηση του συμπιεστή με ψυκτικό μέσο κατάλληλης πίεσης και θερμοκρασίας και την αποφυγή υπερφορτίσεων. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι εκτονωτικών διατάξεων που χρησιμοποιούνται στις αντλίες θερμότητας είναι ο τριχοειδής σωλήνας (capillary tube) και η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (thermal expansion valve).

Ο τριχοειδής σωλήνας πρόκειται ουσιαστικά για χαλκοσωλήνα μικρής διαμέτρου (από 0.8 έως 1.4 mm) και μήκους που κυμαίνεται από 30cm έως 40cm. Η λειτουργία του βασίζεται στην πτώση πίεσης του ψυκτικού ρευστού που δημιουργείται μεταξύ εισόδου και εξόδου του σπειροειδή σωλήνα ενώ η ποσότητα του ψυκτικού μέσου που θα περάσει μέσα από τον τριχοειδή σωλήνα καθορίζεται από τη διάμετρο και το μήκος του σωλήνα.

Ο τριχοειδής σωλήνας ως εκτονωτική διάταξη εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα και χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα στις ψυκτικές εγκαταστάσεις μικρού μεγέθους όπως τα οικιακά ή μικρά επαγγελματικά ψυγεία ή τις μικρές κλιματιστικές μονάδες ενώ ως εξάρτημα έχει πολύ μικρό κόστος και δεν απαιτεί συντήρηση.

Η θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα (thermostatic expansion valve) είναι ο τύπος εκτονωτικής διάταξης που χρησιμοποιείται περισσότερο στις αντλίες θερμότητας και στις σύγχρονες ψυκτικές εγκαταστάσεις. Αποτελείται κυρίως από μια μεμβράνη (διάφραγμα), το σύστημα ελέγχου, το ρυθμιστή υπερθέρμανσης, το θερμοστατικό βολβό και τον τριχοειδή σωλήνα που συνδέει το κύριο σώμα της βαλβίδας με το θερμοστατικό βολβό.

Χρησιμοποιώντας ένα θερμικό αισθητήριο για την ανίχνευση της υπερθέρμανσης, η βαλβίδα ανοίγει ή κλείνει, ρυθμίζοντας έτσι τη ροή του ψυκτικού ρευστού, προσφέροντας έτσι τη ρύθμιση της ισχύος και αυξημένη προστασία στα υπόλοιπα εξαρτήματα της αντλίας θερμότητας. Όλα τα στοιχεία της θερμοστατικής εκτονωτικής βαλβίδας περικλείονται και συγκρατούνται από το σώμα της, το οποίο κατασκευάζεται από ορείχαλκο ή ανοξείδωτο χάλυβα και στερεώνει τη βαλβίδα στη σωλήνωση του ψυκτικού κυκλώματος. Το διάφραγμα είναι τοποθετημένο μέσα στο σώμα και κινεί τη βελόνα ανάλογα με τις μεταβολές του φορτίου στο σύστημα. Η βελόνα είναι συνήθως κατασκευασμένη από πολύ σκληρά ανοξείδωτα μέταλλα και μαζί με την έδρα της βαλβίδας χρησιμοποιούνται ως μηχανισμός ελέγχου του

ψυκτικού ρευστού. Το ελατήριο υπερθέρμανσης ανυψώνει το διάφραγμα και κλείνει τη βαλβίδα ωθώντας τη βελόνα μέσα στην έδρα. Ο βολβός ανιχνεύει τη θερμοκρασία στην άκρη του εξατμιστή και μεταφέρει αυτήν τη θερμοκρασία, μετατρέποντάς την σε πίεση, στην κορυφή του διαφράγματος. Για να συμβεί αυτό, ο βολβός περιέχει στο εσωτερικό του υγρό, παρόμοιο με το ψυκτικό μέσο, το οποίο ανταποκρίνεται στον πίνακα σχέσης πίεσης-θερμοκρασίας, όπως ακριβώς και το ψυκτικό ρευστό που χρησιμοποιείται. Όταν η θερμοκρασία αναρρόφησης αυξάνεται, τότε η μεταβολή της θερμοκρασίας επέρχεται μέσα στο βολβό. Όταν υπάρχει μεταβολή πίεσης, τότε ο τριχοειδής σωλήνας (κοίλος σωλήνας μικρής διαμέτρου) επιτρέπει την εξισορρόπηση της πίεσης μεταξύ βολβού και του διαφράγματος.

Ψυκτικό Υγρό

Ως ψυκτικό μέσο ορίζεται ως το ρευστό – εργαζόμενο σώμα των θερμοδυναμικών ψυκτικών κύκλων. Είναι το μέσο με το οποίο μεταφέρεται η θερμοκρασία από τους χώρους που βρίσκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασιακή στάθμη και η θερμοκρασία είναι ανεπιθύμητη στους χώρους που η θερμοκρασία είναι χρήσιμη και επιθυμητή.

Ψυκτικά ρευστά καλούνται οι ουσίες που καθώς εξατμίζονται απορροφούν θερμότητα από το χώρο τους. Κάθε ψυκτικό υγρό πρέπει να έχει ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες οι οποίες εξασφαλίζουν την οικονομική και ασφαλή χρήση του, αναλυτικά:

- Να απορροφά θερμότητα εξατμιζόμενο όταν βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον του
- Να μπορεί να συμπιέζεται ώστε να ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του και η πίεση του
- Να συμπυκνώνεται όταν αποβάλλει θερμότητα

Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει ψυκτικό ρευστό που να συγκεντρώνει όλες τις παραπάνω ιδιότητες, για τον λόγο αυτό υπάρχει μια ποικιλία ψυκτικών ρευστών ανάλογα με την περίπτωση και την χρήση που θέλουμε. Ειδικότερα, το R-12 που ανήκει στην κατηγορία των χλωροφθορανθράκων και εξυπηρετεί περισσότερο την επαγγελματική ψύξη, το R-22 που ανήκει στην κατηγορία των υδροχλωροφθορανθράκων εξυπηρετεί περισσότερο την επαγγελματική ψύξη, ενώ το R717 – η αμμωνία εξυπηρετεί στο πλοία ψυγεία και γενικά στις πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις.

Τα ψυκτικά ρευστά χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες τα πρωτεύοντα και τα δευτερεύοντα. Πρωτεύοντα ονομάζονται εκείνα τα οποία προκειμένου να απορροφήσουν θερμότητα από ένα χώρο για να τον ψύξουν, ατμοποιούνται εντός

αυτού πχ τα Freon, η αμμώνια κ.λπ. Δευτερεύοντα καλούνται τα ψυκτικά ρευστά τα οποία προκειμένου να αφαιρέσουν θερμότητα από ένα χώρο, δεν ατμοποιούνται εντός αυτού, αλλά ψύχονται σε άλλο χώρο και στη συνέχεια εισέρχονται στον χώρο τον οποίο πρέπει να ψύξουν, πχ άλμη, το νερό κ.λπ. Επίσης τα πρωτεύοντα ψυκτικά ρευστά χωρίζονται σε μια επιπλέον κατηγορία ανάλογα με το πόσο ασφαλή είναι στη χρήση τους, στα ασφαλή ψυκτικά ρευστά, στα ψυκτικά ρευστά μέτριας ασφάλειας και τα επικίνδυνα ψυκτικά ρευστά.

Ένας πολύ βασικός παράγοντας επιλογής του κατάλληλου ψυκτικού υγρού κάτι με το οποίο εναρμονίζεται και η νομοθεσία αποτελεί το αντίκτυπο που έχουν στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα πολλά ψυκτικά μέσα θεωρούνται ότι είναι υπεύθυνα για την επίδραση τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και της καταστροφής της στοιβάδας του όζοντος.

Συγκεκριμένα το 1987, υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ που αποτελεί μια διεθνή συμφωνία για τον έλεγχο της παραγωγής των ουσιών που καταστρέφουν το όζον ανάμεσα στις οποίες είναι και ψυκτικά μέσα που περιέχουν χλώριο και βρώμιο, ενώ ακολούθησαν τέσσερις τροποποιήσεις, του Λονδίνου το 1990, της Κοπεγχάγης το 1992, του Μόντρεαλ το 1997 και του Πεκίνου το 1999 όπου επηρέασαν σημαντικά την πορεία των ψυκτικών μέσων.

Το ψυκτικό υγρό R1234yf αποτελεί την εξέλιξη των ψυκτικών υγρών. Το ψυκτικό μέσο R134a που χρησιμοποιείται κατά κόρον μέχρι και σήμερα είναι 1.430 φορές πιο επιβλαβές στην ατμόσφαιρα από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), πιο συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα παραμένει στην ατμόσφαιρα για 1 ημέρα ενώ το R134a για 13 χρόνια σε αντίθεση με το R1234yf για μόλις 11 ημέρες. Δυστυχώς η σύσταση του νέου αυτού ψυκτικού μέσου δεν επιτρέπει την χρήση του στα παλιά συστήματα ψύξης ή ακόμα και στα νέα συστήματα που δεν υποστηρίζουν αυτό το υλικό λόγω της πολύ υψηλής ευφλεκτότητας του απαιτείτε ειδική διάταξη και εξοπλισμό.

PROPERTIES	R1234yf	R134a
Boiling Point	-29°C	-26°C
Critical Point	95°C	102°C
Saturation Pressure at 25°C	580 kPa gauge	567 kPa gauge
Saturation Pressure at 80°C	2400 kPa gauge	2490 kPa gauge
Global Warming Potential	<1	1430
Flammability Rating	Class A2L Refrigerant - Mildly Flammable	A1 - Non Flammable

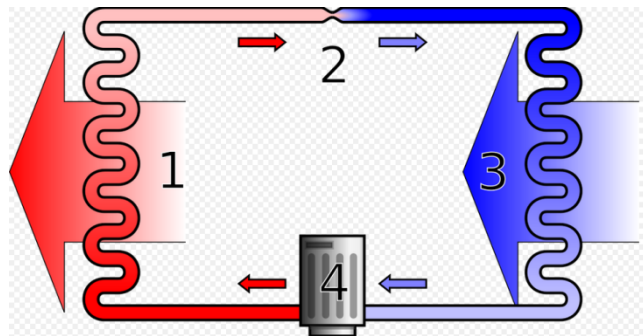
Εικόνα 4 Συγκριτικός πίνακας ψυκτικών ρευστών R1234yf - R134a [9]

Κατηγορίες

Ανάλογα με το ρευστό στο οποίο αποβάλλει (ή από το οποίο προσλαμβάνει) την ενέργεια η αντλία στα σημεία (1) και (3) του ψυκτικού κύκλου, οι αντλίες θερμότητας ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες.

Αντλίες θερμότητας αέρος / αέρος

Οι αντλίες αέρος / αέρος είναι τα γνωστά μας κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου (split) τα οποία αντλούν την ενέργεια από τον αέρα του περιβάλλοντος και την μεταφέρουν στον αέρα του χώρου μας, έχουν και ως πηγή "άντλησης" ενέργειας αλλά και ως μέσο απόδοσης της ενέργειας τον αέρα. Στην πρώτη περίπτωση τον εξωτερικό αέρα (ως πηγή "άντλησης" ενέργειας) και στην δεύτερη τον εσωτερικό ή και ένα μέρος εξωτερικού για ταυτόχρονο εξαερισμό του χώρου. Είναι αντλίες που διαθέτουν και στο σημείο 1 και στο σημείο 3 εναλλάκτη θερμότητας αέρα / ψυκτικού. Ειδικά στον διαιρούμενο τύπο το ένα στοιχείο (εναλλάκτης στη θέση 3) βρίσκεται μέσα στο σπίτι μας και προσλαμβάνει ενέργεια (αφαιρεί θερμότητα / ψύχει τον χώρο), και το άλλο σημείο (1) είναι επίσης εναλλάκτης ψυκτικού μέσου / αέρα και αποβάλλει θερμότητα έξω από το σπίτι μας. Αποτελούν τον πιο συνηθισμένο τύπο αντλίας θερμότητας, που χρησιμοποιείται ευρύτατα για τη θέρμανση-ψύξη κατοικιών, γραφείων και μικρών εμπορικών καταστημάτων.



Εικόνα 5 Αντλία θερμότητας αέρα - αέρα [10]

Αντλίες θερμότητας αέρος / νερού

Οι αντλίες θερμότητας αέρα / νερού λειτουργούν ακριβώς όπως τα κλιματιστικά, αντί όμως να μεταφέρουν την ενέργεια κατευθείαν στον αέρα του χώρου μας, την μεταφέρουν σε νερό το οποίο κυκλοφορεί στο σπίτι μας και μας ζεσταίνει είτε μέσω κλασσικών θερμαντικών σωμάτων καλοριφέρ, είτε μέσω fan coils (θερμαντικών σωμάτων με ανεμιστήρα) είτε στην ενδοδαπέδια θέρμανση. Οι αντλίες αυτές στην μια πλευρά (σημείο 3) αντί για στοιχείο έχουν εναλλάκτη ψυκτικού μέσου / νερού και αφαιρούν θερμότητα (ψύχουν) νερό αντί για αέρα. Με τις αντλίες αυτές δηλαδή, μπορούμε να αντλούμε θερμότητα (και άρα να ψύχουμε) νερό και να την αποβάλλουμε στο περιβάλλον (όπως γίνεται και στα κλιματιστικά μηχανήματα της προηγούμενης κατηγορίας). Ο συγκεκριμένος τύπος χρησιμοποιείται κυρίως σε συστήματα κεντρικού κλιματισμού μεγάλων κτηρίων, όπου είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε κάθε κλιματιστική ζώνη αλλά και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή θερμού και ψυχρού νερού.

Αντλίες θερμότητας νερού / νερού

Πρόκειται για αντλίες οι οποίες αντλούν την ενέργεια από νερό (είτε μέσω γεώτρησης, είτε από την θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι) και την αποδίδουν σε νερό που όπως και προηγουμένως η θέρμανση μεταφέρεται μέσω θερμαντικών σωμάτων ή ενδοδαπέδιας θέρμανσης. Το πρωτεύον κύκλωμα τροφοδοτείται με νερό από το περιβάλλον ενώ το δευτερεύον συνδέεται με τοπικές μονάδες ανεμιστήρα/στοιχείου (fan-coil units) ή με στοιχεία κλιματιστικών μονάδων. Το θερμό/ψυχρό νερό του δευτερεύοντος κυκλώματος εξασφαλίζει τις επιθυμητές συνθήκες κλιματισμού κάθε χώρου. Η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του νερού προσαγωγής και του ψυκτικού ρευστού αλλά και μεταξύ ψυκτικού ρευστού και δευτερεύοντος κυκλώματος, πραγματοποιείται με τη βοήθεια υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή).

