

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ Δ.ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΑ  
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΝΤΖΑΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
ΠΑΠΑΓΓΕΛΟΥΤΣΟΣ ΤΡΥΦΩΝΑΣ  
ΧΡΥΣΟΥΛΗΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013**

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ Δ.ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ  
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΨΥΚΤΙΚΑ  
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΝΤΖΑΛΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ  
ΠΑΠΑΓΓΕΛΟΥΤΣΟΣ ΤΡΥΦΩΝΑΣ  
ΧΡΥΣΟΥΛΗΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ- ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα με το οποίο καταπιάνεται αυτή η εργασία, αφορά την αντλία θερμότητας, ένα μέσο επεξεργασίας και μεταφοράς θερμότητας, το οποίο χρήζει ιδιαίτερης σημασίας, καθώς φαίνεται να έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες από όσες μέχρι σήμερα μας προσφέρονται από τα ήδη υπάρχοντα μέσα. Εκτός από τον τομέα των ηλεκτρικών συσκευών, στον οποίο συμπεριλαμβάνεται για να ανταγωνιστεί τις γνωστές μας ηλεκτρικές συσκευές, παίρνει αξιότιμα μια θέση και στον τομέα της ενέργειας, όσον αφορά στη χρήση της -λογική και άσκοπη, αλλά και στην αποθήκευσή της.

Ένας βασικός λόγος για τον οποίο η εμφάνιση της αντλίας θερμότητας στην αγορά θεωρείται καινοτομικό επίτευγμα, είναι το ότι χρησιμοποιείται όχι μόνο για να μεταφέρει θερμότητα από έναν χώρο σε έναν άλλο, αλλά γιατί μπορεί να το κάνει και αντίστροφα. Επιπρόσθετα, είναι σε θέση να ψυχράνει, να υγράνει, να φιλτράρει και να αερίσει. Οι απαιτήσεις της τελευταίας δεκαετίας την έχουν αναβαθμίσει σε μια πιο αξιόπιστη και οικονομικότερη από παλιότερα μηχανή, η οποία αν και με απλή κατασκευή και συντήρηση, επιτυγχάνει ωστόσο πολύ καλούς συντελεστές λειτουργίας.

Με την ανάλυση κάποιων ειδών αντλιών θερμότητας, την εξέταση της αποδοτικότητάς τους και την παρουσίαση παραδειγμάτων, επιχειρούμε να κεντρίσουμε το ενδιαφέρον και να μοιραστούμε την αντίληψή μας, για τη χρησιμότητα της ύπαρξης και της εξέλιξης τέτοιων μηχανημάτων.

## ABSTRACT

Pump is a mechanism that is allowed to carry something unlike its natural flow. The heat pump, which we will deal primarily in this study, carries unlike its natural flow, as its name indicates, the heat. The natural flow of heat is driven by conditions from higher temperatures to lower (degradation). The heat pump manages to convey heat from low-temperature conditions in high.

The operating principle of our already familiar appliances, refrigerator and air conditioner, is helping us to reach the mode of the heat pump. These devices emit heat to the environment or outdoors. The heat pump, however, in addition to this process, it is possible, with proper handling, to transfer the heat and vice versa (ex: space A => B space, but also space B => A space). Moreover, it is not only used for heating and cooling, but also for dehumidification, filtration, aeration and circulation.

During the last decade, the overall energy crisis gave impetus to the development of a new generation of heat pumps, more reliable and more economical. So, today's heat pumps are characterized by simplicity of construction, installation and maintenance, while achieving better operating factors.

Heat pumps are characterized by discrimination of various criteria. In this thesis we will try to analyze some of the species resulting from these distinctions. More specifically, we will deal with heat pumps "water-water" and "water-air" and will approach the construction and functional standpoint. Furthermore, we will examine the factors that affect the efficiency of a heat engine that operates in the reverse sense (coefficient function). Finally, we will present an example for calculating the network and local devices.

The ultimate goal is for this work to be a useful tool for any novice or professional engineer who will be interested in working for an introduction to the scientific field of heat pumps.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντλία, είναι ο μηχανισμός που μεταφέρει κάτι αντίθετα από τη φυσική του ροή. Η αντλία θερμότητας, η οποία θα μας απασχολήσει κατά κύριο λόγο στην παρούσα μελέτη, μεταφέρει αντίθετα από τη φυσική ροή, όπως δηλώνει και το όνομά της, τη θερμότητα. Η φυσική ροή της θερμότητας κατευθύνεται από καταστάσεις υψηλότερων θερμοκρασιών σε καταστάσεις χαμηλότερων (υποβάθμιση). Με την αντλία θερμότητας καταφέρνουμε να μεταφέρουμε θερμότητα από καταστάσεις χαμηλής θερμοκρασίας σε καταστάσεις υψηλής.

Η αρχή λειτουργίας των γνωστών μας ηλεκτρικών συσκευών, ψυγείο και κλιματιστικό, μας βοηθάει να προσεγγίσουμε τον τρόπο λειτουργίας της αντλίας θερμότητας. Οι συσκευές αυτές αποβάλλουν θερμότητα στο περιβάλλον ή στο ύπαιθρο. Η αντλία θερμότητας ωστόσο, επιπρόσθετα σε αυτή τη διαδικασία, έχει τη δυνατότητα, με τον κατάλληλο χειρισμό, να μεταφέρει θερμότητα και αντίστροφα (δηλαδή: χώρος A => χώρος B, αλλά και χώρος B => χώρος A). Επιπλέον, δεν χρησιμοποιείται μόνο για θέρμανση και ψύξη, αλλά και για αφύγρανση, φίλτράρισμα, αερισμό και κυκλοφορία.

Στα μέσα της περασμένης δεκαετίας η γενικότερη ενεργειακή κρίση έδωσε ώθηση για την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς αντλιών θερμότητας, πιο αξιόπιστη και πιο οικονομική. Έτσι, οι σημερινές αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από απλότητα στην κατασκευή, την εγκατάσταση και τη συντήρηση, ενώ παράλληλα επιτυγχάνουν καλύτερους συντελεστές λειτουργίας.

Οι αντλίες θερμότητας χαρακτηρίζονται από διακρίσεις ποικίλων κριτηρίων. Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία θα επιχειρήσουμε να αναλύσουμε κάποια από τα είδη που προκύπτουν από τις διακρίσεις αυτές. Πιο συγκεκριμένα, θα ασχοληθούμε με τις αντλίες θερμότητας «νερού-νερού» και «νερού-αέρα» και θα προσεγγίσουμε την κατασκευαστική και τη λειτουργική τους σκοπιά. Επιπλέον, θα εξετάσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοτικότητα μιας θερμικής μηχανής που λειτουργεί κατά την ανάστροφη έννοια (συντελεστής λειτουργίας). Τέλος, θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα υπολογισμού του δικτύου και των τοπικών συσκευών.

Απώτερος στόχος είναι η εργασία αυτή να αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για κάθε δόκιμο ή επαγγελματία μηχανικό που θα ενδιαφερθεί στα πλαίσια της εργασίας του για μια εισαγωγή στο γνωστικό πεδίο των αντλιών θερμότητας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	v
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1. Αντλία θερμότητας-γενικά.....	7
2. Λειτουργία.....	9
3. Διακρίσεις των αντλιών θερμότητας.....	10
4. Επιλογικά.....	10
1. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ-ΝΕΡΟΥ.....	12
1.1. Αρχή Λειτουργίας.....	12
1.2. Κύκλος Ψύξης.....	13
1.3. Παρελκόμενα μηχανήματα και συσκευές.....	15
1.4. Θερμοδυναμική Ανάλυση.....	25
1.5. Πρακτικό Παράδειγμα Υπολογισμού.....	27
2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ-ΑΕΡΑ.....	34
2.1. Γενικά.....	34
2.2. Το Ψυκτικό κύκλωμα.....	35
2.3. Το Υδραυλικό Κύκλωμα.....	37
2.4. Επίδραση παραγόντων στο συντελεστή λειτουργίας.....	37
2.5. Απαιτήσεις Συντήρησης.....	41
2.6. Ανάλυση κόστους.....	42
3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	45
3.1. Λειτουργία και συνθήκες άνεσης.....	45
3.2. Διακρίσεις εφαρμογών των συστημάτων κλιματισμού.....	46
3.3. Δεδομένα που επηρεάζουν το σχεδιασμό του συστήματος.....	46
3.4. Σωληνώσεις και φορτία.....	50
3.5. Σημεία ελέγχου του κλιματισμού.....	51
3.6. Αυτόνομες μονάδες απλού και διαιρούμενου τύπου.....	51
3.7. Διαιρούμενες μονάδες θέρμανσης/ψύξης (split units).....	52
3.8. Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων.....	53

3.9.	Εντοιχισμένα κλιματιστικά συστήματα.....	53
3.10.	Κεντρικά κλιματιστικά συστήματα .....	56
3.11.	Συστήματα εξατμιζόμενου συμπυκνωτή .....	58
3.12.	Μονάδες ψυκτών - θερμαντήρων με σύστημα ανάφλεξης αερίου.....	59
3.13.	Ψυκτικός κύκλος σε μονάδα ψυκτήρα/θερμαντήρα .....	62
3.14.	Θερμικός κύκλος σε μονάδα ψυκτήρα/θερμαντήρα.....	63
3.15.	Συνδεσμολογία των ψυκτών/θερμαντήρων αερίου .....	63
3.16.	Είδη φίλτρων αέρα.....	65
3.17.	Ανακεφαλαιώνοντας .....	67
4.	ΠΑΡΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ.....	68
4.1.	Κρυογονική .....	68
4.2.	Υπεραγωγοί .....	69
4.4.	Υγροποίηση αέρα και αζώτου .....	77
4.5.	Υγροποίηση για υπεραγωγή καλώδια .....	80
5.	ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ .....	82
5.1.	Εισαγωγικά.....	82
5.2.	Θερμοκρασία και σχετική υγρασία (ΣΥ) στους υπολογισμούς .....	84
5.3.	Το θερμικό φορτίο την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού .....	84
5.4.	υπολογισμός του θερμικού φορτίου του καλοκαιριού .....	87
5.5.	Η ενθαλπία και το ψυχομετρικό διάγραμμα κατά ASHRAE .....	98
5.6.	Οι κυκλοφορητές και τα δίκτυα των σωλήνων .....	105
5.7.	Η ικανότητα του πύργου ψύξης σε ψυκτικούς τόνους.....	106
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	107

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1. Αντλία θερμότητας-γενικά

Η ιδέα της αυτόνομης αντλίας θερμότητας ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1950, όπου χάρη στα οικονομικά πλεονεκτήματα που φαινόταν ότι μπορεί να παρέχει, άρχισε να διαδίδεται γρήγορα. Από τα πρώτα χρόνια της ζωής της, λόγω της έντονης αγοραστικής πίεσης, προκλήθηκε αύξηση της παραγωγής, κάτι που είχε σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας, καθώς και της αξιοπιστίας των ελέγχων. Κατά συνέπεια υπήρξαν δυσλειτουργικά προβλήματα και ανωμαλίες. Όπως ήταν αναμενόμενο, η εικόνα του προϊόντος δυσφημίστηκε σε όλο τον κύκλο “παραγωγής-κατανάλωσης”(κατασκευαστές, έμποροι κ.ά.),κάτι που κλόνισε την εμπιστοσύνη του κόσμου για το προϊόν και οι πωλήσεις μειώθηκαν τόσο που σηματοδότησαν την αρχή της παρακμής της αντλίας θερμότητας.

Στα μέσα της περασμένης δεκαετίας, η πετρελαϊκή και γενικότερα η ενεργειακή κρίση, έδωσαν ώθηση για την ανάγκη δημιουργίας και ανάπτυξης μιας νέας γενιάς αντλιών θερμότητας, με χαμηλότερο κόστος, αλλά με μεγαλύτερη αξιοπιστία ποιότητας. Έτσι, φτάνοντας στο σήμερα, βλέπουμε αντλίες θερμότητας, με απλή κατασκευή και εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση, παράλληλα με τη χρήση καλύτερων -του παρελθόντος- συντελεστών λειτουργίας.

Η λειτουργία μιας αντλίας έγκειται στη μεταφορά ενός στοιχείου σε κατεύθυνση αντίθετη της φυσικής του ροής. Στη δική μας ανάλυση, η αντλία θερμότητας πραγματοποιεί αυτή ακριβώς την αντίθετη κίνηση στη θερμότητα, όπως δηλώνει το όνομά της. Η φυσική ροή της θερμότητας είναι να κινείται από καταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών σε καταστάσεις υψηλότερων. Έτσι, με την αντλία θερμότητας καταφέρνουμε να μεταφέρουμε θερμότητα από καταστάσεις υψηλών σε καταστάσεις χαμηλών θερμοκρασιών.

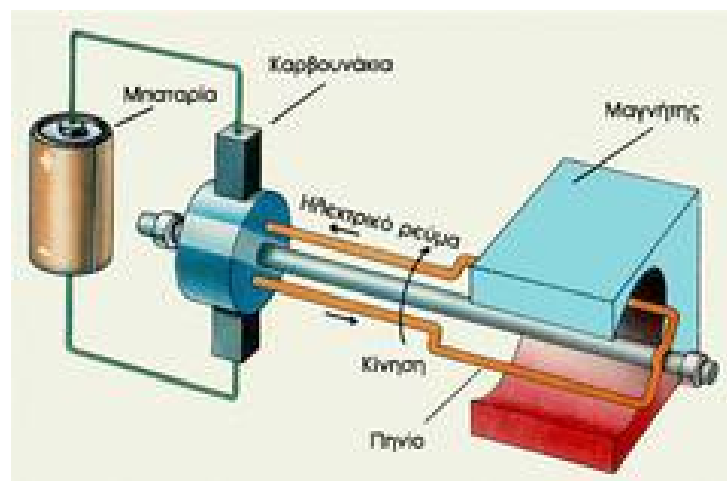
Ο τρόπος λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας μπορεί να παραλληλιστεί με τον τρόπο λειτουργίας των γνωστών μας ηλεκτρικών συσκευών, όπως το ψυγείο, το οποίο μεταφέρει θερμότητα από το χώρο του στο περιβάλλον, και το κλιματιστικό, το οποίο αφαιρεί θερμότητα από ένα κλειστό χώρο και την απορρίπτει στο περιβάλλον. Ωστόσο, η διαφορά αυτών των συσκευών από την αντλία θερμότητας είναι ότι αυτή έχει τη δυνατότητα, με τον κατάλληλο χειρισμό να μεταφέρει μεν θερμότητα από ένα χώρο Α σε ένα χώρο Β, αλλά επιπλέον και αντίστροφα, από το χώρο Β στο χώρο Α. Έτσι, παραδειγματικά, αν ο χώρος Α είναι το εσωτερικό ενός κτιρίου και ο χώρος Β το περιβάλλον, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψύξη η για θέρμανση του κτιρίου. Στην πρώτη περίπτωση αποβάλλει την αντλούμενη θερμότητα στο περιβάλλον, ενώ στη δεύτερη περίπτωση προσλαμβάνει τη θερμότητα από το περιβάλλον. Ένα από τα πλεονεκτήματά της σε σύγκριση με της παρόμοιες ηλεκτρικές συσκευές είναι ότι δεν χρησιμοποιείται αποκλειστικά για θέρμανση ή για ψύξη, αλλά μπορεί να προσφέρει εκτός από αυτά, αφύγρανση, φίλτράρισμα, αερισμό και κυκλοφορία.

Σε θεωρητικό επίπεδο, η άντληση της θερμότητας είναι δυνατόν να επιτευχθεί με διάφορους θερμοδυναμικούς κύκλους και διεργασίες. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται οι κύκλοι Stirling και Vuilleumier, οι κύκλοι μιας φάσης (π.χ. Με



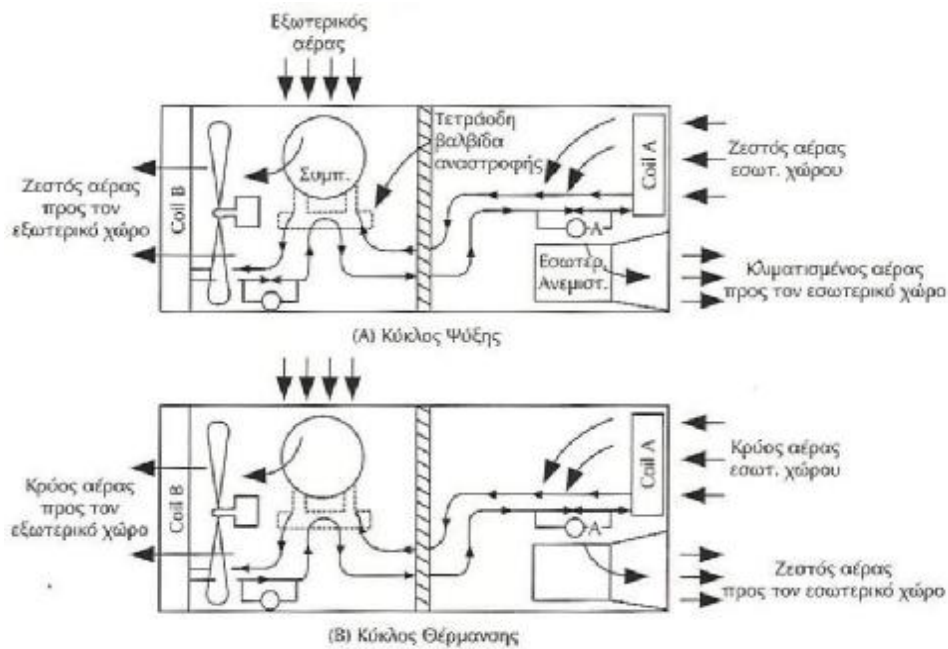
αέρα, διοξείδιο του άνθρακα και ευγενή αέρια), οι διεργασίες συμπίεσης ατμών (vapour compression), οι διεργασίες απορρόφησης (absorption), οι ηλεκτρομαγνητικές και ακουστικές διεργασίες, καθώς και τα υβριδικά συστήματα με συνδυασμό συμπίεσης και απορρόφησης. Μερικές από αυτές, αν και μετρούν μικρή διάρκεια ζωής στην αγορά, φαίνεται πως θα είναι πολύ σημαντικές στο μέλλον.

Η πλειονότητα των σύγχρονων αντλιών θερμότητας κατασκευάζεται με βάση τη διεργασία συμπίεσης ατμών και περιλαμβάνει τέσσερα (4) μηχανήματα, τα οποία συνδέονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν κλειστό κύκλωμα, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί ένα πτητικό υγρό. Τα μηχανήματα αυτά είναι: **α)** ο εξατμιστής, που είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας, όπου το πτητικό υγρό βρίσκεται εκεί σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, με σκοπό να απορροφά τη θερμότητα και να εξατμίζεται, **β)** ο συμπιεστής, μια συσκευή, η οποία αναρροφά τους ατμούς του πτητικού υγρού μετά την έξοδό τους από τον εξατμιστή και τους συμπιέζει, ώστε να έχουμε ως αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας τους, **γ)** ο συμπυκνωτής, ο οποίος είναι επίσης ένας εναλλάκτης θερμότητας και βρίσκεται στο χώρο που επιθυμούμε την απόρριψή της, αφού πρώτα πραγματοποιήσει την ψύξη των ατμών, και **δ)** η εκτονωτική βαλβίδα, όπου και γίνεται η μείωση της υψηλής πίεσης που επικρατεί στο συμπυκνωτή μέχρι τη χαμηλή πίεση που επικρατεί στον εξατμιστή. Εκτός από τα παραπάνω μηχανήματα, οι αντλίες θερμότητας περιλαμβάνουν και άλλα εξαρτήματα, όργανα και συσκευές, όπως βαλβίδες, όργανα διακοπής, φίλτρα, όργανα αυτοματισμού, καλωδιώσεις, σωληνώσεις κ.λ.π. Η εικόνα που ακολουθεί μας δίνει μια τυπική πρώτη εντύπωση μιας αντλίας θερμότητας.



*Εικόνα 1: Αντλία θερμότητας*

## 2. Λειτουργία



**Σχηματική παράσταση 1: Αντλία θερμότητας**

Ο συμπιεστής μπορεί να παίρνει κίνηση από έναν ηλεκτροκινητήρα ή από μία μηχανή εσωτερικής καύσης. Στον εξατμιστή, η θερμοκρασία του εργαζόμενου μέσου συντηρείται χαμηλότερα από αυτήν της πηγής θερμότητας και έτσι προκαλείται η θερμοροή που εξατμίζει το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή το πτητικό μας υγρό. Στη συνέχεια οι ατμοί διοχετεύονται στο συμπυκνωτή, ο οποίος απορρίπτει θερμότητα στη θερμική δεξαμενή. Τελειώνοντας, μια εκτονωτική βαλβίδα επαναφέρει στο εργαζόμενο μέσο την αρχική του πίεση και θερμοκρασία, προκειμένου να επαναληφθεί ο κύκλος λειτουργίας. Στη σχηματική παράσταση (ii), που ακολουθεί, παρουσιάζονται δύο αντλίες θερμότητας ενιαίου τύπου.

Οι αντλίες θερμότητας που στηρίζονται στην απορρόφηση ατμών είναι θερμικά κινούμενες, πράγμα που σημαίνει ότι η ενέργεια που παρέχεται για την κίνηση του κύκλου, είναι θερμική και όχι μηχανική. Οι αντλίες θερμότητας κλιματισμού χρησιμοποιούν καυσαέρια, ενώ αντλίες θερμότητας βιομηχανικής χρήσης χρησιμοποιούν, ως επί το πλείστον, ατμό υψηλής πίεσης.

Οι αντλίες θερμότητας που στηρίζονται στην απορρόφηση ατμών εκμεταλλεύονται την ικανότητα κάποιων υγρών να απορροφούν τους ατμούς του εργαζόμενου μέσου (πτητικό υγρό). Το πιο συνηθισμένο ζευγάρι υγρού-ατμού είναι νερό-αμμωνία, με το νερό στο ρόλο του απορροφητικού μέσου και την αμμωνία στο ρόλο του εργαζόμενου μέσου. Σε αυτού του είδους τις αντλίες θερμότητας, η συμπίεση του εργαζόμενου μέσου επιτυγχάνεται θερμικά, σε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει έναν απορροφητή (absorber), μία αντλία, μία ατμογεννήτρια (generator), και μία εκτονωτική βαλβίδα. Η διαδικασία έχει ως εξής: ατμός αμμωνίας με χαμηλή πίεση εισέρχεται στον απορροφητή, όπου και απορροφάται από το νερό. Αυτή η διεργασία παράγει θερμότητα. Κατόπιν, το διάλυμα περνάει στην αντλία, όπου συμπιέζεται σε υψηλή πίεση. Στη συνέχεια, το εργαζόμενο μέσο εξατμίζεται στην ατμογεννήτρια και παράγεται θερμότητα από την υψηλής θερμοκρασίας θερμική πηγή. Ο ατμός της

αμμωνίας υγροποιείται στο συμπυκνωτή, ενώ το νερό επιστρέφει στον απορροφητή, διαμέσου της εκτονωτικής βαλβίδας.

### 3. Διακρίσεις των αντλιών θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας διακρίνονται σε διάφορα είδη αναλογικά με κάποια χαρακτηριστικά τους. Ένα από αυτά είναι η πηγή από την οποία αντλούν τη θερμότητα, αλλά και η δεξαμενή στην οποία την αποθέτουν. Έτσι, έχουμε αντλίες:

- νερού – νερού (N-N)
- νερού – αέρα (N-A)
- αέρα – νερού (A-N)
- αέρα – αέρα (A-A)
- εδάφους – αέρα (E-A)
- εδάφους – νερού (E-N)

Μια άλλη διάκριση των αντλιών θερμότητας γίνεται με βάση την αντίστροφη λειτουργία τους(ψυκτικός κύκλος-θερμαντικός κύκλος) και συγκεκριμένα ανάλογα με τον τρόπο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η διαδικασία. Έτσι έχουμε αντλίες θερμότητας:

- ñ με σταθερό κύκλωμα(Σ.Κ.) ψυκτικού μέσου, όταν η αντίστροφη λειτουργία τους πραγματοποιείται με αναστροφή της ροής του εργαζόμενου μέσου. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν συνήθως οι αντλίες θερμότητας μεγάλου μεγέθους.
- ñ με μεταβλητό κύκλωμα(M.Κ.) ψυκτικού μέσου, όταν η αντίστροφη λειτουργία τους πραγματοποιείται με αλλαγή θέσης των μέσων προσαγωγής ή απαγωγής της θερμότητας, διατηρώντας τη σταθερότητα της φοράς ροής του ψυκτικού μέσου.

Τέλος, έχουμε ακόμη μια διάκριση μεταξύ των αντλιών θερμότητας, η οποία στηρίζεται στον κινητήρα που δύνανται να χρησιμοποιούν για τη λειτουργία του συμπιεστή, έχοντας έτσι αντλίες θερμότητας με:

1. ηλεκτρικό κινητήρα
2. κινητήρα RANKINE οργανικού μέσου
3. κινητήρα εσωτερικής καύσης
4. κινητήρα εξωτερικής καύσης

### 4. Επιλογικά

Οι αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται για το χειρισμό τόσο των θερμικών, όσο και των ψυκτικών φορτίων και καλύπτουν ευρύτατο φάσμα εφαρμογών στον οικιστικό, το βιομηχανικό, το ναυτιλιακό, και τον αγροτικό τομέα για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό, ξήρανση, αφύγρανση και παραγωγή ζεστού νερού, μέχρι και 90°C.

Πρόσφατα, στη Γαλλία, τη Γερμανία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες εμφανίστηκαν στην αγορά μικτά συστήματα, τα οποία αποτελούνται από μια αντλία θερμότητας και ένα λέβητα πετρελαίου ή αερίου, αποτελώντας ένα ενιαίο σύστημα λειτουργίας. Οι εγκαταστάσεις αυτές, αξιοποιούν με πολύ αποδοτικό τρόπο την πρωτογενή ενέργεια και παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή λειτουργίας.

Στον πίνακα 1 εμφανίζονται παραδείγματα αντλιών θερμότητας, τα οποία διατίθενται στην Ελλάδα.

Είδος αντλίας θερμότητας	Αποδιδόμενη θερμική ισχύς σε kw	Απορροφούμενη ισχύς από συμπίεση και ανεμιστήρες σε kw	COP
<b>1.Αντλίες θερμότητας</b>			
Αέρα-Αέρα(Splyt)	4,07	1,16	3,50
Αέρα-Αέρα	15,11	4,50	3,35
Αέρα-Νερό	22,09	5,70	3,87
Αέρα-Νερό θερμοκρασία νερού 50°C για λάτρα	1,2	0,45	2,66
<b>2.Αντλίες θερμότητας</b>			
Νερό-Αέρα Κλειστό κύκλωμα με θερμοκρασία νερού 24°C	7,85	2,30	3,41
Νερό- Νερό(ανοικτό κύκλωμα ≈10°C)	6,40	1,80	3,55
Νερό-Νερό(πηγή θερμότητας≈12/8°C)	15,12	4,20	3,60
<b>3.Αντλίες θερμότητας</b>			
Έδαφος-Νερό	15,93	3,90	4,10

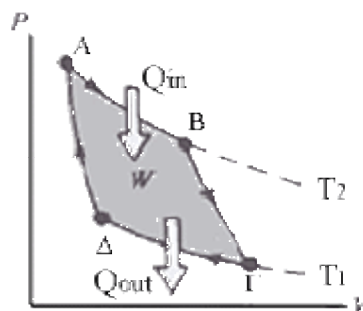
**Πίνακας 1: Δείγματα αντλιών θερμότητας στην Ελλάδα**

# 1. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ-ΝΕΡΟΥ

## 1.1. Αρχή Λειτουργίας

Η αρχή λειτουργίας στην οποία στηρίζεται η αντλία θερμότητας νερού-νερού είναι ο κύκλος Carnot, σε αντίστροφη φορά. Ο Carnot περιέγραψε μια κυκλική αντιστρεπτή μεταβολή, που ονομάστηκε κύκλος Carnot, και απέδειξε ότι μια θερμική μηχανή που θα ακολουθούσε αυτόν τον αντιστρεπτό κύκλο θα είχε τη μεγαλύτερη δυνατή απόδοση. Μια τέτοια, υποθετική, εξιδανικευμένη μηχανή ονομάζεται μηχανή Carnot και η απόδοσή της αποτελεί το ανώτερο όριο για την απόδοση όλων των άλλων μηχανών. Το συμπέρασμα αυτό είναι γνωστό ως θεώρημα Carnot:

*Δεν μπορεί να υπάρξει θερμική μηχανή που να έχει μεγαλύτερη απόδοση από μια μηχανή Carnot η οποία λειτουργεί ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες.*



Διάγραμμα 1

Η διεργασία αυτή αποτελείται από δύο *ισόθερμες* και δύο *αδιαβατικές* μεταβολές. Αναλυτικότερα :

- w Διεργασία AB: Ισόθερμη εκτόνωση σε θερμοκρασία  $T_2$ .
- w Διεργασία ΒΓ: Αδιαβατική εκτόνωση από θερμοκρασία  $T_2$  σε θερμοκρασία  $T_1$ .
- w Διεργασία ΓΔ: Ισόθερμη συμπίεση σε θερμοκρασία  $T_1$ .
- w Διεργασία ΔΑ: Αδιαβατική συμπίεση από θερμοκρασία  $T_1$  σε θερμοκρασία  $T_2$ .

Η απόδοση της μηχανής Carnot,  $e$ , που είναι και η μέγιστη απόδοση οποιασδήποτε πραγματικής θερμικής μηχανής (που εργάζεται ανάμεσα στις ίδιες θερμοκρασίες), είναι :

$$e = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Στο ευρύ κοινό, πιθανότατα εξαιτίας του ονόματός τους, δημιουργείται η εντύπωση ότι έχουμε να κάνουμε με συστήματα θέρμανσης, ενώ στην πραγματικότητα

πρόκειται για εξαιρετα συστήματα ψύξης. Πρακτικά, η αντλία θερμότητας νερού-νερού, είναι μία ψυκτική μηχανή που μεταφέρει θερμότητα μέσω του εξατμιστή, από ένα μέσο(νερό) στο οποίο βρίσκεται ενέργεια σε υποβαθμισμένη μορφή(θερμότητα σε χαμηλή θερμοκρασία), σε ένα άλλο μέσο, το συμπυκνωτή, ο οποίος θερμαίνει ένα άλλο μέσο(νερό) σε υψηλότερη θερμοκρασιακή στάθμη. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι η αντλία θερμότητας είναι μια μηχανή ανάκτησης της θερμότητας που υπάρχει σε τεράστιες ποσότητες στη φύση, ωστόσο σε χαμηλή θερμοκρασία, κάτι που καθιστά αδύνατη τη χρήση της σε στις συνηθισμένες καταναλώσεις, χωρίς να προηγηθεί μια περαιτέρω ανύψωση της θερμοκρασίας.

Χαρακτηριστικό μέγεθος της αντλίας θερμότητας είναι ο συντελεστής λειτουργίας(coefficient of performance -COP), που ορίζεται ως ο λόγος της αποδιδόμενης από το συμπυκνωτή θερμότητας  $Q_1$  και του θερμικού ισοδύναμου του έργου  $W$ , που καταναλώνεται για να επιτευχθεί αυτό. Έτσι έχουμε:

$$COP = \frac{\text{Αποδιδόμενη Θερμότητα ή Ψύξη}}{\text{Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια}}$$

$$COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_2 + W}{W} = \frac{Q_2}{W + 1} = 1 + \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Όπου:

- ✚  $Q_2$  είναι η θερμοκρασία που αντλείται από την πηγή,
- ✚  $T_1$  η απόλυτη θερμοκρασία συμπύκνωσης και
- ✚  $T_2$  η απόλυτη θερμοκρασία εξατμησης.

Διαπιστώνουμε λοιπόν, ότι όσο μικρότερη είναι η διαφορά των απόλυτων θερμοκρασιών  $T_1$  και  $T_2$ , τόσο υψηλότερη είναι η τιμή που παίρνει ο συντελεστής λειτουργίας COP του συστήματος. Έτσι, η χρήση αντλίας θερμότητας γίνεται πιο συμφέρουσα κάθε φορά που έχουμε μεγαλύτερη θερμοκρασία στο μέσο από το οποίο αντλείται η θερμότητα (νερό) σε σχέση με τη θερμοκρασία του φορέα, μέσω του οποίου αυτή αποδίδεται στην κατανάλωση(νερό), όπου πρέπει να είναι χαμηλότερη.

## 1.2. Κύκλος Ψύξης

Ο Κύκλος Ψύξης χρησιμοποιεί ένα υγρό που ονομάζεται ψυκτικό υγρό για να μεταφέρει θερμότητα από ένα μέρος σε ένα άλλο. Το κλειδί για το πως λειτουργεί το σύστημα είναι η ιδιότητα που έχει το ψυκτικό υγρό να βράζει σε πολύ μικρότερη θερμοκρασία από ότι το νερό. Για παράδειγμα το ψυκτικό υγρό που συνήθως χρησιμοποιείται, βράζει στους 5 - 10°C ενώ το νερό βράζει στους 100°C.

Ας δούμε πως βράζοντας και συμπυκνώνοντας, το ψυκτικό υγρό, μπορεί να μεταφερθεί θερμότητα: η διαδικασία είναι ίδια είτε πρόκειται για ψυγείο είτε για air condition είτε για Αντλία Θερμότητας. Θα ξεκινήσουμε με τη λειτουργία ψύξης: υγρό ψυκτικό, το οποίο εισέρχεται στην σπείρα εισόδου που λειτουργεί ως εξατμιστής, όπως δηλώνει και το όνομά του, εξατμίζει το υγρό. Στον εξατμιστή το υγρό έχει θερμοκρασία από 4,5°C ως 10°C και χωρίς να αλλάξει η θερμοκρασία του, απορροφά θερμότητα και αλλάζει από υγρό σε αέριο (Κατάσταση 1).

Η θερμότητα που εξατμίζει το ψυκτικό υγρό προέρχεται από τον θερμό αέρα του δωματίου την οποία παραλαμβάνει ένα κύκλωμα αέρα ή νερού. Στη συνέχεια το

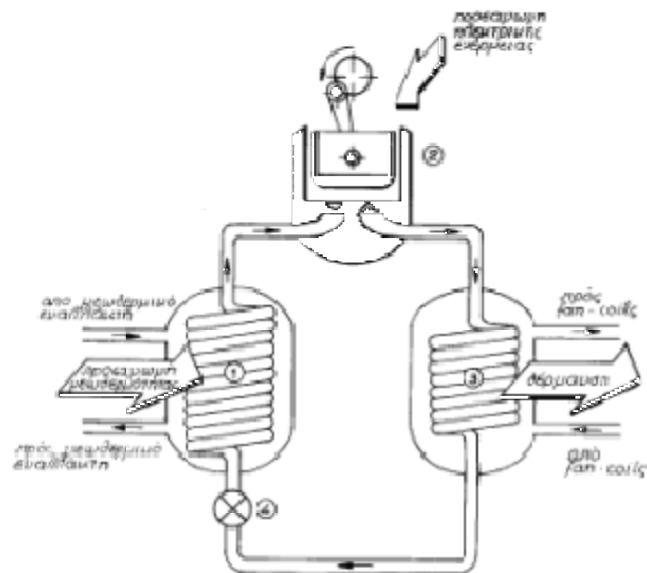
ψυκτικό υγρό περνά από την σπείρα του εξατμιστή. Καθώς περνά από την ψυχρή σπείρα δίνει κάποια από την θερμότητά του και μειώνεται η θερμοκρασία του. Το ψυκτικό αέριο μετακινείται στο συμπιεστή ο οποίος είναι ουσιαστικά μια αντλία που ανυψώνει την πίεση ώστε να κυκλοφορεί το ψυκτικό διαμέσου του συστήματος.

Η αύξηση της πίεσης από το συμπιεστή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού. Καθώς φεύγει από το συμπιεστή το ψυκτικό είναι ένα ζεστό αέριο θερμοκρασίας 40°C-50°C, (Κατάσταση 2), που στη συνέχεια ρέει στον συμπυκνωτή. Καθώς συμπυκνώνεται, δίνει θερμότητα σε ένα άλλο κύκλωμα νερού ή αέρα. Το κύκλωμα νερού ή αέρα είναι ικανό να πάρει θερμότητα από τις σπείρες του εναλλάκτη επειδή είναι ακόμη πιο ψυχρό από τις σπείρες των 45°C. Καθώς το ψυκτικό υγρό φεύγει από το συμπυκνωτή είναι πλέον υγρό, αφού έχει ψυχθεί, ωστόσο όμως εξακολουθεί να είναι υπό υψηλή πίεση (Κατάσταση 3). Η βαλβίδα εκτόνωσης επιτρέπει στο ψυκτικό υγρό να περάσει σε χώρο χαμηλότερης πίεσης και θερμοκρασίας (Κατάσταση 4).

Ο κύκλος ολοκληρώνεται όταν το ψυχρό ψυκτικό υγρό επανέρχεται στον εξατμιστή για να πάρει θερμότητα από το δωμάτιο όντας υγρό.

Συμπερασματικά, το ψυκτικό κύκλωμα λειτουργεί ακολουθώντας πορεία τεσσάρων σταδίων:

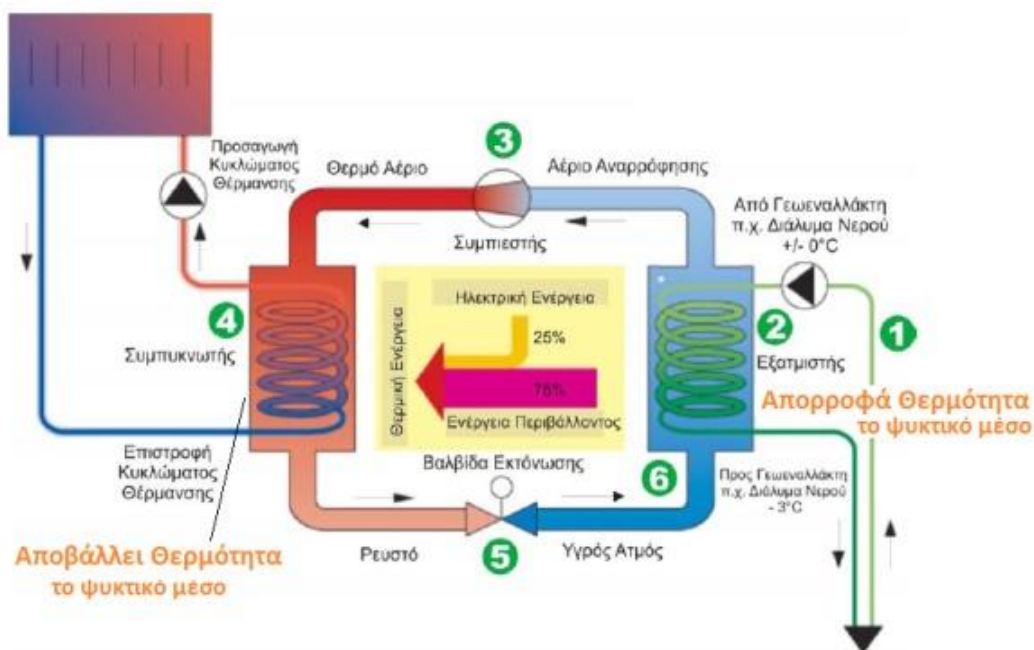
1. Απορρόφηση θερμότητας κατά την εξάτμιση του υγρού ψυκτικού μέσου.
2. Συμπύεση του αέριου ψυκτικού μέσου και μετατροπή του σε αέριο υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας.
3. Απόδοση θερμότητας κατά την υγροποίηση του αέριου ψυκτικού μέσου.
4. Ελάττωση της πίεσης του υγρού ψυκτικού μέσου στο επίπεδο εξάτμισης του και επανάληψη του κύκλου.



1: Εξατμιστής, 2: Συμπιεστής, 3: Συμπυκνωτής, 4: Στοιχείο εκτόνωσης.

### Σχηματική παράσταση 1: Αντλία θερμότητας

Κατά παρόμοιο τρόπο λειτουργεί και το υδραυλικό κύκλωμα σε μια αντλία θερμότητας νερού- νερού.



### 1.3. Παρελκόμενα μηχανήματα και συσκευές

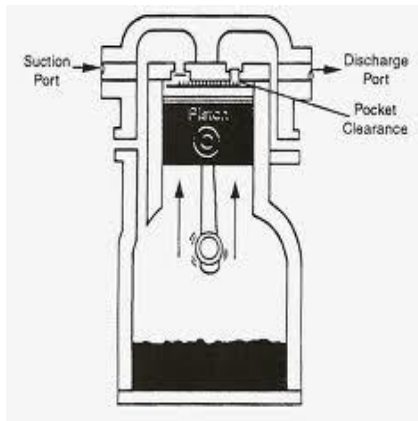
Για την ολοκλήρωση της περιγραφής της αντλίας θερμότητας, απαιτείται η περιγραφή των τριών βασικών στοιχείων της, δηλαδή: α) συμπιεστής, β) κινητήρας και γ) εναλλάκτες θερμότητας (εξατμιστής και συμπυκνωτής).

#### A) Συμπιεστής

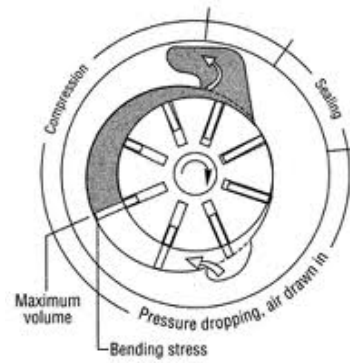
Ο συμπιεστής είναι το πλέον απαραίτητο εξάρτημα σε έναν κύκλο ψύξης. Προκαλεί την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου στο κύκλωμα και προσφέρει την απαιτούμενη διαφορά πίεσεως στο ψυκτικό μέσο, ώστε να γίνει δυνατή η άντληση της θερμότητας.

Το ψυκτικό υγρό και οι απαιτούμενες για την πραγμάτωση της άντλησης θερμότητας θερμοκρασίες λειτουργίας, δημιουργούν την ανάγκη για την ύπαρξη συμπιεστή, ο οποίος θα προσφέρει μια μεγάλη διαφορά πίεσεως για μέσες τιμές παροχής. Αυτό επιτυγχάνεται συχνά με εμβολοφόρο συμπιεστή θετικής εκτοπίσεως (positive displacement). Ένας τέτοιος συμπιεστής περιστρεφόμενου εμβόλου είναι και ο Wankel. Άλλοι τύποι συμπιεστών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι ο περιστροφικός (με περιστρεφόμενα πτερύγια) και ο κοχλιωτός (με περιστρεφόμενους κοχλίες). Σε μεγάλες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές ή στροβιλοσυμπιεστές, οι οποίοι είναι σε θέση να επιταχύνουν το ψυκτικό μέσο. Παρουσιάζονται παρακάτω σχηματικές αναπαραστάσεις διάφορων τύπων συμπιεστών.

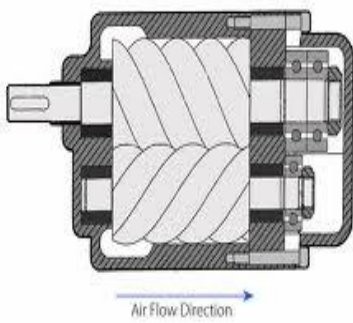




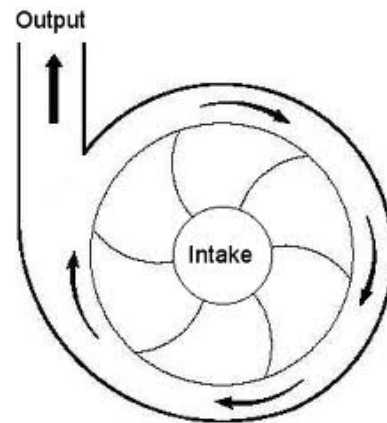
*Παλινδρομικός*



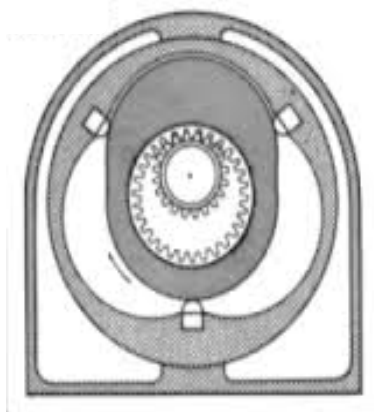
*Περιστρεφόμενων  
περυγίων*



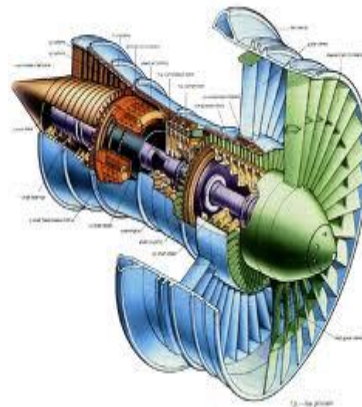
*Κοχλιωτός*



*Φυγοκεντρικός*



*Βάνκελ*



*Στροβιλοσυμπιεστής*

### **Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους:**

Οι συμπιεστές για εγκαταστάσεις ψύξης και κλιματισμού, μπορούν να καταταγούν σε έξι (6) κατηγορίες ή τύπους, ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους. Οι τύποι αυτοί των συμπιεστών, οι οποίοι παρουσιάστηκαν εικονικά παραπάνω, είναι:

- W οι παλινδρομικοί ή εμβολοφόροι συμπιεστές (reciprocating compressors)
- W οι περιστροφικοί συμπιεστές (rotary compressors)
- W οι ελικοειδείς ή κοχλιοτοί συμπιεστές (screw compressors)
- W οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές (centrifugal compressors)
- W οι τύπου Wankel
- W οι σπειροειδείς συμπιεστές (scroll compressors)

Οι απαιτήσεις της αντλίας θερμότητας είναι διαφορετικές από τις απαιτήσεις μιας κοινής εγκατάστασης κλιματισμού, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και των μεταβαλλόμενων συνθηκών λειτουργίας. Γι' αυτό το λόγο, συνιστάται η χρήση συμπιεστών μελετημένων για τέτοια χρήση, παρά η χρήση μονάδων, οι οποίες είναι μελετημένες για ψύξη ή για κλιματισμό.

