

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΨΥΞΕΩΣ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ
ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΤΥΠΟΥ ΗFC ΚΑΙ ΗCFC.**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Σουλιώτης Βασίλειος (4697)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Σαάντ Φαντί

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2016

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΨΥΞΕΩΣ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ
ΨΥΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΤΥΠΟΥ ΗFC ΚΑΙ ΗCFC)**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Σουλιώτης Βασίλειος

ΑΜ : (4697)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :27/06/2016

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας:

Σαάντ Φαντί

Περίληψη:

Η ψύξη είναι ένας τομέας που επηρεάζει την καθημερινότητα μας με πάρα πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Από το οικιακό μας ψυγείο τροφίμων και το κλιματιστικό, ο ρόλος του οποίου είναι που μας κρατά φυσιολογική θερμοκρασία, είτε στον χώρο που διαμένουμε, είτε σε ηλεκτρονικά εξαρτήματα και εγκαταστάσεις υψηλής σημασίας η ψύξη είναι απαραίτητος παράγοντας που εξασφαλίζει ευνοϊκές συνθήκες του περιβάλλοντος εργασίας και διαβίωσης του ανθρώπου. Η παρακάτω πτυχιική εργασία περιέχει δομή και ανάλυση των συστημάτων ψύξεως καθώς και την σύγκριση εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούν την αμμωνία ως μέσο ψύξης με εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν ως μέσο ψύξης αλογονούχα ψυκτικά μέσα όπως Υδροφθοράνθρακες (HFC) και Υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC). Πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση λειτουργίας ψυκτικών εγκαταστάσεων και μερών αυτών καθώς και λόγοι χρησιμοποίησης διαφόρων ψυκτικών μέσων με την πάροδο των ετών με σκοπό να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία των εγκαταστάσεων και ασφαλής εργασία των εργαζομένων στις παραπάνω εγκαταστάσεις. Στις επόμενες σελίδες θα γίνει εισαγωγή στις βασικές έννοιες της ψύξης, στο ρόλο των ψυκτικών μέσων στην λειτουργία της εγκατάστασης, στις διάφορες εφαρμογές των ψυκτικών μέσων και στον διαχωρισμό τους σύμφωνα με τις ιδιότητες τους, Γίνεται επίσης ανάλυση στο περιβαλλοντικό πρόβλημα που προκλήθηκε εξαιτίας των ψυκτικών μέσων. Στο τέλος της εργασίας ο αναγνώστης θα έχει την δυνατότητα πλήρους κατανόησης της κατασκευαστικής δομής ψυκτικών εγκαταστάσεων, του τρόπου λειτουργίας, της σημαντικότητας ύπαρξης και των διαφορών των ψυκτικών μέσων με τα οποία αυτές λειτουργούν.

Abstract:

Refrigeration is one of the most affective domains of our every-day lives for various reasons. Starting from our own house's refrigerator and air conditioning unit, the purpose of which is to keep decent temperature either in our houses or in highly sensitive electrical appliances, refrigeration is a needful factor to ensure favorable conditions of human's working and living environment. The present dissertation aims to present the structure and analysis of refrigeration systems as well as to compare installations which use ammonia as the cooling medium (coolant) to those which use halogenated cooling mediums (coolants), such as Hydrofluorocarbons (HFCs) and Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs). A detailed analysis of refrigeration systems working principles is provided and the reasons for using various cooling mediums over the years, with a view to achieving optimum performance of the installations and maximum safety for the people working there, are explained. The dissertation also contains analysis of the effects of cooling mediums (coolants) on the environment and the problems that were caused. Having read this dissertation, the reader will be in a position to fully understand the structure of any refrigeration installation, the way of operation and the importance of the different cooling mediums (coolants) with the help of which refrigeration installations operate.

Πρόλογος:

Στόχος της εργασίας είναι η κατανόηση των συστημάτων ψύξης που εφαρμόζονται παντού γύρω μας, από το οικιακό μας ψυγείο ως βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξεως που συναντώνται σε ξηρά και θάλασσα. Λόγος επιλογής της εργασίας ήταν η ελλιπής ενασχόληση και γνώση μου πάνω σε συστήματα ψύξης. Στις ενότητες που θα ακολουθήσουν θα γίνει ξεκάθαρο το τι είναι ψύξη, ποιος ο λόγος ύπαρξης της γύρω μας, πού βρίσκουν εφαρμογή τα διάφορα συστήματα ψύξης που υπάρχουν, από τι αποτελείται ένα πλήρες σύστημα ψύξης, ποιες είναι οι διαφορές των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις, η χρήση της αμμωνίας ως μέσο ψύξης καθώς και η τελική «επικράτηση» άλλων αλογονούχων ψυκτικών μέσων στις βιομηχανικές εφαρμογές ψύξης με την πάροδο των ετών. Στο τέλος της ανάγνωσης θα έχουν απαντηθεί όλα τα παραπάνω ερωτήματα και θα έχει εξαλειφθεί ουσιαστικά στον αναγνώστη η πολυπλοκότητα εξήγησης των ψυκτικών εγκαταστάσεων. Θα ήθελα κλείνοντας, να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Κο. Σαάντ Φαντί για την πολύτιμη βοήθεια του και παροχή πληροφοριών όταν ζητήθηκε στην εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας καθώς και την καθηγήτρια μου Κα. Αθηνά Μπιρμπίλη για την διόρθωση του abstract της εργασίας με προθυμία σε ελάχιστο χρόνο από την στιγμή που της ζητήθηκε.

Καλή Ανάγνωση !

**Ευχαριστώ,
Σουλιώτης Βασίλειος.**

Κεφάλαιο 1^ο:

Εισαγωγή στις βασικές έννοιες.

1.1) Μετάδοση Θερμότητας:

Η μετάδοση της θερμότητας επιτυγχάνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- **Αγωγή:**

Αφορά την μετάδοση θερμότητας διαμέσου των υγρών και στερεών σωμάτων. Κατά τη μετάδοση με αγωγή η θερμότητα μεταδίδεται διαμέσου ενός στερεού ή ενός υγρού σώματος του οποίου οι άκρες διαθέτουν δύο διαφορετικές θερμοκρασίες. Η θερμική ενέργεια εμφανίζεται στην θερμότερη πλευρά με αποτέλεσμα τα μόρια του σώματος που ταλαντώνονται εντονότερα (λόγω αυξημένης θερμοκρασίας) να μεταδίδουν την ταλάντωση στα γειτονικά (ψυχρότερα) μόρια. Λόγω λοιπόν της ύπαρξης αυτής της ταλάντωσης δημιουργείται ένα ρεύμα θερμότητας, το οποίο όμως εξαρτάται άμεσα από την ικανότητα του υλικού να μεταδίδει την θερμική ενέργεια. Στα στερεά σώματα ένας από τους κυριότερους παράγοντες ευμενούς ή δυσμενούς μετάδοσης θερμότητας είναι ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού που συμβολίζεται με «λ» και εκφράζει την ικανότητα κάθε υλικού να μεταδίδει τη θερμότητα μεταξύ των μορίων του.

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για διάφορα υλικά σε kcal/m.h.grad.

Υλικό	λ	Υλικό	λ
Χαλκός εμπορίου	300	Πάγος (°C)	1,9
Αλουμίνιο (90% καθαρότητα)	180	Χιών	0,07–1,8
Νικέλιο (97% καθαρότητα)	50	Υδωρ (10–100 °C)	0,5–0,6
Σίδηρος	63	Υδρατμός (100 °C lat)	0,02
Χυτοσίδηρος	50	Οινόπνευμα	0,16
Χάλυβας	10 –30	Βενζόλιο	0,13
Ορείχαλος	70–100	Γλυκερίνη	0,24
Μπετόν	0,3–1,7	Έλαια	0,1–0,12
Μάρμαρο	2,5	CO ₂ (58,5 at)	0,075
Ξύλο δρυός (15% υγρασία)	0,14–0,32	NH ₃ (8,8 at)	0,43
Ξύλο πεύκης (15% υγρασία)	0,09–0,20	Αέρας	0,022
Υαλος	0,6–1,2	Βακελίτης	0,20
Πλεξιγκλάς	0,15	Μονωτικά υλικά	0,03–0,15

- **Μεταφορά (Συναγωγή):**

Σε αυτή την κατηγορία η μετάδοση θερμότητας γίνεται από ένα ρευστό προς ένα στερεό σώμα λόγω κυκλοφορίας του ρευστού. Η κυκλοφορία μπορεί να είναι είτε φυσική (λόγω μεταβολής πυκνότητας) είτε εξαναγκασμένη (με τη χρήση αντλίας, ανεμιστήρα κ.λπ.).

Αντίστοιχα κύριος παράγοντας είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας που συμβολίζεται με «α».

Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας α σε kcal/m² h όγκου για διαφορετικές περιπτώσεις.

Φυσική κυκλοφορία αέρα ή ατμού	5 – 25
Φυσική κυκλοφορία νερού	70 – 700
Βεβιασμένη κυκλοφορία αέρα	12 – 250
Βεβιασμένη κυκλοφορία νερού	600 – 6000
Ατμοποιούμενο νερό	3000 – 6000
Συμπυκνούμενος υδρατμός	6000 – 30000

- **Ακτινοβολία:**

Σε αυτήν την κατηγορία η μετάδοση θερμότητας δεν προϋποθέτει ύπαρξη στερεών ή ρευστών σωμάτων και απλά επιτυγχάνεται με ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Όταν ένα σώμα θερμαίνεται εκπέμπει μία ποσότητα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων η οποία ονομάζεται ακτινοβολία. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αυτά, απορροφώνται από άλλα σώματα με αποτέλεσμα να μεταδίδεται η θερμότητα του εκπομπού προς τα άλλα σώματα. Με αυτόν τον τρόπο η μετάδοση θερμότητας συμβαίνει χωρίς την ανάγκη ενδιάμεσης ύλης, ακόμα δηλαδή και στο κενό. Σημαντικός παράγοντας είναι ο συντελεστής εκπομπής του σώματος που ονομάζεται «ε_r».

Συντελεστής εκπομπής για διάφορα υλικά.