Αντλίες θερμότητας εδάφους / νερού

Οι αντλίες αυτές ονομάζονται και γεωθερμικές, αν και ο όρος γεωθερμία παραπέμπει σε άλλου είδους ενεργειακές εφαρμογές όπου εκμεταλλευόμαστε την υπάρχουσα ενέργεια θερμών υπόγειων υδάτων.

Στις αντλίες αυτές και οι δύο εναλλάκτες είναι εναλλάκτες νερού, και το ψυκτικό μέσο μεταφέρει θερμότητα από τη μια μάζα νερού στην άλλη. Τέτοιες αντλίες, είναι οι υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας με πύργο ψύξης και οι αντλίες νερού / νερού που χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις με γεωεναλλάκτη (γεωθερμικές). Οι αντλίες θερμότητας νερού / νερού διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία κλειστού κυκλώματος): Στην κατηγορία αυτή η πηγή "άντλησης" ενέργειας προέρχεται από το έδαφος με οριζόντιους ή κάθετους εναλλάκτες οι οποίοι μεταφέρουν την (θερμική) ενέργεια του υπεδάφους στην αντλία. Το θερμικό μέσο απόδοσης ενέργειας είναι και εδώ το νερό όπως και στην αέρος / νερού.

Αντλίες θερμότητας νερού - νερού (γεωθερμική αντλία ανοιχτού κυκλώματος): Στην περίπτωση αυτή εκμεταλλευόμαστε την θερμική ενέργεια των υπόγειων υδάτων με κατάλληλες γεωτρήσεις. Η αντλία θερμότητας είναι ίδια με την παραπάνω περίπτωση μόνο που το υδραυλικό κομμάτι του πρωτεύοντος κυκλώματος είναι από υλικά κατάλληλα για ανοιχτό κύκλωμα. Το θερμικό μέσο απόδοσης ενέργειας είναι και εδώ το νερό όπως και παραπάνω.

Αντλίες θερμότητας εδάφους / αέρα

Ο τύπος αυτός έχει λειτουργικά και κατασκευαστικά το ίδιο πρωτεύον κύκλωμα με τις αντλίες εδάφους νερού. Στο δευτερεύον κύκλωμα όμως, αντί του υδρόψυκτου εναλλάκτη (συμπυκνωτή/εξατμιστή), υπάρχει ανεμιστήρας και αερόψυκτος εναλλάκτης, που τροφοδοτούν με θερμό ή ψυχρό αέρα το δίκτυο αεραγωγών κλιματισμού του κτιρίου.

Εφαρμογές

Οι αντλίες θερμότητας στις μέρες μας μπορούν να βρουν πληθώρα εφαρμογών έχοντας μια ανοδική τάση τα τελευταία χρόνια στην αγορά. Συγκεκριμένα, μπορούν να εγκατασταθούν σε μικρά κτίρια (μονοκατοικίες ή μικρές πολυκατοικίες) και να καλύπτουν τις θερμικές τους απαιτήσεις είτε αυτόνομα είτε σε συνδυασμό με κάποιο άλλο συμβατικό σύστημα θέρμανσης (π.χ. λέβητα θερμού νερού με καύση πετρελαίου ή φυσικού αερίου). Στην περίπτωση αυτή οι αντλίες θερμότητας είναι κατασκευασμένες ώστε να παρέχουν μόνο θέρμανση, δεν αντιστρέφεται δηλαδή ο ψυκτικός κύκλος.

Στις παραπάνω εφαρμογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντλίες θερμότητας τύπου αέρα-νερού, νερού-νερού ή εδάφους-νερού, με σκοπό να θερμαίνουν το νερό για την εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης. Για τη θέρμανση των χώρων μπορούν να εγκατασταθούν είτε κοινά θερμαντικά σώματα, είτε σώματα ανεμιστήρα στοιχείου, είτε ενδοδαπέδια θέρμανση. Η επιλογή της αυτόνομης ή συνδυασμένης λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τα θερμικά φορτία του εξεταζόμενου κτιρίου, καθώς και από την μέγιστη απαιτούμενη θερμοκρασία του νερού κυκλοφορίας. Σήμερα μια αντλία θερμότητας μπορεί να παρέχει θερμό νερό έως και 70°C. Τα θερμοκρασιακά επίπεδα που καθιστούν αποδοτική μια αντλία θερμότητας και είναι ευρέως διαδεδομένα σήμερα στην αγορά κυμαίνονται από 35°C έως 55°C (αντλίες θερμότητας χαμηλών θερμοκρασιών). Σύμφωνα λοιπόν με αυτόν τον περιορισμό καθιστά την ενδοδαπέδια θέρμανση την πλέον κατάλληλη μέθοδο θέρμανσης χώρων, καθώς δεν απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες νερού κυκλοφορίας. Από την άλλη πλευρά, η κάλυψη των θερμικών αναγκών με τη χρήση κοινών θερμαντικών σωμάτων απαιτεί την αύξηση της επιφάνειας αυτών ανάλογα με τη θερμοκρασία προσαγωγής και επιστροφής του νερού που παρέχεται από την αντλία θερμότητας. Τέλος, είναι δυνατόν με την ίδια αντλία θερμότητας που ικανοποιούμε τις ανάγκες θέρμανσης ενός κτιρίου να ικανοποιήσουμε και τις ανάγκες θερμού νερού χρήσης. Όταν παρουσιάζεται ζήτηση για θερμό νερό παύει η λειτουργία του κυκλοφορητή θέρμανσης και το θερμό νερό κατευθύνεται προς το δοχείο αποθήκευσης, μέσω του αντίστοιχου κυκλοφορητή. Μόλις η θερμοκρασία του νερού στο δοχείο φθάσει στην απαιτούμενη θερμοκρασία, η θέρμανση του κτιρίου συνεχίζεται κανονικά μέσω του δικτύου θέρμανσης.

Κεφάλαιο 3^ο

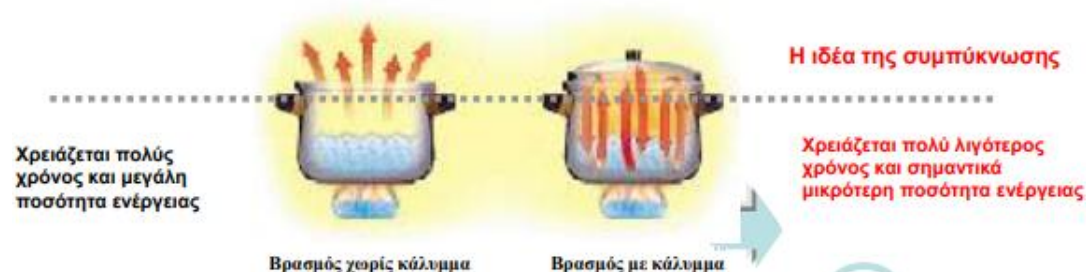
Λέβητας Συμπύκνωσης

Στην Ελλάδα, όταν μιλάμε για κεντρική θέρμανση η πρώτη σκέψη όλων πάει αμέσως σε δύο λέξεις: λέβητας – καυστήρας. Ο λέβητας είναι ίσως το πιο σημαντικό τμήμα ενός συστήματος κεντρικής θέρμανσης με πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή υγραέριο, καθώς είναι αυτός που προσδίδει στο νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες την παραγόμενη από την καύση θερμότητα και το ζεσταίνει. Ο καυστήρας είναι το μέσο εκείνο που πραγματοποιεί την καύση των διαφόρων καυσίμων για την παραγωγή θερμότητας.

Ο όρος «λέβητας συμπύκνωσης» χρησιμοποιείται λόγω του γεγονότος ότι αυτός ο λέβητας κατά τη λειτουργία του παράγει συμπύκνωμα υπό κάποιες συνθήκες, υγραποιώντας υδρατμούς που υπάρχουν στα καυσαέρια.

Πιο συγκεκριμένα στόχος των λεβήτων συμπύκνωσης είναι η ανάκτηση τόσο της αισθητής όσο και της λανθάνουσας θερμότητας μέσω της προσθήκης ενός εναλλάκτη θερμότητας συμπύκνωσης, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγαλύτερα επίπεδα απόδοσης και μεγαλύτερη οικονομία σε σχέση με τους συμβατικούς λέβητες.

Βλέπουμε λοιπόν ότι αυτό που χαρακτηρίζει την τεχνολογία συμπύκνωσης είναι η εξαιρετική και αποδοτική χρήση ενέργειας. Στην αντίθετη περίπτωση τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης αφήνουν μέρος της ενέργειας που περιέχεται στο καύσιμο να διαφύγει αχρησιμοποίητο, οι λέβητες συμπύκνωσης αερίου μετατρέπουν το ενεργειακό περιεχόμενο ενός καυσίμου σχεδόν εντελώς σε θερμότητα. Αυτό λοιπόν με την σειρά του οδηγεί και σε εξοικονόμηση χρημάτων (έως και 30% στους ετήσιους λογαριασμούς θέρμανσης) αλλά και μειώνει την επιβάρυνση του περιβάλλοντος σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, [11].



Εικόνα 6 Θεωρία Συμπύκνωσης [12]

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι λέβητες συμπύκνωσης μπορούν να αυξήσουν την απόδοση θέρμανσης ενός κτιρίου από 6% έως και 18% σε σχέση με τα κλασσικά συστήματα λέβητα, [13].

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία ECODESIGN (ERP) από το Σεπτέμβριο του 2017 στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης απαγορεύεται η διακίνηση και η εγκατάσταση σε νέα λεβητοστάσια, καυστήρων και λεβήτων που δεν διαθέτουν τεχνολογία πλήρους συμπύκνωσης.

Ιστορική Αναδρομή

Είναι δύσκολο να πούμε με βεβαιότητα πότε πρωτοεμφανίστηκαν επίσημα οι λέβητες. Οι άνθρωποι κολυμπούν σε θερμαινόμενο νερό από τη ρωμαϊκή κιόλας εποχή ή και ακόμα παλαιότερα. Τα πρώτα πρωτότυπα των λεβητών αποτελούνταν από ένα σιδερένιο καζάνι με νερό που τοποθετούνταν πάνω σε μια φωτιά από ξύλα. Μόλις η θερμοκρασία του νερού ανέβαινε στο σωστό σημείο, χύνονταν σε μια μπανιέρα και αφήνονταν να κρυώσει ζεσταίνοντας το δωμάτιο και τον χώρο τον οποίο βρίσκονταν.

Με την άφιξη της βιομηχανικής επανάστασης, τα πράγματα έγιναν πολύ πιο εξελιγμένα. Χάρη στα μέσα του 19ου αιώνα, κατέστη δυνατή η κατασκευή πολύπλοκων μηχανημάτων, ικανών να θερμαίνουν το νερό με πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο. Εκείνη την εποχή γεννήθηκε ο «λέβητας firetube» - αυτό ήταν το είδος τροφοδοτούσε τρένα και πλοία ατμού και ήταν το πρώτο βήμα προς τη σωστή κατεύθυνση. Μέσα στο λέβητα, τα καυτά αέρια ωθούνταν μέσα από μια σειρά μεταλλικών σωλήνων, οι οποίοι διέρχονταν από το κέντρο της δεξαμενής. Το νερό διατηρούνταν σε ένα ορισμένο επίπεδο για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση των σωλήνων και ο ατμός αφήνατε να διαφύγει μέσω ενός στενού σωλήνα. Το πρόβλημα όμως που καλούνταν να αντιμετωπίσουν ήταν η διατήρηση της πίεσης στο εσωτερικό του λέβητα κάτι το οποίο στοίχιζε την ζωή σε χιλιάδες μηχανικούς της εποχής, λόγω των εκρήξεων σε δοκιμές [14].

Έτσι λοιπόν όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, είναι δύσκολο να πούμε ποιος πραγματικά ποιος εφηύρε τον λέβητα, αλλά μερικά ονόματα έρχονται στο μυαλό, συμπεριλαμβανομένων των Benjamin Waddy Maughan και Edwin Rudd.

Ο Benjamin Waddy Maughan ένας ζωγράφος από το Λονδίνο, Αγγλία, θεωρείται ως ο πρώτος αληθινός πρόγονος του σύγχρονου λέβητα, ο οποίος το 1868 ανέπτυξε και κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας έναν θερμοσίφωνα που θα μπορούσε να θερμάνει γρήγορα το νερό χωρίς τη βοήθεια στερεού καυσίμου. Την συσκευή την ονόμασε «geyser» ή αλλιώς θερμοπίδακα παίρνονταν το όνομα αυτό από μια ισλανδική θερμή πηγή καθώς χρησιμοποιούσε φυσικό αέριο για τη θέρμανση του νερού. Η εφεύρεση του Maughan έκανε το κρύο νερό στην κορυφή

μιας δεξαμενής να ρέει μέσω σωλήνων που θερμάνθηκαν από καυτά αέρια από έναν καυστήρα σε νεροχύτη ή μπανιέρα και μέσω των υδρατμών να θερμαίνεται το δωμάτιο και ο χώρος. Η ιδέα του θεωρείτο εξαιρετική για την εποχή, αλλά απέτυχε όταν ο θερμαντήρας του βασίστηκε στο φυσικό αέριο και αυτό το έκανε λίγο πολύ επικίνδυνο να χρησιμοποιηθεί όπως προοριζόταν καθώς δεν είχε εγκατεστημένο σύστημα καπναγωγού για την απομάκρυνση των θερμαινόμενων αερίων από το μπάνιο, επομένως δεν κράτησε πολύ ως μέθοδος θέρμανσης νερού.

Ο Edwin Rudd ήταν Νορβηγός-Αμερικανός μηχανολόγος μηχανικός και εφευρέτης που μετανάστευσε στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου σχεδίασε το 1889, τον θερμοσίφωνα χωρίς δεξαμενή. Ο Edwin Ruud δημιούργησε ένα ανανεωμένο μοντέλο 21 χρόνια αργότερα μετά τον Maughan προσθέτοντας πολλά χαρακτηριστικά ασφαλείας. Αυτή η συσκευή του Ruud θεωρείται γενικά ως ο πρώτος αληθινός θερμοσίφοντας στο σπίτι, τόσο για τη χρηστικότητα όσο και για τα χαρακτηριστικά ασφάλειας που παρείχε. Δημιούργησε μια θερμαινόμενη με αέριο συσκευή από χυτοσίδηρο με μια ελεγχόμενη βαλβίδα θερμοκρασίας από άτομο. Στόχος της βελτίωσης του σχεδιασμού του Ruud ήταν "η διατήρηση της παροχής νερού στην επιθυμητή θερμοκρασία ανά πάσα στιγμή". Ο Edwin Rudd αγόρασε τα δικαιώματα για την εφεύρεσή του και δημιούργησε τη δική του εταιρεία το 1897. Σήμερα, ο Ruud παραμένει ένα από τα πιο σεβαστά ονόματα στην ιστορία της θέρμανσης νερού και η εταιρία του είναι θυγατρική της Rheem, μιας από τις μάρκες θερμοσιφώνων που χρησιμοποιούμε και σήμερα, [15]!

Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας των λεβήτων συμπύκνωσης είναι βασισμένη στην τεχνολογία συμπύκνωσης, μια τεχνολογία χαμηλών θερμοκρασιών η οποία επιτρέπει τη λειτουργία του λέβητα μόνο με τη θερμοκρασία που είναι απαραίτητη για την κάλυψη της τρέχουσας ανάγκης για θέρμανση. Ενώ στους υπόλοιπους λέβητες χαμηλών θερμοκρασιών πρέπει να αποφεύγεται η συμπύκνωση των καυσαερίων και η επακόλουθη ύγρανση των επιφανειών τους. Οι λέβητες συμπύκνωσης υιοθετούνται όλο και περισσότερο και λόγω της τυπικής διτροπικής συμπεριφοράς τους (μέθοδος συμπύκνωσης, μη συμπύκνωσης). Η θερμοκρασία εξόδου του αερίου ενός συμβατικού λέβητα αερίου είναι συνήθως υψηλή και μεγάλο μέρος της ποσότητας της θερμική ενέργειας χάνεται στο περιβάλλον. Οι λέβητες συμπύκνωσης στοχεύουν στην ανάκτηση τόσο της αισθητής θερμότητας όσο και της λανθάνουσας θερμότητας προσθέτοντας έναν εναλλάκτη θερμότητας συμπύκνωσης. Το νερό επιστροφής του συστήματος θέρμανσης χρησιμοποιείται ως μέσο ψύξης του εναλλάκτη θερμότητας συμπύκνωσης.

Ως εκ τούτου, οι λέβητες συμπύκνωσης επιτυγχάνουν καλύτερες επιδόσεις όταν οι θερμοκρασίες επιστροφής από το σύστημα θέρμανσης είναι χαμηλότερες και πάνω από όλα, όταν αυτές οι θερμοκρασίες είναι κάτω από τη θερμοκρασία δρόσου του αερίου ροής, αυτό επιτρέπει την ανάκτηση της λανθάνουσας θερμότητας των υδρατμών στο αέριο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σημαντικά υψηλότερα επίπεδα αποτελεσματικότητας από τους συμβατικούς λέβητες. Το βασικό σημείο είναι η διατήρηση μιας μεγάλης διαφοράς μεταξύ της θερμοκρασίας παράδοσης και της θερμοκρασίας επιστροφής. Όταν δεν διατηρείται αυτή η κατάσταση, ο λέβητας θα λειτουργεί σε κατάσταση μη συμπύκνωσης

Για να λειτουργήσει σωστά ένας κοινός λέβητας πετρελαίου ή αερίου, θα πρέπει η θερμοκρασία καυσαερίων στην έξοδο του να κυμαίνεται ανάμεσα στους 180 - 200°C. Το πόση ακριβώς είναι αυτή η θερμοκρασία εξαρτάται από την εγκατάσταση (είδος και παλαιότητα λέβητα, κατάσταση καπνοδόχου κ.α.) και ρυθμίζεται από τον τεχνικό καυστήρων με τη βοήθεια αναλυτή καυσαερίων. Η υψηλή αυτή θερμοκρασία συνεπάγεται μεγάλη σπατάλη ενέργειας, αφού για να ζεστάνουμε το καυσαέριο, ξοδέψαμε χρήματα, τα οποία πετάμε στο περιβάλλον μαζί με το καυσαέριο που βγαίνει από την απόληξη της καπνοδόχου μας.

Η ρύθμιση της θερμοκρασίας καυσαερίων σε χαμηλότερη τιμή είναι αδύνατη στους κοινούς λέβητες, γιατί η μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων, οδηγεί στην υγροποίηση τους. Τα υγροποιημένα καυσαέρια εκτός του ότι εμποδίζουν την σωστή ρύθμιση της καύσης, είναι ιδιαίτερα διαβρωτικά και επιθετικά προς τον χάλυβα, και καταστρέφουν τους κοινούς λέβητες όταν εισχωρήσουν στο εσωτερικό τους σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Προκειμένου λοιπόν να βελτιωθεί η ενεργειακή απόδοση των λεβήτων, οι εταιρίες κατασκευής ανέπτυξαν λέβητες κατασκευασμένους από υλικά τέτοια που να αντέχουν στην διάβρωση από τα (επιθετικά προς τα μέταλλα) συμπυκνώματα των καυσαερίων.

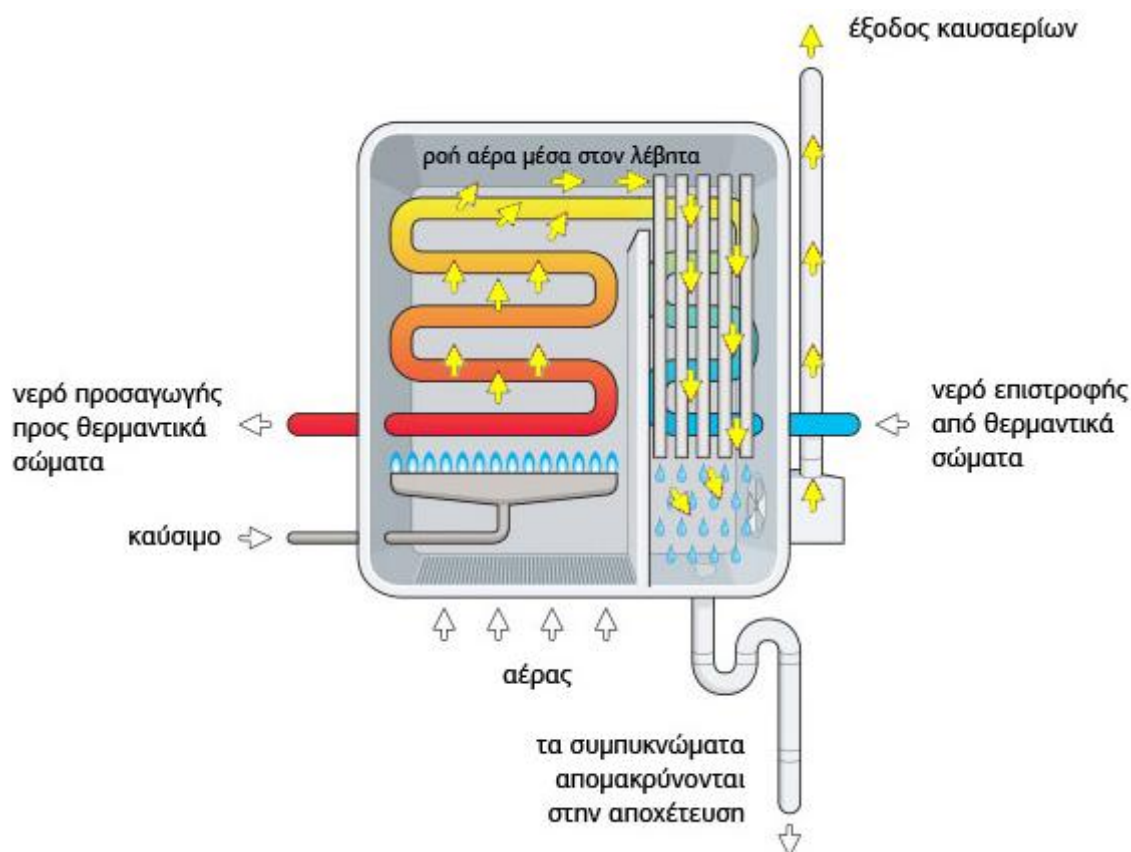
Οι λέβητες αυτοί χαρακτηρίζονται ως λέβητες συμπύκνωσης και μπορούν και εκμεταλλεύονται την ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στα ζεστά καυσαέρια πριν τα αποβάλλουν στο περιβάλλον σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς να κινδυνεύουν από καταστροφή.

Η ιδέα είναι απλή και περιλαμβάνει την τοποθέτηση ενός εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων - νερού στην έξοδο του λέβητα. Τα ζεστά καυσαέρια ανταλλάσσουν ενέργεια με το νερό που επιστρέφει από τα σώματα, και κρύνουν πριν βγουν από τον λέβητα. Οι υγροποιήσεις των καυσαερίων συλλέγονται σε μια συνήθως ανοξείδωτη λεκάνη συλλογής και οδηγούνται στην αποχέτευση χωρίς να διαβρώνουν τον λέβητα.

Με τον παραπάνω τρόπο είναι δυνατή η απομάστευση της ενέργειας των καυσαερίων σε τέτοιο βαθμό που το καυσαέριο να βγαίνει από τον λέβητα σε θερμοκρασίες μόλις 10°C μεγαλύτερες από την θερμοκρασία του νερού στον

λέβητα. Έτσι, όταν ο λέβητας λειτουργεί σε θερμοκρασία νερού π.χ. 50oC, τα καυσαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 60oC (αντί για 200oC !) πετυχαίνοντας με τον τρόπο αυτόν εξαιρετική οικονομία.

Οι εναλλάκτες θερμότητας καυσαερίων - νερού, είναι συνήθως κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα και σχεδιασμένοι με τέτοιον τρόπο ώστε το νερό επιστροφής από το δίκτυο θέρμανσης να διέρχεται σε εσωτερικές σπείρες του εναλλάκτη και να ανταλλάσσει ενέργεια με τα ζεστά καυσαέρια. Ο σχεδιασμός του εναλλάκτη ποικίλει από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, αλλά η αρχή λειτουργίας του είναι η ίδια, [16].

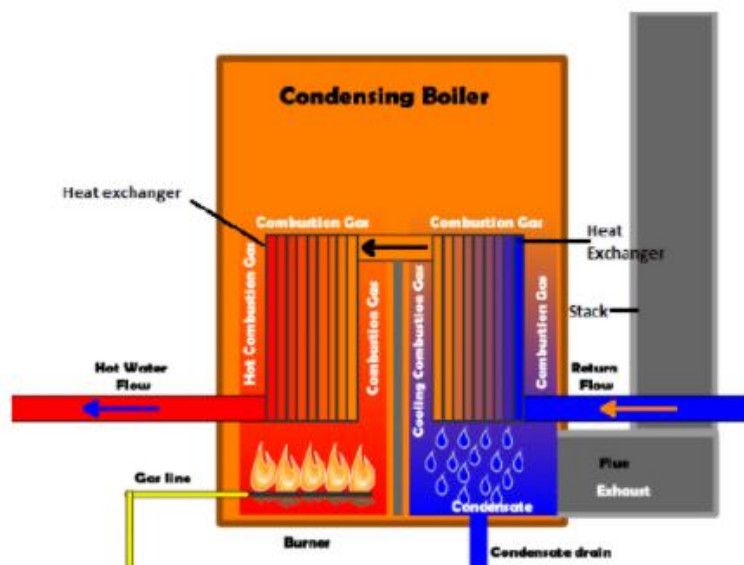


Εικόνα 7 Απλοποιημένο σκαρίφημα λέβητα συμπύκνωσης [16]

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας συμπύκνωσης ξεκινά με τη συμπύκνωση των υδρατμών στα καυσαέρια, διαδικασία η οποία αρχίζει για το φυσικό αέριο όταν η θερμοκρασία καυσαερίων πέσει κάτω από τους 57°C κατά προσέγγιση, ενώ για το πετρέλαιο κάτω από τους 47°C περίπου. Στόχος της τεχνολογίας των λεβήτων συμπύκνωσης είναι να ρίχνουν τη θερμοκρασία των καυσαερίων όσο γίνεται χαμηλότερα από τις θερμοκρασίες συμπύκνωσης – γνωστό και ως «σημείο δρόσου» – δηλαδή να τα «ψύχει» με γνώμονα το μεγαλύτερο ενεργειακό κέρδος, χρησιμοποιώντας για το σκοπό αυτό την επιστροφή κρύου νερού του κυκλώματος θέρμανσης, είτε μέσω κατάλληλου θαλάμου καύσης είτε με εξωτερικό εναλλάκτη. Οι παραγόμενοι υδρατμοί περιέχουν θερμογόνο δύναμη, η οποία χάνεται

χρησιμοποιώντας συμβατικούς λέβητες καθώς οι υδρατμοί διαφεύγουν μέσω της καπνοδόχου, [17].

Αντίθετα οι λέβητες συμπύκνωσης αξιοποιούν αυτήν την ενέργεια προκαλώντας τη συμπύκνωση των υδρατμών μέσα στο λέβητα και τροφοδοτούν την κερδισμένη θερμότητα συμπύκνωσης στο κύκλωμα θέρμανσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται μεγαλύτερα επίπεδα απόδοσης και μεγαλύτερη οικονομία σε σχέση με τους κλασσικούς λέβητες.



Εικόνα 8 Λέβητας Συμπύκνωσης [18]

Στοιχεία Λεβήτων Συμπύκνωσης

Τα βασικότερα κατασκευαστικά μέρη που αποτελούν έναν λέβητα συμπύκνωσης είναι αντίστοιχα με αυτά των συμβατικών λεβήτων, η μόνη διαφορά έγκειται σε ένα επιπλέον δοχείο συμπυκνωμάτων και ενός εναλλάκτη θερμότητας καυσαερίων-νερού πριν την έξοδο από τον λέβητα. Σε αυτόν τον εναλλάκτη μεταφέρεται θερμότητα από τα θερμά καυσαέρια στο νερό που επιστρέφει από το σύστημα θέρμανσης (καλοριφέρ, ενδοδαπέδια θέρμανση, κ.α.). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση της θερμοκρασίας των καυσαερίων και συμπύκνωση τους. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται αύξηση της θερμοκρασίας του νερού επιστροφής, γεγονός που συνεπάγεται με οικονομία καυσίμου καθώς απαιτεί πλέον λιγότερη θερμότητα για να φτάσει τα νερά που στοχεύει στην θέρμανση του κτιρίου την επιθυμητή θερμοκρασία. Το συμπύκνωμα των καυσαερίων συλλέγεται εκτός του λέβητα και οδηγείται στην αποχέτευση προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν διαβρώσεις. Αναλυτικά:

Λέβητας

Λέβητας ονομάζεται κάθε κλειστή μεταλλική συσκευή (δοχείο) εντός του οποίου νερό ή άλλο υγρό θερμαίνεται και μετατρέπεται σε ατμό. Ουσιαστικά πρόκειται για κατάλληλα σχεδιασμένη διάταξη για την μεταφορά θερμότητας μέσω της καύσης στο νερό.