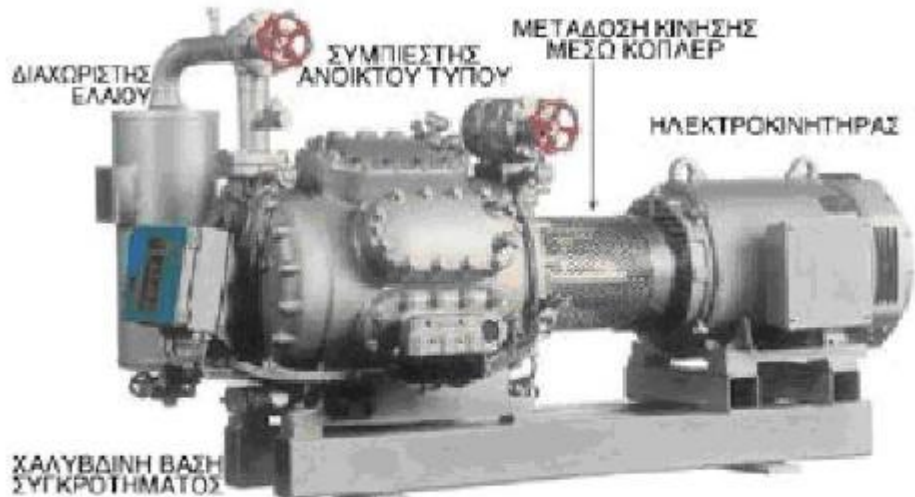
### **Κατάταξη συμπιεστών ανάλογα με τον τρόπο κίνησης τους και τη δυνατότητα επέμβασης στο εσωτερικό τους:**

- W Ανοιχτού τύπου (open)
- W Ημίκλειστους ή ημιαρμητικούς (semihhermetic)
- W Κλειστού τύπου ή ερμητικούς (hermetic)

## **1. Συμπιεστές ανοιχτού τύπου (Open Type Compressors)**

Οι συμπιεστές ανοιχτού τύπου χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα, εξαιτίας της σχετικά απλής τεχνολογίας τους. Στους συμπιεστές ανοιχτού τύπου, η κίνηση στον άξονα του συμπιεστή δίδεται μέσω ενός συστήματος μάντων και τροχαλιών ή μέσω ενός εύκαμπτου συνδέσμου (κόπλερ). Ο ηλεκτροκινητήρας είναι πάντα έξω από το κύριο σώμα του συμπιεστή και κοντά σε αυτόν. Αναφερόμαστε, δηλαδή, σε συγκρότημα ηλεκτροκινητήρα-συμπιεστή πάνω σε κοινή μεταλλική βάση, στην οποία στερεώνονται με κοχλίες (βίδες) και αποσυναρμολογούνται στις περιπτώσεις συντήρησης ή επισκευής τους. Η χρήση των συμπιεστών ανοιχτού τύπου, σήμερα, είναι περιορισμένη σε παλιές ψυκτικές εγκαταστάσεις επαγγελματικού και βιομηχανικού τύπου αλλά και σε εφαρμογές στις οποίες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν άλλοι τύποι συμπιεστών (πχ. σε αυτοκίνητα ψυγεία, σε κλιματισμό αυτοκινήτων οχημάτων κ.λπ.). Με τη βελτίωση των μεθόδων στεγανοποίησης των συμπιεστών, τόσο σε σχέση με τους μηχανισμούς στεγανοποίησης όσο και με τα στεγανοποιητικά υλικά, βλέπουμε να χρησιμοποιούνται σήμερα συμπιεστές ανοιχτού τύπου, με επιτυχία και χωρίς λειτουργικά προβλήματα και σε καινούργιες ψυκτικές εγκαταστάσεις, όπως:

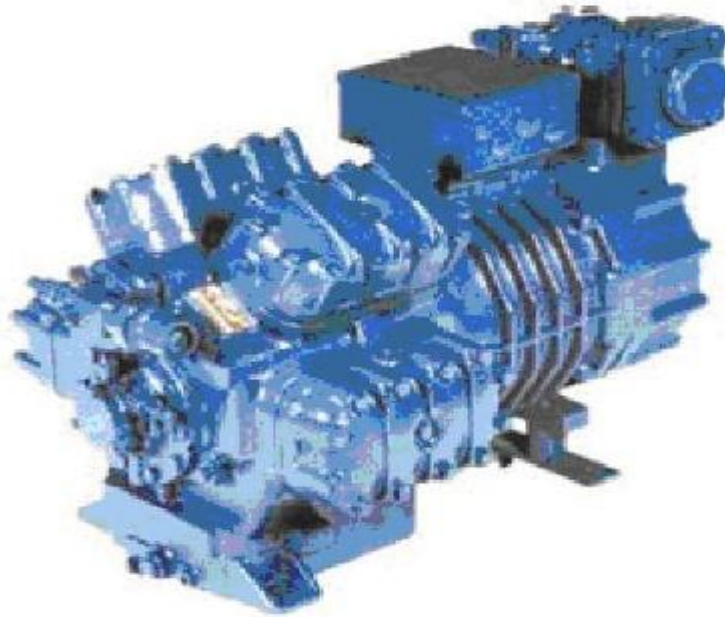
- W σε ψυκτικές εγκαταστάσεις σε πλοία
- W σε σύγχρονες επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης.



*Εικόνα 1: Συμπιεστής ανοιχτού τύπου*

## **2. Ημίκλειστοι ή ημιομηθητικοί συμπιεστές (Semi-Hermetic Compressors)**

Στους ημίκλειστους ή ημιομηθητικούς συμπιεστές, ο ηλεκτροκινητήρας του συμπιεστή είναι εγκατεστημένος σε ειδικό χώρο μέσα στο χυτό του συμπιεστή. Εδώ, ο άξονας του συμπιεστή αποτελεί συνέχεια του άξονα του ηλεκτροκινητήρα και είναι μόνιμα συνδεδεμένος με αυτόν ή είναι κοινός (αποτελούν ένα κομμάτι). Το χυτό περίβλημα του συστήματος “συμπιεστής-ηλεκτροκινητήρας”, αποτελεί ένα συμπαγές σύνολο, σχεδιασμένο όμως με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εφικτή η συντήρηση του συμπιεστή. Οι ημιομηθητικοί συμπιεστές είναι, συνήθως, αερόψυκτοι και φέρουν πτερύγια ή πρόσθετα μεταλλικά ελάσματα στο εξωτερικό μέρος του χυτού περιβλήματος, με σκοπό την αποτελεσματικότερη ψύξη τους. Οι ημίκλειστοι συμπιεστές χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού και μεσαίου μεγέθους.



*Πηγή : Εταιρεία AFRICOLD*

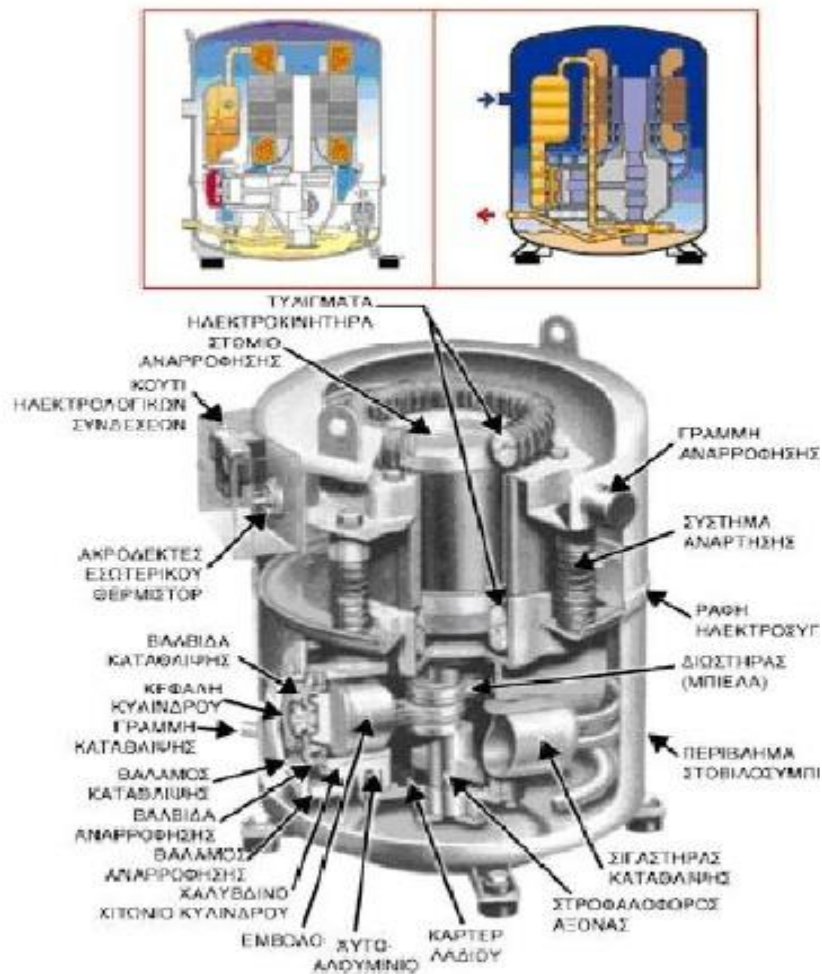
*Εικόνα 1.5: Ημιαερμητικού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής*

*Εικόνα 2: Ημιαερμητικού τύπου παλινδρομικός συμπιεστής*

### **3. Συμπιεστές Κλειστού Τύπου ή Ερμητικοί (Hermetic Compressors)**

Στους συμπιεστές κλειστού τύπου, το μηχανικό μέρος του συμπιεστή και ο ηλεκτροκινητήρας του περιβάλλονται από ένα κοινό, πλήρως ηλεκτροσυγκολλημένο μεταλλικό κέλυφος (περίβλημα), έτσι ώστε το σύστημα να κλείνει ερμητικά. Κατ' ουσία δεν υπάρχει πρόσβαση στο συγκρότημα “συμπιεστής-ηλεκτροκινητήρας” το οποίο και δεν μπορεί να συντηρηθεί, χωρίς να κοπεί το κέλυφος για να ανοίξει. Οι συμπιεστές αυτού του τύπου ανοίγονται και επισκευάζονται μόνο από εξειδικευμένες εταιρείες. Τις περισσότερες φορές όμως, το κόστος επισκευής υπερβαίνει το κόστος αντικατάστασης του συμπιεστή με καινούργιο.

Το ψυκτικό αέριο, από την πλευρά της αναρρόφησης, εισέρχεται και καταλαμβάνει όλο το χώρο του κελύφους (περιβλήματος). Τέλος, οι συμπιεστές ερμητικού τύπου, ψύχονται από το αναρροφόμενο ψυκτικό αέριο. Οι συμπιεστές κλειστού τύπου χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα οικιακά ψυγεία και σε επαγγελματικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης μικρού μεγέθους.



Εικόνα 3: Συμπιεστής κλειστού τύπου

Διαδεδομένη είναι επίσης η κατασκευή *πολυκύλινδρων συμπιεστών*. Εκεί, η απόδοση ελέγχεται με τη ρύθμιση του αριθμού των κυλίνδρων που εργάζονται “εξουδετερώνοντας” ορισμένους από αυτούς κρατώντας ανοιχτή τη βαλβίδα εισόδου.

## Β) Κινητήρας

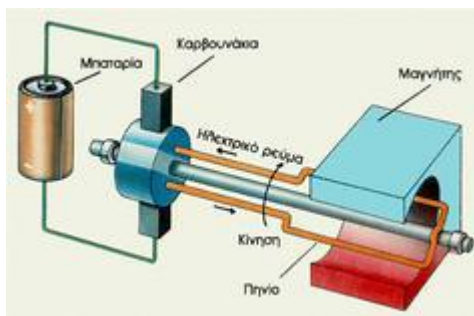
Ο κινητήρας είναι σύστημα μηχανημάτων που έχει την ικανότητα να μετατρέπει την κάθε μορφή ενέργειας που του προσφέρεται σε κινητική ενέργεια. Είναι, δηλαδή, μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για να βάλει σε κίνηση ένα άλλο μηχανικό συγκρότημα. Οι κινητήρες, ανάλογα με το είδος της ενέργειας που μετατρέπουν σε κινητική, διακρίνονται σε:

- *Ηλεκτροκινητήρες:* Αυτή η κατηγορία αποτελείται από τους πιο εκσυγχρονισμένους κινητήρες και συγκεκριμένα από κινητήρες που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ικανότητα απόδοσης ενέργειας συγκριτικά με την ενέργεια που τους προσφέρεται. Είναι η οικογένεια των κινητήρων που χρησιμοποιούμε, για να βάλουμε σε κίνηση τον ηλεκτρισμό. Διακρίνονται

σε κινητήρες συνεχούς και κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

- W *Κινητήρες εσωτερικής καύσης:* Σε αυτήν την κατηγορία κινητήρων ανήκουν αυτοί που χρησιμοποιούν σαν κινητήρια δύναμη τη δύναμη που αναπτύσσεται από την ανάφλεξη και έκρηξη του πετρελαίου ή των παραγώγων του (βενζίνη κλπ.). Είναι οι περισσότερο διαδομένοι κινητήρες της σύγχρονης εποχής, γιατί συνδυάζουν και ικανοποιητική απόδοση και σχετική ανεξαρτησία απέναντι στην πηγή διοχέτευσης της ενέργειας. Διακρίνονται σε κινητήρες ντίζελ, που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το πετρέλαιο και χαρακτηρίζονται από την αντοχή και τη δύναμή τους και σε κινητήρες που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο τη βενζίνη. Οι δεύτεροι χρειάζονται την ύπαρξη του ηλεκτρικού αναφλεκτήρα (μπουζί), για να δουλέψουν.
- W *Αερομηχανές ή γκαζομηχανές:* Χρησιμοποιούν σαν κινητήρια δύναμη τη δύναμη που παράγεται από την ανάφλεξη μείγματος ορισμένων αερίων και αέρα. Σήμερα κατασκευάζονται τέτοιου είδους κινητήρες με πολύ μεγάλη συνολική ισχύ.
- W *Υδραυλικοί κινητήρες:* Αυτοί χρησιμοποιούν τη δύναμη που ασκεί το νερό όταν αυτό πέφτει πάνω σε μια ορισμένη επιφάνεια από ύψος ("ύψος υδατόπτωσης"). Φαίνεται ότι είναι μία από τις πρώτες μηχανές παραγωγής κινητικής ενέργειας που ανακάλυψε ο άνθρωπος. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σήμερα στην Ελλάδα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- W *Ατμομηχανές:* Εδώ κινητήρια δύναμη παρέχει ο ατμός που παράγεται με τη θέρμανση νερού ή άλλου υγρού. Παλαιότερα χρησιμοποιήθηκαν για κίνηση, κυρίως τρένων, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας υπό μορφή ατμοστροβίλων.
- W *Αιολικοί κινητήρες ή ανεμοκινητήρες:* Ανήκουν στην κατηγορία των κινητήρων που ανακάλυψε ο άνθρωπος απ' τα πρώτα χρόνια της ύπαρξής του. Είναι οι κινητήρες που χρησιμοποιούν τη δύναμη ανέμου που φυσά.
- W *Κινητήρες πυρηνικής ενέργειας:* Δεδομένου ότι η χρήση αυτών των κινητήρων βρίσκεται στη βρεφική της ηλικία και ότι οι δυνατότητές τους αναμένεται να είναι τεράστιες, πιστεύεται ότι η αξιοποίησή τους για παραγωγή ενέργειας θ' αυξηθεί σημαντικά.<sup>1</sup>

Η πλειοψηφία των αντλιών θερμότητας(μικρές και μεγάλες), χρησιμοποιούν, τουλάχιστον προς το παρόν, *ηλεκτροκινητήρες* για την κίνηση των συμπιεστών. Οι κινητήρες αυτοί, είναι όσο το δυνατόν αθόρυβοι και αποδοτικοί, εφόσον είναι κάθε φορά προσαρμοσμένοι στις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες αποτελούν μια κατηγορία στρεφόμενων ηλεκτρικών μηχανών. Το βασικό στοιχείο μιας στρεφόμενης ηλεκτρικής μηχανής είναι η μετατροπή ενέργειας από ηλεκτρική σε μηχανική μορφή και αντίστροφα. Όπως όλοι γνωρίζουμε, οι ηλεκτροκινητήρες χρησιμοποιούνται για να δώσουν κίνηση σε μια απεριόριστη γκάμα μηχανισμών. Καλύπτουν μία τεράστια σειρά εφαρμογών, από τα μηχανήματα οικιακής χρήσης μέχρι τις μεγαλύτερες και πολυπλοκότερες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.



**Εικόνα 4: Λειτουργία ηλεκτρικού κινητήρα**

1 <http://el.wikipedia.org>

Ένα άλλο είδος κινητήρα που χρησιμοποιείται συχνά, είναι ο *κινητήρας υγρών καυσίμων*, ο οποίος μπορεί να είναι είτε α) κινητήρας εσωτερικής/εξωτερικής καύσης είτε β) θερμοκινητήρας (που χρησιμοποιεί κύκλο λειτουργίας STIRLING ή RANKINE).

Πολύ καλή ενεργειακή πηγή για μεγάλες εγκαταστάσεις αντλιών θερμότητας είναι ο κινητήρας DIESEL, εφόσον με την καλή συντήρηση και τη συνεχή παρακολούθηση της λειτουργίας του, ο θόρυβος και η ρύπανση μπορούν να διατηρηθούν σε ανεκτά επίπεδα. Οι μηχανές αυτές, είναι αναμφισβήτητα συμφέρουσες για την εθνική οικονομία, κυρίως για την ελληνική, αφού το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών καλύπτεται από την καύση του πετρελαίου. Το συμφέρον τους αποκαλύπτεται στο εξής γεγονός: με απευθείας κίνηση της αντλίας θερμότητας από τον πετρελαιοκινητήρα DIESEL, η συνολική απόδοση της εγκατάστασης είναι αρκετά μεγαλύτερη από την περίπτωση της ηλεκτροκίνητης αντλίας θερμότητας, όπου οι απώλειες παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικές.<sup>2</sup>

### Γ) Εναλλάκτες

Σε πολλές εφαρμογές απαιτείται η μετάδοση θερμότητας μεταξύ δυο ρευστών. Οι διεργασίες αυτές λαμβάνουν χώρα σε συσκευές που καλούνται εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers). Ως εναλλάκτης θερμότητας ορίζεται η συσκευή, η οποία διευκολύνει την μετάδοση του θερμικού φορτίου από ένα ρευστό σε ένα άλλο και συναντάται σε συστήματα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, σε κύκλους παραγωγής ισχύος, σε συσκευές ανάκτησης θερμότητας, σε χημικές διεργασίες και αλλού.

Στους πιο απλούς εναλλάκτες το θερμό και το ψυχρό ρευστό αναμιγνύονται απευθείας. Πιο συνηθισμένοι ωστόσο είναι οι εναλλάκτες στους οποίους τα δυο ρευστά δεν έρχονται σε επαφή εξαιτίας της ύπαρξης κάποιου παρεμβαλλόμενου τοιχώματος. Αυτός ο τύπος εναλλάκτη μπορεί να φέρει είτε ένα απλό επίπεδο τοίχωμα, ώστε να επιτυγχάνεται η απομόνωση των δυο ρευστών, είτε πιο πολύπλοκες γεωμετρίες με πολλαπλές διαδρομές, όπως πτερύγια (fins) και ανακλαστήρες (baffles). Σε αυτήν την περίπτωση για την περιγραφή της μεταφοράς ενέργειας χρησιμοποιούνται οι αρχές μετάδοσης της θερμότητας με αγωγή, συναγωγή και σπαινότωση με ακτινοβολία. Πολλοί παράγοντες υπεισέρχονται στον σχεδιασμό των εναλλακτών, όπως η θερμική ανάλυση, το μέγεθος, το βάρος, η κατασκευαστική αντοχή, η πτώση πίεσης και το κόστος.

Οι εναλλάκτες κατέχουν σοβαρό ρόλο στις αντλίες θερμότητας, καθώς στον εξατμιστή γίνεται μεταφορά θερμότητας από το ένα ρευστό (νερό) στο ψυκτικό μέσο (νερό), ενώ στο συμπυκνωτή μεταφέρεται θερμότητα από το ψυκτικό μέσο στο νερό ή τον αέρα αντίστοιχα.

Η σωστή επιλογή του του υλικού κατασκευής, αλλά και του μεγέθους των εναλλακτών είναι μια πολύ σοβαρή υπόθεση, καθώς παίζουν ρόλο διάφοροι παράγοντες όπως οι συνθήκες λειτουργίας, το περιβάλλον και τα ρευστά που κυκλοφορούν, ιδίως αν έχουν διαβρωτική υπόσταση. Σε τέτοιες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των εναλλακτών ειδικά κράματα χαλκού, ανοξείδωτος χάλυβας ή ακόμη και πλαστικό. (Για παράδειγμα, όταν το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία, η ύπαρξη χαλκού απαγορεύεται, καθώς η συνύπαρξη χαλκού και αμμωνίας προκαλεί διαβρωτικές αντιδράσεις.<sup>3</sup>

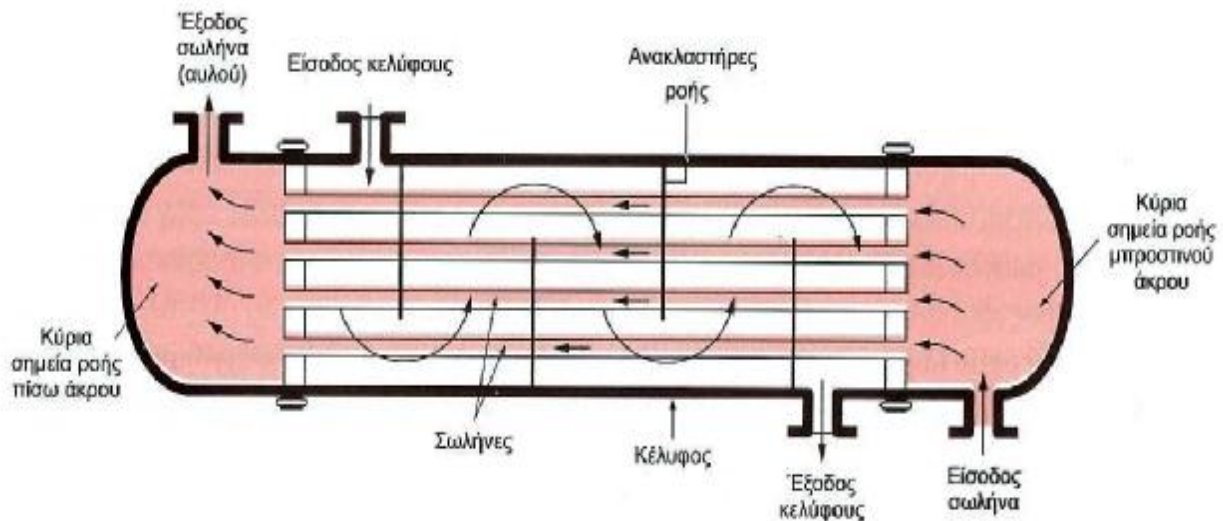
Οι εναλλάκτες θερμότητας μπορούν να ταξινομηθούν με βάση την μορφή της ροής των ρευστών ή με βάση τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες τους. Αν και τα δυο

<sup>2</sup> <http://www.hydro-gen.gr>

<sup>3</sup> “Μοντελοποίηση και έλεγχος απόδοσης πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων”, Διπλωματική Εργασία, Αντωνία Παπαλαζάρου, Μάρτιος 2010

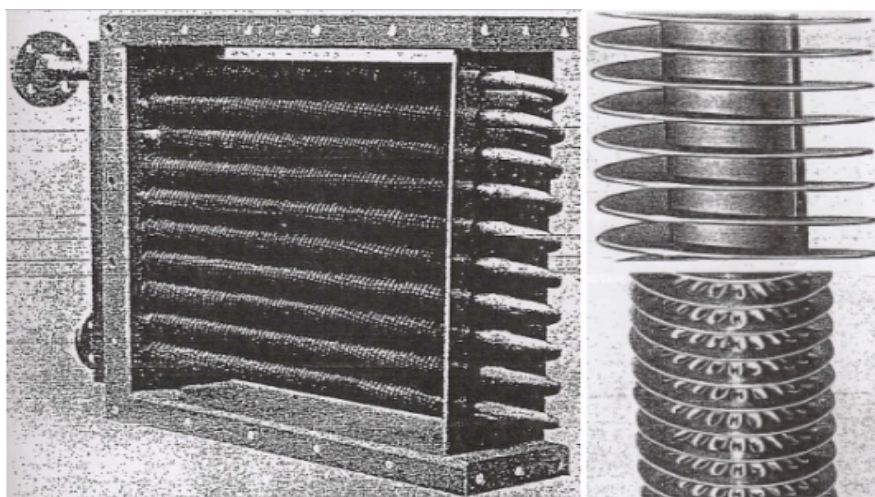
ρευστά κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, έχουμε παράλληλη ροή αυτών, δηλαδή ομοροή (parallel-flow). Αν κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις η πραγματοποιούμενη διεργασία λαμβάνει τον χαρακτηρισμό της αντιροής (counter-flow). Έτσι έχουμε τις εξής βασικές διακρίσεις όπου:

- W Τυπικοί εναλλάκτες θερμότητας είναι οι πλακοειδείς (plate & frame), αυλών-κελύφους (shell & tube) και οι εναλλάκτες σταυρωτής ροής (crossflow). Την πιο απλή μορφή εναλλάκτη αυλών-κελύφους αποτελεί ο απεικονιζόμενος παρακάτω.



**Εικόνα 5: Εναλλάκτης θερμότητας αυλών-κελύφους**

- W Εναλλάκτες θερμότητας σταυρωτής ροής, όπου τα ρευστά κινούνται κάθετα το ένα ως προς το άλλο. Αν το ρευστό μπορεί να κινηθεί ελεύθερα καθώς διαρρέει τον εναλλάκτη, τότε υπάρχει ανάμιξη (mixing) του ρευστού. Σταυρωτή ροή μπορούμε να έχουμε με την χρήση ή μη πτερυγίων.<sup>4</sup>

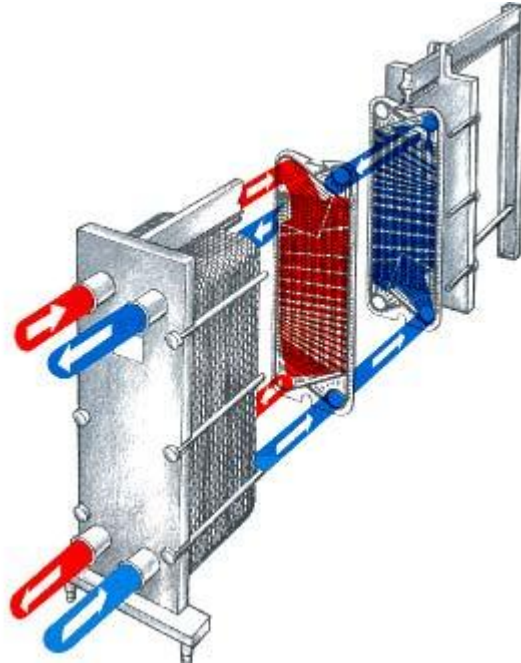


**Εικόνα 6: Εναλλάκτης αυλών με πτερύγια / αυλοί με πτερύγια**

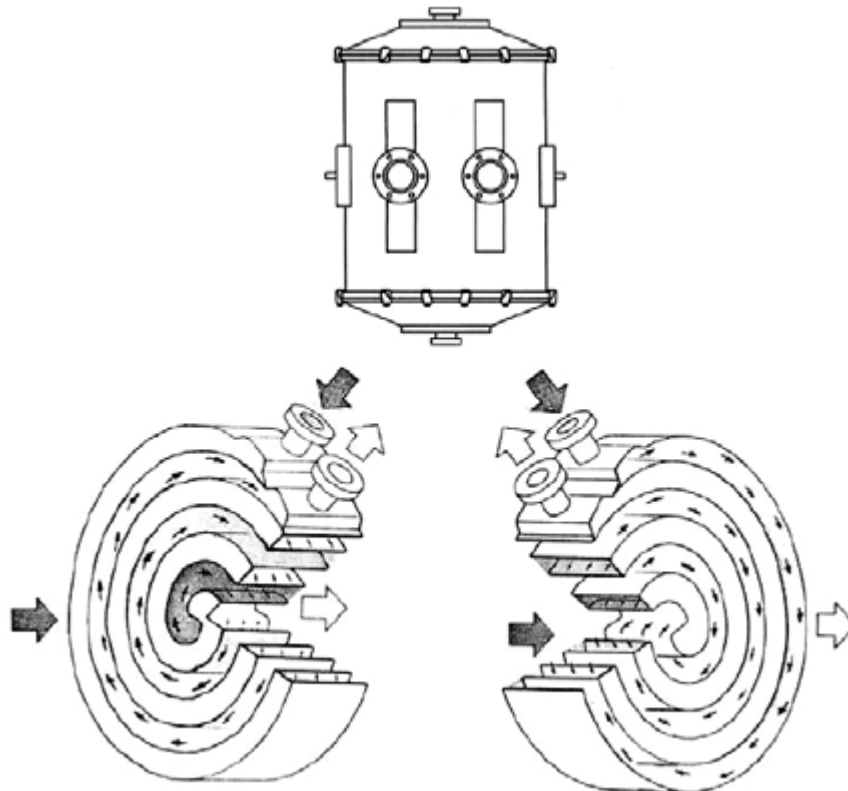
<sup>4</sup> <http://www.allaboutenergy.gr/LoiposBasikos.html>



- W Πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας (plate heat exchangers), οι οποίοι αποτελούνται από μία συστοιχία αυλακωτών μεταλλικών πλακών πιεσμένες μέσα σε ένα πλαίσιο. Στην εικόνα 11 διακρίνεται ένας πλακοειδής εναλλάκτης.



*Εικόνα 7: Πλακοειδής εναλλάκτης*



*Εικόνα 8: Σπειροειδής εναλλάκτης*

- W Σπειροειδείς εναλλάκτες (spiral heat exchangers), στους οποίους τα ρευστά ρέουν σε σπειροειδείς επιφάνειες, οι οποίες διαχωρίζονται από υπερυψωμένες προεξοχές και σφραγίζονται με δύο πλάκες άκρων .
- W Συμπαγείς εναλλάκτες (compact heat exchangers), οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές με αυστηρούς περιορισμούς βάρους και όγκου διότι επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς θερμότητας μεταξύ δύο ρευστών σε έναν μικρό όγκο. Οι συμπαγείς εναλλάκτες παρουσιάζουν υψηλές τιμές του λόγου της επιφάνειας θερμοεναλλαγής προς τον όγκο τους και εξ ορισμού ο λόγος αυτός (πυκνότητα επιφάνειας,  $\beta$ ) λαμβάνει τιμές μεγαλύτερες από 700 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Τέτοιοι εναλλάκτες είναι τα ψυγεία των αυτοκινήτων, οι υαλοκεραμικοί αεροστροβιλικοί εναλλάκτες και ο αναγεννητήρας μιας μηχανής Stirling.

Ανάλογα με τη φύση της εκάστοτε εφαρμογής, χρησιμοποιούνται και άλλου είδους εναλλάκτες όπως οι εναλλάκτες προεκτεταμένης επιφάνειας με πτερύγια, οι εναλλάκτες αερίου-αερίου, οι αερόψυκτοι εναλλάκτες, οι συμπυκνωτές (condensers), οι εξατμιστήρες (evaporators) και οι αναγεννητές (regenerators). Επιπροσθέτως υπάρχουν εναλλάκτες που εντοπίζονται στην καθημερινότητα, όπως οι λέβητες (boilers), οι βραστήρες, τα κλιματιστικά ή τα σώματα καλοριφέρ.<sup>5</sup>

#### 1.4. Θερμοδυναμική Ανάλυση

Η λειτουργία της αντλίας θερμότητας, βασίζεται στην αρχή του θερμοδυναμικού κύκλου Carnot και μάλιστα κατά την ανεστραμμένη φορά. Η ενεργειακή εξίσωση του κύκλου είναι:

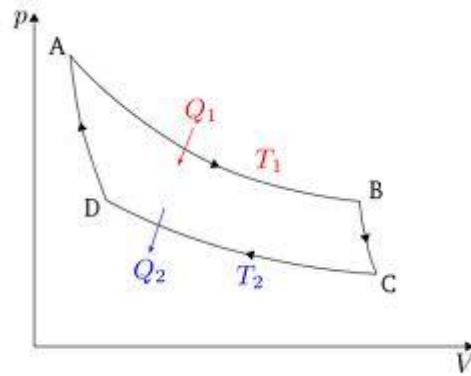
$$Q = Q_0 + W, \text{ όπου:}$$

$Q$  είναι η θερμότητα υψηλής θερμοκρασίας  $T$  που εξάγεται από το σύστημα,  $Q_0$  είναι η θερμότητα που εισάγεται στο στο σύστημα με χαμηλή θερμοκρασία  $T_0$  και,  $W$ , είναι το μηχανικό έργο που παρέχεται στο σύστημα. Αν το ενδιαφέρον μας απασχολεί η θερμοκρασία που απάγουμε ή αντίθετα, η θερμοκρασία που εισάγουμε, έχουμε και τους ανάλογους συντελεστές λειτουργίας. Έτσι:

$$\sigma_c = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$$\sigma_H = \frac{Q_1}{W} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

5 “Μοντελοποίηση και έλεγχος απόδοσης πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων”, Διπλωματική Εργασία, Αντωνία Παπαλαζάρου, Μάρτιος 2010



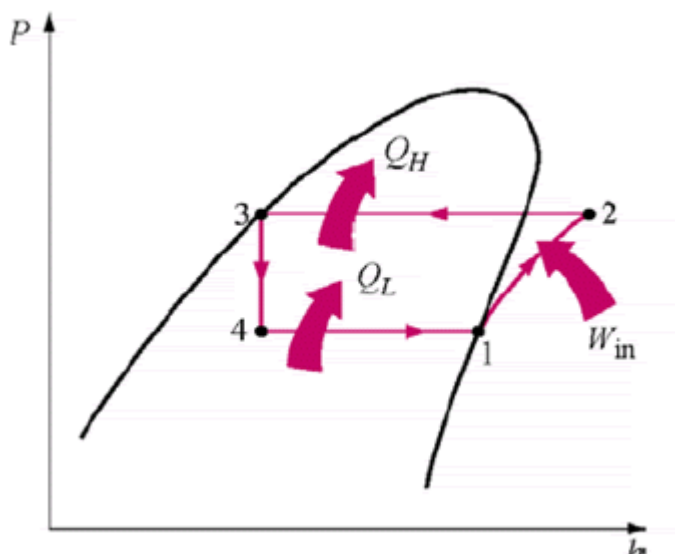
**Διάγραμμα 2: P-V για τη λειτουργία αντλίας θερμότητας**

Ο συντελεστής λειτουργίας,  $\sigma$ , είναι και στις δύο περιπτώσεις (θέρμανσης και ψύξης) μεγαλύτερος της μονάδας και επιπλέον, στην περίπτωση της ψύξης είναι μικρότερος από αυτόν της θέρμανσης.

Σε διάγραμμα P-H, ο κύκλος της αντλίας θερμότητας παίρνει τη μορφή που παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2 παρακάτω. Ο συντελεστής λειτουργίας της αντλίας θερμότητας σε αυτή την περίπτωση δίνεται από τις σχέσεις:

$$\text{ψύξη: } \sigma_c = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$\text{θέρμανση: } \sigma_h = \frac{h_2 - h_4}{h_2 - h_1}$$



Από το διάγραμμα P-H και από τους παραπάνω τύπους, προκύπτει ότι όταν η θερμοκρασία εξάτμισης  $T_B$  γίνεται μικρότερη, με δεδομένη και σταθερή τη

θερμοκρασία συμπύκνωσης  $T_A$ , τότε μικραίνει επίσης και ο συντελεστής λειτουργίας.

Ο εξατμιστής, λειτουργεί σε μικρότερη θερμοκρασία από αυτή του περιβάλλοντος, έτσι ώστε η θερμότητα να απορροφάται από αυτό με φυσική ροή. Αντίθετα, ο συμπυκνωτής λειτουργεί σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από το περιβάλλον, με τον ίδιο σκοπό ωστόσο, να προσδίδεται δηλαδή σε αυτό η θερμοκρασία με φυσική ροή. Από τον εξατμιστή στο συμπυκνωτή, έχουμε βεβαιωμένη μεταφορά θερμότητας διαμέσου του ψυκτικού μέσου και με τη βοήθεια του συμπιεστή.

Γενικά, μπορούμε να συνοψίσουμε κάποιους κανόνες για τη θερμοδυναμική λειτουργία της αντλίας θερμότητας Νερού-Νερού:

- ✓ Η μείωση της πίεσης ή της θερμοκρασίας εξάτμισης προκαλεί μείωση του συντελεστή λειτουργίας, ενώ προκαλεί αύξηση της ικανότητας απορρόφησης θερμότητας του στοιχείου εξάτμισης. Αυτό συμβαίνει επειδή αυξάνεται η διαφορά της θερμοκρασίας σε σχέση με την πηγή θερμότητας.
- ✓ Η μείωση της θερμοκρασίας εξάτμισης προκαλεί την αύξηση της ισχύος που απαιτείται από τον κινητήρα της αντλίας θερμότητας.
- ✓ Η πτώση της πίεσης και η υπερθέρμανση στην αναρρόφηση μειώνουν τη μάζα, αλλά και την ισχύ του ψυκτικού μέσου που κυκλοφορεί.
- ✓ Η ανάλυση του απλού κορεσμένου κύκλου είναι προσεγγιστική, καθώς αγνοείται η πτώση πίεσης στον εξατμιστή, στο συμπυκνωτή και στη σωλήνωση. Ωστόσο παραστατικά βοηθά στην ανάλυση του κύκλου.

## 1.5. Πρακτικό Παράδειγμα Υπολογισμού

Ως πρακτικό παράδειγμα υπολογισμού, παρατίθεται στη συνέχεια ο πίνακας με τα στοιχεία υπολογισμού μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Νερού, η οποία εγκαταστάθηκε στο ξενοδοχείο «Πανόραμα» των Χανίων Κρήτης, για την εξυπηρέτηση των ενεργειακών αναγκών του καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (θέρμανση, ψύξη, κλιματισμός, θέρμανση νερού και πισίνας).

<b><u>A) ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ</u></b>	
Όγκος θερμαινόμενων χώρων	30,000 m <sup>3</sup>
Όγκος νερού πισίνας	1200 m <sup>3</sup>
Ανάγκες θέρμανσης νερού πισίνας	100,000 Kcal/h
Ημερήσια κατανάλωση ζεστού νερού(45° C)	22,000 lt
Μέση παροχή ζεστού νερού	7 m <sup>3</sup> /h
Ανάγκες θέρμανσης χώρων	500,000 Kcal/h
Ανάγκες κλιματισμού χώρων	300,000 Kcal/h
Αριθμός fan coils	330

<b><u>Β) ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ</u></b>	
Τύπος αντλίας θερμότητας	N-N
Τύπος ψυκτικού κυκλώματος	Σ.Κ.
Ισχύς συμπιεστών	5×29.4=147 KW
Αριθμός συμπιεστών χειμώνα	3
Αριθμός συμπιεστών θέρους	3+2
Τύπος ψυκτικού μέσου	R-22
Λειτουργικός έλεγχος	Αυτόματος
Θερμοκρασία εξατμίσεως	2 °C
Θερμοκρασία συμπυκνώσεως	40 °C
Συντελεστής λειτουργίας χειμώνα	4,8
Συντελεστής λειτουργίας θέρους	5,2
Πηγή και δεξαμενή θερμότητας	Θάλασσα
Χειμερινή θερμοκρασία νερού θάλασσας	5,8÷8,8
Θερινή θερμοκρασία νερού θάλασσας	5,8÷8,4
Παροχή θαλασσινού νερού	67 m <sup>3</sup> /h
Ισχύς αντλίας θαλασσινού νερού	20 hp
Εφεδρικός λέβητας	400,000 Kcal/h
Λέβητας ζεστού νερού χρήσης	2×3000 lt
Λέβητας θέρμανσης	5000 lt
Λέβητας κλιματισμού	5000 lt

***Πίνακας 2: αποτελέσματα παραδείγματος υπολογισμού μετρήσεων***

## **Γ) ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Αυτή η αντλία θερμότητας έχει ειδικό σχεδιασμό και είναι σταθερού ψυκτικού κυκλώματος: περιλαμβάνει δύο συμπυκνωτές, έναν εξατμιστή, πέντε συμπιεστές, εκ των οποίων το χειμώνα βρίσκονται σε λειτουργία μόνο οι τρεις σε θερμοκρασία 0° C για εξάτμιση και 50° C για συμπύκνωση. Το καλοκαίρι βρίσκονται σε λειτουργία και οι άλλοι δύο μεταξύ των θερμοκρασιών 2° C για εξάτμιση και 35° C για συμπύκνωση.

Ο τρόπος λειτουργίας της αντλίας αυτής είναι απόλυτα αυτοματοποιημένος. Έτσι, ο αριθμός των συμπιεστών σε λειτουργία, ο χρόνος λειτουργίας τους, η λειτουργία των κυκλοφορητών και η ρύθμιση των τριόδων βανών, καθορίζονται ανάλογα με τις ανάγκες ζήτησης και τις προδιαγεγραμμένες θερμοκρασίες.

Την περίοδο του *καλοκαιριού*, το θαλασσινό νερό περνά από το συμπυκνωτή C<sub>2</sub> στον εναλλάκτη H<sub>2</sub> και επιστρέφει στη θάλασσα, εκτός αν απαιτείται η θέρμανση της πισίνας, όπου τότε ένα μέρος του διοχετεύεται σε αυτή. Κατά τη διαδρομή του προς τη θάλασσα, παραλαμβάνει από το συμπυκνωτή C<sub>2</sub> ένα μέρος της θερμότητας που απορρίπτεται από τον κλιματισμό των χώρων. Ένα άλλο μέρος της θερμότητας αυτής θερμαίνει, μέσω του συμπυκνωτή C<sub>1</sub>, το λέβητα B<sub>1</sub>.

Από το λέβητα B<sub>1</sub> διοχετεύεται ζεστό νερό στους λέβητες B<sub>3</sub> και B<sub>4</sub> και από αυτούς περνά στο δίκτυο του ζεστού νερού χρήσης. Από το λέβητα B<sub>1</sub> διοχετεύεται επίσης ζεστό νερό και στον εναλλάκτη H<sub>2</sub>, με σκοπό τη θέρμανση του νερού της πισίνας κατά τις περιόδους της άνοιξης και του φθινοπώρου.

Όταν η θερμοκρασία στο λέβητα B<sub>1</sub> φτάσει την προγραμματισμένη, τότε στο κύκλωμα C<sub>1</sub>-B<sub>1</sub> παρεμβάλλεται ο εναλλάκτης H<sub>2</sub>, ο οποίος απορρίπτει θερμότητα στο θαλασσινό νερό.

Στον εξατμιστή E φτάνει νερό από το λέβητα B<sub>2</sub>, μέσω του εναλλάκτη H<sub>1</sub>, ο οποίος δεν παίζει κανένα ρόλο σε αυτή τη φάση. Το νερό αυτό ψύχεται στον εξατμιστή E και αποβάλλει τη θερμότητα που προσέλαβε από τον κλιματισμό των χώρων.

Στη διάρκεια του *χειμώνα*, το θαλασσινό νερό διοχετεύεται στον εναλλάκτη H<sub>1</sub>, ο οποίος προσδίδει θερμότητα στο νερό του κυκλώματος E-H<sub>1</sub>-B<sub>2</sub> (ο λέβητας B<sub>2</sub> δεν οαίζει τώρα κανένα ρόλο).

Η θερμότητα αυτή παραλαμβάνεται από την αντλία θερμότητας και προσδίδεται στο συμπυκνωτή C<sub>1</sub> (ο συμπυκνωτής C<sub>2</sub> δεν παίζει κανένα ρόλο). Στη συνέχεια η θερμότητα αυτή, μεταφέρεται στο λέβητα B<sub>1</sub>. Έτσι, ο B<sub>1</sub> παρέχει θερμότητα για να καλύψει τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου, του δικτύου νερού χρήσης και της πισίνας όταν χρειάζεται.

Όλες οι παραπάνω λειτουργίες ελέγχονται από ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου διαμέσου θερμοστατών, πιεσοστατών και τριόδων βανών.