<i>Επιφάνεια</i>	<i>Θερμοκρασία, °C</i>	<i>ε_r</i>
Χαλκός γυαλισμένος	20	0,030
Αλουμίνιο	170	0,039
Σίδηρο	20	0,240
Ξύλο	70	0,935
Πάγος λείος, νερό	0	0,966

1.2) Τι ονομάζεται ψύξη:

Ψύξη ονομάζεται η ηθελημένη και υπό ελεγχόμενες συνθήκες αφαίρεση θερμότητας από έναν χώρο. Όπως γνωρίζουμε από τον δεύτερο Θερμοδυναμικό Νόμο, η θερμότητα μεταδίδεται από το θερμότερο (θερμοκρασιακά ανώτερο) στο ψυχρότερο (θερμοκρασιακά κατώτερο) σώμα. Η αντίθετη διαδικασία μπορεί να γίνει μόνο μέσω «δαπανούμενης ενέργειας» και όχι φυσικά. Η γνωστότερη σε όλους εφαρμογή ψύξεως είναι το οικιακό μας ψυγείο τροφίμων που χρησιμοποιείται για την συντήρηση των τροφίμων. Πέραν όμως αυτής της εφαρμογής η ψύξη χρειάζεται σε πολλές εφαρμογές όπως κλιματισμός, υγραποίηση αερίων, μεταφορά υδρογονανθράκων κ.λπ.

Ψυκτικός Θάλαμος ονομάζεται ο ειδικά μονωμένος από θερμότητα θάλαμος ο οποίος είναι ειδικά κατασκευασμένος από υλικά δυσκολότερα διαπερατά στην θερμότητα. Εντός αυτού του θαλάμου η **ψυκτική μηχανή** θα προχωρήσει σε αφαίρεση της θερμότητας των σωμάτων που βρίσκονται μέσα στον θάλαμο. Για να παραμένει σταθερή η θερμοκρασία ψύξης εντός του θαλάμου πρέπει ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας της ψυκτικής μηχανής να είναι ίσος με τον ρυθμό την εισροής θερμότητας στον θάλαμο. Αυτή η σχέση απλούστερα ονομάζεται **ψυκτικό φορτίο**. Αυτό το φορτίο έχει ως μονάδα μέτρησης τον ψυκτικό τόνο (**refrigerant ton-RT**).

$$1RT = 12.000 \frac{Btu}{h} = 3026,03 \frac{kcal}{h} = 3,5185 kW$$

1.3) Τι είναι τα ψυκτικά μέσα και ποιός ο ρόλος τους στην λειτουργία της εγκατάστασης:

Ψυκτικά μέσα ονομάζονται τα ρευστά που κυκλοφορούν στο κύκλωμα μιας ψυκτικής μηχανής με σκοπό την απαγωγή θερμότητας σωμάτων εντός του ψυκτικού θαλάμου. Ιστορικά από την αρχαιότητα έως σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί ποικίλα ψυκτικά μέσα, από το κοινό χιόνι και τον πάγο μέχρι τον 16^ο αιώνα όπου έγινε μια απ τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις, αυτή της **χημικής ψύξης**, δηλαδή με συνδυασμό και κάποιων ουσιών όπως τα νιτρικά άλατα καλίου και νατρίου παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας του νερού.

Τους μετέπειτα αιώνες ακολούθησε η ανακάλυψη της ψύξης μέσω εξατμίσεως κάποιου ψυκτικού υγρού αρχικά αλλά λόγω απώλειας του εξατμιζόμενου ψυκτικού μέσου στην ατμόσφαιρα ήταν ασύμφορη η ψύξη με αυτόν τον τρόπο. Έτσι έπρεπε να βρεθεί τρόπος να συλλεχθεί να συμπυκνωθεί και να επανεξατμιστεί το ψυκτικό μέσο. Αυτό δεν επιτεύχθηκε πριν το 1834 όπου ο Jason Perkins κατασκεύασε την πρώτη ψυκτική μηχανή κλειστού κύκλου που αποτελούνταν από **ατμοποιητή, συμπιεστή, συμπυκνωτή και εκτονωτική βαλβίδα.**

Κεφάλαιο 2^ο:

Εξαρτήματα ψυκτικών εγκαταστάσεων και εφαρμογές ψύξεως.

2.1) Λίγα λόγια για τα εξαρτήματα που απαρτίζουν τις ψυκτικές εγκαταστάσεις:

1) Συμπιεστής:

Ο συμπιεστής ουσιαστικά λειτουργεί ως αντλία επανακυκλοφορίας του ψυκτικού μέσου στο εσωτερικό του κυκλώματος της εγκατάστασης η οποία αναρροφά το ψυκτικό μέσο σε αέρια μορφή χαμηλής πίεσεως από τον ατμοποιητή της εγκατάστασης και καταθλίβει αέριο υψηλής πίεσεως προς τον συμπυκνωτή της εγκατάστασης. Εμφανίζεται αύξηση πίεσης και θερμοκρασίας ψυκτικού μέσου ως την φάση της συμπυκνώσεως. Συνήθως είναι εμβολοφόροι (παλινδρομικοί ή περιστροφικοί) αν και εμφανίζονται και κοχλιωτοί κλπ.

2) Συμπυκνωτής:

Ο συμπυκνωτής (condenser) είναι το εξάρτημα που αποβάλλει το σύνολο της θερμότητας μιας ψυκτικής μηχανής προς το περιβάλλον. Η απορριπτόμενη θερμότητα Q που φεύγει από το συμπιεστή προς την είσοδο του συμπυκνωτή βρίσκεται στο μέγιστο σημείο. Η απορριπτόμενη αυτή θερμότητα Q αποβάλλεται στο περιβάλλον. Το ψυκτικό μέσο, σε μορφή υπέρθερμου ατμού, στη διαδρομή του από το τέλος της συμπίεσης και προς τη είσοδό του στο συμπυκνωτή χάνει ένα μέρος από τη θερμότητα που είχε, με αποτέλεσμα την πτώση της θερμοκρασίας μέχρι το σημείο που ξεκινά η συμπύκνωση (περιοχή υπέρθερμου ατμού μέχρι το σημείο της καμπύλης κορεσμένου αερίου στο διάγραμμα P-h Mollier). Από την είσοδο του ψυκτικού ρευστού στο συμπυκνωτή μέχρι και την έξοδό του (στη περιοχή της καμπάνας) το ψυκτικό μέσο αλλάζει κατάσταση και από αέριο γίνεται υγρό, σε σταθερή θερμοκρασία και πίεση, τη θερμοκρασία και πίεση κορεσμού. Σε αυτό το σημείο γίνεται αλλαγή φάσης του ψυκτικού μέσου από αέρια σε υγρή κατάσταση χωρίς να μεταβάλλεται η θερμοκρασία του. Το ψυκτικό ρευστό βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση (λανθάνουσα θερμότητα συμπύκνωσης $\Lambda.Θ.Σ$). Το ψυκτικό μέσο στις τελευταίες σπείρες του συμπυκνωτή (στην έξοδό του από την καμπάνα), σε μορφή υγρού εξακολουθεί να ψύχεται περισσότερο (μέχρι τη έξοδό του από το συμπυκνωτή). Πέφτει λοιπόν η θερμοκρασία του, δηλαδή αποβάλλει ένα μέρος ακόμα της θερμότητας του με αποτέλεσμα να γίνεται υπόψυκτο υγρό. Η πίεσή του παραμένει σταθερά υψηλή (τουλάχιστον θεωρητικά). Ο συμπυκνωτής στην απλή του

μορφή (οικιακό ψυγείο) είναι μια οφιοειδής χαλύβδινη σωλήνα, που ξεκινά από το συμπιεστή και καταλήγει στην εκτονωτική βαλβίδα. Η σωλήνα αυτή στηρίζεται σε ελάσματα που αυξάνουν την επιφάνειά της, έτσι ώστε να γίνεται καλύτερη αποβολή της θερμότητας προς το περιβάλλον. Συμπυκνωτές μπορούμε να συναντήσουμε σε ποικίλες μορφές και διατάξεις ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης, τα θερμικά φορτία που πρέπει να αποβάλουν, το μέσο με το οποίο θα αποβάλει τη θερμότητα αυτή (νερό-αέρας κ.ά.) καθώς και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος που θα λειτουργήσει.

3) Εκτονωτική Βαλβίδα:

Η εκτονωτική βαλβίδα έχει 2 ρόλους σε μια εγκατάσταση ψύξης. Ο πρώτος ρόλος της είναι να ελαττώνει την πίεση από τον συμπυκνωτή προς τον ατμοποιητή ενώ δεύτερος ρόλος της είναι να ρυθμίζει την παροχή του ψυκτικού μέσου ώστε να ισοδυναμεί με την δυνατή παροχή του συμπιεστή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι εκτονωτικών βαλβίδων όπως ο τριχοειδής σωλήνας (capillary tube), οι πιεζοστατικές /ηλεκτρικές /θερμοηλεκτρικές /θερμοστατικές/χειροκίνητες/αυτόματες/ χαμηλής ή υψηλής πίεσεως με χρήση πλωτήρα.

4) Ατμοποιητής:

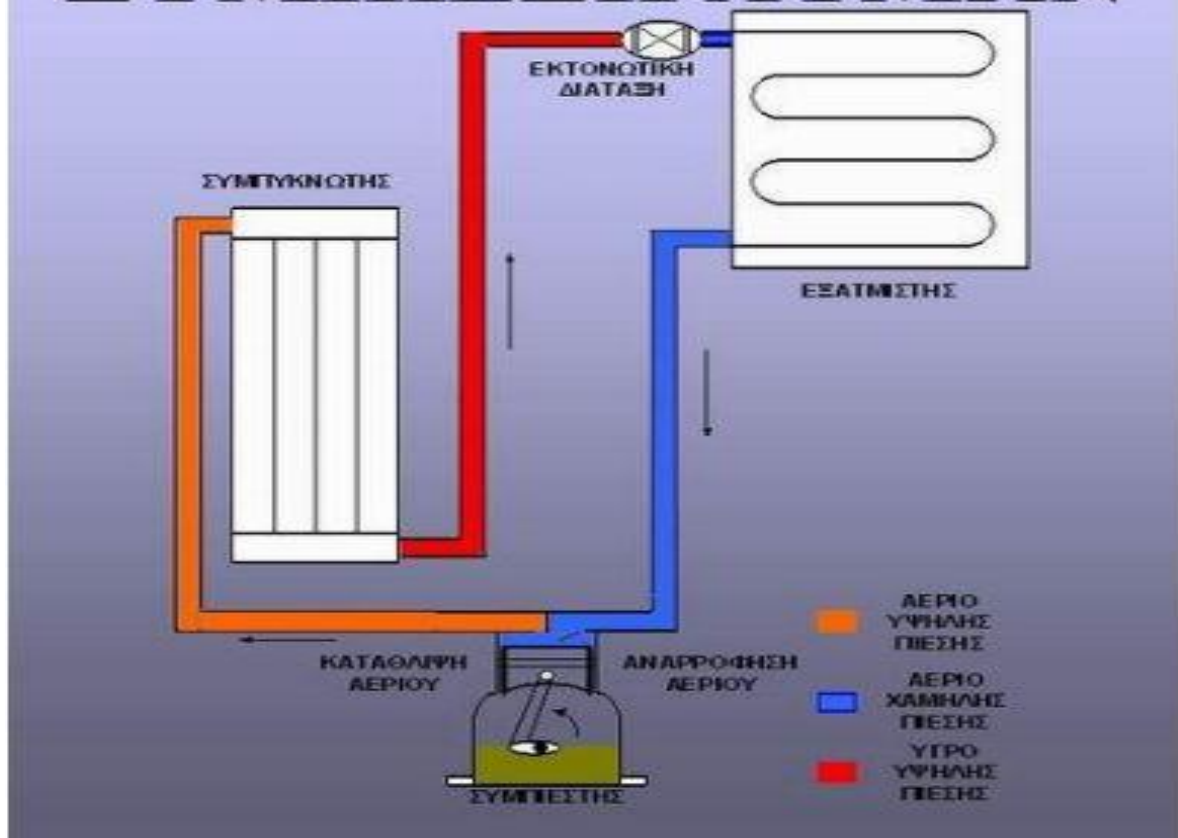
Ο ατμοποιητής ή εξατμιστής (evaporator) είναι το εξάρτημα της ψυκτικής μηχανής που έχει άμεση ή έμμεση επαφή με τον περιβάλλοντα χώρο του ψυχόμενου προϊόντος. Μέσα στο θάλαμο ενός ψυγείου στη μάζα του αέρα που κυκλοφορεί, περιέχονται ποσά θερμότητας από τα ζεστά προϊόντα. Αυτά τα ποσά θερμότητας τα απορροφά το παγωμένο ψυκτικό υγρό που κυκλοφορεί στον εξατμιστή. Η ροή της θερμότητας γίνεται από την μάζα του θερμού αέρα προς το κρύο ψυκτικό υγρό. Γίνεται λοιπόν βρασμός του ψυκτικού μέσου με τη θερμότητα που προσδίδουν η μάζα του αέρα και κατ'επέκταση τα προϊόντα σε αυτή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, το ψυκτικό υγρό μέσα στον εξατμιστή, με σταθερή θερμοκρασία και πίεση, να αρχίσει να αλλάζει σταδιακά κατάσταση και από υπόψυκτο υγρό να γίνεται κορεσμένο υγρό (υγρό σε μεγαλύτερη ποσότητα και ατμός), κορεσμένος ατμός (ατμός σε μεγαλύτερη ποσότητα και υγρό) και στην έξοδό του για το συμπιεστή να γίνεται υπέρθερμος ατμός (superheat). Μέχρι όλη η ποσότητα του ψυκτικού υγρού να γίνει ατμός η θερμοκρασία και η πίεση παραμένουν σταθερές, ενώ το ψυκτικό υγρό απορροφά θερμότητα από το θάλαμο, έχουμε δηλαδή Λ.Θ.Α. (λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης). Ο υπέρθερμος ατμός που επιστρέφει στο συμπιεστή εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του, με την αποφυγή επιστροφών «ζωντανού» υγρού στην αναρρόφηση, με ανεπιθύμητες συνέπειες για φθορές (μείωση του ορίου ζωής του συμπιεστή, παραμόρφωση βαλβίδων, ακόμα και παραμόρφωση

μπιέλας εμβόλου). Ανάλογα με την ικανότητα, το μέγεθος και το μέσο το οποίο ψύχει ο εξατμιστής και σε σχέση με την μονάδα που θα το χρησιμοποιήσουμε επιλέγουμε τον κατάλληλο τύπο, για μονάδες οικιακής και επαγγελματικής ψύξης καθώς και κλιματισμού.

2.2) Εφαρμογές ψύξεως:

Ψύξη χρησιμοποιείται παντού γύρω μας. Το πιο σύνηθες παράδειγμα αποτελεί το οικιακό μας ψυγείο, το οποίο χρησιμοποιούμε για την συντήρηση και κατάψυξη τροφίμων, καθώς χωρίς αυτήν τα τρόφιμα θα επηρεάζονταν από τη θερμοκρασία και τα βακτηρίδια της ατμόσφαιρας και θα αλλοιώνονταν. Το οικιακό μας ψυγείο χρησιμοποιεί κύκλωμα κλειστού κύκλου ατμών ψυκτικού μέσου με το οποίο επιτυγχάνει την απαγωγή θερμότητας από τα τρόφιμα εντός των ψυκτικών θαλάμων. Ο συμπιεστής συμπιέζει το ψυκτικό μέσο, αυξάνοντας την πίεση του και συνεπώς και την θερμοκρασία του. Το ψυκτικό μέσο περνά στον συμπυκνωτή όπου υγροποιείται και κρατά την υψηλή πίεση του. Στα οικιακά ψυγεία ρόλο εκτονωτικής βαλβίδας παίζει ο λεγόμενος «τριχοειδής σωλήνας (capillary tube)» ο οποίος δεν είναι παρά ένας ελικοειδής σωλήνας σταθερής διατομής ο οποίος επιτυγχάνει λόγω κατασκευής να αλλάξει την φάση του υγρού ψυκτικού μέσου υψηλής πίεσεως που εισήχθη από τον συμπυκνωτή σε μερικώς υγρό χαμηλής πίεσεως και μερικώς αέριο ψυκτικό μέσο στην έξοδο του σωλήνα. Από εκεί οδηγείται στον εξατμιστή της εγκατάστασης όπου το πλέον αέριο ψυκτικό μέσο ανατροφοδοτείται με χαμηλή πίεση στον συμπυκνωτή. Στην βιομηχανία της ναυτιλίας η ψύξη είναι κάτι αναγκαίο σε πάρα πολλές εφαρμογές μηχανημάτων και χώρων. Για παράδειγμα σε πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου ή άλλων χημικών, το φορτίο ψύχεται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες έτσι ώστε να διασφαλιστεί ο κίνδυνος έναυσης πυρκαγιάς που συνεπάγεται κόστος σε ανθρώπινες ζωές, περιβαλλοντικές καταστροφές και κόστος στις ναυτιλιακές εταιρίες. Δυνατό παράδειγμα είναι και τα πλοία ψυγεία, που μεταφέρουν ευπαθή προϊόντα που διαφορετικά δεν θα άντεχαν σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου κατά την μεταφορά. Έπειτα, υπάρχει και η ανάγκη για κλιματισμό των χώρων ενδιαίτησεως του πληρώματος καθώς και των χώρων που περιέχουν ηλεκτρονικά κυκλώματα μεγάλης σημασίας για την λειτουργία του πλοίου. Όπως συμπεραίνουμε, χωρίς ψύξη και κλιματισμό θα υπήρχαν τεράστια λειτουργικά προβλήματα σε στεριά και θάλασσα.

ΚΥΚΛΟΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΑΤΜΩΝ



Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε μια απλοποιημένη και εύκολη σε κατανόηση, δομή μιας ψυκτικής εγκατάστασης. Πέρα από επιμέρους διατάξεις (όργανα ελέγχου, αυτοματισμοί κλπ) σε γενικές γραμμές αυτή είναι η δομή ενός συστήματος ψύξης που χρησιμοποιείται ευρέως σε μεγάλο φάσμα ψυκτικών εφαρμογών.

Κεφάλαιο 3^ο:

Ψυκτικά μέσα, ιδιότητες και διαχωρισμός τους.

3.1) Ψυκτικά Μέσα:

Ψυκτικό μέσο (Refrigerant) ονομάζεται το υγρό / αέριο που κυκλοφορεί μέσα σε μια ψυκτική εγκατάσταση με σκοπό την αφαίρεση θερμότητας όπως προείπαμε. Από τον αγγλικό όρο refrigerant σε κάθε ψυκτικό μέσο παρατηρείται ότι έχει δοθεί το προσωνύμιο R-... . Για να εργαστούν τα ψυκτικά αυτά μέσα σε μια εγκατάσταση θα πρέπει να εμφανίζουν κάποιες ιδιότητες οι οποίες θα τα καταστήσουν κατάλληλα για χρήση στην κάθε εγκατάσταση. Οι επιθυμητές ιδιότητες των ψυκτικών μέσων μιας εγκατάστασης είναι οι εξής:

- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να είναι **περιβαλλοντικά ασφαλή**. Όταν λέμε περιβαλλοντικά ασφαλή εννοούμε ότι θα πρέπει να μην προκαλούν καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας και να μην συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- Τα ψυκτικά μέσα **δεν** πρέπει να είναι είτε **τοξικά** είτε **δηλητηριώδη**. Στο περιβάλλον χρήσης ψυκτικών μέσων κυκλοφορούν εργαζόμενοι. Οι εργαζόμενοι πρέπει να διασφαλιστεί ότι δεν θα εισπνεύσουν κάποια δηλητηριώδη ή τοξική ουσία που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή. Επίσης θα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου δεν υπάρχει προσωπικό, όπως ένα οικιακό ψυγείο τροφίμων.
- Τα ψυκτικά μέσα **δεν** πρέπει να είναι είτε **εύφλεκτα** είτε **εκρηκτικά**. Για τους προαναφερθέντες λόγους καταλαβαίνουμε τη σημασία της ιδιότητας αυτής για τα ψυκτικά μέσα που κυκλοφορούν στις ψυκτικές εγκαταστάσεις.
- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να είναι **άγευστα** και **άοσμα** καθώς σε περίπτωση διαρροής ας πούμε σε ένα οικιακό ψυγείο τα τρόφιμα θα καταστρέφονταν εξαιτίας της οσμής ή της γεύσης που θα πρόσδιδε το ψυκτικό μέσο.
- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να έχουν **χημική σταθερότητα**. Όπως περιγράφηκε νωρίτερα στην λειτουργία της ψυκτικής εγκατάστασης, όσο κυκλοφορεί το ψυκτικό μέσο στο εσωτερικό της ψυκτικής εγκατάστασης τόσο δέχεται συνεχείς εναλλαγές σε πίεση και θερμοκρασία αλλάζοντας φάσεις (υγρή / αέρια). Όπως καταλαβαίνουμε η χημική σταθερότητα είναι μείζονος σημασίας καθώς χωρίς αυτήν θα διαφοροποιούνταν οι ενώσεις του ψυκτικού μέσου αλλοιώνοντας την χημική του σύσταση και καθιστώντας το είτε επικίνδυνο είτε μη αποδοτικό / αποτελεσματικό ως εργαζόμενο μέσο.

- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να έχουν **μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα**. Αυτό το επιζητούμε καθώς μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα ισοδυναμεί με μικρότερη ανάγκη για παροχή ψυκτικού μέσου στην εγκατάσταση, συνεπώς και μικρότερες διατομές σωληνώσεων και εξαρτημάτων που στελεχώνουν την ψυκτική εγκατάσταση. Αυτό σημαίνει μείωση του κόστους καθώς και μείωση στην ανάγκη για μεγάλο έργο του συμπιεστή.
- Ο ειδικός όγκος του ψυκτικού μέσου της εγκατάστασης στην αναρρόφηση του συμπιεστή πρέπει να είναι **μικρός** ώστε να μην υπάρχει απαίτηση υψηλής ογκομετρικής ικανότητας του συμπιεστή της εγκατάστασης.
- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να έχουν κατάλληλη χημική σύσταση ώστε να μην αλληλεπιδρούν χημικά με τα υπόλοιπα εξαρτήματα της εγκατάστασης όπως σημεία στεγανοποίησης, σωληνώσεις κλπ.
- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να έχουν **σημαντικά μικρότερο σημείο τήξης** από το ελάχιστο της θερμοκρασίας που συναντάται σε μια ψυκτική εγκατάσταση ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί φραγμός σε κάποιο δίκτυο σωληνώσεων της εγκατάστασης.
- Τα ψυκτικά μέσα πρέπει να είναι **οικονομικά** ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μεγάλες εγκαταστάσεις σε έκταση ή ισχύ.
- Η πίεση συμπίεσεως οποιουδήποτε ψυκτικού μέσου **δεν πρέπει να είναι μεγάλη**. Μεγάλη πίεση συμπίεσεως σημαίνει αυτόματα ότι ο συμπιεστής της εγκατάστασης θα πρέπει να είναι μεγάλης ικανότητας, γεγονός που αυξάνει φθορές σε δίκτυα καθώς και κόστος. Ταυτόχρονα όμως δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση διότι αν συνέβαινε αυτό, ατμοσφαιρικός αέρας θα περνούσε στο εσωτερικό των σωληνώσεων και δικτύων δημιουργώντας προβλήματα.

Αυτές είναι συνοπτικά οι κυριότερες ιδιότητες που πρέπει να εμφανίζουν τα ψυκτικά μέσα μιας εγκατάστασης έτσι ώστε να θεωρούνται κατάλληλα προς ασφαλή χρήση και αποδοτικά.

3.2) Διάκριση των ψυκτικών μέσων που κυκλοφορούν σήμερα γύρω μας:

Τα κυριότερα πρωτεύοντα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις προς το παρόν χωρίζονται σύμφωνα με την χημική τους σύσταση σε δύο (2) μεγάλες κατηγορίες:

- 1) Αλογονούχα ψυκτικά μέσα.
- 2) Ανόργανα ψυκτικά μέσα.

1) Τα Αλογονούχα ψυκτικά μέσα (halogenated coolant mediums) κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- 1) Χλωροφθοράνθρακες (Chlorofluorocarbons - CFCs)
- 2) Υδροχλωροφθοράνθρακες (Hydrochlorofluorocarbons - HCFCs)
- 3) Υδροφθοράνθρακες (Hydrofluorocarbons - HFCs)

2) Τα Ανόργανα ψυκτικά μέσα είναι ουσίες που δεν προέρχονται από οργανικές ουσίες. Οι κυριότερες από αυτές τις ουσίες που συναντούμε σήμερα γύρω μας σε ψυκτικές εγκαταστάσεις είναι οι παρακάτω:

- 1) Η αμμωνία (NH_3)
- 2) Το νερό (H_2O)
- 3) Ο αέρας
- 4) Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- 5) Το διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το πιο διαδεδομένο από αυτά ακόμη και σήμερα εξακολουθεί να παραμένει η αμμωνία για λόγους που θα εξηγηθούν στις επόμενες σελίδες.

Αλογονούχα ψυκτικά μέσα:

Τα αλογονούχα ψυκτικά μέσα είναι ουσίες που παρασκευάζονται τεχνητά. Προέρχονται από χημικές ενώσεις υδρογονανθράκων οι οποίες έχουν διασπαστεί τεχνητά και τα άτομα υδρογόνου έχουν ενωθεί με άτομα αλογόνων όπως φθόριο ή χλώριο. Τα ψυκτικά μέσα είναι γνωστά ως Freon ονομασία η οποία δόθηκε για τον εμπορικό διαχωρισμό τους. Όπως προείπαμε τα ψυκτικά μέσα έχουν αρχικό το γράμμα “R” που προέρχεται από την λέξη refrigerant και από έναν αριθμό ο οποίος τα διαχωρίζει. Στο τέλος του ονόματος προσδίδεται ακόμη ένα γράμμα (a, b, c) το οποίο υποδηλώνει τον αριθμό των ισομερών ουσιών, δηλαδή των ουσιών με ίδιο χημικό τύπο αλλά διαφορετική χημική σύσταση, γεγονός που αλλάζει κατά πολύ τις χημικές ιδιότητες του ψυκτικού μέσου και την απόδοση του.

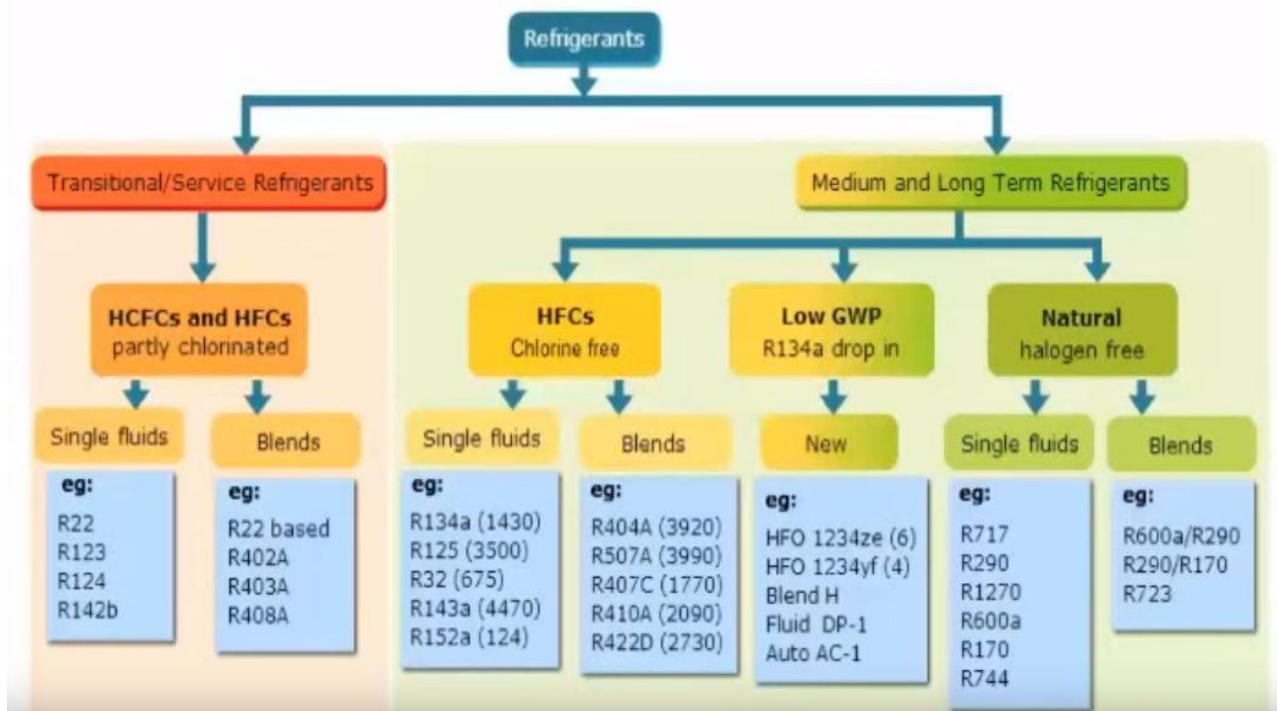
Παραδείγματα τυπικών ονομασιών ψυκτικών μέσων είναι: R-11, R-22, R-112, R-134a κλπ.

Ο χαρακτηριστικός αριθμός του ψυκτικού μέσου αντιστοιχεί στην χημική του σύσταση καθώς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι αέρια αλλά η φύλαξη τους πραγματοποιείται σε αεροστεγείς φιάλες υπό πίεση και φυσικά σε υγρή μορφή. Σύμφωνα με αυτή τη διάκριση ως κωδικοποίηση δίνεται και ένα χρώμα στην φιάλη στην οποία φυλάσσεται το ψυκτικό μέσο.

Τύπος		Κωδικός χρωματισμός
R-11	CFC	Πορτοκαλί
R-12	CFC	Λευκό
R-502	CFC	Μωβ ανοικτό
R-22	HCFC	Πράσινο
R-123	HCFC	Ανοικτό μπλε-γκρι
R-401A	HCFC	Κόκκινο ροζ
R-401B	HCFC	Κίτρινο - καφέ
R-402A	HCFC	Υπόλευκο κίτρινο
R-402B	HCFC	Πράσινο λαδί
R-408A	HCFC	Μωβ σκούρο
R-409A	HCFC	Ανοικτό καστανό
R-134a	HFC	Ανοικτό μπλε
R-404A	HFC	Πορτοκαλί
R-407C	HFC	Καφέ
R-410A	HFC	Ροζ
R-507	HFC	Πράσινο

Πίνακας κωδικοποίησης ψυκτικών μέσων σύμφωνα με το χρώμα.

Refrigerant - Overview



Στον παραπάνω πίνακα απεικονίζεται διάκριση των ψυκτικών μέσων και κατηγοριοποίηση τους σύμφωνα με την κωδική τους ονομασία.

Κεφάλαιο 4^ο :

Η Αμμωνία ως ψυκτικό μέσο.

4.1) Τι είναι η αμμωνία, από πού προέρχεται και γιατί χρησιμοποιήθηκε ως ψυκτικό μέσο.

Η αμμωνία είναι μια χημική ένωση φυσικής προέλευσης που προέρχεται από την συνύπαρξη ενός ατόμου αζώτου και τριών ατόμων υδρογόνου σχηματίζοντας την ένωση με σύμβολο NH₃. Η αμμωνία είναι ένας μεσολαβητής «κλειδί» για τον κύκλο του αζώτου και υπό φυσιολογικές συνθήκες είναι απαραίτητη για πολλές βιολογικές διεργασίες. Το μεγαλύτερο ποσοστό της αμμωνίας στο περιβάλλον προέρχεται από νεκρά φυτά και ζώα καθώς και από τα περιττώματα τους. Η αμμωνία βρίσκεται στο χώμα, στο νερό και στον ατμοσφαιρικό αέρα και είναι πολύ σημαντική πηγή αζώτου για φυτά και ζώα. Στην πραγματικότητα είναι ένα από τα μεγαλύτερα σε αφθονία αέρια στο περιβάλλον. Η αμμωνία που χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο (επονομαζόμενη ως R-717) είναι εξευγενισμένη κατά 99.98% , ελεύθερη από ακαθαρσίες και νερό. Ονομάζεται αλλιώς και **άνυδρη αμμωνία**. Υπάρχει σε μεγάλη διαθεσιμότητα, είναι φθηνή και χαρακτηρίζεται από την μεγάλη της ικανότητα σε απαγωγή θερμότητας, όταν εξατμίζεται. Οι πιέσεις λειτουργίας που απαιτούνται στις ψυκτικές εγκαταστάσεις με αμμωνία είναι συγκριτικά παρόμοιες με ψυκτικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν διαφορετικά ψυκτικά μέσα. Η ικανότητα της αμμωνίας να απάγει τόσο αποτελεσματικά την θερμότητα, την κάνει να πλεονεκτεί έναντι σε άλλες εγκαταστάσεις ψυκτικών μέσων καθώς χρειάζεται μικρότερου μεγέθους σωληνώσεις και εξαρτήματα για την απαγωγή των ίδιων θερμίδων συγκριτικά με εγκαταστάσεις άλλων ψυκτικών μέσων λόγω και του μικρότερου όγκου της σε σχέση με τα άλλα ψυκτικά μέσα.

4.2) Κύρια πλεονεκτήματα της αμμωνίας ως ψυκτικό μέσο.

- **Ενεργειακή Απόδοση.**

Η αμμωνία θεωρείται ως ένα από τα πιο ενεργειακά αποδοτικά ψυκτικά μέσα με εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας από πολύ χαμηλές ως πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ειδικότερα στην εποχή μας, όπου η εκμετάλλευση της ενέργειας στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό είναι στο στόχαστρο όλων, τα συστήματα ψύξης με αμμωνία είναι στο επίκεντρο της προσοχής καθώς αποτελούν μια πολύ αξιόπιστη και ασφαλή επιλογή στην ψύξη. Ένα τυπικό σύστημα ψύξης με αμμωνία θεωρείται π.χ συγκριτικά 15-20% πιο αποδοτικό από ένα αντίστοιχο σύστημα ψύξης με DX R-404A.

- **Κόστος.**

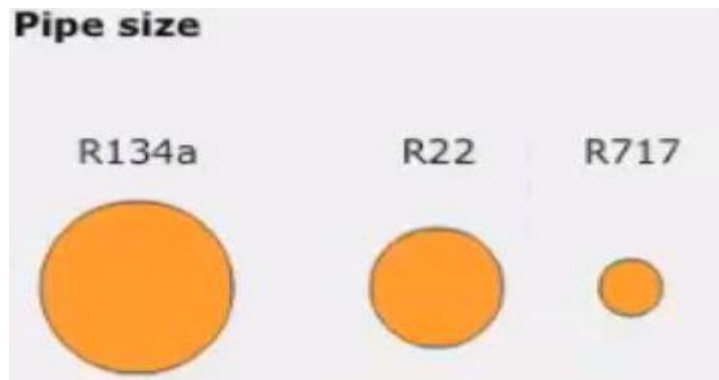
Το κόστος της αμμωνίας (ανά kg) σε πάρα πολλές χώρες συγκριτικά με άλλα ψυκτικά μέσα είναι πολύ σημαντικά-μικρότερο. Το πλεονέκτημα αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι η αμμωνία παρουσιάζει μικρότερη πυκνότητα όταν βρίσκεται σε υγρή κατάσταση (όπως δηλαδή φυλάσσεται στις ειδικές φιάλες)..

- **Ασφάλεια / Ευκολία ελέγχου διαρροής.**

Η αμμωνία θεωρείται τοξική και μπορεί να γίνει εύκολα αναφλέξιμη όταν υπάρξει μεγάλη συγκέντρωση της. Για αυτόν το λόγο τα συστήματα μελετούνται και κατασκευάζονται με ιδιαίτερη προσοχή. Επιπροσθέτως, κάθε πιθανή διαρροή εντοπίζεται εύκολα καθώς η αμμωνία παρουσιάζει ιδιόμορφη οσμή ακόμη και σε συγκεντρώσει που ξεκινούν από μόλις 5ppm. Αυτό το χαρακτηριστικό μας δίνει την δυνατότητα να εντοπίσουμε και να επισκευάσουμε εύκολα πιθανή βλάβη της ψυκτικής εγκατάστασης. Συνήθως ως ασφαλιστική διάταξη στο μεγαλύτερο πλήθος ψυκτικών εγκαταστάσεων αμμωνίας χρησιμοποιούνται αισθητήρες εντοπισμού αερίων με όριο την συγκέντρωση 20ppm αμμωνίας. Αν η τιμή αυτή ξεπεραστεί ενεργοποιείται σχετικό μήνυμα συναγερμού ώστε να ελεγχθεί από τον χειριστή της εγκατάστασης το πιθανό σφάλμα ή διαρροή.

- **Μικρότεροι συμπιεστές και σωληνώσεις εγκατάστασης.**

Όπως προαναφέρθηκε, η αμμωνία χρειάζεται μικρότερες σωληνώσεις και συμπιεστές λόγω των πολύ καλών ιδιοτήτων της συγκριτικά με άλλα χημικά ψυκτικά μέσα. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατόν να επιλεγθεί ακόμα και ένας τύπος μικρότερος συμπιεστής σε σχέση με ψυκτική εγκατάσταση άλλου ψυκτικού μέσου.



Στο παραπάνω σχήμα παρατηρείται η διαφορά διατομής σωληνώσεων ανάμεσα σε κοινές εγκαταστάσεις ψυκτικών μέσων και ψυκτικής εγκατάστασης αμμωνίας.

- **Καλύτερη μετάδοση θερμότητας.**

Η αμμωνία πλεονεκτεί λόγω ιδιοτήτων της στην μετάδοση θερμότητας ίσως περισσότερο από κάθε άλλο ψυκτικό μέσο. Αυτό δίνει την δυνατότητα να έχει ανάγκη για μικρότερες επιφάνειες μετάδοσης θερμότητας, παράγοντας ιδιαίτερα χρήσιμος όταν μιλάμε για ψύξη σε εργοστάσια ή μονάδες μεγάλου μεγέθους και αποστάσεων. Ακόμη μια φορά συντελεί λοιπόν στην μείωση του κόστους λειτουργίας, κατασκευής και συντήρησης.

- **Φιλικότητα προς το περιβάλλον.**

Η αμμωνία είναι το φιλικότερο προς το περιβάλλον ψυκτικό μέσο. Ανήκει στην κατηγορία των «φυσικών ψυκτικών μέσων» και έχει δείκτες GWP (Global Warming Potential-Ικανότητα Παγκόσμιας Υπερθέρμανσης) και ODP (Ozone Depletion Potential-Ικανότητα Διάσπασης Όζοντος) κοντά στο μηδέν. Επίσης η απελευθέρωση της στην ατμόσφαιρα δεν δημιουργεί προβλήματα καθώς η συνύπαρξη της με διοξείδιο του άνθρακα και νερό στον αέρα δημιουργεί την ένωση διτανθρακικού αμμωνίου, μιας αβλαβούς χημικής ένωσης, σε αντίθεση με τα άλλα ψυκτικά μέσα των οποίων οι εξατμίσεις καταστρέφουν το όζον και συντελούν στην παγκόσμια υπερθέρμανση.

4.3) Περιορισμοί που προκύπτουν στην χρήση της αμμωνίας.

- **Συμβατότητα αμμωνίας με κατασκευαστικά υλικά.**

Λόγω χημικής σύνθεσης με τη χρήση αμμωνίας ως ψυκτικό μέσο, συνεπάγεται απουσία εξαρτημάτων και σωληνώσεων κατασκευασμένα από χαλκό ή ψευδάργυρο καθώς η αμμωνία είναι πολύ επιθετική απέναντι σε αυτά τα υλικά καθώς και στα κράματα τους.

Συνεπώς η μόνη αξιόπιστη λύση είναι ο σίδηρος στην κατασκευή ψυκτικών εγκαταστάσεων αμμωνίας. Πολύ σημαντική απαγόρευση υπάρχει στην χρήση ημι-ερμητικών και ερμητικών συμπιεστών, καθώς δεν θα μπορούσε να ανιχνευτεί διαρροή λόγω ημίκλειστου ή κλειστού κελύφους του συμπιεστή και θα καθίσταντο επικίνδυνη η λειτουργία του συμπιεστή.

- **Αναφλεξιμότητα και τοξικότητα αμμωνίας.**

Η αμμωνία όπως προαναφέρθηκε είναι τοξική και σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι αναφλέξιμη. Για αυτόν το λόγο οι εγκαταστάσεις πρέπει να είναι προσεκτικά μελετημένες σε κατασκευή και συντήρηση. Τα συμπτώματα στον ανθρώπινο οργανισμό ανάλογα με την συγκέντρωση της αμμωνίας στην ατμόσφαιρα είναι τα παρακάτω:

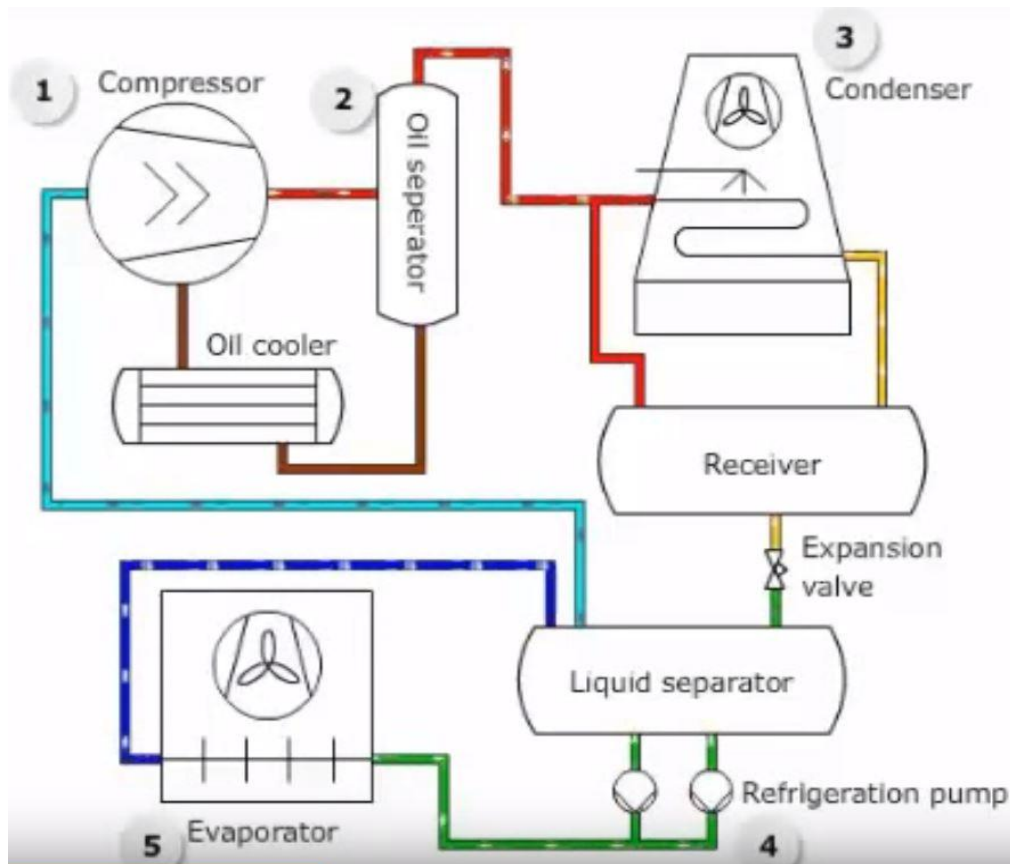
- 1) 100-200 ppm: άμεσος ερεθισμός ματιών.
- 2) 300 ppm: άμεσος ερεθισμός αναπνευστικής οδού.
σε συγκεντρώσεις <500ppm δεν παρατηρείται μόνιμη βλάβη στα μάτια.
- 3) 1700 ppm: έντονος βήχας.
- 4) 2400 ppm: κίνδυνος απώλειας ζωής σε έκθεση άνω των 30 λεπτών.
- 5) 5000 ppm: εξάτμιση – απαιτείται ένδυση με ειδική στολή για χημικά.
- 6) 5000 ppm και πάνω: υγροποίηση – εγκαύματα 2^{ου} βαθμού και φουσκάλες.

4.4) Εφαρμογές της ψύξης με αμμωνία.

Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές ψυκτικών εγκαταστάσεων αμμωνίας είναι βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες κρίνεται απαραίτητος ο κλιματισμός των χώρων των μηχανημάτων ώστε να δημιουργηθούν σωστές θερμοκρασίες λειτουργίας και αύξηση απόδοσης μηχανημάτων, κλιματισμός, ψύξη χώρων καταστημάτων και εμπορικών κέντρων, χώροι εστίασης, ψύξη οδών, φάρμες εκτροφής βοοειδών, βιομηχανία πουλερικών και παραγωγής προϊόντων τους, σφαγεία ζώων, ζυθοποιεία, εργοστάσια παραγωγής σκυροδέματος, ψύξη σταδίων παγοδρομιών, ψυγεία τύπου chiller κ.α. Πολύ συχνή χρήση παρουσιάζεται και σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Γενικά χρησιμοποιείται από μετρίου μεγέθους ως μεγάλου μεγέθους χώρο και ανάγκης ψύξης.

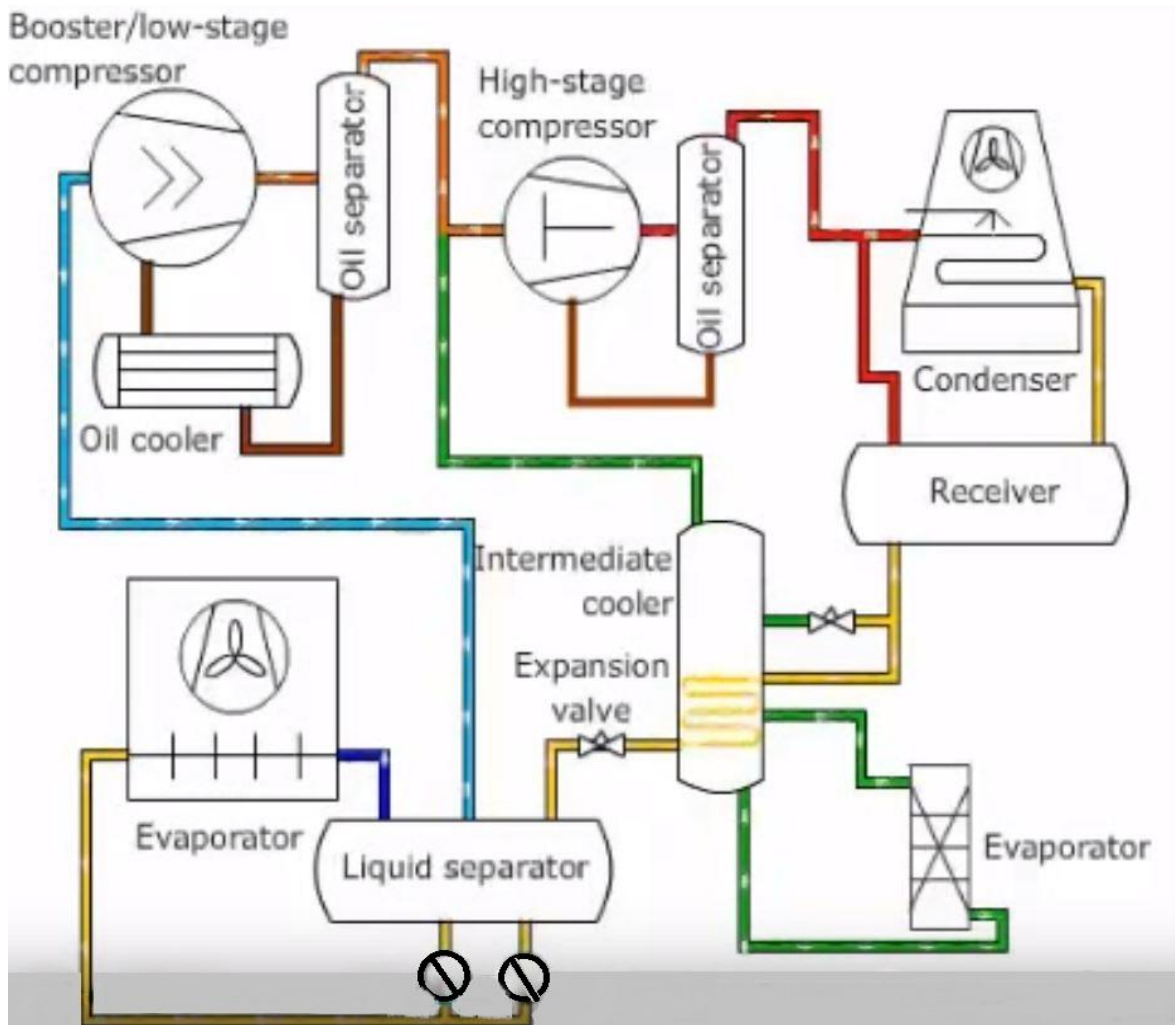
- **Ψύξη μονού σταδίου (Ammonia-single stage distributed system):**

Χρησιμοποιούνται σε συστήματα ψύξης με σταθερή θερμοκρασιακή μεταβολή όπως τα chiller, συνήθως για υψηλές και μέσες θερμοκρασιακές τιμές. Το ψυκτικό μέσο επανακυκλοφορεί μέσω αντλιών στην εγκατάσταση. Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και οικονομητήρας στην εγκατάσταση ώστε να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης. Ακολουθεί διάγραμμα μονοσταδιακής ψύξης με αμμωνία



- **Ψύξη δύο σταδίων (Ammonia-two stages distributed system):**

Χρησιμοποιούνται σε συστήματα είτε πολύ χαμηλών είτε πολύ υψηλών θερμοκρασιών. Πολλές φορές μπορεί να υπάρξουν και περισσότερα στάδια αν υπάρχουν οι κατάλληλες διατάξεις ψύξης και θέρμανσης. Προσφέρουν σαφώς καλύτερη απόδοση από μια μονοσταδιακή εγκατάσταση με μόνη διαφορά ότι υπάρχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Πολύ συχνά τοποθετούνται συνδυασμοί κοχλιωτών συμπιεστών για το πρώτο στάδιο και εμβολοφόροι συμπιεστές μετά. Ακολουθεί διάγραμμα πολυσταδιακής ψύξης με αμμωνία.



4.5) Ανάλυση του συστήματος ψύξης με αμμωνία.

Και τα δυο κυκλώματα ακολουθούν την αρχή της ψύξης με μηχανική συμπίεση ατμών. Η αμμωνία συμπιέζεται από τον συμπιεστή της εγκατάστασης όπου αυξάνεται η θερμοκρασία και η πίεση της και είναι σε αέρια φάση. Από εκεί περνώντας από αποχωριστή ελαίου η αμμωνία διαχωρίζεται από το λάδι του συμπιεστή (το οποίο περνά από ψυγείο λαδιού και επιστρέφει στον συμπιεστή), και τροφοδοτείται στον συμπυκνωτή της εγκατάστασης, κρατώντας την υψηλή της πίεση, περνώντας όμως σε υγρή φάση και καταλήγει στον ειδικά διαμορφωμένο συλλέκτη της εγκατάστασης. Από τον συλλέκτη οδεύει προς την εκτονωτική βαλβίδα όπου εκτονώνεται η πίεση και μετατρέπεται σε υγρή/αέρια φάση με χαμηλή πίεση. Εκεί βρίσκεται ο αποχωριστής υγρασίας που διαχωρίζει την αμμωνία από την υγρή της κατάσταση. Η αέρια αμμωνία περνά και πάλι στον συμπιεστή και η υγρή αμμωνία μέσω αντλιών μεταφέρεται στον εξατμιστή της εγκατάστασης όπου εξατμίζεται και ανατροφοδοτείται στην εισαγωγή του συμπιεστή με χαμηλή πίεση.

Ακριβώς την ίδια λειτουργία παρατηρούμε και στο διάγραμμα πολυσταδιακής ψύξης με αμμωνία με την μόνη διαφορά την ύπαρξη περισσότερων συμπιεστών. Πρακτικά από τον συμπιεστή χαμηλής πίεσης (συνήθως κοχλιωτός), η αμμωνία τροφοδοτείται σε έναν εμβολοφόρο συμπιεστή με σκοπό την άνοδο της πίεσης στο δεύτερο στάδιο. Κατά τα άλλα χρησιμοποιείται ακόμη ένα ενδιάμεσο ψυγείο και ακόμη ένας μικρότερος εξατμιστής ώστε να επιτυγχάνει σωστή συμπίεση και σωστή επιστροφή ατμών ψυκτικού μέσου στους συμπιεστές αντίστοιχα η εγκατάσταση.

Κεφάλαιο 5^ο:

CFCs & HFCs & HCFCs ως ψυκτικά μέσα.

5.1) Χλωροφθοράνθρακες (Chlorofluorocarbons - CFCs), **Υδροχλωροφθοράνθρακες** (Hydrochlorofluorocarbons - HCFCs), **Υδροφθοράνθρακες** (Hydrofluorocarbons - HFCs).

Οι χλωροφθοράνθρακες είναι ομάδα οργανικών ενώσεων που δημιουργούνται από χημική ένωση ατόμων χλωρίου, φθορίου και άνθρακα. Χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως ψυκτικά μέσα, προωθητικά αέρια για καταναλωτικά αερολύματα καθώς και ως διαλύτες.

Οι υδροχλωροφθοράνθρακες είναι παρόμοιες ενώσεις με τους χλωροφθοράνθρακες με την προσθήκη όμως και υδρογόνου. Οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs), αναπτύχθηκαν ως υποκατάστατα των CFCs ως ψυκτικές ουσίες και για την παραγωγή αφρωδών υλικών.

Οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) ήρθαν με την πάροδο του χρόνου να αντικαταστήσουν τους υδροχλωροφθοράνθρακες.

Όλες οι παραπάνω χημικές ενώσεις βρίσκουν εφαρμογή σε οικιακά κλιματιστικά, κλιματιστικά λεωφορείων και αυτοκινήτων, ψύξη κτιρίων, οικιακά ψυγεία τροφίμων, ψυγεία τροφίμων υπερκαταστημάτων αλλά και σε βιομηχανική ψύξη. Στον πίνακα της επόμενης σελίδας βρίσκονται τα κυριότερα παραδείγματα των προαναφερθέντων ενώσεων με τις κωδικές ονομασίες των ψυκτικών μέσων και τα σημεία βρασμού κάθε ενός ξεχωριστά. Δίνεται επίσης και η χημική τους σύνθεση.

Πίνακας των κυριότερων (υδροφωρο)φθοροχλωρανθράκων			
Συστηματική ονομασία	Εμπορικά προέγματα και κωδική αρίθμηση	Σημείο βρασμού (°C)	Τύπος
Τριχλωροφθορομεθάνιο	Freon-11, R-11, CFC-11	23,77	CCl ₃ F
Διχλωροδιφθορομεθάνιο	Freon-12, R-12, CFC-12	-29,8	CCl ₂ F ₂
Τριφθοροχλωρομεθάνιο	Freon-13, R-13, CFC-13	-81	CClF ₃
Διφθοροχλωρομεθάνιο	R-22, HCFC-22	-40,8	CHClF ₂
Διχλωροφθορομεθάνιο	R-21, HCFC-21	8,9	CHCl ₂ F
Φθοροχλωρομεθάνιο	Freon 31, R-31, HCFC-31	-9,1	CH ₂ ClF
Ερωμοδιφθοροχλωρομεθάνιο	BCF, Halon 1211, H-1211, Freon 12B1		CBrlClF ₂
1,2,2-τριφθορο-1,1,2-τριχλωρομεθάνιο	Freon 113, R-113, CFC-113	47,7	Cl ₂ FC-CClF ₂
2,2,2-τριφθορο-1,1,1-τριχλωρομεθάνιο	Freon 113a, R-113a, CFC-113a	45,9	Cl ₃ C-OF ₃
1,2-διχλωρο-1,1,2,2-τετραφθορομεθάνιο	Freon 114, R-114, CFC-114	3,8	ClF ₂ C-CClF ₂
1,1,2,2-τετραφθορο-1-χλωρομεθάνιο	Freon 115, R-115, CFC-115	-38	ClF ₂ C-OF ₃
1,1,1,2-τετραφθορο-2-χλωρομεθάνιο	R-124, HCFC-124	-12	CH ₂ ClCF ₃
1,1-διχλωρο-1-φθορομεθάνιο	R-141b, HCFC-141b	32	Cl ₂ FC-CH ₃
1,1-διφθορο-1-χλωρομεθάνιο	R-142b, HCFC-142b	-9,2	ClF ₂ C-CH ₃
1,2-διφθορο-1,1,2,2-τετραχλωρομεθάνιο	Freon 112, R-112, CFC-112	91,5	CCl ₂ FCCl ₂ F
1,1-διφθορο-1,2,2,2-τετραχλωρομεθάνιο	Freon 112a, R-112a, CFC-112a	91,5	CClF ₂ -CCl ₃
1,2,2-τριφθορο-1,1,2-τριχλωρομεθάνιο	Freon 113, R-113, CFC-113	48	CCl ₂ FCClF ₂
1-βρωμιο-1,1,2-τριφθορο-2-χλωρομεθάνιο	Halon 2311a	51,7	CHClF ₂ CBrF ₂
2-βρωμιο-1,1,1-τριφθορο-2-χλωρομεθάνιο	Halon 2311	50,2	CF ₃ CH ₂ BrCl
1,1-διχλωρο-2,2,3,3-τετραφθοροπροπάνιο	R-225ca, HCFC-225ca	51	CF ₃ CF ₂ CHCl ₂
1,3-διχλωρο-1,2,2,3,3-τετραφθοροπροπάνιο	R-225cb, HCFC-225cb	56	CClF ₂ CF ₂ CHClF

5.2) Περιβαλλοντική καταστροφή εξαιτίας των αλογονούχων ενώσεων.

Όλες αυτές οι αντικαταστάσεις όμως γεννούν το ίδιο ερώτημα: Γιατί αντικαταστάθηκαν οι χλωροφθοράνθρακες και οι υδροχλωροφθοράνθρακες με νέες ενώσεις?

Η απάντηση είναι μια ιστορία που προέρχεται από αρκετά χρόνια πριν. Δεν είναι άλλη από την δημιουργία της τρύπας του όζοντος και της παγκόσμιας υπερθέρμανσης. Μετά από χρόνια αναζήτησης, μελέτης και έρευνας καταλογίστηκε σε όλες αυτές τις χημικές ενώσεις η καταστροφή του όζοντος της ατμόσφαιρας και η συμβολή τους στην υπερθέρμανση του πλανήτη μας. Το όζον, είναι ένα στρώμα στο ανώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα), το οποίο λειτουργεί ουσιαστικά ως μεμβράνη προστασίας του πλανήτη από την υπεριώδη ακτινοβολία του Ήλιου. Με την πάροδο των χρόνων, καυσαέρια από εργοστάσια και οχήματα αλλά και χρήση προωθητικών αερίων και κλιματιστικών / ψυκτικών εγκαταστάσεων με ψυκτικά μέσα τα προαναφερθέντα, συντέλεσαν στο άνοιγμα της λεγόμενης τρύπας του όζοντος. Χάνοντας ο πλανήτης μας αυτή την προστατευτική μεμβράνη συνεπώς, είναι εκτεθειμένος στην Ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του.

Έγινε λοιπόν ευνόητο ότι η χρήση των χλωροφθορανθράκων ήταν η βασικότερη αιτία καταστροφής του όζοντος. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), όπως δείχνει και το όνομά τους, περιέχουν χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα καταστροφικό για το όζον. Ενδεικτικά, 1 μόριο χλωρίου καταστρέφει μέχρι και 1.000.000 μόρια όζοντος πριν την αδρανοποίησή του. Μια ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Φωτοχημείας και Χημικής Κινητικής του Πανεπιστημίου της Κρήτης το 2009 σε συνεργασία με άλλα 61 ευρωπαϊκά ιδρύματα, εξηγεί τη διαδικασία με την οποία οι χλωροφθοράνθρακες καταστρέφουν το όζον. Οι CFC έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, έτσι μεταφέρονται αυτούσιοι από την τροπόσφαιρα στην στρατόσφαιρα (ατμόσφαιρα). Εκεί, με την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία διασπώνται ελευθερώνοντας άτομα χλωρίου. Τα άτομα χλωρίου λειτουργούν ως καταλύτες επιταχύνοντας την καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος. Οι χλωροφθοράνθρακες συναντώνται σε ψυκτικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά) και ως προωθητικά στα σπρέι. Η εκπομπή τους, για προφανείς λόγους, είναι μεγαλύτερη σε πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές. Από το 1987, χρονιά που ανακηρύχτηκαν ως η βασικότερη αιτία της τρύπας του όζοντος, γίνονται προσπάθειες για την αντικατάστασή τους από άλλες ουσίες, (οι οποίες όμως φαίνεται να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για παράδειγμα, οι υδροφθοράνθρακες HFC διαθέτουν δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης ως και 14.800 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Στις 16 Σεπτεμβρίου του 1987

(από τότε η 16η Σεπτεμβρίου έχει ανακηρυχτεί από τον ΟΗΕ Παγκόσμια Ημέρα κατά της Τρύπας του Όζοντος) υπεγράφη από 46 χώρες το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η σημαντικότερη και αποτελεσματικότερη πράξη αντιμετώπισης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος μέχρι σήμερα. Στόχος του Πρωτόκολλου ήταν η σταδιακή εξάλειψη των CFC άλλων ODS (Ozone Depleting Substances ή Ουσίες που Φθείρουν το Όζον) όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) ή το μεθυλοβρωμίδιο (CH₃Br) για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της καταστροφής του όζοντος, που είχε ανακαλυφθεί πριν από δύο χρόνια. Ορίστηκε επίσης χρονοδιάγραμμα για την αποκατάσταση του όζοντος που είχε ήδη καταστραφεί. Όποια χώρα υπογράφει το πρωτόκολλο, υποχρεούται αυτόματα τη διακοπή παραγωγής και κατανάλωσης CFC. Με τη συνεργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καταργήθηκε σταδιακά το 99% των χλωροφθορανθράκων οικιακής χρήσης, ενώ παράλληλα στοχεύει με νομοθεσίες (όπως αυτή του 2006) να ρυθμίσει τη χρήση φθοριούχων αερίων από βιομηχανίες, που επίσης καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος. Το καλοκαίρι του 2009 η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ έγινε οικουμενική, καθώς υπέγραψε και η τελευταία από τις 196 χώρες-μέλη του Ο.Η.Ε. Πρόσφατα ο Ο.Η.Ε. παρουσίασε έκθεση με τίτλο «Επιστημονική Εκτίμηση της Εξάντλησης του Όζοντος 2010» για την κατάσταση της τρύπας του όζοντος, σύμφωνα με την οποία τα νέα είναι εξαιρετικά ευχάριστα. Η τρύπα του όζοντος έχει πλέον σταματήσει να μεγαλώνει, αλλαγή η οποία συνέβαλε και στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εφόσον αυτή αποτελεί συνέπεια του φαινομένου. Αν και τα αποτελέσματα της έκθεσης είναι ενθαρρυντικά, ακόμα δεν έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση της τρύπας του όζοντος σε ικανοποιητικούς ρυθμούς. Σύμφωνα με υπολογισμούς, τα επίπεδα του όζοντος θα έχουν φτάσει εκείνα του 1980 μεταξύ των ετών 2045-2060.

Για την κατηγοριοποίηση όλων αυτών των χημικών συνθέσεων που συντελούν στην καταστροφή του περιβάλλοντος δημιουργήθηκαν οι δείκτες ODP & GWP που αντιστοιχούν σε δείκτη ικανότητας καταστροφής του όζοντος και δείκτη ικανότητας παγκόσμιας υπερθέρμανσης, με σκοπό να γίνεται περιορισμένη χρήση ουσιών που βλάπτουν τη Γή. Συνεπώς όλες αυτές οι ενώσεις είναι αίτια τεράστιας περιβαλλοντικής καταστροφής και η χρήση τους έχει σχεδόν εξαλειφθεί.



Κεφάλαιο 6^ο:

Σύγκριση αμμωνίας με αλογονούχα ψυκτικά μέσα.

Η αμμωνία καθιερώθηκε πριν χρόνια ως ψυκτικό μέσο και επικράτησε των αλογονούχων ενώσεων υδροχλωροφθορανθράκων, χλωροφθορανθράκων και υδροφθορανθράκων για κάποιους σημαντικούς λόγους. Αρχικά, η παραγωγή της είναι εύκολη και πολύ φθηνή καθώς υπάρχει σε αφθονία στο περιβάλλον σε αντίθεση με τις χημικές ενώσεις που προαναφέρθηκαν που πρέπει να παρασκευαστούν σε χημικά εργαστήρια και να περάσουν ειδικές διεργασίες για να αποκτήσουν τις απαραίτητες ιδιότητες. Η αμμωνία λόγω της τοξικότητας της χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στην χρήση της σε αντίθεση με τις άλλες ενώσεις. Οι αλογονούχες αυτές ενώσεις δεν παρουσιάζουν κάποια χαρακτηριστική οσμή με αποτέλεσμα πιθανή διαρροή τους να μην γίνεται εύκολα αντιληπτή, σε αντίθεση με την αμμωνία η οποία από τα 5 ppm κιάλας γίνεται αντιληπτή στον αέρα από την ανθρώπινη όσφρηση. Η αμμωνία παρουσιάζει χαμηλή πυκνότητα στην υγρή της κατάσταση (όπως δηλαδή φυλάσσεται εντός των ειδικών φιαλών) ενώ οι άλλες ενώσεις είναι πυκνότερες με αποτέλεσμα συγκριτικά με την αμμωνία να κοστίζουν περισσότερο ανά κιλό. Η αμμωνία λόγω χημικής της σύνθεσης αντιδρά με χαλκό και ψευδάργυρο καθώς και τα κράματα τους με αποτέλεσμα η εγκατάσταση να πρέπει να απαρτίζεται από εξαρτήματα σιδήρου. Επίσης λόγω ασφάλειας απαγορεύεται να χρησιμοποιούνται ημι-ερμητικοί ή ερμητικοί συμπιεστές καθώς σε περίπτωση διαρροής που δεν θα γινόταν αντιληπτή, θα υπήρχε σοβαρή πιθανότητα ανάφλεξης. Η αμμωνία επίσης εμφανίζει εκρηκτικότητα σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε αντίθεση με τις αλογονούχες ενώσεις. Επίσης, η αμμωνία παρουσιάζει μεγάλη ψυκτική ικανότητα συνεπώς η ανάγκη για μεγάλη εγκατάσταση δεν υπάρχει. Τέλος, η καταστροφή του στρώματος του όζοντος στην στρατόσφαιρα και η υπερθέρμανση του πλανήτη ήταν καταστροφές που προέκυψαν εξαιτίας των υδροχλωροφθορανθράκων και των χλωροφθορανθράκων σήμαναν την ανάγκη να δημιουργηθούν νέα φιλικότερα προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα ή να επαναχρησιμοποιηθούν άλλα παλαιότερα αλλά λιγότερο καταστροφικά προς το περιβάλλον. Ακολουθεί σύνοψη και σύγκριση των ιδιοτήτων των ψυκτικών μέσων σε απλοποιημένη μορφή.

Αμμωνία:

- Φυσική, υπάρχει σε αφθονία στην ατμόσφαιρα.
- Δεν ρυπαίνει το περιβάλλον καθώς αν εξατμιστεί στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το ακίνδυνο αέριο διττανθρακικό αμμώνιο.
- Έχει χαμηλή πυκνότητα όταν υγροποιηθεί.
- Είναι φθηνή σε παραγωγή και σε κόστος αγοράς ανά κιλό σε σχέση με άλλα ψυκτικά μέσα.
- Παρουσιάζει ιδιαίζουσα οσμή, γεγονός που κάνει διαρροές εύκολα αντιληπτές.
- Είναι τοξική και εύφλεκτη σε μεγάλες συγκεντρώσεις στον αέρα για αυτό χρήζει προσοχής η μεταχείριση της και η στεγανότητα της εγκατάστασης της.
- Αντιδρά επιθετικά με μαλακά μέταλλα και κράματα όπως χαλκός και ψευδάργυρος.
- Απαγορεύεται η συμπίεση της με ημί-ερμητικούς και ερμητικούς συμπιεστές.
- Είναι ιδανικό ψυκτικό μέσο για μεγάλες εγκαταστάσεις και μεγάλες αποστάσεις.
- Έχει μεγάλη ικανότητα μετάδοσης θερμότητας με αποτέλεσμα να χρειάζεται μικρή εγκατάσταση για ικανοποιητική ψύξη.

Χλωροφθοράνθρακες, Υδροχλωροφθοράνθρακες, Υδροφθοράνθρακες:

- Είναι χημικές ενώσεις παρασκευασμένες στο εργαστήριο με σκοπό να αποκτήσουν τις κατάλληλες ιδιότητες.
- Ρυπαίνουν το περιβάλλον καταστρέφοντας το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας και συνεισφέροντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη.
- Έχουν μεγαλύτερο κόστος σε αγορά.
- Χρησιμοποιούν μεγαλύτερους συμπιεστές και σωληνώσεις από ότι η αμμωνία.
- Αποσύρθηκαν και αντικαταστάθηκαν από νέα φιλικότερα προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα.

Επίλογος – Συμπεράσματα:

Η ανάγκη για ψύξη γύρω μας είναι καθημερινή και είναι πλέον δεδομένη και καθιερωμένη. Τα διάφορα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή της εφεύρεσης της ψυκτικής εγκατάστασης διαμόρφωσαν τρομερές αλλαγές και εξελίξεις. Η αμμωνία είναι ένα σπουδαίο ψυκτικό μέσο που για κάποια χρόνια αντικαταστάθηκε και έμεινε στην αφάνεια, λόγω όμως της ενεργειακής της απόδοσης και της φιλικότητας της προς το περιβάλλον ήρθε και πάλι για να μείνει. Με το πέρασμα των ετών και την εξέλιξη των συστημάτων ασφαλείας η αμμωνία θα αποτελέσει ξανά μια εύκολη και αξιόπιστη λύση για εγκαταστάσεις ψύξης. Το ήδη επιβαρυνόμενο περιβάλλον έχει ανάγκη μια «ανάσα» από την ρύπανση που του έχουμε προκαλέσει και για αυτό οι HFCs, CFCs και HCFCs θα μείνουν ως μια μαύρη σελίδα στο παρελθόν των συστημάτων ψύξης. Η αμμωνία λόγω χαμηλού κόστους της σε όλες τις περιπτώσεις (δηλαδή σε μέγεθος εγκατάστασης, κόστος συντήρησης, κόστος αγοράς, κόστος παραγωγής) και λόγω των πολύ καλών της ιδιοτήτων αποτελεί μια πολύ καλή βάση για την εξέλιξη των ψυκτικών μέσων και δεν έχουμε παρά να αναμένουμε για να μείνουμε έκπληκτοι από τα νέα ψυκτικά μέσα που θα κατασκευαστούν στα επόμενα χρόνια με βάση την αμμωνία.

Βιβλιογραφία της πτυχιακής εργασίας:

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorofluorocarbon>
- https://www.youtube.com/watch?v=98i7_8TCtUk
- <http://www.slideshare.net/brewergarrett/ammonia-as-refrigerant>
- <http://industrialrefrigeration.danfoss.com/refrigerants/ammonia/why-ammonia/>
- <http://www.nhtres.com/differs.shtml>
- Βιβλίο Ιδρύματος Ευγενίδου «ΨΥΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ» του Κου. Ευάγγελου Κανακάκη.
- Σημειώσεις Μαθήματος Ψυκτικές Εγκαταστάσεις και Κλιματισμός ΣΤ' Εξαμήνου του επιβλέποντα καθηγητή Κου. Σαάντ Φαντί.
- Αρχείο «ΨΥΞΗ ΜΕ ΑΜΜΩΝΙΑ» Κου. Νίκου Χαριτωνίδη
- Αρχείο «Τεχνίτης Ψυκτικός» του Εμπορικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου Πειραιώς.
- Διάφορες σελίδες και βίντεο του διαδικτύου.

Περιεχόμενα:

Περίληψη	3
Abstract	4
Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στις βασικές έννοιες.....	6
Κεφάλαιο 2: Εξαρτήματα ψυκτικών εγκαταστάσεων και εφαρμογές ψύξης.....	10
Κεφάλαιο 3: Ψυκτικά Μέσα, Ιδιότητες και διαχωρισμός τους.....	14
Κεφάλαιο 4: Τι είναι αμμωνία, από πού προέρχεται και γιατί χρησιμοποιήθηκε	19
Κεφάλαιο 5: CFCs & HFCs & HCFCs.....	26
Κεφάλαιο 6: Σύγκριση Αμμωνίας με αλογονούχα ψυκτικά μέσα	30
Επίλογος - Συμπεράσματα	32
Βιβλιογραφία.....	33
Παράρτημα.....	34