Οι λέβητες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα: το υλικό κατασκευής τους σε μαντεμένιους και χαλύβδινους, του μεγέθους τους σε μικρούς, μεσαίους και μεγάλους, σε επιτοίχιους ή επιδαπέδιους ανάλογα τον τρόπο σύνδεσης των λεβήτων, ανάλογα της καύσιμης ύλης που χρησιμοποιούν σε λέβητες πετρελαίου, φυσικού αερίου, μαζούτ, ξύλου, ηλεκτρισμού και άλλα, ανάλογα με την πίεσης καύσης του θαλάμου τους σε φυσικού εφελκυσμού, πιεστικούς και υπερπιεστικούς, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει αναδειχθεί και νέα κατηγορία που σχετίζεται με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν και είναι οι λέβητες συμπύκνωσης.

Αναλυτικότερα, οι χαλύβδινοι λέβητες είναι πιο ανθεκτικοί στις απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας, πολύ ελαφρύτεροι και πολύ οικονομικότεροι σε σχέση με τους μαντεμένιους, ενώ η διάρκεια ζωής τους μπορεί να φτάσει έως και τα 30 χρόνια.

Οι μικροί λέβητες ισχύος μέχρι τα 60kW είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη θέρμανση κατοικιών με παράλληλη παραγωγή ζεστού νερού, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για μικρές επαγγελματικές εφαρμογές όπως η παραγωγή ζεστού νερού σε ξενοδοχεία ή εστιατόρια. Οι μεσαίοι λέβητες ισχύος μέχρι 400kW χρησιμοποιούνται στις κεντρικές θερμάνσεις κτιρίων είτε για μεγάλα επαγγελματικά κτίρια. Οι μεγάλοι λέβητες άνω των 400kW χρησιμοποιούνται σε καθαρά επαγγελματικές εφαρμογές για την θέρμανση μεγάλων κτιρίων και εγκαταστάσεων.

Οι επιδαπέδιοι έχουν ιδιαίτερα εύκολη εγκατάσταση και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, ενώ εφαρμόζονται και σε όλα τα είδη των κτιριακών εγκαταστάσεων. Διατίθενται δε, τόσο σε συμβατική μορφή, όσο και σε συμπύκνωσης. Οι επιτοίχιοι λέβητες ενδείκνυνται για αυτόνομη θέρμανση σε πολυκατοικίες, αφού τοποθετούνται εύκολα και προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Κατά γενική ομολογία το μεγαλύτερο κομμάτι της αγοράς ανήκει στους επιτοίχιους λέβητες συμπύκνωσης φυσικού αερίου για θέρμανσής και ζεστό νερό χρήσης. Τόσο η ευκολία στην εγκατάσταση όσο και η ευκολία στη χρήση τους κατατάσσει στην πρώτη θέση προτίμησης του κοινού για αυτόνομη θέρμανση.

Οι λέβητες φυσικού εφελκυσμού είναι αυτοί που λειτουργούν χωρίς πιεστικό καυστήρα (μοτέρ με ανεμιστήρα) και υπερνικούν τις όποιες αντιστάσεις προκύπτουν (<0,5bar) από την διαδρομή των καυσαερίων μέσα στον λέβητα προς

την καμινάδα, από τον φυσικό ελκυσμό που παράγει η καμινάδα κατά την λειτουργία του λέβητα, Οι πιεστικοί και υπερπιεστικοί λέβητες είναι σύγχρονοι λέβητες στους οποίους η καύση γίνεται σε πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής ($>0,5$ bar). Η πίεση αυτή που επικρατεί στους θαλάμους των λεβήτων αυτών είναι απαραίτητη για την υπερνίκηση των αντιστάσεων που συναντούν τα καυσαέρια κατά την διαδρομή τους προς την καμινάδα του λέβητα. Οι αντιστάσεις αυτές δημιουργούνται σκοπίμως από τους σχεδιαστές των λεβήτων αυτών προκειμένου να επιβραδύνουν και να στροβιλίσουν τα καυσαέρια με σκοπό την μεγαλύτερη μεταφορά θερμικής ενέργειας από τα καυσαέρια στο νερό. Την υπερπίεση αυτή καλείται να υπερνικήσει η πτερωτή του ανεμιστήρα του καυστήρα.

Οι λέβητες συμπύκνωσης είναι λέβητες στους οποίους επιτυγχάνεται ανάκτηση θερμότητας από την συμπύκνωση των υδρατμών στα καυσαέρια, με αποτέλεσμα την χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου και χαμηλότερες εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον. Η τεχνολογία αυτή σε συνδυασμό με τον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σε σύγκριση με τους συμβατικούς λέβητες, προσφέρει μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων [12].

Καυστήρας

Ο καυστήρας είναι το στοιχείο του λέβητα που παρέχει τη θερμότητα, το καύσιμο και τον αέρα στις απαιτούμενες ταχύτητες στον θάλαμο με σκοπό την διατήρηση της ανάφλεξης και της καύσης του καυσίμου για την θέρμανση του νερού του συστήματος. Μαζί με τον λέβητα ο καυστήρας αποτελούν την καρδιά του λεβητοστασίου. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι φυσικό αέριο ή πετρέλαιο.

Για την αποτελεσματική χρησιμοποίησης της τεχνολογίας συμπύκνωσης είναι σημαντικό η καύση που γίνεται στον καυστήρα των λεβήτων συμπύκνωσης να πραγματοποιείται με πολύ μικρή περίσσεια αέρα και αντίστοιχα με υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Το τελευταίο μέγεθος είναι και αυτό που καθορίζει το σημείο δρόσου των υδρατμών που περιέχονται στα καυσαέρια. Η θερμοκρασία δρόσου θα πρέπει να είναι όσο υψηλότερη γίνεται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται συμπύκνωση καυσαερίων ακόμα και σε συστήματα θέρμανσης με νερό επιστροφής υψηλής θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου είναι επιθυμητή μια υψηλή περιεκτικότητα σε CO_2 στα καυσαέρια των λεβήτων συμπύκνωσης. Για τον λόγο αυτό οι κατασκευαστές προχώρησαν στη σχεδίαση ενός καυστήρα νέας τεχνολογίας που χρησιμοποιείται πλέον στους λέβητες συμπύκνωσης. Αυτός είναι ο καυστήρας τύπου Matrix.

Η πρώτη εταιρία που κατασκεύασε και εισήγαγε στην αγορά τον καυστήρα τύπου Matrix είναι η εταιρία Viessman, μια τεχνολογία ιδανική για τους λέβητες

συμπύκνωσης. Στον κυλινδρικό αυτό τύπο καυστήρα, εισέρχεται προαναμεμειγμένο μίγμα καύσιμου και ατμοσφαιρικού αέρα, το οποίο έχει αναμειχθεί σε δοχείο τοποθετημένο στην είσοδο του καυστήρα και η έναρξη της καύσης γίνεται από ηλεκτρόδια ανάφλεξης που δίνουν πολλές μικρές φλόγες αντί για μια μεγάλη. Ο τρόπος αυτός εξασφαλίζει ότι η θερμότητα εντός του καυστήρα διανέμεται ομοιόμορφα και ο ανοξείδωτος χάλυβας, υλικό από το οποίο κατασκευάζεται ο καυστήρας, εγγυάται μακροχρόνια αξιοπιστία. Με τη νέα αυτή τεχνολογία βελτιστοποιείται η απόδοση του καυστήρα και κατ' επέκταση του λέβητα σε περιπτώσεις λειτουργίας υπό μερικό φορτίο.

Εναλλάκτης θερμότητας

Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι από τα βασικότερα σημεία σε έναν λέβητα συμπύκνωσης καθώς είναι το στοιχείο αυτό που τον κάνει να διαφέρει από τους συμβατικούς λέβητες στους οποίους δεν θέλουμε σε καμία περίπτωση την εμφάνιση συμπύκνωσης. Η δουλειά του εναλλάκτη θερμότητας είναι να μεταφέρει τη θερμότητα από τον καυστήρα στο νερό χωρίς να έχει άμεση επαφή με το νερό.

Ο εναλλάκτης θερμότητας έχει σχεδιαστεί για τη μεταφορά θερμότητας μεταξύ των φορέων θέρμανσης. Έτσι, η θερμότητα μεταφέρεται από τη θερμή πηγή στην κρύα, μετά την οποία περνά απευθείας στο υγρό που χρειάζεται να θερμανθεί στο σύστημα. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, σήμερα υπάρχουν διάφοροι τύποι εναλλακτών θερμότητας. Διαφέρουν στο σχεδιασμό και τη λειτουργία τους.

Πρωτοβάθμιοι εναλλάκτες

Αυτός ο τύπος εναλλάκτη είναι με τη μορφή ενός μεγάλου και καμπύλου σωλήνα, παρόμοιο με ένα πηνίο. Κατά κανόνα, το στοιχείο αυτό είναι κατασκευασμένο από κατάλληλο μέταλλο ανθεκτικό στη διάβρωση. Επιπλέον, στο επίπεδο αυτού του στοιχείου υπάρχουν ειδικές πλάκες διαφορετικών μεγεθών. Συνήθως, οι επιφάνειες των πρωτοβάθμιων εναλλακτών θερμότητας επεξεργάζονται με ειδικά χρώματα που τους προστατεύουν από αρνητικά εξωτερικά φαινόμενα όπως την εμφάνιση σκουριάς. Η ισχύς του εναλλάκτη εξαρτάται από το μήκος του σωλήνα και τον αριθμό των άκρων.

Συχνά, ο πρωτοβάθμιος εναλλάκτης θερμότητας αποτυγχάνει λόγω βρωμιάς ή συσσώρευσης αλάτων του νερού στο εσωτερικό του. Αν αυτές οι μολυσματικές ουσίες επέλθουν, τότε, με την πάροδο του χρόνου μπορεί να αρχίσει να παρουσιάζει δυσλειτουργία κατά την λειτουργία του καθώς επίσης και το επίπεδο θερμικής αγωγιμότητας των τοιχωμάτων της μονάδας να μειωθεί σημαντικά.

Ο εξοπλισμός θέρμανσης με τέτοια διάταξη, είναι φθηνότερος και έχει απλό σχεδιασμό. Τέτοια μοντέλα δεν υπόκεινται σε θραύση, ειδικά εάν αυτά συντηρούνται εγκαίρως. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο πρωτοβάθμιος εναλλάκτης θερμότητας είναι λιγότερο λειτουργικός, δεδομένου ότι εκτελεί μόνο

μία εργασία. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντικό να εξεταστεί το γεγονός ότι στα προϊόντα αυτά συνιστάται η προσθήκη ειδικών φίλτρων που προστατεύουν από εξωτερικές διαβρώσεις και κατακάθιση αλάτων.

Δευτεροβάθμιοι εναλλάκτες

Οι δευτεροβάθμιοι εναλλάκτες θερμότητας παροχής ζεστού νερού διαφέρουν από τους πρωτοβάθμιους, καθώς ο σχεδιασμός τους περιλαμβάνει ειδικές πλάκες που είναι διασυνδεδεμένες. Συνήθως, τα μοντέλα αυτά κατασκευάζονται από χάλυβα και η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταφορά θερμότητας από υγρό σε υγρό καθώς ενώ είναι ανθεκτικότερα και πιο αξιόπιστα.

Όσο αφορά το ρυθμό ανταλλαγής θερμότητας, τα μοντέλα αυτά εμφανίζουν υψηλότερο και λόγω αυτού του χαρακτηριστικού, διάφορες επιμολύνσεις / άλατα δεν εναποτίθενται στην επιφάνεια των αποτελούμενων μερών τους. Έτσι, οι εναλλάκτες εξυπηρετούν πολύ περισσότερο και επίσης δεν χρειάζεται να καθαρίζονται συνεχώς. Όσο περισσότερες πλάκες σε αυτά τα προϊόντα, τόσο υψηλότερες είναι οι παράμετροι ισχύος τους, καθώς και η αποτελεσματικότητα της εργασίας που εκτελείται.

Αυτοί οι τύποι εναλλακτών θερμότητας είναι ικανοί για την ευελιξία τους και είναι υπεύθυνοι όχι μόνο για τη θέρμανση του σπιτιού αλλά και για την παροχή ζεστού νερού. Συνήθως οι λέβητες με αυτά τα στοιχεία είναι πιο ακριβοί.

Συνδυαστικοί εναλλάκτες

Ένας τέτοιος εναλλάκτης θερμότητας διαφέρει από τις άλλες περιπτώσεις, διότι η λειτουργία του βασίζεται σε διπλή ανταλλαγή θερμότητας, από το ψυκτικό μέσο στο νερό και από το αέριο στο θερμαντικό φορέα. Το νερό στο σωλήνα θέρμανσης θερμαίνεται από έξω, και την ίδια στιγμή στο εσωτερικό διαμέρισμα προετοιμάζεται το ζεστό νερό.

Αποτελείται από ένα σωλήνα με πλάκες χαλκού που έχουν κολληθεί μεταξύ τους. Ταυτόχρονα ο ίδιος ο αγωγός είναι διπλός με δύο χωριστά διαμερίσματα. Το εσωτερικό του τμήμα είναι υπεύθυνο για το ζεστό νερό και το εξωτερικό μέρος προορίζεται για τον ίδιο τον θερμαντικό φορέα.

Ο συνδυασμένος τύπος εναλλάκτη θερμότητας έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα και αυτό είναι ο πολύ απλός τους σχεδιασμός. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι λέβητες με τέτοια διάταξη να είναι οικονομικότεροι από τις άλλες δυο περιπτώσεις και μικρότεροι σε μέγεθος.

Φυσικά, τέτοιοι εναλλακτικοί επιλογείς έχουν τα μειονεκτήματά τους. Για παράδειγμα, δεν μπορούν να καυχηθούν για μεγάλη χωρητικότητα σε λειτουργία ζεστού νερού. Επιπλέον, αυτές οι ποικιλίες είναι επιρρεπείς σε αποθέσεις αλατιού. Τα άλατα που περιέχονται στο νερό, σε σύντομο χρονικό διάστημα, καταλήγουν σε κατακαθίσεις σε αυτό τον τύπο, που επηρεάζουν αρνητικά τη λειτουργία του λέβητα στο σύνολό του.