## **Δ) ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

Η οικονομική ανάλυση της εγκατάστασης που θα επιχειρήσουμε παρακάτω είναι προσεγγιστική, εφόσον δεν υπάρχουν τεκμηριωμένα στοιχεία. Ωστόσο δεν παύει να είναι χρήσιμη, ώστε να δοθεί μια εικόνα της κατάστασης και να εξαχθούν μερικά συγκριτικά συμπεράσματα.

### **Κόστος**

Σε σύγκριση με μία κλασική εγκατάσταση λέβητα / ψύκτη, η εγκατάσταση μιας αντλίας θερμότητας είναι αρκετά ακριβότερη. Η διαφορά δαπάνης αγγίζει τα 30.000 ευρώ.

### **Ετήσια κατανάλωση ενέργειας με αντλία θερμότητας**

Με κάλυψη 40% για τους θερινούς μήνες και 100% για τους χειμερινούς μήνες, το επίπεδο της κατανάλωσης εκτιμάται σε:

- 250,000 KWh για ζεστό νερό χρήσης,
- 350,000KWh για τη θέρμανση των χώρων (με ετήσιο φορτίο 1050H/B, λαμβάνοντας υπόψη τη μειωμένη κάλυψη κατά το χειμώνα και την απομόνωση πτερύγων)
- 500,000KWh για τον κλιματισμό (με ετήσιο φορτίο 1200H/B)
- 180,00KWh για τη θέρμανση της πισίνας.

Έτσι, για τους χειμερινούς μήνες, με μέσο συντελεστή λειτουργίας 3.0, έχουμε συνολική ανάγκη παραγωγής ενέργειας θέρμανσης 350,000KWh, οπότε η κατανάλωση ενέργειας είναι:

$$350,000/3.0 \text{ (θέρμανση)}$$

$$+ 40\% \times 250,000 \text{ (ζεστό νερό)}$$

$$+ 50\% \times 180,000 \text{ (πισίνα)}$$

---

$$= 290,000\text{KWh}$$

Κατά τους θερινούς μήνες, με μέσο συντελεστή λειτουργίας 3.0, έχουμε συνολική ανάγκη παραγωγής ενέργειας ψύξης 500,000KWh οπότε η κατανάλωση ενέργειας είναι:

$$500,000/3.0 \text{ (κλιματισμός)}$$

$$+ 40\% \times 20\% \times 250,000 \text{ (ζεστό νερό)}$$

---

$$= 190,000\text{KWh}$$

Εφόσον δεν λαμβάνουμε υπόψη τη θέρμανση της πισίνας, ενώ θεωρούμε ότι η θέρμανση του νερού χρήσης καλύπτεται κατά 80% από την ψύξη του κτιρίου.

Συνολικά, με μέσο ετήσιο συντελεστή λειτουργίας 3.0 έχουμε κατανάλωση ενέργειας:

$$290,000 \text{ (χειμώνας)}$$

$$+ 190,000 \text{ (θέρος)}$$

---

$$= 480,000\text{KWh}$$

### **Ετήσια κατανάλωση ενέργειας με λέβητα/ψύκτη**

Έστω ότι η θέρμανση των χώρων και του νερού χρήσης γίνεται με λέβητα πετρελαίου και ο κλιματισμός με ηλεκτροκίνητο ψύκτη. Έτσι, για τη θέρμανση και το ζεστό νερό χρήσης έχουμε κατανάλωση ενέργειας 600,000KWh. Για τον κλιματισμό, με συντελεστή λειτουργίας του ψύκτη 3.0, έχουμε κατανάλωση ενέργειας  $500,000/3.0 = 170,000\text{KWh}$ . Επομένως, η συνολική ετήσια κατανάλωση αγγίζει τις 770,000KWh.

### **Εξοικονόμηση ενέργειας**

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα λοιπόν, το ετήσιο κέρδος στην κατανάλωση ενέργειας είναι 290,000KWh.

## Απόσβεση

Η εξοικονόμηση ενέργειας που βρέθηκε παραπάνω, αντιστοιχεί σε εξοικονόμηση  $290,000 \times 0.10 = 29,000$  ετησίως.

## Ε)ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τις πληροφορίες που αντλούνται από τα προαναφερόμενα στοιχεία, μπορούμε να βγάλουμε κάποια κατατοπιστικά συμπεράσματα, τα οποία μας οδηγούν στην αποδοχή της αντλίας θερμότητας ως ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν, τεχνικά και οικονομικά, βασίζονται στις μετρήσεις ενός εργαστηρίου και στην εξαγωγή ενός συντελεστή λειτουργίας, πράγματα που ενδεχομένως να μη μας δίνουν την πραγματική εικόνα για τη λειτουργία της αντλίας θερμότητας, διότι δεν λαμβάνεται απόλυτα υπόψη η κατανάλωση ενέργειας σε διάφορα βοηθητικά φορτία, όπως π.χ. αντλίες θαλασσινού νερού, κυκλοφορητές και κινητήρες βανών.

Επιπλέον, στην παραπάνω οικονομική εξέταση, δεν ελήφθησαν υπόψη οι δαπάνες συντήρησης, οι οποίες στην περίπτωση μας είναι πιθανότατα σημαντικές, κυρίως λόγω της δυσκολίας στην άντληση του θαλασσινού νερού, της παρουσίας των οστρακοειδών που προκαλούν φθορές στα στοιχεία της εγκατάστασης και της άμμου, η οποία φράζει τα στόμια της υδροληψίας. Αντίστοιχα όμως, δεν λάβαμε υπόψη για την αντίθετη πλευρά την άνοδο της τιμής του πετρελαίου, η οποία στην πορεία των ετών, ιδιαίτερα των τελευταίων εν μέσω οικονομικής κρίσης, είναι εξαιρετικά σημαντική.

Κατά συνέπεια, θα μπορούσαμε να πούμε πως τα παραπάνω στοιχεία οικονομικού χαρακτήρα δίνουν μια εικόνα της κατάστασης, είτε υπερβολικά αισιόδοξη, είτε υπερβολικά συντηρητική.

Τη σωστή εικόνα της λειτουργίας μιας τέτοιας εγκατάστασης και η πιο προσεγγιστική εκτίμηση όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρει, θα έδινε πιθανότατα μια εμπειρισταωμένη μελέτη τουλάχιστον δύο ετών καταγραφής, με τη χρήση των κατάλληλων οργάνων για τη μέτρηση θερμοκρασιών, πιέσεων, παροχών και ισχύων. Έτσι θα ήταν ευκολότερη η εξαγωγή του βαθμού αξιοποίησης της εγκατάστασης για το ανάλογο χρονικό διάστημα, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα που παρέχει ο συντελεστής λειτουργίας σε ετήσια βάση. Αυτός ο βαθμός αξιοποίησης είναι σε θέση να δώσει τελικά τη σχέση αξίας/κόστους για την αντλία θερμότητας.

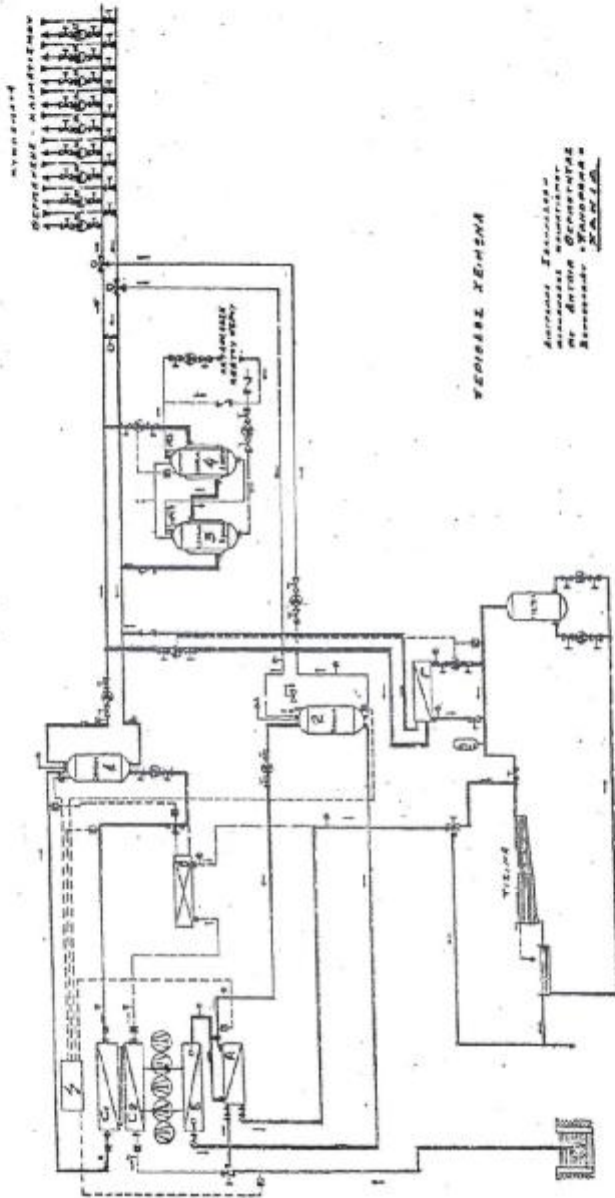
Η σημασία της χρήσης της αντλίας στη χώρα μας, έχει περιοριστεί μόνο στην περίπτωση της ηλεκτροκίνησης, δεδομένου ότι σε εθνικό επίπεδο, η ενέργεια που καταναλώνει η αντλία θερμότητας ξεκινάει από το εργοστάσιο παραγωγής με έναν τρομερά μικρό βαθμό απόδοσης και τελικά αξιοποιείται με την απόδοση τριπλάσιας ή και τετραπλάσιας ενέργειας στο χρήστη.

Συμπερασματικά, η αντλία θερμότητας είναι η μόνη μηχανή που αξιοποιεί την ενέργεια που παρέχεται από οποιαδήποτε πηγή στον άξονά της, αποδίδοντάς την, τρεις και ακόμα τέσσερις φορές μεγαλύτερη.

Θα ήταν δυνατόν να κινείται μια αντλία θερμότητας με πετρέλαιο, όμως η ηλεκτροκίνηση εξακολουθεί να κατέχει το πλεονέκτημα της μειωμένης ρύπανσης του περιβάλλοντος, κάτι που στις μέρες μας είναι εξαιρετικά σημαντικό.

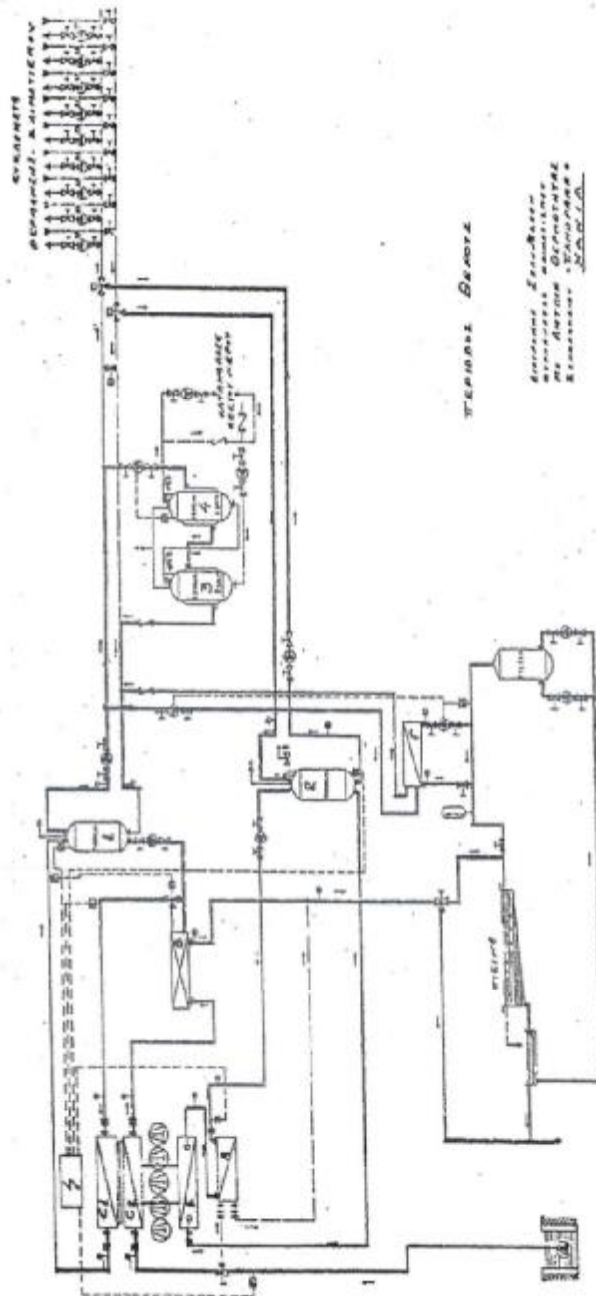
Διαφαίνεται λοιπόν ήδη, πως η αντλία θερμότητας Νερού-Νερού θα αποτελέσει στο μέλλον έναν δυνατό αντίπαλο για οποιαδήποτε άλλη εγκατάσταση, στην κατηγορία της εξοικονόμησης ενέργειας.





РЕГИОНЪТ ХЕИМЕНА

Автоматично управление  
на двигателите  
в машинната група  
в машинната група



ТЕНЗИМЕТР

СЕРВИСНОЕ ПИЩЕВОДНО-ВОДНО-КАПЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО  
 ТЕНЗИМЕТР  
 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА

## 2. ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ-ΑΕΡΑ

### 2.1. Γενικά

Οι αντλίες θερμότητας αέρα/νερού στηρίζουν τη λειτουργία τους στην αξιοποίηση του φθηνότερου καυσίμου που μπορεί κανείς να βρει, το οποίο δεν είναι άλλο από τον δωρεάν... αέρα. Οι συγκεκριμένες αντλίες αποτελούν ένα αυτοτελές σύστημα θέρμανσης και ψύξης. Τοποθετούνται εξωτερικά, χρησιμοποιούν τη θερμική ενέργεια του εξωτερικού αέρα και μπορούν να μετατρέψουν ένα υπάρχον σύστημα θερμαντικών σωμάτων σε ένα αποτελεσματικό, πλήρες σύστημα θέρμανσης. Η θερμότητα που συγκεντρώνεται από την αντλία μπορεί να τροφοδοτήσει το ενδοδαπέδιο σύστημα, τα θερμαντικά σώματα και το ζεστό νερό χρήσης κάθε χώρου. Η ίδια αντλία θερμότητας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως μονάδα κλιματισμού για την ψύξη του χώρου κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Κατά τον κύκλο της ψύξης, απορροφάται θερμότητα από τον κλιματιζόμενο χώρο μέσω του αέρα, η οποία μεταφέρεται στο νερό που κυκλοφορεί στον εναλλάκτη θερμότητας νερού-ψυκτικού. Κατά τον κύκλο θέρμανσης, απορροφάται θερμότητα από το νερό που κυκλοφορεί στον εξατμιστή και μεταφέρεται στον αέρα και στο χώρο προς θέρμανση.

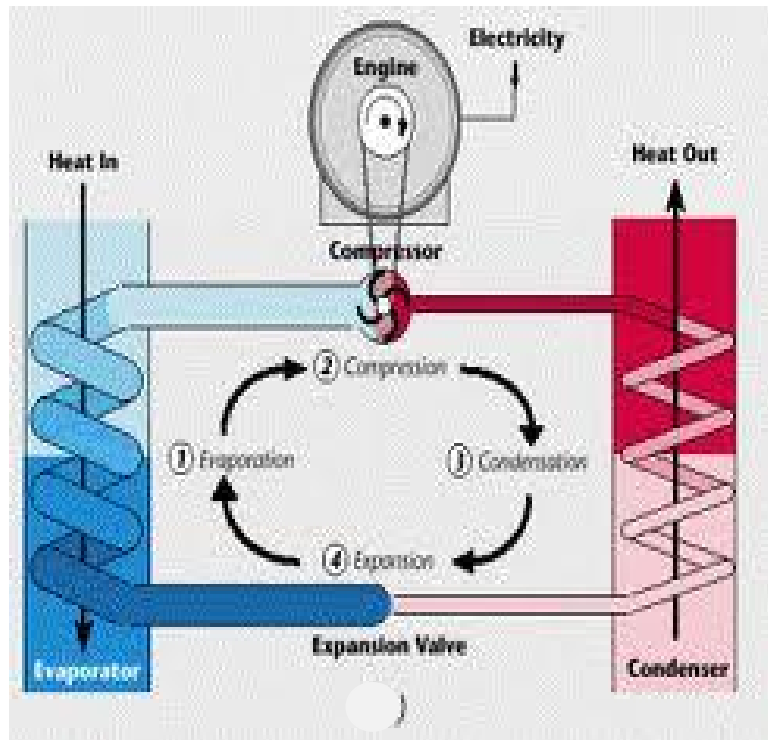
#### Manufacturers of Water-to-Air Heat Pumps

Company	Size Range (ton)
American Air Filter Company	$\frac{3}{4}$ -4.25
Dunham-Bus, Incorporated	1-5
Command-Air Corporation	$\frac{3}{4}$ -26
FHP Manufacturing Corporation	$\frac{3}{4}$ -10
Friedrick Air Conditioning and Refrigeration Company	$\frac{1}{2}$ -10
Heat Exchangers, Incorporated	$\frac{3}{4}$ -5.3
Singer Company	$\frac{3}{4}$ -4.3
York Division	1 $\frac{1}{2}$ -3.6

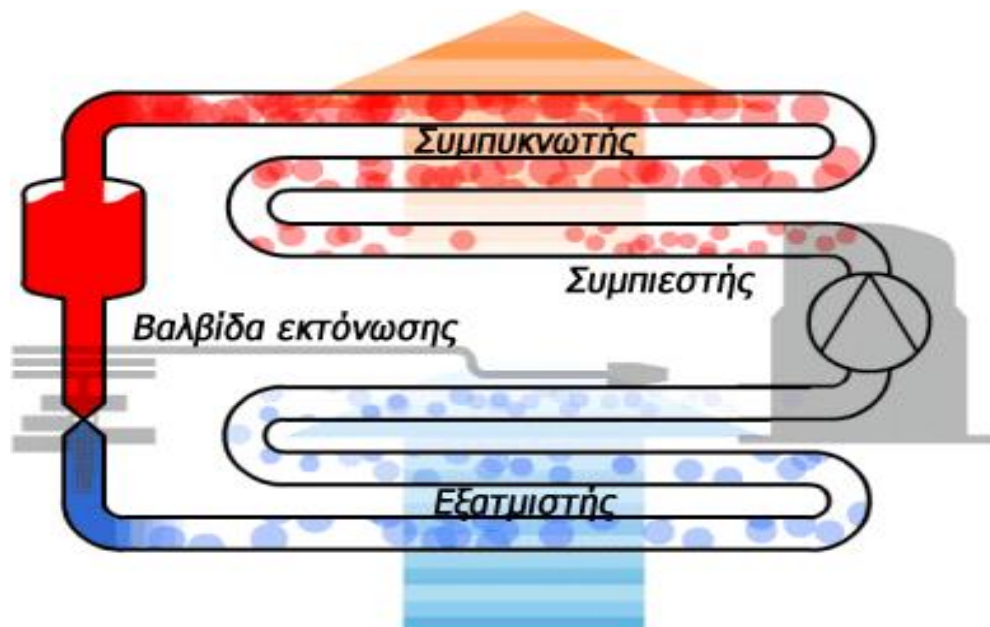
*Πίνακας 3: Αμερικάνικες εταιρίες αντλιών θερμότητας*

## 2.2. Το Ψυκτικό κύκλωμα

Παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω οι κύκλοι λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα, δηλαδή οι κύκλοι θέρμανσης και ψύξης.

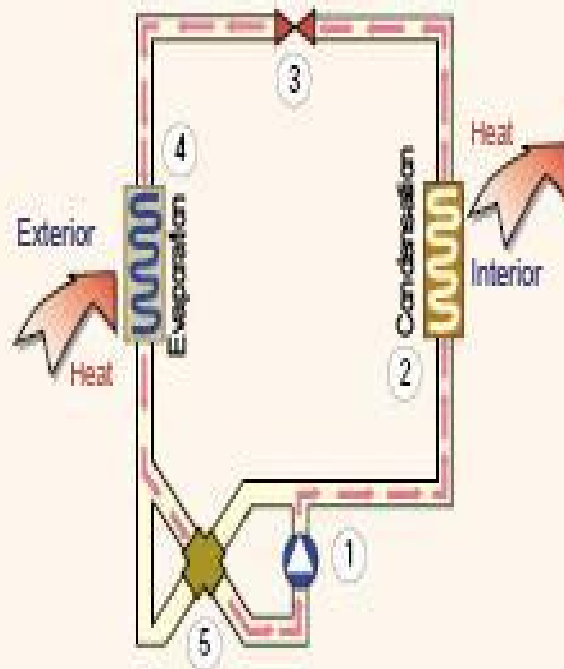


Εικόνα 1: Κύκλος Θέρμανσης

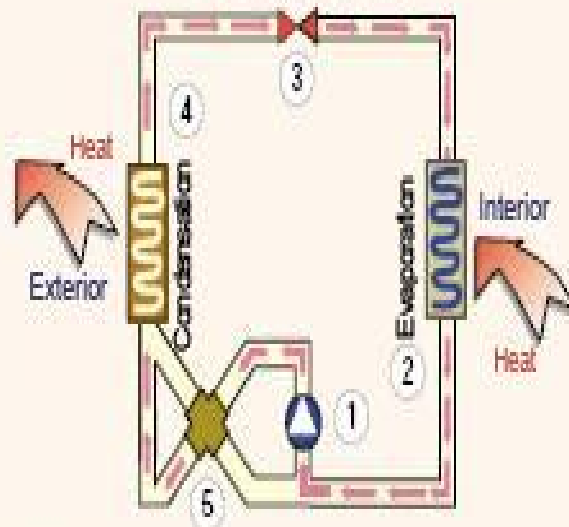


Εικόνα 2: Κύκλος Ψύξης

### HEATING CYCLE



### COOLING CYCLE



- 1 - Compressor
- 2 - Exchanger (condenser or evaporator according to cycle).
- 3 - Expansion valve.
- 4 - Exchanger (condenser or evaporator according to cycle).
- 5 - 4-way valve.

*Εικόνα 3: Κύκλοι λειτουργίας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα*

### 2.3. Το Υδραυλικό Κύκλωμα

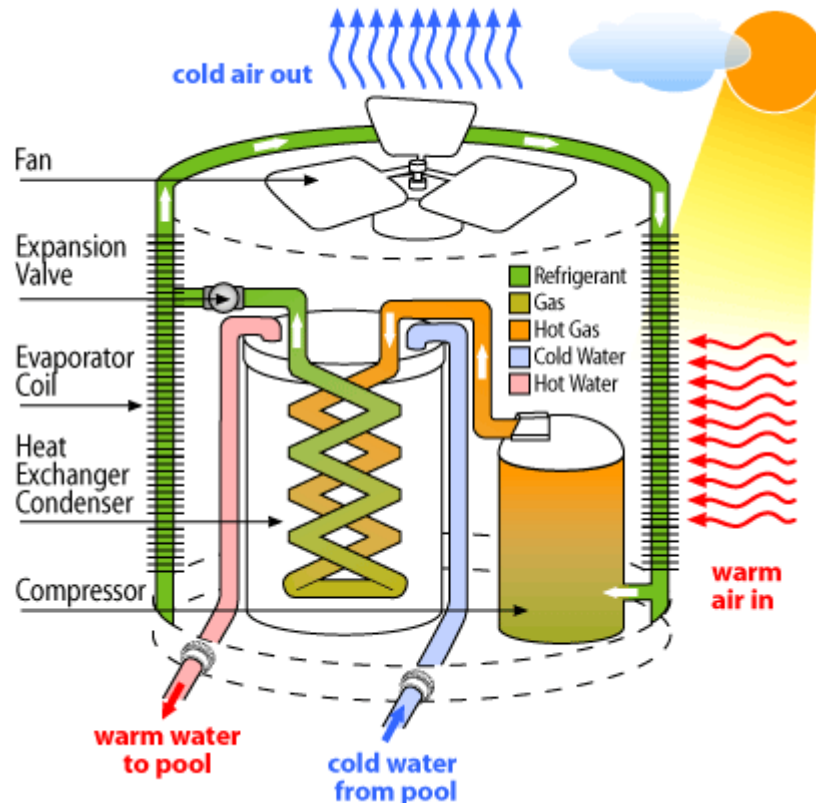
Το νερό που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας, μπορεί να προέρχεται από έναν ποταμό, μια λίμνη, ή από μία γεώτρηση. Για καλύτερη απόδοση, η παροχή νερού θα πρέπει να αποτελεί σύστημα κλειστού βρόγχου και διπλού σωλήνα.

### 2.4. Επίδραση παραγόντων στο συντελεστή λειτουργίας

Η αποτελεσματικότητα της αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα εξαρτάται από κάποιους παράγοντες:

1. Το μέγεθος του συμπιεστή και των εναλλακτών.
2. Την παροχή νερού μέσα στον εναλλάκτη νερού-ψυκτικού.
3. Τη θερμοκρασία εισαγωγής του νερού μέσα στον εναλλάκτη νερού-ψυκτικού.
4. Την παροχή αέρα μέσα στον εναλλάκτη ψυκτικού-αέρα.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την είσοδο, την έξοδο και τις κύριες μεταβλητές ελέγχου μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα.



**Εικόνα 4: Παράμετροι ελέγχου αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα**

Από τους παράγοντες που συμβάλλουν στη σωστή λειτουργία της αντλίας, μεγαλύτερη σημασία έχουν: α) η θερμοκρασία εισόδου του νερού στον εναλλάκτη νερού-ψυκτικού και β) η εσωτερική θερμοκρασία του αέρα.

Οι αμερικανικές προδιαγραφές του ANSI (American National Standards Institute), συστήνουν κάποιες τιμές για τις θερμοκρασίες αυτές, στις περιπτώσεις θέρμανσης αλλά και ψύξης.

	DB	WB	In	Out
	80° F	67° F	85° F	95° F
	70° F	60° F (max)	60° F	*

**Πίνακας 4: Συνιστώμενες θερμοκρασίες λειτουργίας (ANSI)**

#### **Επίδραση της παροχής νερού**

Η συνιστώμενη τιμή για την παροχή νερού μέσα από τον εναλλάκτη νερού-ψυκτικού είναι περίπου στα 3 gpm/ton. Παρατίθεται ο σχετικός πίνακας.

#### **Recommended Water Flow Operating Range\***

	1.8	2.4	3.0
	1.5	2.0	2.5
	2.0	3.3	4.0
	2.5	3.0	3.5

**Πίνακας 5: Συνιστώμενη περιοχή λειτουργίας για την παροχή νερού**

\*In gpm/12MBtu of Heating Capacity/h.

Η αύξηση της παροχής του νερού στο σύστημα αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα αυξάνει το συντελεστή λειτουργίας, καθώς αυξάνεται η μέση θερμοκρασιακή διαφορά κατά μήκος του εναλλάκτη νερού-ψυκτικού. Κατά τη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του νερού στον εναλλάκτη, (αύξηση στη λειτουργία της θέρμανσης και μείωση στη λειτουργία της ψύξης), απαιτείται περισσότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου στην κυκλοφορία του συστήματος. Έτσι, κατά συνέπεια, αυξάνεται η κατανάλωση ισχύος.

Ωστόσο, σε γενικές γραμμές, η μεταβολή της παροχής νερού στο σύστημα επιδρά σε μικρό βαθμό, τουλάχιστον για την συνιστώμενη κάθε φορά από τους κατασκευαστές περιοχή λειτουργίας. Με αναφορά στον πίνακα 2, για ένα τυπικό παράδειγμα, η αύξηση παροχής νερού από την ελάχιστη στη μέγιστη συνιστώμενη τιμή αυξάνει το συντελεστή λειτουργίας κατά 3%.

Η περαιτέρω αύξηση του συντελεστή λειτουργίας σε μεγαλύτερες από τις συνιστώμενες παροχές νερού ακυρώνεται ουσιαστικά από την αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων της κυκλοφορίας του νερού στο σύστημα της αντλίας.

#### **Επίδραση της θερμοκρασίας του νερού**

Σε συστήματα διπλού σωλήνα και κλειστού βρόγχου, επιτρέπεται η μεταβολή της θερμοκρασίας εισόδου του νερού που βρίσκεται σε κυκλοφορία, μεταξύ 15° C (=60° F), για θέρμανση και 30° C (=90° F), για ψύξη. Έχει διαπιστωθεί ότι, αν η θερμοκρασία εισόδου του νερού, την περίοδο θέρμανσης ανέλθει πάνω από 15° C, ή την περίοδο ψύξης πέσει κάτω από 30° C, τότε ο συντελεστής λειτουργίας της

αντλίας θερμότητας αυξάνεται.

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει τους διορθωτικούς συντελεστές που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της χωρητικότητας θέρμανσης, της χωρητικότητας ψύξης και του συντελεστή λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας για διάφορες θερμοκρασίες εισόδου του κυκλοφορούντος νερού.

	<b>Heating Capacity(SHC)</b>	<b>COP(SC)</b>	<b>Cooling Capacity(SCC)</b>
<b>1.Singer CC-100</b>	0.017	0.008	0.0055
<b>2.Dunham-Bush AQM-22</b>	0.012	0.005	0.0055
<b>3.Singer CC and FV 400</b>	0.007	-0.0025	0.0075
<b>4.American Air Filter-VW 40</b>	0.009	0.0025	0.004
<b>5.American Air Filter-VW51</b>	0.016	0.0025	0.004
<b>6.Command-Aire SWP/H-800</b>	0.006	0.0025	0.0035
<b>7.Command-Aire SWP/H-1100</b>	0.004	0.002	0.003
<b>8.Command-Aire SWP/2000</b>	0.003	0.001	0.0075
<b>9.Command-Aire SWP/2500</b>	0.003	0.001	0.004

**Πίνακας 6: Διορθωτικοί συντελεστές απόδοσης για διάφορες θερμοκρασίες εισόδου του νερού**

Στην πρώτη στήλη του παραπάνω πίνακα αναφέρονται οι συντελεστές διόρθωσης που χρειάζονται για την εκτίμηση της χωρητικότητας θέρμανσης μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα, με τη θερμοκρασία εισόδου να κυμαίνεται από 15° C έως 30° C.

Σύμφωνα με μετρήσεις του J. Christian<sup>6</sup>, η εκατοστιαία αύξηση της χωρητικότητας θέρμανσης για αύξηση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού κατά 1° C, κυμαίνεται από 0.2% έως 0.9% της ονομαστικής της τιμής.

<sup>6</sup> “Technology Evaluation of Unitary Water-to-Air Heat Pumps”, J.Christian, ICES Technical Borchure, New York 2000.



Ένας γενικός αλγόριθμος για την έκφραση της χωρητικότητας θέρμανσης της αντλίας θερμότητας ως συνάρτησης της θερμοκρασίας εισόδου του νερού δίνεται στην παρακάτω σχέση:

$$HC_i = AHC_i [1 + SHC_i (T_{ew}^* - 60)],$$

$$*45 \leq T_{ew} \leq 95$$

Όπου:

- ✚  $HC_i$  : η χωρητικότητα θέρμανσης της αντλίας θερμότητας θέρμανσης  $i$ , για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $T_{ew}$ ,
- ✚  $AHC_i$  : η χωρητικότητα θέρμανσης της αντλίας θερμότητας  $i$ , για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $15^\circ \text{C}$  ( $60^\circ \text{F}$ ),
- ✚  $SHC_i$  : ο διορθωτικός συντελεστής.

Στη δεύτερη στήλη του ίδιου πίνακα, καταγράφονται οι τιμές του συντελεστή διόρθωσης που χρειάζονται για την εκτίμηση του συντελεστή λειτουργίας μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα σε διάφορες θερμοκρασίες εισόδου του νερού, από τους  $15^\circ \text{C}$  μέχρι τους  $30^\circ \text{C}$ .

Μετρήσεις έχουν δείξει ότι οι περισσότερες αντλίες θερμότητας παρουσιάζουν μία εκατοστιαία αύξηση του συντελεστή λειτουργίας της τάξης του 4%, καθώς η θερμοκρασία εισόδου του νερού αυξάνεται από τους  $15^\circ \text{C}$  μέχρι τους  $30^\circ \text{C}$ .

Ένας γενικός αλγόριθμος για την έκφραση του συντελεστή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα ως συνάρτηση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού δίνεται στην παρακάτω σχέση:

$$COP_i - RCOP_i [1 + SC_i (T_{ew} - 60)^*],$$

$$*45 \leq T_{ew} \leq 95$$

Όπου:

- ✚  $COP_i$  : η τιμή του συντελεστή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας  $i$ , για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $T_{ew}$
- ✚  $RCOP_i$  : η μέση τιμή του συντελεστή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας  $i$ , για την ονομαστική περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας (βλ. παραπάνω, πίνακας 2)
- ✚  $SC_i$  : ο διορθωτικός συντελεστής

Στην τρίτη στήλη του πίνακα καταγράφονται οι τιμές του συντελεστή διόρθωσης που χρειάζονται για την εκτίμηση της χωρητικότητας ψύξης μιας αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα σε διάφορες θερμοκρασίες εισόδου του νερού από τους  $15^\circ \text{C}$  μέχρι τους  $30^\circ \text{C}$ .

Σύμφωνα με τις μετρήσεις του J.Christian<sup>7</sup>, η εκατοστιαία αύξηση της χωρητικότητας ψύξης, για αύξηση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού κατά  $5^\circ \text{C}$ , κυμαίνεται γύρω στο 4% της ονομαστικής της τιμής, όπως αυτή μετριέται για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $30^\circ \text{C}$ .

Για την έκφραση της χωρητικότητας θέρμανσης της αντλίας θερμότητας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας εισόδου του νερού χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος, όπως δίνεται στην παρακάτω σχέση:

<sup>7</sup> “Technology Evaluation of Unitary Water-to-Air Heat Pumps”, J.Christian, ICES Technical Borchure, New York 2000.

$$CC_1 = ACC_1 [1 + SCC_1 (85 - T_{ew})^*]$$

$$*55 \leq T_{ew} \leq 95$$

Όπου:

- ✚  $CC_i$  : η χωρητικότητα ψύξης της αντλίας θερμότητας  $i$ , για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $T_{ew}$ .
- ✚  $ACC_i$  : η χωρητικότητα ψύξης της αντλίας θερμότητας  $i$ , για θερμοκρασία εισόδου του νερού  $30^\circ \text{C}$  ( $90^\circ \text{F}$ ).
- ✚  $SCC_i$  : ο διορθωτικός συντελεστής.

### **Επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα**

Σε λειτουργία της αντλίας θερμότητας υπό κανονικές συνθήκες, η θερμοκρασία εισαγωγής του αέρα στο σύστημα κυμαίνεται γύρω στους  $23^\circ \text{C}$ , είτε πρόκειται για θέρμανση είτε για ψύξη. Ωστόσο, με σκοπό την αντιστάθμιση του φαινομένου υστέρησης στις ρυθμίσεις του θερμοστάτη κατά τη χρήση της αντλίας για θέρμανση, οι κατασκευαστές προτείνουν κάποιους πολλαπλασιαστές με σκοπό τη διόρθωση της χωρητικότητας θέρμανσης (Πίνακας 5). Σύμφωνα με τους κατασκευαστές, με τη διακύμανση της θερμοκρασίας εισαγωγής του αέρα, μεταβάλλεται μόνο η χωρητικότητα, αφήνοντας τα ποσά του συντελεστή λειτουργίας και των ενεργειακών απαιτήσεων ανεπηρέαστα.

<b>AIR TEMPERATURE CORRECTION</b>					
Entering Air (°F)	60°	65°	70°	75°	80°
Heating Capacity	1.04	1.02	1.00	0.98	0.97
<b>CFM CORRECTION</b>					
% Rated CFM	80%	90%	100%	110%	120%
Total Cooling or Heating Capacity	0.96	0.98	1.00	1.02	1.03
Sensible Cooling Capacity	0.90	0.95	1.00	1.06	1.10

**Πίνακας 7: Πολλαπλασιαστές διόρθωσης της χωρητικότητας θέρμανσης για μεταβολές της θερμοκρασίας εισαγωγής του αέρα**

## **2.5. Απαιτήσεις Συντήρησης**

Με στόχο τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού μας, είναι πρόβλημα να

προβλεφθεί και να οργανωθεί ένα πρόγραμμα συντήρησης. Οι τακτικοί έλεγχοι, περίπου έξι φορές το χρόνο, και ο καθαρισμός ή η αντικατάσταση των φίλτρων, δύο φορές το χρόνο, είναι μέρος της απαραίτητης διαδικασίας συντήρησης.

Απαραίτητες διαδικασίες σε έναν πλήρη έλεγχο του εξοπλισμού αποτελούν:

1. Η εξέταση όλων των ηλεκτρικών γειώσεων, με σκοπό να αποφευχθεί κάθε πιθανός κίνδυνος βραχυκυκλώματος στην καλωδίωση του ψυκτικού κυκλώματος, ή σε οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του κυκλώματος.
2. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας του ψυκτικού κυκλώματος, ο οποίος θα επιτευχθεί μέσω της μέτρησης της θερμοκρασιακής διαφοράς στον εναλλάκτη αέρα, αλλά και του ηλεκτρικού ρεύματος στο συμπιεστή.

Στα συστήματα διπλού σωλήνα και κλειστού βρόγχου, απαραίτητος θεωρείται ο έλεγχος της διατήρησης του κυκλοφορούμενου νερού σε θερμοκρασίες μεταξύ 15° C και 30° C.

Η αγορά είναι πλέον εφοδιασμένη με διάφορα συστήματα λειτουργικής παρακολούθησης, ώστε να διευκολύνεται η λειτουργική παρακολούθηση από τους χειριστές τέτοιων μονάδων. Έτσι, ο χειριστής HVAC, έχει τη δυνατότητα να είναι ενήμερος σχετικά με την κατάσταση του συστήματος και να είναι επιπλέον σε θέση να διαπιστώσει την ανάγκη κάποιας περιοδικής συντήρησης. Η κυκλοφορία συστημάτων συναγερμού στην αγορά, συμβάλλει στην αποφυγή πιθανής αστοχίας του συστήματος και στη διατήρηση των λειτουργικών παραμέτρων (παροχή, θερμοκρασία και πίεση) στις επιθυμητές τιμές.

Όσο πιο εξειδικευμένο είναι το σύστημα ελέγχου, τόσο αυξάνεται το συνολικό κόστος. Ωστόσο, το πρόσθετο κόστος, σίγουρα αντισταθμίζεται από τη μείωση του λειτουργικού κόστους και του κόστους συντήρησης, καθώς το σύστημα δε χρειάζεται συνεχή ανθρώπινη επίβλεψη.

## **2.6. Ανάλυση κόστους**

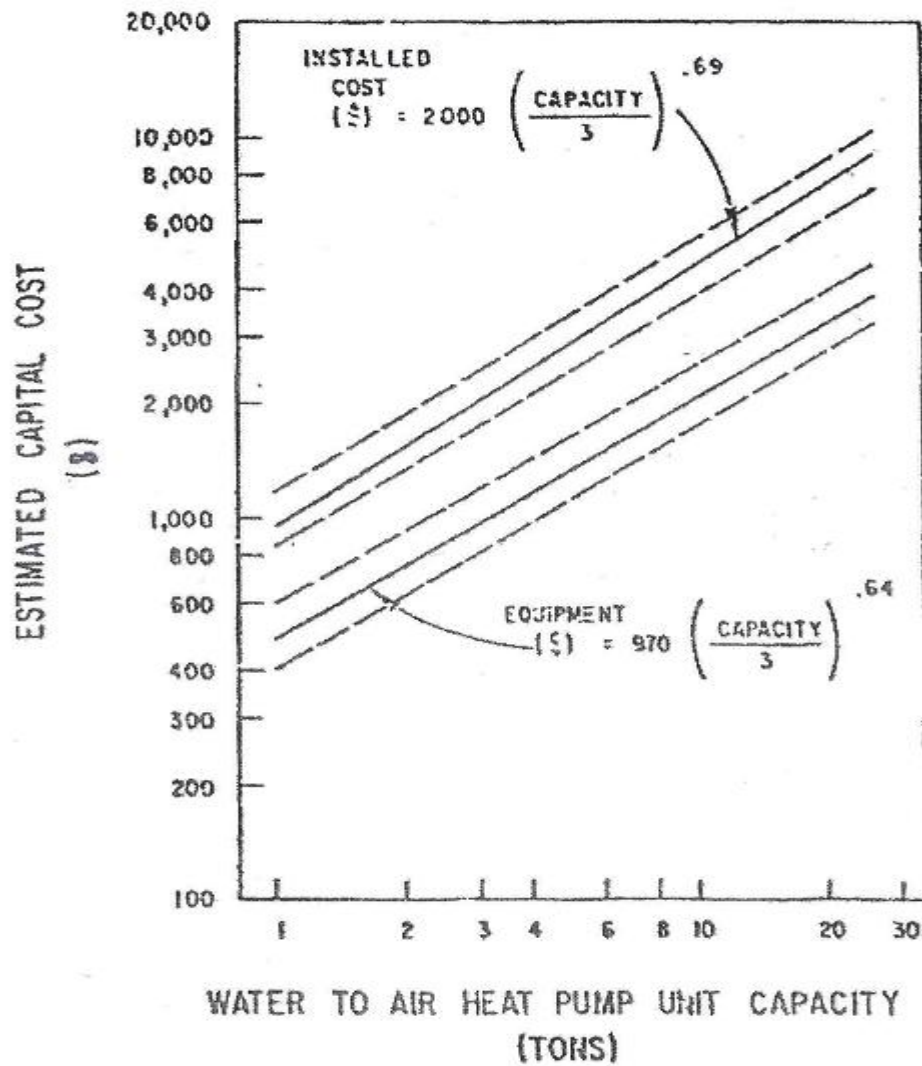
Ο όρος «κεφαλαιουχικό κόστος» αναφέρεται στο αρχικό κόστος αγοράς που έχει ο κάθε εξοπλισμός. Για περίπτωση που αναλύουμε, δηλαδή μια αντλία θερμότητας Νερού-Αέρα, παραθέτουμε χαρακτηριστικά παρακάτω, ένα διάγραμμα του κεφαλαιουχικού κόστους (σε δολάρια), των σύγχρονων αντλιών θερμότητας Νερού-Αέρα με κυμαινόμενη χωρητικότητα από έναν έως τριάντα τόνους.

Το συνολικό κεφαλαιουχικό κόστος περιλαμβάνει:

1. Τη βασική μονάδα αντλίας θερμότητας
2. Το βασικό εξοπλισμό ελέγχου
3. Τα όργανα λειτουργικής παρακολούθησης και ασφάλειας

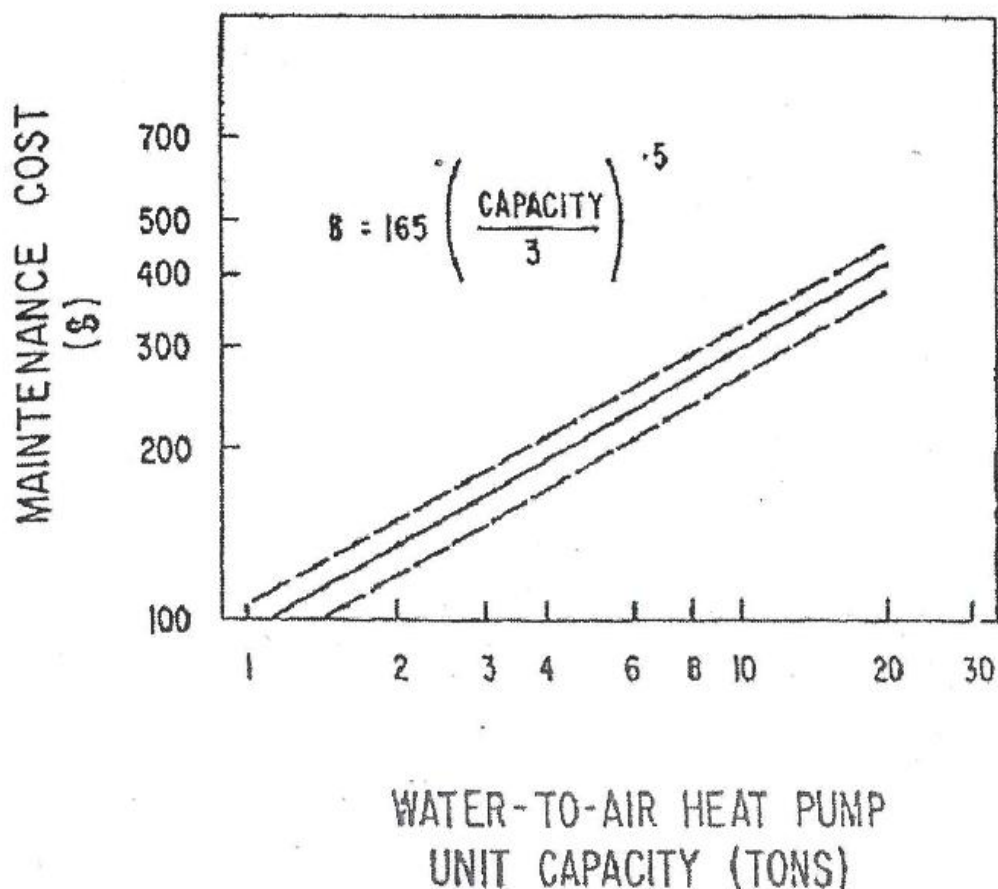
Το πρόσθετο κόστος εξοπλισμού, το οποίο συνήθως καλύπτει το 10% του βασικού κόστους, αποτελείται από:

1. Τους αυτόματους θερμοστάτες
2. Τις ρυθμιστικές βαλβίδες και
3. Τους διακόπτες υποπίεσης



*Εικόνα 5: Κεφαλαιουχικό κόστος ανά μονάδα, αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα*

Το λειτουργικό κόστος μιας αντλίας θερμότητας, για χωρητικότητα από 1 έως 30 τόνους, στα πέντε πρώτα χρόνια χρήσης, παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα:



**Εικόνα 6: Λειτουργικό κόστος ανά μονάδα, αντλίας θερμότητας Νερού-Αέρα**

Το συνολικό λειτουργικό κόστος περιλαμβάνει έξι τακτικές επιθεωρήσεις και δύο αλλαγές φίλτρων το χρόνο, καθώς και τα ανταλλακτικά που πιθανόν θα χρειαστούν σε οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος της αντλίας θερμότητας.