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη αυτό η επισκευή των συνδυαστικών εναλλακτών δεν είναι απλή υπόθεση. Σύμφωνα με τους ειδικούς, το 90% των περιπτώσεων η επισκευή αυτών των μοντέλων δεν είναι δυνατή. Επιπλέον, τα συνδυασμένα στοιχεία υπόκεινται σε διαρροή λόγω του μεγάλου αριθμού εσωτερικών αρμών και συνδέσεων, [19].

Σε ένα λέβητα συμπύκνωσης όμως έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες που έχουν σχεδιαστεί ώστε να επιτυγχάνεται αυτή η συμπύκνωση καυσαερίων. Μια από αυτές τις τεχνολογίες είναι η Inox-Crossal η οποία εξασφαλίζει ότι τα καυσαέρια και το συμπύκνωμα θα πηγαίνουν προς την ίδια κατεύθυνση δηλαδή προς τα κάτω. Το αποτέλεσμα που προκαλείται είναι να δημιουργείται ένα μόνιμο σύστημα αυτοκαθαρισμού του εναλλάκτη και να παρεμποδίζεται η συγκέντρωση του συμπυκνώματος εντός του λέβητα.

Μέσα στον εν λόγο εναλλάκτη θα πρέπει να εξασφαλίζεται η αντιρροή των καυσαερίων με το νερό που επιστρέφει από το σύστημα θέρμανσης. Συγκεκριμένα, τα καυσαέρια ρέουν προς τα κάτω όπου αρχίζουν και συμπυκνώνονται ενώ το νερό ρέει προς τα πάνω όπου αρχίζει και θερμαίνεται. Με την αντιρροή γίνεται εκμετάλλευση στο μέγιστο δυνατό της χαμηλής θερμοκρασίας του νερού επιστροφής και έτσι επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ψύξη των καυσαερίων.

Γραμμές τροφοδοσίας – Σύστημα σωληνώσεων

Τα συστήματα θέρμανσης χρησιμοποιούν σωληνώσεις για να μεταφέρουν το θερμαινόμενο νερό ή ατμό στα σημεία διανομής και οι γραμμές τροφοδοσίας είναι οι σωλήνες που διανέμουν το ζεστό νερό ή τον ατμό στον διανομέα. Η σωλήνωση σε ένα σύστημα είναι το τμήμα που μεταφέρει το θερμό νερό από τον λέβητα στα σημεία χρήσης καθώς επίσης όταν το νερό ή ο ατμός κρυώσουν υπάρχουν και οι σωληνώσεις επιστροφής που επιστρέφουν το κρύο νερό στον λέβητα για επαναθέρμανση. Το σύστημα σωληνώσεων κατασκευάζεται συνήθως από χαλκό ενώ ανάλογα με τον αριθμό των σωλήνων που αποτελείται το δίκτυο διαχωρίζεται σε μονοσωλήνιο ή δισωλήνιο.

Το μονοσωλήνιο δίκτυο όπως προκύπτει και από τον τίτλο αναφέρεται σε σύστημα μονού σωλήνα όπου από τον ίδιο σωλήνα γίνεται και η τροφοδοσία και η επιστροφή ενώ στα δισωλήνια υπάρχει ξεχωριστή σωλήνα για την τροφοδοσία και ξεχωριστή για την παροχή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στα μονοσωλήνια συστήματα να έχουμε μια μικρή μείωση θερμοκρασίας του νερού και ως συνέπεια της απόδοσης.

Κυκλοφορητές

Οι κυκλοφορητές είναι οι αντλίες που χρησιμοποιούνται για την βεβαιωμένη μεταφορά του ζεστού νερού μέσω του συστήματος σωληνώσεων από τον λέβητα στα

θερμαντικά σώματα του κτιρίου. Το μέγεθος του εξαρτάται από το μέγεθος της εγκατάστασης και του νερού που πρέπει να μεταφερθεί στο σύστημα. Δηλαδή η επιλογή του εξαρτάται από την παροχή σε κυβικά ανά ώρα (m^3/h) και το μανομετρικό ύψος σε μέτρα (m).

Σύστημα Ελέγχου - Ρυθμιστές

Κάθε εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης πρέπει να διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την ρύθμιση και τον έλεγχο λειτουργίας σύμφωνα με τις ανάγκες του χώρου και του χρήστη. Τα συστήματα αυτά πρέπει να εξασφαλίζουν σε συνδυασμό με τη βοήθεια κατάλληλων οργάνων και αυτοματισμών την ασφαλή και οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης. Αναλυτικά:

Τετράοδες βαλβίδες

Οι τετράοδες βαλβίδες παρεμβάλλονται μεταξύ λέβητα και δικτύου σωληνώσεων με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δύο τμήματα: το τμήμα του λέβητα και το τμήμα θέρμανσης (σωληνώσεις και θερμαντικά σώματα). Οι κυριότερες λειτουργίες μιας τετράοδης βαλβίδας σε μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης είναι η τροφοδοσία των θερμαντικών σωμάτων με νερό ανάλογης θερμοκρασίας προκειμένου να επιτυγχάνεται η κατάλληλη θερμοκρασία χώρου, η ανάμιξη του νερού επιστροφής με το νερό προσαγωγής ώστε να αποφεύγεται η επιστροφή στο λέβητα νερού χαμηλής θερμοκρασίας και κατ' επέκταση ο κίνδυνος διάβρωσής του (σε λέβητες πετρελαίου), ο οποίος δημιουργείται όταν η θερμοκρασία του νερού πέσει κάτω από τους $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, η απομόνωση του κυκλώματος θέρμανσης κατά την περίοδο του καλοκαιριού και τροφοδοσία μόνο του κλάδου Ζεστού Νερού Χρήσης και τροφοδοσία κάθε κλάδου με διαφορετική θερμοκρασία όταν απαιτείται.

Δίοδες Βαλβίδες

Σκοπός μίας δίοδης βαλβίδας είναι ο έλεγχος της ροής μέσα σε ένα σωλήνα ή η πλήρης διακοπή της. Μία δίοδη βαλβίδα μπορεί να τεθεί σε λειτουργία είτε χειροκίνητα είτε μέσω ηλεκτρονικών ή θερμικών ενεργοποιητών. Κάθε δίοδη βαλβίδα συνδέεται με τον θερμοστάτη του χώρου και μόλις η θερμοκρασία του φτάσει την επιθυμητή τότε δίνεται εντολή στη να κλείσει. Αυτό βοηθάει στο να έχουμε αυτονομία σε κάθε χώρο.

Θερμοστάτης χώρου

Με το θερμοστάτη χώρου η λειτουργία του συστήματος θέρμανσης αρχίζει μόνο όταν υπάρχει απαίτηση θερμότητας, δηλαδή όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από την επιθυμητή τιμή, και διακόπτεται όταν δεν απαιτείται πλέον θέρμανση, μόλις δηλαδή η θερμοκρασία του χώρου υπερβεί την επιθυμητή τιμή. Ο

θερμοστάτης βοηθάει στην οικονομική λειτουργία μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης.

Θερμοστατική βαλβίδα - κεφαλή

Επειδή ο κάθε χώρος του κτιρίου μας είναι ξεχωριστός και με διαφορετικές θερμικές απαιτήσεις, τοποθετώντας θερμοστατικές κεφαλές σε κάθε θερμαντικό σώμα του κτιρίου μας, επιτυγχάνουμε την αυτονόμηση και την δυνατότητα ρύθμισης διαφορετικής θερμοκρασίας ξεχωριστά σε κάθε ένα από τα δωμάτια του κτιρίου μας. Με τον τρόπο αυτό κάθε θερμαντικό σώμα γίνεται ανεξάρτητο και απομονώνεται αυτόματα όταν επιτευχθεί η θερμοκρασία στον χώρο που βρίσκεται τοποθετημένο, ενώ κάποια άλλα σώματα της εγκατάστασης μας που βρίσκονται σε χώρους που εξακολουθούν και έχουν ακόμα την ανάγκη θέρμανσης, συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά. Από τη στιγμή όμως που το κτίριο μας έρθει σε θερμική ισορροπία θα βρίσκονται σε λειτουργία όλο και λιγότερα σώματα της εγκατάστασής μας επιτυγχάνοντας έτσι σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου έως και 30%. Οι θερμοστατικές βαλβίδες ή θερμοστατικές κεφαλές τοποθετούνται πάνω στα θερμαντικά σώματα και επιτρέπουν την αυτόματη ρύθμιση της ροής του ζεστού νερού και κατά συνέπεια τον έλεγχο της θερμοκρασίας του κάθε χώρου ξεχωριστά. Κάθε βαλβίδα είναι προγραμματισμένη με την επιθυμητή θερμοκρασία του χώρου και επιτρέπει τη ροή νερού στο θερμαντικό σώμα όταν απαιτείται θέρμανση ενώ τη διακόπτει πλήρως όταν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία στο χώρο. Μία θερμοστατική βαλβίδα αποτελείται από πεπλατυσμένα τύμπανα που εσωτερικά φέρουν υγρό το οποίο θερμαίνεται από τον αέρα του χώρου, διαστέλλεται και αυξάνει το πάχος των τυμπάνων. Η διόγκωση των τυμπάνων γίνεται αιτία μετακίνησης ενός εμβόλου το οποίο ελέγχει την ποσότητα του νερού που διέρχεται από το θερμαντικό σώμα. Έτσι η θερμοκρασία του σώματος εξαρτάται από την παροχή του νερού ενώ η ισχύς του μεταβάλλεται ανάλογα, επιτρέποντας, με την κατάλληλη ρύθμιση της θερμοστατικής βαλβίδας, τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου, [20].

Δοχείο διαστολής

Το δοχείο διαστολής εκτελεί την εκτόνωση του νερού όταν αυτό θερμαίνεται κάτι το οποίο προκύπτει από την μεταβολή της θερμοκρασίας στην εγκατάσταση θέρμανσης και διακρίνονται σε ανοιχτά και κλειστά. Με την χρήση του δοχείου διαστολής το οποίο τοποθετείται πάνω από τον λέβητα το νερό στο σύστημα μπορεί να εκτονωθεί με την είσοδο του στο δοχείο καθώς περιέχει αέρα ο οποίος είναι συμπιεσμένος, εν συνεχεία όταν το νερό κρυσταλλώνει ρέει πάλι μέσα στο σύστημα σωληνώσεων.

Τα ανοιχτά δοχεία διαστολής τα συναντάμε μόνο σε παλιές εγκαταστάσεις. Την αύξηση του νερού την παραλαμβάνει από το λέβητα ένας σωλήνας ασφαλείας

που καταλήγει στο πάνω μέρος του ανοιχτού δοχείου διαστολής που βρίσκεται στην ταράτσα. Ένας άλλος σωλήνας, ο σωλήνας πλήρωσης συνδέει το κάτω μέρος του δοχείου διαστολής με την επιστροφή του λέβητα.

Τα κλειστά δοχεία διαστολής είναι μεταλλικά δοχεία τα οποία διαχωρίζονται σε δυο μέρη από μια ειδική ελαστική μεμβράνη. Στο επάνω μέρος της μεμβράνης περιέχεται το νερό ενώ στο κάτω μέρος υπάρχει αέρας ή κάποιο αδρανές αέριο συνήθως άζωτο υπό πίεση περίπου 1,5bar. Στα δοχεία αυτά η συμπίεση του αερίου γίνεται πριν τη σύνδεση τους με το δίκτυο θέρμανσης. Σε αντίθεση με τις ανοιχτές εγκαταστάσεις, στις κλειστές δεν υπάρχει άμεση επικοινωνία του νερού της εγκατάστασης με την ατμόσφαιρα. Το κλειστό δοχείο διαστολής εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα, όσον αφορά την εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση του, δεν απαιτούνται σωληνώσεις ασφαλείας και πλήρωσης, δεν έχουμε απώλειες νερού γιατί το σύστημα είναι κλειστό, δεν υπάρχει κίνδυνος να παγώσει το νερό, όπως συμβαίνει στα ανοιχτά δοχεία, σε περίπτωση μεγάλου ψύχους κτλ. Όλες οι σύγχρονες εγκαταστάσεις θέρμανσης είναι κλειστές, [21].

Κατηγορίες

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι λέβητα αερίου συμπύκνωσης: οι συνδυαστικοί λέβητες (ή αλλιώς combi), οι συστηματικοί λέβητες (ή αλλιώς system) και οι συμβατικοί λέβητες που ονομάζονται επίσης παραδοσιακοί (ή αλλιώς regular).

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, κάθε νέος λέβητας που εγκαθίσταται, είτε είναι συνδυαστικός, είτε συστηματικός είτε συμβατικός λέβητας πρέπει να είναι συμπύκνωσης. Αυτό δεν έχει να κάνει τόσο πολύ με τον τύπο συστήματος όσο μια ιδιότητα που πρέπει να διαθέτουν όλες οι σύγχρονες μονάδες.

Συνδυαστικοί λέβητες

Οι συνδυαστικοί λέβητες είναι ίσως οι πιο οικονομικά αποδοτικοί λέβητες κατοικίας για τα περισσότερα σπίτια. Είναι συμπαγείς λέβητες all-in-one που ταιριάζουν απόλυτα στη θέρμανση μικρότερων σπιτιών που δεν έχουν τόσο μεγάλη ζήτηση για θέρμανση και ζεστό νερό. Σε αντίθεση με τους κανονικούς λέβητες ή τους συστηματικούς που χρειάζονται μια δεξαμενή κρύου νερού ή/και έναν εξωτερικό κύλινδρο ζεστού νερού, αυτός ο λέβητας όλα όσα χρειάζεται είναι μέσα στη μονάδα. Αυτό τους καθιστά ιδανικούς και δημοφιλείς λόγω της πολύ μεγάλης εξοικονόμησης χώρου. Οι λέβητες αυτοί θερμαίνουν το νερό απευθείας από το δίκτυο, παρέχοντας άμεσο ζεστό νερό σε υψηλή πίεση στη βρύση ή στο ντους, πράγμα που σημαίνει ότι σπαταλάται λιγότερη ενέργεια καθώς δεν υπάρχει ανάγκη αποθήκευσης ζεστού νερού σε έναν κύλινδρο. Ελέγχουν τόσο το ζεστό νερό όσο και την κεντρική θέρμανση, και η ενεργειακή τους απόδοση τους καθιστά τη μονάδα επιλογής για τους περισσότερους ιδιοκτήτες σπιτιού. Το αρνητικό αυτό του τύπου

λέβητα είναι δεν μπορεί να ικανοποιήσει την υψηλή ζήτηση για ζεστό νερό συνεπώς δεν είναι κατάλληλος για μεγάλες κατοικίες καθώς και επίσης δεν είναι κατάλληλος για κατοικίες με χαμηλή πίεση δικτύου, [22].

Συστηματικοί λέβητες

Αυτού του τύπου οι λέβητες βρίσκουν εφαρμογή σε περιπτώσεις με μεγαλύτερες ανάγκες για ζεστό νερό καθώς και σε μεγαλύτερες κατοικίες με περισσότερα μπάνια. Οι συστηματικοί λέβητες βοηθάνε στην εξοικονόμηση χώρου καθώς δεν απαιτούν δεξαμενή νερού, μόνο ένας κύλινδρος ζεστού νερού. Το δοχείο διαστολής και η αντλία είναι ενσωματωμένα στοιχεία σε αυτόν τον τύπο λέβητα, καθιστώντας τον εύκολο στην εγκατάσταση, στη συντήρηση και πιο αποτελεσματικό. Επιπλέον, τα ενσωματωμένα εξαρτήματα οδηγούν σε μια ακόμη πιο συμπαγή επιλογή, βοηθώντας στην εξοικονόμηση χώρου. Το ζεστό νερό αντλείται από το λέβητα στα καλοριφέρ του σπιτιού, μειώνοντας το κόστος λειτουργίας και εξασφαλίζοντας γρήγορο χρόνο απόκρισης για τη θέρμανση. Αν και συμπαγής, η ικανότητά του να δίνει ζεστό νερό σε πολλές βρύσες και ντους ταυτόχρονα τα καθιστά μια εξαιρετική επιλογή για μεγάλα νοικοκυριά με υψηλότερες απαιτήσεις σε νερό, [23].

Συμβατικοί λέβητες

Οι συμβατικοί λέβητες, γνωστοί και ως παραδοσιακοί, κανονικοί, λέβητες ανοικτού αερισμού ή θερμότητας, αποτελούνται από έναν κύλινδρο και δεξαμενή αποθήκευσης νερού. Παρόλο που δεν αποτελούν την καλύτερη επιλογή ένας συμβατικός λέβητας είναι σε θέση να παρέχει μεγάλες ποσότητες ζεστού νερού σε πολλά μπάνια, καθιστώντας τον μια εξαιρετική επιλογή για μεγαλύτερα νοικοκυριά και μεγάλες κατοικίες. Αυτό το είδος μονάδας ταιριάζει καλύτερα σε σπίτια που διαθέτουν ήδη παραδοσιακά συστήματα θέρμανσης καθώς η σωλήνωση για την μετατροπή μπορεί να μην χρειάζεται καθόλου αλλαγή, αλλά και αν απαιτεί αλλαγές είναι πιθανό να είναι ελάχιστες. Όπως και οι συστηματικοί λέβητες, οι συμβατικοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με ηλιακά συστήματα θέρμανσης. Οι συγκεκριμένο λέβητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης στις περιπτώσεις που έχουμε χαμηλή πίεση δικτύου και διαχωρίζονται είτε σε κλειστούς είτε ανοιχτούς. Στα κλειστά συστήματα, ο λέβητας δεν έχει δεξαμενή τροφοδοσίας και διαστολής και είναι κλειστός στην ατμόσφαιρα, ενώ τα ανοιχτά συστήματα είναι ανοιχτά στην ατμοσφαιρική πίεση και διαθέτουν δεξαμενή τροφοδοσίας και διαστολής. Η δεξαμενή νερού διατηρεί τη σωστή στάθμη νερού, ενώ μια αντλία κυκλοφορεί το ζεστό νερό στα σώματα. Τα μειονεκτήματα των συμβατικών λεβητών έγκειται στο ότι ο χρόνος θέρμανσης του νερού απαιτεί περισσότερο χρόνο σε σχέση με άλλα συστήματα, επίσης είναι πιο κοστοβόροι κατά τη λειτουργία τους και απαιτούν περισσότερο χώρο και μεγαλύτερο χρόνο για την εγκατάσταση τους, [24].

Εφαρμογές

Στις μέρες μας ο λέβητας συμπύκνωσης όχι μόνο έχει ευρεία εφαρμογών αλλά αποτελεί και υποχρέωση στις σύγχρονες κτιριακές εγκαταστάσεις σύμφωνα με την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας ECODSIGN (ERP) από το Σεπτέμβριο του 2017 για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η εφαρμογή του λέβητα συμπύκνωσης στην οικιακή θέρμανση διευκολύνει την ανάγκη για θέρμανση χώρων και ζεστού νερού. Τα πλεονεκτήματα που έχουν αυτοί οι λέβητες αφορά την οικονομία, την φιλικότητα προς το περιβάλλον και την ασφαλή λειτουργία καθιστώντας τους ιδανικούς για τα νοικοκυριά κάτι το οποίο τους έχει οδηγήσει σε μια αυξανόμενη ζήτηση ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Εκτός όμως από την αυξανόμενη ζήτηση των λεβήτων συμπύκνωσης στα νοικοκυριά, οι λέβητες αυτοί βρίσκουν και μεγάλη εφαρμογή σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας καθώς και εμπορικές ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η μόνη τους διαφορά σε σχέση με τους οικιακούς λέβητες είναι στο μέγεθος και στην δυναμικότητα θέρμανσης, κάτι που τους κάνει να παράγουν τεράστια ποσά θέρμανσης ικανά να καλύψουν τις ανάγκες μεγάλων χώρων.

Κεφάλαιο 4^ο

Συγκριτική μελέτη κόστους διαφόρων τεχνολογιών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε και θα αναλύσουμε τεχνο-οικονομικές παραμέτρους σχετικά με κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες θέρμανσης-ψύξης που χρησιμοποιούνται ενεργά στην Ελληνική αγορά .

Τα αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται ισχύουν μόνο κάτω από τις παραδοχές που έχουν χρησιμοποιηθεί καθώς και οι τιμές αγοράς των συσκευών που αξιολογήθηκαν είναι ενδεικτικές ληφθεί από το διαδίκτυο και μπορεί να διαφέρουν σημαντικά ανάλογα τον κατασκευαστή, τη χώρα προέλευσης και το σημείο πώλησης.

Τα συστήματα που εξετάζουμε είναι:

- Αντλία θερμότητας μέσω θερμοκρασιών
- Λέβητας συμπύκνωσης
- Κλιματιστικό – split unit 12.000 btu
- Κλιματιστικό – split unit 24.000 btu

Η ανάλυση θα γίνει για καινούργια κατοικία συνολικής επιφάνειας 150 τετραγωνικών (m²). Θεωρείται ότι η μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για μια κατοικία 150m² με 5 ενοίκους θα είναι περίπου τις 800kWh ανά τετράμηνο χωρίς να συνυπολογίζονται η χρήση των λευκών συσκευών καθώς και η χρήση συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού.

Για την ανάγκη των παραπάνω θα συγκριθούν συγκεκριμένα μοντέλα που διατίθενται στο εμπόριο.

Αντλία Θερμότητας μέσω θερμοκρασιών

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ	3000 – 5000€
ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (7°C - 35°C)	14,1 kW
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΑΕΡΟΣ – ΝΕΡΟΥ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ	A++
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ	5,15 kW/h
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	4,47 kW/h
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Monoblock, Τριφασική

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά Αντλίας θερμότητας 14kW [25]

Λέβητας συμπύκνωσης

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ	1500 – 2500€
ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	18 kW
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ	A+
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	1,75lt/h
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Low NoX

Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά λέβητα συμπύκνωσης [26]

Κλιματιστικό – split unit

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ	300 – 600€
ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	13000 btu/ 3,8099 kW
ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	12000 btu/ 3,5169 kW
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	INVERTER
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ	A++
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ	201 kW / χρόνο – 0,574 kW/h
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	770 kW / χρόνο – 0,550 kW/h

Πίνακας 5 Χαρακτηριστικά κλιματιστικού 12000btu [27]

ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΗΣ	700 – 1100€
ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	25000 btu/ 7,3268 kW
ΨΥΚΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ	24000 btu/ 7,0337 kW
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	INVERTER
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΛΑΣΗ	A++
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΨΥΞΗ	402 kW / χρόνο – 1,149 kW/h
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ	1645 kW / χρόνο – 1,175 kW/h

Πίνακας 6 Χαρακτηριστικά κλιματιστικού 24000btu [27]

Για το πετρέλαιο θέρμανσης που χρησιμοποιεί για την λειτουργία του ο λέβητας συμπύκνωσης αντλήθηκαν στοιχεία από την Γενική Γραμματεία Καταναλωτή σύμφωνα με την οποία στις 30/4/2021 οι τιμές πώλησης προς τον τελικό καταναλωτή μετά φόρων στην αντλία κυμαίνονταν στα 0,957€ ανά λίτρο. Διευκρινίζεται ότι χειμερινή περίοδος θεωρείτε από 15/10 έως 30/4 του επόμενου έτους [28].

Για την ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν για την λειτουργία τους η αντλία θερμότητας και τα κλιματιστικά σώματα – split unit θεωρήθηκε οικιακό τιμολόγιο χωρίς χρονοχρέωση Γ1 με τριφασική παροχή ρεύματος χωρίς νυκτερινό τιμολόγιο. Σύμφωνα λοιπόν με την επίσημη ιστοσελίδα της ΔΕΗ οι ισχύουσες χρεώσεις για τριφασική παροχή ρεύματος από 1/1/2021 σε kW/h ορίζεται στα

0,11058€/kWh για κατανάλωση 0-2000kWh/h και 0,11936€/kWh για κατανάλωση ισχύος μεγαλύτερη από 2000kWh ενώ η πάγια χρέωση τριφασικής παροχής ανά τετράμηνο ορίζεται στα 5,32€ [29]. Όμως στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος αυτό που καλείται να πληρώσει στο τέλος ο καταναλωτής επηρεάζεται και αυξάνεται σύμφωνα με επιπλέον χρεώσεις προμήθειας και ρυθμιζόμενες χρεώσεις οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Τιμές Ημέρας
ΑΔΜΗΕ: ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Η/Ε (ισχύ από 01.01.2017)	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση ισχύος (ΜΠΧ)	(0,13 €/kVA) x ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,00527 €/kWh
ΔΕΔΔΗΕ: ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Η/Ε (ισχύ από 01.01.2017)	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση Ισχύος (ΜΠΧ)	(0,54 €/kVA) x ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,0213 €/kWh
ΥΚΩ: Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	0,00690 €/kWh
ΕΤΜΕΑΡ : Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων	0,01700 €/kWh
Λοιπές Χρεώσεις	0,00007 €/kWh
ΕΦΚ: Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης	0,0022 €/kWh
Ειδικό τέλος 5%ο: (Χρεώσεις προμήθειας ΔΕΗ + Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις – ΕΤΜΕΑΡ + ΕΦΚ) x 5%ο	
ΦΠΑ: (Χρεώσεις Προμήθειας ΔΕΗ + Ρυθμιζόμενες + ΕΦΚ) x 6%	

Πίνακας 7 Επιπλέον χρεώσεις ηλεκτρικού ρεύματος

Επίσης στο τελικό λογαριασμό ενσωματώνεται το τέλος της δημόσιας τηλεόρασης ΕΡΤ με ετήσια χρέωση 36€ και ανάλογα την περιοχή διαμονής τα δημοτικά τέλη (ΔΤ), ο δημοτικός φόρος (ΔΦ) και τα τέλη ακίνητης περιουσίας (ΤΑΠ). Στην περίπτωση μας για τον Δήμο Χανίων και για την εξεταζόμενη περίπτωση καινούργιας κατοικίας 150m² ισχύει ότι:

ΔΤ: $\text{tm} \times \text{€}/\text{tm} \times \text{συντ. ημερών} = 150 \times 1,55 \times 122/365 = 77,71\text{€}$ (τετράμηνο)

ΔΦ: $\text{tm} \times \text{€}/\text{tm} \times \text{συντ. ημερών} = 150 \times 0,07 \times 122/365 = 3,51\text{€}$ (τετράμηνο)

ΤΑΠ: $\text{tm} \times \text{τιμή ζώνης(Χανιά πόλη)} \times \text{παλαιότητα} \times \text{συντ.ΤΑΠ} \times \text{συντ. ημερών} = 150 \times 1350,00 \times 0,90 \times 0,00035 \times 122/365 = 21,32\text{€}$ (τετράμηνο)

Αναλύοντας λοιπόν τα δεδομένα από τους πίνακες σύμφωνα με τα ενδεικτικά μοντέλα που επιλέχθηκαν θα γίνει μια σύγκριση μεταξύ των παραπάνω συστημάτων θέρμανσης-ψύξης για να επιλεγθεί η πιο συμφέρουσα λύση ή συνδυασμός αυτών για κατανάλωση ανά χρόνο λειτουργίας, όπου και στη θέρμανση και στη ψύξη ο χρόνος λειτουργίας είναι τετράμηνο. Ιδιαίτερη σημασία

στον αποδοτικό κλιματισμό-θέρμανση κάποιου χώρου έχουν και τα κατασκευαστικά του χαρακτηριστικά. Οι χώροι με μικρές απώλειες μπορούν να προσφέρουν πιο εύκολα θερμική άνεση στο χρήστη, ενώ προφανώς είναι και σαφώς πιο οικονομικοί στη θέρμανση-ψύξη τους. Οι απώλειες ενός χώρου ορίζονται από το μέγεθος των ανοιγμάτων που διαθέτουν (πόρτες, παράθυρα κ.τ.λ.), την θερμομόνωση του χώρου, τα κουφώματα που χρησιμοποιούνται, αλλά και τον προσανατολισμό του. Επιπλέον, πολύ βασικό ρόλο έχει και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, μικρότερες των 0°C, μειώνεται η απόδοση των συσκευών, καθώς μπορούν να αντλήσουν λιγότερη θερμότητα από το περιβάλλον. Έτσι, ανάλογα με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες λειτουργούν μπορούν να αποδειχθούν ιδιαίτερα αποδοτικές και οικονομικές. Οι ώρες για τις οποίες λειτουργούν είναι ένας επιπλέον παράγοντας για οικονομική βιωσιμότητα της χρήσης των κλιματιστικών ως βασική μέθοδο θέρμανσης. Όταν δεν απαιτείται η θέρμανση του χώρου, πρέπει να απενεργοποιούνται, όπως για παράδειγμα τις ώρες όπου οι ένοικοι απουσιάζουν από το χώρο. Σε αυτή την κατεύθυνση μπορούν να βοηθήσουν και νέες τεχνολογίες που εμφανίζονται τον τελευταίο καιρό στα κλιματιστικά, τα οποία χρησιμοποιούν αισθητήρες για τον έλεγχο παρουσίας ατόμων στο χώρο ή όχι, αλλά και τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης για τον απομακρυσμένο έλεγχο της συσκευής.