Τα συμβόλαια συντήρησης για τα χρόνια 6 με 15,ισοδυναμούν συνήθως με ένα επιπρόσθετο λειτουργικό κόστος της τάξης του 7% του συνολικού λειτουργικού κόστους, για κάθε χρόνο.

Η κατασκευή, η λειτουργία και η συντήρηση των αντλιών θερμότητας πρέπει να ακολουθεί τις προδιαγραφές ασφαλείας, όπως αυτές καθορίζονται από το ANSI(American National Standards Institute), ή εναλλακτικά από τους εθνικούς οργανισμούς προτύπων κάθε χώρας.

### 3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

#### 3.1 Λειτουργία και συνθήκες άνεσης

Ο πρωταρχικός σκοπός των συστημάτων κλιματισμού είναι να διατηρούν σε όλη τη διάρκεια του έτους τη θερμική άνεση και την υγεία των ανθρώπων μέσα στους χώρους διαβίωσης και εργασίας, με αξιοπιστία, επάρκεια και ανεκτό κόστος.

Οι συνθήκες θερμικής άνεσης εξαρτώνται κυρίως από τις συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και κίνησης του αέρα ενός χώρου ενώ η υγεία των ανθρώπων εξασφαλίζεται και από την καθαρότητα του αέρα. Οι συνθήκες θερμικής άνεσης δεν είναι μοναδικές, αλλά εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες και καθορίζονται από τους κανονισμούς και τα πρότυπα που ισχύουν σε κάθε χώρα.

Οι εγκαταστάσεις άνεσης διατηρούν τον αέρα των χώρων τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι σε μία θερμοκρασία από 20°C έως 26°C και σε μία σχετική υγρασία μεταξύ 35% και 65%. Στις συνθήκες αυτές ο άνθρωπος αισθάνεται κατά κανόνα άνετα και αποδίδει περισσότερο στην εργασία του. Σε ειδικές κατηγορίες κτιρίων, ο στόχος δεν είναι μόνο η θερμική άνεση των ανθρώπων αλλά και η δημιουργία ειδικού περιβάλλοντος που ευνοεί :

- κάποια χημική ή βιολογική εξέλιξη (π.χ. εργαστήρια)
- κάποια μηχανική κατεργασία (π.χ. βιομηχανία)
- την προστασία κάποιων αντικειμένων από την απαξίωση (π.χ. ιστορικά κτίρια, μουσεία, βιβλιοθήκες, αρχαία)

Έτσι οι συνθήκες του αέρα καθορίζονται και από διάφορους κανονισμούς, παρατηρήσεις, εμπειρία κ.λ.π. Η εξασφάλιση των απαραίτητων συνθηκών γίνεται με τον κατάλληλο συνδυασμό διαφόρων συσκευών, οι οποίες αποτελούν στο σύνολό τους το σύστημα κλιματισμού.

Οι **βασικές λειτουργίες** που επιτελούνται σε ένα σύστημα κλιματισμού είναι:

- Η *θέρμανση*: είναι η διεργασία πρόσθεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την άνοδο της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα όρια.
- Η *ψύξη*: είναι η διεργασία αφαίρεσης θερμικής ενέργειας (θερμότητας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της θερμοκρασίας ή τη διατήρηση της θερμοκρασίας σε ορισμένα όρια.
- Η *ύγρανση*: είναι η διεργασία πρόσθεσης νερού (υγρασίας) στον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την άνοδο της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα όρια.
- Η *αφύγρανση*: είναι η διεργασία αφαίρεσης νερού (υγρασίας) από τον αέρα του κλιματιζόμενου χώρου με σκοπό την πτώση της σχετικής υγρασίας ή τη διατήρησή της σε ορισμένα όρια.
- Η *ανανέωση*: είναι η διεργασία λήψης εξωτερικού αέρα και απόρριψης αέρα από τους χώρους του κτιρίου, με σκοπό την αραίωση των αέριων προσμίξεων του αέρα και την εξασφάλιση της απαραίτητης ποιότητας του εσωτερικού αέρα.
- Ο *καθαρισμός*: είναι η διεργασία αφαίρεσης των σωματιδιακών και βιολογικών προσμίξεων του αέρα με σκοπό τη βελτίωση και τη διατήρηση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα.

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό, ότι με τον κατάλληλο συνδυασμό συσκευών, συστημάτων ελέγχου και τρόπων λειτουργίας, μπορούν να προκύψουν αμέτρητα συστήματα κλιματισμού. Η διαμόρφωση ενός συστήματος είναι τελικά αποτέλεσμα

πολλών παραγόντων (κόστους επένδυσης, τύπου κτιρίου, αισθητικής κ.λ.π.).<sup>8</sup>

### 3.2. Διακρίσεις εφαρμογών των συστημάτων κλιματισμού

Οι εφαρμογές του κλιματισμού μπορούν να διακριθούν σε:

1. *Κλασσικό κλιματισμό «άνεσης»*, όπου το κέντρο του ενδιαφέροντος είναι ο άνθρωπος. Οι εγκαταστάσεις αυτές χρησιμεύουν στη ύπαρξη συνθηκών ευεξίας σε χώρους παραμονής κάθε είδους όπως κτίρια γραφείων, θέατρα, κατοικίες, αίθουσες συγκεντρώσεων, χώρους πώλησης κ.ά.
2. *Βιομηχανικό κλιματισμό*, ο οποίος προορίζεται για την εξυπηρέτηση των στόχων της βιοτεχνίας, της βιομηχανίας και γενικότερα των παραγωγικών ή εργασιακών χώρων. Οι εγκαταστάσεις βιομηχανικού κλιματισμού έχουν ως στόχο, αφενός την προστασία της υγείας των εργαζομένων και αφετέρου, την παραγωγική διαδικασία (με τη δημιουργία ειδικού περιβάλλοντος που ευνοεί κάποια χημική ή βιολογική εξέλιξη ή κάποια μηχανική κατεργασία), με καταληκτικό σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικότητας (ανθρώπων και μηχανών).
3. *Κλιματισμό ειδικών εφαρμογών*, ο οποίος έχει ως στόχο να εξυπηρετήσει τις ειδικές ανάγκες και τις υψηλές απαιτήσεις νοσηλευτηρίων, χειρουργικών χώρων, εργαστηρίων ερευνών, ειδικών κατεργασιών κ.ά. Οι εγκαταστάσεις αυτές εξασφαλίζουν ιδιαίτερες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας καθώς και πολύ υψηλές απαιτήσεις καθαρότητας του αέρα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ο έλεγχος της περιεκτικότητας των αιωρούμενων σωματιδίων, των μικροβίων, των βακτηριδίων και των διαφόρων άλλων μικροοργανισμών στον αέρα.

Στο εσωτερικό περιβάλλον των κτιρίων είναι επιθυμητό να ρυθμίζεται το κλίμα και να ελαχιστοποιούνται οι μεταβολές του μέσα σε προκαθορισμένα όρια, τα οποία ονομάζονται συνθήκες «άνεσης ή ευεξίας». Με τον όρο αυτό, αναφερόμαστε στις συνθήκες του περιβάλλοντος, κυρίως της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της καθαρότητας και της κίνησης του αέρα.

Ο καθοριστικός παράγοντας για το σχεδιασμό ενός συστήματος κλιματισμού είναι συνήθως το είδος και η χρήση των χώρων στους οποίους εγκαθίσταται (π.χ. κατοικία, κτίριο γραφείων, θέατρο, ξενοδοχείο, κ.ά.). Έτσι, κρίνεται απαραίτητο για το σχεδιασμό του συστήματος, να μελετηθούν δύο βασικά σημεία:

- ο υπολογισμός της φόρτισης και
- η ζητούμενη χωρητικότητα των αγωγών.<sup>9</sup>

### 3.3. Δεδομένα που επηρεάζουν το σχεδιασμό του συστήματος

Το Αμερικάνικο Ινστιτούτο Ψύξης και πολλές βιομηχανίες διαθέτουν καταλόγους ελέγχου (check lists) και καταγραφής των δεδομένων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή των μετρήσεων και άλλων τεχνικών πληροφοριών που αφορούν κάθε σύστημα. Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται ενδεικτικά ένας τέτοιος κατάλογος ελέγχου για την ασφαλή λειτουργία στην ψύξη και στη θέρμανση.

Οι απαιτήσεις εξαρτώνται από τις κατόψεις των ορόφων, τη θέση των κτιρίων καθώς και από άλλα σχέδια και λεπτομέρειες. Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνονται υπόψη, το μέγεθος του κτιρίου, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του, οι έξοδοι και οι είσοδοι, η θέση του ήλιου και η σκιά του. Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος, είναι απαραίτητο να αναγνωρίζονται και να περιγράφονται το μέγεθος

<sup>8</sup> [www.eng.auth.gr](http://www.eng.auth.gr) : Γενικές αρχές υπολογισμού συστημάτων κλιματισμού

<sup>9</sup> [www.eng.auth.gr](http://www.eng.auth.gr) : Γενικές αρχές υπολογισμού συστημάτων κλιματισμού

των αγωγών, τα στόμια προσαγωγής και επιστροφής και οι αντιστάσεις που βρίσκονται στο σύστημα παροχής αέρα. Επιπλέον, πρέπει να γίνονται υπολογισμοί για τις πηγές, όπως είναι τα παράθυρα, οι τοίχοι, η στέγη, καθώς και για τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή. Αντίστοιχα βέβαια, μπορεί να γίνονται υπολογισμοί για τον αριθμό των ατόμων που υπάρχουν στο κτίριο, ή και για τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ		
	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ	ΧΕΙΜΩΝΑΣ
Εξωτερική θερμοκρασία		
Μέση ημερήσια θερμοκρασία		
Εξωτερική θερμοκρασία		

**ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ**  
 Το σπίτι βλέπει Β ΒΑ Α ΝΑ Ν ΝΔ Δ ΒΔ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ**

Είδος	Ενας όροφος <input type="checkbox"/>	Δύο όροφοι <input type="checkbox"/>	Μεζονέτα <input type="checkbox"/>
Τοιχοποιία	Ξύλινος σκελετός <input type="checkbox"/>	Βαρεία ξυλεία <input type="checkbox"/>	
Οροφή & Ταβάνια	Κεκλιμένη οροφή <input type="checkbox"/>	Επίπεδη οροφή <input type="checkbox"/>	
	Δώμα <input type="checkbox"/>		
	Μόνωση : Καμμιά, 5cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm		
	Μονωτικά φύλλα <input type="checkbox"/>		
	Λευκή οροφή <input type="checkbox"/>	Σκούρα οροφή <input type="checkbox"/>	Ανεμιστήρας στη σοφίτα <input type="checkbox"/>
Πάτωμα	Πλάκες στο έδαφος <input type="checkbox"/>	Μόνωση: Καμμιά, 2,5 cm, 5 cm	
	Με διάκενο <input type="checkbox"/>		
	Ανοικτό <input type="checkbox"/>	Κλειστό: Αεριζόμενο <input type="checkbox"/>	Μη αεριζόμενο <input type="checkbox"/>
	Φράγμα υδρατμών στο έδαφος <input type="checkbox"/>		
	Μόνωση: Κάτω από το πάτωμα <input type="checkbox"/>		
	Πάνω από το γκαράζ <input type="checkbox"/>		
	Μόνωση: Καμμιά, 2,5 cm, 5 cm, 10 cm		
Παράθυρα	Κινούμενα <input type="checkbox"/>	Σταθερά <input type="checkbox"/>	
	Μονό τζάμι <input type="checkbox"/>	Διπλό τζάμι <input type="checkbox"/>	
	Προστατευμένα <input type="checkbox"/>	Ανήα <input type="checkbox"/>	

### **Σχήμα 1: Κατάλογος ελέγχου κτηριακών αναγκών και εγκαταστάσεων**

#### **Υπολογισμός φορτίου στη διαδικασία της ψύξης**

Ως *ψυκτικό φορτίο* ορίζεται το ποσό της θερμότητας, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από το κτίριο, ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία ή οι οποιεσδήποτε άλλες ειδικές απαιτήσεις που έχουν επιλεγεί, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού θέρους.

Οι μεταβλητές οι οποίες επηρεάζουν τους υπολογισμούς ψυκτικών φορτίων είναι πάρα πολλές, συνήθως είναι δύσκολο να ορισθούν με ακρίβεια και πάντοτε σχετίζονται μεταξύ τους με πολύπλοκο τρόπο. Πολλές συνιστώσες του ψυκτικού φορτίου μεταβάλλονται ως προς το εύρος της τιμής τους κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Επειδή αυτές οι περιοδικές μεταβολές των συνιστωσών του φορτίου συνήθως δεν είναι ίδιες για όλες τις συνιστώσες, πρέπει να γίνεται μια ακριβής ανάλυση της κάθε συνιστώσας του ψυκτικού φορτίου, ώστε να υπολογίζεται το μέγιστο ψυκτικό φορτίο ενός κτιρίου ή μιας ζώνης του κτιρίου με τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια.



Ο υπολογισμός των ψυκτικών φορτίων γίνεται για κάθε χώρο ενός κτιρίου ξεχωριστά. Το συνολικό ψυκτικό φορτίο κάθε χώρου αποτελείται από το αισθητό φορτίο, το οποίο μεταβάλλει τη θερμοκρασία του χώρου, και το λανθάνον φορτίο, το οποίο μεταβάλλει την υγρασία του χώρου. Το φορτίο αυτό, λόγω της περιοδικής μεταβολής των παραγόντων που το επηρεάζουν, έχει διάφορες τιμές τις διάφορες ώρες της ημέρας και φυσικά μια μέγιστη τιμή, η οποία συνήθως εξαρτάται από τον προσανατολισμό του χώρου.

Σε κάθε χώρο, εκτός από τις διάφορες πηγές θερμότητας που δημιουργούν ψυκτικό φορτίο, εισέρχεται και ένα ποσό φρέσκου εξωτερικού αέρα το οποίο δημιουργεί ένα επιπλέον αισθητό και λανθάνον φορτίο. Το φορτίο αυτό συνυπολογίζεται για τον υπολογισμό της ισχύος του ψύκτη του χώρου ή του ψύκτη του κτιρίου.

Μέθοδοι υπολογισμού ψυκτικών φορτίων, είναι η μέθοδος CARRIER και η μέθοδος της ASHRAE. Γενικά, όλες οι μέθοδοι υπολογισμού των ψυκτικών φορτίων έχουν την ίδια δομή όσον αφορά τους υπολογισμούς των ψυκτικών φορτίων κλιματισμού.

Στο σχήμα 2Α χρησιμοποιείται ένας τυποποιημένος υπολογισμός του φορτίου στην ψύξη. Η ολική εγκατάσταση σε εμπορικούς χώρους και κατοικίες βασίζεται στις απαιτήσεις του χώρου και μετράται σε cfm. Φόρτιση εξαρτάται από την έκταση του δωματίου σε τετραγωνικά πόδια. Μια πληροφορία που παίρνουμε από το σχήμα 2B, είναι ο συντελεστής θερμότητας(ενισχυτικός), ως τετραγωνικό πόδι για τοίχους, πόρτες, οροφές και παράθυρα. Η τελική μέτρηση γίνεται σε Btu/hr. Το ολικό cfm σημειώνεται δίνοντας την αξία του σε Btu, μετά από διαίρεση με το 30.

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΟΡΟΦΗΣ

Κατασκευή	Βασικός συντελεστής	Συντελεστές μόνωσης			
		R7	R11	R13	R19
Ελαφρά μόνωση χωρίς ταβάνι 10", U= .20	8	.41	.31	.28	.21
Ελαφρά μόνωση με ταβάνι 10", U= .13	5	.53	.41	.37	.29
Μεσαία μόνωση χωρίς ταβάνι 40", U= .51	24	.22	.15	.13	.09
Μεσαία μόνωση με ταβάνι 40", U= .21	10	.41	.30	.27	.20

1. Οι συντελεστές βασίζονται σε εξωτερική θερμοκρασία 35°C. Για κάθε 3 βαθμούς πάνω από τη θερμοκρασία που λάβαμε υπόψη μας για τη μέλητη προσθέστε μία μονάδα στο βασικό συντελεστή για οροφές και ε ελαφρά μόνωση και για μεσαία μόνωση με ταβάνι προσθέστε 3 σε μέση οροφή χωρίς ταβάνι.

2. Συντελεστής οροφής = βασικός συντελεστής x συντελεστή μόνωσης

3. Αν ο χώρος με ταξύ ταβανιού και οροφής αερίζεται με ανεμιστήρα πολλαπλασιάστε επί 0,75

4. Το R7 είναι περίπου 5cm μόνωσης, το R11 7,5 cm, το R13 10 cm και το R19 15 cm

### ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ

Συνθήκες δωματίου	Ευνοϊκό					Αισθητή	
	Εξωτερική θερμοκρασία υγρού βολβού					Εξωτερική Ξηρού βολβού	Συντελεστής
	65	70	75	78	80		
24°C, 50%	8	26	46	59	69	85	11
						95	22
55%	3	21	41	55	64	105	32
						115	43
60%	-	17	37	50	60		

Για να καθορίσετε την εξωτερική ποσότητα αέρα ώστε να καθορίσετε το εξωτερικό φορτίο αέρα θα κάνετε τα εξής:

1. Ο εξωτερικός αέρας που περνά από τη μονάδα

α) Αν δεν υπάρχουν ανεμιστήρες εξαγωγής χρησιμοποιήστε τον πίνακα 9

β) Αν υπάρχουν ανεμιστήρες εξαγωγής χρησιμοποιήστε η τις τιμές του ανεμιστήρα ή τον πίνακα 9 (όπου είναι μεγαλύτερη). Αν δεν έχετε πληροφορίες για τον αέρα εξαγωγής υπολογίστε για υπόνοια 20 αλλαγές του αέρα και για άλλα αεριζόμενα δωμάτια 10

2. Δεν περνά εξωτερικός αέρας από τη μονάδα.

α) Δεν υπάρχουν ανεμιστήρες εξαγωγής, χρησιμοποιήστε 7cm ανά άτομο

**Σχήμα 2Α: Συντελεστές για την εκτίμηση του ψυκτικού φορτίου**

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ			
	Εκθεση	Επιφάνεια	x Συντελεστής
Παράθυρα Πίνακας 1		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
Τοιχοποιία Πίνακας 2		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
		m <sup>2</sup>	
Χωρίσματα (πιν. 2)		m <sup>2</sup>	
Οροφές (πιν. 3)		m <sup>2</sup>	
Ταβάνια (πιν. 4)		m <sup>2</sup>	
Πάτωμα (πιν. 5)		m <sup>2</sup>	
Ηλεκ/κές συσκευές (πιν. 6)			
Άνθρωποι (σύνολο) (πιν. 7)		άτομα	
Συνοδική θερμότητα δωματίου			
Εξωτερικός αέρας (σύνολο) (πιν. 8)			
Συνοδική θερμότητα δωματίου			

1. Αισθητή θερμότητα δωματίου = συνοδική θερμότητα δωματίου - άνθρωποι x συντελεστής παγθάνουσης (πιν. 7)
2. Συντελεστής αισθητής θερμότητας = αισθητή θερμότητα δωματίου / συνοδική θερμότητα δωματίου
3. Συνοδική αισθητή θερμότητα = αισθητή θερμότητα δωματίου + ποσότητα εξωτερικού αέρα x συντελεστή εξωτερικού αέρα

**Σχήμα 2B: Παράδειγμα πίνακα για την εκτίμηση του ψυκτικού φορτίου**

### Υπολογισμός του φορτίου στη διαδικασία της θέρμανσης

Ως θερμικό φορτίο ή «θερμική απώλεια», ορίζεται το ποσό θερμότητας που πρέπει να προστεθεί στο κτίριο ώστε να διατηρείται στους διάφορους χώρους ή θερμοκρασία που έχει επιλεγεί και να πληρούνται οι συνθήκες ευεξίας, όταν στο εξωτερικό περιβάλλον επικρατούν οι συνθήκες σχεδιασμού χειμώνα. Ιδιαίτερα στις εφαρμογές κλιματισμού πρέπει να διατηρείται και η σχετική υγρασία σε ορισμένα επίπεδα, με την κατάλληλη ποσότητα υγρασίας.

Οι μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων σχεδιασμού είναι αυτή του Γερμανικού Κανονισμού DIN 4701 και η μεθοδολογία υπολογισμού κατά ASHRAE. Για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι επικρατεί μόνιμη θερμική κατάσταση και συνεπώς όλα τα μεγέθη υπολογισμού παραμένουν σταθερά. Γενικά η συνολική θερμική απώλεια (θερμικό φορτίο) οφείλεται:

- στις απώλειες αγωγιμότητας και
- στις απώλειες αερισμού.

Στις απώλειες αγωγιμότητας περιλαμβάνονται αθροιστικά όλες οι ροές θερμότητας μέσω τοίχων, οροφών, δαπέδων, παραθύρων και κάθε είδους επιφανειών, οι οποίες συνορεύουν με τον έξω χώρο ή με μη θερμαινόμενους χώρους. Απώλειες αερισμού θεωρούνται οι θερμικές απώλειες που οφείλονται είτε στη διείσδυση του αέρα που δημιουργούν οι διαφορές πίεσης (λόγω της ταχύτητας του εξωτερικού αέρα που πιέζει την επιφάνεια που προσβάλλει), είτε στη σκόπιμη μετακίνηση μαζών αέρα με τη βοήθεια ανεμιστήρων για την ανανέωση του αέρα των θερμαινόμενων χώρων.

Τα βήματα και οι τύποι που χρησιμοποιούνται στη θέρμανση μοιάζουν με ότι χρησιμοποιείται για την ψύξη. Το ολικό cfm του συστήματος είναι όμοιο με τη μέγιστη απώλεια θερμότητας διαιρούμενο με το 108. Μια τέτοια φόρμα λίστας αποτελεί το σχήμα 3, στο οποίο φαίνονται οι θερμικές απαιτήσεις των δωματίων. Κατόπιν, προστίθενται οι απώλειες των σωληνώσεων και έχουμε το συνολικό αποτέλεσμα απωλειών σε Bfu/hr για τον υπολογισμό του cfm.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ										
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΚΑΤΟΙΚΗΜΕΝΟΥ .....		ΑΚΑΤΟΙΚΗΤΟ .....		ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ .....						
ΜΕΡΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	Χ							BTU/h/°C
			R0	R4	R7	R11	R13	R19		
Τζάκια / Πάρτεζ / Παράθυρα	Μονά τζάκια	m <sup>2</sup>	1.13							
	Διπλά τζάκια	m <sup>2</sup>	.61							
Ελαφρά τοιχοποιία	20cm τσιμεντόλιθος η πλάσσο	m <sup>2</sup>	.34	.15	.10	.07	.06			
Μεσαία τοιχοποιία	10 cm τσιμεντόλιθος με 10cm τοιχοποιία αββεστομένη	m <sup>2</sup>	.39	.15	.11	.07	.06			
Βαρειά τοιχοποιία	10 cm τοιχοποιία αββεστομένη	m <sup>2</sup>	.45	.16	.11	.08	.07			
Οροφές ελαφρές	Προκατασκευασμένες πλάκες χωρίς ταβάνια	m <sup>2</sup>	.22		.09				.06	.04
Οροφές ελαφρές	Το ίδιο με την προσθήκη ταβανιού με ακουμπωτικά πλάκια	m <sup>2</sup>	.14		.07				.05	.04
Οροφές ελαφρές	10 cm μπετόν χωρίς ταβάνι	m <sup>2</sup>	.56		.11				.07	.05
Οροφές μεσαίες	Το ίδιο με την προσθήκη ταβανιού με ακουμπωτικά πλάκια	m <sup>2</sup>	.23		.09				.06	.04
Πατώματα	5 cm μπετόν επάνω από διάκενο	m <sup>2</sup>	.48		.11	.06	.07			
	Το ίδιο με κλειστό διάκενο ή πάνω από υπόγειο που δεν θερμαίνεται	m <sup>2</sup>	.24		.05	.04	.03			
	Ξύλινο πάτωμα πάνω από διάκενο	m <sup>2</sup>	.33		.10	.07	.06			
	Το ίδιο πάνω από κλειστό διάκενο ή μη θερμαινόμενο υπόγειο	m <sup>2</sup>	.16		.05	.03	.03			
	Τσιμεντένιες πλάκες πάνω σε πλάκα	m <sup>2</sup>	.85							
Υπόγεια	15 cm τοιχοποιία (περιμετρική)	m <sup>2</sup>	.05							
Φιλτράρισμα	1/2 αλλαγή αέρα (επιφάνεια πατώματος)	m <sup>2</sup>	.10							
	3/4 αλλαγή αέρα (επιφάνεια πατώματος)	m <sup>2</sup>	.15							
	Μη αλλαγή αέρα (επιφάνεια πατώματος)	m <sup>2</sup>	.20							
Μετρικό σύνολο 1										
Αερισμός	Ευαετική εισαγωγή του εξωτερικού αέρα									
Μετρικό σύνολο 2										
Θερμικό φορτίο ακατοίκησης					Θερμικό φορτίο κατοικημένο					
Μετρικό σύνολο 1 x θερμοκρασία ακατοίκησης - εξωτερική θερμοκρασία = BTU/h					Μετρικό σύνολο 2 x θερμοκρασία κατοικημένου δωματίου - εξωτερική θερμοκρασία = BTU/h					
Αν η θερμοκρασία ακατοίκησης είναι 5°C τότε πολλαπλασιάσουμε αυτό που βρήκαμε επί 1.20					Προσθέτουμε το θερμικό φορτίο για το φωτισμό = ..... BTU/h					

Σχήμα 3: Δείγμα πίνακα για τον καθορισμό του θερμικού φορτίου

Οι τιμές του απαιτούμενου φορτίου στις διαδικασίες της ψύξης και της θέρμανσης, μετρημένες σε Bfu/hr, δείχνουν τις εκάστοτε, στις αντίστοιχες διαδικασίες, ανάγκες. Συνίσταται η κάλυψη από το σύστημα ψυκτικών ή θερμικών αναγκών, σε λίγο μεγαλύτερο βαθμό, από αυτόν που κάθε φορά απαιτείται.

### 3.4. Σωληνώσεις και φορτία

Μετά τον καθορισμό των εσωτερικών και των εξωτερικών συνθηκών, απαιτείται μια ακριβής εξέταση των στοιχείων που συνιστούν το κλιματιζόμενο κτίριο ώστε να υπολογισθούν στη συνέχεια με ακρίβεια τα ψυκτικά και θερμικά φορτία του κτιρίου. Η πληρότητα και η ακρίβεια αυτής της επιθεώρησης είναι ουσιαστική για τον υπολογισμό των φορτίων και στη συνέχεια για τον υπολογισμό, τη διαστασιολόγηση και την επιλογή της θέσης των συσκευών της εγκατάστασης. Αρχιτεκτονικά, στατικά, τοπογραφικά, μηχανολογικά σχέδια, σχέδια λεπτομερειών και σε μερικές περιπτώσεις φωτογραφίες είναι τα πιο σημαντικά στοιχεία για μια καλή εξέταση και

για μία πλήρη μελέτη.

Τα ψυκτικά και θερμικά φορτία είναι απαραίτητο να υπολογίζονται, για να γίνει δυνατή η επιλογή των μηχανημάτων της εγκατάστασης κλιματισμού. Ο υπολογισμός των φορτίων αυτών βασίζεται ως προς το επιστημονικό του μέρος, κυρίως στους νόμους της μετάδοσης θερμότητας και της μεταφοράς μάζας. Για τις κτιριακές εφαρμογές χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, οι οποίες περιλαμβάνουν απλουστευμένες μαθηματικές εξισώσεις για γρήγορη και πρακτική χρήση. Αυτό σημαίνει ότι τα πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα απλουστεύονται και μόνο η επίδραση βασικών μεγεθών λαμβάνεται υπόψη.<sup>10</sup>

Οι υπολογισμοί στα φορτία ψύξης και θέρμανσης χρησιμεύουν στην εύρεση της κατάλληλης διαμέτρου σωληνώσεως παροχής και επιστροφής των αντιστάσεων και των στομιών. το μέγεθος των αρτηριών τροφοδοσίας της κεντρικής κλιματιστικής μονάδας, ο εξοπλισμός στήριξης των σωλήνων, των κατακόρυφων στηλών και επιστροφών και τροφοδοσίας των άλλων σωληνώσεων, είναι πράγματα που εξαρτώνται από τις τεχνικές προδιαγραφές.

### 3.5. Σημεία ελέγχου του κλιματισμού

Μερικά συνήθη σημεία ελέγχου της σωστής λειτουργίας ελέγχου των κλιματιστικών συστημάτων είναι τα εξής:

- *Σημείο λειτουργίας*, είναι η θερμοκρασία, η υγρασία ή η πίεση που υπάρχει σε ένα κλιματιστικό. Εάν η θερμοκρασία που ρυθμίζεται από θερμοστάτη μετριέται σε °F, τότε το σημείο λειτουργίας είναι στους 68° F.
- *Σημείο ελέγχου*, είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας που καταγράφεται. Το σημείο λειτουργίας και το σημείο ελέγχου ενός θερμοστάτη μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές. Για παράδειγμα, με σημείο λειτουργίας 68° F, μπορεί να έχουμε σημείο ελέγχου 70 ° F.
- *Κύκλωμα*, είναι η επανάληψη της σειράς σχεδίασης των πεπραγμένων. Για παράδειγμα, εάν το σημείο ελέγχου του θερμοστάτη είναι 68° F και η θερμοκρασία χώρου πέσει ένα ή δύο βαθμούς κάτω από αυτό, τότε το σύστημα «δίνει εντολή» για την εκκίνηση του θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης ωστόσο, κλείνει τη δίοδο πριν φτάσει στο σημείο λειτουργίας των 68° F.
- *Παρέκκλιση*, είναι η διαφορά του σημείου λειτουργίας και του σημείου ελέγχου. Για παράδειγμα, η παρέκκλιση του σημείου λειτουργίας 68° F και του σημείου ελέγχου 70 ° F, είναι 2° F.

### 3.6. Αυτόνομες μονάδες απλού και διαιρούμενου τύπου

Οι κλιματιστικές μονάδες δωματίου, οι οποίες αναφέρονται και ως αυτόνομες ή τοπικές κλιματιστικές μονάδες, είναι μονάδες μικρής ισχύος και εξυπηρετούν τις ανάγκες ενός μόνο συγκεκριμένου χώρου. Τέτοιες μονάδες κλιματισμού είναι οι μονάδες τοίχου ή παραθύρου(ενιαίες μονάδες ή monobloc), οι οποίες τοποθετούνται σε τρύπα που ανοίγεται σε εξωτερικό τοίχο ενός δωματίου, καθώς επίσης και οι μονάδες διαιρούμενου τύπου (Split Type). Οι διαιρούμενες μονάδες μπορούν να παρέχουν μόνο ψύξη ή ψύξη και θέρμανση (αντλίες θερμότητας) και αποτελούν το συνηθέστερο τύπο που κυκλοφορεί στο εμπόριο.

Ένα αυτόνομο κλιματιστικό σύστημα απλού τύπου περιέχει ένα θερμικό και ένα ψυκτικό στοιχείο, ένα συμπυκνωτή, ένα συμπιεστή, έναν ανεμιστήρα και τον κινητήρα του ανεμιστήρα. Στη μονάδα εμπεριέχονται επίσης συστήματα τροφοδοσίας, προσαγωγής και επιστροφής. Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει ένα αυτόνομο σύστημα θέρμανσης-ψύξης, ένα σύστημα δηλαδή που εμπεριέχει τους μηχανισμούς μέσα στη μονάδα.

<sup>10</sup> [www.eng.auth.gr](http://www.eng.auth.gr) : Γενικές αρχές υπολογισμού συστημάτων κλιματισμού



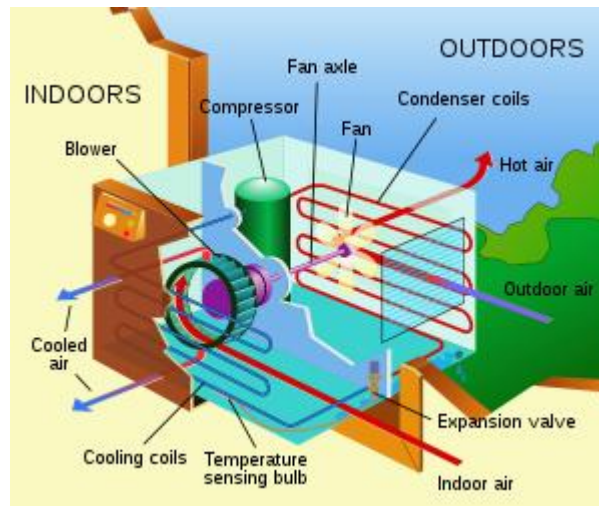
**Εικόνα 7: αυτόνομη κλιματιστική μονάδα**

Στο πάνω μέρος της μονάδας βρίσκονται οι μετακινούμενες περσίδες, από όπου και μεταφέρεται ο αέρας στο χώρο. Στον προστατευμένο χώρο κάτω από τις περσίδες εμπεριέχονται μια θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα, ένας ανεμιστήρας εισόδου αέρα, ένα φίλτρο αέρα επιστροφής, ένας εξαμιστής, ένα φίλτρο ψυκτικού, ένας θερμοστάτης, ένας υδρόψυκτος συμπιεστής, ένας αεροσυμπιεστής και το κιβώτιο ελέγχου.

### **3.7. Διαιρούμενες μονάδες θέρμανσης/ψύξης (split units)**

Διαχωρίζοντας ορισμένα επιμέρους τμήματα της κλιματιστικής μονάδας που είναι τα πλέον θορυβώδη, όπως είναι ο συμπιεστής και ο κινητήρας της, είναι δυνατόν η μονάδα να διαιρεθεί σε δύο κομμάτια, την εσωτερική και εξωτερική μονάδα. Αυτή η κλιματιστική μονάδα ονομάζεται μονάδα διαιρούμενου τύπου και τα δύο τμήματά της συνδέονται με σωλήνες όπου κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο σε κλειστό κύκλωμα (εικόνα 2). Το σύστημα περιέχει ένα ψυκτικό στοιχείο που έχει προστεθεί σε πάνω από μία θερμή εστία αέρα. Ο ανεμιστήρας ανακυκλώνει τον επιστρεφόμενο αέρα γύρω από την εστία και το στοιχείο οδηγεί τον ψυχρό ή θερμό αέρα (ανάλογα με τη λειτουργία) στο χώρο. Οι μικρές κλιματιστικές μονάδες διαιρούμενου τύπου είναι οι πλέον διαδεδομένες μονάδες θέρμανσης και ψύξης, για μικρούς χώρους. Βασίζονται στην αρχή λειτουργίας της αντλίας θερμότητας αέρα-αέρα και τοποθετούνται εύκολα, ακόμη και σε υπάρχοντα κτίρια, αφού δεν απαιτούν ιδιαίτερες επεμβάσεις στο εξωτερικό του κτιρίου ή στους εσωτερικούς χώρους του.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.scribd.com/doc/87015690/ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ-ΙΙ>



*Εικόνα 8: Μονάδα διαχωρισμένης επεξεργασίας*

### 3.8. Τεχνολογία ψυκτικών εγκαταστάσεων

Στις ψυκτικές εγκαταστάσεις υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης του αεροσυμπιεστή και του συμπυκνωτή σε μια ξεχωριστή θέση και στην είσοδο και στην έξοδό τους. Αν και οι συμπυκνωτές είναι γενικά αερόψυκτοι, μερικές εγκαταστάσεις σε εμπορικούς χώρους απαιτούν υδρόψυκτους συμπυκνωτές. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται πρακτικά ψυκτικοί πύργοι τεχνητού και φυσικού ρεύματος, όπου η παροχή του νερού και η αποχέτευση δεν έχουν προβλήματα.

### 3.9. Εντοιχισμένα κλιματιστικά συστήματα

Οι κλιματιστικές μονάδες τέτοιου τύπου είναι πολύ συνηθισμένες. Ο σχεδιασμός τους είναι κατάλληλος για να ψύχει μια ειδική περιοχή, συνήθως ένα δωμάτιο. Συνήθως επιλέγονται για τοποθέτηση σε διαμερίσματα και γραφεία, όπου τοποθετούνται ανά χώρο. Τέτοιου είδους κλιματιστικά συστήματα έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Κάθε μονάδα μπορεί να ρυθμίζει κάθε χώρο σε διαφορετική θερμοκρασία.
2. Οι αεραγωγοί και οι σωληνώσεις στην τοποθέτηση, μπορούν να παραληφθούν, όταν στη συγκεκριμένη τοποθεσία το κλίμα είναι ήπιο.
3. η διαδικασία εγκατάστασης καθώς και η συνδεσμολογία είναι απλές και δεν απαιτούνται εξειδικευμένες κατασκευές.
4. Στο εμπόριο διατίθεται μεγάλη ποικιλία μονάδων με διάφορες ικανότητες για την ικανοποίηση πολλών αναγκών.

Ωστόσο ίδιες μονάδες διαθέτουν και κάποια μειονεκτήματα:

Μέχρι να δουλέψει η μονάδα αρκετά, είναι πιθανό να υπάρχει διαρκής πτώση της συμπύκνωσης.

Προκαλεί αλλαγή στην ακουστική του χώρου.

Η ροή του αέρα δεν ελέγχεται απόλυτα, όπως συμβαίνει σε ένα κεντρικό σύστημα κλιματισμού.

#### **Αρχές λειτουργίας κλιματιστικού εντοιχιζόμενου τύπου στη διαδικασία ψύξης**

Αυτές οι μονάδες συναντώνται με ικανότητα από 5.000 έως 36.000Btu. τα βασικά εξαρτήματά τους είναι τα εξής:

A) Στην εξωτερική μονάδα:

- Ερμητικός συμπιεστής
- Ρελαί (για τον κινητήρα του συμπιεστή και τα ηλεκτρικά)
- Συμπυκνωτής
- Ανεμιστήρας (για το συμπυκνωτή)

B) Στην εσωτερική μονάδα:

- Εξατμιστής
- Ανεμιστήρας εξατμιστή
- Τριχοειδής σωλήνας
- Δείκτης θερμοστατικού ελέγχου
- Φίλτρο αέρα
- Έλεγχος φρέσκου αέρα
- Τροφοδότης ρεύματος (φίς)

#### **Λιαδικασία:**

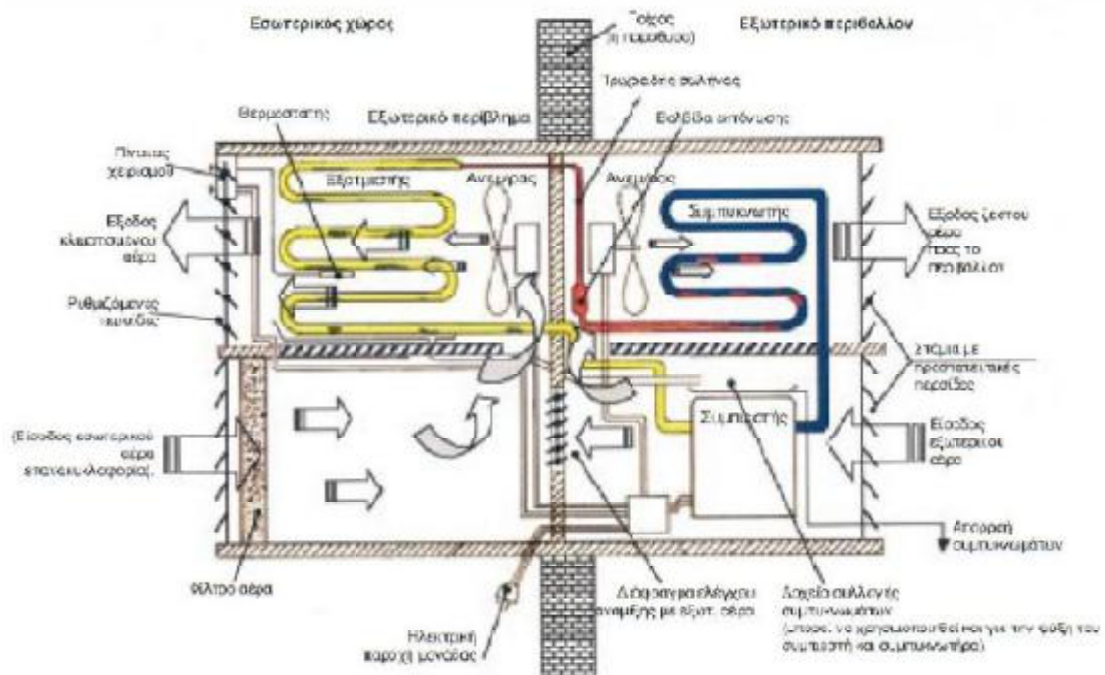
Όταν από το θερμοστάτη δοθεί σήμα λειτουργίας για ψύξη, τότε ανάβει ο συμπιεστής (ON). Ατμός χαμηλής πίεσης ξεκινάει πορεία από τον εξατμιστή και συμπυκνώνεται σε ατμό υψηλής πίεσης. Επιστρέφοντας, αυτός ο ατμός υψηλής πίεσης, αναγκάζεται μέσα στο συμπυκνωτή να πάρει τη θερμότητα της συμπίεσης. Έπειτα αποβάλλει τη θερμότητα που πήρε από τον εξατμιστή στην ατμόσφαιρα. Η μετατόπιση της θερμότητας αυτής μετατρέπει τον ατμό υψηλής πίεσης σε υγρό χαμηλής πίεσης. Αυτό το υγρό ρέει μέσω του τριχοειδούς σωλήνα προς τον εξατμιστή.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας συμπίεσης ο εξατμιστής, που έχει χαμηλή πίεση, αναγκάζει το υγρό της ψύξης να εξατμιστεί. Αυτή η κατάσταση επιτρέπει στο ψυκτικό υγρό να συλλέξει τη θερμότητα που συσσωρευόταν στην περιοχή του εξατμιστή. Ο ανεμιστήρας του εξατμιστή διώχνει το ζεστό αέρα από εκεί. Η θερμότητα λοιπόν, μετατοπίζεται και ο ψυχρός αέρας καταλαμβάνει και πάλι το χώρο. Αυτή η αντικατάσταση του ζεστού αέρα από ψυχρό, συνεχίζεται έως ότου η θερμοκρασία στο χώρο φτάσει στο επιθυμητό και έτσι ο θερμοστάτης θα σταματήσει τη λειτουργία. Γύρω από τον εξατμιστή κινείται αέρας, ο οποίος ψύχεται, άρα λειτουργεί ως αφυγραντής. Με αυτή τη διαδικασία αφαιρείται επίσης σκουριά, σκόνη και γύρις που πιθανόν να έχει συγκεντρωθεί στον εξατμιστή.

Οι δίσκοι περισυλλογής προνοούν και προετοιμάζονται για τη μετατόπιση του νερού.

Ο δείκτης ελέγχου περιλαμβάνει συνήθως έναν έλεγχο θερμοκρασίας και έναν έλεγχο συλλογής του αέρα.

Ο ανεμιστήρας του συμπυκνωτή οδηγεί τον εξωτερικό αέρα στο συμπυκνωτή και στο συμπιεστή, κάνοντας ανακύκλωση και κατόπιν εκτονώνει τον αέρα στην ατμόσφαιρα.