Αρχικά θα εξετάσουμε την περίπτωση του λέβητα συμπύκνωσης ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την περίπτωση κάλυψης των αναγκών θέρμανσης της κατοικίας. Ο συγκεκριμένος που επιλέχθηκε των 18kW σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή είναι κατάλληλος για χώρους έως και 200m² όποτε υπερκαλύπτει την δική μας περίπτωση κατοικίας 150m² που εξετάζουμε. Θεωρούμε επίσης, έχοντας το λέβητα συνεχώς ανοιχτό ότι για μια ημέρα ο μέσος χρόνος λειτουργίας του για ένα μονωμένο σπίτι είναι οι 4 ώρες, συνεπώς για το τετράμηνο (122 ημέρες), 488 ώρες λειτουργίας. Σύμφωνα λοιπόν με την κατανάλωση πετρελαίου του λέβητα από τον Πίνακα 4 η συνολική κατανάλωση του καυστήρα για την περίοδο του χρόνου(τετράμηνο) θα είναι 854 ltr, συνεπώς 817,28€ το τελικό κόστος στην τσέπη του καταναλωτή για να δημιουργήσει συνθήκες άνεσης στον χώρο κατοικίας του.

Στην συνέχεια θα εξετάσουμε τα κλιματιστικά – split unit για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης του χώρου. Πολύ βασικό ρόλο κατά τη θέρμανση χώρων παίζουν οι συνθήκες λειτουργίας. Για την επίτευξη θερμικής άνεσης στους κλιματιζόμενους χώρους και την ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας κρίνεται απαραίτητη η ρύθμιση του θερμοστάτη στους 20-21°C. Υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτή όχι μόνο δεν αυξάνουν την άνεση του χρήστη, αλλά μειώνουν την απόδοση του κλιματιστικού, καθώς θέτουν ως στόχο θερμοκρασίες

που δεν μπορούν να επιτευχθούν εύκολα, με αποτέλεσμα το κλιματιστικό να λειτουργεί συνέχεια στη μέγιστη ισχύ. Για τη θέρμανση λοιπόν του χώρου μέσω κλιματιστικών και για τα συγκεκριμένα τετραγωνικά που εξετάζουμε θεωρούμε ότι θα χρειαστούν συνολικά 5 κλιματιστικά 4 12άρια (12000btu) και 1 24άρι (24000btu) και θεωρούμε ότι τα κλιματιστικά θα λειτουργούν για περίπου 5 ώρες κάθε ημέρα σε πλήρη λειτουργία. Όλα αυτά φυσικά επηρεάζονται από τις ανάγκες του κάθε ατόμου, το πόσο χρόνο μένει στο σπίτι του, το πόσο ζεστό ή κρύο θέλει το περιβάλλον του κτλ.

Σύμφωνα με τους πίνακες 5 και 6, το 12άρι έχει κατανάλωση ρεύματος στην ψύξη 201kW/a και 702kW/a στην θέρμανση αντίστοιχα το 24άρι 402kW/a και 1645kW/a. Τα κλιματιστικά σύμφωνα με τη νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία Eco Design αυτό που υποχρεωτικά αναφέρουν είναι η ετήσια κατανάλωση και όχι η κατανάλωση ανά ώρα. Οι ενεργειακές ετικέτες, οι οποίες συνοδεύουν το κλιματιστικό, αναφέρουν την ετήσια κατανάλωση (kW/a) τόσο στη λειτουργία ψύξης, όσο και στη λειτουργία θέρμανσης. Για να υπολογίσουμε λοιπόν την κατανάλωση του κλιματιστικού μας ανά ώρα (kW/h) παίρνουμε σαν δεδομένο ότι η ετήσια κατανάλωση ψύξης βασίζεται σε 350 ώρες λειτουργίας, ενώ για τη θέρμανση, στη μέση και θερμή ζώνη σε 1400 ώρες λειτουργίας, [30]. Έτσι λοιπόν από τα παραπάνω προκύπτει ότι η κατανάλωση για το 12άρι είναι 0,574kW/h στην ψύξη και 0,550kW/h στην θέρμανση, αντίστοιχα για το 24άρι 1,149kW/h στην ψύξη και 1,175kW/h στην θέρμανση. Η συνολική κατανάλωση στην ψύξη για μία ώρα είναι: $4 \times 0,574\text{kW/h} + 1 \times 1,149\text{kW/h} = 3,445\text{kW/h}$. Άρα λοιπόν για 350 ώρες συνεχή λειτουργίας θα έχουμε: $350 \times 3,445\text{kW/h} = 1205\text{kW}$ το χρόνο(τετράμηνο). Αντίστοιχα η συνολική κατανάλωση στην θέρμανση για μία ώρα είναι: $4 \times 0,550\text{kW/h} + 1 \times 1,175\text{kW/h} = 3,375\text{kW/h}$. Άρα λοιπόν για 1.400 ώρες συνεχή λειτουργίας θα έχουμε: $1.400 \times 3,375\text{kW/h} = 4725\text{kW}$ το χρόνο(τετράμηνο) 2058,75 kW.

Για την θέρμανση του χώρου μέσω αντλίας θερμότητας, θεωρούμε ότι για ένα μονωμένο σπίτι έχοντας την αντλία συνεχώς «ανοιχτή» αυτή θα βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία για 5 ώρες, συνεπώς για το χρόνο (τετράμηνο 122 ημέρες), 610 ώρες λειτουργίας. Σύμφωνα λοιπόν με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της αντλίας θερμότητας από τον Πίνακα 3 η συνολική κατανάλωση της αντλίας για την περίοδο του χρόνου(τετραμήνου) θα είναι 2726,7kW. Αντίστοιχα για την ψύξη θεωρώντας τις ίδιες ώρες λειτουργίας και σύμφωνα με την κατανάλωση που προκύπτει από τον πίνακα η συνολική κατανάλωση της αντλίας για την περίοδο του χρόνου(τετραμήνου) θα είναι 3141,5kW.

Από τον Πίνακα 7 μπορούμε να εξάγουμε την τελική τιμή της κιλοβατώρας στην τσέπη του πελάτη. Επίσης από τα παραπάνω αποτελέσματα βλέπουμε ότι αθροίζοντας τα 800kW μιας οικίας μέσης κατανάλωσης για το τετράμηνο και την

κατανάλωση της θέρμανση όπου προκύπτει είτε από την αντλία θερμότητας είτε από τα κλιματιστικά τότε ξεπερνάμε την κατανάλωση των 2000kW το τετράμηνο, συνεπώς ανεβαίνουμε κλίματα στην χρέωση της κιλοβατώρας από την ΔΕΗ στα 0,11936€/kWh.

Άρα σύμφωνα με την παρακάτω σχέση προκύπτει:

Τελικό Κόστος κιλοβατώρας = Πάγια Χρέωση + Χρέωση Ενέργειας + ΑΔΜΗΕ + ΔΕΔΔΗΕ + ΥΚΩ + ΕΤΜΕΑΡ + Λοιπές Χρεώσεις + ΕΦΚ

ΣΙ*: Συμφωνημένη Ισχύς (kVA) Οι **οικιακές παροχές** έχουν συνήθως Συμφωνημένη Ισχύ 8kVA και 15kVA για μονοφασική παροχή και 25kVA για τριφασική παροχή.

Συνολική αξία ηλεκτρικού ρεύματος = Τελικό Κόστος κιλοβατώρας + ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 5‰ + ΦΠΑ

	Θέρμανση χρόνου (τετράμηνου) kW/h	Ψύξη χρόνου (τετράμηνου) kW/h	Θέρμανση χρόνου(τετράμηνου) Συνολική αξία ηλεκτρικού ρεύματος σε €	Ψύξη χρόνου (τετράμηνου) Συνολική αξία ηλεκτρικού ρεύματος σε €
Κλιματιστικά	4725	1205	877,266	232,376
Αντλία Θερμότητας	2726,7	3141,5	511,17	587,2

Πίνακας 8 Συνολική κατανάλωση ενέργειας και συνολική αξία ηλεκτρικού ρεύματος σε €

Έχοντας πλέον συλλέξει όλα τα δεδομένα βλέπουμε ότι τα κλιματιστικά-split unit αποτελούν την πιο συμφέρουσα οικονομικά λύση για την κάλυψη των αναγκών ψύξης ,καθώς και η Αντλία Θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης της κατοικίας.

Κεφάλαιο 5^ο

Συμπεράσματα

Παρακάτω θα ακολουθήσει μια ειδικότερη αναφορά σε συμπεράσματα που λάβαμε μετά από συνέντευξη που πραγματοποιήθηκε με επαγγελματίες του χώρου στον τομέα της θέρμανσης και ψύξης στα Χανιά, όπου θα μας βοηθήσει και βάση άλλων παραμέτρων πέραν του κόστους λειτουργίας να επιλέξουμε το πιο οικονομικό-αποδοτικό σύστημα εξ' αυτών όπου μελετήσαμε .

Στην έρευνα αυτή δόθηκε βάση στην επιλογή του πιο αποδοτικού συστήματος με κριτήρια : τη διάρκεια απόσβεσης στα δέκα έτη(διότι περίπου 10 έτη είναι ο κύκλος ζωής ενός μηχανήματος) , την ετήσια κατανάλωση θέρμανσης - ψύξης, το κόστος αγοράς του μηχανήματος, το κόστος εγκατάστασης, καθώς το κόστος πιθανών βλαβών που μπορεί να προκύψουν όπως επίσης και το χρόνο παράδοσης των ανταλλακτικών για επιδιόρθωση πιθανής βλάβης.

Αναλύοντας λοιπόν τα δεδομένα που συλλέξαμε, τα κλιματιστικά τύπου split unit βγήκαν τα πιο αποδοτικά σε κόστος λειτουργίας στην ψύξη με 2.323,76€ την 10ετία, ενώ στην θέρμανση είχαν κόστος 8.772€.Αντίστοιχα η αντλία θερμότητας στην θέρμανση βγήκε η πιο αποδοτική με κόστος λειτουργίας 5.111,7€ την 10ετία και για την ψύξη είχε κόστος 5.872€ . Τέλος ο λέβητας για την θέρμανση είχε κόστος λειτουργίας 8.172,8€ την δεκαετία.

Όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης, τα κλιματιστικά - split unit έχουν το μικρότερο σε σχέση με τα υπόλοιπα συστήματα που εξετάζουμε. Ενδεικτικά το κόστος εγκατάστασης ανά κλιματιστικό κυμαίνεται στα 80€ στην περίπτωση που η εξωτερική μονάδα είναι σε απόσταση έως 2.5 μέτρα από την εσωτερική μονάδα, δηλαδή στο σύνολο των 5 μηχανημάτων το συνολικό κόστος εγκατάστασης κυμαίνεται περίπου στα 400€ ενώ αυτό προσαυξάνετε περίπου κατά 20€ για κάθε επιπλέον μέτρο σετ ψυκτικών σωληνώσεων, αποχέτευσης και καλωδίων που θέλουμε να προσθέσουμε. Η αντλία θερμότητας έχει ένα κόστος εγκατάστασης για να λειτουργεί και για θέρμανση και για ψύξη γύρω στις 5.200€, και αυτό εξαιτίας των Fan-Coil όπου απαιτούνται, τις επιπλέον μονώσεις των σωλήνων του δικτύου καθώς και τις αποχετεύσεις των Fan-Coil. Αν η λειτουργία της αντλίας θερμότητας προορίζονταν μόνο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης της κατοικίας με θερμαντικά σώματα τότε το κόστος της εγκατάστασης θα κυμαίνονταν στις 4.000€. Αντίστοιχα, ο λέβητας έχει ένα κόστος εγκατάστασης γύρω στις 3.500€, δηλαδή γύρω στα 500€ κάτω από την αντλία θερμότητας με εγκατάσταση μόνο για θέρμανση και αυτό διότι δεν χρειάζεται δοχείο αδρανείας, υλικά και εργασία

σύνδεσης αυτού, ενώ κατά τα αλλά είναι σχεδόν ίδιες σαν εγκαταστάσεις. Επομένως τα κλιματιστικά συνεχίζουν να αποτελούν την πιο οικονομική λύση με σημαντική διαφορά έναντι των άλλων συστημάτων και στο κόστος λειτουργίας για την ψύξη καθώς και στην εγκατάσταση .

Επιπρόσθετα, το κόστος αγοράς 5 μηχανημάτων τύπου Split Unit που απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών μιας κατοικίας 150m² που εξετάζουμε (ένα 24.000 BTU και τέσσερα 12.000 BTU) έχουν μέση τιμή αγοράς τα 2.700€, ενώ η αντλία θερμότητας περίπου τις 4.000€ και ο λέβητας γύρω στις 2.000€. Συνεπώς η αντλία με τα κλιματιστικά Split Unit έχουν διαφορά κόστους αγοράς σε βάρος της αντλίας γύρω στα 1.300 ευρώ ενώ με τον λέβητα γύρω στα 700€ σε βάρος των κλιματιστικών. Τέλος ο λέβητας με την Αντλία έχει μια διαφορά κόστους γύρω στις 2.000€ σε βάρος της αντλίας.