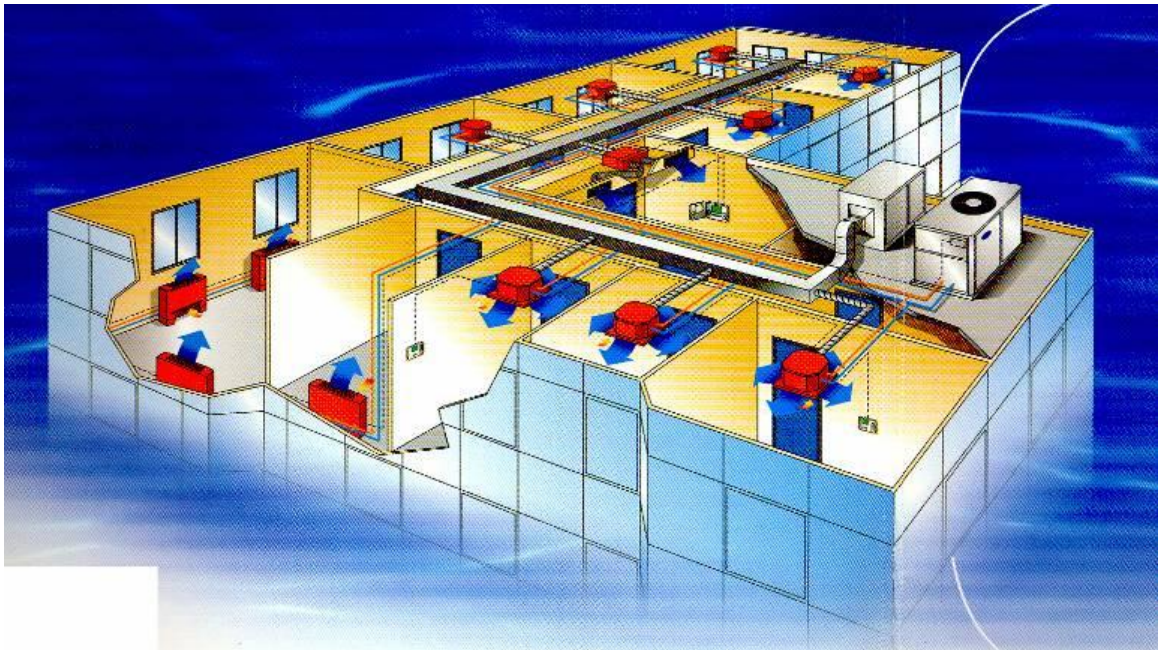
**Εικόνα 9: λειτουργία ψύξης**

**Ανάλυση εικόνας**

Ο κύκλος λειτουργίας της μονάδας παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα. Το ψυκτικό ρευστό που κυκλοφορεί στο εσωτερικό κλειστό κύκλωμα της μονάδας, αλλάζει φάσεις ανάλογα με τη θερμοκρασία και την πίεση στην οποία βρίσκεται. Ο συμπιεστής απορροφά από τον εξατμιστή το ψυκτικό ρευστό που βρίσκεται σε αέρια κατάσταση και χαμηλή πίεση (κίτρινο χρώμα) και το συμπιέζει, με συνέπεια να αυξηθεί η πίεση στις 20atm και η θερμοκρασία του στους 50°C. Το ψυκτικό, σε αέρια κατάσταση και υψηλή πίεση, περνά στον συμπυκνωτή όπου ψύχεται σε σταθερή πίεση και από αέριο γίνεται υγρό. Αυτό επιτυγχάνεται με τον εξωτερικό αέρα που κυκλοφορεί γύρω από τον εναλλάκτη με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Το ψυκτικό υγρό σε υψηλή πίεση (κόκκινο χρώμα) φτάνει στον εξατμιστή, όπου η πίεση, λόγω της αναρρόφησης του συμπιεστή, είναι χαμηλότερη από αυτή του συμπυκνωτή. Με την πτώση της πίεσης μειώνεται σημαντικά η θερμοκρασία εξάτμισης του ψυκτικού υγρού, με συνέπεια να είναι εύκολη η εξάτμιση του. Αυτό επιτυγχάνεται με απορρόφηση θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα που κυκλοφορεί γύρω από τον εναλλάκτη, με τη βοήθεια ενός ανεμιστήρα. Με την ψύξη του εσωτερικού αέρα, αλλά και μέρους του εξωτερικού, εάν η μονάδα διαθέτει τέτοιου είδους διάταξη, παρατηρείται υγραποίηση των υδρατμών του αέρα πάνω στα στοιχεία του εναλλάκτη (εξατμιστή), οπότε, με τον τρόπο αυτό, γίνεται και κάποια αφύγρανση του αέρα. Σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για την απορροή των συμπυκνωμάτων.



### 3.10. Κεντρικά κλιματιστικά συστήματα



**Εικόνα 10: κεντρικό σύστημα κλιματισμού**

Οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες περιλαμβάνουν εγκαταστάσεις κλιματισμού που μπορούν να καλύψουν μεγάλες απαιτήσεις (π.χ. ολόκληρου κτιρίου) και προσφέρουν μεγαλύτερες δυνατότητες, απαιτώντας όμως πολύπλοκες εσωτερικές εγκαταστάσεις. Η πιο απλή εγκατάσταση κεντρικού κλιματισμού είναι αυτή που διαθέτει ένα κεντρικό δίκτυο σωλήνων διανομής ζεστού ή/και κρύου νερού, ή ψυκτικού υγρού, που τροφοδοτεί τις διάφορες τοπικές κλιματιστικές μονάδες μέσα σε ένα κτίριο. Αυτού του τύπου οι κλιματιστικές μονάδες κλιματίζουν ολόκληρο το κτίριο στο οποίο είναι εγκατεστημένες και είναι κατά κανόνα μονάδες για όλο το χρόνο(ψύξη/θέρμανση) και δεν παράγουν απευθείας θερμότητα ή ψύξη, αλλά συνδέονται με έναν ψύκτη και ένα λέβητα, ή με μια μεγάλη αντλία θερμότητας, που τροφοδοτούν με ζεστό και κρύο νερό ή με ψυκτικό ρευστό τους εναλλάκτες θερμότητας των μονάδων αυτών. Έτσι, οι κεντρικές κλιματιστικές μονάδες διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

1. στις μονάδες ή εγκαταστάσεις ψύξης- θέρμανσης με ψύκτη νερού και κλασικό λέβητα ζεστού νερού ή ατμού
2. στις μονάδες που δίνουν ψύξη- θέρμανση με αναστροφή του κύκλου λειτουργίας, δηλαδή τις αντλίες θερμότητας (Heat pumps)

Κατασκευάζονται από τυποποιημένα τμήματα που συναρμολογούνται κατάλληλα μεταξύ τους και συνήθως συνδέονται με κεντρικό δίκτυο αεραγωγών το οποίο διανέμει τον αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους. Οι εναλλάκτες θερμότητας που είναι και τα κυριότερα εξαρτήματα τους, είναι διαφορετικά κατασκευασμένοι από αυτούς των μονάδων δωματίου. Αν και εκ πρώτης όψεως μοιάζουν, το στοιχείο μίας τέτοιας μονάδας έχει διαφορετικό μέγεθος και υπάρχουν διαφορές στους συλλέκτες και στο σύστημα ροής που είναι αντιρροή. Επίσης, η κατασκευή τους είναι πολύ επιμελημένη χωρίς διαφυγές αέρα. Τέλος, οι κεντρικές μονάδες κλιματισμού είναι ισχυρά θερμομονωμένες κατασκευές και αποτελούνται από πάνελς, τα οποία είναι συνήθως κατασκευασμένα από δύο λεπτά φύλλα λαμαρίνας, όπου ανάμεσα τους έχει παρεμβληθεί ένα κατάλληλο θερμομονωτικό υλικό, όπως είναι η διογκωμένη πολυουρεθάνη. Η θερμομόνωση είναι απαραίτητη διότι οι κεντρικές μονάδες

κλιματισμού τοποθετούνται, συνήθως, σε μη κλιματιζόμενους χώρους και χωρίς την ισχυρή θερμομόνωση θα παρουσίαζαν μεγάλες απώλειες. Πιο συγκεκριμένα οι εξωτερικές μονάδες τους τοποθετούνται στην οροφή, στο περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου ή σε ειδικά διαμορφωμένο μηχανοστάσιο, ανάλογα με τον τύπο της μονάδας και πρέπει να υπάρχει δυνατότητα ελεύθερης κυκλοφορίας του εξωτερικού αέρα γύρω από τις εξωτερικές μονάδες. Σε κεντρικές εγκαταστάσεις που κυκλοφορεί νερό, απαιτούνται αντλίες οι οποίες κυκλοφορούν το ζεστό και το κρύο νερό από την εξωτερική μονάδα στους διάφορους τύπους εναλλακτών, που βρίσκονται στους εσωτερικούς χώρους, για να κλιματίσουν τον αέρα. Όταν χρησιμοποιείται ψυκτικό ρευστό μεταξύ των εξωτερικών και των εσωτερικών μονάδων, τότε το σύστημα είναι γνωστό σαν μονάδα απευθείας εκτόνωσης ή με την εμπορική ονομασία VRV(Variable Refrigerant Volume). Το ψυκτικό ρευστό κυκλοφορεί μέσα σε μικρής διαμέτρου σωλήνες. Μια τέτοιου είδους εγκατάσταση είναι σχετικά εύκολη σε νέες κατασκευές, αφού δεν χρειάζονται μεγάλα ανοίγματα ώστε να περάσουν οι σωληνώσεις και έτσι, δεσμεύεται μικρός χώρος μέσα στο κτίριο. Σε υπάρχοντα, όμως, κτίρια είναι πιο δύσκολο να γίνει μια κεντρική εγκατάσταση, εκτός εάν, παράλληλα, γίνεται ανακαίνιση όλου του κτιρίου.<sup>12</sup>

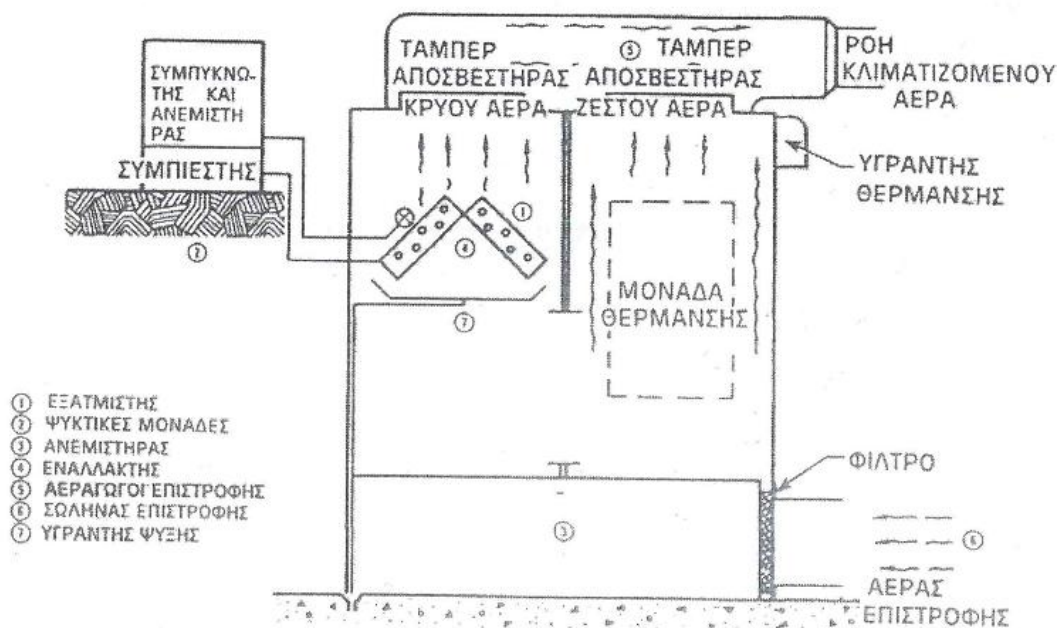
Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού έχουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των αυτόνομων συστημάτων:

- Οι απαιτούμενες εντολές για τις ανάγκες ενός πολυχώρου, όπως εμπορικά κέντρα, εταιρίες, πολυκατοικίες, διαμερίσματα, κ.ά., δίνονται από κάποιο κεντρικό σημείο αυτόματου ελέγχου.
- Η παροχή του αέρα είναι καλύτερη.
- Η επιτυχία του συστήματος είναι ευκολότερα δυνατή, σε σύγκριση με άλλες μονάδες τοποθετημένες σε κατοικίες.

Η εικόνα 4 παρακάτω, παρατίθεται για την περιγραφή των εξαρτημάτων αλλά και της λειτουργίας ενός συστήματος κλιματισμού κεντρικής εγκατάστασης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του χειμώνα (θέρμανση-ψύξη).

---

<sup>12</sup> <http://www.scribd.com/doc/87015690/ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ-ΙΙ>



**Εικόνα 21: Μονάδα κεντρικού κλιματιστικού συστήματος(ζεστό - κρύο)**

#### **Διαδικασία:**

Στο σύστημα συνδέονται ο εξατμιστής(1) και οι μονάδες συμπύκνωσης(2). Υπάρχουν δύο αλληλοσυνδεόμενες μονάδες(3) που διαπερνούν τον τοίχο. Κοντά στον εξατμιστή τοποθετείται συνήθως ο μετρητικός μηχανισμός. Ένας θερμοστάτης και ένας υγραντήρας ελέγχουν την ψύξη και την υγρασία. Η ψύξη δημιουργείται με τη χρήση ενός ανεμιστήρα, ο οποίος ωθεί αέρα μέσω των στοιχείων που ψύχονται στον εναλλάκτη(4). Ο ψυχρός αέρας διοχετεύεται από σύστημα σωληνώσεως(5). Ο ζεστός αέρας κινείται μέσω των αεραγωγών επιστροφής(6), με σκοπό να ανακυκλωθεί γύρω από τον αερόψυκτο εξατμιστή.

Η υγρασία ελέγχεται κατά τη μετατόπισή της στην περιοχή των στοιχείων του εξατμιστή. Αφού συμπυκνωθεί η υγρασία, μεταφέρεται μακριά μέσω σωλήνωσης.

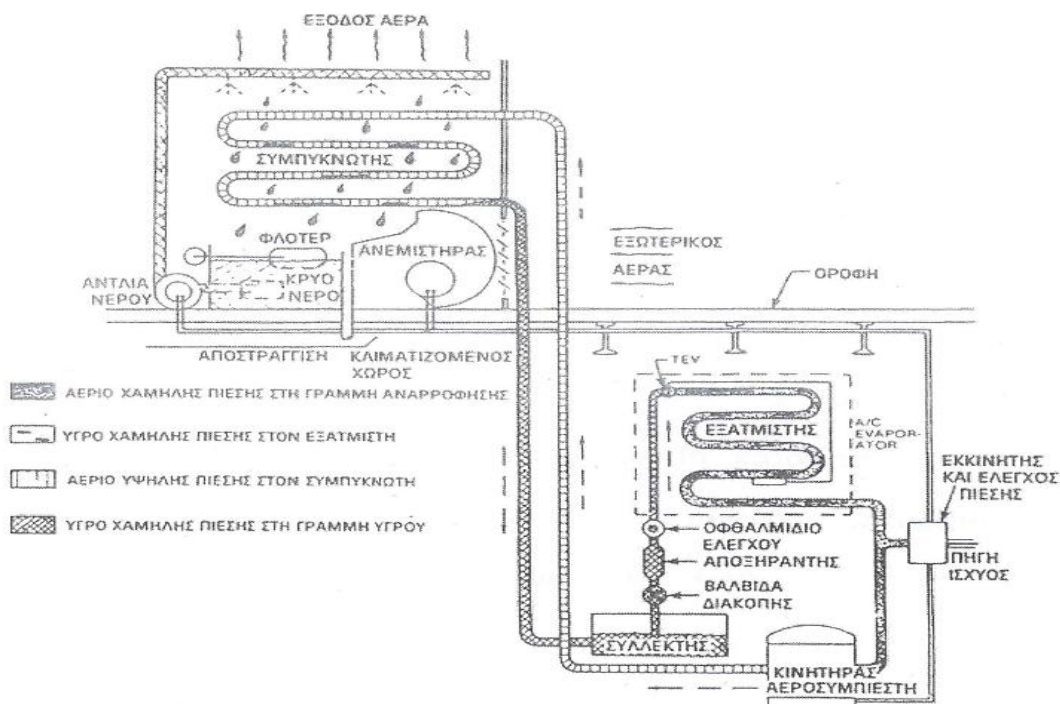
Ο ανεμιστήρας εξυπηρετεί την ανακύκλωση του κρύου αέρα το καλοκαίρι(ψυκτικός κύκλος) και του ζεστού το χειμώνα(θερμικός κύκλος). Επίσης χρησιμοποιείται, λιγότερο συχνά, για ανακύκλωση του αέρα σε κάποιες περιοχές, όταν δεν υπάρχει ανάγκη θέρμανσης ή ψύξης.

### **3.11. Συστήματα εξαμιζόμενου συμπυκνωτή**

Ένα τέτοιο σύστημα χρησιμοποιεί τα ίδια βασικά εξαρτήματα όπως τα περισσότερα είδη κλιματισμού:

- Κινητήρας
- Συμπιεστής
- Εξατμιστής
- Θερμοστατική εκτονωτική βαλβίδα
- Αποξηραντής
- Βαλβίδα διακοπής
- Κινητήρα
- Ανεμιστήρας κ.ά.

Ο συμπυκνωτής, ο ανεμιστήρας, η αντλία νερού και ο μηχανισμός ροής βρίσκονται μακριά από τον κλιματιζόμενο χώρο.



**Εικόνα 12: Εξατμιζόμενος συμπιεστής σε ψυκτική εγκατάσταση**

#### **Διαδικασία:**

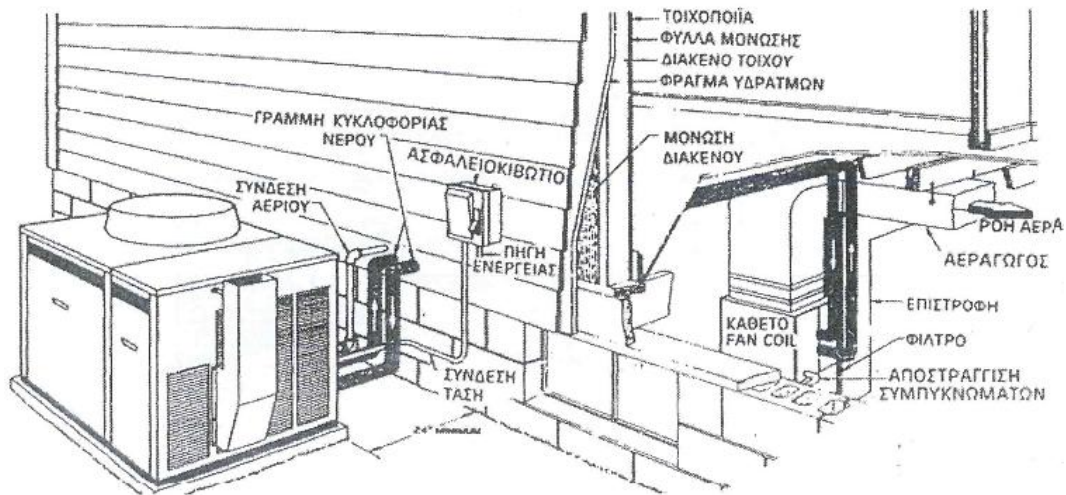
Συμπιεσμένο(καυτό) ψυκτικό υγρό σε υψηλή πίεση αντλείται διοχετεύεται στον εξατμιζόμενο συμπυκνωτή. Έπειτα, οδηγείται μέσω σωληνώσεως σε ένα εσωτερικό δοχείο και ανεβαίνει στην επιθυμητή στάθμη. Κατόπιν, βγαίνει από το δοχείο και ψεκάζεται στο συμπυκνωτή. Ο ανεμιστήρα, ο οποίος βρίσκεται εκεί, οδηγεί τον αέρα πάνω από το συμπυκνωτή προκαλώντας μείωση του κρύου νερού. Η διαδικασία της εξάτμισης επιταχύνεται με τη βοήθεια της χαμηλής θερμοκρασίας. Η ροή του κρύου νερού πάνω από το συμπυκνωτή είναι υπαίτια για την ψύξη του. Για το συμπυκνωτή απαιτείται πλέον πρόσθετο νερό και διατήρηση της ίδιας ροής του υπάρχοντος(νερού) για να αναπληρωθεί το νερό που χάθηκε κατά την εξάτμιση.

#### **Πύργοι ψύξης και υδρόψυκτοι συμπυκνωτές**

Οι πύργοι ψύξης, όπως και οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές, χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με συστήματα φυσικής/ εξαναγκασμένης ροής και εξατμιζόμενους συμπυκνωτές ψύξεως. Η λειτουργία των πύργων ψύξης έγκειται στη μεταφορά της θερμότητας που βρίσκεται στην ποσότητα του νερού που επιστρέφει σε κάποιο συμπυκνωτή. Όταν επιτευχθεί η επιστροφή, ο συμπυκνωτής του κρύου νερού απορροφά θερμότητα από το ψυκτικό υγρό.

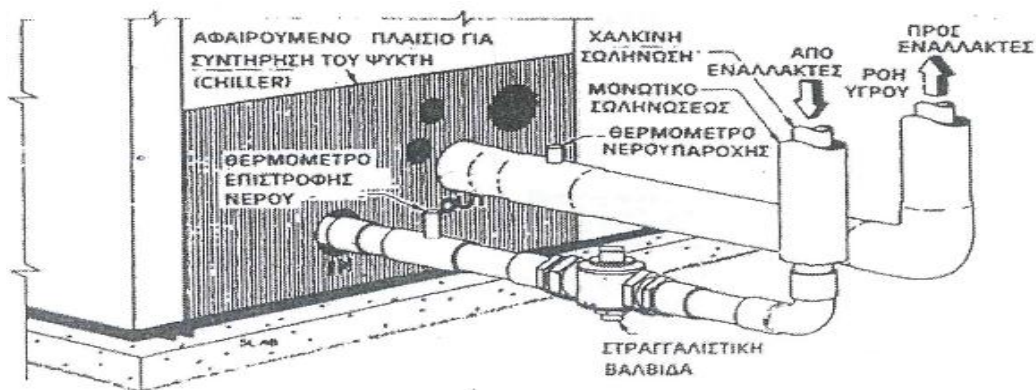
### **3.12. Μονάδες ψυκτήρων - θερμαντήρων με σύστημα ανάφλεξης αερίου**

Οι μονάδες ψυκτήρων/θερμαντήρων είναι σχεδιασμένες να τροφοδοτούν τα κλιματιστικά συστήματα κατοικιών ή βιομηχανιών, με νερό, κρύο για να θερμάνουν και ζεστό για να ψύξουν. Μια τυπική μορφή εγκατάστασης ενός συστήματος ανάφλεξης αερίου(φυσικού και προπανίου) κατοικίας, παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:



**Εικόνα 13: Βασικά εξαρτήματα ψυκτήρα-θερμαντήρα**

Οι συνδέσεις ανακύκλωσης του νερού στις εξωτερικές μονάδες ψυκτήρων/θερμαντήρων παρουσιάζονται στην εικόνα. Η βαλβίδα φραγμού μείγματος για τη ρύθμιση της ροής του ζεστού ή του κρύου νερού, εγκαθίσταται στη γραμμή επιστροφής του νερού από τα στοιχεία. Όλες οι γραμμές του κυκλώματος είναι πλήρως απομονωμένες, περιέχοντας έναν ατμοφράχτη. Γνωρίζοντας ότι η πλήρης και ολοκληρωμένη απόδοση, εξαρτάται πάντα από το βαθμό απόδοσης της μονάδας, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μια μονάδα τέτοιου είδους.



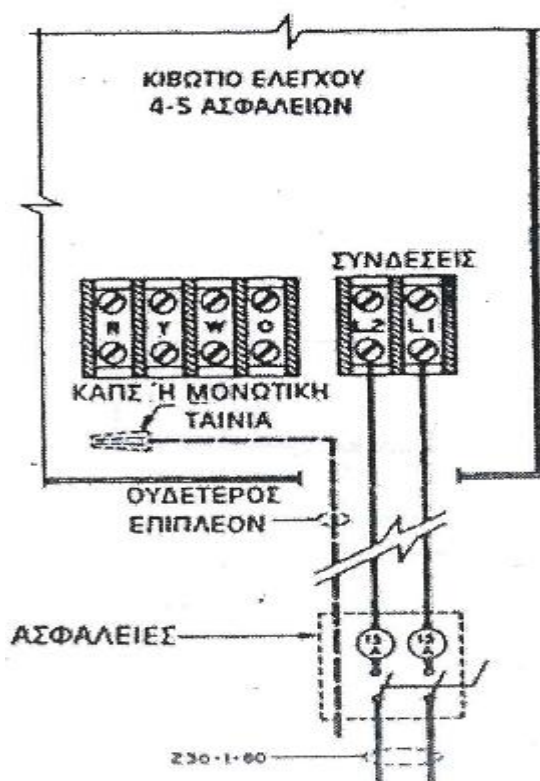
**Εικόνα 14: Σωληνώσεις-έλεγχοι συστήματος ψυκτήρα-θερμαντήρα**

### Προειδοποιήσεις

- Το είδος ψυκτήρα/θερμαντήρα, όπως περιγράφεται, χρησιμοποιεί ως ψυκτικό μέσο την αμμωνία. Κώδικες ασφαλείας απαιτούν την εξασφάλιση της σωλήνωσης του συστήματος ανακύκλωσης του νερού.
- Όλες οι σωληνώσεις του αερίου, καθώς και οι συνδέσεις και οι βαλβίδες, πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

### Ηλεκτρικό κύκλωμα

Το επόμενο διάγραμμα είναι η τυπική μορφή ηλεκτρικού κυκλώματος. Περιλαμβάνει τις συνδέσεις καλωδίων, τις συνδέσεις συσκευών προστασίας, διακόπτες και κυκλώματα ασφαλειών.



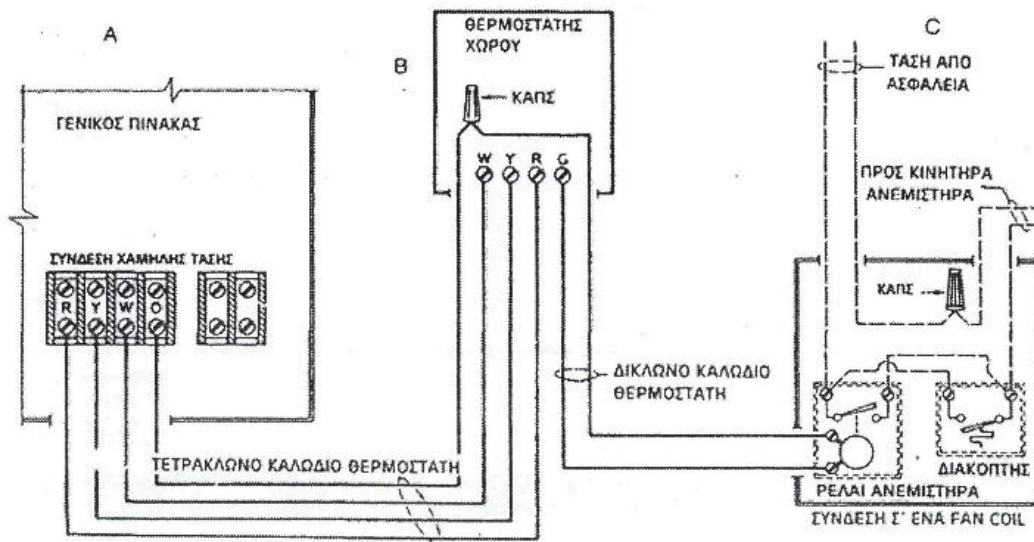
*Διάγραμμα 1: Ηλεκτρική καλωδίωση ψυκτήρα-θερμαντήρα*

### Προειδοποιήσεις

- Ο διακόπτης αποσύνδεσης είναι δυνατό να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε πλευρά της μονάδας αλλά όχι πάνω στη μονάδα.
- Η όλη εγκατάσταση πρέπει να υπακούει στους διεθνείς, αλλά και εθνικούς κανόνες ηλεκτροδότησης μιας μονάδας.

### Έλεγχος χαμηλής καλωδίωσης ισχύος

Η εικόνα που ακολουθεί είναι ένα διάγραμμα τυπικής καλωδίωσης χαμηλής τάσης, η οποία αφορά τον έλεγχο ενός θερμοστάτη χώρου, αλλά και την παροχή μιας μονάδας fancoil. Για τους ψυκτήρες/θερμαντήρες(A), τους θερμοστάτες χώρου(B) και τα fancoil(C), απαιτείται χαμηλή διαφορά δυναμικού(Voltage).



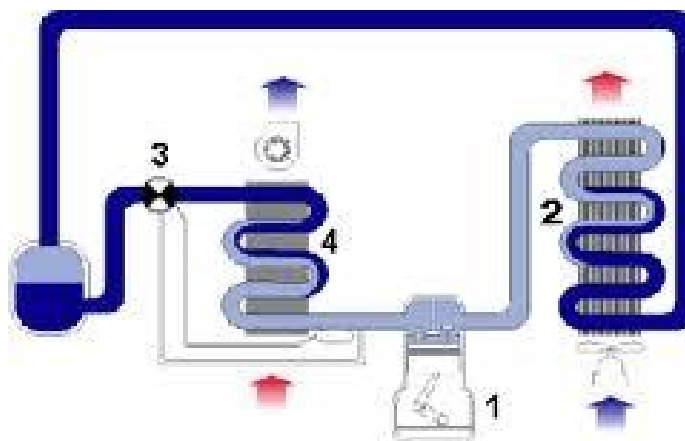
**Διάγραμμα 2: Καλωδίωση χαμηλής τάσης**

### Θερμοστάτες ελέγχου θερμοκρασίας

Οι απαιτήσεις σε θέρμανση ή ψύξη μιας απλής ζώνης ή πολλαπλών ζωνών των κλιματιστικών συστημάτων αερίου, ελέγχονται από ειδικούς θερμοστάτες. Τέτοιου είδους αυτόματοι θερμοστάτες λειτουργούν γενικά στα 24 Volt.

### **3.13. Ψυκτικός κύκλος σε μονάδα ψυκτήρα/θερμαντήρα**

Το ψυκτικό μέσο σε μια τέτοια μονάδα είναι μία σύνθεση νερού και αμμωνίας. Στην εικόνα παρατηρούμε ότι ο κύκλος ξεκινά από τη γεννήτρια 1 με τη ροή του ψυκτικού μέσου. Μία θερμική εστία βράζει το υγρό και παράγει τον ατμό της ψύξεως. Ο ατμός, με υποπίεση οδηγείται στον αερόψυκτο συμπυκνωτή 2. Στον εξατμιστή, το θερμό νερό ρέει στο εξωτερικό μέρος του σωλήνα. Καθώς η θερμότητα μεταδίδεται στο υγρό ψύξεως, αυτό εξατμίζεται, κατευθύνεται στον απορροφητήρα 4 και απορροφάται πίσω, από το μείγμα-ρευστό. Η αντλία του υγρού διοχετεύει το ρευστό μείγμα νερού και αμμωνίας πίσω στη γεννήτρια. Ο κύκλος συνεχίζεται έως ότου καλυφθούν οι ανάγκες ψύξης του συστήματος.



### Το φαινόμενο της ψύξης

Ένα σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας κλιματισμού είναι το φαινόμενο της ψύξης. Το νερό, καθώς διέρχεται μέσα από τα στοιχεία της διαδικασίας, ψύχεται και η συνεχής ανακύκλωση του δημιουργείται η ψύξη. Ο αέρας που αντλείται από τον

κλιματιζόμενο χώρο ρέει κατά μήκος των στοιχείων και τμήμα της θερμότητας του αέρα μεταδίδεται στο προς ψύξη νερό. Ο αέρας, όπως επίσης και ένα μέρος της υγρασίας, ψύχονται και συμπυκνώνεται. Το προϊόν αυτού του συνδυασμού είναι ξηρός κρύος αέρας, ο οποίος κυκλοφορεί στις κλιματιζόμενες περιοχές. Η θερμότητα μεταφέρεται, μέσω του νερού, στον ψύκτη, με σκοπό την επανάληψη της διαδικασίας.

### **3.14. Θερμικός κύκλος σε μονάδα ψυκτήρα/θερμαντήρα**

Όταν ο θερμοστάτης βρίσκεται στη θέση όπου είναι δυνατή η παραγωγή της θέρμανσης στον κλιματιζόμενο χώρο, η αντλία κρύου νερού είναι κλειστή(OFF). Σε αυτή τη θέση, μια βαλβίδα, η οποία βρίσκεται στον αποταμιευτή της ψύξης, αποκλείει τη ροή του νερού. Η αντλία ζεστού νερού ανακυκλώνει το νερό, μέσω της γεννήτριας ζεστού νερού και του εξαγωγέα. Ένα ρεζερβουάρ επιτρέπει στον αέρα να απελευθερωθεί στο σύστημα.

### **3.15. Συνδεσμολογία των ψυκτών/θερμαντήρων αερίου**

Ένα παράδειγμα κλιματιστικού συστήματος ζεστού-κρύου ψυκτήρα/θερμαντήρα παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα. Ως ψυκτικό μέσο σε τέτοιες μονάδες χρησιμοποιείται φυσικό αέριο και προπάνιο. Η μονάδα χρησιμοποιείται για θέρμανση και για ψύξη και θεωρείται ακατάλληλη για χρήση σε οικίες, βιομηχανικές και εμπορικές εφαρμογές.



### **Ολοκληρωμένο κλιματιστικό σύστημα**

Ένα ολοκληρωμένο κλιματιστικό σύστημα παρέχει θέρμανση την περίοδο του χειμώνα και ψύξη τους μήνες του καλοκαιριού. Τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιεί για να αποδώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα είναι τα εξής:

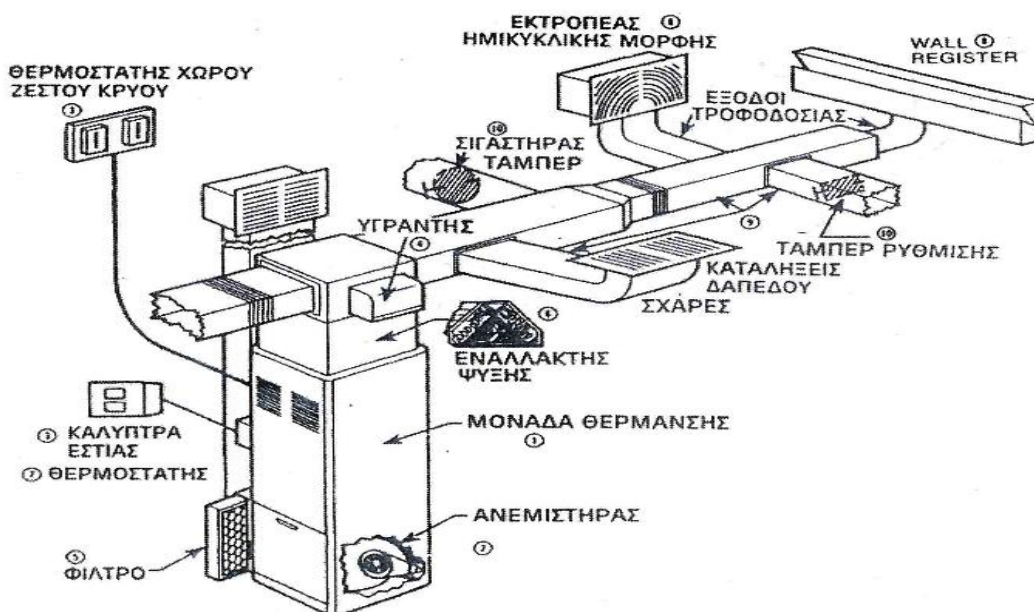
- Θερμαντήρας
- Ανεμιστήρας
- Έλεγχοι



- Υγραντήρας
- Φίλτρο αέρα,

για τη διαδικασία της θέρμανσης, ενώ χρησιμοποιεί επιπρόσθετα για τη διαδικασία της ψύξης:

- Αεροσυμπκνωτή
- Συμπκνωτή
- Εκτονωτική βαλβίδα ή τριχοειδή σωλήνα
- Ψυκτικό στοιχείο (το οποίο είναι συνδεδεμένο στην τροφοδοσία)
- Εσωτερική συνδεσμολογία σωλήνων
- Αποχετευτικός αγωγός
- Διαφράγματα



**Εικόνα 15: Τοπικό κλιματιστικό σύστημα με σωληνώσεις(κανάλια)**

### Διαδικασία:

Ένας θερμοστάτης χώρου χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει, χειμώνα-καλοκαίρι, τις επιθυμητές θερμοκρασίες. Ένας διακόπτης ελέγχει τη λειτουργία θερμοκρασίας του ανεμιστήρα, όπως επίσης και τα όρια της ανώτατης θερμοκρασίας. Το σύστημα παροχής αέρα αποτελείται από αερόσακους, στόμια προσαγωγής/επιστροφής του αέρα και διαφράγματα ρύθμισης της παροχής. Τα στόμια μπορεί να είναι διαφόρων ειδών, όπως για παράδειγμα «τοίχου οροφής» οι οποίοι έχουν ως λειτουργία την αποστολή του αέρα στο χώρο παράλληλα με τους τοίχους ή το ταβάνι.

Οι ανεμιστήρες απορροφούν και ανακυκλώνουν τον αέρα χάρη στα εξαρτήματα των κλιματιστικών μονάδων και στους αεραγωγούς. Η εφαρμογή των διαφραγμάτων ρυθμίζει την ποσότητα του αέρα που κυκλοφορεί σε κάθε αεραγωγό, συμπληρώνοντας το σύστημα.

Το ψυκτικό στοιχείο μεταφέρει θερμότητα και υγρασία. Η τοποθέτησή του στο σύστημα μπορεί να εντοπιστεί στην τροφοδοσία ή στο σύστημα τροφοδοσίας των σωληνώσεων. Η χρήση του γενικώς κρίνεται απαραίτητη όταν υπάρχει αύξηση και πτώση της ροής του αέρα.

### 3.16. Είδη φίλτρων αέρα

Τα φίλτρα, είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, καθώς αποτρέπουν την είσοδο ξένων σωμάτων σε αυτό, όπως σκόνη, νήματα, καπνό, γύρις. Τα χρησιμοποιούμενα φίλτρα αέρα στον κλιματισμό ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται στα α) κολλώδη, β) ξηρά και γ) ηλεκτρονικά φίλτρα.

#### A) Κολλώδη (μίας ή πολλαπλών χρήσεων)

Τα κολλώδη φίλτρα αποτελούνται από αλληπάλληλες επιφάνειες, οι οποίες έχουν εμβαπτιστεί σε ισχυρή κολλώδη ουσία. Καθώς ο αέρας συναντά με μεγάλη ταχύτητα τις διαδοχικές επιφάνειες, προσκρούει πάνω σε αυτές με μεγάλη δύναμη με αποτέλεσμα να προσκολλώνται πάνω τους τα ξένα σώματα που περιέχονται στον αέρα. Έτσι, όταν ο αέρας περάσει και την τελευταία κολλώδη επιφάνεια έχει απαλλαγεί από τα ξένα σωματίδια και οδηγείται πλέον καθαρός στη συσκευή κλιματισμού. Τα κολλώδη φίλτρα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Ø φίλτρα μιας χρήσης
- Ø καθαριζόμενα ή επαναχρησιμοποιούμενα φίλτρα
- Ø περιστρεφόμενα φίλτρα.

Τα φίλτρα μιας χρήσης αντικαθίστανται όταν φορτωθούν με σκόνη ή άλλα ξένα σωματίδια και πετάγονται. Δεν μπορούν πλέον να χρησιμοποιηθούν, γι' αυτό λέγονται μιας χρήσης. Τα πλαίσια αυτών των φίλτρων είναι κατασκευασμένα συνήθως από χονδρό χαρτί, το δε υλικό μέσω του οποίου πραγματοποιείται το φιλτράρισμα μπορεί να είναι από υλικά όπως ίνες fiberglass, πολύ λεπτές λωρίδες αλουμινίου, τρίχες ζώων, και παρεμφερή υλικά. Όλη η επιφάνεια αυτών των υλικών είναι εμποτισμένη με ισχυρή κολλώδη ουσία.

Τα καθαριζόμενα κολλώδη φίλτρα, είναι ίδιας κατασκευής με τα φίλτρα μιας χρήσεως εκτός από τα πλαίσια, τα οποία, στα φίλτρα αυτά, είναι μεταλλικά. Όταν τα καθαριζόμενα φίλτρα γεμίσουν με σωματίδια, αφαιρούνται και πλένονται μέσα σε μια δεξαμενή με κατάλληλη διάλυση, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Κατόπιν στεγνώνονται, και εμβαπτίζονται μέσα σε δοχείο με κολλώδη ουσία οπότε είναι έτοιμα να επαναχρησιμοποιηθούν.

Τα περιστρεφόμενα φίλτρα αποτελούνται από μεταλλικές πλάκες που περιστρέφονται με τη βοήθεια αλυσίδας. Η αλυσίδα κινείται με τη βοήθεια δυο γραναζιών που είναι τοποθετημένα ένα στο πάνω και ένα στο κάτω μέρος. Η κίνηση της αλυσίδας αρχίζει, όταν τεθεί σε λειτουργία η εγκατάσταση κλιματισμού. Στο κάτω μέρος της κατασκευής υπάρχει μια δεξαμενή με κολλώδη ουσία. Έτσι, όταν οι μεταλλικές πλάκες του φίλτρου φθάνουν εκεί, αφ' ενός μεν πλένονται και αφήνουν τις διάφορες ακαθαρσίες, αφετέρου εμβαπτίζονται στην κολλώδη ουσία για ένα νέο κύκλο καθαρισμού. Βέβαια, η δεξαμενή με την κολλώδη ουσία θα πρέπει να καθαρίζεται κατά συχνά χρονικά διαστήματα.

#### B) Ξηρά

Τα ξηρά φίλτρα αέρα κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες:

- Ø σταθερά φίλτρα
- Ø κινούμενα ή τύπου ρολού

Τα σταθερά φίλτρα απαντώνται σε μεγάλη ποικιλία ως προς το υλικό, το μέγεθος και το σχήμα. Αποτελούνται συνήθως από ένα πυκνό στρώμα από fiber glass ή ίνες μαλλιού. Τα φίλτρα αυτά μπορεί να συναντηθούν σαν επίπεδα, σε τύπο "V" και σε τύπο σακούλας. Τα φίλτρα αυτών των τύπων, όταν γεμίσουν με σκόνη, πετάγονται και αντικαθίστανται με άλλα καινούργια.

Τα κινούμενα ξηρά φίλτρα τύπου ρολού, είναι κατασκευασμένα από τα ίδια υλικά που αναφέρθηκαν στα σταθερά ξηρά φίλτρα και κυκλοφορούν στο εμπόριο σε ρολά

διαφόρων διαστάσεων. Το καρούλι με το φίλτρο τοποθετείται σε ειδική υποδοχή του όλου συγκροτήματος και ξετυλίγεται από το γεμάτο καρούλι στο άδειο. Η κίνηση του φίλτρου μπορεί να είναι συνεχής μέσω μικρού ηλεκτροκινητήρα που στρέφει το καρούλι με πάρα πολύ μικρή ταχύτητα. Επίσης, η κίνηση της αλλαγής του φίλτρου μπορεί να γίνει και με χειροκίνητο σύστημα μοχλού, όταν το φίλτρο γεμίσει με σκόνη. Στις μοντέρνες εγκαταστάσεις κλιματισμού η κίνηση της αλλαγής του φίλτρου, γίνεται αυτόματα με ηλεκτρονικό σύστημα που λειτουργεί με βάση τη διαφορά πίεσης που δημιουργείται μεταξύ των δυο πλευρών του φίλτρου, όταν αρχίσει να σχηματίζεται κάποιο στρώμα σκόνης στην πλευρά της εισόδου του αέρα. Όταν το φίλτρο γεμίσει με ξένα σώματα, η πτώση πίεσης αυξάνεται σε αυτό και επομένως η διαφορά πίεσης μεταξύ των δυο πλευρών γίνεται μέγιστη. Συνήθως, η αλλαγή του φίλτρου γίνεται, όταν η διαφορά πίεσης μεταξύ των δυο πλευρών του φίλτρου ξεπεράσει την 0.5mm υδάτινης στήλης. Τότε, μέσω ενός λεπτού ηλεκτρονικού συστήματος, δίνεται εντολή στο μοτέρ, που περιστρέφει το καρούλι του φίλτρου, να περιστραφεί. Το μοτέρ περιστρέφεται τόσο, όσο χρειάζεται για να αντικατασταθεί το γεμάτο με σκόνη παλιό κομμάτι του φίλτρου με νέο, που ξετυλίχτηκε από το καρούλι του καθαρού φίλτρου. Σ' αυτού του είδους τα φίλτρα, που συναντώνται σε μέσες και μεγάλες εγκαταστάσεις κλιματισμού, δεν χρειάζεται καμιά παρακολούθηση από το συντηρητή μια και η αλλαγή πραγματοποιείται αυτόματα. Μόνο όταν τελειώσει το ρολό του φίλτρου ειδοποιείται ο συντηρητής να αντικαταστήσει το παλιό ρολό με ένα νέο.

#### *Γ) Ηλεκτρονικά φίλτρα*

Τα ηλεκτρονικά φίλτρα είναι, πιθανώς, τα πιο αποτελεσματικά φίλτρα, αλλά το μεγάλο κόστος αγοράς και λειτουργίας τους, εμποδίζουν την ευρεία χρήση τους. Εντούτοις, όπου η καθαρότητα του αέρα είναι σπουδαίος παράγοντας για τον κλιματιζόμενο χώρο, προτιμάται η χρήση των ηλεκτρονικών φίλτρων αέρα. Συνήθως, ο αέρας φιλτράρεται πρώτα από κοινά φίλτρα για τη συγκράτηση των σχετικά μεγάλων σωματιδίων και κατόπιν οδηγείται στα ηλεκτρονικά φίλτρα για τον τέλειο καθαρισμό του. Ο αέρας οδηγούμενος στο ηλεκτρονικό φίλτρο αναγκάζεται να περάσει από ένα ισχυρά ιονισμένο πεδίο. Το πεδίο αυτό εξασφαλίζεται από μια υψηλή τάση συνεχούς ρεύματος της τάξεως των 12000V. Τα διάφορα σωματίδια που περιέχει ο αέρας, όταν βρεθούν στο ιονισμένο πεδίο φορτίζονται θετικά. Όταν στη συνέχεια συναντήσουν τις αρνητικά φορτισμένες πλάκες του φίλτρου, έλκονται από αυτές γιατί φέρουν αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η συγκράτηση κάθε ίχνους ξένων σωμάτων, με αποτέλεσμα να πετυχαίνουμε ένα τέλειο φιλτράρισμα του αέρα. Οι αρνητικές πλάκες, που ονομάζονται και συλλέκτες των ακαθαρσιών, σε πολλούς τύπους ηλεκτρονικών φίλτρων, επαλείφονται με κολλώδη ουσία για την καλύτερη συγκράτηση των σωματιδίων που έλκονται πάνω σε αυτές. Καθαρίζονται δε κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα του πόσο ακάθαρτος είναι ο αέρας που φιλτράρεται ή ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

#### *Δ) Άλλα είδη φίλτρων*

Τα *φίλτρα νερού*, αποτελούν συνήθως μια ολόκληρη εγκατάσταση στην οποία ο αέρας εξαναγκάζεται να περάσει από ένα χώρο που ψεκάζεται με άφθονο νερό. Δυο μειονεκτήματα αυτών των φίλτρων, είναι ότι απαιτούν εγκατάσταση τροφοδοσίας και αποχέτευσης νερού και ότι δεν μπορούν να πετύχουν τέλειο καθαρισμό του αέρα. Αυτό συμβαίνει γιατί πολλά από τα ξένα σώματα του αέρα, όπως τα μόρια άνθρακα, του γράσσου κλπ, δεν ποτίζονται με νερό επομένως δεν είναι δυνατόν να συγκρατηθούν από τα φίλτρα, αυτού του είδους.

Τα *φίλτρα άνθρακα*, κατασκευάζονται από ενεργό άνθρακα και συγκρατούν στερεά σωματίδια και σκόνες αλλά και ενοχλητικές οσμές που προκαλούνται από αέρια ή βακτηρίδια. Όταν ο ενεργός άνθρακας του φίλτρου κορεστεί, αντικαθίσταται με άλλον ή ενεργοποιείται εκ νέου με την τοποθέτησή του σε φούρνο θερμοκρασίας 500°C.

Ένα τελευταίο είδος φίλτρων είναι το *σακκόφιλτρο (pocket filters)*, τοποθετημένο

μέσα στο αντίστοιχο τμήμα μίας κεντρικής μονάδας κλιματισμού.<sup>13</sup>

### 3.17. Ανακεφαλαιώνοντας

- ✚ Το ψυκτικό φορτίο και οι υπολογισμοί του, βασίζονται στις ολικές διαστάσεις του κτιρίου ή του εμπορικού χώρου, την έκταση του ορόφου(σε τετραγωνικά μέτρα), το ύψος της οροφής, καθώς και σε άλλες παραμέτρους. Το μέγεθος του ψυκτικού φορτίου, το οποίο εκφράζεται σε Btu/hr παίρνει ποσά και εξαρτάται, σε κάθε χώρο, από την εργασία που γίνεται εκεί, τα παράθυρα, το πάτωμα, την έκταση της οροφής κ.ά. Η απαιτούμενη θερμότητα κάθε χώρου, σχετίζεται με τον αριθμό των ατόμων που θα βρίσκονται στο συγκεκριμένο χώρο. Οι απώλειες των σωληνώσεων προστίθενται στις συνολικές απώλειες. Το φορτίο ψύξης υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το ποσό επί 0.75
- ✚ Οι υπολογισμοί των θερμικών απωλειών γίνονται με παρόμοιο τρόπο, λαμβάνοντας υπόψη το ποσό της θερμότητας που χάνεται σε κάθε δωμάτιο, αλλά και τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δωματίων. Το ολικό θερμικό φορτίο χάνει 20% της θερμότητας εξαιτίας των απωλειών των σωληνώσεων, οι οποίες προστίθενται στις ολικές απώλειες του δωματίου. Το θερμικό φορτίο που απαιτείται υπολογίζεται σε Btu/hr, όταν διαιρεθεί με το 108.
- ✚ Οι κλιματιστικές μονάδες δωματίου ρυθμίζουν τις συνθήκες θερμοκρασίας και ελέγχουν τον αέρα του δωματίου χωρίς τη συμμετοχή των σωληνώσεων.
- ✚ Οι κλιματιστικές μονάδες διαιρούμενου τύπου είναι διαθέσιμες σαν αυτόνομες, για εμπορικές ή κατασκευαστικές εφαρμογές. Μπορούν να τοποθετηθούν στο πάτωμα ή στην οροφή, μέσα ή ακόμη και έξω από μία κλιματιστικά ελεγχόμενη περιοχή.
- ✚ Τα εντοιχιζόμενα συστήματα είναι οικονομικές εγκαταστάσεις και πρακτικά εύκολες εφαρμογές.
- ✚ Οι μονάδες ψύξης/θέρμανσης πρέπει να συμφωνούν με τους κανόνες των διεθνών και εθνικών στάνταρτ για να προσφέρουν ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση το χειμώνα.
- ✚ Μικρότερες μονάδες ψύξης από 3,4 και 5 τόνους είναι οικονομικά ασύμφωρες για εφαρμογή σε σπίτια, εμπορικούς/βιομηχανικούς χώρους και έχουν από 36.000 έως 60.000 Btu/hr για ψύξη και από 120.000 έως 18.000 Btu/hr για θέρμανση. Μεγαλύτερες μονάδες από αυτές προορίζονται για μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές.

---

<sup>13</sup> <http://www.scribd.com/doc/87015690/ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ-II>

## 4. ΠΑΡΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ

Στα πειράματα που αφορούν τη θερμοκρασία και τις επιδράσεις της, αλλά και στις εμπειριστατωμένες μελέτες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα όσον αφορά στα άκρα της θερμοκρασιακής κλίμακας, έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο απόλυτο μηδέν, τη θερμοκρασία δηλαδή εκείνη όπου μηδενίζεται η κίνηση των μορίων. Οι εφευρέτες έχουν προσεγγίσει έναν αριθμό θερμοκρασιών βρασμού, χαμηλότερων από βαθμό βρασμού του νερού, στις οποίες υγροποιούνται κάποια αέρια.

### 4.1. Κρυογονική

Το κάθε υγρό, έχει μια σταθερή θερμοκρασία βρασμού σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΥΓΡΟ	ΦΑΡΕΝΑΙΤ F	ΡΑΝΚΙΝ R	ΚΕΛΣΙΟΥ C	ΚΕΛΒΙΝ K
Νερό	212	672	100	373
SO <sub>2</sub>	14	474	-10	263
R-12	-22	438	-30	243
NH <sub>3</sub>	-28	432	-33	240
R-22	-41	419	-43	230
CO <sub>2</sub>	-109	351	-78	195
Αιθυλαίνιο	-135	325	-93	180
R-1150				
Αρχή υπογεννητικού εύρους	-250	210	-157	116
Μεθάνιο	-258	202	-161	112
Οξυγόνο	-297	163	-183	90
Αέρας	-313	147	-192	81
Άζωτο	-320	140	-196	77
Υδρογόνο	-423	37	-253	20
Ήλιο	-452	8	-270	3
Απόλυτο μηδέν	-460	0	-273	0

*Πίνακας 8: Θερμοκρασίες βρασμού υγρών σε ατμοσφαιρική πίεση*

Θερμοκρασίες πλησιέστερες στο απόλυτο κενό, επιτυγχάνονται με την ελάττωση της πίεσης ενός υγρού κάτω από την ατμόσφαιρα για να φθάσει στους 0,7° Kn - 458,3°

F, όπως για παράδειγμα το υγρό ήλιο. Τιμές ακόμη πλησιέστερες στο απόλυτο μηδέν ( $0,001^\circ \text{K}$ ), λαμβάνονται ψύχοντας μαγνητικά άλατα με ήλιο και κατόπιν, με τη χρήση μαγνητικού πεδίου.

Η μελέτη των υγροποιημένων αερίων καθώς και των φαινομένων που εμφανίζονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, ονομάζεται *κρυογονική*. Ο κλάδος αυτός της φυσικής έχει ως αντικείμενό του τη συμπεριφορά της ύλης σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.<sup>14</sup> Εκτός από την παραγωγή και τη διατήρηση των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών, η κρυογονική ασχολείται επίσης και με το διαχωρισμό των αερίων μειγμάτων, τη διατήρηση σε κρυογονικές θερμοκρασίες συσκευών υπεραγωγών, συσκευών ηλεκτρικής τεχνολογίας, ηλεκτρονικών συσκευών και βιολογικών ουσιών, καθώς και με τη δημιουργία συσκευών για χρήση σε πειράματα που απαιτούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για τη μέτρηση χαμηλών θερμοκρασιών, στις φασματοσκοπικές κατασκευές και στην τεχνική Laser. Ο ηλεκτρονικός κλάδος την εκμεταλλεύεται στα ραντάρ, για την ψύξη των πολλαπλασιαστών μικροκυμάτων χαμηλού θορύβου, ενώ η ραδιοαστρονομία για την επικοινωνία μέσω δορυφόρου.<sup>15</sup>

## 4.2. Υπεραγωγοί

Υπεραγωγούς ονομάζουμε μια κατηγορία υλικών, τα οποία εμφανίζουν μηδενική αντίσταση όταν βρεθούν σε θερμοκρασία κοντά στο απόλυτο μηδέν. Βέβαια, σήμερα γίνεται προσπάθεια εύρεσης υλικών με δυνατότητα να θεωρούνται υπεραγωγοί σε πιο υψηλές θερμοκρασίες, με στόχο την θερμοκρασία δωματίου. Τα υπεραγωγία υλικά υψηλής θερμοκρασίας, είναι κυρίως μεταλλικά οξειδία, που ανακαλύφθηκαν το 1980. Η ανακάλυψη τους θεωρήθηκε εξίσου σημαντική με την ανακάλυψη του τρανζίστορ.<sup>16</sup>

Είναι αξιοσημείωτα υλικά τα οποία άγουν τον ηλεκτρισμό χωρίς αντίσταση. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, η κβαντική τους συμπεριφορά επιτρέπει στα ηλεκτρόνια να συζεύγνυνται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγουν την συνηθισμένη αντίσταση λόγω εμποδίων στην κίνηση τους.

Στους συνηθισμένους αγωγούς, οι θερμικές κινήσεις και οι προσμίξεις εκτρέπουν, ή σκεδάζουν, τα ηλεκτρόνια. Αυτή η διαδικασία ξοδεύει ενέργεια, παράγοντας έτσι θερμότητα, όπως για παράδειγμα, στα ενισχυμένα με χάλυβα καλώδια από αλουμίνιο των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα και πολύ καλοί αγωγοί, όπως ο καθαρός χαλκός, παρουσιάζει σημαντικό εμπόδιο στη ροή των ηλεκτρονίων, αναπτύσσοντας αντίσταση και θερμότητα στα καλώδια.

Κανονικά, δυο αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους. Αλλά σε έναν υπεραγωγό, τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται διαφορετικά. Δυο ηλεκτρόνια μπορούν να αποτελέσουν ένα προσωρινό ζεύγος, όταν ένα ηλεκτρόνιο έλκεται από τον θετικό πυρήνα ενός ατόμου, ενώ ένα δεύτερο ηλεκτρόνιο, που κινείται γρήγορα, έλκεται από τον ίδιο πυρήνα. Παραδόξως, αυτός ο συνδυασμός εξαλείφει τις σκεδάσεις των δυο ηλεκτρονίων. Δισεκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο, αυτό το "ζεύγος Cooper", όπως ονομάζεται κάνει την αντίσταση να εξαφανίζεται. Αναλυτικότερα, όταν περνάει ρεύμα από έναν αγωγό δημιουργείται μαγνητικό πεδίο. Όσο περισσότερο ρεύμα τον διαρρέει τόσο ισχυρότερο το μαγνητικό πεδίο. Με τους υπεραγωγούς έχουμε μηδενικές απώλειες με αποτέλεσμα να μπορούμε να δημιουργούμε πάρα πολύ ισχυρά μαγνητικά πεδία. Μερικές εφαρμογές αυτών είναι στους μαγνητικούς τομογράφους, στα τρένα Maglev και στους επιταχυντές σωματιδίων. Γενικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπου χρειαζόμαστε πολύ ισχυρά μαγνητικά πεδία και μηδενικές απώλειες. Όμως για να γίνει εύκολη και αποδοτική η

<sup>14</sup> <http://www.el.wikipedia.org/Κρυογονική>

<sup>15</sup> [http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=29478:kryogonikh](http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_k2&view=item&id=29478:kryogonikh)

<sup>16</sup> <http://magnmat.physics.auth.gr/documents/Superconductors2004.pdf>

χρήση τους, χρειάζεται να βρεθούν υπεραγωγοί σε "θερμοκρασία δωματίου". Δηλαδή σε θερμοκρασία που να μπορεί να επιτευχθεί εύκολα σε οποιοδήποτε σπίτι. Δεν είναι εύκολο να ψύχουμε ένα σώμα σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες και είναι και πολύ ενεργοβόρο. Μπορούμε όμως να φανταστούμε πόση εξοικονόμηση ενέργειας θα είχαμε αν μπορούσαμε να αποθηκεύουμε ενέργεια στο σπίτι μας και να την χρησιμοποιούσαμε όποτε θέλαμε. Με απλά λόγια θα μπορούσαμε τις μέρες που έχει ήλιο να παράγουμε ενέργεια με φωτοβολταϊκά και όση δεν χρειαζόμαστε να την αποθηκεύουμε για τις μέρες που δεν έχει ήλιο.<sup>17</sup>

Οι υπεραγωγοί είναι σημαντικοί για την επιστήμη, την ιατρική και την βιομηχανία. Υπεραγωγικά καλώδια χρησιμοποιούνται σε μαγνήτες για επιταχυντές όπως τον Μεγάλο Αδρονικό Επιταχυντή (Large Hadron Collider, LHC), και στις απεικονιστικές συσκευές μαγνητικού συντονισμού (Magnetic Resonance Imaging, MRI) στα νοσοκομεία.<sup>18</sup>

Όλα τα παραπάνω δεν είναι ελπίδες επιτυχίας για το μέλλον. Είναι πράγματα που συμβαίνουν τώρα και συνεχώς εξελίσσονται. Τεράστια ποσά δισεκατομμυρίων ευρώ έχουν επενδυθεί σε αυτήν την τεχνολογία και στην ανάπτυξη θερμότερων υπεραγωγών. Τουλάχιστον μέχρι και το 2010, η ψύξη του θερμότερου υπεραγωγού βρίσκεται στους 254° K ή 19° C, πολύ κοντά δηλαδή σε θερμοκρασίες δωματίου...

### 4.3. Ηλεκτρική ενέργεια με παραγωγή ψύχους

Το πρόβλημα της τροφοδότησης, το οποίο προκύπτει από την αυξημένη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτεί την ανάπτυξη των υπεραγωγών, χωρίς βέβαια αυτό να επηρεάσει τις οικολογικές σταθερές.

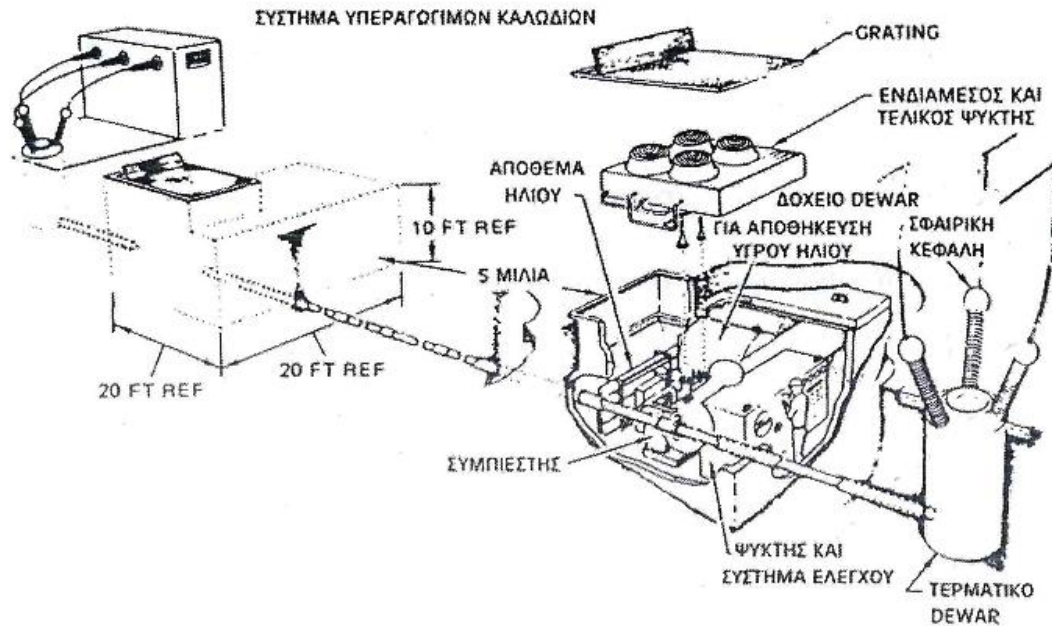
Οι συνήθεις υπόγειες γραμμές μεταφοράς ενέργειας, οδηγούν την ενέργεια κατά μήκος του εδάφους με προορισμό έναν υπόγειο σταθμό, όπου γίνεται η μετάβαση σε ένα κρυογονικό κύκλωμα παροχής. Τα συστήματα αυτά, έχουν βασικό στόχο να φτάσει το υγρό στην καλωδίωση. Η θερμοκρασία του υγρού πρέπει να διατηρηθεί σε χαμηλά επίπεδα με σκοπό τη μεταβίβαση της μέγιστης δύναμης, αλλά με τις λιγότερες δυνατές απώλειες αντιστάσεως. Οι υπάρχουσες εφαρμογές χρησιμοποιούν ως ψυκτικό μέσο άζωτο ή ήλιο.

Πολλά κρυογονικά συστήματα βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της επεξεργασίας και της μελέτης, ωστόσο όμως, έχουμε εγκατάσταση και λειτουργία γραμμών παροχής από τα μέσα της δεκαετίας του 1980. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται κάποιες λεπτομέρειες για μια εγκατάσταση ψύξης.

<sup>17</sup> <http://people.ccmr.cornell.edu/~jcdavis/> και

[http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_crystal#Nematic\\_phase](http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal#Nematic_phase)

<sup>18</sup> <http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/60/superconductors.html>



**Εικόνα 1: Εγκατάσταση υπόγειας υπερμονωμένης γραμμής**

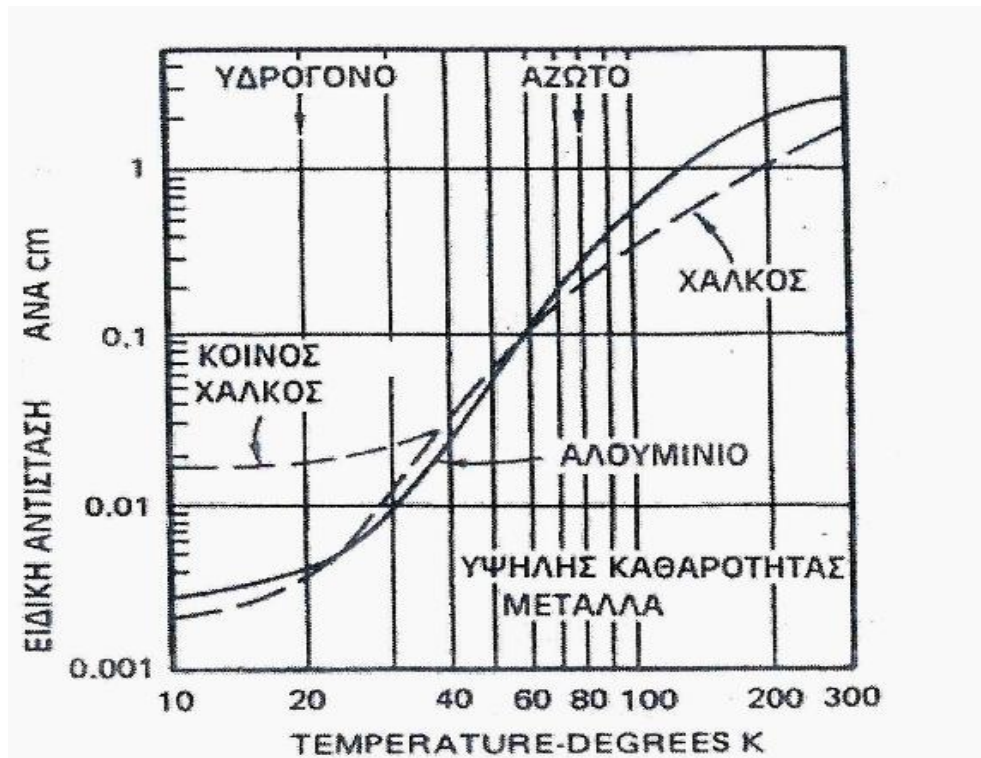
Οι δύο σταθμοί απέχουν μεταξύ τους σε απόσταση 5 μιλίων. Κρατώντας τις πιέσεις σε ανεκτά επίπεδα, το ψυκτικό σύστημα αντλεί το ψυκτικό μέσο έξω και πίσω, σε ένα σύστημα μήκους 2,5 μιλίων.

Τα κύρια εξαρτήματα του συστήματος είναι ο ηλεκτρικός μονωτήρας, το κρυογονικό περίφραγμα και τα τερματικά Dewar στις δύο άκρες του καλωδίου, τα οποία ισοσταθμίζουν την κρυογονική τάση, ενώ επιτρέπουν στις φάσεις του κρυογονικού μονωτή να ενωθούν εν θερμώ και να τροφοδοτήσουν έτσι με ενέργεια τις συνδεδεμένες συσκευές και τους σταθμούς. Οι σταθμοί, με συνεχή παροχή, απομακρύνουν τα φορτία θερμότητας από τις απαιτούμενες στην κρυογονική συνθήκες λειτουργίας. Αν και τα βασικά εξαρτήματα στο σύστημα αζώτου είναι ίδια με αυτά του συστήματος ηλίου, υπάρχουν κάποιες μικροδιαφορές στον τρόπο που λειτουργεί το κάθε ένα από αυτά.

### **Κρυογονικό υπεραγωγίμο σύστημα αζώτου ή σύζευξης**

Σε ένα τέτοιο σύστημα, χρησιμοποιείται ως μονωτής το αλουμίνιο ή ο χαλκός, καθώς αυτά τα δύο χαρακτηρίζονται από αρκετά χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση σε κρυογονικές θερμοκρασίες, προσφέροντας έτσι πλεονεκτήματα στη χρήση τους. Στο γράφημα που ακολουθεί, παρουσιάζεται μία σύγκριση στη σύζευξη, από θερμοκρασίες 10° K έως 300° K για υψηλής πυκνότητας αλουμίνιο και χαλκό.

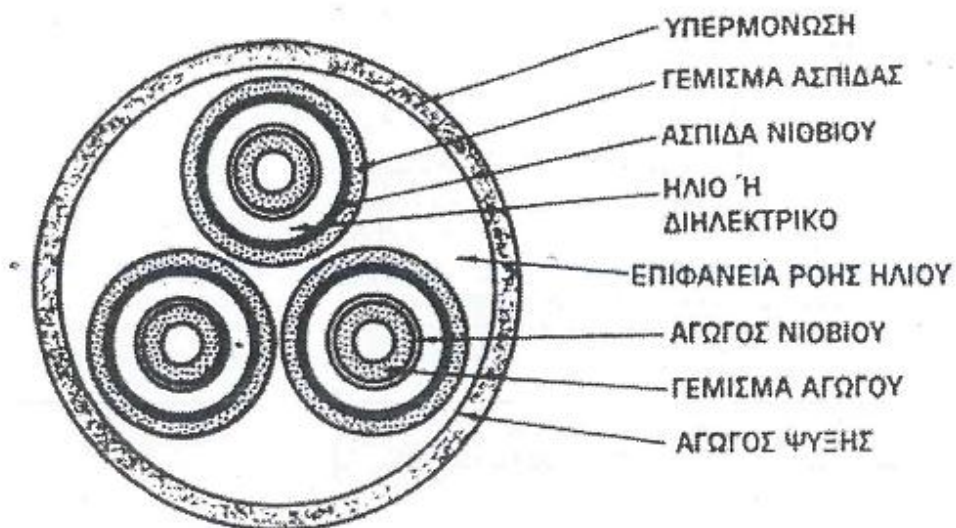




Γράφημα 1: Σύζευξη για καθαρό αλουμίνιο και χαλκό

**Κρουγονικό υπεραγωγίμο σύστημα ηλίου**

Σε αυτό το σύστημα, είναι χαρακτηριστικό το πλεονέκτημα που κυριαρχεί, το ότι δηλαδή τα κυριότερα μέταλλα, σε μία θερμοκρασία λίγους βαθμούς πάνω από το απόλυτο μηδέν, έχουν μηδενική αντίσταση. Το ήλιο, έχει τη θέση του ψυκτικού μέσου, ενώ το καθαρό αλουμίνιο και ο χαλκός μπορούν να αντικατασταθούν από το νιόβιο (εικόνα 2).

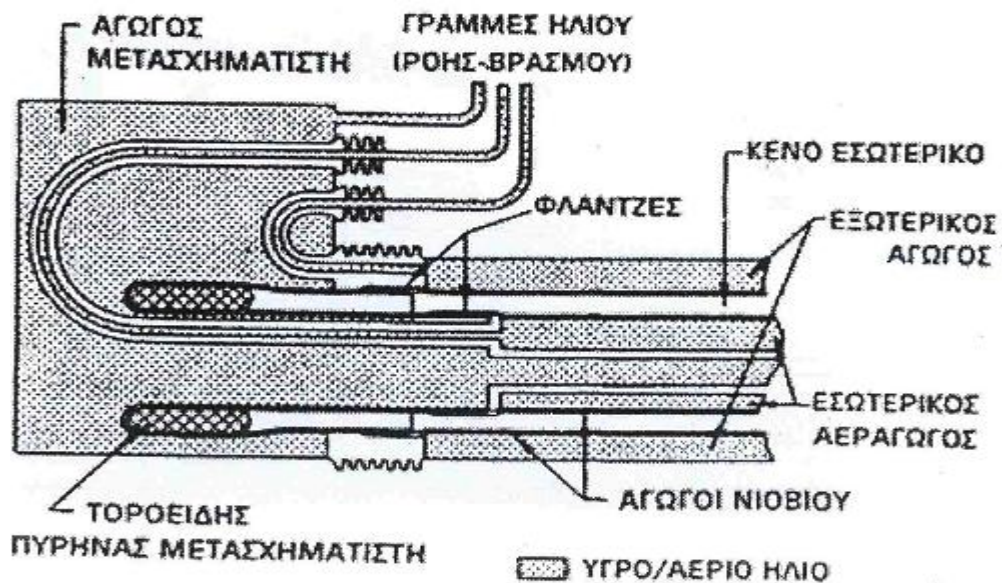


Εικόνα 2: Υπεραγωγός σε αξονικό σχήμα

Η ύπαρξη υπερφοριστών προαναγγέλλει την ικανότητα αύξησης της θερμοκρασίας, η οποία βρίσκεται ελάχιστα πιο κάτω από τη θερμοκρασία του ηλίου.

Η τοποθέτηση ενός κοίλου μονωτή, χρήζει ιδιαίτερης προσοχής και προφύλαξης,

καθώς το νιόβιο και τα παράγωγα υλικά του, αγγίζουν σε λεπτότητα το 0,002 της ίντσας. Αυτό το τόσο λεπτό υλικό, είναι σε θέση να μεταφέρει σε μια κοντινή απόσταση 10.000 amper ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν το νιόβιο βρίσκεται σε θερμοκρασία ηλίου, τότε τα απαραίτητα amper του μεταφερόμενου ρεύματος φτάνει το μαγνητικό πεδίο που συνοδεύει το ρεύμα. Αυτό το μαγνητικό πεδίο μπορούμε να το ελέγξουμε εφόσον μεταβάλλουμε τη διάμετρο των κοίλων μονωτών που βρίσκονται στον υπεραγωγό. Ένα θέμα που απασχολεί τους ερευνητές είναι αφενός η αλλαγή της θερμικής εκτόνωσης και της έντασης όταν το σύστημα τίθεται σε λειτουργία και αφετέρου, η θερμοκρασία του συστήματος, η οποία από θερμοκρασία χώρου γίνεται μία θερμοκρασία πολύ κοντά στο απόλυτο μηδέν. Η τοποθέτηση του νιόβιου γίνεται πάνω σε χαλκό με επικάλυψη χάλυβα νικελίου, καθώς ο τελευταίος κατά την εκτόνωση παραμένει αυθεντικός. Ένα πρότυπο παράδειγμα μιας τέτοιας εγκατάστασης αποτελεί η εικόνα 3.



*Εικόνα 3: μεταφορά ενέργειας σε υπεραγωγό*

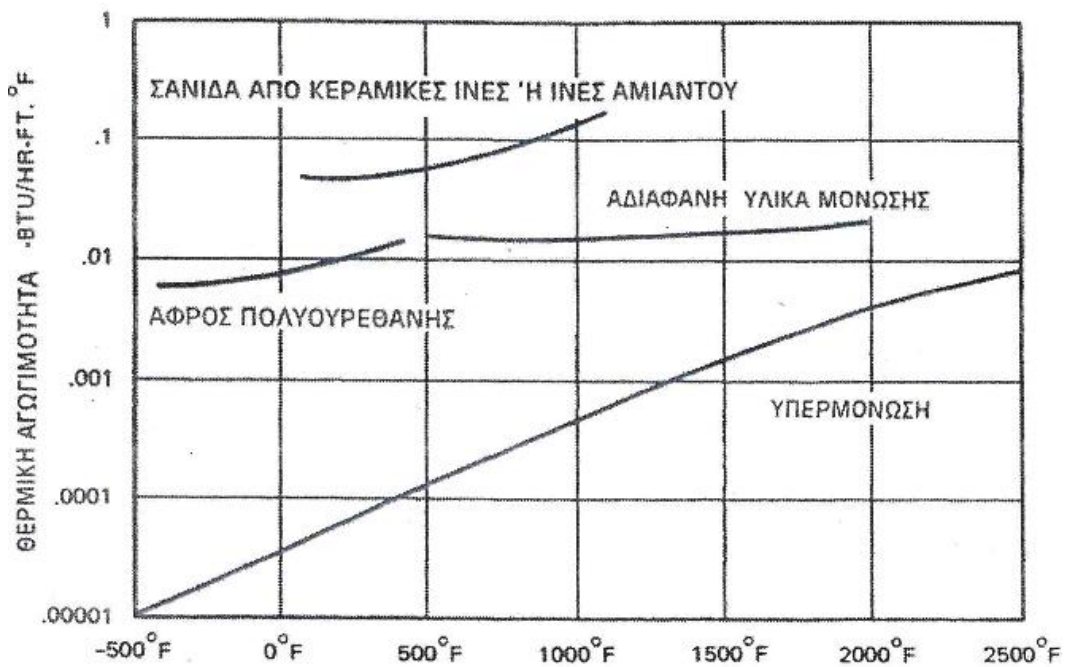
### Κρυογονικό περίβλημα

Το δοχείο στο οποίο θα περιέχεται το κρυογονικό ψυκτικό αποτελεί ένα θέμα ανάλυσης. Το ήλιο, σύμφωνα με το χαμηλό βάρος των μορίων του, παρουσιάζει ένα πρόβλημα διαρροής κατά τη θερμική εκτόνωση, που έχει να κάνει με τις ενώσεις συγκόλλησης και τα τερματικά δοχεία. Επιπλέον, την τάση διαρροής της θερμότητας από το δοχείο στο οποίο θα περιέχεται το ήλιο αυξάνει, η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας που έχουν το ήλιο και ο σταθμός. Η ηλεκτρική ενέργεια παράγει στο μονωτή μια επιπλέον θερμότητα. Έτσι, απαιτείται μια εξαιρετική μόνωση με σκοπό τη μηδενική κατά προσέγγιση διαρροή της θερμότητας. Εδώ και πολλά χρόνια, έχουν εφευρεθεί τρόποι μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων υγροποιημένων αερίων. Η εικόνα 4 δείχνει μία από τις μονάδες που σχεδιάστηκαν για τη μεταφορά των αερίων αυτών.



**Εικόνα 4: τρόπος μεταφοράς υγροποιημένων αερίων**

Κατά τη μεταφορά των υγροποιημένων αερίων, πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη οι μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ του υγροποιημένου αερίου στο εσωτερικό του δοχείου και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Η απαίτηση λοιπόν της μόνωσης ειδικών προδιαγραφών ανέδειξε την πολουρεθάνη ως το καλύτερο για τη συγκεκριμένη χρήση υλικό, σε σύγκριση με άλλα και έτσι χρησιμοποιείται στη μόνωση των ψυκτικών μεταφορικών εφαρμογών. Παραθέτουμε παραδειγματικά το εύρος των θερμομαντικών ικανοτήτων τεσσάρων μονωτικών υλικών.



**Εικόνα 5: Παραδείγματα θερμικής μόνωσης υλικών**

Η μόνωση που προορίζεται για τη μεταφορά των υγροποιημένων αερίων δημιουργείται από εναλλασσόμενες θέσεις ακτινωτών προφυλακτήρων (= αντιδρώντων επιφανειών) και διαχωριστικό, το οποίο δημιουργεί μεγάλο κενό. Αυτή η τεχνική είναι παρόμοια με την τεχνική θερμός, η οποία είναι μια εφαρμογή του σωλήνα Dewar. Στην περίπτωση μας βέβαια, υπάρχει ένα πολύ μεγαλύτερος αριθμός αντιδρώντων επιφανειών από το δοχείο Dewar. Το διαχωριστικό υλικό μεταξύ των προφυλακτήρων είναι ένα χαρτί, το οποίο κρατά τα φύλλα του μετάλλου διαχωρισμένα με ακρίβεια. Στις χαμηλές θερμοκρασίες, το κόσκινο των μορίων

απορροφά συνεχώς οποιαδήποτε εισαγωγή στοιχείου μολύνει ή επιτρέπει τη διαρροή αερίων.

### Θερμοκρασιακός μονωτής

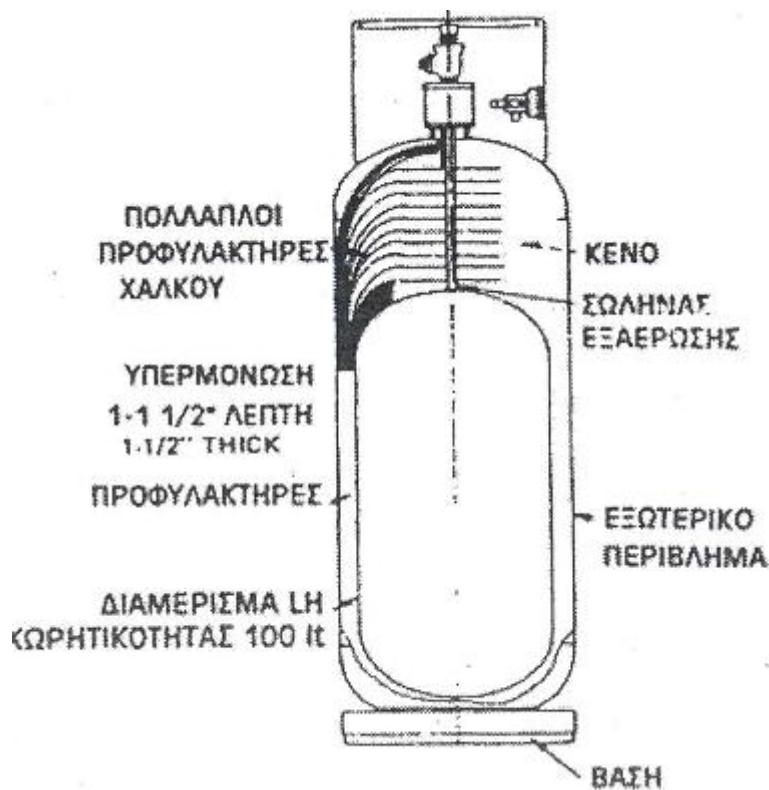
Διαρροή θερμότητας υπάρχει πάντα, ακόμη και όταν υπάρχει η καλύτερη δυνατή μόνωση. Το ποσό της θερμότητας που χάνεται μπορεί σχεδόν να μηδενιστεί με τη χρήση υγρού αζώτου, αλλά και μέσω κάποιου προστατευόμενου θερμοκρασιακού μονωτή, εξασφαλίζοντας παράλληλα οικονομία στην εγκατάσταση.

### Προστασία υγρού αζώτου

Αποτελεσματικότερη προστασία από κάθε εισροή θερμότητας και ελάττωση της θερμοκρασίας του καλωδίου και του ψυκτικού που περιβάλλει, παρέχει ένα στρώμα υγρού αζώτου, περιβάλλοντας ολοκληρωτικά το κρύο καλώδιο εδάφους.

### Πολλαπλοί μονωτές

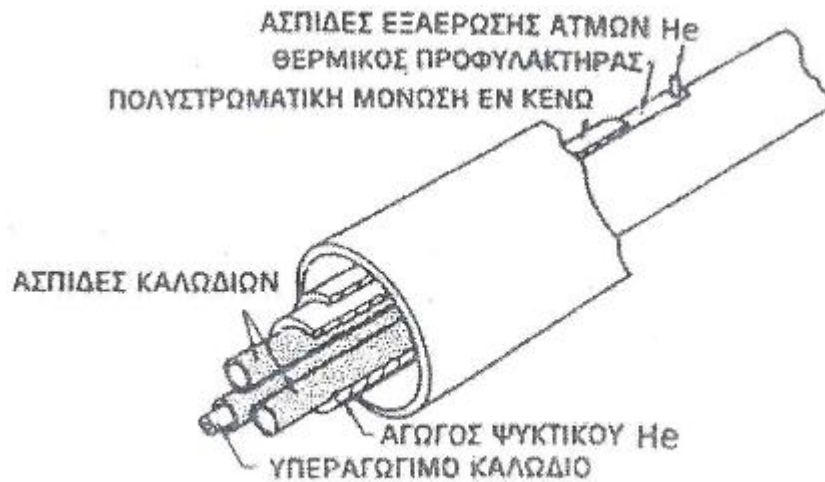
Ένα ακόμη ενδεχόμενο, αποτελεί η χρήση λεπτών μεταλλικών μονωτών, οι οποίοι έχουν μεγάλη θερμική μόνωση σε μία ενδιάμεση θερμοκρασία που παράγεται από μία μικρή ποσότητα ηλίου(ψυκτικό που του επιτρέπεται να διαπεράσει). Η εικόνα 6 παρουσιάζει ένα μικρό δοχείο, το οποίο αποτελεί τέτοιου είδους παράδειγμα. Οι πολλαπλοί μονωτές τοποθετούνται μηχανικά στις σωληνώσεις και εξατμιζόμενο ήλιο ρέει μέσα από αυτές. Το ήλιο απορροφά τη θερμότητα από τους πολλαπλούς μονωτές και κατά συνέπεια αυτοί ψύχονται. Οι μονωτές σε αυτό το σημείο, θα απορροφήσουν τη θερμότητα που διαρρέει γύρω από το χώρο και χάρη στην εναλλασσόμενη πορεία τους, δεν θα επιτραπεί στη θερμότητα να φτάσει στο μονωτή.



*Εικόνα 63: Δοχείο περιεκτικότητας και πολλαπλοί μονωτές για υγρό ήλιο*

### Κρυογονικό περίβλημα μονωτικού καλωδίου

Ένα σύστημα μονώσεως και θερμικών μονωτών των κρυογονικών δοχείων περιεκτικότητας, εφαρμόστηκε με επιτυχία στους κρυογονικούς μονωτές ενός καλωδίου και παρουσιάζεται στην εικόνα 7. Το ήλιο, το οποίο διαρρέει στους σωλήνες, αντί να διαχέεται στην ατμόσφαιρα, συγκεντρώνεται σε έναν αγωγό συλλέκτη και από εκεί επιστρέφει στο σύστημα ψύξεως.



*Εικόνα 4: Σωληνώσεις πολλαπλών μονωτών*

### Κύκλος ψύξεως

Η ψύξη δημιουργείται για να απομακρύνει από το ψυκτικό υγρό οποιαδήποτε ποσότητα θερμότητας προκληθεί, είτε στη μεταφορά, είτε στην παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας, είτε εκείνη που διαρρέει μέσω της μόνωσης ή από άλλες πηγές.

### Κρίσιμη θερμοκρασία

Όταν μετατοπίζεται η θερμική ενέργεια οποιουδήποτε ψυκτικού μέσου, τότε αυτό υγροποιείται. Ωστόσο, τα κρυογονικά ψυκτικά, όπως το ήλιο, το υδρογόνο, το άζωτο κ.ά., αναφέρονται και ως διαρκή ή μόνιμα αέρια. Υπάρχει μία θερμοκρασία πάνω από την οποία ένα αέριο, δεν μπορεί να υγροποιηθεί, ανάλογα βέβαια και με την πίεση που δέχεται. Αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται *Κρίσιμη Θερμοκρασία*. Για τα κανονικά ψυκτικά, η κρίσιμη θερμοκρασία φτάνει στους 100° F, σε ανάμειξη με διοξείδιο του άνθρακα.

Οι κρίσιμες θερμοκρασίες των κρυογονικών ψυκτικών είναι:

- - 232,6° F, για το Άζωτο
- - 394,4° F, για το Υδρογόνο και
- - 450,4° F, για το Ήλιο,

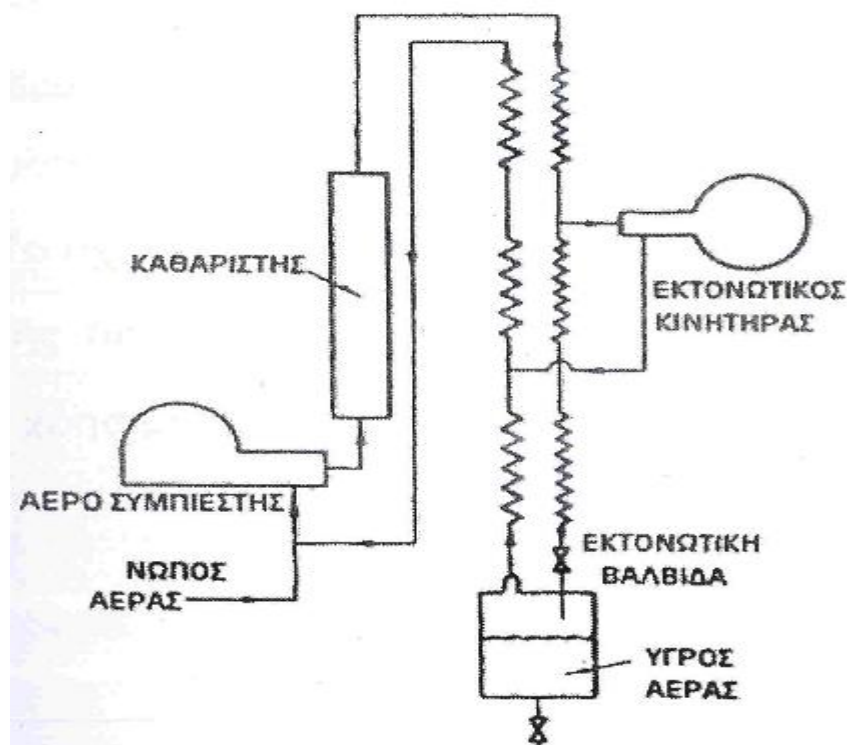
αρκετά πιο χαμηλά δηλαδή, από το απόλυτο μηδέν(=10° F). Αυτό σημαίνει, πως κάθε υγρό, πριν υγροποιηθεί, είναι απαραίτητο να ψυχθεί σε θερμοκρασία χαμηλότερη από την κρίσιμη θερμοκρασία του. Είναι ευνόητο πως για τη διατήρηση της ψύξης αυτών των ψυκτικών σε κρυογονικές συνθήκες. Απαιτούνται πιο πολύπλοκες διαδικασίες, σε σύγκριση με τα κοινά ψυκτικά και τις εφαρμογές τους.

## Ψύξη

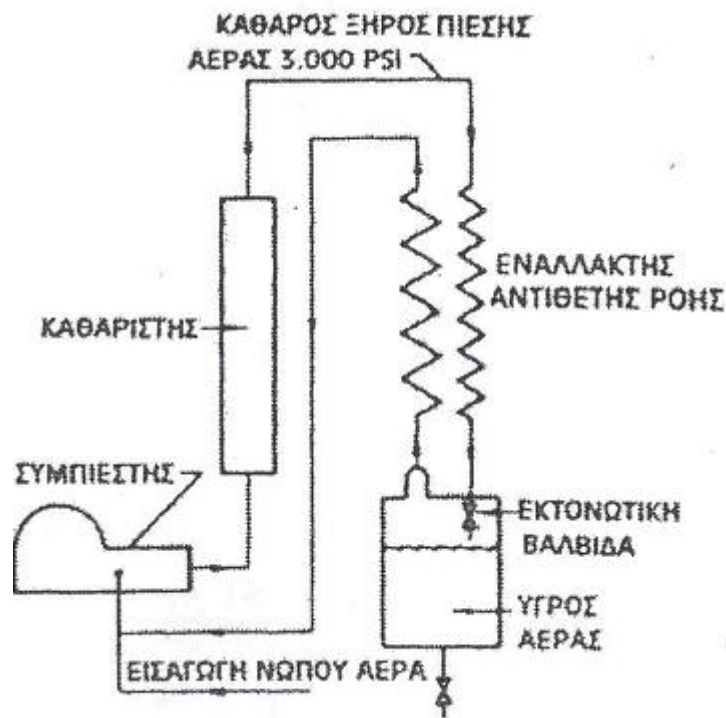
Η ψύξη, μέσω της μετατόπισης της θερμότητας από το ψυκτικό, θα ολοκληρώσει τελικά τη δημιουργία του κρυογονικού μονωτή. Η λειτουργία της παρουσιάζει επίσης χρησιμότητα στην υγροποίηση κάποιου αερίου ψύξεως, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σαν αναχαιτιστής θερμότητας, αλλά και στην αντικατάσταση κάποιου ψυκτικού που πιθανόν χάθηκε εξαιτίας διαρροών.

### 4.4. Υγροποίηση αέρα και αζώτου

Η υγροποίηση του αέρα πραγματοποιείται με επιτυχία από το τέλος του περασμένου αιώνα, με το γερμανό χημικό Karl von Linde. Ο αέρας, αφού συμπιεζόταν σε υψηλή πίεση, ψυχόταν από ένα ψυκτικό διάλυμα και κατόπιν, εκτονωνόταν σε χαμηλή πίεση. Αυτό προκαλούσε ακόμη ένα βαθμό ψύξης. Στη θέση της χαμηλής πίεσης του αέρα, γινόταν ανακύκλωση, με σκοπό να ελαττωθεί ακόμη περισσότερο η θερμοκρασία του αέρα υψηλής πίεσεως. Ο εκτονωμένος αέρας ανακυκλωνόταν πάλι μέσω του εξατμιστή, ψύχοντας έτσι κάθε κύκλο. Η τελική διαδικασία περιελάμβανε τη συμπύκνωση και συλλογή μιας μικρής ποσότητας υπερψυχόμενου αέρα, στο κάτω μέρος του σωλήνα Dewar. Στην εικόνα 8 φαίνεται ένα σύστημα υγροποίησης τύπου Linde-Hampson.



*Εικόνα 8: Σύστημα υγροποίησης Linde-Hampson*



**Εικόνα 9: Σύστημα υγροποίησης αέρα Claude**

Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται ένα νεότερο σύστημα, το οποίο έχει καλύτερη απόδοση, καθώς περιέχει επιπρόσθετα έναν εναλλάκτη θερμότητας με σκοπό τη μεγαλύτερη ψύξη, αλλά και έναν κινητήρα εκτόνωσης. Ο ρόλος του εκτονωτή είναι να επιτρέπει στον αέρα να έχει καλύτερη απόδοση στη διαδικασία της εκτόνωσης, δηλαδή να μεταφέρει περισσότερη θερμική ενέργεια.

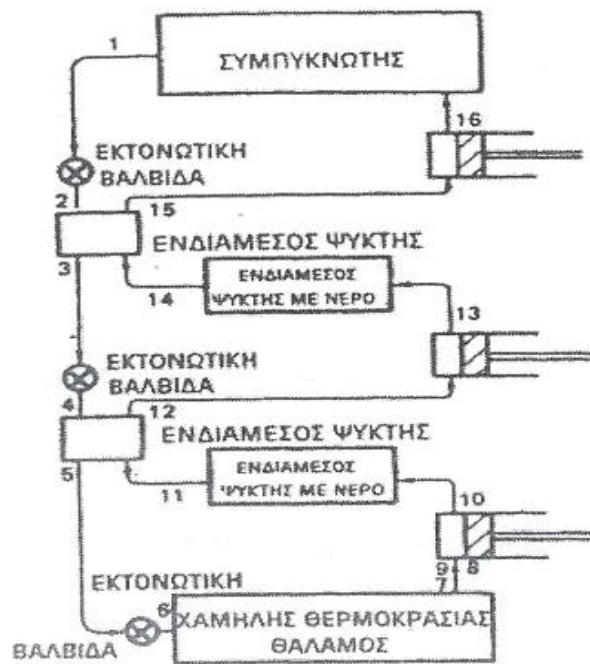
Στην περίπτωση που ο αέρας έχει δυνατότητα εκτόνωσης μέσω μιας εκτονωτικής βαλβίδας (πορώδες καλώδιο), τότε εκτελείται έργο εσωτερικής μορφής και έτσι πραγματοποιείται η ψύξη του. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό με το όνομα Joule & Thomson- ψύξη.

Η υγροποίηση του αζώτου πραγματοποιείται σύμφωνα με τις προαναφερθείσες διαδικασίες και ολοκληρώνεται με το διαχωρισμό του από τον υγροποιημένο αέρα, μέσω της διαδικασίας της κλασματικής απόσταξης.

### **Μηχανικά συστήματα στην υγροποίηση αερίων**

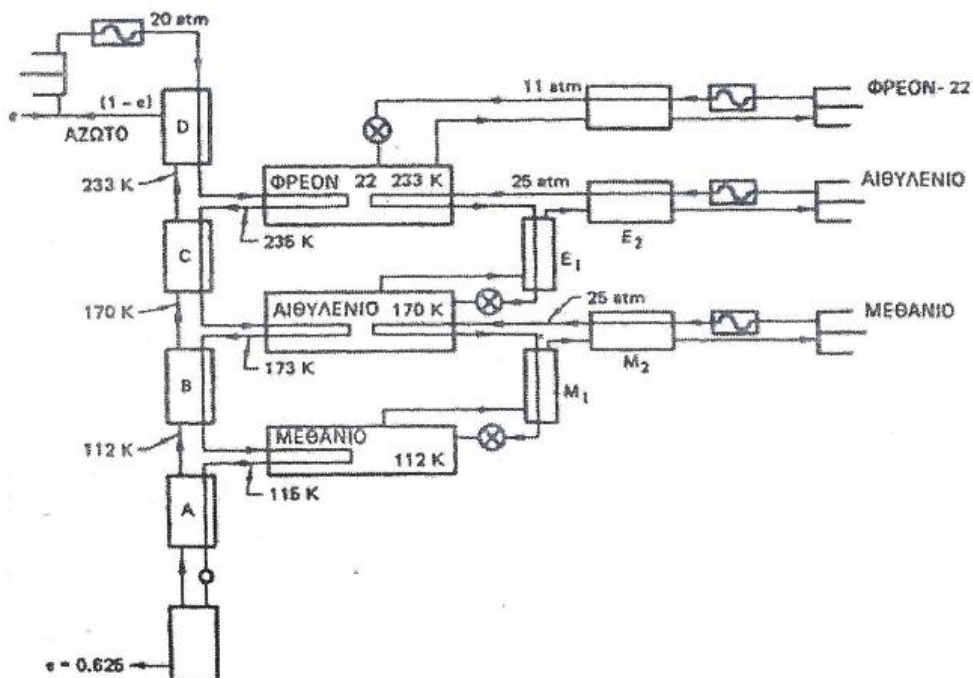
Για την ψύξη κάποιων αερίων χρησιμοποιείται ένα ψυκτικό σύστημα πολλαπλών σταδίων, όπου ένα απλό ψυκτικό ανακυκλώνεται μέσω δύο ή περισσότερων συμπιεστών που συνήθως βρίσκονται σε σειρά.

Το ακόλουθο σχήμα δείχνει το σύστημα παραγωγής χαμηλής θερμοκρασίας. Ο θάλαμος χαμηλής θερμοκρασίας είναι ο εξατμιστής του συστήματος, ενώ ανάμεσα στους συμπιεστές χρησιμοποιούνται εσωτερικοί ψυκτές νερού.



**Εικόνα 105: Σύστημα ψύξης πολλαπλών σταδίων**

Ένα άλλο μηχανικό σύστημα για τη λήψη χαμηλών θερμοκρασιών είναι το «σύστημα εν σειρά σύζευξης». Αυτό, πιο συγκεκριμένα, αποτελείται από πολλά ψυκτικά συστήματα, όπου το στοιχείο του εξατμιστή του ενός συστήματος, ψύχει το συμπυκνωτή του άλλου (διάγραμμα 11).



**Διάγραμμα 1: Σύστημα "εν σειρά σύζευξης", που χρησιμοποιεί φρέον, αιθυλένιο και μεθάνιο\***

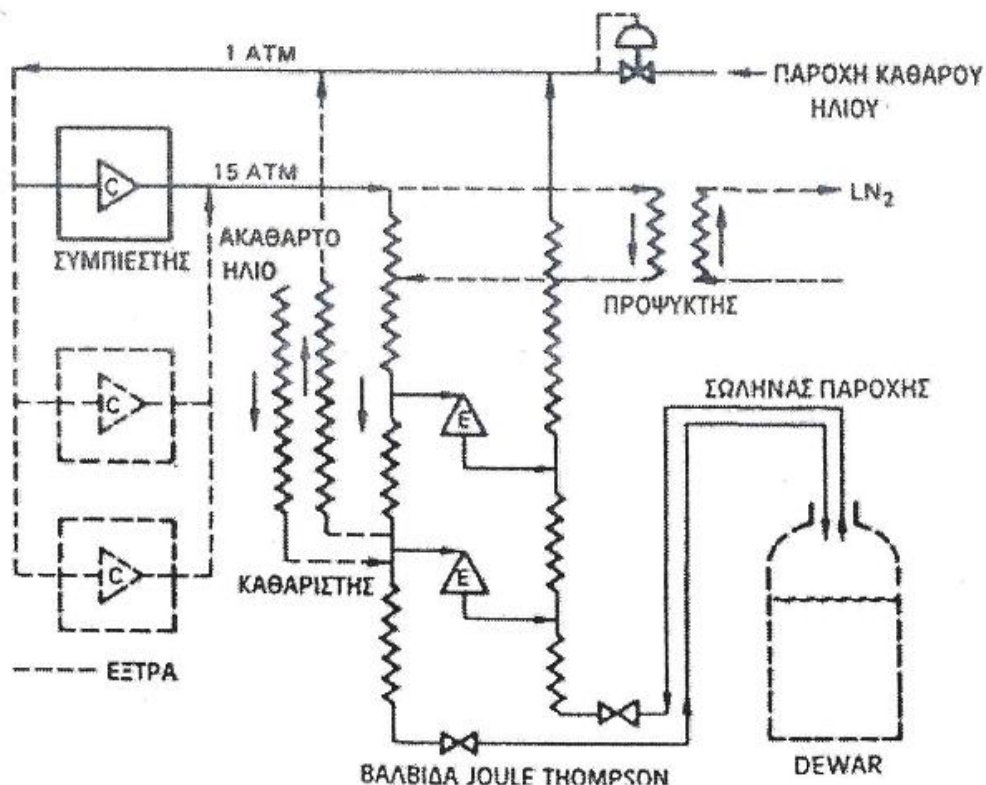
\*δεν ενδείκνυται η χρήση διαφορετικών ψυκτικών σε κάθε σύστημα



#### 4.5. Υγροποίηση για υπεραγώγιμα καλώδια

Το ήλιο υγροποιήθηκε για πρώτη φορά με επιτυχία το 1908, από το γερμανό φυσικό Kammereingh Onnes, στους  $-268,9^{\circ}$  C. Οι σημερινές τεχνικές υγροποίησης του ηλίου βασίζονται σε πολλές από τις μεθόδους που περιγράφηκαν παραπάνω. Η απαιτούμενη ποσότητα ηλίου προς υγροποίηση στην περιοχή, την οποία περιβάλλει το κρυογονικό καλώδιο, όπως και η ποσότητα που χρειάζεται για να επιτευχθεί η συγκράτηση του υπερμονωτή κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία, είναι ευτυχώς μικρή

Σε μία σύγχρονη μονάδα ψύξης-υγροποίησης, το ήλιο ψύχεται στους  $-273^{\circ}$ , όπου σε αυτή τη θερμοκρασία το ήλιο συλλέγεται. Η λειτουργία ενός ψύκτη-υγροποιητή παρουσιάζεται διαγραμματικά παρακάτω:



Διάγραμμα 2: Λειτουργία ψύκτη ηλίου

#### Ψυκτικά συστήματα κλειστού κύκλου αερίου ηλίου

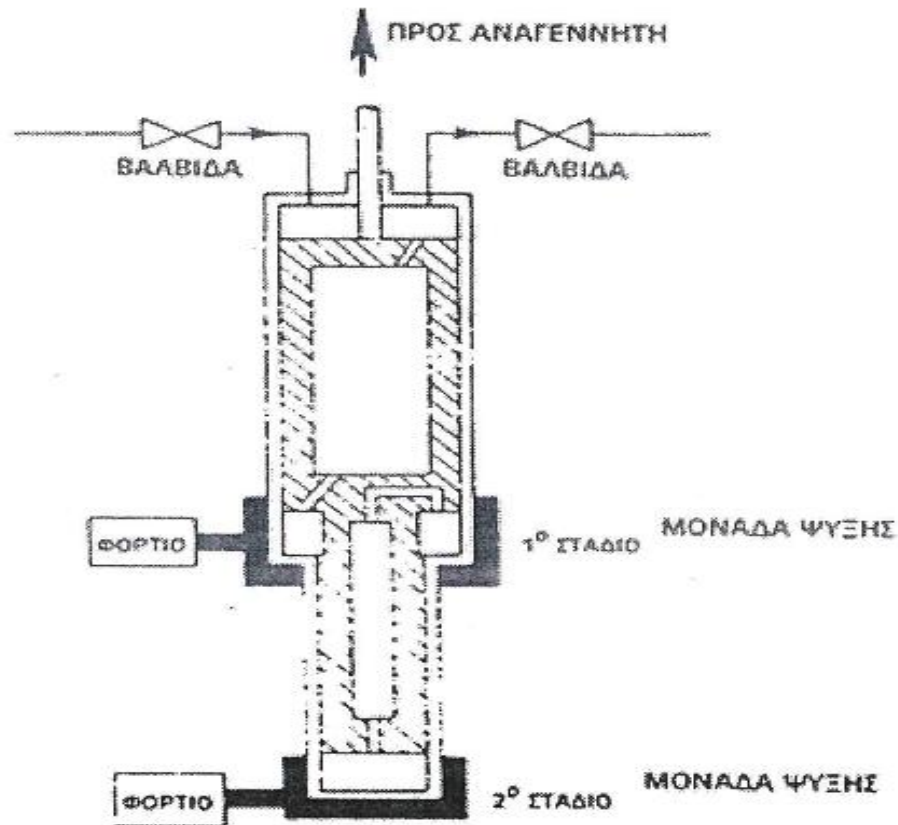
Οι σημερινές τεχνικές στον τομέα της ψύξης των αερίων, έχουν προοδεύσει τόσο ώστε να αγγίζουν εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες κάτω του μηδενός, πλησιάζοντας το απόλυτο μηδέν ( $-459^{\circ}$  F,  $-273^{\circ}$  F). Δουλεύοντας σταθερά σε θερμοκρασίες κάτω από 6 K, κρίθηκε απαραίτητη η ύπαρξη και χρήση ενός αερίου, το οποίο θα μπορούσε να παραμείνει στην ίδια μορφή σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν και σε υψηλής πιστότητας εναλλάκτες θερμότητας. Αυτό το αέριο είναι το ήλιο.

Τα ψυγεία ηλίου κλειστού κύκλου που λειτουργούν σε χαμηλές κρυογονικές θερμοκρασίες, απαιτούν ένα αερόψυκτο λιπαινόμενο συμπιεστή, με σύστημα διαχωρισμού των λαδιών και των βαλβίδων μέτρησης θερμοκρασιών του χώρου.

Οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες παράγονται από μία γεννήτρια, αρμοδιότητα της οποίας είναι να εξάγει τη θερμότητα από το εισερχόμενο αέριο, να το συγκεντρώσει και έπειτα να το οδηγήσει στο σύστημα εκτόνωσης. Η γεννήτρια είναι

ένας εναλλάκτης θερμότητα επιστροφόμενης ροής. Η διαδικασία στην πιο απλοποιημένη περιγραφή της έχει ως εξής: το ήλιο περνά προς κάθε κατεύθυνση στο εσωτερικό του εναλλάκτη και η γεννήτρια συγκεντρώνει τη θερμότητα από το υψηλής θερμοκρασίας ήλιο, με σκοπό να τη μεταφέρει στην ποσότητα ηλίου με χαμηλή θερμοκρασία.

Τα συστήματα απλού επιπέδου συμπιεστών ψυγείων κρυογονικής φύσης είναι χρήσιμα για την παραγωγή θερμοκρασιών από 30 K έως 77 K (-320° F έως -196° F). Η πιθανότητα επίτευξης της θερμοκρασίας ψύξης κάτω από 6° K μεγαλώνει όταν προσθέτουμε επίπεδα(δεύτερο και τρίτο κ.τ.λ.), όπως φαίνεται και στην εικόνα 11.



*Εικόνα 11: Σύστημα δύο επιπέδων θερμοκρασίας κάτω από 6° K*

## 5. ΜΕΛΕΤΗ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ

### 5.1. Εισαγωγικά

Το κεφάλαιο αυτό αφορά πληροφορίες σε σχέση με μία μελέτη κλιματισμού. Ο σκοπός, είναι κυρίως η κατανόηση της διαδικασίας της μελέτης, γι' αυτό το λόγο η θεωρητική επεξήγηση των διάφορων θεμάτων είναι σχετικά περιορισμένη. Η μέθοδος στην οποία βασίζεται η μελέτη είναι η γνωστή με το όνομα ASHRAE, ενώ μία απλούστερη χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των απωλειών σε τοίχους, οροφές και τζάμια εξαιτίας της αγωγιμότητας. Επιπλέον, δίνονται στοιχεία για συνήθεις περιπτώσεις κατασκευών, μέσω πινάκων (π.χ. πίνακας τιμών θερμοκρασίας).

Η αποδοτικότητα των κλιματιστικών συστημάτων, έγκειται στην παροχή ομοιόμορφων συνθηκών θερμοκρασίας και υγρασίας σε συνδυασμό με την ανεκτή στάθμη θορύβου. Αυτό βέβαια, είναι κάτι που εξαρτάται και από το σκοπό δημιουργίας της εκάστοτε εγκατάστασης. Παραδείγματος χάριν, μία κατοικία, πρέπει να έχει κατά προσέγγιση 24° C και σχετική υγρασία (ΣΥ) 40 %, ενώ αντίθετα ένας χώρος αποθήκευσης/επεξεργασίας καπνού απαιτεί ΣΥ περίπου στο 75%.

Οι εφαρμογές του κλιματισμού μπορούν να ομαδοποιηθούν σε κάποια είδη λαμβάνοντας υπόψη δύο κριτήρια: το σκοπό του κλιματισμού και το είδος της κλιματιστικής εγκατάστασης.

Ως προς το σκοπό του κλιματισμού μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν διακρίσεις λόγω της επιθυμίας για:

- § Ευχάριστο περιβάλλον, κατηγορία που περιλαμβάνει τις κατοικίες, τα γραφεία, τα ξενοδοχεία, τα αμφιθέατρα, τις βιβλιοθήκες κ. ά., με σκοπό είτε τη θέρμανσή τους, είτε την ψύξη τους., είτε το συνδυασμό τους.
- § Αντιβακτηριδιακό περιβάλλον, κατηγορία που περιλαμβάνει νοσοκομειακούς χώρους(χειρουργεία, μονάδες εντατικής θεραπείας, κ.ά), με σκοπό την ψύξη και τη θέρμανση.
- § Ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου ηλεκτρονικών συγκροτημάτων υψηλής τεχνολογίας, που περιλαμβάνει συγκροτήματα κεντρικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, τομογράφους, κ.ά., με σκοπό συνήθως την ψύξη.
- § Λόγους παραγωγικής διαδικασίας ή αποθήκευσης προϊόντων.

Ως προς το είδος της κλιματιστικής εγκατάστασης έχουμε:

- § Κεντρική εγκατάσταση, η οποία αφορά ένα ολόκληρο κτήριο
- § Ημικεντρική εγκατάσταση, η οποία αφορά ορισμένους χώρους ενός κτηρίου και
- § Τοπική εγκατάσταση (δωματίου), η οποία διαθέτει ως υποκατηγορίες την εγκατάσταση διαιρούμενου τύπου(split unit) και την εγκατάσταση μη διαιρούμενου τύπου (room unit).

Οι κεντρικές μονάδες ψύξης έχουν υδρόψυκτο συμπιεστή και διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

#### Α) Εγκαταστάσεις ψύξης με κυκλοφορία ψυχρού νερού

Περιλαμβάνει κυρίως:

- Ø Τον ψύκτη του νερού (chiller), ο οποίος ψύχει το νερό, το οποίο με τη σειρά του θα ψύξει τον αέρα.
- Ø Τη μονάδα ή τις μονάδες κλιματισμού, οι οποίες δέχονται το ψυχρό νερό(από το chiller), για να κλιματίσουν στη συνέχεια τον αέρα. Διακρίνονται έτσι οι παρακάτω περιπτώσεις:
  - Û Κεντρική μονάδα/τοπικές μονάδες(fan coils)/κεντρική μονάδα προκλιματισμού του αέρα σε συνδυασμό με τοπικές μονάδες(induction units), στις οποίες γίνεται πλήρης κλιματισμός του αέρα.
  - Û Πύργο ψύξης: ψύχει το νερό του υδρόψυκτου συμπυκνωτή.
  - Û Δίκτυο σωλήνων του πύργου ψύξης(αναχώρηση και επιστροφή) και κυκλοφορητής, ο οποίος είναι χρήσιμος στην κυκλοφορία του νερού από και προς τον πύργο ψύξης.
  - Û Αυτοματισμούς.

#### B) Εγκαταστάσεις ψύξης με κυκλοφορία ψυκτικού υγρού

Περιλαμβάνει κυρίως:

- Ø Τον ψύκτη.
- Ø Τον πύργο ψύξης, ο οποίος ψύχει το νερό του υδρόψυκτου συμπυκνωτή.
- Ø Το δίκτυο σωλήνων του πύργου ψύξης(αναχώρηση και επιστροφή), το οποίο είναι απαραίτητο για την κυκλοφορία του νερού από και προς τον πύργο ψύξης.
- Ø Το δίκτυο των σωλήνων του ψυκτικού μέσου και τον κυκλοφορητή προς τις κλιματιστικές μονάδες, στις οποίες γίνεται η εκτόνωση του ψυκτικού μέσου.
- Ø Τους απαιτούμενους αυτοματισμούς.

#### Γ) Εγκατάσταση ψύξης μέσω αυτόνομης μονάδας κλιματισμού, με επεξεργασία του αέρα

Περιλαμβάνει κυρίως:

- Ø Υδρόψυκτη αυτοδύναμη κλιματιστική μονάδα, με στοιχεία επεξεργασίας του αέρα.
- Ø Πύργο ψύξης(βλ. παραπάνω μονάδα)
- Ø Δίκτυο σωλήνων του πύργου ψύξης(αναχώρηση και επιστροφή) και τον κυκλοφορητή του νερού στην επιστροφή του δικτύου αυτού.
- Ø Δίκτυο αεραγωγών.
- Ø Αυτοματισμούς.

Ο συμπυκνωτής των ημικεντρικών μονάδων ψύξης είναι συνήθως υδρόψυκτος ή αερόψυκτος. Τέτοιου είδους μονάδες έχουν αυτόνομη λειτουργία και χρησιμοποιούνται κυρίως για τον κλιματισμό μεγάλων χώρων ενός κτιρίου. Συνήθως συνδυάζονται με δίκτυα αεραγωγών ή εγκαθίστανται εντός των κλιματιζόμενων χώρων. Παραδείγματος χάριν, το κλιματιστικό σύστημα ενός χειρουργικού συγκροτήματος είναι μία ημικεντρική μονάδα με δίκτυο αεραγωγών. Ημικεντρικό, μπορεί να είναι επίσης το σύστημα σε μεγάλες αίθουσες τραπεζών, καταστημάτων, κ.ά.

Οι τοπικές μονάδες κλιματισμού(room unit/split system), έχουν μικρό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας συγκριτικά με την κεντρική ή και την ημικεντρική εγκατάσταση κλιματισμού. Ενδείκνυνται για χρήση κυρίως σε μικρούς χώρους(π.χ.

γραφείο ή δωμάτιο). Ωστόσο διατίθενται και σε Btu/h, έτσι ώστε να είναι σε θέση να καλύψουν και ανάγκες μεγαλύτερων χώρων.

Στη συνέχεια θα εξεταστεί ο κλιματισμός με μια αυτόνομη κλιματιστική μονάδα. Οι πίνακες τιμών που χρειάζονται στον υπολογισμό των ψυκτικών αναγκών, αφορούν συνήθεις χώρους χρήσης, όπως κατοικίες, γραφεία, ξενοδοχεία, βιβλιοθήκες, εστιατόρια, καταστήματα αυτοεξυπηρέτησης κ.α. η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στα εξής θέματα:

- Τα θερμικά φορτία κατά το χειμώνα και κατά το καλοκαίρι.
- Τα στοιχεία επεξεργασίας του αέρα, ανάλογα με την περίπτωση(θερμαντικό στοιχείο, ψυκτικό στοιχείο, υγραντήρας και μεταθερμαντικό στοιχείο).
- Το δίκτυο των αεραγωγών.
- Τον πύργο ψύξης(στην περίπτωση υδρόψυκτων συμπιεστών).
- Τους σωλήνες και τους κυκλοφορητές.
- Τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

## 5.2. Θερμοκρασία και σχετική υγρασία (ΣΥ) στους υπολογισμούς

### A) Εξωτερικές συνθήκες

- Το χειμώνα: 0° C και 70% - 80% σχετική υγρασία
- Το καλοκαίρι: 35° C και 35% - 40% σχετική υγρασία

### B) Εσωτερικές συνθήκες(σε συνήθεις εγκαταστάσεις)

- Το χειμώνα: 20° C - 22° C και σχετική υγρασία 40%
- Το καλοκαίρι: 23° C - 26° C και σχετική υγρασία 50%.

## 5.3. Το θερμικό φορτίο την περίοδο του χειμώνα και του καλοκαιριού

Ο υπολογισμός των συνολικών απωλειών θέρμανση ( $Q_{\chi}$ ) ενός χώρου βασίζεται στις απώλειες που γίνονται λόγω των επιφανειών που βρίσκονται εκεί και στις απώλειες λόγω του αερισμού. Στη μελέτη της θέρμανσης, δεν λαμβάνονται υπόψη οι διάφορες απολαβές που έχει ο χώρος, όπως για παράδειγμα η ηλιακή ακτινοβολία, ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται, οι λαμπτήρες φωτισμού.

### Σημείωση:

- i. Στη βιβλιογραφία, οι τιμές της θερμοκρασίας, δίνονται συχνά σε βαθμούς Φαρενάιτ (° F). Η αντιστοιχία μεταξύ των βαθμών Φαρενάιτ και των βαθμών Κελσίου δίνεται από τις σχέσεις:

$$C = \frac{(F-32)}{1,8}$$

$$F = 9 \frac{C}{5} + 32$$

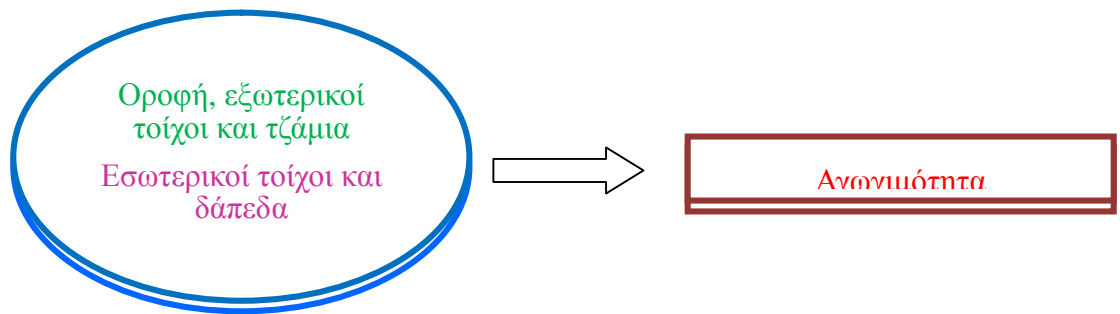
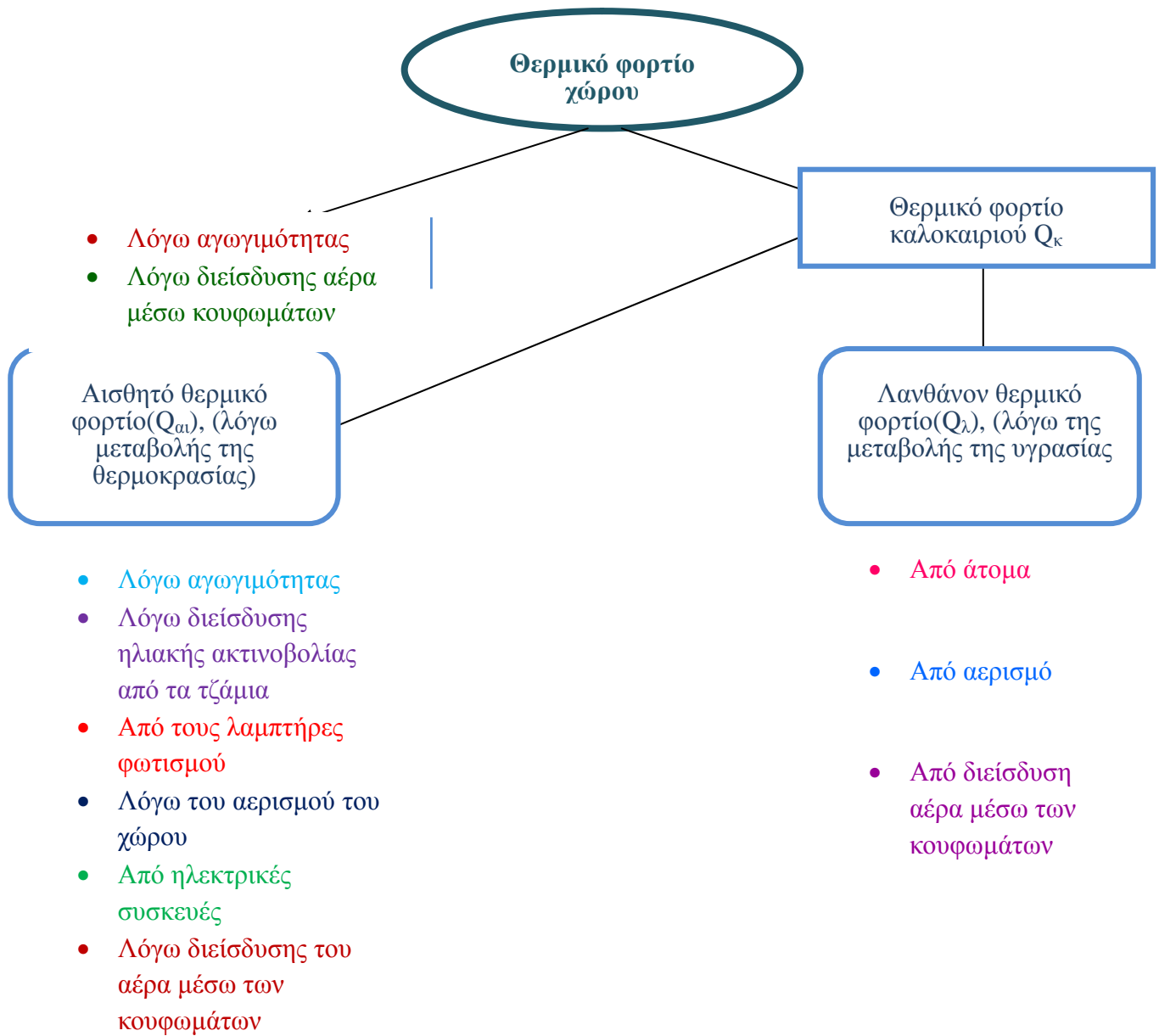
- ii.  $\text{Σχετική υγρασία} = \frac{\text{ποσοστό υγρασίας στον αέρα}}{\text{ποσοστό υγρασίας στον κορεσμένο αέρα}}$
- iii.  $\text{Ειδική υγρασία } w$ : είναι η ποσότητα της υγρασίας σε gr σε ένα kg αέρα(π.χ. οι απώλειες των ηλεκτρικών συσκευών). Κατά τον τρόπο αυτό, εμμέσως βρίσκεται ένας συντελεστής ασφαλείας στους υπολογισμούς, καθώς οι

Θερμικές πηγές συνεισφέρουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του εκάστοτε χώρου προς μελέτη.

Για τον υπολογισμό των ψυκτικών αναγκών ενός χώρου, δεν αρκεί ο υπολογισμός μόνο των θερμικών φορτίων που προέρχονται από την αγωγιμότητα και τον αερισμό. Είναι απαραίτητο να λάβει κανείς υπόψη του όλες τις θερμικές πηγές του χώρου για να είναι σε θέση η κλιματιστική μονάδα (ή μονάδες) να τις αντιμετωπίζουν, έτσι ώστε να επικρατούν τελικά οι επιθυμητές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας, ανάλογα βέβαια με τις απαιτήσεις του κλιματιζόμενου χώρου. (Διαφορετικές απαιτήσεις κλιματισμού έχει για παράδειγμα μια κατοικία, μια βιβλιοθήκη, μία τράπεζα, ένα θέατρο, ένα χειρουργείο, μια μονάδα εντατικής θεραπείας, κ.τ.λ.)

Έτσι, σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, η συνολική ισχύς ενός χώρου,, υπολογίζεται με διαφορετικό τρόπο την περίοδο του χειμώνα από την περίοδο του καλοκαιριού. Το σχήμα που ακολουθεί, περιγράφει διαγραμματικά τη διαφορά στη θερμική ισχύ σε kcal/h που απαιτείται για να θερμάνει το χώρο το χειμώνα( $Q_{\chi}$ ) και στη θερμική ισχύ σε kcal/h που απαιτείται για να ψύξει το χώρο το καλοκαίρι( $Q_{\kappa}$ ). Για τον υπολογισμό της τιμής του μεικτού φορτίου του καλοκαιριού(αισθητό και λανθάνον), χρησιμοποιείται η σχέση:

$$Q_{\kappa} = Q_{ai} + Q_{\lambda}$$



#### 5.4. υπολογισμός του θερμικού φορτίου του καλοκαιριού

1) Θερμικά φορτία από οροφές, εξωτερικούς τοίχους και τζάμια

Ο υπολογισμός δίνεται από τη σχέση:

$$Q = A \times K \times \Delta_e, \text{σε Kcal/h}$$

Όπου:

- ✚  $A$ , είναι η επιφάνεια σε  $m^2$
- ✚  $K$ , είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας σε  $Kcal/m^2 h^\circ C$
- ✚  $\Delta_e$ , είναι η θερμοκρασιακή διαφορά ψυκτικού φορτίου κατά ASHREA σε  $^\circ C$ , δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας χώρου ως προς το περιβάλλον, στην οποία λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα το γεωγραφικό πλάτος, ο μήνας, η ώρα, ο προσανατολισμός και το χρώμα της επιφάνειας.

Για διαφορετικές συνθήκες από:

- Βόρειο γεωγραφικό πλάτος  $40^\circ$
- Εσωτερική θερμοκρασία  $25,5^\circ C$
- Εξωτερική θερμοκρασία  $29,4^\circ C$  (με ημερήσια διακύμανση  $11,6^\circ C$ ),

η  $\Delta_e$  υπολογίζεται γενικά για την 21<sup>η</sup> Ιουλίου από τις παρακάτω σχέσεις:

για οροφές:

$$\Delta_e = \{ (\Delta_{e1} + \alpha)\beta + (25,2 - e_x) + (\theta_0 - 29,4) \} \gamma$$

(Πίνακας 2)

Για εξωτερικούς τοίχους:

$$\Delta_e = (\Delta_e + \alpha)\beta + (25,5 - \theta_x) + (\theta_0 - 29,4)$$

(Πίνακας 3)

Για τζάμια:

$$\Delta_e = \Delta_e + (25,5 - e_x) + (\theta_0 - 29,4)$$

(Πίνακας 4)

Όπου:

- ✚  $\theta_x$ , η θερμοκρασία του χώρου,
- ✚  $\theta_0$ , η μέση εξωτερική θερμοκρασία την 21<sup>η</sup> Ιουλίου,
- ✚  $\Delta_e$ , η τιμή  $\Delta_e$  στην περίπτωση που ισχύουν τη 21<sup>η</sup> Ιουλίου οι συνθήκες που προαναφέρθηκαν,
- ✚  $\alpha$ , ο συντελεστής που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το μήνα και τον προσανατολισμό (στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται ως LM),
- ✚  $\beta$ , ο συντελεστής που εξαρτάται από το χρώμα της επιφάνειας (στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται με K),
- ✚  $\gamma$ , ο συντελεστής που αφορά τη ροή του αέρα μέσω της οροφής (στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται με f)

Στους πίνακες 1 και 2 δίνονται ορισμένες τιμές  $\Delta_{e1}$  και  $\alpha$ , καθώς και τιμές των συντελεστών  $\beta$  και  $\gamma$ . περισσότερες πληροφορίες θα πρέπει να αναζητηθούν στους σχετικούς πίνακες ASHRAE.



Σημείωση:

Ο υπολογισμός του θερμικού φορτίου από οροφές, εξωτερικούς τοίχους και τζάμια (παράθυρα, μπαλκονόπορτες και πόρτες), μπορεί να πραγματοποιηθεί προσεγγιστικά με τη μέθοδο που εφαρμόζεται στη μελέτη θέρμανσης. Στην περίπτωση αυτή, για την τιμή  $\Delta e$ , έχουμε:

- για εξωτερικές επιφάνειες (με θερμοκρασία χώρου 23° C):  $\Delta e = 9^\circ \text{C}$
- για εξωτερικές επιφάνειες (με θερμοκρασία χώρου 26° C):  $\Delta e = 12^\circ \text{C}$ .

είδος επι- φά- νει- ας	K kcal m <sup>2</sup> h° C	προ- σα- να- το- λι- σμός	ώρα							
			0.800	10.00	12.00	14.00	15.00	16.00	18.00	20.00
			Δθ <sub>1</sub> σε °C							
ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΤΟΙΧΟΣ	≈0,85 έως 1,47	B	4	4	4	5	6	6	8	9
		BA	6	7	10	11	12	12	13	13
		A	7	9	13	15	16	16	17	16
		NA	6	7	10	14	15	16	16	16
		N	6	5	5	8	9	11	13	14
		NA	8	7	6	7	8	10	14	18
		Δ	9	7	7	7	8	9	13	18
		BΔ	7	6	5	6	6	7	10	14
Τζά- μια	≈5,1	-	0	2	5	7	8	8	7	4
Οροφή	≈0,57	-	8	8	10	15	18	20	24	25

**Πίνακας 9: Τιμές  $\Delta e_1$  (ή CLTD κατά ASHRAE) για συνήθεις εξωτερικούς τοίχους, οροφές χωρίς σκίαση και τζάμια (με τιμές K)**

Σημείωση:

- Οι τιμές για τον τοίχο και την οροφή, αφορούν την 21 Ιουλίου για βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40°, εξωτερική θερμοκρασία 29,4° C, με ημερήσια διακύμανση 11,6° C και εσωτερική θερμοκρασία 25,5° C. (Για πιο συγκεκριμένο προσανατολισμό θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες στους πίνακες ASHRAE.)
- Οι τιμές για τα τζάμια αφορούν εξωτερική θερμοκρασία 29,4° C, με ημερήσια διακύμανση 11,6° C και εσωτερική θερμοκρασία 25,5° C.

προσανατολισμός		B, BA, A, NA, NΔ, Δ, Β	N
α (21 Ιουλίου-γεωγραφικό πλάτος 40°)	ΤΟΙΧΟΣ	0,0	0,5
	ΟΡΟΦΗ	0,5	

Εξωτερική Επιφάνεια	β	
	χρώμα ανοικτό	χρώμα σκούρο
οροφή	0,5	1
Τοίχος	0,65	1

γ (για οροφές)	
με ροή αέρα μέσω της οροφής : γ=1	
χωρίς ροή αέρα μέσω της οροφής : γ=0,5	

Πίνακας 10: τιμές συντελεστών α, β και γ

Όπου:

- ✚ α, συντελεστής, που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, το μήνα και τον προσανατολισμό( στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται ως LM)
- ✚ β, συντελεστής, που εξαρτάται από το χρώμα της επιφάνειας(στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται με K)
- ✚ γ, συντελεστής, που εξαρτάται από τη ροή του αέρα μέσω της οροφής(στους πίνακες ASHRAE συμβολίζεται με f)

Σημείωση:

- i. Οι τιμές του α (ή LM) για διαφορετικό γεωγραφικό πλάτος και μήνα θα πρέπει να αναζητηθούν σύμφωνα με τους πίνακες ASHRAE. Οι σχετικοί πίνακες ASHRAE, δίνουν για τα γεωγραφικά πλάτη τις τιμές: 0, 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 και 64°.
- ii. Η Αθήνα έχει βόρειο γεωγραφικό πλάτος 37° 58". Την 21<sup>η</sup> Ιουλίου η μέση εξωτερική θερμοκρασία στην Αθήνα, είναι περίπου  $\theta_0 = 32,2^\circ \text{C} \pm 2^\circ \text{C}$ . Επομένως για  $\theta_\gamma = 24^\circ \text{C}$  ισχύει για την Αθήνα ο παρακάτω πίνακας.

Επιφάνεια στην Αθήνα	Προσανατολισμός	
	B, BA, A, NA, NΔ, Δ και ΒΔ	N
Εξωτερικός τοίχος	$\Delta e = \Delta e_1 \times \beta + 3,7$	$\Delta e = (\Delta e_1 - 0,5) \times \beta + 3,7$
Οροφή	$\Delta e = \{(\Delta e_1 + 0,5) \times \beta = 3,7\} \times \gamma$	
Τζάμι	$\Delta e = \Delta e_1 + 3,7$	

Πίνακας 11: Σχέσεις υπολογισμού Δe για την Αθήνα

- iii. Αισθητό θερμικό φορτίο από γειτονικούς τοίχους

Το αισθητό θερμικό φορτίο ως προς τους γειτονικούς και μη κλιματιζόμενους χώρους υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_{ai} = A \times K \times (\theta_{\psi} - \theta_{\chi})$$

Όπου:

- ✚  $A$ , η επιφάνεια
- ✚  $K$ , ο συντελεστής θερμότητας εσωτερικού χώρου
- ✚  $\theta_{\psi}$ , η θερμοκρασία του γειτονικού χώρου
- ✚  $\theta_{\chi}$ , η θερμοκρασία του χώρου.

Συνήθως είναι:  $\theta_{\psi} - \theta_{\chi} = 6 \div 8 \text{ } ^\circ \text{C}$ .

iii. Αισθητό θερμικό φορτίο από το δάπεδο

Διακρίνονται δύο περιπτώσεις:

- α) για δάπεδα μεταξύ ορόφων, όπου ισχύει η παραπάνω σχέση και
- β) για δάπεδα επί του εδάφους, όπου  $Q_{ai} = 0$ .

iv. Αισθητό θερμικό φορτίο, λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα τζάμια

Ισχύει η σχέση:

$$Q_{ai} = A \times \delta \times \varepsilon \times \zeta$$

Όπου:

- ✚  $A$ , η επιφάνεια του τζαμιού
- ✚  $\delta$ , ο συντελεστής λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και το μήνα
- ✚  $\varepsilon$ : ο συντελεστής σκίασης του τζαμιού
- ✚  $\zeta$ , ο συντελεστής του ψυκτικού φορτίου

Ορισμένες τιμές των συντελεστών αυτών, δίνονται στον Πίνακα 4.

Προσανατολισμός	Β	ΒΑ ή ΒΔ	Α ή Δ	ΝΑ ή ΝΔ	Ν			
$\delta$ σε kcal/m <sup>2</sup> h ( 21 Ιουλίου βόρεια γεωγραφικό πλάτος 40° )	112,7	125,3	128,0	115,0	111,5			
$\varepsilon$	για εσωτερική σκίαση των τζαμιών : $\varepsilon = 0,64$ για εξωτερική σκίαση των τζαμιών : $\varepsilon \approx 0,15$							
προσανατολισμός	z (για συνήθεις χώρους) ώρα							
	0.800	10.00	12.00	14.00	15.00	16.00	18.00	20.00
Β	0,46	0,59	0,73	0,75	0,74	0,75	0,75	0,50
ΒΑ	0,44	0,40	0,33	0,30	0,28	0,26	0,21	0,15
Α	0,44	0,51	0,46	0,31	0,29	0,26	0,21	0,15
ΝΑ	0,38	0,54	0,51	0,40	0,36	0,33	0,25	0,18
Ν	0,14	0,31	0,32	0,58	0,53	0,47	0,36	0,29
ΝΔ	0,12	0,15	0,23	0,44	0,53	0,56	0,53	0,33
Δ	0,10	0,12	0,14	0,29	0,40	0,50	0,55	0,33
ΒΔ	0,11	0,14	0,17	0,21	0,30	0,42	0,54	0,32

**Πίνακας 12: Τιμές συντελεστών  $\delta$ ,  $\varepsilon$  και  $\zeta$  (ή αντίστοιχα κατά ASHRAE HGFmax, SC & CL) για συνήθεις χώρους\***

\*Για μικρούς χώρους και λεπτομερέστερους προσανατολισμούς είναι απαραίτητη η αναζήτηση πληροφοριών σε πίνακες ASHRAE.

v. Αισθητό θερμικό φορτίο από τους λαμπτήρες φωτισμού του χώρου

Το θερμικό φορτίο σε kcal/h ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως μέχρι  $P = 100W$ , είναι περίπου ίσο με  $0,85 P$ , ενώ ενός λαμπτήρα φθορισμού είναι περίπου  $1,1 P$ . Οι τιμές αυτές προκύπτουν από εμπειρικά δεδομένα (για ακριβέστερες τιμές, θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες σε ειδική βιβλιογραφία).

vi. Αισθητό θερμικό φορτίο από κινητήρες

Για ονομαστική συνεχή λειτουργία ισχύει περίπου:

- Για κινητήρες  $1/4$  Hp 1000 kcal/HP h
- Για κινητήρες  $1/2$  Hp 850 kcal/HP h
- Για κινητήρες πάνω από 5 Hp 750 kcal/HP h

Στους κινητήρες λαμβάνεται υπόψη και εκείνος της προσαγωγής του αέρα. Για ακριβέστερες τιμές θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες σε ειδική βιβλιογραφία.

vii. Αισθητό και λαθάνον θερμικό φορτίο από ηλεκτρικές συσκευές

Για το συνολικό θερμικό φορτίο μιας ηλεκτρικής συσκευής ισχύει:

$$Q_{ai} + Q_{\lambda} = 1,15 P, \text{ σε kcal}$$

Όπου  $P$ , η ισχύς σε Watt.

Ορισμένες προσεγγιστικές τιμές, ανάλογα με το είδος της συσκευής, δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Για λεπτομερέστερες τιμές και στοιχεία άλλων συσκευών θα πρέπει να αναζητηθούν πληροφορίες σε ειδική βιβλιογραφία.

Ηλεκτρική συσκευή	$Q_{ai}$ Kcal/h	$Q_{\lambda}$ Kcal/h
Ηλεκτρικός φούρνος με τρία μάτια και απορροφητήρα	910	-
Τοστιέρα	1230	230
Καφετιέρα	60	15
Ηλεκτρικό τηγάνι καταστήματος (με απορροφητήρα)	1250	-
Ηλεκτρική συσκευή για σουβλάκια και μπιφτέκια:		
Α) με απορροφητήρα	675	-
Β) χωρίς απορροφητήρα	1350	730
Αθροιστική μηχανή	200	-

<b>καταστήματος</b>		
<b>Προσωπικός Υπολογιστής</b>	200	-

**Πίνακας 5: Αισθητό και λανθάνον φορτίο ορισμένων ηλεκτρικών συσκευών**

viii. Αισθητό θερμικό φορτίο από άτομα στο χώρο

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται ορισμένες προσεγγιστικές τιμές.

<b>Πως εργάζεται το άτομο</b>	<b>Αισθητό θερμικό φορτίο σε kcal</b>	<b>Λανθάνον θερμικό φορτίο σε kcal</b>
Άτομο που εργάζεται με λίγες μετακινήσεις	126	62
Άτομο που εργάζεται με πολλές μετακινήσεις	250	80
Άτομο με καθιστική εργασία	100	30
Άτομο που κάθεται	88	40
Άτομο όρθιο	110	57
Αθλητής ή χορευτής	350	115
Επιπλέον φορτίο για πελάτες εστιατορίου	9	9

**Πίνακας 6: προσεγγιστικές τιμές αισθητού και λανθάνοντος θερμικού φορτίου από άτομα**

Η ανανέωση του αέρα στους κλιματιζόμενους χώρους, γίνεται σκόπιμα με άμεσο τρόπο ή μέσω εγκατάστασης κλιματισμού, ανάλογα με το σκοπό της εγκατάστασης. Για τις ανάγκες αερισμού ανά άτομο σε συνήθεις χώρους, γενικά ισχύει:

Ø Για χώρους χωρίς κάπνισμα:  $9 \div 12,6 \text{ m}^3/\text{h} \& \text{ person}$

Ø Για χώρους με κάπνισμα:  $43 \div 72 \text{ m}^3/\text{h} \& \text{ person}$

Με βάση τις παραπάνω τιμές, είναι δυνατή η δημιουργία ενός πίνακα τιμών σε αναλογία με το χώρο(κατοικία, κατάστημα, μπαρ, κ.ά.), και την ύπαρξη ή μη καπνιζόντων εκεί. Ο πίνακας 7 δίνει περιοχές τιμών, οι οποίες προέκυψαν βάσει των προαναφερόμενων τιμών σε ελληνικά δεδομένα. Επίσης, στον πίνακα αναφέρονται οι εναλλαγές που απαιτούνται στον αέρα ανά ώρα, για ειδικούς χώρους νοσοκομείων.

<b>Κλιματιζόμενος χώρος</b>	<b>Περιοχή τιμών <math>\text{m}^3/\text{h}</math> και άτομο</b>	<b>Προτεινόμενη τιμή</b>
<b>Διαμέρισμα</b>	18÷36	27
<b>Τράπεζες</b>	13÷18	16

<b>Γραφεία δημοσίου Εμπορικά καταστήματα Κομμωτήρια</b>		
<b>Ιδιωτικά γραφεία</b>	20÷35	28
<b>Εστιατόρια</b>	20÷35	28
<b>Μεγάλοι χώροι αναμονής</b>	36÷72	54
<b>Ταβέρνες Μπαρ</b>	43÷72	58

<b>Ειδικοί νοσοκομειακοί χώροι</b>	<b>Εναλλαγές του αέρα ανά ώρα</b>
<b>Αίθουσες χειρουργείων</b>	20
<b>Ανάληψη</b>	20
<b>Βοηθητικοί χώροι χειρουργείων</b>	10
<b>Αποστείρωση</b>	20
<b>Μονάδα εντατικής θεραπείας</b>	20

**Πίνακας 7: Ανάγκες αερισμού σε κλιματιζόμενους χώρους\***

\*Οι τιμές για τους νοσοκομειακούς χώρους προέρχονται από στοιχεία της βιβλιογραφίας, ενώ οι τιμές για τους υπόλοιπους χώρους είναι εκτιμήσεις σε σχέση με τα ελληνικά δεδομένα.





Ύστερα από τον καθορισμό των αναγκών του αερισμού ανά άτομο, ή των εναλλαγών του αέρα για τους νοσοκομειακούς ή άλλους χώρους, υπολογίζεται το απαιτούμενο αισθητό και λανθάνον θερμικό φορτίο για το νωπό αέρα. Στην περίπτωση που η παραγωγή του δεν γίνεται μέσω της κλιματιστικής συσκευής, ο τρόπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του είναι ο ακόλουθος:

**α) Αισθητά θερμικό φορτίο( $Q_{ai}$ )**

Για το αισθητά θερμικά φορτίο ισχύει:

$$Q_{ai} = M \times c_p (\theta_0 - \theta_x)$$

Όπου:

-   $M$ , η μάζα του αέρα
-   $C_p$ , η ειδική θερμότητά του υπό σταθερή πίεση
-   $\theta_0$ , η θερμοκρασία περιβάλλοντος
-   $\theta_x$ , η θερμοκρασία του κλιματιζόμενου χώρου.

Έτσι με:

$$P = (M)/V = 0,001293 \text{ gr/ [cm]}^3,$$

Όπου:

✚  $V$ , ο απαιτούμενος όγκος του αέρα, η τιμή του οποίου προκύπτει από τον πίνακα 7 και τον αριθμό των ατόμων

Και:

$$C_p = 0,24 \text{ kcal/gr. grad}$$

Έχουμε:

$$Q_{ai} = 031 V (\theta_0 - \theta_x) \text{ σε kcal/h}$$

Όπου:

✚  $V$ , σε  $\text{m}^3/\text{h}$  και

✚  $\theta_0$  και  $\theta_x$  σε  $^\circ\text{C}$

**β) Λανθάνον θερμικό φορτίο ( $Q_\lambda$ )**

για το λανθάνον θερμικό φορτίο ισχύει:

$$Q_\lambda = g \times q \times V (w_x - w_0)$$

Όπου:

✚  $g$ , το ειδικό βάρος του αέρα

✚  $q$ , η λανθάνουσα θερμότητα του νερού σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

✚  $w_x$ , η υγρασία του αέρα στον κλιματιζόμενο χώρο

✚  $w_0$ , η ειδική υγρασία του αέρα του περιβάλλοντος

Επομένως έχουμε:

$$Q_\lambda = 1,2.584 \times V(w_x - w_0) \text{ kcal/h}$$

ή

$$Q_\lambda = 0,708 \times V(w_x - w_0) \times 10^{-3} \text{ kcal/h}$$

Όπου:

§  $V$ , σε  $\text{m}^3/\text{h}$

§  $w_x$  και  $w_0$  σε  $\text{gr/kg}$

ix. Αισθητό θερμικό φορτίο από απώλειες αεραγωγών

Υπολογίζεται ως προσαύξηση του συνολικού αισθητού θερμικού φορτίου:

- Για μεγάλα μήκη αεραγωγών, δηλαδή πάνω από 25m, η προσαύξηση είναι 5%
- Για μικρά μήκη αεραγωγών η προσαύξηση είναι 2%

x. Αισθητό και λανθάνον θερμικό φορτίο από διείσδυση αέρα μέσω των χαραμάδων και των κουφωμάτων

Οι υπολογισμοί βασίζονται στις σχέσεις που αναλύθηκαν παραπάνω(βλ. κόκκινη γραμματοσειρά) με μία προσαύξηση στον όγκο του κλιματιζόμενου αέρα:

- Σε χώρους διείσδυσης νεπού αέρα (π.χ. καταστήματα, είσοδος ξενοδοχείων κ.τ.λ.), γίνεται προσαύξηση στον όγκο του αέρα κατά 10%.

- Σε χώρους με κουφώματα σε δύο εξωτερικούς τοίχους, γίνεται προσαύξηση της τιμής  $V$  κατά 5%.

xi. Άσκηση υπολογισμού θερμικού φορτίου καλοκαιριού

Δεδομένα:

1. Τραπεζαρία ξενοδοχείου των Αθηνών ( εξωτερικές συνθήκες  $35^{\circ}\text{C}$  / ΣΥ 35%, εσωτερικές συνθήκες  $26^{\circ}\text{C}$  / ΣΥ 50% )
2. Διαστάσεις: μήκος 20 m, πλάτος 10 m και ύψος 5 m
3. Προσανατολισμός: ΒΑ
4. Δάπεδο: επί του εδάφους
5. Ύπαρξη εξωτερικού τοίχου ανοικτού χρώματος με επιφάνεια  $100\text{ m}^2$  με  $K = 0,65\text{ kcal/m}^2\text{h }^{\circ}\text{C}$
6. Ύπαρξη εξωτερικής τζαμαρίας συνήθους κατασκευής  $100\text{ m}^2$
7. Κλιματισμός γειτονικών χώρων
8. Τρεις (3) σερβιτόροι
9. Πενήντα (50) άτομα
10. Φωτισμός με σαράντα (40) λαμπτήρες φθορισμού

Ζητούμενο:

Να υπολογισθεί το θερμικό φορτίο καλοκαιριού, όταν η ανανέωση του αέρα δεν γίνεται μέσω της κλιματιστικής συσκευής.

Λύση:

Ο υπολογισμός γίνεται εύκολα με τη συμπλήρωση του παρακάτω πίνακα:



1. Αισθητά θερμικά φορτία από βροχή, εξωτερικούς τοίχους και τζάμια												
Είδος επιφάνειας	Προσανατολισμός	l m	h m	A <sub>1</sub> m <sup>2</sup>	A <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	A=A <sub>1</sub> -A <sub>2</sub> m <sup>2</sup>	K kcal/m <sup>2</sup> h°C	β	γ	Μήνας..... ώρα....		
										α	Δε <sub>1</sub> °C	Δε <sub>2</sub> °C
Τζάμια	BA					100	9,8	9,8	90	12	11,5	977,5
						100	5,1			θ	13,1	6681

2. Αισθητά θερμικά φορτία από εσωτερικούς τοίχους και δάπεδα									
Είδος επιφάνειας	l m	h m	A m <sup>2</sup>	K kcal/m <sup>2</sup> h°C	θ <sub>γ</sub> °C	θ <sub>κ</sub> °C	Δθ=θ <sub>κ</sub> -θ <sub>γ</sub> °C	Q=A.K.Δθ kcal/h	
								-	

3. Αισθητά φορτία λόγω διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας από τζάμια								
Είδος τζαμιού	προσανατολισμός	l m	h m	A m <sup>2</sup>	δ kcal/m <sup>2</sup> h°C	ε	z	Q=A.δ.ε.z
οινοπέδι	BA			100	125,3	9,15	93	564

4. Αισθητά θερμικά φορτία λόγω φωτισμού		
πυράκτωση :	τεμ. 44	x 0,86 W
φωτισμού :	τεμ. 44	x 1,1 36 W
		1584

5. Αισθητά θερμικά φορτία από κινητήρες		
μέχρις 1/4 HP :	τεμ. ....	x 1000
1/2 HP + 5 HP :	τεμ. ....	x 850
πάνω από 5 HP :	τεμ. ....	x 750
		-

6. Αισθητά θερμικά φορτία από ηλεκτρικές συσκευές		
φούρνος με τρία μάτια και με απορροφητήρα	910	x τεμ. ....
τοστιέρα	1230	x τεμ. ....
καφετιέρα	60	x τεμ. ....
τηγάνι καταστήματος (με απορροφητήρα)	1250	x τεμ. ....
συσκευή για σουβλάκια με απορροφητήρα	675	x τεμ. ....
>> >> >> χωρίς απορροφητήρα	1350	x τεμ. ....
αεροιστική μηχανή καταστήματος	200	x τεμ. ....
προσωπικός υπολογιστής	200	x τεμ. ....
		-

7. Αισθητά θερμικά φορτία από άτομα				7 kcal/h	
άτομα χωρίς πολλές μετακινήσεις : αριθμ. ατόμων.....x 125				750	
άτομα με πολλές μετακινήσεις : αριθμ. ατόμων...3...x 250 (π.χ. σερβιτόρας)					
άτομα που εργάζονται κλεισμένα : αριθμ. ατόμων.....x100					
άτομα που κάθονται : αριθμ. ατόμων...50...x 88					
άτομα όρθια : αριθμ. ατόμων.....x110					
αθλητές ή χορευτές : αριθμ. ατόμων.....x350					
επιπλέον φορτίο για πελάτες εστιατορίου : αριθμ. ατόμων...50...x 9				450	
<b>8. Αισθητά θερμικά φορτία λόγω αέρισμά</b>					
Χώρος	V σε m <sup>3</sup> /h & άτομα	θ <sub>α</sub> °C	θ <sub>ε</sub> °C	Δθ=θ <sub>ε</sub> -θ <sub>α</sub> °C	0,31.V.Δθ
Διαμέρισμα	άτομα...x27x (*)				4140
Τράπεζες, Γραφεία δημοσίου Εμπορικά κατάστημα Κομμωτήρια	άτομα...x16x (*)				
Ιδιωτικά γραφεία	άτομα...x28x (*)				
Εστιατόρια	άτομα...x28x (*)	35	26	9	
Χώροι αναμονής	άτομα...x54x (*)				
Ταβέρνες και Μπαρ	άτομα...x58x (*)				
<b>Άθροισμα αισθητών θερμικών φορτίων</b>					
Προσαύξηση 5% για μεγάλα μήκη παραγωγών (πάνω από 25 m) ή προσαύξηση 2% για μικρά μήκη αεραγωγών					<b>393</b>
<b>ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ ΑΙΣΘΗΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ</b>					<b>20025</b>

I. Λανθάνοντα θερμικά φορτία από συσκευές			
τοστιέρα	230 x τεμ	...	
καφετιέρα	15 x τεμ	...	
συσκευή για σουβλάκια χωρίς απορροφητήρα	730 x τεμ	...	
II. Λανθάνοντα θερμικά φορτία από άτομα			
άτομα χωρίς πολλές μετακινήσεις :	αριθμ. ατόμων	... x 52	
άτομα με πολλές μετακινήσεις (π.χ. σερβιτόρος)	αριθμ. ατόμων	... x 8	240
άτομα που εργάζονται καθισμένα	αριθμ. ατόμων	... x 4	
άτομα που κάθονται	αριθμ. ατόμων	... x 30	1500
άτομα όρθια	αριθμ. ατόμων	... x 57	
σκαλπές ή κορευτές	αριθμ. ατόμων	... x 115	
επιπλέον φορτία για πελάτες εστιατορίου	αριθμ. ατόμων	... x 9	450
III. Λανθάνον θερμικά φορτία λόγω αερισμού			
Χώρος	Q σε m <sup>3</sup> /h & άτομα	W <sub>κ</sub> σε W	W <sub>α</sub> σε W
Διαμέρισμα	άτομα... x27x (*)		
Τράπεζες, Γραφεία δημοσίου Εμπορικά καταστήματα Κομμωτήρια	άτομα... x16x (*)		
Ιδιωτικά γραφεία	άτομα... x28x (*)		
Εστιατόρια	άτομα... x33x28x (*)	125	11 15
Χώροι αναμονής	άτομα... x54x (*)		
Ταβέρνες και Μπαρ	άτομα... x58x (*)		
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΛΑΝΘΑΝΟΝ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ</b>			<b>3766</b>
Συνολικό αισθητό θερμικό φορτίο			20025
Συνολικό λανθάνον θερμικό φορτίο			3766
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΟΥ</b>			<b>23791</b>

### 5.5. Η ενθαλπία και το ψυχομετρικό διάγραμμα κατά ASHRAE

Η ενθαλπία είναι θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμότητας που περιέχει ένα θερμοδυναμικό σύστημα. Ειδικότερα, αποτελεί το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας ενός σώματος και του γινομένου της εξωτερικής πίεσης επί του όγκου που καταλαμβάνει μια ουσία. Το γινόμενο, εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται για να εκτοπίσει το σώμα το περιβάλλον του και να καταλάβει τη θέση στην οποία βρίσκεται.

Με τον ελληνικό όρο, διεθνή σήμερα, ενθαλπία, που προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό ρήμα ενθάλλω (= ζεσταίνω, κρύβω μέσα μου, περιθάλλω), χαρακτηρίζεται στη Χημεία η ενέργεια που προσφέρεται κατά τη θέρμανση ουσιών και που εγκλωβίζεται στα μόριά τους, ιδίως σε εκείνα των υδρατμών τους. Συνέπεια αυτού είναι ότι τα μόρια αυτά έχουν μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα αρχικά




μόρια. Έτσι, στη γλώσσα της χημείας, η ενθαλπία αποτελεί το θερμικό περιεχόμενο κάθε χημικού συστήματος η οποία και συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα **H** (ή με το *h*).

Η ενέργεια αυτή οφείλεται στις δυνάμεις των χημικών δεσμών που συγκρατούν τα άτομα μέσα στο μόριο, αλλά και στη κίνηση των ατόμων, των ηλεκτρονίων καθώς και του ίδιου του μορίου. Έτσι, η χημική αυτή ενέργεια παραμένει εγκλωβισμένη μέσα στο μόριο και μπορεί να αποδοθεί άλλοτε εύκολα π.χ. με σπινθήρα στη βενζίνη, και άλλοτε δύσκολα.<sup>19</sup>

Σύμφωνα με τον πρώτο κανόνα της θερμοδυναμικής, η θερμική ισχύς (*Q*), η οποία προσδίδεται στον αέρα ενός χώρου με σκοπό τη θέρμανσή του, ισούται με τη μεταβολή της ενεργειακής κατάστασής του. Η μεταβολή αυτή της μονάδας της μάζας του αέρα, δίνεται ως διαφορά της ενθαλπίας. Έτσι, για τη συνολική μάζα του αέρα (*M*), ισχύει:

$$Q = (H_2 - H_1) \times M = \Delta_H \times M$$



Όπου:

-  *H*<sub>1</sub>, η ενθαλπία στην αρχική κατάσταση του αέρα
-  *H*<sub>2</sub>, η ενθαλπία στην τελική κατάσταση του αέρα
-   $\Delta_H$ , η διαφορά ενθαλπίας

Με:

$$M = \frac{V}{v_1}$$

Όπου:

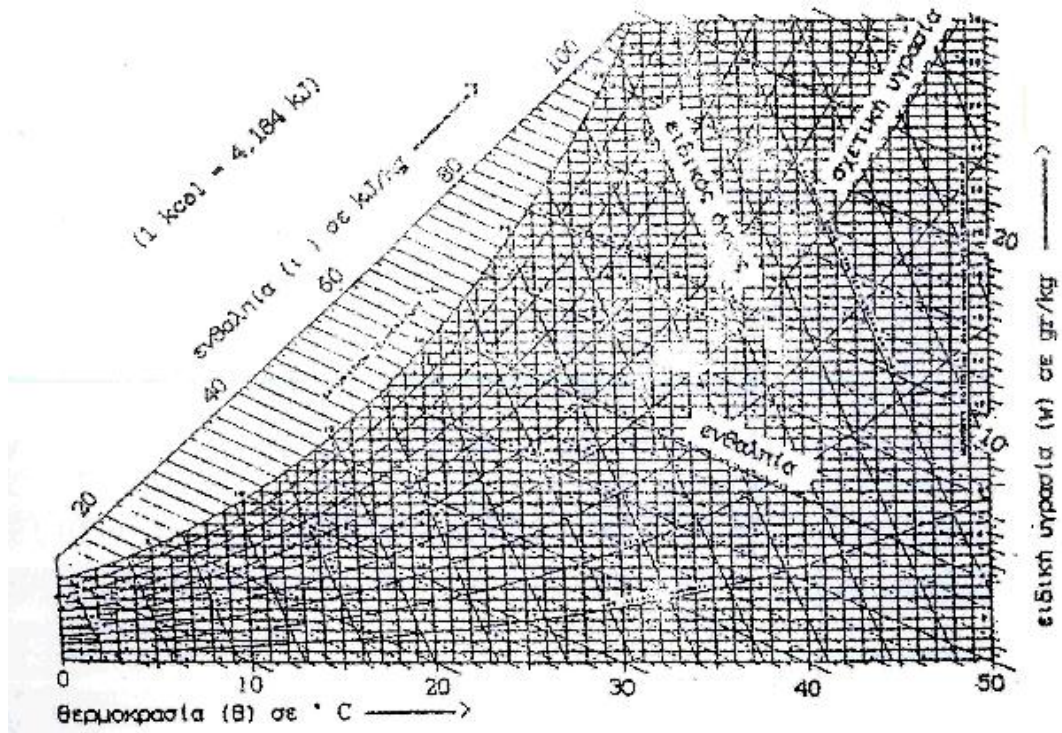
-  *V*, ο όγκος του αέρα
-  *v*<sub>1</sub>, ο ειδικός όγκος του αέρα στην αρχική κατάσταση

Έχουμε:

$$Q = [(H)_2 - H_1]V/v_1 = \Delta_H V/v_1$$

Το ψυχομετρικό διάγραμμα (ή αλλιώς και ψυχομετρικός χάρτης), παρουσιάζει τη θερμοδυναμική κατάσταση του αέρα (Διάγραμμα 1). Σε κάθε σημείο του διαγράμματος αυτού είναι γνωστή η θερμοκρασία, η ενθαλπία, ο ειδικός όγκος, η σχετική υγρασία και η ειδική υγρασία. Διευκρινήσεις, με σκοπό την καλύτερη ανάλυση του ψυχομετρικού διαγράμματος, παρέχονται από το σχήμα 1, μέσω του καθορισμού, ως ένα βαθμό, των μεγεθών που προαναφέρθηκαν.

<sup>19</sup> <http://el.wikipedia.org>

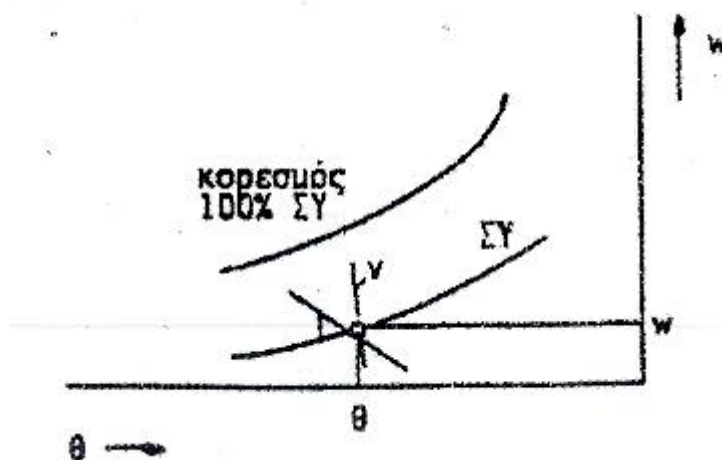


**Διάγραμμα 3: Ψυχομετρικό διάγραμμα Νο1 κατά ASHRAE (υψόμετρο 0, πίεση 101,325kPa, θερμοκρασία 0° C ÷ 50° C)**

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατίθεται η συνηθέστερη μέθοδος για ψύξη-θέρμανση, η οποία διαθέτει τα παρακάτω στοιχεία:

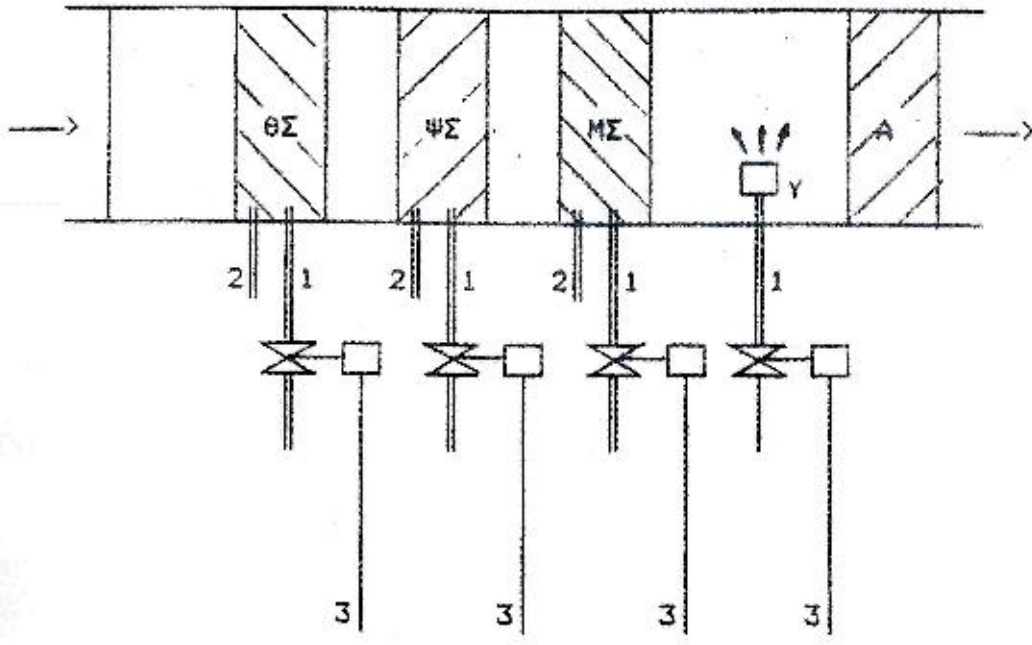
- ✚ θερμαντικό στοιχείο (ΘΣ)
- ✚ ψυκτικό στοιχείο (ΨΣ)
- ✚ μεταθερμαντικό στοιχείο (ΜΣ)
- ✚ υγραντής

Τα στοιχεία αυτά εξετάζονται αναλυτικά στο ψυχομετρικό διάγραμμα, με βάση τις «μετακινήσεις» τους (Συνολικά υπάρχουν επτά(7) χάρτες-διαγράμματα, ανάλογα με το υψόμετρο, την πίεση και τη θερμοκρασία.).




**Εικόνα 1: Διευκρινιστικό σχέδιο του ψυχομετρικού διαγράμματος**

- ✚  $H$ , ενθαλπία
- ✚  $v$ , ειδικός όγκος
- ✚  $w$ , ειδική υγρασία
- ✚  $\Sigma Y$ , σχετική υγρασία
- ✚  $\theta$ , θερμοκρασία



*Εικόνα 2: Απλοποιημένη παράσταση επεξεργασίας του αέρα*

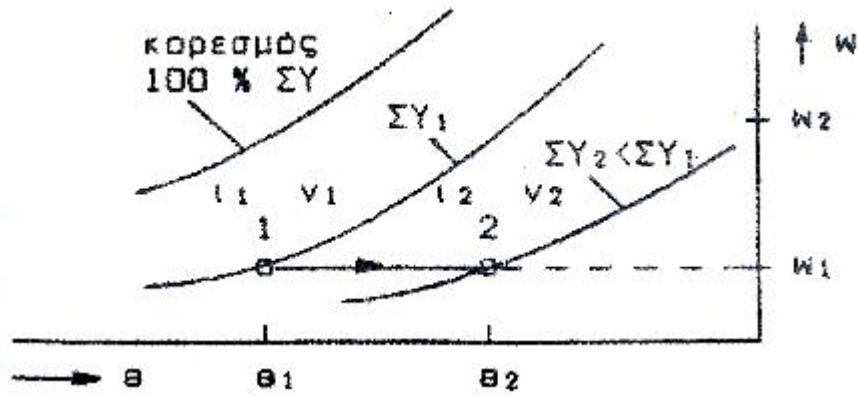
- ✚  $\Theta\Sigma$ , θερμαντικό στοιχείο
- ✚  $\Psi\Sigma$ , ψυκτικό στοιχείο
- ✚  $M\Sigma$ , μεταθερμαντικό στοιχείο
- ✚  $Y$ , υγραντής
- ✚  $A$ , ανεμιστήρας
- ✚  $1$ , σωλήνας εισόδου προς το στοιχείο
- ✚  $2$ , σωλήνας επιστροφής από το στοιχείο
- ✚  $3$ , καλωδιώσεις από τα αντίστοιχα αισθητήρια στον κλιματιζόμενο χώρο
- ✚ , ηλεκτροβάννα

### 1) Το θερμαντικό στοιχείο

Το θερμαντικό στοιχείο πρέπει να καλύψει:

1. Τη θέρμανση του εισερχόμενου αέρα με θερμοκρασία  $\theta_1$  (σημείο 1 στον ψυχομετρικό χάρτη), στην επιθυμητή θερμοκρασία  $\theta_2$  (σημείο 2 στον ψυχομετρικό χάρτη). Στην περίπτωση αυτή ισχύει, κατά το διάγραμμα 2, η σχέση:

$$Q_{(1.2)} = (H_2 - H_1) V/v_1 = [\Delta H]_{\alpha} (V/v_1)$$



Διάγραμμα 4: Θέρμανση

2. Το θερμικό φορτίο χειμώνα ( $Q_{\chi}$ ), λόγω του οποίου απαιτείται η εύρεση της διαφοράς ενθαλπίας:

$$[\Delta H]_{\chi} = Q_{\chi} (v_2/V)$$

Έτσι, η συνολικά απαιτούμενη θερμική ισχύς είναι:

$$Q_{\theta\Sigma} = ( [\Delta H]_{\alpha} + [\Delta H]_{\chi} ) V/v_1 \text{ σε kcal/h}$$

Όπου:

- §  $\Delta H_{\alpha}$  και  $\Delta H_{\chi}$ , σε kcal/kg
- §  $V$ , σε  $m^3/h$
- §  $v_1$  και  $v_2$ , σε  $m^3/kg$
- §  $Q_{\chi}$ , σε kcal/h

## 2) Ο υγραντής

Εξαιτίας της μείωσης της σχετικής υγρασίας λόγω της θέρμανσης, (βλ. Διάγραμμα 2,  $\Sigma Y_2 < \Sigma Y_1$ ), είναι απαραίτητη η ύγρανση του αέρα. Η απαιτούμενη παροχή του υγραντή είναι:

$$\Pi = V/v_2 (w_2 - w_1) \times [10]^{(-3)} \text{ σε kg/h}$$

Όπου:

- §  $V$ , σε  $m^3/h$
- §  $v_2$ , σε  $m^3/kg$
- §  $w_1$  και  $w_2$ , σε gr/kg

Για την ισχύ του υγραντή ισχύει η σχέση:

$$P = 0.65 \times \Pi \text{ σε kW}$$

Όπου:

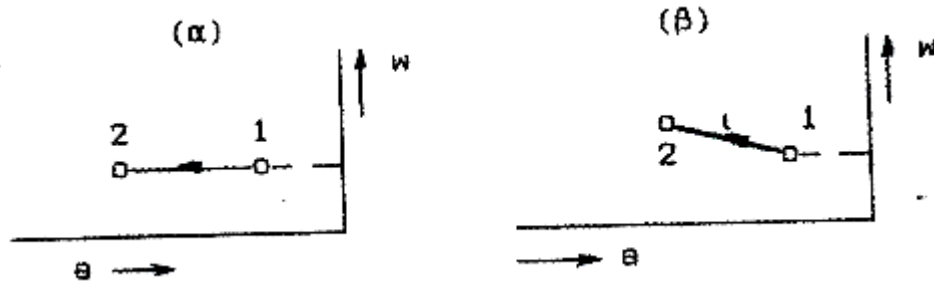
- §  $\Pi$ , σε kg/h

## 3) Το ψυκτικό στοιχείο

Η ψύξη μπορεί να γίνει γενικά με τρεις τρόπους:

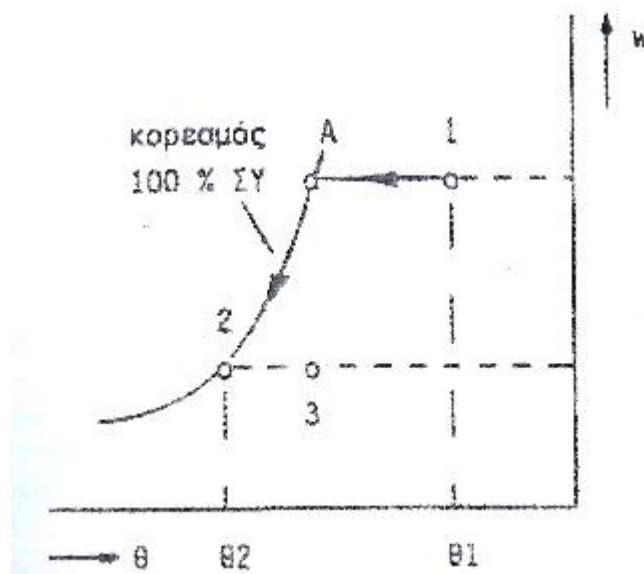
- Με ψύξη και αφύγρανση, που είναι και η συνηθέστερη μέθοδος

- Με ψύξη υπό σταθερή ειδική υγρασία (βλ. Εικόνα 3 : αντίστροφη πορεία από εκείνη της θέρμανσης)
- Με ψύξη υπό σταθερή ενθαλπία, μέχρι το επιθυμητό ποσοστό σχετικής υγρασίας (Εικόνα 3)



Εικόνα 36: α) ψύξη υπό σταθερή τιμή  $w$  β) ψύξη υπό σταθερή τιμή  $H$

Το ψυκτικό στοιχείο, θα πρέπει να ψύξει τον αέρα του χώρου και να καλύψει τις ψυκτικές ανάγκες από το συνολικό λανθάνον θερμικό φορτίο ( $Q_L$ ) του χώρου. Στο στοιχείο αυτό, γίνεται ψύξη υπό σταθερή  $w$  από το σημείο 1 στο Α (που έχει 100% ΣΥ) και στη συνέχεια αφύγρανση μέχρι το σημείο 2 (που έχει την ίδια ειδική υγρασία με την επιθυμητή στον κλιματιζόμενο χώρο).



Διάγραμμα 5: Ψύξη-Αφύγρανση και Μεταθέρμανση α) ψυκτικό στοιχείο (από το σημείο 1 προς το 2) β) μεταθερμαντικό στοιχείο (από το σημείο 2 προς το σημείο 3)

Έτσι, επειδή για την ψύξη του αέρα (από το σημείο 1 στο σημείο 2), κατά το Διάγραμμα 3, απαιτείται:

$$Q = (H_1 - H_2) V/v_1 = [\Delta H]_{a'} V/v_1$$

Και η αύξηση της διαφοράς ενθαλπίας (στο σημείο 2) λόγω του  $Q_L$  είναι:

$$[\Delta H]_{\lambda} = Q_{\lambda} v_2/V$$

Έχουμε:

$$Q_{\Psi\Sigma} = ( [\Delta H]_{a'} + [\Delta H]_{\lambda} ) V/v_1 \text{ σε kcal/h}$$



Όπου:

§  $\Delta H_a$  και  $\Delta H_\lambda$  σε kcal/h

§  $V$  σε  $m^3/h$

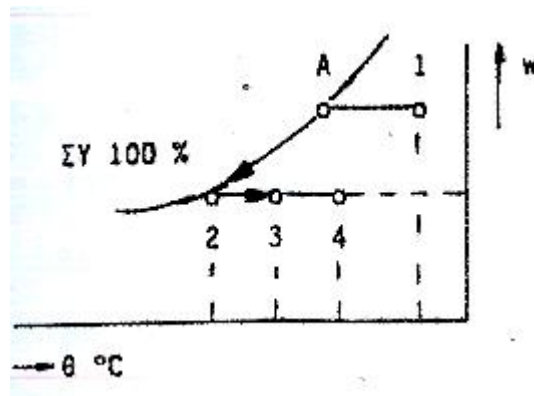
§  $v_1$  και  $v_2$  σε  $m^3/kg$

§  $Q_\lambda$  σε kcal/h

### 3) Το μεταθερμαντικό στοιχείο

Κατόπιν της ψύξης (σημείο 2 του Διαγράμματος 3), απαιτείται μεταθέρμανση του αέρα, έτσι ώστε να αποκτήσει την επιθυμητή θερμοκρασία και σχετική υγρασία. Κάτι τέτοιο πραγματοποιείται μέσω του μεταθερμαντικού στοιχείου, το οποίο πρέπει να θερμαίνει τον αέρα, εκλειπόμενων των αναγκών θέρμανσης, εξαιτίας του αισθητού φορτίου( $Q_\lambda$ ) του χώρου. Έτσι, επειδή για τη μεταθέρμανση του αέρα (με την αρχική πλέον θέση 2, σε μια θέση 4, βλ. Διάγραμμα 4), απαιτείται:

$$Q_{(2.4)} = V/v_2 [\Delta H]_{\alpha''}$$



**Διάγραμμα 6:** Θερμοδυναμικές καταστάσεις του αέρα κατά τη μεταθέρμανσή του **α)** από το 2 στο 3 καλύπτεται από το ΜΣ **β)** από το 3 στο 4 καλύπτεται από το  $Q_{ai}$

Η μείωση της διαφοράς ενθαλπίας λόγω του  $Q_{ai}$  στον κλιματιζόμενο χώρο θα είναι:

$$[\Delta H]_{\alpha i} = Q_{\alpha i} v_2 / V$$

Η απαιτούμενη διαφορά ενθαλπίας στο σημείο εργασίας 3 είναι:

$$\Delta H = [\Delta H]_{\alpha''} - [\Delta H]_{\alpha i}$$

Έτσι, για το μεταθερμικό στοιχείο έχουμε:

$$Q_{M\Sigma} = ([\Delta H]_{\alpha''} - [\Delta H]_{\alpha i}) V / v_2 \text{ σε kcal/h}$$

Όπου:

§  $\Delta H_{\alpha''}$  και  $\Delta H_{\alpha i}$  σε kcal/kg

§  $V$  σε  $m^3/h$

§  $v_2$  σε  $m^3/kg$

## 5.6. Οι κυκλοφορητές και τα δίκτυα των σωλήνων

### Στοιχείο θέρμανσης

A. προσωρινή διατομή σωλήνα «θερμαντικού στοιχείου-κλιματιστικής μονάδας»:

Υπολογίζεται με βάση το  $Q_{\theta\Sigma}$  από την Εικόνα 2 (βλ. παραπάνω-κεφ.5)

B. Κυκλοφορητής:

Παροχή κυκλοφορητή:

$$W = Q_{\theta\Sigma}/1000 \text{ σε } m^3/h$$

Όπου:

§  $Q_{\theta\Sigma}$  σε kcal/h

### Στοιχείο Ψύξης:

A. Προσωρινή διατομή σωλήνα «ψυκτικού στοιχείου-κλιματιστικής μονάδας»:

Υπολογίζεται με βάση το  $Q_{\psi\Sigma}$  από την Εικόνα 2 (βλ. παραπάνω-κεφ.5)

B. Κυκλοφορητής:

Παροχή κυκλοφορητή:

$$W = Q_{\psi\Sigma}/5000 \text{ σε } m^3/h$$

Όπου:

§  $Q_{\psi\Sigma}$  σε kcal/h

### Σημείωση:

1. Η επιλογή της οριστικής διατομής του σωλήνα γίνεται από διαγράμματα για ταχύτητα νερού 0,8 m/s και την απαιτούμενη παροχή νερού W:
  - ο Για τη θέρμανση είναι:  $W = \frac{Q_{\theta\Sigma}}{10000}$  σε  $m^3/h$  (με  $Q_{\psi\Sigma}$  σε kcal/h)
  - ο Για την ψύξη είναι:  $W = \frac{Q_{\psi\Sigma}}{5000}$  σε  $m^3/h$  (με  $Q_{\theta\Sigma}$  σε kcal/h)
2. Το μανομετρικό ύψος κυκλοφορητή υπολογίζεται:
  - ο Για τη θέρμανση: από τις τριβές στο σωλήνα, τα εξαρτήματα, το λέβητα και το θερμικό στοιχείο.
  - ο Για την ψύξη: από τις τριβές στο σωλήνα, τα εξαρτήματα, τον ψυκτήρα και το ψυκτικό στοιχείο.
3. Το μανομετρικό ύψος των κυκλοφορητών της ψύξης και της θέρμανσης μπορεί να υπολογισθεί προσθέτοντας κατόπιν
  - § τις τριβές στο θερμικό στοιχείο (για τη θέρμανση)
  - § τις τριβές στο ψυκτικό στοιχείο και τις τριβές στον ψυκτήρα (για την ψύξη).

### 5.7. Η ικανότητα του πύργου ψύξης σε ψυκτικούς τόνους

Για την ψύξη του υδρόψυκτου συμπυκνωτή είναι απαραίτητη η κυκλοφορία του νερού μεταξύ του συμπυκνωτή και του πύργου ψύξης. Κάτι τέτοιο πραγματοποιείται σε δύο σωλήνες (αναχώρηση - επιστροφή) και έναν κυκλοφορητή στην επιστροφή. Για αποβαλλόμενο θερμικό φορτίο στον πύργο ψύξης περίπου 15000 BTU/h.RT, η ικανότητα του πύργου ψύξης σε ψυκτικούς τόνους, δίνεται από τη σχέση:

$$Q = (W \times 500 \times \Delta\theta) / 1500 \text{ σε RT}$$

Όπου:

- 1 RT = 12000 kcal/h
- W, η απαιτούμενη ποσότητα νερού σε gpm
- $\Delta\theta$ , η μείωση της θερμοκρασίας νερού στον πύργο ψύξης, η οποία συνήθως βρίσκεται στους 10° F).

Ο κυκλοφορητής επιλέγεται με βάση την παροχή νερού W και το μανομετρικό ύψος του, δηλαδή τις τριβές τις οποίες έχει να αντιμετωπίσει στο δίκτυο, στον πύργο ψύξης και στο συμπυκνωτή.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **ΕΝΤΥΠΗ**

#### Ελληνόγλωσση

- W «Η συμβολή της Αντλίας Θερμότητας στην Αποδοτικότερη Χρήση της Πρωτόγονης Ενέργειας», Γ. Βασιλάτος, Τεχνικό Έντυπο, ΤΕΚΛΙΜΑ Α.Ε., Αθήνα 2001.
- W «Αντλίες Θερμότητας και Εφαρμογές», Η. Συντζανάκης, εκδ. Οδηγός, Πειραιάς 1995.
- W «Εφαρμογές Κτιριακών και Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων», Μπούρκας, Αθήνα 1998.
- W "Θερμοδυναμική" 1 η Έκδοση, Δ.Χασάπης, Γκιούρδας Εκδοτική ΕΠΕ, Αθήνα (2007)
- W Διπλωματική εργασία, «Προσομοίωση Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας», Χρηματοπούλου Μαρία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2009
- W Διπλωματική εργασία, «Διάγνωση Βλαβών και Προληπτική Συντήρηση στα Υδραυλικά Συστήματα», Βαρθολομαίος Σιμωνίδης, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2007
- W Προσομοίωση σεμιναρίου, «Τεχνολογίες Παραγωγής Ψύξης και Κλιματισμού με τη Χρήση Ηλιακής Ενέργειας και Παραδείγματα Εφαρμογών, Καραγιώργος Δ., Αθήνα 2008

#### Ξενόγλωσση

- W "Heat Pumps", J. Heap, Addison Wesley Publishing Co., New York 1987.
- W "Modern A/C Practice", N. Harris, edit. John Wiley, New York 1994.
- W "Technology Evaluation of Unitary Water-to-Air Heat Pumps", J. Christian, ICES Technical Borchure, New York 2000.
- W D. Kondepudi, "Introduction to Modern Thermodynamics", Wiley, West Sussex PO19 8SQ, England (2008)

### **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ**

- W [http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS\\_B\\_LYK.PDF/B\\_FYBL25-170.pdf](http://www.physics.ntua.gr/~dris/FYS_B_LYK.PDF/B_FYBL25-170.pdf) (16 Δεκεμβρίου 2012)
- W [http://www.mie.uth.gr/n\\_ekp\\_yliko.asp?id=70](http://www.mie.uth.gr/n_ekp_yliko.asp?id=70) (22 Ιανουαρίου 2013)
- W <http://el.wikipedia.org> (20 Μαΐου 2013)
- W <http://www.thermoydraulikos.gr> (25 Ιανουαρίου 2013)
- W <http://www.aerodynamiki.gr> (10 Φεβρουαρίου 2013)