Εξετάζοντας τώρα τα συστήματα βάση των πιθανών βλαβών που μπορεί να προκύψουν έχουμε ότι το κόστος βλάβης των κλιματιστικών - Split Unit κυμαίνεται γύρω στα 250€ για τα 12αρια και 400€ για τα 24αρια το οποίο κόστος αναφέρεται στην πλακέτα καθώς πρόκειται για την πιο κοινή και από τις πιο ακριβές βλάβες που μπορεί να προκύψουν. Η αντλία θερμότητας αντίστοιχα έχει κόστος βλάβης γύρω στα 500€ όπου κοστολογείται η πλακέτα καθώς πάλι και σε αυτήν την περίπτωση είναι η πιο κοινή και από τις πιο ακριβές βλάβες που μπορεί να προκύψουν. Ο λέβητας έχει σαν πιο κοινή βλάβη και από τις πιο ακριβές βλάβες το Control Panel - εγκέφαλο του μηχανήματος, όπου κοστολογείται γύρω στα 100€ και είναι ετοιμοπαράδοτος στα πιο πολλά μαγαζιά όπου ασχολούνται με την ψύξη/θέρμανση. Άλλο ένα θετικό με την επισκευή του λέβητα είναι ότι τοποθετείται σε στεγασμένους και καλυπτόμενους χώρους ενώ η αντλία θερμότητας και τα κλιματιστικά λόγω του ότι τοποθετούνται και σε εξωτερικό χώρο (οι εξωτερικές μονάδες είναι αυτές που συνήθως χρήζουν επισκευής) δεν είναι καθόλου εύκολο να επισκευαστούν υπό αντίξοες και βροχερές συνθήκες, τόσο για τα συνέργεια επισκευής όσο και για τα ίδια τα μηχανήματα όπου έχουν ηλεκτρολογικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα όπου δεν πρέπει να βραχούν με τον κίνδυνο να βραχυκυκλώσουν. Επίσης ο λέβητας λόγω των θερμαντικών σωμάτων παρέχει καλύτερη ποιότητα θέρμανσης λόγω συναγωγής της θερμότητας στο χώρο, σε σχέση με τα κλιματιστικά ή τα Fan coil όπου θερμαίνουν τον χώρο μέσω βεβιασμένης ροής αέρα και δεν αποδίδουν τόσο καλή ποιότητα θέρμανσης . Ο χρόνος παράδοσης των πλακετών της Αντλίας και των Split Unit κυμαίνεται συνήθως στις 2 εβδομάδες με ένα 1 μήνα διότι στα Χανιά και γενικότερα στην Κρήτη δεν υπάρχουν ετοιμοπαράδοτες. Βλέπουμε λοιπόν ότι ο λέβητας προκύπτει οικονομικότερος σε σχέση με τις βλάβες που μπορούν να προκύψουν. Προφανώς όλα τα συστήματα μπορεί να εμφανίσουν πολύ πιο απλές και οικονομικότερες βλάβες από αυτές που αναφέραμε.

Κλείνοντας, όσον αφορά το τι τελικά θα τοποθετηθεί στην κατοικία έχουμε ότι βάση νομοθεσίας για τη θέρμανση δεν μπορούμε να επιλέξουμε μόνο την λύση των κλιματιστικών split unit παρότι βγαίνουν πιο οικονομικά σε σχέση με τον λέβητα ή την αντλία θερμότητας στο συνολικό κόστος αλλά θα πρέπει υποχρεωτικά να συνδυάζονται με ένα από τα άλλα δυο συστήματα. Συνεπώς θα συγκρίνουμε και τα άλλα δυο συστήματα μεταξύ τους. Συγκρίνοντας τα κόστη σε βάθος δεκαετίας προκύπτει ότι για την αντλία θερμότητας μέσω θερμοκρασιών $5.111,7\text{€}(\text{κόστος λειτουργίας}) + 4.000\text{€}(\text{κόστος εγκατάστασης}) + 4.000\text{€}(\text{κόστος αγοράς}) = 13.111,7\text{€}$, ενώ στον λέβητα $8.172,8\text{€}(\text{κόστος λειτουργίας}) + 3.500\text{€}(\text{κόστος εγκατάστασης}) + 2.000\text{€}(\text{κόστος αγοράς}) = 13.672,8\text{€}$, προκύπτει λοιπόν στα κόστη δεκαετίας μια διαφορά σε βάρος του λέβητα της τάξης των 561,1€. Όμως, αν αναλογιστούμε τα κόστη βλαβών και χρόνους επισκευής της αντλίας όπου σε περίπτωση που βγάλει μια αντικατάσταση πλακέτας μας έχει ζημιώσει γύρω στα 500€ ενώ αντίστοιχα ο λέβητας για βλάβη έχει κόστος επισκευής όπου ανέρχεται στα 100€. Ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι τα κόστη των δυο αυτών συστημάτων είναι πάρα πολύ κοντά. Παρόλα αυτά θα επιλέξουμε την αντλία θερμότητας μέσω θερμοκρασιών για τον τομέα της θέρμανσης για ένα πολύ σημαντικό λόγο. Αυτός είναι ότι σε νέες οικοδομικές άδειες μας αποδίδει καλύτερη ενεργειακή κλάση από ένα λέβητα συμπύκνωσης, δηλαδή για ένα σπίτι με θερμοπρόσοψη, θερμομόνωση ταράτσας και παράθυρα αλουμινίου με θερμοδιακοπή θα μας δώσει ενεργειακή κλάση A++ ενώ ο λέβητας συμπύκνωσης με τα αντίστοιχα δίνει A+, ενώ σε αντίστοιχα παλιά σπίτια όπου θέλουν να ενταχθούν στο πρόγραμμα Εξ' Οικονομώ Κάτοικόν επιδοτούν τις Αντλίες Θερμότητας και όχι τους λέβητες συμπύκνωσης.

Επιπρόσθετα, όσον αφορά την κάλυψη των αναγκών ψύξης τα κλιματιστικά - split unit έχουν συνολικό κόστος σε βάθος δεκαετίας $2.323,76\text{€}(\text{κόστος λειτουργίας}) + 400\text{€}(\text{κόστος εγκατάστασης}) + 2.700\text{€}(\text{κόστος αγοράς}) = 5.423,76\text{€}$, ενώ για την αντλία θερμότητας τα αντίστοιχα κόστη είναι $5.872\text{€}(\text{κόστος λειτουργίας}) + 1.200\text{€}(\text{επιπλέον κόστος εγκατάστασης για χρήση και σε λειτουργία ψύξης}) + 0\text{€}(\text{διότι την επέλεξα στην θέρμανση αρά έχω αγοράσει το μηχάνημα και δεν προσθέτω ξανά το κόστος αγοράς}) = 7.072\text{€}$. Συνεπώς έχουμε μια διαφορά της τάξης των 1.649€ για τον τομέα της ψύξης με οικονομικότερα τα κλιματιστικά τύπου Split Unit . Επίσης, όπως αναλύσαμε και νωρίτερα, τα κλιματιστικά έχουν πιο οικονομικές βλάβες, ακόμα και στην περίπτωση που χαλάσουν και τα 5 σε βάθος 10ετίας και δεν επισκευάζονται με αποτέλεσμα να χρίζουν αντικατάστασης το κόστος θα είναι μόλις 2700€ ενώ η αντλία σε αντίστοιχη κατάσταση έχει κόστος αγοράς 4000€ σε περίπτωση αντικατάστασης. Αλλά το πιο βασικό είναι ότι σε περίπτωση βλάβης ή αντικατάστασης καλύπτουμε τις ανάγκες της κατοικίας είτε στην θέρμανση είτε στον κλιματισμό με τα υπόλοιπα κλιματιστικά. Αντιθέτως αυτό δεν είναι εφικτό με την Αντλία Θερμότητας διότι είναι κεντρικό σύστημα. Επίσης, στο Εξοικονομώ κατ' Οίκον επιδοτούνται τα κλιματιστικά όπως και η Αντλία

Θερμότητας, καθώς και σε νέες άδειες οικοδομής αν τα επιλέξω για τις ανάγκες του κλιματισμού δεν μου μειώνουν την ενεργειακή κλάση σε σχέση με την επιλογή της Αντλίας Θερμότητας.

Συμπερασματικά, και με βάση τα αποτελέσματα του συγκεντρωτικού πίνακα 9 καταλήγουμε ότι τα συστήματα που θα τοποθετηθούν στην κατοικία μας είναι αντλία θερμότητας για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και κλιματιστικά – split unit για την κάλυψη των αναγκών ψύξης.

	Κόστος λειτουργίας 10ετίας	Κόστος εγκατάστασης	Κόστος αγοράς	Κόστος συνηθισμένων βλαβών
Αντλία Θερμότητας	5.872€ για Ψύξη 5.111,7€ για Θέρμανση	4.000€ μόνο για Θέρμανση 5.200€ για Θέρμανση-Ψύξη	4.000€	500€ πλακέτα
Κλιματιστικά τύπου Split Unit	2.323,76€ για Ψύξη 8.772,66€ για Θέρμανση	400€	2.700€	250€ πλακέτα για 9αρια-12αρια 400€ για 24αρια
Λέβητας συμπύκνωσης	817,28€ για θέρμανση	3.500€	2.000€	100€ Control panel- εγκέφαλος

Πίνακας 9 Συγκεντρωτικός Πίνακας συνολικών κοστών συστημάτων θέρμανσης - ψύξης

Θα ήθελα να τονίσω ότι σε οποιαδήποτε άλλη κλιματική ζώνη πέραν της Α θα επέλεγα τον λέβητα συμπύκνωσης για την θέρμανση. Αυτό συμβαίνει και για τα θετικά που αναφέραμε προηγουμένως όπου είναι πολύ βασικά, αλλά κυρίως διότι οι αντλίες θερμότητας και συνεπώς τα κλιματιστικά τύπου Split Unit σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος κάτω των 7°C δεν αποδίδουν λόγω χαμηλού COP(συντελεστής απόδοσης) και γίνονται δαπανηρά, με αποτέλεσμα να τα συνδυάζουμε με αυτοματισμούς με άλλα συστήματα, δηλαδή τους λέβητες, σε περίπτωση όπου επιλεχθούν και να διπλασιάζουμε το κόστος αγοράς καθώς και το κόστος εγκατάστασης. Αυτό συμβαίνει διότι παγώνει το εξωτερικό στοιχείο όπου δουλεύει σαν εξατμιστής του ψυκτικού κυκλώματος, το οποίο ήδη έχει χαμηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να χρειάζεται το ψυκτικό κύκλωμα μέσω της τετράδοις να εναλλάξει τον συμπυκνωτή με τον εξατμιστή, όπου είναι τα 2 στοιχεία του ψυκτικού κυκλώματος για να κάνει αποπάγωση του παγωμένου στοιχείου. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην σταματάει καθόλου την λειτουργία της και να έχει μεγάλη κατανάλωση. Μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις λόγω της προηγούμενης

διαδικασίας υπάρχει περίπτωση να μην μπορεί καν να ζεστάνει τα νερά στους 45⁰C όπου συνήθως ορίζουμε την θερμοκρασία νερού, με αποτέλεσμα να ενεργοποιεί ηλεκτρικές αντιστάσεις στο συγκεκριμένο κύκλωμα. Αυτό σημαίνει ότι αυξάνεται αρκετά το κόστος λειτουργίας, όπου ήδη έχει επιβαρυνθεί λόγω του ότι το σύστημα δεν αυτοματίζει εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος και της αποπάγωσης όπως αναφέραμε προηγουμένως .

Βιβλιογραφία

- Γ. Μοναχός, «ΑΕΝΑΟΣ Α.Ε.», 18 April 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available:
1] <https://www.aenaos-sa.gr>.
- Μ. Κ. Δ. Κ. Κ. Σ. Δασκαλάκη Ε.Γ., Δυνατότητες και προοπτική για την
2] ενεργειακή αναβάθμιση του ελληνικού κτιριακού αποθέματος, Αθήνα: Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης, 2016.
- Daikin Industries, Ltd, «Ποιά είναι η διαφορά μεταξύ αισθητής και
3] λανθάνουσας θερμότητας,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.daikin.gr>.
- A. K. Matteo Ciucci, «Energy efficiency,» May 2021. [Ηλεκτρονικό].
4] Available: <https://www.europarl.europa.eu>.
- Σ. Γ. Τσακαλώτος Ευκλείδης, «Εγκριση Κανονισμού Ενεργειακής
5] Απόδοσης Κτι-,» *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως*, 2017.
- Μονωδομική, «Μονωδομική,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
6] <https://www.monodomiki.gr>.
- P. Rittinger, «Theoretical-practical treatise on a novel evaporation process
7] applicable to all varieties of liquids using one and the same amount of heat which – for this purpose – is set into perpetual circular motion by water power.,» 1855.
- Σ. Καρκάς, «Alpha Clima,» March 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available:
8] <https://alphaclima.gr>.
- Australian Refrigeration Council, «Australian Refrigeration Council
9] (ARC),» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.arctick.org>.
- Wikipedia, «Air source heat pump,» 26 June 2010. [Ηλεκτρονικό].
10] Available: <https://en.wikipedia.org>.
- Viessmann, «Viessmann,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
11] <https://www.viessmann-us.com/>.
- ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ,
12] *Λέβητες - Καυστήρες*, Αθήνα, 2010.
- J. D. J. A. D. J. Dylan Cutler, «Condensing Boiler Evaluation: Retrofit and
13] New Construction Applications,» *National Renewable Energy Laboratory*, pp. 1-57, June 2014.
- K. Thompson, «HomeServe,» 22 January 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available:
14] <https://www.homeserve.com>.
- WaterHeaters, «Waterheaters.com,» 5 January 2021. [Ηλεκτρονικό].

- 15] Available: <https://waterheaters.com>.
- Γ. Μοναχός, «AENAOΣ A.E.,» 25 September 2015. [Ηλεκτρονικό].
- 16] Available: <https://www.aenaos-sa.gr>.
- N. Κουτσίδης, «MVG Energy,» 24 April 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 17] <https://www.mvg.gr>.
- S. B. Harish Satyavada, «A Novel Modelling Approach for Condensing Boilers Based on Hybrid Dynamical Systems,» *Machines*, p. 10, 5 April 2016.
- 18]
- DecorexPro, «DecorexPro,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 19] <https://el.decorexpro.com>.
- H/M ΕΡΓΑ – ΠΑΛΙΟΓΙΑΝΝΗΣ, «H/M ΕΡΓΑ – ΠΑΛΙΟΓΙΑΝΝΗΣ,»
- 20] [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://paliogiannis.gr/>.
- TiSoft, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ti-soft.com>.
- 21]
- Boiler Guide Team, «Boiler Guide,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 22] <https://www.boilerguide.co.uk>.
- Hometree, «Hometree,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 23] <https://www.hometree.co.uk>.
- HomeTree, «HomeTree,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 24] <https://www.hometree.co.uk>.
- Midea, «AIRSAM ΣΑΜΟΙΑΗΣ,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 25] <https://airsam.gr/>.
- KITURAMI, «Thermocity,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 26] <https://www.thermocity.gr>.
- Midea, «ELECTRONET,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 27] <https://www.electronet.gr>.
- Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας, «Υπουργείο Ανάπτυξης και Ανταγωνιστικότητας,» 30 April 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.fuelprices.gr/deltia_d.view.
- ΔΕΗ, «Οικιακό Τιμολόγιο - Γ1,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 29] <https://www.dei.gr>.
- TOYOTOMI, «Κλιματισμός,» [Ηλεκτρονικό]. Available:
- 30] <https://www.toyotomi.gr>.
- M. Κτενιαδάκης , Θ. Παπαδάκης και Αργυράκης Παναγιώτης,
- 31] ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΨΥΞΗΣ II, Πάτρα: Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια.