ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

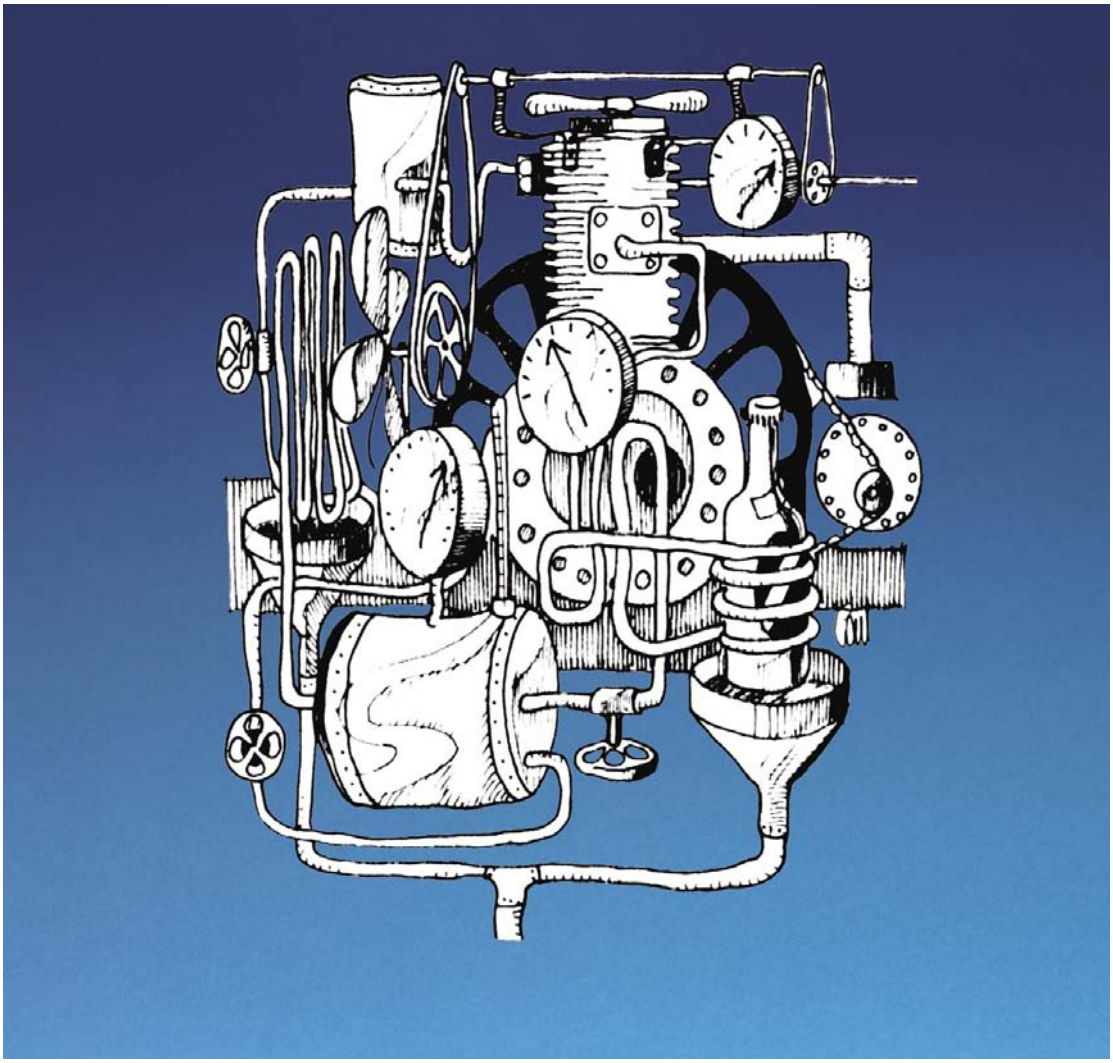
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Τομέας Ανάλυσης, Σχεδιασμού & Ανάπτυξης Διεργασιών & Συστημάτων

Οικονομοτεχνική μελέτη για την εφαρμογή κατάλληλων, περιβαλλοντικά και ενεργειακά, συστημάτων παραγωγής ψύξης σε εργοστάσιο σοκολάτας

Χρονόπουλος Βασίλειος

Επιβλέπουσα: Κροκίδα Μάρθα, Επίκουρη Καθηγήτρια



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα, επίκουρη καθηγήτρια κα. Κροκίδα Μάρθα καθώς και την αναπληρωτή καθηγήτρια κα. Μαρία Μανδαράκα, για την υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας.

Η εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με το εργοστάσιο «Παυλίδης». Ευχαριστώ πρωτίστως τον κο. Χρήστο Φουσέκη (Project Engineer) και την κα. Ντίνα Κουβαρά (Business Development Manager), καθώς και όλους τους εργαζόμενους στα γραφεία και στην παραγωγή του εργοστασίου, τόσο για το χρόνο που αφιέρωσαν καθώς και για τη βοήθειά τους κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής.

Η εργασία αυτή, είναι αφιερωμένη στους γονείς μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη 6
Κεφάλαιο 1ο Ιστορικά στοιχεία 7
1.1 Η πορεία του κλιματισμού στους αιώνες 7
1.2 Η εξέλιξη της ψύξης 9
Κεφάλαιο 2ο Βασικά στοιχεία μιας ψυκτικής εγκατάστασης ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.1 Κύρια τμήματα εγκαταστάσεων ψύξης 12
2.1.1 Συμπιεστής 12
2.1.2 Συμπυκνωτής 13
2.1.3 Βαλβίδα εκτόνωσης 15
2.1.4 Συστήματα εξάτμισης 17
2.2 Η οργάνωση μιας εγκατάστασης ψύξης 18
Κεφάλαιο 3ο Ψυκτικά μέσα 21
3.1 Ονοματολογία 21
3.2 Γενικές απαιτήσεις 22
3.3 Κύριες ψυκτικές ουσίες ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.3.1 Φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες 22
3.3.2 Αμμωνία NH_3 24
3.4 Δευτερεύουσες ψυκτικές ουσίες ..... **Error! Bookmark not defined.**
Κεφάλαιο 4ο Ψυκτικά μέσα και περιβάλλον 25
4.1 Το στρώμα του όζοντος 25
4.2 Καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος 25
4.2.1 Η σχέση μεταξύ περιεχομένου χλωρίου και όζοντος 26
4.2.2. Από που προέρχεται το χλώριο στην ατμόσφαιρα; 26
4.2.3. Επίδραση των CFCs 27
4.3 Άμεση και έμμεση συμβολή 29
Κεφάλαιο 5ο Νομοθεσία σχετοκή με τα ψυκτικά μέσα ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.1 Η νομοθεσία μέχρι την 11/9/2007 32
5.2 Η εφαρμογή των μέτρων 33
5.3 Η σχετική νομοθεσία Σήμερα 34
Κεφάλαιο 6ο Η μελέτη για την εφαρμογή των απαραίτητων αλλαγών προς συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία 36
6.1 Ο λόγος που γίνεται η μελέτη αυτή 37

6.2 Επιλογές..... 38
6.2.1 Πλήρης αντικατάσταση του εργοστσίου..... 38
6.2.2 Μετατροπές στο ργοστάσιο για χρησιμοποίηση νέου/-ων ψυκτικών μέσων 39
6.2.3 Χρησιμοποίηση ανακυκλωμένων HCFCs στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις 42
6.3 Μεθοδολογία αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων..... 42
6.4 Αποφεύγοντας τα HFCs 43
6.5 Η υπάρχουσα κατάσταση..... 46
Κεφάλαιο 7ο Αποτελέσματα της εφαρμογής 54
7.1 Τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης..... 54
7.2 Οικονομικά στοιχεία της εγκατάστασης 58
Βιβλιογραφία 65
Παράρτημα 1- Θεμελειώδεις όροι..... 68
Παράρτημα 2- Ψύξη με χρήση ψυκτικού μέσου 75
Παράρτημα 3- Φιλικά ψυκτικά μέσα προς το περιβάλλον 82
Παράρτημα 4- Νομοθεσία 85

Περίληψη

Το αντικείμενο αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάλυση των δυνατών λύσεων και στη συνέχεια η επιλογή της βέλτιστης, ώστε η βιομηχανική μονάδα παραγωγής της σοκολατοποιίας «Παυλίδης» να λειτουργεί αποκλειστικά με οικολογικά ψυκτικά μέσα συμβαδίζοντας με την ισχύουσα νομοθεσία. Ταυτόχρονα, στόχος μας είναι να συνδυαστεί η αναγκαστική αυτή αλλαγή, με τη λύση που θα προσφέρει στο εργοστάσιο τη μέγιστη αποτελεσματικότητα, με μείωση των λειτουργικών εξόδων (ενέργεια, συντήρηση) και ταυτόχρονα γρήγορη εφαρμογή με τη μεγαλύτερη δυνατή διάρκεια ζωής – τόσο μηχανολογικά όσο και σχεδιαστικά.

Η συγκεκριμένη μελέτη ξεκινά από πολύ βασικά στοιχεία, όπως ο κύκλος ψύξης και τα κύρια στοιχεία που απαρτίζουν μία εγκατάσταση ψύξης – μαζί με το ρόλο του καθενός. Στη συνέχεια, παρατίθενται κάποιες γενικές πληροφορίες για τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σήμερα και μία ανάλυσή τους. Η σχέση τους με το περιβάλλον και οι επιπτώσεις τους στο όζον και στη θερμοκρασία του πλανήτη παρατίθενται αναλυτικά, ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την αναγκαιότητα των μέτρων που έχουν παρθεί μέχρι σήμερα, αλλά και αυτών που μπήκαν σε ισχύ από την 1/1/2010 για να περιορίσουν τη χρήση των πιο επιβλαβών. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε την υπάρχουσα κατάσταση και αναλύουμε σε βήματα τη διερεύνηση των εναλλακτικών λύσεων (επιλογών) και τη μεθοδολογία με την οποία θα καταλήξουμε στην ιδανική –όπως φαίνεται- επιλογή της μερικής αντικατάστασης και τροποποίησης των υπαρχουσών μονάδων με άλλες που θα λειτουργούν με οικολογικά ψυκτικά μέσα.

Κεφάλαιο 1ο Ιστορικά στοιχεία

1.1 Η πορεία του κλιματισμού στους αιώνες

Παρόλο που η μεταφορά θερμότητας μέσω μηχανημάτων για την παροχή κλιματισμού είναι μια σχετικά σύγχρονη εφεύρεση, η ψύξη των κτιρίων δεν είναι. Οι ευκατάστατοι αρχαίοι Ρωμαίοι διοχέτευαν νερό υδραγωγείου μέσα στους τοίχους για να ψύχουν τα πολυτελή τους σπίτια.

Το 2ο αιώνα μ.Χ. ο κινέζος εφευρέτης Ding Huan της Δυναστείας Han επινόησε ένα περιστρεφόμενο ανεμιστήρα για κλιματισμό, με επτά χειροκίνητους τροχούς 3 μέτρων σε διάμετρο. Το 747, ο αυτοκράτορας Xuanzong της δυναστείας Tang (618-907) είχε χτίσει στο αυτοκρατορικό ανάκτορο την Αίθουσα Δροσιάς (Liang Tian), την οποία το Tang Yulin περιγράφει ως έχουσα για κλιματισμό ανεμιστήρες τροχούς τροφοδοτούμενος με νερό, καθώς και ρεύματα πιδάκων νερού από σιντριβάνια. Κατά τη διάρκεια της μετέπειτα δυναστείας Song (960-1279), οι γραπτές πηγές ανέφεραν τον περιστρεφόμενο ανεμιστήρα κλιματισμού ως ακόμη πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο.

Η μεσαιωνική Περσία είχε κτίρια που χρησιμοποιούσαν στέρνες και αιολικούς πύργους για την ψύξη των κτιρίων κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου: οι στέρνες ήταν μεγάλες ανοικτές (όχι υπόγειες) δεξαμενές σε κεντρικές αυλές, που συνέλλεγαν βρόχινο νερό. Οι αιολικοί πύργοι είχαν παράθυρα που μπορούσαν να αλιεύσουν τον άνεμο και εσωτερικά πτερύγια που κατεύθυναν τη ροή αέρα προς τα κάτω, στο εσωτερικό του κτιρίου, συνήθως πάνω από την στέρνα και μέσω ενός κατάντη πύργου ψύξης. Το νερό της στέρνας εξατμιζόταν ψύχοντας τον αέρα μέσα στο κτίριο.

Οι εξαεριστήρες επινοήθηκαν στην μεσαιωνική Αίγυπτο και χρησιμοποιούνταν ευρέως σε πολλά σπίτια σε όλο το Κάιρο κατά τη διάρκεια του Μεσαίωνα. Αυτοί οι ανεμιστήρες περιγράφονται αργότερα λεπτομερώς από τον Abd al-Latif al-Baghdadi το 1200, που ανέφερε ότι σχεδόν κάθε σπίτι στο Κάιρο είχε ανεμιστήρα, και ότι κόστιζαν από 1 έως 500 δηνάρια ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα τους. Οι περισσότεροι ανεμιστήρες στην πόλη ήταν προσανατολισμένοι προς την Qibla, όπως ήταν η πόλη γενικότερα.

Κατά το 1600 ο Κορνήλιος Drebbel απέδειξε πως "ο Χειμώνας μετατρέπεται σε Καλοκαίρι" για τον James I της Αγγλίας, με την προσθήκη αλατιού στο νερό.

Το 1820, ο βρετανός επιστήμονας και εφευρέτης Michael Faraday ανακάλυψε ότι συμπιέζοντας και υγροποιώντας αμμωνία μπορούσε να ψύξει τον αέρα, όταν η υγροποιημένη αμμωνία αφηνόταν να εξατμιστεί.

Το 1842, ο John Gorrie γιατρός από τη Φλόριδα χρησιμοποίησε τεχνολογία συμπίεσης για τη δημιουργία πάγου, τον οποίο χρησιμοποιούσε για να ψύχει αέρα για τους ασθενείς του στο νοσοκομείο. Έλπιζε να χρησιμοποιήσει τη μηχανή παραγωγής πάγου για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας των κτιρίων. Ακόμη οραματιζόταν κεντρικό κλιματισμό που θα μπορούσε να ψύξει ολόκληρες πόλεις. Αν και το πρωτότυπο του Gorrie παρουσίασε διαρροή και δεν λειτούργησε σωστά, το 1851 του χορηγήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη μηχανή παραγωγής πάγου. Οι ελπίδες για την επιτυχία της εξαφανίστηκαν σύντομα,

όταν πέθανε ο κύριος οικονομικός χορηγός του. Ο Gorrie δεν βρήκε τα χρήματα που χρειαζόντουσαν για την εξέλιξη της μηχανής. Σύμφωνα με την βιογράφο του, Vivian Sherlock, κατηγορούσε τον "Βασιλιά του Πάγου" Frederic Tudor για την αποτυχία του, καθώς υποψιαζόταν ότι είχε ξεκινήσει εκστρατεία εναντίον της εφεύρεσής του. Ο Δρ. Gorrie πέθανε εξαθλιωμένος το 1855 και η ιδέα του κλιματισμού ξεθώριασε για 50 χρόνια.

Πρόωρες εμπορικές εφαρμογές κλιματισμού είχαν κατασκευαστεί για την ψύξη του αέρα περισσότερο για την ανάπτυξη της βιομηχανίας παρά για προσωπική άνεση. Το 1902 εφευρέθηκε το πρώτο σύγχρονο ηλεκτρικό κλιματιστικό από τον Willis Haviland Carrier στο Syracuse, της Νέας Υόρκης. Σχεδιασμένη για να βελτιώνει τη διαδικασία ελέγχου παραγωγής σε ένα εργοστάσιο εκτύπωσης, η εφεύρεσή αυτή δεν ρύθμιζε μόνο τη θερμοκρασία αλλά και την υγρασία. Η χαμηλή θερμότητα και η υγρασία χρειαζόντουσαν για να συμβάλλουν στη διατήρηση των διαστάσεων του χαρτιού και την εξισορρόπηση των μελανιών. Αργότερα η τεχνολογία του Carrier εφαρμόστηκε για την αύξηση της παραγωγικότητας στον εργασιακό χώρο, και ιδρύθηκε η Εταιρεία Κλιματισμού Carrier Αμερικής για να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση. Με την πάροδο του χρόνου ο κλιματισμός άρχισε να χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της άνεσης σε σπίτια και οχήματα. Οι πωλήσεις διευρύνθηκαν σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1950.

Το 1906, ο Stuart W. Cramer από τη Νότια Καρολίνα των ΗΠΑ, διερευνούσε μεθόδους πρόσθεσης υγρασίας στην ατμόσφαιρα του κλωστοϋφαντηρίου του. Ο Cramer επινόησε τον όρο "κλιματισμός", χρησιμοποιώντας τον στην αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας που κατέθεσε εκείνη τη χρονιά, ανάλογο με τον όρο "κλιματισμός νερού", που ήταν μια πολύ γνωστή διαδικασία για τη διευκόλυνση της επεξεργασίας των υφασμάτων. Συνδύασε την ύγρανση με τον εξαερισμό για να "ρυθμίσει" και να αλλάξει την ατμόσφαιρα στα εργοστάσια, ελέγχοντας τα επίπεδα της υγρασίας που ήταν τόσο απαραίτητη στις κλωστοϋφαντουργικές μονάδες. Ο Willis Carrier υιοθέτησε τον όρο και τον ενσωμάτωσε στο όνομα της εταιρείας του. Αυτή η εξάτμιση του νερού στον αέρα, ώστε να παρέχει ψυκτική επίδραση, είναι πλέον γνωστή ως εξατμιζόμενη ψύξη.

Τα πρώτα κλιματιστικά και τα ψυγεία χρησιμοποιούσαν τοξικά ή εύφλεκτα αέρια όπως αμμωνία, χλωριούχο μεθάνιο, και προπάνιο, τα οποία εάν διέρρεαν θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θανατηφόρα ατυχήματα. Το 1928, ο Midgley Thomas, Jr. δημιούργησε το Freon, το πρώτο χλωρο-φθοριο-υδρογον-ανθρακικό αέριο. Το ψυκτικό αυτό μέσο ήταν πολύ πιο ασφαλές για τον άνθρωπο αλλά πλέον έχει αποδειχθεί βλαβερό για την ατμόσφαιρα με την καταστροφή του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Οι βιολογικές επιπτώσεις που προκύπτουν περιλαμβάνουν την αύξηση των κρουσμάτων καρκίνου του δέρματος, καταστροφές στα φυτά, καθώς και τη μείωση του ωκεάνιου πλαγκτόν.

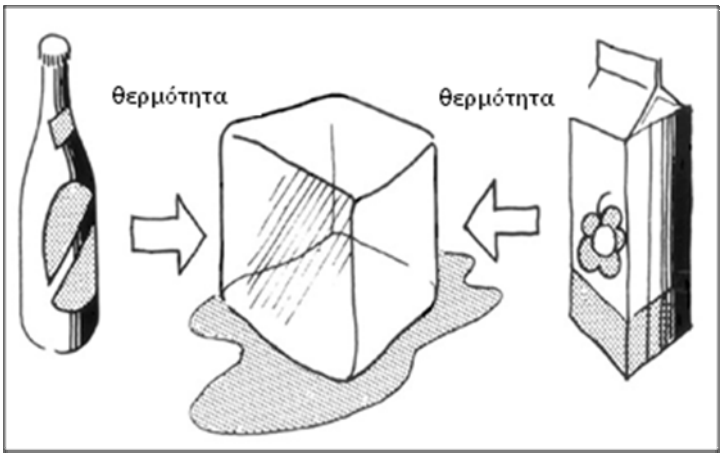
Το Freon είναι ένα όνομα εμπορικού σήματος της DuPont για κάθε χλωροφθορανθρακικό (CFC), υδρογονωμένο CFC (HCFC), ή υδροφθορανθρακικό (HFC) ψυκτικό μέσο. Το κάθε όνομα συμπεριλαμβάνει έναν αριθμό που δηλώνει τη μοριακή σύνθεση (R-11, E-12, R-22, R-134A). Το μείγμα που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το HCFC γνωστό ως R-22. Το R-12 ήταν το πιο κοινό μείγμα που χρησιμοποιούνταν σε οχήματα στις ΗΠΑ μέχρι το 1994, όταν πλέον άλλαξε σε R-134A. Το R-22 θα πρέπει να καταργηθεί σταδιακά από το 2010 και να διακοπεί πλήρως μέχρι το 2020. Τα R-11 και R-12 δεν κατασκευάζονται πλέον στις ΗΠΑ, η μόνη πηγή για την αγορά τους είναι ο καθαρισμός και το καθαρό αέριο που προκύπτει από άλλα κλιματιστικά συστήματα. Διάφορα ψυκτικά μέσα που δεν καταστρέφουν το όζον έχουν αναπτυχθεί ως εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένου του R-410A, που εφευρέθηκε από την Honeywell (πρώην AlliedSignal) στο Buffalo της Νέας Υόρκης και πωλούνται με το όνομα Genetron (R) AZ-20

που χρησιμοποιήθηκε εμπορικά για πρώτη φορά από την Carrier με το εμπορικό σήμα Puron.

Η καινοτομία στις τεχνολογίες κλιματισμού συνεχίζεται, με πολύ πρόσφατη έμφαση στην ενεργειακή απόδοση και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων. Ως εναλλακτική λύση στα συμβατικά ψυκτικά μέσα, έχουν προταθεί φυσικές εναλλακτικές λύσεις όπως το CO_2 (R-744).

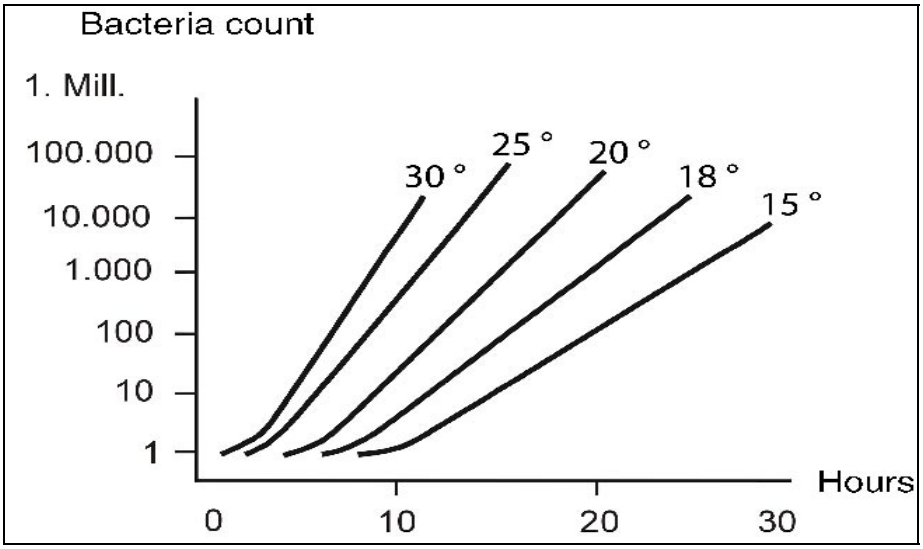
1.2 Η εξέλιξη της ψύξης

Η βασική λειτουργία ενός εργοστασίου που χρησιμοποιεί ψύξη είναι να ψύχει τις απαιτούμενες ουσίες – προϊόντα και να τα διατηρεί σε μία θερμοκρασία χαμηλότερη από αυτή του περιβάλλοντος. Η ψύξη μπορεί να περιγραφεί ως μία διαδικασία που «αφαιρεί» θερμότητα. Το αρχαιότερο και πιο γνωστό μέσο ψύξης είναι ο πάγος και στη συνέχεια ο αέρας και το νερό. Στην αρχαιότητα ο μόνος σκοπός ήταν να διατηρείται η τροφή. Οι Κινέζοι ήταν οι πρώτοι που ανακάλυψαν ότι ο πάγος αύξανε τη διάρκεια ζωής και βελτίωνε τη γεύση των ποτών και των τροφίμων. Για αιώνες οι Εσκιμώοι διατηρούσαν τις τροφές τους ψύχοντάς τες.



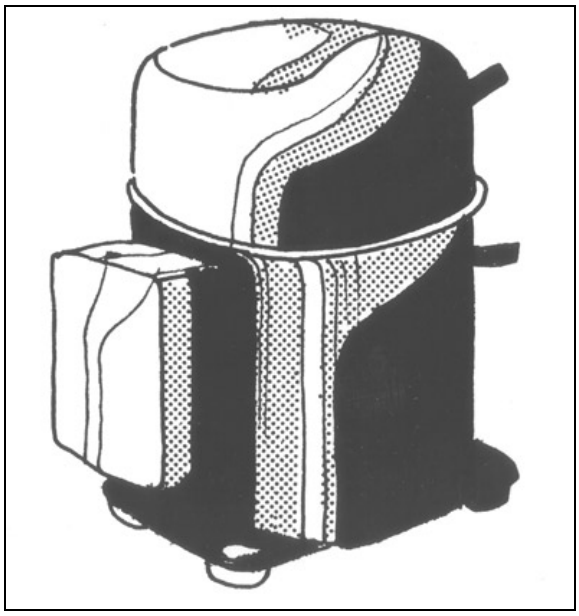
Εικόνα 1.1

Στις αρχές του περασμένο αιώνα, όροι όπως τα βακτήρια, τα ένζυμα, κλπ, ήταν ήδη γνωστοί. Είχε ήδη ανακαλυφθεί ότι η ανάπτυξη των μικροοργανισμών εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία και ότι η ανάπτυξή τους μειώνεται όσο μειώνεται και η θερμοκρασία και γενικότερα ότι η ανάπτυξή τους μειώνεται πολύ σε θερμοκρασίες μικρότερες των +10°C. Κατά συνέπεια, ήταν πλέον εφικτό και διαδεδομένο να χρησιμοποιείται φυσικός πάγος ώστε να διατηρούνται διάφορα προϊόντα.



Εικόνα 1.2: Ανάπτυξη βακτηρίων σε συνάρτηση με το χρόνο

Οι πρώτοι μηχανικοί ψύκτες για παραγωγή πάγου πρωτοεμφανίστηκαν γύρω στο 1860. Το 1880 χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά συμπιεστές αμμωνίας στις ΗΠΑ. Ο ηλεκτρισμός άρχισε να διαδραματίζει κάποιο ρόλο στις αρχές αυτού του αιώνα και τα εργοστάσια που χρησιμοποιούν μηχανική ψύξη, άρχισαν να γίνονται όλο και περισσότερα, κυρίως σε τομείς όπως: σφαγεία, εμφιαλωτήρια ποτών ή εργοστάσια συσκευασίας ψαριών. Μετά το τέλος του Β' Παγκόσμιου Πόλεμου η ανάπτυξη μικρότερων ερμητικών συμπιεστών ψύξης άρχισαν να «μπαίνουν» στα σπίτια. Σήμερα αυτές οι συσκευές θεωρούνται απαραίτητος εξοπλισμός για κάθε σπίτι.

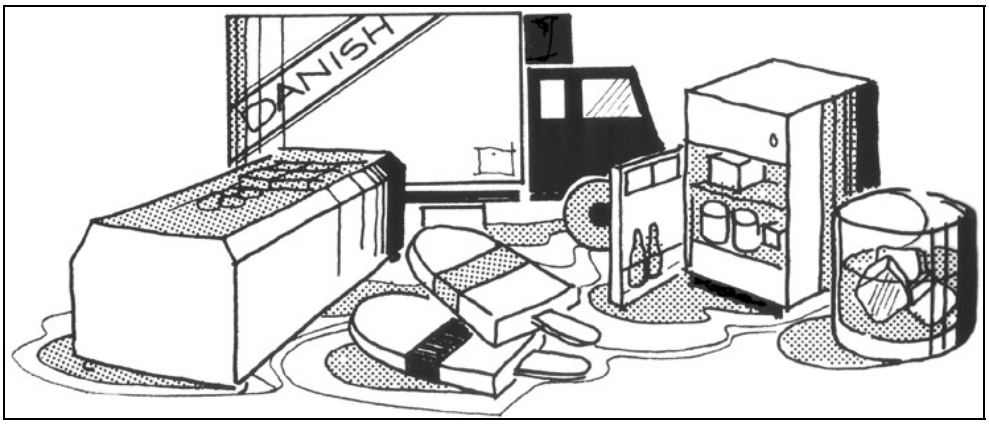

Εικόνα 1.3: Ένας από τους πρώτους μηχανικούς ψύκτες

Πλέον, οι εφαρμογές της εροστασιακής ψύξης είναι αμέτρητες. Μερικά παραδείγματα:

- Διατήρηση τροφίμων
- Διαδικασία ψύξης
- Air conditioning εργοστασίου

- Εργοστάσια αποξήρανσης
- Εγκαταστάσεις φρέσκου νερού
- Containers ψύξης
- Αντλίες θερμότητας
- Παραγωγή πάγου
- Ξηρός πάγος
- Ψύξη σε μεταφορικά μέσα (για μεταφορά προϊόντων)

Στην πραγματικότητα είναι δύσκολο να φανταστούμε τη ζωή μας χωρίς κλιματισμό και ψύξη γενικότερα. Ο αντίκτυπός τους στην ύπαρξή μας είναι πολύ μεγαλύτερος απ' ότι μπορούμε να φανταστούμε.



Εικόνα 1.4: Ένας από τους πρώτους μηχανικούς ψύκτες

Το εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο κλείνει με την παράθεση των βασικών ορισμών για τον κλιματισμό και τα συστήματα κλιματισμού.

Ο όρος **κλιματισμός** αναφέρεται στην ψύξη και αφύγρανση του αέρα εσωτερικών χώρων για θερμική άνεση. Σε μια ευρύτερη έννοια, ο όρος μπορεί να αναφέρεται σε οποιαδήποτε μορφή της ψύξης, θέρμανσης, εξαερισμού ή απολύμανσης που τροποποιεί την κατάσταση του αέρα.

Σύστημα κλιματισμού είναι μια συσκευή, σύστημα ή μηχανισμός που σταθεροποιηθεί τη θερμοκρασία του αέρα και την υγρασία εντός της περιοχής που χρησιμοποιείται για την ψύξη, καθώς και τη θέρμανση ανάλογα με τις ιδιότητες του αέρα σε μια δεδομένη χρονική στιγμή (συνήθως με τη χρήση του κύκλου ψύξης αλλά μερικές φορές με τη χρήση της εξάτμισης). Πλέον χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την ψύξη των κτιρίων και αυτοκινήτων οχημάτων.

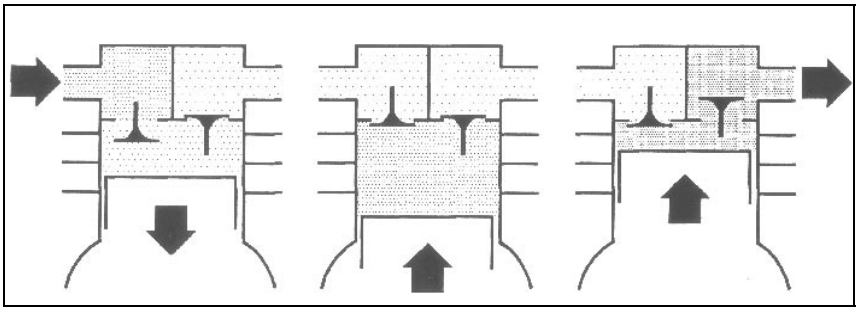
Πηγή Εικόνων: Refrigeration - introduction to the basics (produced by Danfoss)

Κεφάλαιο 2^{ο} Βασικά στοιχεία μιας ψυκτικής εγκατάστασης

2.1 Κύρια τμήματα εγκαταστάσεων ψύξης

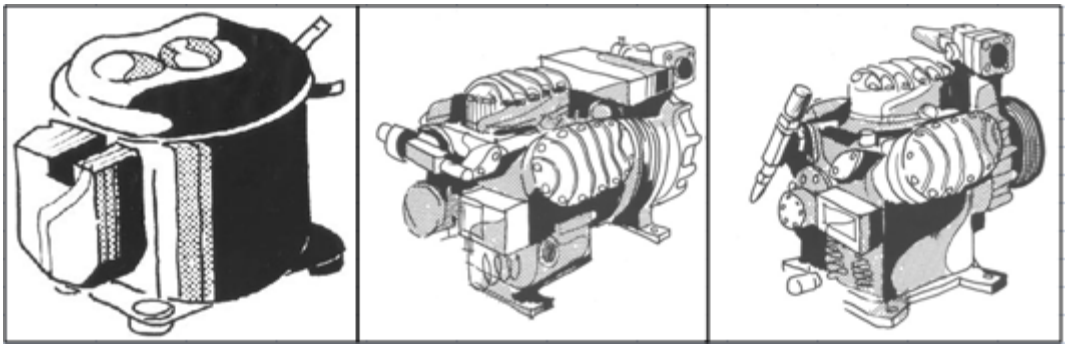
2.1.1 Συμπιεστής

Ο ρόλος του συμπιεστή είναι να απορροφά ατμό από τον εξατμιστήρα και να τον ωθεί στο συμπυκνωτή. Ο πιό κοινός τύπος είναι ο συμπιεστής εμβόλων, αλλά και άλλοι τύποι είναι αποδεκτοί, όπως οι φυγοκεντρικοί συμπιεστές.



Εικόνα 2.1: Τρόπος λειτουργίας ενός συμπιεστή με έμβολο

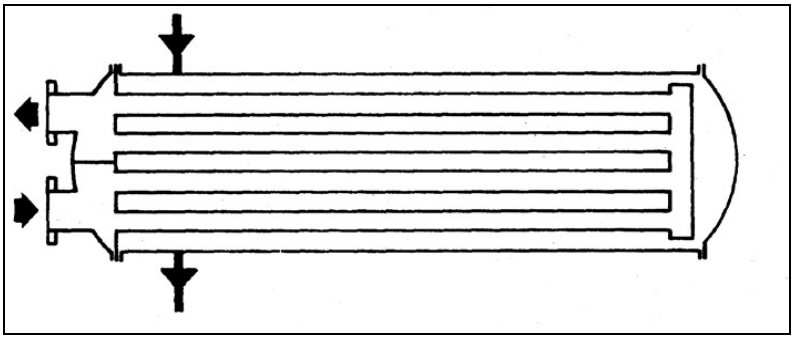
Ο συμπιεστής εμβόλων καλύπτει ένα πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών, από μικρά μοντέλα κατάλληλα για τα οικιακά ψυγεία μέχρι μοντέλα με τεράστιο όγκο που προορίζονται για βιομηχανικές εφαρμογές. Στις μικρότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται κλειστού τύπου συμπιεστής, όπου ο συμπιεστής και ο κινητήρας είναι μαζί ως μία μονάδα. Για τις μέσου μεγέθους εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται τα μεγαλύτερα μεγέθη των συμπιεστών κλειστού τύπου είτε σε εκδόσεις εμβόλων είτε κυλίνδρων. Οι εφαρμογές τους είναι κλιματισμός, γενική εμπορική ψύξη και chiller. Για τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις ο πιό κοινός τύπος συμπιεστή είναι ο ημίκλειστος. Το πλεονέκτημά του είναι ότι μπορούν να αποφευχθούν οι άξονες που είναι πολύ δύσκολο να αντικατασταθούν όταν αρχίσουν να έχουν διαρροή. Εντούτοις, αυτός ο τύπος δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις αμμωνίας γιατί η συγκεκριμένη ψυκτική ουσία είναι επιβλαβής στις φτερωτές των μηχανών. Έτσι, μεγαλύτεροι συμπιεστές HFC, και όλοι οι συμπιεστές αμμωνίας, σχεδιάζονται ως συμπιεστές ανοικτού τύπου, δηλαδή με τη μηχανή εκτός. Η μετάδοση ισχύος μπορεί να είναι άμεση στο στροφαλοφόρο άξονα ή μέσω μιας κίνησης V-belt. Για πιο ειδικές εφαρμογές υπάρχει ο oil-free συμπιεστής. Αλλά η λίπανση των ρουλεμάν και των τοίχωμάτων των κυλίνδρων με λάδι είναι σχεδόν πάντα απαραίτητη. Στους μεγάλους συμπιεστές ψύξης, το λάδι κυκλοφορείται από μια αντλία λαδιού.



Εικόνα 2.2: Είδη συμπιεστών

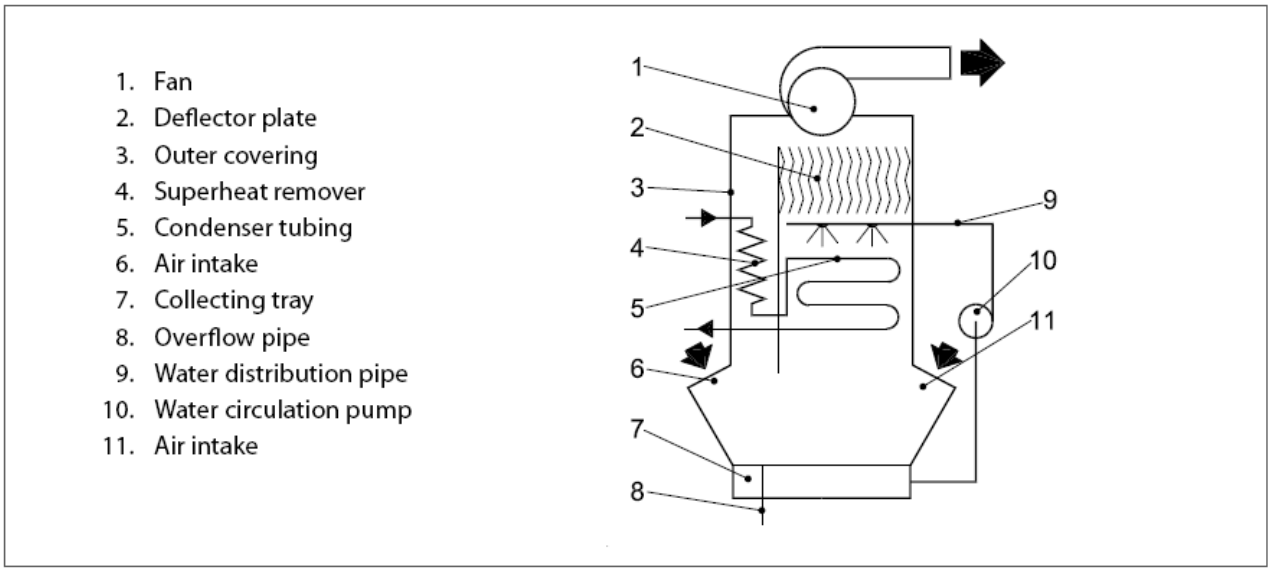
2.1.2 Συμπυκνωτής

Ο σκοπός του συμπυκνωτή είναι να αφαιρεί θερμότητα που ισούται με το ποσό της θερμότητας που απορροφάται στον εξατμιστήρα και της θερμότητας που παράγεται κατά τη συμπίεση. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη συμπυκνωτών. *Ο συμπυκνωτής σωλήνων* χρησιμοποιείται στις εφαρμογές όπου υπάρχει διαθέσιμο άφθονο νερό –ως μέσο συμπύκνωσης. Αποτελείται από έναν οριζόντιο κύλινδρο με ενωμένα επίπεδα καλύμματα, τα οποία υποστηρίζουν τους σωλήνες ψύξης. Το συμπυκνωμένο ψυκτικό μέσο ρέει μέσω του κυλίνδρου, και το μέσο συμπύκνωσης –νερό- στους σωλήνες. Τα τμήματα ενεργούν ως θάλαμοι αντιστροφής για το νερό έτσι ώστε κυκλοφορεί αρκετές φορές στο συμπυκνωτή. Το νερό θερμαίνεται 5-10 °C όταν περάσει από ένα συμπυκνωτή.



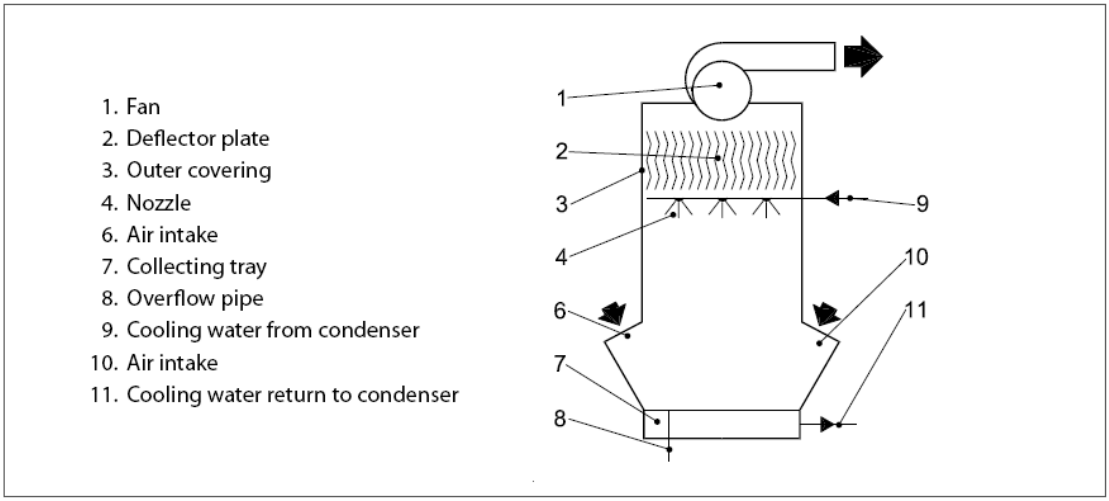
Εικόνα 2.3: Ένας συμπυκνωτής σε τομή

Εάν είναι απαραίτητο να μειωθεί το ποσό νερού που καταναλώνεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας *συμπυκνωτής εξάτμισης* αντ' αυτού. Αυτός ο τύπος συμπυκνωτή αποτελείται από μια σπείρα συμπύκνωσης, σωλήνες διανομής νερού, πιάτα εκτροπής και ανεμιστήρες. Το θερμό ψυκτικό αέριο οδηγείται στην κορυφή της σπείρας συμπύκνωσης και αφού συμπυκνωθεί τρέχει από το χαμηλότερο σημείο της σπείρας ως υγρό πια. Οι σωλήνες διανομής νερού με τα ακροφύσια τοποθετώνται πάνω από τη σπείρα συμπύκνωσης ώστε το νερό να απλώνεται και να πέφτει από τη σπείρα. Οι ανεμιστήρες κατευθύνουν μια ισχυρή ροή αέρα στη σπείρα συμπύκνωσης. Όταν οι σταγόνες νερού που πέφτουν συναντούν την ανοδική ροή αέρα ένα ποσοστό του νερού θα εξατμιστεί. Αυτό απορροφά την απαραίτητη θερμότητα εξάτμισης από τον ατμό του ψυκτικού μέσου με αποτέλεσμα αυτός να συμπυκνώνεται.



Εικόνα 2.4: Τρόπος λειτουργίας ενός συμπυκνωτή εξάτμισης

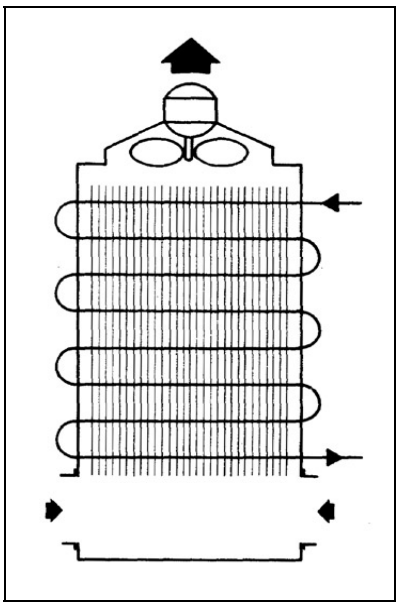
Η αρχή που σχετίζεται με την εξάτμιση του νερού χρησιμοποιείται επίσης στους *πύργους ψύξης*. Σε αυτές τις εφαρμογές, το νερό κυκλοφορείται σε ένα κύκλωμα μεταξύ του πύργου ψύξης και του συμπυκνωτή.
Σε γενικές γραμμές, ο πύργος ψύξης κατασκευάζεται και λειτουργεί όπως ο συμπυκνωτής εξάτμισης, αλλά αντί των στοιχείων συμπύκνωσης υπάρχουν deflector plates. Ο αέρας θερμαίνεται μέσω του πύργου από την απευθείας επαφή από το νερό που ταξιδεύει προς τα κάτω και είναι, επομένως, ικανός να απορροφήσει ένα αυξανόμενο ποσό υγρασίας που προέρχεται από τη μερική εξάτμιση. Κατά αυτόν τον τρόπο, το ψυκτικό νερό χάνει θερμότητα. Η απώλεια νερού ισοσταθμίζεται με την παροχή περισσότερου νερού.



Εικόνα 2.5: Τρόπος λειτουργίας ενός συμπυκνωτή εξάτμισης

Είναι δυνατό να μειωθεί η κατανάλωση νερού 90-95% με τη χρήση συμπυκνωτών εξάτμισης ή πύργων ψύξης, σε σύγκριση με την κατανάλωση νερού shell συμπυκνωτών και συμπυκωτών σωλήνων. Για διάφορους λόγους υπάρχει η πιθανότητα να μην είναι πάντα

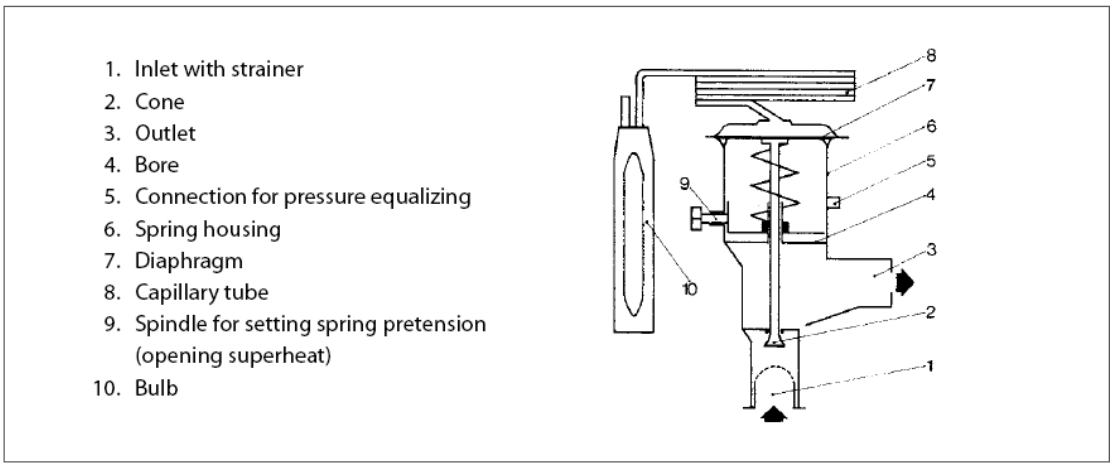
δυνατό να χρησιμοποιηθεί νερό για τη διαδικασία της συμπύκνωσης. Σε τέτοιες περιπτώσεις ένας *αερόψυκτος συμπυκνωτής* πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Δεδομένου ότι ο αέρας έχει μέτρια χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας, έναντι του νερού, μια μεγάλη επιφάνεια εκτός των σωλήνων συμπύκνωσης είναι απαραίτητη. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας πτερύγια και εξασφαλίζοντας καλή κυκλοφορία αέρα, μηχανικά. Έτσι είναι ο συμβατικός συμπυκνωτής για εμπορική ψύξη.



Εικόνα 2.6: Η λογική λειτουργίας ενός πύργου ψύξης

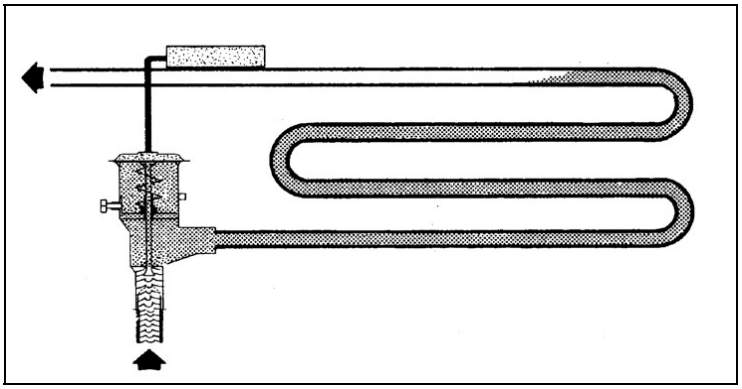
2.1.3 Βαλβίδα εκτόνωσης

Ο κύριος σκοπός της βαλβίδας εκτόνωσης είναι να εξασφαλιστεί ένα ικανοποιητικό διαφορικό πίεσης μεταξύ των πλευρών υψηλής και χαμηλής πίεσης τη εγκαταστάσεων. Ο απλούστερος τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι να χρησιμοποιηθεί ένας τριχοειδής σωλήνας που παρεμβάλλεται μεταξύ του συμπυκνωτή και του εξατμιστήρα/ατμοποιητή. Ο τριχοειδής σωλήνας, εντούτοις, χρησιμοποιείται μόνο στις μικρές, απλές συσκευές όπως τα ψυγεία επειδή δεν είναι σε θέση να ελέγχει το ποσό του υγρού που εισέρχεται στον εξατμιστήρα. Μια ρυθμιστική βαλβίδα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σ’αυτήν την διαδικασία. Η πιο συνηθισμένη βαλβίδα είναι η θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης, η οποία αποτελείται από ένα κάλυμμα της βαλβίδας, έναν τριχοειδή σωλήνα και ένα bulb. Το κάλυμμα της βαλβίδας τοποθετείται στη γραμμή του υγρού και το bulb εγκαθίσταται στην έξοδο εξατμιστήρων.



Εικόνα 2.7: Εξατμιστήρας που τροφοδοτείται από μια θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης.

Η εικόνα 2.7 παρουσιάζει έναν εξατμιστήρα που τροφοδοτείται από μια θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης. Ένα υγρό μικρής ποσότητας περιέχεται σε ένα μέρος του bulb. Το υπόλοιπο του bulb, του τριχοειδούς σωλήνα και του διαστήματος επάνω από το κάλυμμα της βαλβίδας τροφοδοτείται με κορεσμένο ατμό σε μια πίεση που αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του bulb. Το διάστημα κάτω από το διάφραγμα είναι συνδεδεμένο με τον εξατμιστήρα και η πίεση είναι επομένως ίση με την πίεση εξάτμισης.



Εικόνα 2.8: Μια βαλβίδα εκτόνωσης σε τομή.

Ο βαθμός στον οποίο είναι ανοικτή η βαλβίδα καθορίζεται από:

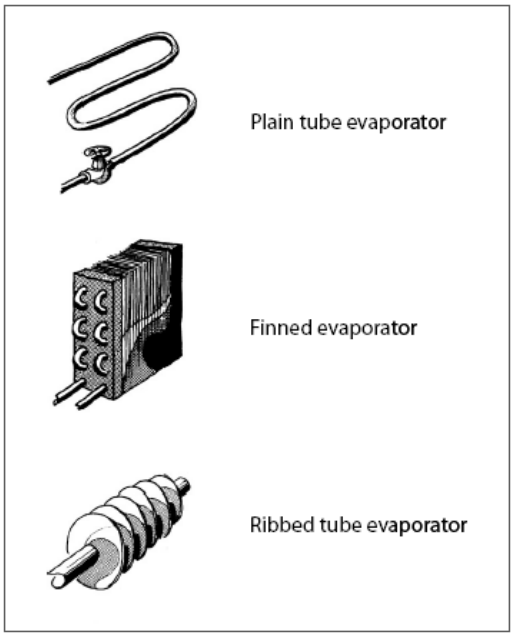
- Την πίεση που παράγεται από τη θερμοκρασία βολβών που ενεργεί στην άνω επιφάνεια του διαφράγματος.
- Την πίεση κάτω από το διάφραγμα, που είναι ίση με την πίεση εξάτμισης.
- Την πίεση του ελατηρίου που ενεργεί στην κάτω πλευρά του διαφράγματος.
- Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας, η εξάτμιση θα πιάσει κάποια απόσταση στον εξατμιστήρα. Κατόπιν, το κορεσμένο αέριο εμφανίζεται και γίνεται υπέρθερμο κατά΄το πέρασμα του μέσω του τελευταίου μέρους του εξατμιστήρα. Η θερμοκρασία βολβών θα είναι λοιπόν, η θερμοκρασία εξάτμισης συν την υπερθέρμανση, π.χ. σε θερμοκρασία εξάτμισης -10 °C, η θερμοκρασία βολβών θα είναι 0 °C.

Εάν ο εξατμιστήρας λάβει πολύ λίγη ψυκτική ουσία ο ατμός θα υπερθερμαθεί ακόμα περισσότερο και η θερμοκρασία στο σωλήνα εξόδου θα αυξηθεί. Η θερμοκρασία βολβών θα αυξηθεί επίσης και το ίδιο θα γίνει με την πίεση ατμού στο στοιχείο των βολβών. Λόγω της αύξησης στην πίεση που το διάφραγμα αναγκαστικά χαμηλώνει, η βαλβίδα ανοίγει και περισσότερο υγρό παρέχεται στον εξατμιστήρα. Αντίστοιχα, η βαλβίδα θα κλείσει περισσότερο εάν η θερμοκρασία βολβών γίνει χαμηλότερη. Οι θερμοστατικές βαλβίδες εκτόνωσης παράγονται σε διάφορες εκδόσεις και φυσικά υπάρχουν πολλές παραλλαγές κάθε τύπου.

2.1.4 Συστήματα εξάτμισης

Ανάλογα με την εφαρμογή, διαφορετικές απαιτήσεις επιβάλλονται στον εξατμιστήρα. Οι εξατμιστήρες επομένως κατασκευάζονται σε μία σειρά διαφορετικών εκδόσεων.

Οι εξατμιστήρες για φυσική κυκλοφορία αέρα χρησιμοποιούνται όλο και λιγότερο λόγω της σχετικά κακής μεταφοράς θερμότητας από τον αέρα στους σωλήνες ψύξης. Οι προηγούμενες εκδόσεις γίνονταν με απλούς σωλήνες, αλλά τώρα χρησιμοποιούνται ραβδωτοί σωλήνες ή πτερυγωτά στοιχεία. Η απόδοση των εξατμιστήρων αυξάνεται σημαντικά εάν χρησιμοποιείται *εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα*. Με αύξηση στη ταχύτητα του αέρα η μεταφορά θερμότητας από τον αέρα στο σωλήνα βελτιώνεται ώστε για μια δεδομένη παραγωγή ψύξης μια μικρότερη επιφάνεια εξατμιστήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ'ό, τι θα απαιτούνταν για φυσική κυκλοφορία. Όπως το όνομα υπονοεί, ένα *chiller (=ψύκτης)* δροσίζει το υγρό. Η απλούστερη μέθοδος είναι να βυθιστεί μια σπείρα του σωλήνα σε μια ανοικτή δεξαμενή. Τα κλειστά συστήματα μπαίνουν σε χρήση όλο και περισσότερο. Εδώ, οι ψύκτες σωλήνων γίνονται παρόμοια με τους συμπυκνωτές σωλήνων.

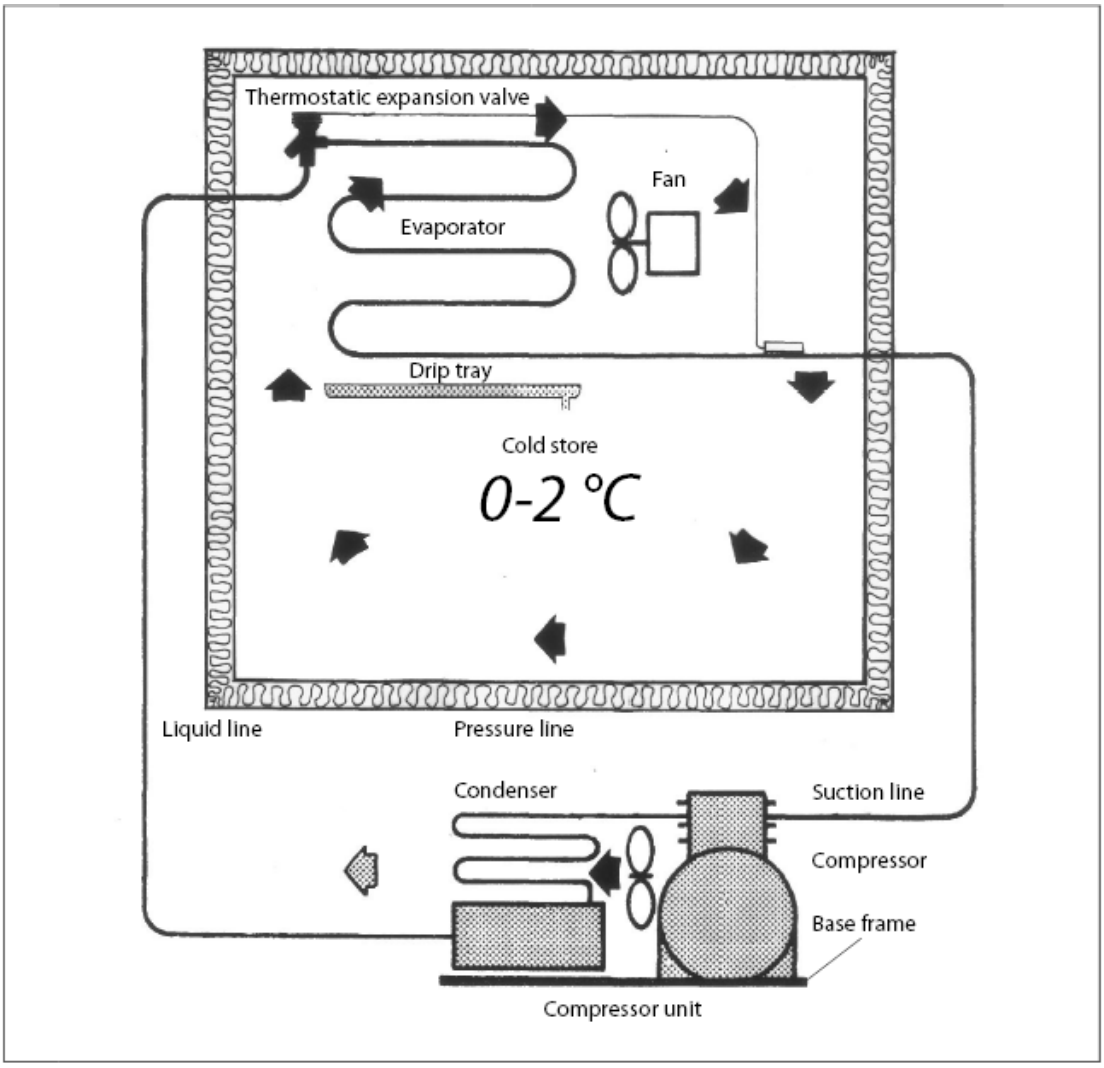


Εικόνα 2.9: Τύποι εξατμιστήρων/ατμοποιητών.

2.2 Η οργάνωση μιας εγκατάστασης ψύξης

Η εικόνα 2.10 παρουσιάζει τη βασική οργάνωση μιας εγκατάστασης ψύξης για έναν απλό χώρο κατάψυξης - σαν εκείνους που συναντώνται σε καταστήματα κρεοπωλών και στα supermarkets. Η μονάδα συμπιεστών μπορεί, παραδείγματος χάριν, να εγκατασταθεί σε ένα παρακείμενο δωμάτιο αποθήκευσης με μια έξοδο στον καθαρό αέρα. Μια τέτοια μονάδα αποτελείται από έναν συμπιεστή που κινείται από V-belt και μια ηλεκτρική μηχανή. Επιπλέον, το πλαίσιο βάσεων φέρει έναν αερόψυκτο συμπυκνωτή και έναν δέκτη. Ένας ανεμιστήρας τοποθετείται στον άξονα του ηλεκτρικού κινητήρα-μηχανής για να ωθεί αέρα στο συμπυκνωτή και να εξασφαλίζει τον απαραίτητο βαθμό ψύξης.

Η γραμμή μεταξύ του συμπιεστή και του συμπυκνωτή είναι γνωστή ως γραμμή κατάθλιψης. Σήμερα η πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων συμπιεστών είναι ημίκλειστου και κλειστού τύπου. Από το δέκτη, μια μη μονωμένη γραμμή, η γραμμή του υγρού, οδεύει έξω στο χώρο κατάψυξης όπου συνδέεται με τη θερμοστατική βαλβίδα εκτόνωσης στην είσοδο του εξατμιστήρα. Ο εξατμιστήρας αποτελείται από κοντά τοποθετημένα πτερύγια που συνδέονται με τους σωλήνες. Είναι επίσης εξοπλισμένος με έναν ανεμιστήρα για εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα κι ένα δίσκο συλλογής νερού. Από την πλευρά εξόδου του εξατμιστήρα μια γραμμή, η γραμμή αναρρόφησης, οδηγείται πίσω στο συμπιεστή. Η διάμετρος της γραμμής αναρρόφησης είναι κάπως μεγαλύτερη από την γραμμή του ψυκτικού υγρού επειδή μεταφέρει τον ατμό. Για αυτόν τον λόγο η γραμμή αναρρόφησης είναι κατά κανόνα μονωμένη.

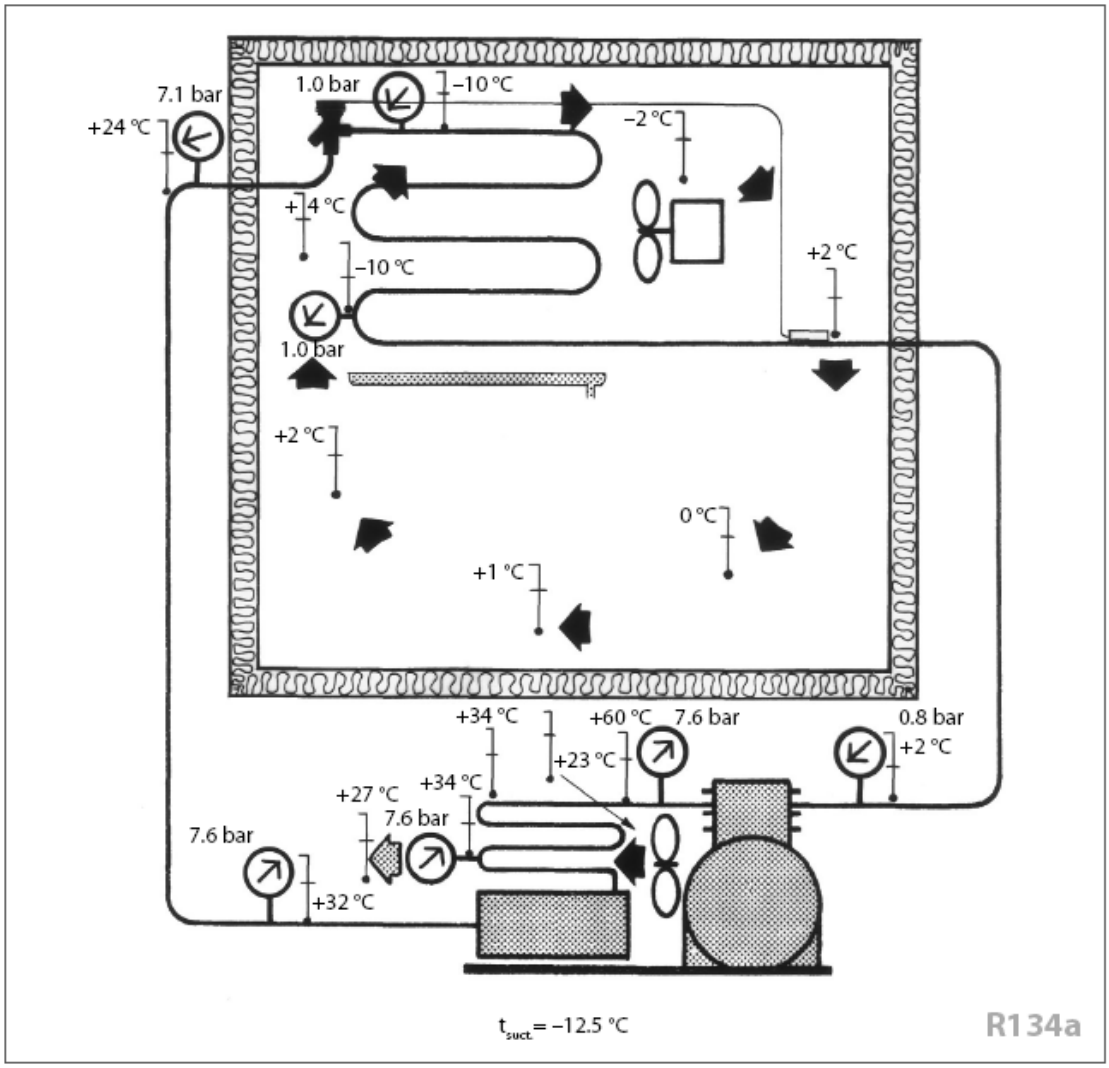


Εικόνα 2.10.

Η εικόνα 2.11 δίνει τις λεπτομέρειες των στιγμιαίων θερμοκρασιών σε εγκαταστάσεις ψύξης. Στην έξοδο συμπιεστών η πίεση είναι 7.6 bar και η θερμοκρασία είναι 60 °C λόγω της παρουσίας υπέρθερμου αερίου. Η θερμοκρασία στο ανώτερο μέρος του συμπυκνωτή θα μειωθεί γρήγορα στη θερμοκρασία κορεσμού, η οποία στη σχετική πίεση θα είναι 34 °C, επειδή αφαιρείται η υπερθέρμανση και αρχίζει η συμπύκνωση. Η πίεση στην έξοδο δεκτών θα παραμείνει λίγο πολύ η ίδια, ενώ η υπόψυξη του υγρού αρχίζει επειδή η θερμοκρασία έχει μειωθεί κατά 2 °C στους 32 °C. Στον εξατμιστήρα πίεση 1 bar και θερμοκρασία εξάτμισης - 10 °C υποδεικνύονται. Στο τελευταίο μέρος του εξατμιστήρα ο ατμός γίνεται υπέρθερμος κι έτσι η θερμοκρασία στο βολβό της θερμοστατικής βαλβίδας εκτόνωσης γίνεται +2 °C, αντίστοιχα με τη ρύθμιση της υπερθέρμανσης στη βαλβίδα. Όπως φαίνεται παρακάτω, η θερμοκρασία αέρα θα ποικίλει. Ο αέρας θα λάβει τη θερμότητα καθώς διέρχεται από τους χώρους, τα προϊόντα, τους τοίχους, την οροφή, κ.λπ. Η θερμοκρασία του αέρα που πηγαίνει προς το συμπυκνωτή επίσης θα ποικίλει με την εποχή του χρόνου.

Οι εγκαταστάσεις ψύξης πρέπει γι’αυτό να διαστασιολογηθούν σύμφωνα με το μεγαλύτερο φορτίο στο οποίο θα υποβληθούν. Για να είναι σε θέση να προσαρμοστούν στα μικρότερα φορτία, πρέπει έχουν προβλεφθεί ειδικές εγκαταστάσεις που θα διαχειρίζονται

τα φορτία ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής. Η διαδικασία μέσω της οποίας γίνονται τέτοιες αλλαγές καλείται regulation (=ρύθμιση).



Εικόνα 2.11.

Πηγή Εικόνων: Refrigeration - introduction to the basics (produced by Danfoss)

Κεφάλαιο 3^{ο} Ψυκτικά μέσα

3.1 Ονοματολογία

Τα διάφορα χλωριούχα και κυρίως φθοριούχα παράγωγα του μεθανίου και αιθανίου, τα οποία χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά μέσα συνήθως, είναι πιο γνωστά στον χώρο της ψύξης με την εμπορική τους ονομασία, η οποία φυσικά είναι νομικά κατοχυρωμένη υπέρ του εκάστοτε οίκου παραγωγής, και λιγότερο με το χημικό τους τύπο.

Τα ψυκτικά μέσα προέρχονται, λοιπόν, από το μεθάνιο (CH_4) και το αιθάνιο (C_2H_6) με αντικατάσταση του υδρογόνου τους, μερικώς ή πλήρως, από φθόριο ή φθόριο και χλώριο. Ο τρόπος που τα χαρακτηρίζουμε είναι με ένα αριθμό μετά το γράμμα “R” (=Refrigerant). Οι αριθμοί αποτελούν αριθμητική αναπαράσταση της χημικής σύνθεσης του μορίου του κάθε παραγώγου.

Ο γενικός χημικός τύπος τους είναι της μορφής:

$C_mH_nF_pCl_q$

Όπου θα πρέπει να ισχύει: $n + p + q = 2m + 2$

Από την τελευταία αυτή σχέση προκύπτει ότι το q είναι συνάρτηση των τριών άλλων μεταβλητών και γι’ αυτό δε δίνεται κατά την αριθμητική παράσταση των παραγώγων.

Ο χαρακτηρισμός, λοιπόν, ενός παραγώγου δίνεται από μια παράσταση της μορφής:

R xyz

Όπου για τα x, y, z ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$x = m – 1$ $\qquad$ $m = x + 1$

$y = n +1$ $\qquad$ $n = y - 1$

$z = p$ $\qquad$ $p = z$

Έχει επικρατήσει ο αριθμός x να μην αναγράφεται όταν έχει την τιμή μηδέν (0). Έτσι για τα παράγωγα του μεθανίου, τα οποία έχουν ένα άτομο άνθρακα, η χαρακτηριστική αριθμητική παράστασή τους είναι πάντα διψήφιος αριθμός.

Έτσι, για το ψυκτικό μέσο χλωροδιφθορομεθάνιο, με χημικό τύπο $CHClF_2$, θα ισχύει:

$x = 1 – 1 = 0$, $y = 1 + 1 = 2$, $z = p = 2$. Από αυτά προκύπτει ότι το εν λόγω παράγωγο δεν είναι άλλο από το R22. Γίνεται κατανοητό ότι με την άλλη ομάδα τύπων μπορούμε αν χρειαστεί ν’ ακολουθήσουμε την αντίστροφη διαδικασία βρίσκοντας το χημικό τύπο από την εμπορική οναμασία.

Τέλος, τα γράμματα που ακολουθούν τη γενική μορφή του τύπου - R xyz – και ενδεχομένως να συναντήσουμε στην εμπορική ονομασία ορισμένων παραγώγων (π.χ R134a) αναφέρονται στο αντίστοιχο ισομερές της εν λόγω ουσίας.

3.2 Γενικές απαιτήσεις

Κατά τη διάρκεια της εξέτασης της διαδικασίας ψύξης το θέμα των ψυκτικών ουσιών δεν συζητήθηκε δεδομένου ότι δεν ήταν απαραίτητο σε σχέση με τις βασικές αρχές της αλλαγής κατάστασης των ουσιών. Είναι καλά γνωστό, εντούτοις, ότι στην πράξη οι διαφορετικές ψυκτικές ουσίες χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τις αντίστοιχες απαιτήσεις.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες είναι οι ακόλουθοι:

- *Η ψυκτική ουσία οφείλει να μην είναι δηλητηριώδης.* Όπου αυτό είναι αδύνατο, η ψυκτική ουσία πρέπει να έχει μια χαρακτηριστική οσμή ή πρέπει να περιέχει έναν ανιχνευτή έτσι ώστε πιθανή διαρροή να μπορεί γρήγορα να παρατηρηθεί.
- *Η ψυκτική ουσία οφείλει να μην είναι εύφλεκτη ούτε εκρηκτική.* Όπου αυτός ο όρος δεν μπορεί να ικανοποιηθεί οι ίδιες προφυλάξεις όπως στο πρώτο σημείο πρέπει να παρθούν και οι τοπικές νομοθεσίες πρέπει να ακολουθηθούν.
- *Η ψυκτική ουσία οφείλει να έχει λογική πίεση, κατά προτίμηση λίγο υψηλότερη από την ατμοσφαιρική* πίεση στις θερμοκρασίες που απαιτούνται στον εξατμιστή/ατμοποιητή. Για να αποφευχθεί μία εγκατάσταση «βαριάς» ψύξης, η πίεση, που αντιστοιχεί στην κανονική πίεση συμπύκνωσης, δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ υψηλή. Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία εξάτμισης απαιτείται έτσι ώστε η μεταφορά θερμότητας να μπορεί να συμβεί με τη λιγότερη δυνατή κυκλοφορία ψυκτικού μέσου.
- *Ο ατμός ψυκτικών ουσιών οφείλει να μην έχει πολύ μεγάλο όγκο* επειδή αυτός είναι ένας καθοριστικός παράγοντας για το ρυθμό λειτουργίας των συμπιεστών σε μια ιδιαίτερη «κρύα» παραγωγή.
- *Η ψυκτική ουσία πρέπει να είναι χημικά σταθερή* στις θερμοκρασίες και τις πιέσεις που συναντώνται σε εγκαταστάσεις ψύξης.
- *Η ψυκτική ουσία οφείλει να μην είναι διαβρωτική* και δεν πρέπει, είτε με μορφή υγρού είτε ατμού, να φθείρει τα συμβατικά υλικά της κατασκευής.
- *Η ψυκτική ουσία δεν πρέπει να διαλύει το λιπαντικό λάδι.*
- *Η ψυκτική ουσία πρέπει να είναι εύκολο να ληφθεί και να χειριστεί.*
- *Η ψυκτική ουσία δεν πρέπει να κοστίζει πάρα πολύ.*

3.3 Κύριες ψυκτικές ουσίες

3.3.1 Φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες

Οι φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες φέρουν πάντα τον προσδιορισμό “R” που ακολουθείται από έναν αριθμό, π.χ. R22, R134a, R404A και R407C. Μερικές φορές

συναντιούνται και με τα εμπορικά ονόματά τους. Οι φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες έχουν όλες τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- Ο ατμός τους να είναι άοσμος και να μη προσβάλλει τον ανθρώπινο οργανισμό.
- Καθόλου δηλητηριώδη. Κατά την πυρκαγιά ο ατμός μπορεί να εκπέμψει το φθωριούχο οξύ
- και το φωσγένιο, που είναι πολύ δηλητηριώδη.
- Μη διαβρωτικά.
- Άφλεκτα και μη εκρηκτικά.

Οι πιό κοινές φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες είναι:

R134a, το οποίο είναι μια ουσία της ομάδας αιθανίων με τον τύπο CH_2FCF_3 και έχει κανονικό σημείο βρασμού τους - 26.1 °C. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο ως ψυκτική ουσία για τις μέσης θερμοκρασίας εφαρμογές όπως τα οικιακά ψυγεία.

R22, το οποίο είναι μια ουσία της ομάδας μεθανίου με τον τύπο CHF_2Cl και έχει σημείο βρασμού τους - 40.8 °C. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο ως ψυκτική ουσία για ένα ευρύ φάσμα των εφαρμογών στην εμπορική ψύξη και τον κλιματισμό. Το R22 καταργείται σταδιακά ως ψυκτική ουσία λόγω του ODP του (=Ozone Depletion Potential), διότι συνεισφέρει έντονα στην καταστροφή του όζοντος.

R404A/R507A (που είναι γνωστό επίσης ως R507), το οποίο είναι ένα μίγμα των ψυκτικών ουσιών R125 (CHF_2CF_3) και του R143a (CH_3CF_3) με σημείο βρασμού - 46.7 °C, που είναι ελαφρώς χαμηλότερο απ' ό, τι του R22. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο ως ψυκτική ουσία για τις εφαρμογές χαμηλών και μέσων θερμοκρασιών στην εμπορική ψύξη.

R407C, το οποίο είναι ένα μίγμα των ψυκτικών ουσιών R32 (CH_2F_2), R125 (CHF_2CF_3) και R134a (CH_2FCF_3) με σημείο βρασμού - 43.6 °C, που είναι ελαφρώς χαμηλότερο απ'ό, τι του R22. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο ως ψυκτική ουσία για τις εφαρμογές μέσης και υψηλής θερμοκρασίας τόσο στον οικιακό όσο και στον εμπορικό κλιματισμό.

R410A, το οποίο είναι ένα μίγμα των ψυκτικών ουσιών R32 (CH_2F_2) και R125 (CHF_2CF_3) με σημείο βρασμού - 51.4 °C που είναι χαμηλότερο απ' ότι του R22. Οι θερμοδυναμικές ιδιότητές του το καθιστούν κατάλληλο ως ψυκτική ουσία για τις εφαρμογές μέσης και υψηλής θερμοκρασίας τόσο στον οικιακό όσο και στον εμπορικό κλιματισμό. Εκτός από αυτές τις φθοριωμένες ψυκτικές ουσίες υπάρχει μια μεγάλη σειρά από άλλες που δεν συναντώνται πολύ συχνά (R23, R123, R124 ΚΑΙ R218).

Εκτός από το R22, τα συστήματα με τους φθοριωμένους υδρογονάνθρακες λιπαίνονται γενικά με λάδια πολυεστερικά (POE). Αυτοί οι τύποι λαδιού είναι πιό ευαίσθητοι για να αντιδράσουν χημικά με το νερό,στην αποκαλούμενη αντίδραση «υδρόλυσης». Γι' αυτό το λόγο τα συστήματα σήμερα κρατιούνται εξαιρετικά ξηρά με ειδικά φίλτρα.

3.3.2 Αμμωνία NH_3

Η αμμωνία χρησιμοποιείται εκτενώς σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις ψύξης. Το κανονικό σημείο βρασμού της είναι - 33 °C. Η αμμωνία έχει μια χαρακτηριστική οσμή, που ακόμη και στις πολύ μικρές συγκεντρώσεις στον αέρα γίνεται αισθητή. Δεν καίγεται και είναι μέτρια εκρηκτική όταν αναμιγνύεται με τον αέρα σε ένα ποσοστό 13 ως 28% κ.ό. Λόγω της διάβρωσης, ο χαλκός ή τα κράματα χαλκού δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις αμμωνίας.

3.4 <u>Δευτερεύουσες ψυκτικές ουσίες</u>

Οι προαναφερθείσες ψυκτικές ουσίες υποδεικνύονται συχνά ως «βασικές ψυκτικές ουσίες». Σαν ενδιάμεση σύνδεση στη μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον στον εξατμιστήρα, υπάρχουν και οι αποκαλούμενες «δευτερεύουυσες ψυκτικές ουσίες» που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όπως το νερό, η άλμη, ο ατμοσφαιρικός αέρας και άλλες.

Κεφάλαιο 4^{ο} Ψυκτικά μέσα και περιβάλλον

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όπως ενεργειακή κατανάλωση, βιομηχανία, μεταφορές, γεωργία, τουρισμός επιβαρύνουν το περιβάλλον. Η προστασία του απαιτεί κατάλληλο πολιτικό σχεδιασμό, ορθολογική διαχείριση ενέργειας και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.
Είναι σε όλους γνωστή η καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος και η εντατικοποίηση του φαινομένου του θερμοκηπίου που οδηγούν στην κλιματική αλλαγή.

4.1 Το στρώμα του όζοντος

Στην ατμόσφαιρα, και ιδιαίτερα σε μεγάλα ύψη, λαμβάνει χώρα απορρόφηση ενέργειας υπεριωδών ηλιακών ακτίνων με αποτέλεσμα τη θραύση κάποιων δεσμών οξυγόνου και τη δημιουργία ελευθέρων ατόμων. Τα άτομα αυτά αντιδρούν με μόρια οξυγόνου σχηματίζοντας μόρια όζοντος. Τονίζεται ότι σ' αυτήν τη διαδικασία δρουν ως καταλύτης μόρια αζώτου ή οξυγόνου.

$O_2 + hv \rightarrow O + O$ (1)
$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$ (2)
$O_3 + hv \rightarrow O_2 + O$ (3)
$O_3 + O \rightarrow O_2 + O_2$ (4)

όπου:
h η σταθερά Planck
ν η ηλεκτρομαγνητική συχνότητα ακτινοβολίας
$M=N_2, O_2$

4.2 Καταστροφή του στρατοσφαιρικού όζοντος

Οι σχέσεις (3), (4) δείχνουν τη διάσπαση του όζοντος με ηλιακή ακτινοβολία και με αντιδράσεις με άλλα μόρια. Η τάση δημιουργίας όζοντος επομένως εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας (hv). Η συγκέντρωση του όζοντος ποικίλει με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή διότι υπάρχει ατμοσφαιρική κυκλοφορία μεγάλης κλίμακας. Σχηματίζεται έτσι μια προστατευτική ασπίδα γύρω από τη γη. Οι ειδικοί αναφέρουν ότι και μια μικρή μείωση στο στρατοσφαιρικό όζον μπορεί να προκαλέσει αύξηση των καρκίνων του δέρματος, πιθανή εξαφάνιση κάποιων ειδών δημητριακών, δέντρων, ζώων και αλλοίωση ιδιοτήτων υλικών όπως τα πλαστικά κ.λ.π.

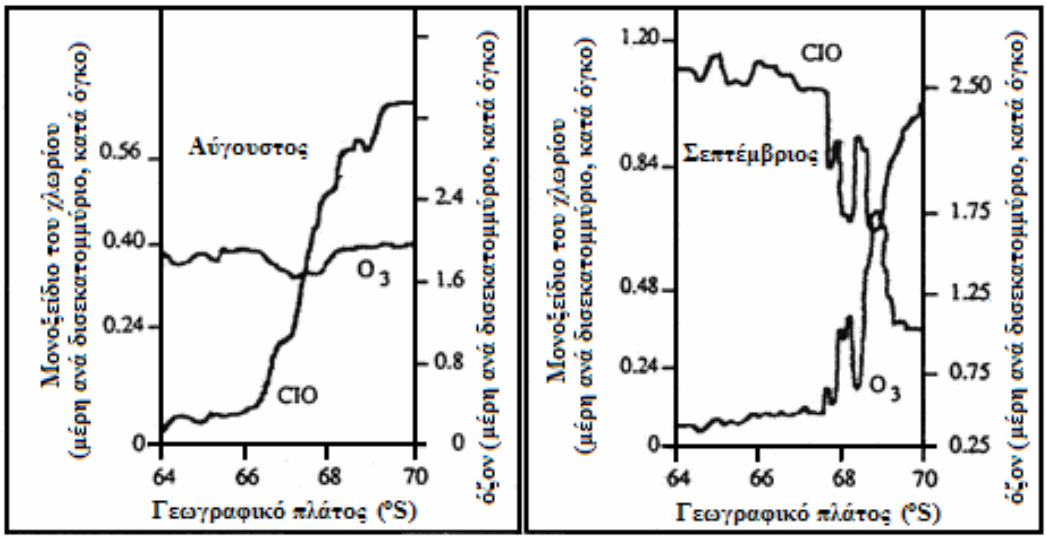
Το στρώμα στρατοσφαιρικού όζοντος μειώθηκε 1% μεταξύ των ετών 1976-1991 και 2%-3% τα τελευταία χρόνια. Το αποτέλεσμα βασίζεται σε δεδομένα του δικτύου υπεριωδών φασματομετρητών Dobson στο βόρειο ημισφαίριο. Επαληθεύτηκε από δορυφορικές παρατηρήσεις. Στο νότιο ημισφαίριο η καταστροφή είναι μεγαλύτερη. Υπάρχει σημαντική εποχιακή διακύμανση. Σ' αυτή την περιοχή, κατά τη διάρκεια της πολικής νύχτας, δημιουργείται ένας μεγάλος στρόβιλος στον οποίο οι αέριες μάζες είναι πολύ κρύες και παραμένουν σχετικά απομονωμένες από εκείνες που ευρίσκονται στα μέσα πλάτη. Όταν οι πρώτες ηλιακές ακτίνες φθάνουν, στις αρχές του Σεπτέμβρη, το όζον μειώνεται ταχέως. Το σενάριο αυτό επαναλαμβάνεται κάθε χρόνο από το 1980. Πολύ μικρές τιμές, 100 μέχρι 150

μονάδες Dobson, παρατηρήθηκαν π.χ. τα έτη 1985, 1987, 1989, 1991, 1992 συγκρινόμενες με το μέγεθος των 300 μονάδων του 1970.
Η μονάδα Dobson ορίζεται ως εξής: εάν ολόκληρη η ατμόσφαιρα θεωρηθεί μια στήλη ομοιόμορφης πίεσης 1 bar, το όζον θα κατείχε ένα στρώμα πάχους 3mm. 100 Dobsons αντιπροσωπεύουν 1mm αυτού του πάχους. Η κανονική περιεκτικότητα είναι 300 Dobsons.

4.2.1 Η σχέση μεταξύ περιεχομένου χλωρίου και όζοντος

Η διαδικασία μετρήσεων NOZE (National Ozone Experiment) άρχισε το 1986 από τη NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) στο σταθμό McMurdo της Ανταρκτικής. Απεκαλύφθη η πλήρης εξαφάνιση του όζοντος σε σχετικά λεπτό στρώμα μεταξύ 14 και 27km και η επικράτηση της χημείας του χλωρίου με αποτέλεσμα την υπερβολικά υψηλή συγκέντρωση οξειδίου χλωρίου.
Οι ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν στους πόλους (πολύ χαμηλές θερμοκρασίες της τάξης των –100 ^{o}C) και η παρουσία στρατοσφαιρικών συννέφων είναι παράγοντες που αυξάνουν την απόδοση των κύκλων καταστροφής του όζοντος.

Στην εικόνα 4.1 φαίνεται η ουσιώδης ευθύνη του χλωρίου στην καταλυτική καταστροφή όζοντος.



Εικόνα 4.1: Σχέση μεταξύ της αύξησης του χλωρίου και της μείωσης του όζοντος.

Στην Ανταρκτική τον Αύγουστο επικρατεί πολική νύχτα και όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο αριστερό διάγραμμα της εικόνας 4.1, το οξείδιο του χλωρίου μόλις αρχίζει να σχηματίζεται. Το Σεπτέμβριο, όταν ο ήλιος αρχίζει να εμφανίζεται ξανά, η υπεριώδης ακτινοβολία δίνει το έναυσμα στην καταλυτική αντίδραση μεταξύ οξειδίου χλωρίου και όζοντος. Λαμβάνει χώρα δραστική μείωση. Έχει, μάλιστα, εκτιμηθεί ότι μία ρίζα χλωρίου με συνεχείς αντιδράσεις μπορεί να καταστρέψει 100.000 μόρια όζοντος, μέχρι να απομακρυνθεί ως HCl ή νιτρικό χλώριο ($ClONO_2$).

4.2.2. Από που προέρχεται το χλώριο στην ατμόσφαιρα;

Το χλώριο δημιουργείται από φυσικές εκπομπές και ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

• **Φυσικές πηγές**
Εκτιμάται ότι οι εκπομπές χλωρίου λόγω αποσύνθεσης στη στρατόσφαιρα αερίων από φυσικές πηγές και ηφαιστειακές εκρήξεις ήταν 0.6 μέρη το δισεκατομμύριο κατά το 1950. Αυτές οι φυσικές εκπομπές είναι σχετικά σταθερές με το χρόνο και συμβάλλουν στη διατήρηση της ισορροπίας στη συγκέντρωση του όζοντος.

• **Ανθρωπογενείς πηγές**
Το 1980 π.χ. η περιεκτικότητα χλωρίου ήταν 2 μέρη το δισεκατομμύριο και αυξήθηκε σε 3 μέρη το 1988. Αυτή η αύξηση της μέσης τιμής του χλωρίου στη στρατόσφαιρα προκλήθηκε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Κυρίως είναι υπεύθυνοι οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs). Πρέπει να σημειωθεί ότι η περιεκτικότητα χλωρίου αυξάνει με την περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου.

4.2.3. Επίδραση των CFCs

Οι ψυκτικές διεργασίες ήταν και είναι πάντοτε συνδεδεμένες με το περιβάλλον. Η πλέον ουσιαστική χρήση της ψύξης είναι η αλλαγή στο τοπικό περιβάλλον έτσι που οι τροφές να διατηρούνται περισσότερο, οι άνθρωποι να αισθάνονται περισσότερη άνεση στο χώρο τους, κ.λ.π.

Από το 1930 μια οικογένεια χημικών ουσιών αναπτύχθηκε από τον Midgeley. Οι ουσίες αυτές ήταν οι CFCs (χλωροφθοράνθρακες) που χρησιμοποιήθηκαν χωρίς περιορισμούς για 40 περίπου χρόνια σε διάφορες δραστηριότητες: ως ψυκτικά μέσα σε συστήματα ψύξης-κλιματισμού (refrigerants), σε aerosols, στη βιομηχανία πλαστικών, ως διαλυτικά μέσα, σε προϊόντα πυρόσβεσης και αλλού. Η σύγχρονη διεθνής επιστημονική αντίληψη όμως θεωρεί ότι οι πολύ σταθερές ενώσεις τύπου CFCs έχουν καταστροφική δράση στο περιβάλλον. Η δράση του χλωρίου που προέρχεται από τους CFCs είναι η κατ' εξοχήν βάση ερμηνείας της ραγδαίας καταστροφής του στρώματος του όζοντος.

• Οι CFCs δεν είναι υδατοδιαλυτοί όπως οι περισσότερες ουσίες που περιέχουν χλώριο και δεν απομακρύνονται από την τροπόσφαιρα.

• Τα μόρια τους είναι πολύ σταθερά και δεν διασπώνται στην ατμόσφαιρα αλλά ανέρχονται στη στρατόσφαιρα.

• Στη στρατόσφαιρα έχομε θραύση των χημικών τους δεσμών με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας ελευθερώνοντας έτσι άτομα χλωρίου.

• Αυτό το χλώριο δρα ως καταλύτης, μετατρέποντας δυο μόρια όζοντος σε τρία άτομα οξυγόνου.

Το μέγεθος ODP (Ozone Depletion Potential) είναι ένας συντελεστής που εκφράζει τη δράση στο στρώμα του όζοντος από ουσίες που περιέχουν χλώριο συμπεριλαμβανομένων των CFCs και των HCFCs. Οι ουσίες HCFCs (υδροχλωροφθοράνθρακες) περιέχουν υδρογόνο που μειώνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής τους λόγω υδρολυτικών αντιδράσεων. Οι ποσότητες χλωρίου που προστίθενται στη στρατόσφαιρα από αυτά τα προϊόντα είναι πολύ μικρότερες από ότι εάν είχαμε CFCs.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο δημιουργείται από ορισμένα ατμοσφαιρικά αέρια ανάμεσα στα οποία υδρατμοί, CO_2, CFCs, κ.λ.π. Τα

αέρια αυτά επιτρέπουν τη δίοδο της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, αλλά απορροφούν τη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που επιστρέφει από την επιφάνεια της γης, δημιουργώντας έτσι παγίδα θερμότητας. Είναι ευνόητο ότι χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου η ζωή στη γη θα ήταν αδύνατη λόγω του ψύχους (-18 ^{o}C), ενώ με τις παρούσες συνθήκες, η μέση θερμοκρασία είναι 15 ^{o}C.

Πίνακας 4.1
Ιδιότητες CFCs, Halons, HCFCs, HFCs
n.b.p.: normal boiling point (κανονικό σημείο βρασμού)
ODP: Ozone Depletion Potential
GWP: Global Warming Potential

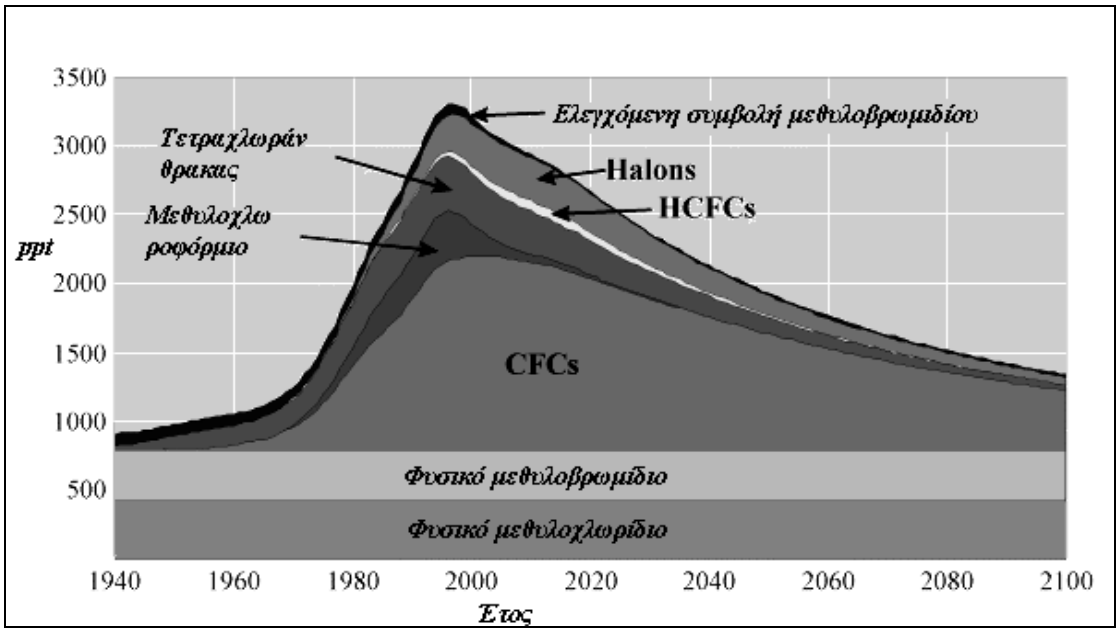
Refrigerant	Formula	n.b.p./o.C	Lifetime/y	ODP	GWP	Toxicity	Flammability
CFC-11	CCl_3F	23.8	75	1.0	0.4	low	non
CFC-12	CCl_2F_2	-29.8	111	1.0	1.0	low	non
CFC-113	CCl_2FCClF_2	47.6	90	0.8	0.3-0.4	low	non
CFC-114	$CClF_2CClF_2$	3.6	185	1.0	0.5-1.5	low	non
CFC-115	$CClF_2CF_3$	38.7	380	0.6	1.0-3.0	low	non
Halon 1211	$CBrClF_2$	-3.9	25	3.0	-	low	non
Halon 1301	$CBrF_3$	-57.8	110	10.0	0.8	low	non
Halon 2402	$CBrF_2CBrF_2$	46.4	-	6.0	-	low	non
HCFC-22	$CHClF_2$	-40.8	20	0.13	<0.4	low	non
HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	28.7	1-4	<0.02	<0.02	low	non
HCFC-124	$CHClFCF_3$	-12	-	<0.02	<0.12	low	non
HCFC-141b	CH_3CCl_2F	32	-	<0.10	<0.10	low	7.8-16.8%
HCFC-142b	CH_3CClF_2	-9.2	6	<0.06	<0.4	low	7.8-16.8%
HFC-125	CHF_2CF_3	-48.5	-	0	<0.65	low	non
HFC-134a	CH_2FCF_3	-26.5	6	0	<0.29	low	non
HFC-152a	CH_3CHF_2	-24.7	8	0	<0.04	low	4.8-16.8%

Πηγή: «Φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα σε συστήματα ψύξης κλιματισμού», Δρ. Στέγγου-Σαγιά Αθηνά

Το μέγεθος GWP (Global Warming Potential) είναι ο δείκτης συμβολής μιας ουσίας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το GWP μπορεί να ορισθεί σαν το ολοκληρωμένο αποτέλεσμα πρόσθετης συμβολής ενός χιλιογράμμου αερίου επί ένα ορισμένο χρονικό διάστημα συγκρινόμενο με τη συμβολή ενός χιλιογράμμου διοξειδίου του άνθρακος.
Οι CFCs έχουν μεγάλη ικανότητα απορρόφησης υπέρυθρης ακτινοβολίας και επομένως δρουν όπως τα αέρια του θερμοκηπίου.

Στο σημείο αυτό αναφέρονται οι δυο ομάδες εναλλακτικών ψυκτικών μέσων. Η πρώτη των HFCs (υδροφθοράνθρακες), χωρίς άτομο χλωρίου στον χημικό τύπο (δηλ. ODP=0) περιλαμβάνει τις ουσίες HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a κλπ. Η δεύτερη, των HCFCs (υδροχλωροφθοράνθρακες), με κάποια άτομα χλωρίου στον χημικό τύπο αλλά με το μέγεθος ODP πολύ μικρότερο των CFCs, έχει τους: HCFC-22, HCFC-123, HCFC-124, HCFC-132b, HCFC-141b, HCFC-142b.

Η έρευνα έχει στραφεί στη χρήση μειγμάτων υδροφθορανθράκων (HFCs) στα συστήματα ψύξης-κλιματισμού, διότι διευρύνεται ο κατάλογος των επιλογών προκειμένου να επιτευχθεί καλύτερη απόδοση.



Εικόνα 4.2: Συμβολή διαφόρων ενώσεων στη συγκέντρωση χλωρίου στη στρατόσφαιρα (Η συγκέντρωση μετράται σε ppt: μέρη στο τρισεκατομμύριο)

Πηγή: «Φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα σε συστήματα ψύξης κλιματισμού», Δρ. Στέγγου-Σαγιά Αθηνά

4.3 Άμεση και έμμεση συμβολή

Η συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου των CFCs π.χ. περιλαμβάνει ένα τμήμα που προέρχεται από την ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων ψύξης. Είναι κυρίως ηλεκτρική ενέργεια σε συστήματα με συμπιεστές. Η έμμεση συμβολή αντιπροσωπεύει τον αριθμό των χιλιογράμμων του CO_2 που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα για την παραγωγή κάθε ηλεκτρικής kWh που χρησιμοποιείται στην παραγωγή ψύξης.

Πολλά πειράματα και υπολογισμοί έχουν δείξει ότι η έμμεση συμβολή των θερμοδυναμικών συστημάτων στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την άμεση που συνδέεται με τη διαφυγή των CFCs στο περιβάλλον.
Για παράδειγμα, σε οικιακά ψυγεία η έμμεση συμβολή (CO_2 που εκπέμπεται από καύση στους σταθμούς ηλεκτρικής ισχύος) είναι το 80% της ολικής συμβολής του θερμοδυναμικού συστήματος, ενώ το 20% αντιπροσωπεύει τη διαφυγή ψυκτικού μέσου στην ατμόσφαιρα. Τονίζεται ότι η αναλογία αυτή προτείνεται όταν οι σταθμοί ισχύος περιλαμβάνουν μονάδες

που λειτουργούν κυρίως με άνθρακα ή πετρέλαιο. Σε χώρες που έχομε υδροηλεκτρικούς ή πυρηνικούς σταθμούς η έμμεση συμβολή CO_2 είναι μικρότερη.

Η άμεση και έμμεση συμβολή λαμβάνονται υπόψη σ' ένα συντελεστή που καλείται TEWI (total equivalent warming impact).
Ο TEWI είναι το άθροισμα των εξής μεγεθών και εκφράζεται σε kg CO_2:

- Της ποσότητας του CO_2 που ισοδυναμεί στον παράγοντα συμβολής GWP του αερίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

- Της ποσότητας του CO_2 που παράγεται από ενεργειακή κατανάλωση.

Είναι προφανής η ανάγκη σχεδιασμού νέων θερμοδυναμικών συστημάτων, με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Ακολουθεί ένας πίνακας με τα ψυκτικά μέσα και την κατηγοριοποίηση τους σε επικινδυνότητα τόσο για το όζον όσο και για το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

Πίνακας 4.2

Τύπος	Παραδείγματα ψυκτικών μέσων*	Νομοθεσία Ε.Ε.		Σχόλια
		Ozone	F-Gas	
CFC	R11, R12, R502	✓	✘	Τα συγκεκριμμένα είναι ήδη απαγορευμένα και εξαλειμμένα από την αγορά.
HCFC	Καθαρές ουσίες: R22, R123, R124, R141b, R142b	✓	✘	Το R22 είναι πολύ διαδεδομένο σε εργοστάσια τροφίμων.
Μίγματα HCFC με HFCs	Blends: R401A, R401B, R401C, R402A, R402B, R403A, R403B, R408A, R411B	✓	✓	Τα μίγματα HCFC πρωτοεμφανίστηκαν γύρω στο 1990 για να συνεισφέρουν στην εξάλειψη των CFCs. Τα περισσότερα μίγματα HCFC περιέχουν HFCs, οπότε υπεισέρχονται και στις δύο κατηγορίες απαγορεύσεων.
Μίγματα HCFC χωρίς HFCs	R406A, R409A, R409B	✓	✘	Αυτά τα μίγματα HCFC δεν είναι ιδιαίτερα κοινά και δεν περιέχουν HFCs, οπότε υπόκεινται μόνο στις νομοθεσίες που αφορούν στο όζον.
HFC	Pure fluids: R134a, R32, R125	✘	✓	Τα HFCs χρησιμοποιούνται από το 1995 ως εναλλακτικές λύσεις για CFCs και HCFCs.
Μίγματα HFC	Blends: R404A, R407C, R410A, R413A, R416A, R417A, R422D, R423A, R507, R508, FX100, RS44, RS45, RS52	✘	✓	Μίγματα HFC χρησιμοποιούνται διότι οι ιδιότητες των καθαρών HFCs δεν εξυπερετούν όλες τις εφαρμογές ψύξης.
Άλλα	Ammonia (R717), CO2 (R744), Hydrocarbons (e.g. Propane)	✘	✘	Η Ammonia είναι αρκετά κοινή στις βιομηχανίες τροφίμων και δενεπηρεάζεται από τις τρέχουσες Νομοθεσίες.
Εμπορικά Ονόματα	Τα Εμπορικά Ονόματα ορισμένες φορές χρησιμοποιούνται αντί του τρόπου "R-αριθμός". Ορισμένες φορές το Εμπορικό όνομα συνοδεύει τον αντίστοιχο αριθμό&R (π.χ. Harp 408A), αλλά σε κάποιες περιπτώσεις το Εμπ. όνομα παραπέμπει σε ένα τελείως διαφορετικό αριθμό R (π.χ. R 401A είναι το Suva MP39)			
	Κοινά Εμπορικά Ονόματα: Suva MP39 (R401A), MP66 (R401B), HP80 (R402A), HP81 (R402B) Isceon 69S (R403A), 69L (R403B) Dupont Isceon MO29 (R422D), 39TC (R423A), MO49 (R413A), MO59 (R417A), MO79 (R422A), MO89 Forane FX10 (R408A), FX56 (R409A), FX57 (R409B), FX100 (R427A) RS RS24, RS44 (R424A), RS45, RS52 (R428A) Greencool, Harp, Klea			

Πηγή: Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative, R22 Phase Out and F-Gas Regulations, guide 4

Είναι σαφές ότι προκειμένου να έχουμε πλήρη άποψη επί των νέων ψυκτικών ουσιών, ως προς τις ιδιότητές και τη συμπεριφορά τους σε διάφορα συστήματα απαιτείται μακροχρόνια και επίπονη έρευνα.

Η αμμωνία και το προπάνιο είναι ήδη εμπορικά διαθέσιμες ουσίες. Όμως απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στις εφαρμογές τους διότι η μεν πρώτη είναι τοξική, το δε δεύτερο εύφλεκτο. Επικρατεί η τάση ότι οι HFCs είναι οι πλέον κατάλληλες ουσίες προκειμένου να αντικαταστήσουν τα CFCs και HCFCs.

Κεφάλαιο 5^{ο} Νομοθεσία σχετική με τα ψυκτικά μέσα

5.1 Η νομοθεσία μέχρι την 11/9/2007

Με το ‘‘Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ’’ (16/8/1987), για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, έγινε το πρώτο βήμα προς την επίσημη οριοθέτηση των επιτρεπτών και μη ουσιών.

Παρακάτω παραθέτουμε τις λεπτομέρειες από επίσημο κυβερνητικό έγγραφο για την επικύρωσή του, στη χώρα μας:

Το Υπουργείο Εξωτερικών ανακοινώνει ότι στις 30 Ιανουαρίου 1995 έλαβε χώρα η κατάθεση στον Γενικό Γραμματέα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών του εγγράφου επικυρώσεως από τη χώρα μας των τροποποιήσεων του ‘‘Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ’’ 1987 σχετικά με τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, το οποίο υπογράφηκε στην Κοπεγχάγη την 25ην Νοεμβρίου 1992.

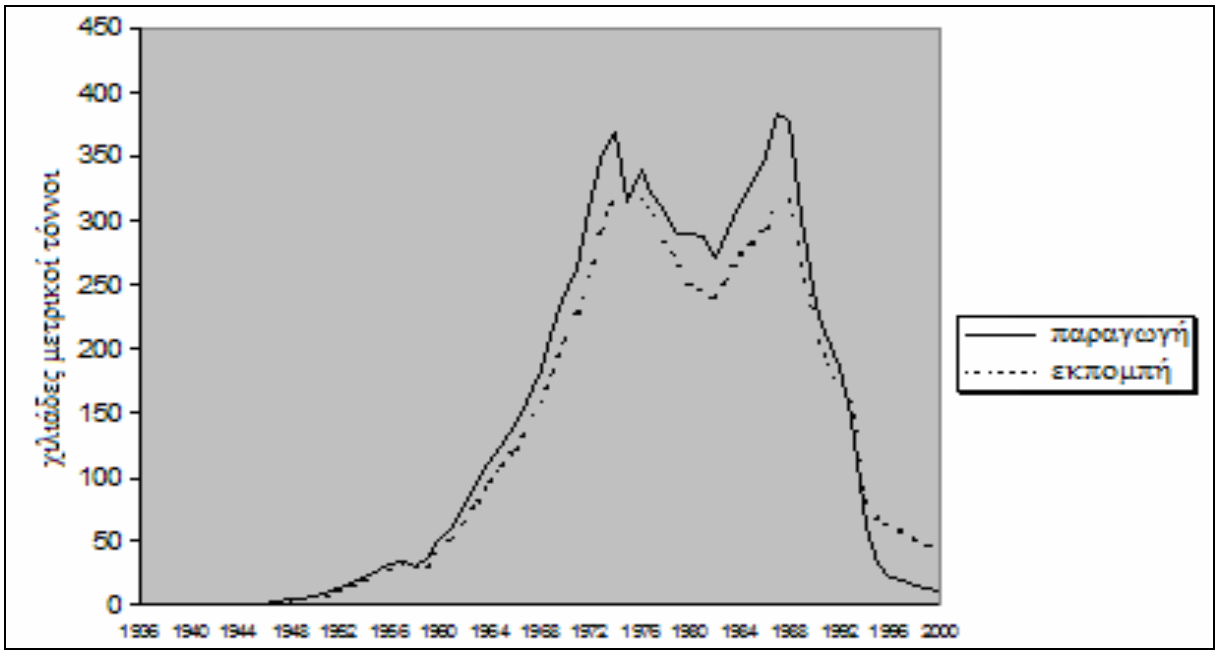
Το παραπάνω Τροποποιητικό Πρωτόκολλο, το οποίο κυρώθηκε απ’ τη χώρα μας με τον υπ’ αριθ. 2262/1994 Νόμο που δημοσιεύθηκε στο υπ’ αριθ. 206 Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως τεύχος Α’ της 5ης Δεκεμβρίου 1994, θα τεθεί σε ισχύ την 30η Απριλίου 1995.

Στη συνέχεια, με το ‘‘Πρωτόκολλο του Κιότο’’ (11/12/1997) για τις ουσίες που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, λήφθηκαν περαιτέρω μέτρα. Βασιζόμενοι στα δύο αυτά πρωτόκολλα το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε τον Κανονισμό Νο842/2006 στις 17/5/2006 για συγκεκριμένα «αέρια του θερμοκηπίου». Με τη σειρά της, η ελληνική κυβέρνηση επιβεβαίωσε και έθεσε σε ισχύ όσα αποφασίστηκαν στα δύο Πρωτόκολλα και στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2037-8-9/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου -σχετικά με τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος και όσον αφορά στο έτος αναφοράς για τον καταμερισμό των ποσοστώσεων υδροχλωροφθορανθράκων- με απόφαση που δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα της με αρ. φύλλου 1827 στο δεύτερο τεύχος, στις 11/9/2007.

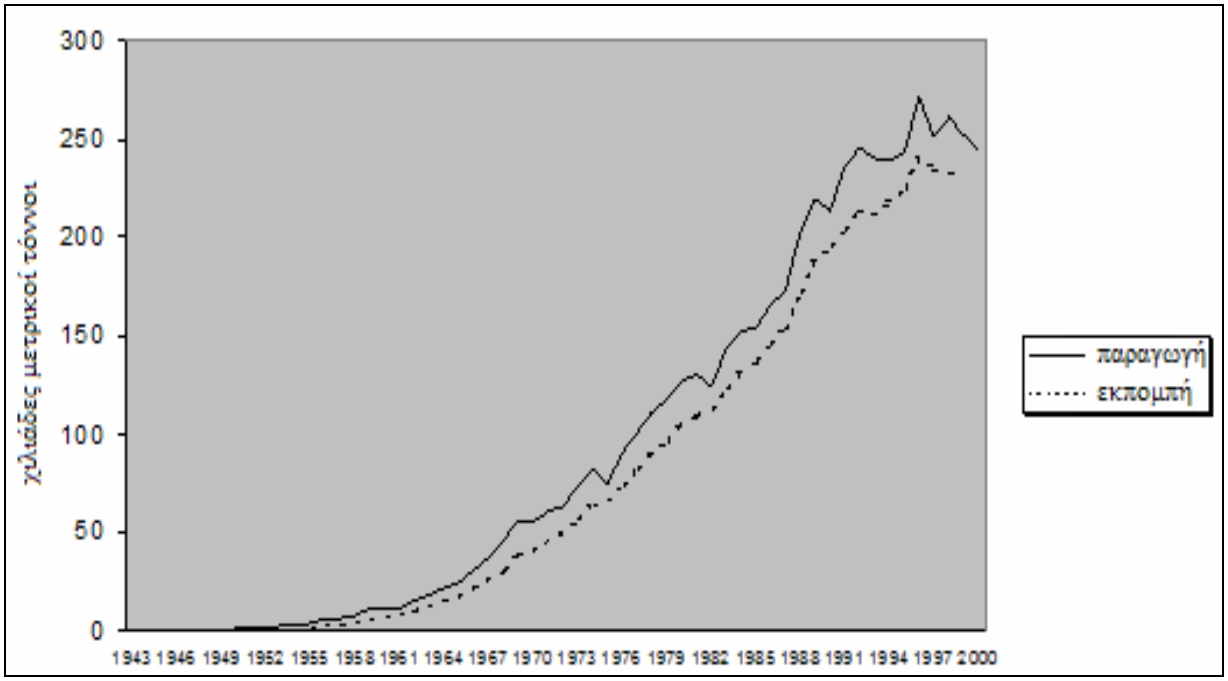
Σε ολες αυτές τις νομοθεσίες-μέτρα είχε τονισθεί ότι τόσο οι ημερομηνίες για εξάλειψη ή/ και μείωση των ουσιών που αναφέρονται όσο και η αυστηρότητα των μέτρων μπορούσε να αλλάξει, ανάλογα με την πορεία που θα ακολουθούσε η εφαρμογή τους.

5.2 Η εφαρμογή των μέτρων

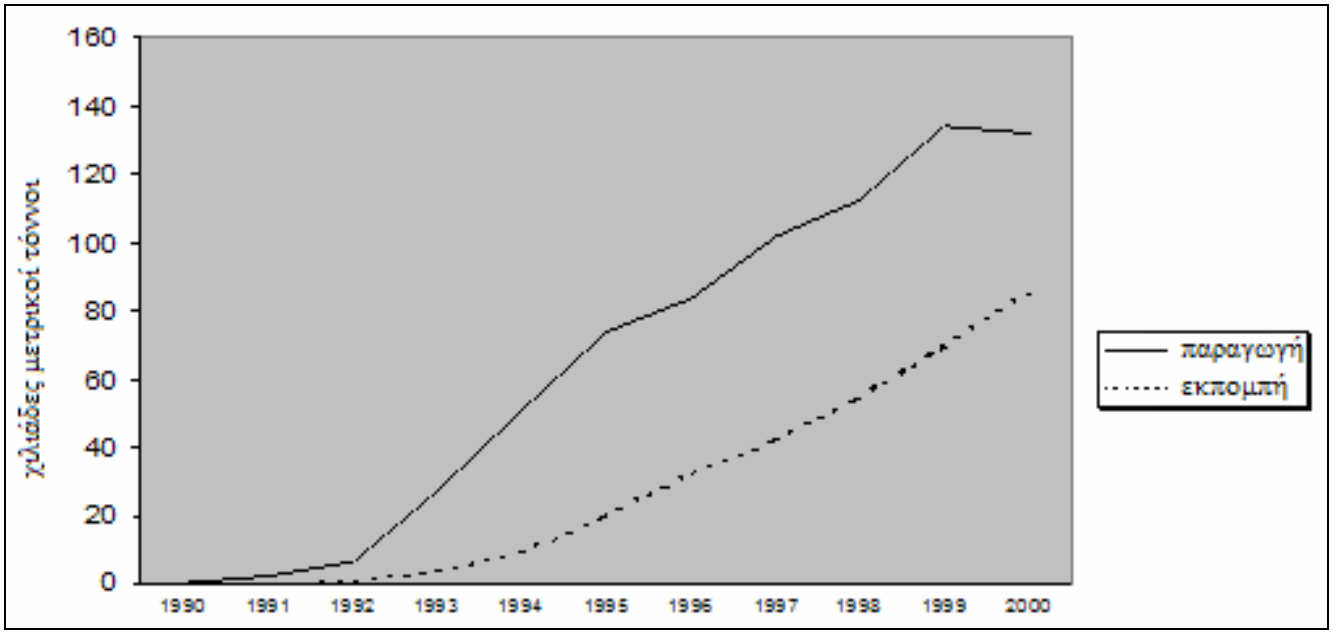
Η εφαρμογή των μέτρων απεικονίζεται στα κατωτέρω διαγράμματα. Είναι προφανής η μείωση της διεθνούς παραγωγής π.χ. του συμβατικού ψυκτικού μέσου CFC-11 και η αύξηση του HFC-134a



Σχήμα 5.1. CFC-11: Διεθνής παραγωγή και εκπομπές 1936-2000.



Σχήμα 5.2. HCFC-22 Διεθνής παραγωγή και εκπομπές 1943-2000.



Σχήμα 5.3. HFC-134a Διεθνής παραγωγή και εκπομπές 1990-2000.

Πηγή: «Φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα σε συστήματα ψύξης κλιματισμού», Δρ. Στέγγου-Σαγιά Αθηνά

5.3 Η σχετική νομοθεσία Σήμερα

Έχει διαπιστωθεί ότι οι συνεχιζόμενες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον προκαλούν σοβαρές ζημιές στη στιβάδα του όζοντος. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις μείωσης του ατμοσφαιρικού φορτίου ουσιών που καταστρέφουν το όζον και έχουν παρατηρηθεί ορισμένα πρώτα δείγματα αποκατάστασης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Ωστόσο, η στιβάδα του όζοντος δεν προβλέπεται να αποκατασταθεί στα προ του 1980 επίπεδα συγκέντρωσης πριν από τα μέσα του 21ου αιώνα.

Η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-B εξαιτίας της καταστροφής του όζοντος εξακολουθεί επομένως να συνιστά σοβαρή απειλή για την υγεία και το περιβάλλον. Παράλληλα, οι περισσότερες από τις ουσίες αυτές έχουν υψηλή δυνατότητα θέρμανσης του πλανήτη και συντελούν στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου, κρίθηκε απαραίτητο να ληφθούν περαιτέρω αποτελεσματικά μέτρα κατά των αρνητικών επιπτώσεων από τις εκπομπές αυτές, προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος και να αποτραπεί ο κίνδυνος να καθυστερήσει περαιτέρω η αποκατάσταση της στιβάδας του όζοντος.

Έτσι, σύμφωνα με τον κανονισμό υπ' αριθμό 1005/2009, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ε.Ε. αποφάσισαν την επίσπευση του χρονοδιαγράμματος σταδιακής κατάργησης των υδροχλωροφθορανθράκων. Ως επακόλουθο της απόφασης αυτής, η χρονολογία κατάργησης της παραγωγής θα πρέπει να μετατεθεί από το έτος 2025 στο 2020.

Επίσης, από το 2010 και εξής, δε θα μπορούν πλέον να χρησιμοποιούνται αμεταχείριστοι υδροχλωροφθοράνθρακες για τη συντήρηση ή την επισκευή ψυκτικού και

κλιματιστικού εξοπλισμού. Η επαναπώληση ανακυκλωμένων υδροχλωροφθορανθράκων απαγορεύεται και οι ανακυκλωμένοι υδροχλωροφθοράνθρακες θα χρησιμοποιούνται μόνο εφόσον έχουν ανακτηθεί από κατάλληλο εξοπλισμό και μόνον από επιχείρηση που διεξήγαγε την ανάκτηση ή ανέθεσε τη διεξαγωγή της.

Πιο συγκεκριμένα, με τα Άρθρα 4-6 και 11 του Κανονισμού οριοθετούνται με σαφήνεια οι απαγορεύσεις που έχουν τεθεί σε εφαρμογή. Με τα Αρθρα 7-9 & 11 δίνονται κάποιες –υπό συνθήκες- εξαιρέσεις στον Κανονισμό, οι οποίες όμως δεν μπορούν να εγκριθούν για περίοδο πέραν της *31ης Δεκεμβρίου 2019*.

Τέλος, στο Άρθρο 22, καταγράφεται ο εγκεκριμμένος τρόπος για τον έλεγχο των εκπομπών. Δηλαδή, η ανάκτηση των ελεγχόμενων ουσιών που περιέχονται σε εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας θα ανακτώνται –με σκοπό την καταστροφή, την ποιοτική αποκατάσταση τους ή την ανακύκλωση- κατά τη συντήρηση ή την επισκευή του εξοπλισμού. Ακόμα, παρατίθενται οι αποδεκτοί τρόποι καταστροφής των ελεγχόμενων ουσιών με την πλέον περιβαλλοντικά αποδεκτή τεχνολογία καταστροφής που να μη συνεπιφέρει υπέρμετρο κόστος.

Η ισχύς του Κανονισμού αυτού ξεκίνησε από την 1^{η} Ιανουαρίου του 2010 και είναι δεσμευτική για κάθε Κράτος μέλος.

Κεφάλαιο 6^{ο} Η μελέτη περίπτωσης: εφαρμογή των απαραίτητων αλλαγών προς συμμόρφωση με την ισχύουσα νομοθεσία

Η συγκεκριμένη μελέτη έλαβε χώρα στο εργοστάσιο παραγωγής σοκολάτας «Παυλίδης». Εδώ, πρέπει να δούμε με συντομία κάποιες ιδιαιτερότητες που υπάρχουν στην παραγωγική διαδικασία της σοκολάτας.

Η ψύξη και ο κλιματισμός είναι αναπόσπαστο κομμάτι της βιομηχανίας τροφίμων. Ο σωστός έλεγχος του αέρα (επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασία) είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες για τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας, τόσο λόγω της βελτίωσης της ποιότητας του προϊόντος όσο και με τη μείωση των λειτουργικών εξόδων. Ένα τέτοιο εργοστάσιο έχει θερμούς και ψυχρούς χώρους, τούνελ ψύξης, αποθήκευση και διαφορετικές θερμοκρασίες που απαιτούνται για την ψύξη/κλιματισμό του χώρου.

Συγκεκριμένα για το χώρο παραγωγής της σοκολάτας η θερμοκρασία πρέπει να είναι σχετικά χαμηλή – δεν πρέπει να ξεπερνά τους 21°C. Η σχετική υγρασία πρέπει να μην ξεπερνά το 50%.

Το βούτυρο-κακάο είναι συνήθως –αν όχι το μόνο- το κύριο στοιχείο λίπους στη σοκολάτα. Μπορεί να βρίσκεται σε ποσότητες από 25 μέχρι 40% και έτσι οτιδήποτε το επηρεάζει έχει αντίκτυπο στην ποιότητα της σοκολάτας στη συνέχεια. Επειδή το βούτυρο-κακάο αποτελεί μίγμα τριγλυκεριδίων δε δρα ως καθαρή ουσία και κατά συνέπεια οι ιδιότητές του (σημεία τήξης/πήξης, λανθάνουσα θερμότητα, κλπ) δεν έχουν μία συγκεκριμένη τιμή. Έτσι για παράδειγμα, αρχίζει να μαλακώνει στους 27°C και να λειώνει περίπου στους 34°C.

Οι σοκολάτες παίρνουν το σχήμα τους αφού χυτεύονται σε πλαστικές πολυκαρβονυλικές φόρμες. Στη συνέχεια οι σοκολάτες πρέπει να ψυχθούν όσο το δυνατόν πιο γρήγορα και κατά συνέπεια να απαιτείται η μικρότερη δυνατή διαδρομή τους στο τούνελ ψύξης. Ταυτόχρονα, όμως, δεν πρέπει να ψυχθούν και υπερβολικά γρήγορα, γιατί ειδικά οι βιομηχανικές πλάκες (σοκολάτες που προορίζονται για βιομηχανική ψύξη, βάρους από 5 μέχρι και 20kg) μπορεί να σπάσουν. Αυτό φυσικά δεν επιθυμείται γιατί επηρεάζει την εικόνα και την αντοχή του προϊόντος.

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα ανωτέρω στοιχεία και κατανοώντας τόσο τη σημαντικότητα όσο και τις ιδιαιτερότητες που υπάρχουν στην ψύξη και τον κλιματισμό μιας βιομηχανικής μονάδας παραγωγής σοκολάτας, θα προχωρήσουμε στο προγραμματισμό των βημάτων που πρέπει να ακολουθηθούν και στην εκτέλεσή τους ώστε να μεταβούμε από την υπάρχουσα κατάσταση, σε μία νέα που να συμμορφώνει τη λειτουργία του εργοστασίου με τις τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της νομοθεσίας με το βέλτιστο τρόπο. Δηλαδή να μεταβούμε σε μία κατάσταση η οποία καταρχήν θα είναι νόμιμη ενώ παράλληλα θα επιτυγχάνει όσο το δυνατόν καλύτερη αποτελεσματικότητα των εγκαταστάσεων με τη μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας.

6.1 Ο λόγος που γίνεται η μελέτη αυτή…

Όπως είδαμε στο κεφάλαιο 5, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει ήδη από την 1/1/2010 θέσει σε ισχύ τον Κανονισμό υπ' αριθμό 1005/2009 (παρατίθεται με λεπτομέρεια στο Παράρτημα 4). Η συγκεκριμένη νομοθεσία είναι δεσμευτική και για τη χώρα μας ως κράτος-μέλος της Ε.Ε. Κατά συνέπεια όλα τα εργοστάσια, αποθήκες, βιομηχανικές μονάδες και γενικότερα οι χώροι που κλιματίζονται/ψύχονται θα πρέπει να συμμορφωθούν σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα που έχει τεθεί. Δηλαδή να σταματήσουν τη χρήση των HCFC από το 2010 και να μπορούν να χρησιμοποιούν μόνο ανακυκλωμένα, για τα οποία υπάρχει πρόγραμμα σταδιακής εξάλειψης μέχρι το τέλος του 2014, με την προϋπόθεση η εταιρεία θα έχει μεριμνήσει για την ανακύκλωσή τους.

Ένα από τα κύρια ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια από το 2004 - που το R12 απαγορεύτηκε- είναι το R22. Έτσι και η σοκολατοποιήα «Παυλίδης» όντας ένα αρκετά παλιό εργοστάσιο (βρίσκεται επί της οδού Πειραιώς από το 1863) έχει αρκετά μηχανήματα 20-30 ή ακόμα και 40 ετών. Είναι λογικό επομένως, πως η μεγάλη πλειοψηφία τους, χρησιμοποιεί το R22. Αυτό κάνει την ανάγκη να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις, επιτακτική. Όμως, μια τέτοια αλλαγή θα επηρεάσει όλη την παραγωγή του εργοστασίου σε κάθε επίπεδο. Οπότε είναι πολύ σημαντικό να γίνει η καταλληλότερη επιλογή τόσο από οικονομική (αρχικό κόστος και κόστος χρήσης-συντήρησης, εξοικονόμησης ενέργειας) όσο και καθαρά λειτουργική (ποιότητα, αποτελεσματικότητα παραγωγής, ευκολία συντήρησης και ελέγχου) άποψη.

6.2 Επιλογές

Οι δυνατές επιλογές συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 6.1: Δυνατές επιλογές

Επιλογή	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
1. Πλήρης αντικατάσταση του εργοστασίου	Το νέο εργοστάσιο μπορεί να κατασκευασθεί ώστε να έχει την καλύτερη δυνατή ενεργειακή αποδοτικότητα	Η πιο ακριβή λύση από άποψη αρχικού κόστους.
	Ένα νέο εργοστάσιο μπορεί να καλύψει τόσο τις υπάρχουσες όσο και τις μελλοντικές ψυκτικές απιτήσεις,	Μεγαλύτερος χρόνος εφαρμογής.
	Ένα νέο εργοστάσιο θα έχει ιδιαίτερα αυξημένη διάρκεια ζωής (της τάξης των	
	Υπάρχει δυνατότητα να μη χρησιμοποιηθούν καθόλου HFCs (χρήση ammonia, HCs ή CO_2).	
2. Μετατροπές στο εργοστάσιο, για χρησιμοποίηση νέου/-ων ψυκτικών μέσων	Σχετικά γρήγορη εφαρμογή	Ενδεχόμενη μείωση αποτελεσματικότητας.
	Αισθητά λιγότερο απαιτούμενο κεφάλαιο από ολική αντικατάσταση	Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε εργοστάσιο.
		Ενδεχόμενα ρίσκα αξιοπιστίας.
		Δεν αυξάνεται η διάρκεια ζωής του εργοστασίου.
3. Χρησιμοποίηση ανακυκλωμένων HCFCs στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις	Μηδενικό αρχικό κόστος.	Μηδενική αύξηση αποτελεσματικότητας.
	Δυνατότητα "αντιγραφής" κινήσεων που έγιναν από άλλα εργοστάσια προς αποφυγήν λαθών και ρίσκων.	Η εν λόγω επιλογή απλά αναβάλλει τη λύση, μία εκ των Επιλογών 1&2 θα πρέπει να εφαρμοστεί μέχρι το 2014.
	Όσο παιρνά ο καιρός νεότερες τεχνολογίες και πιο συμφέρουσες λύσες μπορεί να "εμφανιστούν".	Η "τελική" ημ/νία συμμόρφωσης μπορεί να επισπευτεί.
		Δεν μπορεί να προβλευθεί η διαθεσιμότητα ή/και το "λογικό" κόστος των ανακυκλωμένων HCFCs.

6.2.1 ΠΛΗΡΗΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ

Η πλήρης αντικατάσταση των εγκαταστάσεων, δίνει μια εξαιρετική ευκαιρία να εξασφαλίσθεί ότι οι νέες εγκαταστάσεις θα καλύπτουν σίγουρα τις τρέχουσες και θα έχουν προβλεφθεί για καλύψουν και μελλοντικές απαιτήσεις γεγονός που δίνει τη μέγιστη αποδοτικότητα.

Πρίν μπει σε εφαρμογή ένα νέο σχέδιο εγκαταστάσεων πρέπει να γίνει ένας προσεκτικός έλεγχος κι αξιολόγηση των φορτίων ψύξης, για να εξασφαλίσουμε ότι είναι πλήρως κατανοητά. Τα φορτία ψύξης πρέπει ελαχιστοποιούνται όποτε είναι δυνατόν. Φορτία με σημαντικά διαφορετική θερμοκρασία πρέπει να ψύχονται από χωριστές εγκαταστάσεις ψύξης.

Αφού έχει γίνει μια κατάλληλη αξιολόγηση των φορτίων ψύξης είμαστε, πλέον, σε θέση να επιλέξουμε τις εγκαταστάσεις που θα δίνουν την καλύτερη αποδοτικότητα όλο το χρόνο. Δεν πρέπει να επικεντρωνόμαστε μόνο σε ένα σημείο (δηλ. το μέγιστο ψυκτικό φορτίο στην πιο ζεστή θερμοκρασία περιβάλλοντος). Οι εγκαταστάσεις άλλωστε θα περνούν ένα μεγάλο μέρος του χρόνου σε πολύ χαμηλότερο φορτίο και σε πιο δροσερές

περιβαλλοντικές συνθήκες – οι σωστές- καλές εγκαταστάσεις πρέπει να μπορούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοση κάτω από ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας, όχι μόνο στη χειρότερη δυνατή περίσταση.

Αγοράζοντας νέες εγκαταστάσεις: Οι δαπάνες κύκλων ζωής πρέπει να αξιολογηθούν
Καλό θα ήταν να μην αγοραστούν φτηνές εγκαταστάσεις που θα κοστίσουν πολλά χρήματα για συντήρηση και λειτουργία και που είναι μια ευθύνη για τα επόμενα 25 έτη. Πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι μεγιστοποιούμε την αποδοτικότητα και μειώνουμε τις δαπάνες λειτουργίας.

6.2.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΣΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΓΙΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΝΕΟΥ/-ΩΝ ΨΥΚΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ

Για τη διατήρηση των υπαρχουσών εγκαταστάσεων και χρήση ενός προγράμματος μετατροπής ψυκτικών ουσιών, πρέπει να προσδιορίσουμε τις διαθέσιμες επιλογές μας. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις αξιολογούμε την αντικατάσταση του R22. Δεν μπορούμε να μετατρέψουμε σε μια απολύτως διαφορετική ψυκτική ουσία όπως την αμμωνία - οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις θα είναι ασύμβατες με αυτήν την ψυκτική ουσία. Οι κύριες επιλογές είναι να χρησιμοποιηθεί μια από 3 κατηγορίες ψυκτικής ουσίας HFC, δηλαδή:

- Καθαρό HFC όπως το R134a.
- Ένα μίγμα HFC που χρησιμοποιείται συχνά στα νέα συστήματα, όπως το R407C ή το R404A.
- Ένα «μίγμα Service» HFC που έχει ως σκοπό να χρησιμοποιηθεί συγκεκριμένα στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις R22.

Ένα σημαντικό ζήτημα είναι ότι τα περισσότερα συστήματα R22 λειτουργούν με συμβατικό λιπαντικό λάδι, ενώ πολλά ψυκτικά μέσα HFC απαιτούν πολυεστερικό λάδι. Είναι χρονοβόρο και δαπανηρό να αλλαχτεί το λάδι μέσα από το υπάρχον σύστημα - τα μίγματα Service έχουν ως σκοπό να αποφύγουν ή να ελαχιστοποιήσουν αυτό το πρόβλημα. Μια άλλη σημαντική εκτίμηση είναι η διαφορά μεταξύ της χρήσης ενός καθαρού ρευστού ή ενός μίγματος. Οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις R22 χρησιμοποιούν ένα καθαρό ρευστό ως ψυκτική ουσία. Αυτό σημαίνει ότι η εξάτμιση και η συμπύκνωση πραγματοποιείται σε μια σταθερή θερμοκρασία. Τα περισσότερα μίγματα HFC έχουν ένα χαρακτηριστικό, τη λεγόμενη «ολίσθηση θερμοκρασίας» - που σημαίνει ότι η εξάτμιση και η συμπύκνωση πραγματοποιούνται σε ένα διάστημα θερμοκρασιών αντί για μία συγκεκριμμένη και σταθερή θερμοκρασία. Για μερικές εγκαταστάσεεις ένα τέτοιο φαινόμενο σε υψηλή θερμοκρασία ολίσθησης θα μπορούσε να προκαλέσει προβλήματα και θα ήταν μη ενδεδειγμένο να αντικαταστήσει το R22 με ένα νέο μίγμα ψυκτικών ουσιών με υψηλή ολίσθηση. Γενικά αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται σε συστήματα κυκλοφορίας με υπερπλήρωση ή με αντλία- που τείνουν να χρησιμοποιούνται στις μεγάλες εγκαταστάσεις όπως οι χώροι κατάψυξης και μεγάλα υδρόψυκτα ψυγεία. Υπάρχει μικρότερο πρόβλημα με τα συστήματα DX (άμεση εκτόνωσης) - αυτά μπορούν να αντιμετωπίσουν πολύ καλύτερα μια ψυκτική ουσία με ολίσθηση θερμοκρασίας.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τις τρεις κύριες επιλογές μετατροπής ψυκτικών ουσιών είναι οι ακόλουθες:

Μετατροπή που χρησιμοποιεί μια καθαρή ψυκτική ουσία HFC.
Αυτό είναι δύσκολο επειδή κανένα από τα καθαρά HFCs δεν έχει παρόμοιες ιδιότητες με το R22. Η μόνη ρεαλιστική εναλλακτική λύση είναι να χρησιμοποιηθεί HFC R134a. Αυτό θα απαιτήσει ικανότητα συμπιεστών αυξημένη κατά περίπου 30%. Μπορεί επίσης να απαιτήσει διαφορετικό λιπαντικό λάδι και διάφορα μη μεταλλικά στοιχεία, τα οποία θα πρέπει να αλλαχθούν. Για να χρησιμοποιήθεί R134a οι εγκαταστάσεις θα απαιτήσουν σημαντική τροποποίηση, για την οποία θα χρειαστεί και μια σχετικά μεγάλη οικονομική επένδυση.

Μετατροπή με χρηση ενός μίγματος HFC που χρησιμοποιείται συχνά στα νέα συστήματα.
Το R407C χρησιμοποιείται συχνά στα νέα συστήματα αντί του R22, ειδικά στα συστήματα άμεσης εκτόνωσης. Έχει ιδιότητες αρκετά κοντά στο R22. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να μετατρέψει ένα υπάρχον σύστημα. Η χρήση R407C θα απαιτήσει πολύ λιγότερες τροποποιήσεις από εκείνες που περιγράψαμε πιο πάνω για τη χρήση του R134a.
Εντούτοις, θα είναι απαραίτητο να μετατραπούν οι εγκαταστάσεις σε έναν νέο τύπο του λαδιού και μπορεί να είναι απαραίτητο να αλλάξουν μερικά υλικά σφραγισμάτων. Άλλα ρευστά που εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνουν τα R404A και R507.

Μετατροπή που χρησιμοποιεί ένα HFC «μίγμα Service».
Διάφορες ψυκτικές ουσίες αναπτύχθηκαν για να είναι εύκολα εισχωρούμενες στα υπάρχοντα συστήματα R22. Έτσι έχουν και παρόμοιες θερμοδυναμικές ιδιότητες που επίσης έχουν ως σκοπό είτε να μην απαιτήσουν καμμία αλλαγή λαδιού είτε μία ενιαία αλλαγή λαδιού. Σε πολλές περιπτώσεις αυτά τα μίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλά με την αφαίρεση του παλαιού ψυκτικού μέσου και αντικατάσταση με το νέο που ακολουθείται από μερικές απλές ρυθμίσεις σε ορισμένα σημεία ελέγχου στις εγκαταστάσεις. Σε μερικές περιπτώσεις μερικά συστατικά μπορεί να χρειαστούν αντικατάσταση. Ειδική προσοχή πρέπει να ληφθεί με τα συστήματα υπερχείλισης λόγω της θερμοκρασίας ολίσθησης που εκτίθενται από αυτά τα μίγματα. Οι κύριες επιλογές διαθέσιμες είναι τα Dupont Isceon MO59 (R417A), Forane FX100, RS44 και RS52.
Η απόδοση των διάφορων εναλλακτικών λύσεων του R22 παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 6.2 R22 αντικαταστάτες και εναλλακτικές λύσεις - σχετικά χαρακτηριστικά απόδοσης

Σημαντικές σημειώσεις:

1) όλοι οι αριθμοί απόδοσης είναι ομαλοποιημένοι R22 = 100

2) οι συγκρίσεις ικανότητας και αποδοτικότητας είναι μόνο ενδεικτικές. Είναι βασισμένοι μόνο χρήση των στοιχείων από τους θερμοδυναμικούς πίνακες - δεν λαμβάνουν υπόψη οποιαδήποτε παραλλαγή στις ιδιότητες μεταφοράς θερμότητας στους εξατμιστήρες και τους συμπυκνωτές.

3) οι συγκρίσεις κύκλων είναι για τον ενιαίο κύκλο με τη θερμοκρασία εξάτμισης που παρουσιάζεται και μια θερμοκρασία συμπύκνωσης 30 ^{O}C, μηδέν υπερθέρμανση αναρρόφησης, μηδέν υπόψυξη υγρού και μια ισεντροπική αποδοτικότητα συμπιεστών 75%.

Refrigerant	Cooling Capacity at		Efficiency at		Oil change needed?	Temp glide °C	Comments
	-40 °C	0 °C	-40 °C	0 °C			
R22	100	100	100	100	n/a	Zero	
Service Blends (easily retrofillable in many circumstances)							
R417A Isceon MO 59	61	78	86	93	No	3	Designed for medium / high temperature systems.
R422A Isceon MO 79	83	99	88	90	No	3	Designed for low / medium temperature systems.
R422D Isceon MO29	70	87	82	91	No	5	Designed for water chillers.
R424A RS44	54	70	84	91	No	4	Designed for medium / high temperature systems.
RS45	80	93	83	93	No	1.5	Designed for medium / high temperature systems.
R428A RS52	91	102	83	92	No	<1	Designed for low / medium temperature systems.
R427A FX100	Data unavailable				One only	7	Designed for wide applicability.
Other HFC Blends (usually more difficult to retrofill)							
R407C	75	89	90	94	Yes	7	Designed for medium / high temperature systems.
R404A	92	102	83	92	Yes	1	Designed for low / medium temperature systems.
R507	99	106	85	93	Yes	0.1	Designed for low / medium temperature systems.
The following 3 fluids need major plant modifications or a new plant							
R134a	50	63	93	101	n/a	0	Best for medium / high temperature systems.
R410A	151	149	94	97	n/a	0.5	Best for medium / high temperature systems.
R717	93	108	100	103	n/a	0	Wide applicability.

Πηγή: Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative, R22 Phase Out and F-Gas Regulations, guide 4

6.2.3 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΩΝ HCFCs ΣΤΙΣ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Είναι ξεκάθαρα η πιο οικονομική επιλογή με μηδενικό αρχικό κόστος, όμως δεν αποτελεί λύση αντιμετώπισης του προβλήματος, αλλά μια λύση μετάθεσης/αναβολής της αντιμετώπισής του. Ταυτόχρονα, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την παραγωγή ενός εργοστασίου αν σε κάποιο ενδεχόμενο ατύχημα (με την έννοια της διαρροής ή έκτατης συντήρησης) δεν υπάρχει διαθέσιμο ψυκτικό μέσο και στην απαιτούμενη ποσότητα.

6.3 Μεθοδολογία αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων

Τα παρακάτω βήματα πρέπει να ακολουθηθούν για τη διαδικασία προγραμματισμού και στη συνέχεια για την αξιολόγηση και επιλογή της πιο ενδεδειγμένης λύσης:

Βήμα 1: Προσδιορισμός όλου του εξοπλισμού με HCFCs.

Ένα σημαντικό βήμα είναι να προσδιοριστεί κάθε ξεχωριστό σύστημα που χρησιμοποιεί HCFCs, στις εγκαταστάσεις κλιματισμού καθώς επίσης και στη διαδικασία ψύξης και στους χώρους κατάψυξης. Στις περισσότερες περιπτώσεις αναζητούμε (καταγράφουμε) τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί R22. Εντούτοις, υπάρχουν και μίγματα ψυκτικών ουσιών που περιέχουν σαν συστατικά HCFC και θα πρέπει κι αυτά να αλλαχθούν.

Βήμα 2: Εύρεση κάθε σχετικής πληροφορίας για τις εγκαταστάσεις.

Συλλέγουμε σχετικά στοιχεία για τις εγκαταστάσεις. Δηλαδή:

· *Ποσότητα ψυκτικής ουσίας στο σύστημα.*
· Ιστορικά αρχεία του *ποσού ψυκτικής ουσίας* που χρησιμοποιείται για να ξαναγεμίσει το σύστημα (αυτό δίνει ένδειξη και των ποσοστών διαρροής).
· *«Ηλικία» του συστήματος*, για την εκτίμηση τόσο σε οικονομικό όσο και σε τεχνικό επίπεδο του εξοπλισμού
· *Λεπτομέρειες φορτίων ψύξης* - π.χ. μέγεθος, επίπεδο θερμοκρασίας.
· *Λεπτομέρειες σχεδίου εγκαταστάσεων* - π.χ. τρόπος που έχει στηθεί η ψυκτική εγκατάσταση.
· *Απόδοση εγκαταστάσεων* - είναι οι εγκαταστάσεις αποδοτικές και καλύπτουν την τρέχουσα και μελλοντική ανάγκη του εργοστασίου για ψύξη;

Βήμα 3: Αξιολόγηση των επιλογών μας.

Χρησιμοποιώντας τις συλλεχθείσες πληροφορίες αρχίζουμε την αξιολόγηση των διαφορετικών επιλογών. Μερικοί από τους παράγοντες που παίζουν ρόλο είναι:

Ηλικία - παλαιές εγκαταστάσεις πρέπει να αντικατασταθούν, αλλά νέες εγκαταστάσεις να είναι κατάλληλες για την τροποποίηση προς μια εναλλακτική ψυκτική ουσία. Εάν οι εγκαταστάσεις είναι ήδη σχετικά παλαιές π.χ. >15 έτη, η αντικατάσταση του εργοστασίου

είναι πιθανό να είναι η καλύτερη επιλογή. Εάν οι εγκαταστάσεις είναι λιγότερο από 10 χρονών έχουν ζωή ακόμα και η μετατροπή ψυκτικών ουσιών ίσως είναι μια καλή επιλογή.

Απόδοση - εάν οι εγκαταστάσεις είναι ανεπαρκείς, αναξιόπιστες ή αταίριαστες στα σημερινά ή/ και τα μελλοντικά ψυκτικά φορτία που θα απαιτηθούν, τότε η ολική αντικατάσταση είναι πιθανό να είναι η καλύτερη επιλογή.

Σχέδιασμός υπάρχουσας εγκατάστασης - εάν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ένα από τα μίγματα HCFC, είναι πιθανό οι εγκαταστάσεις να έχουν μετατραπεί ήδη από ένα CFC όπως R12 ή R502. Αυτό είναι επειδή τα μίγματα HCFC σχεδιάστηκαν συγκεκριμένα ως επιλογές αντικατάστασης ψυκτικών ουσιών CFC - μόνο περιστασιακά χρησιμοποιήθηκαν σε νέες εγκαταστάσεις. Εάν οι εγκαταστάσεις είναι λοιπόν προϊόν αντικατάστασης ενός ψυκτικού μέσου δεν είναι ενδεχομένως ό,τι καλύτερο να υποστούν κι άλλη.

Εξοικονόμηση ενέγειας – πρέπει σε κάθε περίπτωση να συνυπολογίσουμε στην τελική μας απόφαση την επίδραση που έχουν τα λειτουργικά κόστη μιας επένδυσης. Έτσι, μία νέα εγκατάσταση ή τροποποίηση της υπάρχουσας μπορεί να γίνει με τρόπο τέτοιο ώστε να προβλεφθεί –κυρίως μέσω της χρήσης τεχνολογικών βοηθημάτων- μία εξοικονόμηση στην κατανάλωση της ενέργειας.

Οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ήδη ένα μίγμα HFC – αν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ένα HFC τότε θα ήταν καλό να δρομολογούν οι ενδεχόμενες κινήσεις ώστε οι αλλαγές να γίνουν προς το HFC που ήδη χρησιμοποιείται –όπου αυτό είναι δυνατόν- προς αποφυγή επιπλέον πολυπλοκότητας,

6.4 Αποφεύγοντας τα HFCs

Μερικές επιχειρήσεις ίσως προτιμήσουν να αποφύγουν τις επενδύσεις σε εξοπλισμό που χρησιμοποιεί HFC μιας και βρίσκονται κάτω από μια μακροπρόθεσμη απειλή πιο αυστηρής νομοθεσίας, ή ακόμα και απαγόρευσης. Εάν θέλουμε, λοιπόν, να αποφύγουμε τα HFCs με τη χρησιμοποίηση των ψυκτικών ουσιών όπως αμμωνία, HCs ή CO_2 θα πρέπει να αντικατασταθούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Εντούτοις, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η χρήση αυτών των ψυκτικών ουσιών θα απαιτήσει πρόσθετες επενδύσεις κεφαλαίου π.χ. για αμμωνία και HCs για να εξεταστούν οι κινδύνοι τοξικότητας και η πιθανότητα ανάφλεξης.

Λίγα λόγια παραπάνω για τα HFCs

Αυτή την περίοδο οι κανονισμοί δεν περιέχουν καμία πρόταση που να περιορίζει τη χρήση HFCs για τις εφαρμογές ψύξης, με εξαίρεση τον κλιματισμό αυτοκινήτων όπου η τρέχουσα ψυκτική ουσία (HFC 134a) θα απαγορευθεί από το 2011. Εντούτοις, ο κανονισμός θα αναθεωρηθεί μέχρι το 2011 για να αποφασιστεί εάν αυστηρότεροι περιορισμοί θα παρθούν. Η χρήση HFC είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτή. Αυτό τοποθετεί μια μικρή απειλή στο μακρύ μέλλον των ουσιών HFCs, ειδικά για τα μεγαλύτερα βιομηχανικά συστήματα.
Η επιλογή της καλύτερης λύσης εξαρτάται από το μέγεθος των ψυκτικών εγκαταστάσεών και του τρόπου που η τεχνολογία ψυκτικών ουσιών αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών.

Η αμμωνία είναι μια δημοφιλής ψυκτική ουσία στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών για πολλά έτη, υπονοώντας ότι είναι ήδη μια οικονομικώς αποδοτική επιλογή. Για ένα μεγάλο εργοστάσιο σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατό να σχεδιαστούν ιδιαίτερα αποδοτικές εγκαταστάσεις αμμωνίας. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και θα είναι ασφαλές και για το μέλλον από πιθανές νομοθετικές αλλαγές.

Για πιο μικρές εγκαταστάσεις, η αμμωνία είναι μια μάλλον ακριβή επιλογή. Η ασφάλειας και τα μέτρα προφύλαξης που απαιτούνται κάνουν τη χρήση HFCs να είναι συνήθως οικονομικά πιό αποδοτική λύση.

Μια ενδιαφέρουσα ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια είναι η επανεμφάνιση του CO_2 ως ψυκτικής ουσία. Αυτό έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε διάφορα εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων και άλλες εφαρμογές αποθήκευσης και σίγουρα αξίζει προσεκτική εξέταση, ειδικά εάν η επανάκτηση θερμότητας για παραγωγή ζεστού νερού θα μπορούσε να είναι ένα πρόσθετο όφελος.

Τονίζεται όμως, ότι η χρησιμοποίηση της αμμωνίας, του CO_2 ή HCs φέρνει διάφορες πρόσθετες πρακτικές δυσκολίες που θα αυξήσουν το κύριο κόστος εγκαταστάσεων, ειδικά για μικρές μονάδες.

Ο πίνακας 6.3 συνοψίζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών των εναλλακτικών λύσεων μη-HFC.

Πίνακας 6.3: Σύγκριση εναλλακτικών ουσιών προς τα HFCs

Ψυκτική ουσία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Χρήση σε συτήματα επεξεργασίας τροφίμων
Αμμωνία (NH_3)	Διαδεδομένος και κατανοητός τρόπος χρήσης Καλή απόδοση και αξιοπιστία	Τοξική και εύφλεκτη: απαιτώνται επιπλέον μέτρα ασφαλείας Δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί με χάλκινο εξοπλισμό	Ευρεία χρήση σε μεγάλα συστήματα αποθήκευσης και παραγωγής τροφίμων
CO_2 (R-744)	Μεγάλη Ισχύς, άρα απαιτούνται μικρότεροι συμπιεστές και διαστάσεις σωληνώσεων Μη εύφλεκτο Πολύ υψηλή δυνατότητα ανάκτησης θερμότητας	Πολύ υψηλή πίεση, απαιτώνται νέα στοιχεία και αλλαγή της σχεδίασης του όλου συστήματος Πολύ λίγοι μηχανικοί είναι εξοικειωμένοι με τη συντήρηση και το χειρισμό μιας τέτοιας εγκατάστασης Τοξικό: επιπλέον μέτρα ασφαλείας	Πολύ λίγες εφαρμογές Θα μπορούσε να εφαρμοστεί στις περισσότερες περιπτώσεις αν σχεδιάζονταν κατάλληλα τα αντίστοιχα συστήματα
HCs (προπάνιο R-290, προπυλένιο R-1270)	Καλή απόδοση και αξιοπιστία Μη τοξικά	Εξαιρετικά εύφλεκτα: απαίτηση νέων μέτρων ασφαλείας Όρια στη χρήση - φόρτιση σε πολλές εφαρμογές	Πολύ λίγες εφαρμογές στη βιομηχανία Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρά συστήματα ενδιάμεσης επαφής με προϊόντα

Πηγή: Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative, R22 Phase Out and F-Gas Regulations, guide 4

6.5 Η υπάρχουσα κατάσταση

Στο πλαίσιο των παραπάνω και για την παρούσα εργασία σε καθημερινή βάση και για ένα χρονικό διάστημα εννέα (9) μηνών λαμβάνονταν δείγματα τόσο από τους χώρους όσο και από τα μηχανήματα, αναλόγως με το πρόγραμμα παραγωγής του εργοστασίου.

Η διαδικασία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στους χώρους έγινε με τα εξειδικευμένα καταγραφικά Agostoni Gabbini HT.3.

Επίσης, μετρήσεις έγιναν στους πύργους ψύξης, στα τούνελ και στους συμπιεστές με χρήση ηλεκτρονικών μετρητών PT-100.

Από αυτές τις μετρήσεις, προέκυψαν οι παρακάτω αναλυτικοί πίνακες 6.4 και 6.5, οι οποίοι –σύμφωνα και με τα βήματα 1 και 2 της παραγράφου 6.3- συνοψίζουν τα απαραίτητα στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε το εργοστάσιο, ώστε να φτάσουμε στη συνέχεια στη βέλτιστη επιλογή.

Πίνακας 6.4: Αναλυτική παρουσίαση των στοιχείων και της θέσης όλων των συμπιεστών του εργοστασίου

RN	MANUFACTURER	TYPE	COMPRESSOR Kw	COOLING AGENT	AMOUNT OF C.AG. Kg	POSITION	COOLING TYPE	TEMPERATURE RANGE
1	BITZER	4G	11,2	MP39	25	τελικό ψυγείο γραμμής 2	water	0-3
2	GNESA	82	5,6	MP39	20	ψυγείο συστατικού Α (γρ. 2)	water	0-5
3	BITZER	2N-7,2	7,5	R22	20	ψυγείο συστατικού Β (γρ. 2)	water	0-5
4	Copeland	DWNDARC 1000	7,5	R22	25	ψυγείο γραμμής 3	water	0-2
5	BITZER	3	3	R401A	5	κρύος αέρας γραμμής 3	air	26-30
6	BITZER	4G (no. 1)	18,6	R401A	30	κύριο ψυγείο γραμμής 1	water	-1-+2
7	BITZER	6G (no. 2)	18,6	R401A	30	κύριο ψυγείο γραμμής 1	water	-1-+2
8	BITZER	6G (no. 3)	18,6	R401A	30	κύριο ψυγείο γραμμής 1	water	-1-+2
9	DAIKIN		11,2	R22	13	κρύα νερά τεμπερίας γραμμής 1	water	8-10
10	DAIKIN		7,8	R22	15	κρύα νερά μηχανής (γρ. 1)	water	8-10
11	TRANE	EWE 155 BDOOBA	12	R22	18,4	κλιματισμός α' ορόφου	air	19-21
12	TRANE	ECGAL 400	48	R407C	22	αποθήκη - υπόγειο	προπυλενογλυκόλη	17-18
13	TRANE	ECGAL 400	48	R407C	22	αποθήκη - υπόγειο	προπυλενογλυκόλη	17-18
14	TRANE	TWA A060 A400A2	5,6	R22	5	κλιματισμός γραμμής 3	air	21-22
15	TRANE	TWA A060 A400A2	5,6	R22	5	κλιματισμός γραμμής 3	air	21-22
16	DAIKIN	FD11LY1	8,6	R22	9,2	κλιματισμός γ' ορόφου (παραγωγή)	air	21-22
17	DAIKIN	FD10LY1	8,6	R22	9,2	κλιματισμός γ' ορόφου (παραγωγή)	air	21-22
18	Copeland	P8LF30XEWL	2,2	R134A	7,5	ψύξη συστατικού (γρ. 3)	air	6
19	GEO	NC/S15	4,1	R22	9	τεμπερία γραμμής 3	water	5-8
20	TRANE	ECXAH 250	50	R22	44	κλιματισμός γραφείων&προκλιματισμός γραφείων-εστιατορίου	air	8/45
21	TRANE	TWA 200 BDOOBA	11,9	R22	22	κλιματισμός α' ορόφου	air	19-21
22	TRANE	TWAA060A400A2	5,6	R22	5	ασύνδετο (γρ. 4)	water	
23	DEAETHERM	AWHP1SR600	53,8	R407C	20	κλιματισμός γραμμής 5	air	20-21
24	DAIKIN	SPLIT 8V71FL7W1	3	R22	2,5	κλιματισμός ειδικού χώρου Α	air	18-21
25	DAIKIN	SPLIT 8V71FL7W1	3	R22	2,5	κλιματισμός ειδικού χώρου Α	air	18-21
26	AERMEC (x2)	SPLIT ASHS1	4	R22	6	κλιματισμός ειδικού χώρου Β	air	8-10
27	GEO	MC/S-32	7,8	R22	7	τεμπερία γραμμής 2	air	0-4
28	DAIKIN	FD 11 ?	8,6	R22	9,2	κλιματισμός γ' ορόφου	air	20-22
29	DAIKIN		12,4	R22	22	κλιματισμός α' ορόφου	air	19-21
30	TRANE	CVGAM075 SDAABAO	19,2	R407C	5	κρύα νερά προϊόντος (γρ. 2)	water	10-12
31	TRANE	VGA1203DOO	11,7	R407C	7,5	κρύα νερά (γρ. 4)	water	17-20
32	TRANE	TWA 155BDOOBA	11,9	R22	18,4	κλιματισμός γ' ορόφου	air	21-22
33	TRANE	TWA 155BDOOBA	11,9	R22	18,4	κλιματισμός γραμμής 3	air	21-22
34	DYNAMIC	SOLIT FOG-24TP	3,1	R407C	2,5	a/c ειδικού χώρου Α	water	20-25
35	MITSUBISHI	(split)	2,5	R22	2,2	a/c ειδικού χώρου Β	water	20-25
36	HOSOKA	(split)	2,5	R22	2,2	a/c ειδικού χώρου Γ	water	16-20
37	DAIKIN	EPW 30EP30Y1	22,1	R22	11	a/c ειδικού χώρου Δ	water	8
38	TRANE	TWA200BDOOBA	12,4	R22	22	κλιματισμός μηχανολογικού εξοπλισμού (γρ. 3)	air	21-22
39	TRANE	TWA200BDOOBA	12,4	R22	22	κλιματισμός μηχανολογικού εξοπλισμού (γρ. 3)	air	21-22

Στον παραπάνω Πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία που προέκυψαν από τις μετρήσεις που λήφθηκαν καθώς και κάποια γενικότερα στοιχεία που μας χρειάζονται.

Αναλυτικότερα, στην πρώτη στήλη έχουμε κατατάξει με αύξοντα αριθμό τον κάθε συμπιεστή. Στη δεύτερη στήλη βλέπουμε τον κατασκευαστή και τον τύπο του στην τρίτη. Η τέταρτη στήλη μας δείχνει τα Kw του συμπιεστή σήμερα (όχι τα ονομαστικά του, γιατί μιλάμε για αρκετά παλιά μηχανήματα). Στην πέμπτη και στην έκτη στήλη βλέπουμε τον τύπο του ψυκτικού μέσου και τα Kg που έχει όντας πλήρες το κάθε κύκλωμα, αντίστοιχα. Στην έβδομη στήλη βλέπουμε το ρόλο του στο εργοστάσιο. Δηλαδή σε ποια γραμμή παραγωγής, χώρο, ψυγείο ή μηχάνημα παρέχει ψύξη. Οι δύο τελευταίες στήλες μας δείχνουν τον τύπο του συμπυκνωτή (υδρόψυκτος ή αερόψυκτος) και το εύρος της θερμοκρασίας η οποία απαιτείται στο χώρο «δράσης» του.

Σε αυτό το σημείο θα ήταν χρήσιμο να παραθέσουμε ένα παράδειγμα σχετικά με την ονομαστική ισχύ των συμπιεστών και την ισχύ που αποδίδουν σήμερα. Αυτό θα μας δείξει πώς με την πάροδο του χρόνου έχει σταδιακά μειωθεί αισθητά η αποδοτικότητα των μηχανημάτων. Έτσι, ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει τρία μηχανήματα, στα οποία συνοψίζεται και η συνολική εικόνα της σχέσης αρχικής/ονομαστικής με την τωρινή ισχύ:

Πίνακας 6.5: Σύγκριση ισχύος συμπιεστών

RN	MANUFACTURER	TYPE	COOLING AGENT	CAPACITY COMPRESSOR Kw	CAPACITY COMPRESSOR Kw (originally)	CONDENSER COOLING TYPE
6	BITZER	4G (no. 1)	R401A	18,6	35	water
7	BITZER	6G (no. 2)	R401A	18,6	35	
8	BITZER	6G (no. 3)	R401A	18,6	35	

Παρατηρούμε, ότι σήμερα η ψυκτική ισχύς των εν λόγω συμπιεστών έχει θεαματική μείωση της τάξης του 46,9%. Γενικεύοντας, με βάση την συνολική εικόνα, το ποσοστό βρίσκεται κοντά στο 40%, που παραμένει πολύ μεγάλο – ως προς τη μείωση της απόδοσης.

Πίνακας 6.6: Τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται στην υπάρχουσα κατάσταση

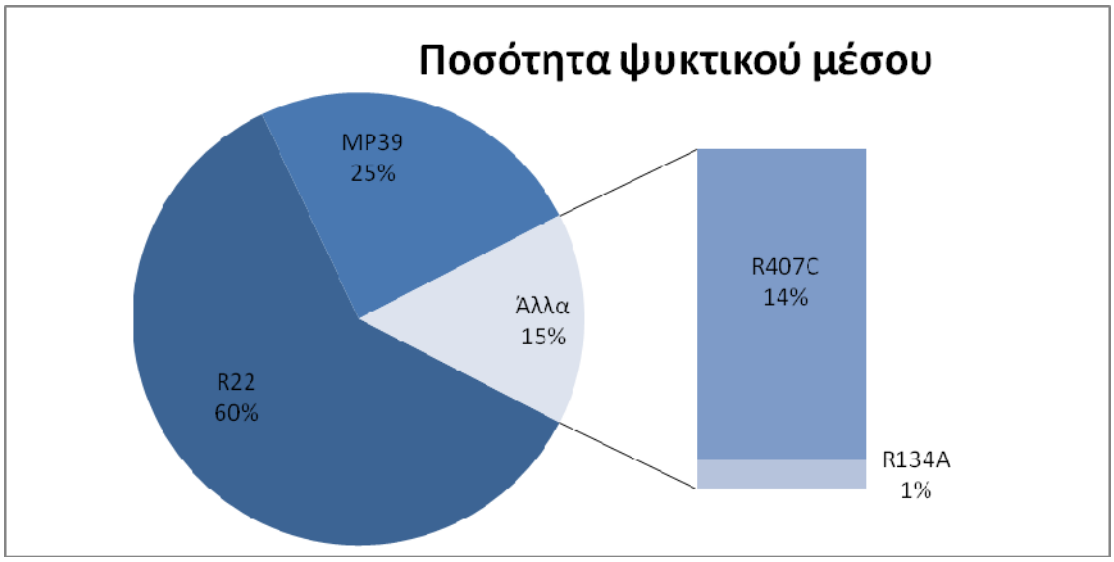
Ψυκτικό μέσο	2007		2008	
	kg	€	kg	€
R-22	0	0	25	70,25
R-134a	14	89,6	0	0
R-401A	0	0	22	220
R-407C	34	232,9	0	0

Ο ανωτέρω πίνακας δείχνει τις απώλειες και το κόστος στα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται από τις εγκαταστάσεις του εργοστασίου κατά το χρονικό διάστημα 2 ετών –πλήρης κύκλος συντήρησης. Αυτά τα τέσσερα ψυκτικά μέσα είναι όσα χρησιμοποιούνται από το εργοστάσιο αυτή τη στιγμή και τόσο το R-22 όσο και το R-401A πρέπει να εξαλειφθούν. Το R-401A, γνωστό και ως SUVA MP-39, είναι μίγμα τριών άλλων ουσιών του R-22 (53%), του R-124 (34%) και του R-152A (13%). Όπου εκτός από το τρίτο, τα άλλα δύο άπτονται της νομοθεσίας που έχουμε ήδη δει. Τόσο το R-134a όσο και το R-407C είναι στην κατηγορία των HFCs (το πρώτο καθαρή ουσία και το δεύτερο μίγμα) οπότε δεν επηρεάζονται από την ισχύουσα νομοθεσία. Φυσικά κοιτώντας ξανά τον Πίνακα 6.4 βλέπουμε πως μόνο επτά (7) από τους τριάντα εννιά (39) συμπιεστές χρησιμοποιούν τα

«οικολογικά» ψυκτικά μέσα, άρα η κλίμακα στην οποία θα γίνει η οποιαδήποτε αλλαγή αγγίζει το 82% των συμπιεστών του εργοστασίου.

Ακόμα στις εικόνες που ακολουθούν, κάνουμε ένα διαχωρισμό επιπλέον στα ψυκτικά μέσα που έχουμε, με βάση την ποσότητα του ψυκτικού μέσου:

Εικόνα 6.1: Τα ψυκτικά μέσα στην υπάρχουσα κατάσταση με βάση την ποσότητα των συμπιεστών τους



Πίνακας 6.7: Τα ψυκτικά μέσα στην υπάρχουσα κατάσταση με βάση την ποσότητα των συμπιεστών τους

Ψυκτικό μέσο	kg	%
R22	345,2	0,661
R407C	79	0,151
R134A	7,5	0,014
MP39	140	0,268
Σύνολο	*571,7*	

Στις σελίδες που ακολουθούν παρουσιάζεται με διαγράμματα, η πολυπλοκότητα της σημερινής λειτουργίας της εγκατάστασης, καθώς επίσης η έλλειψη εφεδρείας και η δυσκολία που η σχέση 1 προς 1 (ένα κύκλωμα για ένα σημείο) δημιουργεί στη συντήρηση.

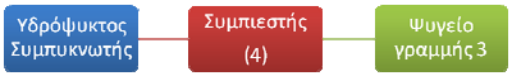
1. Στην ψύξη:

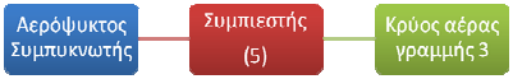
Υδρόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (6)
Συμπιεστής (7)
Συμπιεστής (8)
Ψυγείο γραμμής 1

Υδρόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (2)
Ψυγείο Α γραμμής 2

Υδρόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (3)
Ψυγείο Β γραμμής 2

Υδρόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (1)
Τελικό Ψυγείο γραμμής 2


Υδρόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (4)
Ψυγείο γραμμής 3


Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (5)
Κρύος αέρας γραμμής 3

Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (18)
Ψύξη συστατικού (γρ. 3)

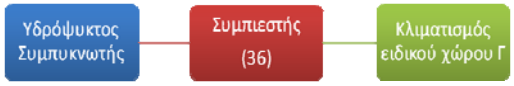
2. <u>Στον κλιματισμό:</u>

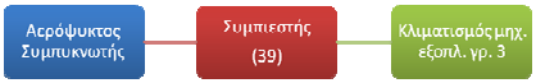
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (15)
Κλιματισμός γραμμής 3
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (16)
Κλιματισμός παραγωγής 3ου ορόφου

Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (17)
Κλιματισμός παραγωγής 3ου ορόφου
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (20)
Κλιματισμός γραφείων

Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (24)
Κλιματισμός ειδικού χώρου Α
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (25)
Κλιματισμός ειδικού χώρου Α

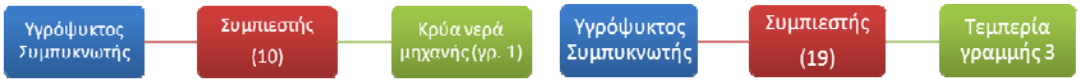
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (26)
Κλιματισμός ειδικού χώρου Β
Αερόψυκτος Συμπυκνωτής
Συμπιεστής (33)
Κλιματισμός Γραμμής 3

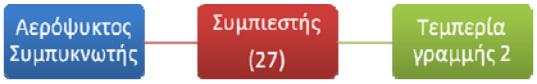




3. Στο <u>κρύο νερό</u> με τις μονάδες τεμπεραρίσματος (tempering):

Το τεμπεράρισμα της σοκολάτας ορίζεται ως η διαδικασία θέρμανσης και ψύξης της σοκολάτας σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες ώστε να επιτρέπεται στους κρυστάλλους του βούτυρου-κακάο να μορφοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή όψη, υφή και γεύση στη σοκολάτα.





Φυσικά, θα ήταν επιθυμητό η λύση που θα επιλεγεί, να αντιμετωπίζει και το συγκεκριμένο θέμα, με μια ενδεχόμενη κεντρικοποίηση και μία γενικότερη συγκέντρωση της όλης ψυκτικής εγκατάστασης.

Κεφάλαιο 7^{ο} Αποτελέσματα της εφαρμογής

7.1 Τεχνικά στοιχεία της εγκατάστασης

Σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης που παραθέσαμε στο 3^{ο} βήμα της παραγράφου 6.3, υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την τελική μας απόφαση. Μετά και την ανάλυση των επιλογών που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο έχουμε ανά κατηγορία, τα εξής:

Ηλικία – όπως είδαμε και πιο πάνω οι εγκατάστασεις του εργοστασίου στην πλειοψηφία τους είναι πολύ παλιές με αποτέλεσμα να μην τίθεται θέμα υπολειπόμενης αξίας (ως προς την απόσβεσή τους) αλλά ούτε θέμα διατήρησης και τροποποίησής των περισσότερων.

- Αποτέλεσμα: Νέοι συμπιεστές κατάλληλοι εξαρχής για χρήση «οικολογικών» ψυκτικών μέσων, είναι η πιο καλή λύση.

Απόδοση & εξοικονόμηση ενέγειας – οι εγκαταστάσεις ανταποκρίνονται στην τωρινή «ζήτηση» του εργοστασίου, αλλά όπως είδαμε ο κάθε συμπιεστής είναι τοποθετημένος σε συγκεκριμένο κομμάτι της παραγωγής. Αυτό θέτει την απόδοση του εργοστασίου σε κίνδυνο, αφού πιθανή βλάβη ενός θα δημιουργήσει πρόβλημα σε μία ολόκληρη γραμμή εφόσον δεν υπάρχει εφεδρία. Έτσι, αν η λύση δινόταν γρήγορα, το εργοστάσιο απλά θα τροποποιούσε λίγο το πρόγραμμα της παραγωγής του. Όμως σε περίπτωση μιας πιο δύσκολης βλάβης, εργατοώρες μπορεί να χαθούν ή ακόμα χειρότερα να τεθεί θέμα στην ποιότητα του προϊόντος. Φυσικά σε μελλοντικές αυξημένες ανάγκες του εργοστασίου, για παράδειγμα αν εγκατασταθεί μία νέα μηχανή στη θέση μιάς παλαιότερης – η οποία θα έχει άλλες ψυκτικές ανάγκες- θα πρέπει να υπάρξουν έκτακτες λύσεις.

- Αποτέλεσμα: Επένδυση στην κεντρικοποίηση του συστήματος ψύξης –τουλάχιστον ανά γραμμή- θα ήταν επιθυμητή, ώστε να επιτευχθεί ταυτόχρονα τόσο ο στόχος της εξοικονόμησης της ενέργειας όσο και της ύπαρξης εφεδρείας. Εδώ φυσικά, γίνεται λόγος για χρήση κεντρικού ελέγχου και βηματοποίσης της λειτουργίας των συμπιεστών ανάλογα με τις ανάγκες της παραγωγής. Ιδανικά, το φορτίο που θα μπορούν να προσφέρουν οι συμπιεστές στο σύνολό τους θα πρέπει να είναι 10-20% μεγαλύτερο από το υπάρχον.

Σχέδιο εγκαταστάσεων – η περίπτωση μας δυστυχώς εμπίπτει όπως είδαμε και πιο πάνω και σε αυτό τον περιορισμό. Οι πιο πολλές εγκαταστάσεις του εργοστασίου έχουν ηλικία τουλάχιστον 15 χρόνων και έχουν μετατραπεί ήδη από ένα CFC, το R12.

- Αποτέλεσμα: Η πιο καλή λύση θα ήταν να αγοραστούν νέοι συμπιεστές αντί αυτών που έχουν ήδη υποστεί μία μετατροπή.

Οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ήδη ένα μίγμα HFC –.Όπως είδαμε στον Πίνακα 6.6 το εργοστάσιο ήδη –σε μικρό βαθμό- χρησιμοποιεί τα οικολογικά ψυκτικά μέσα R-134a και R-407C. Γεγονός που μας δείχνει ότι οι οποιεσδήποτε αλλαγές, καλό θα ήταν να γίνουν προς ένα ή και τα δύο αυτά ψυκτικά μέσα.

Σημείωση: Η ολοκληρωτική αποφυγή της χρήσης HFCs είναι μία πολύ καλή λύση με εξαιρετικό ορίζοντα ασφαλείας για το μέλλον. Όμως, αποτελεί εξαιρετικά ακριβή και χρονοβόρα επιλογή. Άλλωστε η ολοκληρωτική αλλαγή προς μη-HFC ουσία ενδείκνυται για μεγάλα εργοστάσια.

Η *πρώτη λύση*, με αγορά τελείως νέας εγκατάστασεις, έχει δύο πολύ βασικά μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα ο χρόνος που θα απαιτηθεί για μία νέα εγκατάσταση είναι απαγορευτικός για ένα εργοστάσιο όπως το συγκεκριμένο, το οποίο δουλεύοντας το μεγαλύτερο διάστημα του έτους με 20 βάρδιες/εβδομάδα δεν έχει παρά μόνο 1-2 εβδομάδες το χρόνο –και όχι απαραίτητα συνεχόμενες- για να πραγματοποιήσει την οποιαδήποτε αλλαγή. Επίσης, το κόστος εγκατάστασης θα ήταν ιδιαίτερα υψηλό – ιδιαίτερα σε σχέση με την τροποποίηση και μερική αντικατάσταση.

Η *τρίτη λύση*, με χρήση ανακυκλωμένων ψυκτικών μέσων, είναι μία παροδική λύση και αποτελεί ουσιαστικά αναβολή της αντιμετώπισης του προβλήματος και όχι λύση. Η συγκεκριμένη επιλογή, απλά ακολουθείται και θα ακολουθηθεί, μέχρι να αποφασιστεί ποια από τις άλλες δύο θα πραγματοποιηθεί.

Παρατηρούμε ότι σχεδόν όλα τα κριτήρια μας δείχνουν τροποποίηση ή αντικατάσταση των συμπιεστών. Οπότε η λύση που θα πρέπει να επιλεγεί δεν είναι άλλη από την **τροποποίηση του εξοπλισμού** όπου αυτό είναι επιλογή. Στον εξοπλισμό που είτε είναι πιο παλιός είτε έχει ήδη υποστεί μία αλλαγή- θα πρέπει να γίνει **αντικατάσταση.** Φυσικά από τη στιγμή που θα αλλάξει η όψη του συστήματος κλιματισμού μετά από αυτή την αλλαγή είναι μία εξαιρετική ευκαιρία να γίνει και κεντρικοποίηση με χρήση νέων και τεχνολογικά αρτιότερων μηχανημάτων.

Πιο αναλυτικά:

- Όλα τα κλιματιστικά και ψυκτικά μηχανήματα του εργοστασίου θα λειτουργήσουν με οικολογικό ψυκτικό μέσον R134a και R507C. Τα μηχανήματα που έχουν εξαντλήσει το χρόνο ζωής τους θα αντικατασταθούν από νέα που θα λειτουργούν με οικολογικό ψυκτικό. Τα μηχανήματα που έχουν ακόμα χρόνια ζωής θα τροποποιηθούν για να λειτουργούν με οικολογικό ψυκτικό μέσο και τα ψυκτέλαια τους θα αντικατασταθούν με συνθετικά.

- Οι κλιματιστικές μονάδες θα είναι εσωτερικού χώρου και θα πληρούν όλες τις ιδιαιτερότητες που χαρακτηρίζουν ένα χώρο παραγωγής τροφίμων (π.χ χωρίς τυφλά σημεία και χωρίς εστίες μικροβίων) γεγονός που θα βοηθήσει και στην καλύτερη συντήρησή τους.

- Τα νέα μηχανήματα ψύξης και κλιματισμού θα παρουσιάζουν 20-30% χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Αυτό θα επιτευχθεί τόσο λόγω σχεδιασμού όσο και λόγω μεγαλύτερης δυνατότητας καθαρισμού στη συντήρηση, ώστε να λειτουργούν στο 100% της δυνατότητάς τους κι όχι σε μειωμένο βαθμό.

- Θα υπάρχει δυνατότητα εφεδρείας. Όπως είδαμε παραπάνω κάθε συμπιεστής ήταν υπεύθυνος για ένα σημείο της γραμμής παραγωγής με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα σε πιθανή βλάβη. Τώρα μία μονάδα ψύξης ή κλιματισμού θα τροφοδοτείται από τουλάχιστον δύο συμπιεστές σε παράλληλη λειτουργία.

- Με την κεντρικοποίηση τους, επίσης, τα μηχανήματα ψύξης και κλιματισμού θα συνδεθούν και ηλεκτρονικά, ώστε να υπάρχει δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου και μόνο από ένα άτομο (π.χ μηχανικός βάρδειας). Όλοι οι ηλεκτρονικοί επεξεργαστές θα είναι σε δίκτυο ώστε να ελέγχονται και να αρχειοποιούνται όλα τα δεδομένα αυτόματα σε Η/Υ. Ταυτόχρονα θα βελτιστοποιηθεί και η απόδοση της εγκατάστασης, αφού με την κεντρικοποίηση θα έχουμεκαι βηματική διαίρεση της συνολικής τους ψυκτικής ικανότητας. Αυτό φυσικά, θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανομή των φορτίων ανάλογα με τη ζήτηση της παραγωγής.

- Εξαιτίας των πιο καινούριων μονάδων η δυνατότητα λειτουργίας σε πλήρες φορτίο θα είναι εφικτή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι + 47 ^{o}C κι όχι μόνο μέχρι τους + 43 ^{o}C, που ισχύει σήμερα. Γεγονός που βελτιώνει τις συνθήκες λειτουργίας των συμπυκνωτών.

- Η θερμοκρασία στο χώρο – που κλιματίζεται – θα είναι σταθερή στους 21 ^{o}C, που όπως είδαμε στην εισαγωγή του κεφαλαίου 6, είναι η ιδανική για τη σοκολάτα. Πριν, η θερμοκρασία είχε μία απόκλιση +/- 2 ^{o}C από την ιδανική, με προφανή αποτελέσματα και στην ποιότητα της σοκολάτας.

Συμπερασματικά, η λειτουργία της νέας εγκατάστασης συνοψίζεται στα παρακάτω διαγράμματα:

Για την ψύξη:

Για τον κλιματισμό:

Για τις τεμπερίες:

Τα ψυκτικά που λειτουργούν με οικολογικό ψυκτικό μέσο θα διατηρηθούν.

7.2 Οικονομικά στοιχεία της εγκατάστασης

Για μία επένδυση όπως αυτή είναι πολύ σημαντικό να εξεταστούν κάποιοι δείκτες που σε συνεννόηση με το εργοστάσιο κρίθηκαν ως κομβικής σημασίας για το κόστος της επένδυσης.

Στον παρακάτω πίνακα 7.1, συνοψίζονται όλα τα κρίσιμα μεγέθη εκτός του αρχικού κόστους της εγκατάστασης το οποίο ανήλθε σε **1.086.000€.** Αυτό για να δοθεί μία πιο καθαρή εικόνα συνοψίζεται σε 1.113,85€/KW εγκατεστημένης ψύξης, είτε πρόκειται για τροποποίηση είτε για νέα εγκατάσταση.

<u>Σημείωση:</u> Στους πίνακες που ακολουθούν οι στήλες της «Διαφοράς» προκύπτουν ως εξής:

[{Τιμή Διαφοράς] = { 1 - [Τιμή Σήμερα] / [Τιμή Μετά] } %

Πίνακας 7.1.: Βασικά οικονομικά μεγέθη σύγκρισης της υπάρχουσας με τη μελλοντική κατάσταση

	Σήμερα	Μετά	Διαφορά
Εγκατεστημένη Ισχύς (σε KW)	731	975	25%
Ενεργειακό Κόστος (σε €)/έτος	106200	104400	-2%
Ενεργειακό Κόστος (σε €/KWh ψύξης)	145,3	107,1	-36%
Κόστος συντήρησης (σε €)/έτος	36000	6000	-500%
Κόστος συντήρησης (σε €/KW ψύξης)	49,3	6,2	-700%

Ως εγκατεστημένη ισχύ στην υπάρχουσα κατάσταση θεωρούμε την ονομαστική ισχύ των μηχανημάτων. Η διαφορά του 25% είναι ουσιαστικά κρίσιμη για το μέλλον του εργοστασίου, γιατί δίνει τη δυνατότητα αλλαγών μηχανολογικού εξοπλισμού – ως προς την παραγωγική διαδικασία - χωρίς να υπάρξει τότε επιπλέον κόστος προσαρμογής των ψυκτικών εγκαταστάσεων, αφού έχει προβλεφθεί ήδη. Συνεπώς το ποσοστό αυτό αποτελεί αποφυγή –μελλοντικού- κόστους.

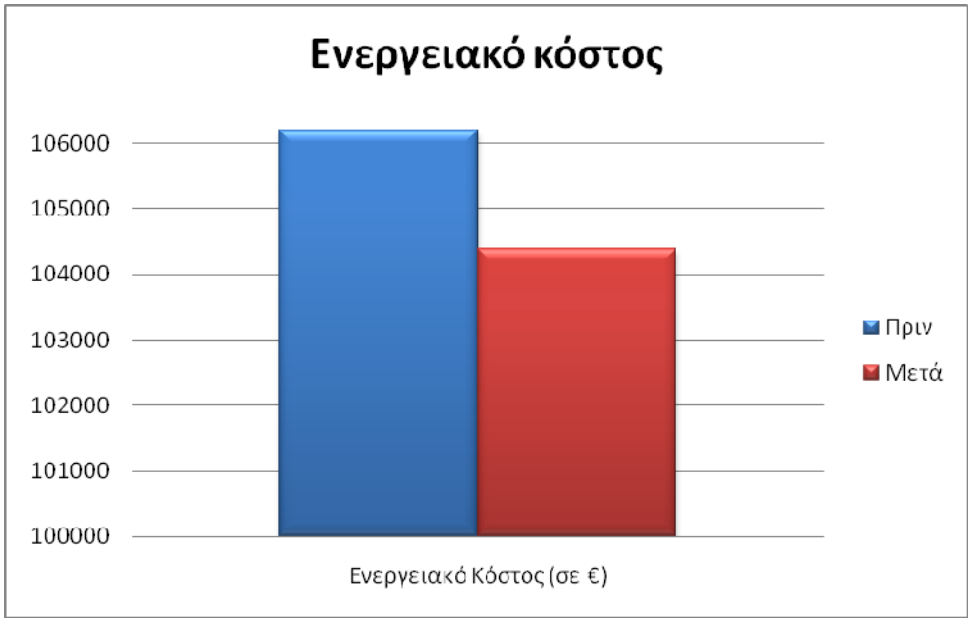
Το ενεργειακό κόστος αφορά στην κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με τον ετήσιο λογαριασμό κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (Δ.Ε.Η.) του εργοστασίου. Τα ποσά έχουν υπολογιστεί με τιμή 0,1€ ανά KWh και για –την εξακριβωμένη- από το εργοστάσιο δαπάνη για την ψύξη του 18% των συνολικών (5.900.000) KWh. Εδώ, οι διαφορές αφορούν στην μικρή ως προς το κόστος, αλλά μεγάλη ως προς τη χρέωση ανά KWh ψύξης των δύο καταστάσεων.

Ακόμα, παρατίθεται το κόστος συντήρησης, όπου συμπεριλαμβάνοντα τόσο υλικά όσο και η αμοιβή της εργασίας. Το σημαντικό εδώ, που κάνει τόσο μεγάλες και τις διαφορές είναι η εξαιρετική τεχνολογία και σχεδίαση, η οποία απαιτεί το ελάχιστο (1 άτομο, π.χ μηχανικός βάρδειας) ανθρώπινο δυναμικό με την καλύτερη δυνατή συντήρηση και καλή λειτουργία των μηχανημάτων.

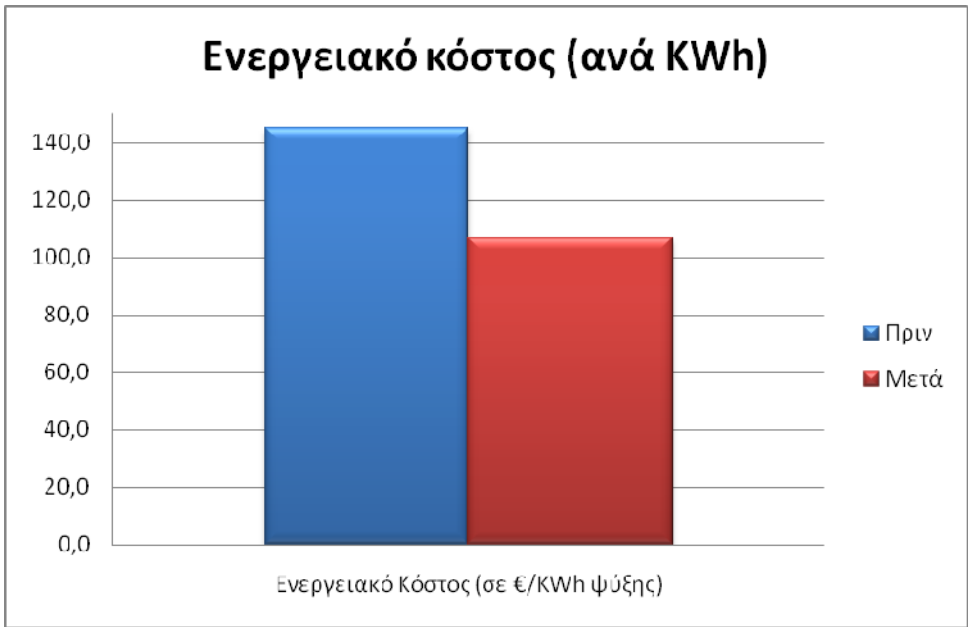
Στα παρακάτω διαγράμματα 7.1 – 7.5 φαίνονται για μεγαλύτερη ακρίβεια, οι παραπάνω δείκτες.

Διάγραμμα 7.1.: Εγκατεστημένη Ισχύς (πριν-μετά)

Διάγραμμα 7.2.: Ενεργειακό Κόστος σε € (πριν-μετά)

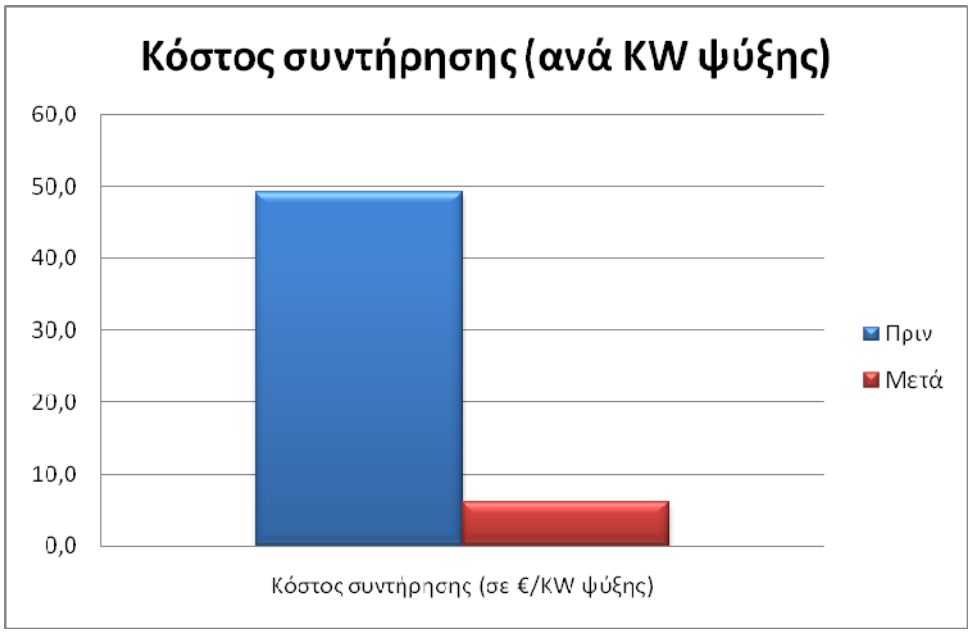


Διάγραμμα 7.3.: Ενεργειακό Κόστος σε €/KWh (πριν-μετά)



Διάγραμμα 7.4.: Κόστος Συντήρησης σε € (πριν-μετά)

Διάγραμμα 7.5.: Κόστος Συντήρησης σε €/KW (πριν-μετά)



Στον Πίνακα 7.2, που ακολουθεί βλέπουμε τη διαφορά μεταξύ του αριθμού των συμπιεστών και των συμπυκνωτών που υπάρχουν στο εργοστάσιο σε σχέση με τη μελλοντική κατάσταση.

Πίνακας 7.2.: Σύγκριση βασικών στοιχείων της υπάρχουσας εγκατάστασης με τη μελλοντική κατάσταση

	Σήμερα	Μετά	Διαφορά
Αριθμός Συμπιεστών (σύνολο)	39	24	-63%
Αριθμός Συμπυκνωτών (σύνολο)	29	11	-164%
Εγκατεστημένη Ισχύς (σε KW)	731	975	25%

Πίνακας 7.3.: Σύγκριση των βασικών στοιχείων της υπάρχουσας εγκατάστασης με τη μελλοντική ανά τομέα

	Πριν	Μετά	Διαφορά
Αριθμός Συμπιεστών (ψύξη)	10	6	-67%
Αριθμός Συμπυκνωτών (ψύξη)	8	2	-300%
Αριθμός Συμπιεστών (κλιματισμός)	23	12	-92%
Αριθμός Συμπυκνωτών (κλιματισμός)	23	6	-283%
Αριθμός Συμπιεστών (τεμπερίες/κρύα νερά)	6	6	0%
Αριθμός Συμπυκνωτών (τεμπερίες/κρύα νερά)	6	4	-50%
Εγκατεστημένη Ισχύς (σε KW)	731	975	25%

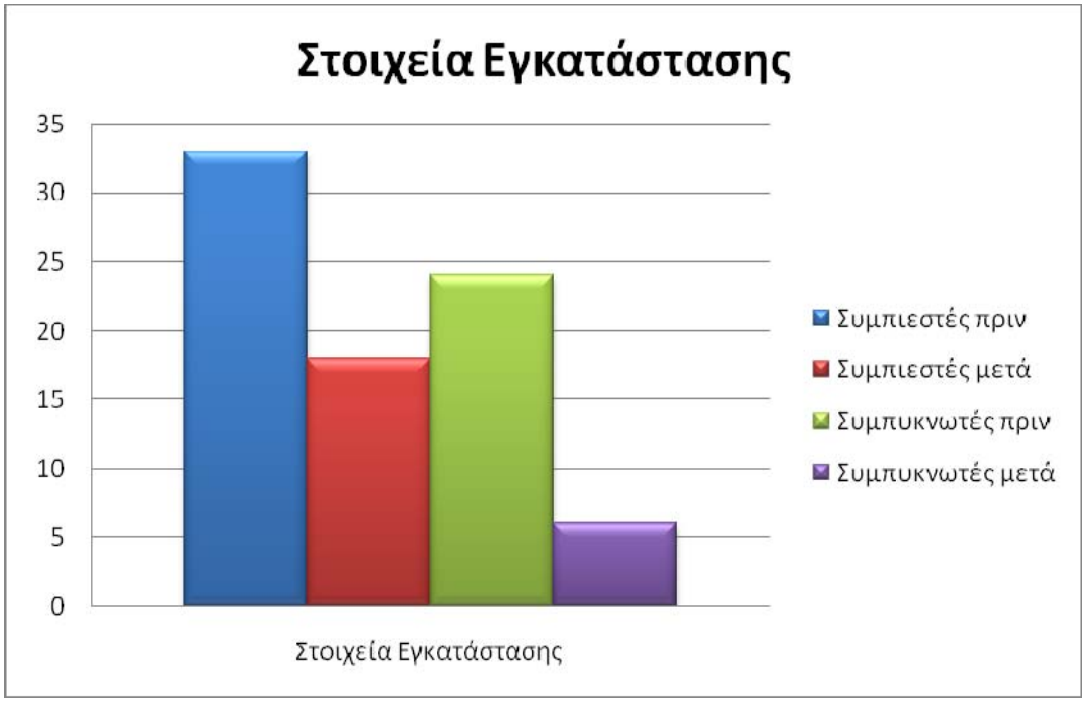
Σε αντίθεση με τους παραπάνω πίνακες, που μας δίνουν τη συνολική εικόνα τόσο γενικά όσο και ειδικά ανά τομέα (ψύξη, κλιματισμό και τεμπερίες), ο πίνακας 7.4 μας δείχνει ένα ακόμα πιο ενδιαφέρον στοιχείο. Αφαιρώντας τα μηχανήματα που ήδη λειτουργούσαν με οικολογικό ψυκτικό μέσο και έμειναν ως είχαν, παρατηρούμε ότι οι διαφορές πριν και μετά αυξάνονται ακόμα περισσότερο. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της βελτιωμένης τεχνολογίας και με εμφανή τα αποτελέσματα της κεντρικοποίησης – ιδίως στο θέμα των συμπυκνωτών με τη διαφορά να φτάνει το 300%.

Πίνακας 7.4.: Σύγκριση των βασικών στοιχείων της εγκατάστασης της υπάρχουσας με τη μελλοντική κατάσταση (χωρίς να προσμετρούμε τα μηχανήματα που λειτουργούσαν ήδη με οικολογικά μέσα

	Πριν	Μετά	Διαφορά
Αριθμός Συμπιεστών	33	18	-83%
Αριθμός Συμπυκνωτών	24	6	-300%
Εγκατεστημένη Ισχύς (σε KW)	731	975	25%

Το διάγραμμα 7.5 μας δείχνει ακόμα πιο συγκεντρωμένα τις διαφορές συμπιεστών και συμπυκνωτών –πριν και μετά- χωρίς να προσμετράμε τις μονάδες που δεν αλλάχθηκαν.

Διάγραμμα 7.5.: Βασικά στοιχεία της ψυκτικής εγκατάστασης (πριν-μετά)



Κάνοντας έναν υπολογισμό του **χρόνου αποπληρωμής** της επένδυσης, με βάση τα ετήσια κέρδη που υπολογίσθηκαν, παρατηρούμε ότι αυτή θα γίνει σε ***34,2 χρόνια.***

Αυτό, μας δείχνει ότι στην προκειμένη περίπτωση, το κόστος της εγκατάστασης δεν υπήρξε καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή της βέλτιστης λύσης. Τα κριτήρια που επικράτησαν ήταν όσα αναφέρονται στη συμμόρφωση του εργοστασίου με τους ισχύοντες νόμους.

Η συγκεκριμένη επιλογή, όμως, αν και «αναγκαστική» θα αποφέρει στο εργοστάσιο τα μεγαλύτερα δυνατά οφέλη σε κάθε τομέα ενώ και η επιχείρηση συνολικά, «θωρακίστηκε» νομικά και έθεσε τις βάσεις για ανάπτυξη στο μέλλον με μια υπερσύγχρονη ψυκτική εγκατάσταση.

Βιβλιογραφία

1. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΨΥΞΕΩΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ, Σπύρου Π. Αναστασιάδη, ΑΘΗΝΑ 1995, «εκδόσεις τεχνικών-επιστημονικών βιβλίων»

2. Thermal Power Plants and Environmental Control, L.A.Richter, E.P.Volkov, V.N.Pokrovsky, edited by P.Neporozhny, Translated from the Russian by V.Afanasyev, 1984, Mir Publishers – Moscow

3. Συμπιεστές ψυκτικών εφαρμογών – Συμβατική ψύξη – Κρυογεννετική, Σπύρου Π. Αναστασιάδη, Αθήνα 1984, Εκδόσεις – Βιβλιοπωλείο Α. Παπασωτηρίου, Τεχνικά – Επιστημονικά βιβλία

4. Τεχνολογία της ψύξης και Εργαστήρια της ψύξης, βλάβες – επισκευές, Σπύρου Π. Αναστασιάδη, Αθήνα 1992, 8η επανέκδοση, «εκδόσεις τεχνικών-επιστημονικών βιβλίων»

5. Εφαρμογές ψύξης – Συμπιεστές ψύξης, Υπολογισμός ψυκτικών μονάδων, Σπύρου Π. Αναστασιάδη, Αθήνα 1989, «εκδόσεις τεχνικών-επιστημονικών βιβλίων»

6. Heating and Cooling of Buildings, Design for Efficiency, by Jan F. Kreider and Ari Rabl, 1994, McGraw-Hill International Editions, Mechanical Engineering Series

7. Air Conditioning and Refrigeration Engineering, by Shan K. Wang, Zalman Lavan and Paul Norton, 2000, CRC Press LLC

8. Σημειώσεις Ψύξεως (Α' και Β' μέρος), Δ. Κουρεμένος – Σ. Χατζηδάκης, Αθήνα 1997, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας

9. http://lawdb.intrasoftnet.com/nomos, Βάση Νομικών Πληροφοριών

10. http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/

11. http://www.unep.org/OZONE/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf

12. http://www.ior.org.uk, Institute of Refrigeration

13. http://www.iifiir.org/en/regulations, International Institute of Refrigeration

14. http://www.berr.gov.uk/whatwedo/sectors/sustainability/fgases, Department for Business Enterprise and Regulatory Reform

15. http://www.hvacmechanic.com/refrigerants

16. http://refrigerants.dupont.com/Suva

17. Technical Progress on Protecting the Ozone Layer-Refrigeration, Air-Conditioning and Heat Pumps. Technical Options Committee, December 1991.

18. UNEP. PWR-570-LK-91423-al.

19. ASHRAE Fundamentals Handbook, ASHRAE, New York (2001).

20. D. Cariolle-Resultats des dernieres campagnes de mesures sur l' evolution de la couche d' ozone. CVC, Mai 90.

21. Energy Efficiency in Refrigeration and Global Warming Impact. International Institute of Refrigeration, 1993.

22. A. Stegou-Sagia, "R12, R134a, R502, R407a, Generalized Compressibility Charts with Isentropic Exponents. Thermodynamic Efficiency of Refrigerating Cycles", Proceedings of ECOS 2000 Conference, Netherland, Part 2, 2000, pp.889-897.

23. «Φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα σε συστήματα ψύξης κλιματισμού», Δρ. Στέγγου-Σαγιά Αθηνά, Αναπλ. Καθηγήτρια Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών, 2005

24. E.W. Lemmon, M.O. McLinden and M.L. Huber. 2002. NIST Reference Fluids Thermodynamic Properties - REFPROP, Ver. 7.0, NIST Standard Reference Database 23, Gaithersburg, ML, U.S.A.: NIST.

25. A. Stegou-Sagia., M. Damanakis, "Thermophysical Property Formulations for R32/R134a mixtures, Int. J. Applied Thermodynamics, Vol. 2 (3), 1999, pp. 139-143.

26. Danfoss, Refrigeration – an introduction to the basics

27. Δ. Κουρεμένος – Σ. Χατζηδάκης, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΨΥΞΕΩΣ Μέρος Πρώτο, Ε.Μ.Π. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Τομέας Θερμότητας, ΑΘΗΝΑ 1997

28. Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative, Operational Efficiency Improvements for Refrigeration Systems, guide 3

29. Food & Drink Industry Refrigeration Efficiency Initiative, R22 Phase Out and F-Gas Regulations, guide 4

30. Stegou-Sagia and N. Paignigiannis, Exergy losses in refrigerating systems. A study for performance comparisons in compressor and condenser. International Journal of Energy Research, Vol. 27, 2003, pp. 1067-1078.

31. AFEAS (Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study).

32. Ν. Παιγνιγιάννης. Εξεργειακή ανάλυση φιλικών προς το περιβάλλον ψυκτικών Συστημάτων. Διπλωματική Εργασία, 2001. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Τομέας Θερμότητας, Εργαστήριο Θερμικών Διεργασιών

33. "Status of Ratification/Accession/Acceptance/Approval of the Agreements on the Protection of the Stratospheric Ozone layer", UNEP, 1997.

34. Α. Παπαδάκη. Εξεργειακή ανάλυση αντλιών θερμότητας. Διπλωματική Εργασία, 2005. Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ, Τομέας Θερμότητας, Εργαστήριο Θερμικών Διεργασιών

35. History of Air Conditioning Source: Jones Jr., Malcolm. "Air Conditioning". Newsweek. Winter 1997 v130 n24-A p42(2). Retrieved 1 January 2007.

36. The History of Air Conditioning Lou Kren, Properties Magazine Inc. Retrieved 1 January 2007.

Παράρτημα – 1
Θεμελειώδεις όροι

1.1 Συστήματα μονάδων

Σε διεθνές επίπεδο, έχει επιτευχθεί συμφωνία για τη χρήση του *Systeme International d'Unités* - συχνά καλούμενου ως *σύστημα*-Si. Για διάφορες χώρες η εφαρμογή του συστήματος-Si είναι ακόμα μια τρέχουσα διαδικασία. Έτσι, σε πολλά μέρη της κοινότητας ψύξης είναι ακόμα κοινή πρακτική η χρησιμοποίηση μετρικών μονάδων ή άλλων εναλλακτικών μονάδων. Επομένως, οι ουσιαστικά χρησιμοποιημένες εναλλακτικές μονάδες θα δοθούν στην παρένθεση όπου απαιτείται. Ο πίνακας 1.1 παρουσιάζει τις Si-μονάδες και άλλες συχνά χρησιμοποιημένες εναλλακτικές μονάδες για τις ποσότητες που χρησιμοποιούνται. Η πρακτική χρήση των Si-μονάδων συνδέεται έντονα με τη χρήση των δεκαδικών προθεμάτων για να αποφευχθούν τόσο οι πολύ μικροί όσο και οι μεγάλοι αριθμοί. Ένα μέρος των χρησιμοποιούμενων προθεμάτων μπορούμε να δούμε στον παρακάτω πίνακα.

Quantity	SI-unit	Alternative units
Time	s (second)	h (hour)
Length	m (meter)	in (inch) ft (foot)
Mass	kg (kilogram)	lb (pound)
Temperature	K (Kelvin)	°C (Celsius) °F (Fahrenheit)
Force	N (Newton)	kp (kilopond)
Pressure	Pa (Pascal) = N/m^2	bar atm (atmosphere) mm Hg (millimeter mercury column) psi (pound per square inch)
Energy	J (Joule) = Nm	kWh (kilowatt hour) cal (calorie) Btu (British thermal unit)
Power	W (Watt) = J/s	calorie/h, Btu/h

Πίνακας 1.1: Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται με τις μονάδες μέτρησής τους

Παράδειγμα:
Η ατμοσφαιρική πίεση αέρα είναι 101325 Pa. Με τη χρησιμοποίηση των δεκαδικών προθεμάτων από τον πίνακα κάτω (Π. 1.2) θα ήταν 101.325 kPa. Η επιλογή του προθέματος είναι «ελεύθερη» αλλά η καλύτερη επιλογή θα είναι κανονικά αυτή όπου η τιμή που γράφεται θα βρίσκεται από 0.1 έως 999.9. Τα προθέματα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τις συνδυασμένες Si-μονάδες - εκτός από όταν χρησιμοποιείται για [kg].

Παράδειγμα:
2000 W/m2K πρέπει να γραφτεί ως 2.000 × 103 W/m2 K και όχι ως 2 kW/m2 K.

Name	pico	nano	micro	mili	kilo	Mega	Giga	Tera	Peta
Prefix	p	n	μ	m	k	M	G	T	P
Factor	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{3}	10^{6}	10^{9}	10^{12}	10^{15}

Πίνακας 1.2: Τα δεκαδικά προθέματα

1.2 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι μια πολύ κεντρική ιδιότητα στην ψύξη. Σχεδόν όλα τα συστήματα ψύξης έχουν στόχο τη μείωση στη θερμοκρασία ενός αντικειμένου όπως τον αέρα σε ένα δωμάτιο ή των αντικειμένων που αποθηκεύονται σε εκείνο το δωμάτιο. Η Si-μονάδα για τη θερμοκρασία *Kelvin [K]* είναι μια απόλυτη θερμοκρασία επειδή το σημείο αναφοράς του [0 K] είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία ότι θεωρητικά θα ήταν σε θέση να λάβει. Όταν δουλεύουμε με συστήματα ψύξης οι *βαθμοί Κελσίου [°C]* είναι μια πρακτικότερη μονάδα στη χρήση. Οι *βαθμοί Κελσίου* δεν είναι μια κλίμακα απόλυτης θερμοκρασίας επειδή το σημείο αναφοράς του (0 °C) καθορίζεται από το σημείο ψύξης του νερού (ίσος σε 273.15 K). Η μόνη διαφορά μεταξύ Kelvin και Κελσίου είναι η διαφορά στο σημείο αναφοράς. Αυτό σημαίνει ότι μια διαφορά θερμοκρασίας 1 °C είναι ακριβώς η ίδια με μια διαφορά θερμοκρασίας 1 K. Στο καθαρά επιστημονικό μέρος οι διαφορές θερμοκρασίας συχνά περιγράφονται με τη χρησιμοποίηση [K] αντί [°C]. Αυτή η πρακτική αποβάλλει πιθανό μπέρδεμα θερμοκρασίας και διαφορών θερμοκρασίας.

1.3 Δύναμη και πίεση

Η μονάδα-Si για τη δύναμη είναι η *Newton (N)* που είναι ουσιαστικά [kg m/s2]. Ένα άτομο που φορά σκι μπορεί να σταθεί στο βαθύ χιόνι χωρίς να βυθίστει πολύ βαθιά - αλλά εάν περπατήσει χωρίς τα σκι, τα πόδια του θα βυθιστούν πιθανώς πολύ βαθιά στο χιόνι. Στην πρώτη περίπτωση το βάρος του ατόμου κατανέμεται σε μια μεγάλη επιφάνεια (τα σκι). Στη δεύτερη περίπτωση το ίδιο βάρος διανέμεται στην περιοχή των πελμάτων των παπουτσιών του - που είναι μια πολύ μικρότερη περιοχή από την περιοχή των σκι. Η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο περιπτώσεων είναι η πίεση που το άτομο ασκεί στην επιφάνεια χιονιού. Η πίεση ορίζεται ως η δύναμη που ασκείται σε μια περιοχή διαιρούμενη με το μέγεθος της περιοχής. Στο παράδειγμα με το σκιέρ η δύναμη (βαρύτητα) είναι η ίδια και στις δύο περιπτώσεις αλλά οι περιοχές είναι διαφορετικές. Στην πρώτη περίπτωση η περιοχή είναι μεγάλη και έτσι η πίεση γίνεται χαμηλή. Στη δεύτερη περίπτωση η περιοχή είναι μικρή και έτσι η πίεση γίνεται υψηλή.

Στην ψύξη η πίεση συνδέεται συνήθως με τα ρευστά που χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά μέσα. Όταν μια ουσία σε υγρή ή μορφή ατμού βρίσκεται μέσα σε ένα κλειστό κιβώτιο ο ατμός ασκεί μια δύναμη στο εσωτερικό του τοίχου του κιβωτίου. Η δύναμη του ατμού στην εσωτερική επιφάνεια διαιρούμενη με την περιοχή της καλείται *απόλυτη* πίεση. Για πρακτικούς λόγους η τιμή για την πίεση δηλώνεται μερικές φορές ως «πίεση πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση» - που σημαίνει ότι η ατμοσφαιρική πίεση (kPa 101.325 = 1.013 bar) αφαιρείται από την απόλυτη πίεση. Η πίεση επάνω από την ατμοσφαιρική πίεση επίσης συχνά αναφέρεται ως *πίεση μέτρησης*. Η χρησιμοποιούμενη μονάδα πρέπει να

απεικονίζει την επιλογή της απόλυτης πίεσης ή της πίεσης μέτρησης. Μια απόλυτη πίεση υποδεικνύεται με την χρήση του πεζού «α» και μια πίεση μέτρησης υποδεικνύεται από ένα πεζό «μ».

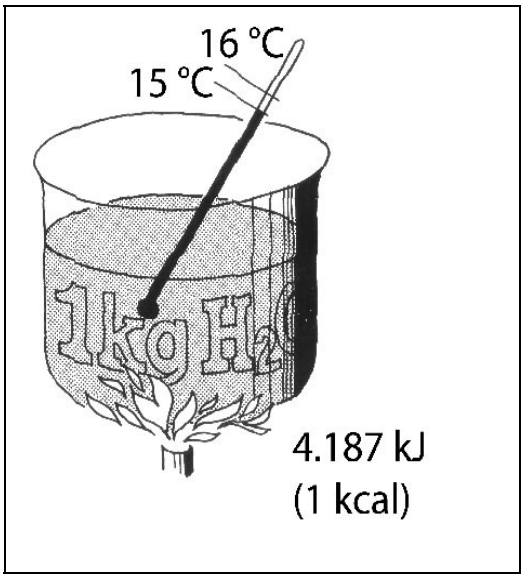
Αν, για παράδειγμα, η απόλυτη πίεση είναι 10 bar (α) για να μετατραπεί σε πίεση μέτρησης γίνεται (10 - 1.013) bar(μ) ≈ 9 bar(μ). Άλλες μονάδες για την πίεση που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι *mm στήλης υδραργύρου [mmHg* Το κενό ορίζεται ως μια απόλυτη πίεση 0 PA - αλλά δεδομένου ότι είναι σχεδόν αδύνατο να επιτευχθεί αυτό, ο όρος «κενό» χρησιμοποιείται γενικά για να περιγράψει μια πίεση πολύ χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση.

1.4 Θερμότητα, έργο, ενέργεια και δύναμη

Η θερμότητα και το έργο είναι και οι δύο μορφές ενέργειας που μπορούν να μεταφερθούν μεταξύ των αντικειμένων ή των συστημάτων. Η μεταφορά της θερμότητας συνδέεται πολύ με τη θερμοκρασία (ή τη διαφορά θερμοκρασίας) που υπάρχει μεταξύ δύο ή περισσότερων αντικειμένων. Η θερμότητα μεταφέρεται πάντα από ένα αντικείμενο υψηλής θερμοκρασίας σε αντικείμενο/-α με χαμηλότερες θερμοκρασίες. Η θέρμανση του νερού σε ένα δοχείο από το μάτι της κουζίνας είναι ένα καλό καθημερινό παράδειγμα της μεταφοράς της θερμότητας. Το μάτι γίνεται καυτό και η θερμότητα μεταφέρεται από το μάτι μέσω του κατώτατου σημείου του δοχείου στο νερό. Η μεταφορά της θερμότητας στο νερό αναγκάζει τη θερμοκρασία του νερού να αυξηθεί. *Με άλλα λόγια, η θέρμανση ενός αντικειμένου είναι ουσιαστικά η μεταφορά της ενέργειας (θερμότητα) στο αντικείμενο*. Σε πολλές πρακτικές εφαρμογές υπάρχει μια ανάγκη να μειωθεί η θερμοκρασία ενός αντικειμένου αντί της αύξησης του. Αυτό μπορεί μόνο να γίνει εάν έχουμε ένα αντικείμενο με χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του αντικειμένου που επιθυμούμε να δροσίσουμε. Η τοποθέτηση αυτών των δύο αντικειμένων σε επαφή θα προκαλέσει μια μεταφορά της θερμότητας μακρυά από το αντικείμενο που επιθυμούμε να δροσίσουμε και, συνεπώς, η θερμοκρασία του θα μειωθεί. *Με άλλα λόγια, η ψύξη ενός αντικειμένου είναι η μεταφορά της ενέργειας (θερμότητα) μακρυά από το αντικείμενο*. Η μεταφορά έργου συνδέεται χαρακτηριστικά με τη χρήση των μηχανικών άξονων όπως αυτόν που περιστρέφεται σε μια ηλεκτρική μηχανή ή σε μια μηχανή καύσεως. Άλλες μορφές μεταφοράς έργου είναι δυνατές αλλά η χρήση ενός περιστρεφόμενου άξονα είναι η κύρια μέθοδος που χρησιμοποιείται στα συστήματα ψύξης. Όπως προαναφέραμε τόσο η θερμότητα όσο και το έργο είναι μορφές ενέργειας. Οι μέθοδοι μεταφοράς μεταξύ των αντικειμένων είναι διαφορετικές αλλά για μια διαδικασία με μεταφορά θερμότητας και έργου, το άθροισμα τους καθορίζει την έκβαση της διαδικασίας.

Η μονάδα-*Si Joule [J]* χρησιμοποιείται για να ποσολογήσει την ενέργεια, τη θερμότητα και το έργο. Το ποσό ενέργειας που απαιτείται για να αυξήσει τη θερμοκρασία 1 kg νερού από 15 σε 16 °C είναι 4.187 KJ. Τα 4.178 KJ μπορούν να μεταφερθούν ως θερμότητα ή ως έργο - αλλά η θερμότητα θα ήταν η πιο πρακτική λύση σε αυτήν την περίπτωση. Υπάρχουν διαφορές στο πόση ενέργεια απαιτείται για να αυξήσει τη θερμοκρασία των διάφορων ουσιών κατά 1 K. Για 1 kg καθαρού σιδήρου περίπου 0.447 KJ απαιτούνται ενώ για 1 kg ατμοσφαιρικού αέρα απαιτούνται περίπου 1.0 KJ. Η ιδιότητα που καθιστά το σίδηρο και τον αέρα διαφορετικούς όσον αφορά την ενέργεια που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας τους καλείται «συγκεκριμένη ικανότητα θε΄ρμανσης». Ορίζεται ως η ενέργεια που απαιτείται για να προκαλέσει μια αύξηση θερμοκρασίας 1 K σε 1 kg μιας ουσίας. Η μονάδα για τη συγκεκριμένη ιδιότητα της θερμότητας είναι *J/kg K.* Το

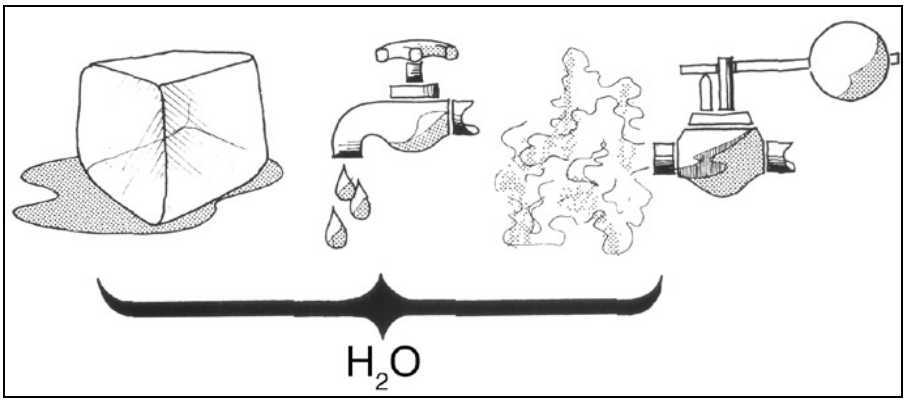
ποσοστό στο οποίο η ενέργεια μεταφέρεται καλείται *Ισχύς*. Η Si-μονάδα για την ισχύ είναι το *Watt (W)*.



Εικόνα 1.5

1.5 Ουσίες και αλλαγή φάσης

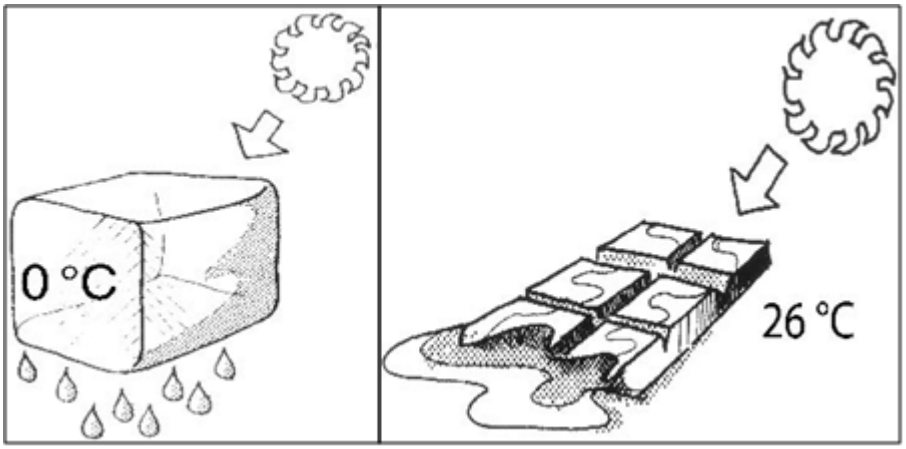
Όλες οι ουσίες μπορούν να υπάρξουν σε τρεις διαφορετικές φάσεις: στερεά, υγρά, και αέρια. Το νερό είναι το φυσικότερο παράδειγμα μιας ουσίας που χρησιμοποιούμε σχεδόν καθημερινά και στις τρεις φάσεις. Για το νερό οι τρεις τη φάσεις έχουν λάβει και διαφορετικά ονόματα - κάνοντας το λίγο πιο πολύπλοκο κατά τη χρησιμοποίηση του ως πρότυπη ουσία. Τη στερεά μορφή την καλούμε πάγο, την υγρή νερό, και την αέρια μορφή την καλούμε υδρατμό. Αυτό που είναι κοινό για αυτές τις τρεις φάσεις είναι ότι τα μόρια νερού παραμένουν αμετάβλητα, σημαίνοντας ότι πάγος, νερό, υδρατμός έχουν τον ίδιο χημικό τύπο: H_2O. Η μετατροπή μιας ουσίας από τη στερεά στην υγρή φάση καλείται τήξη-λιώσιμο και η περαιτέρω μετατροπή στην αέρια φάση καλείται βρασμός-εξάτμιση. Κατά την αντίθετη μετάβαση μιας ουσίας από την αέρια στην υγρή φάση η διαδικασία καλείται συμπύκνωση και πήξη-στερεοποίηση καλείται η περαιτέρω μετατροπή στη στερεά φάση.



Εικόνα 1.6

Σε σταθερή πίεση οι διαδικασίες μετάβασης επιδεικνύουν ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό. Όταν ο πάγος θερμαίνεται σε 1 bar η θερμοκρασία του ανεβαίνει έως ότου φθάνει στους 0 °C - έπειτα ο πάγος αρχίζει να λιώνει. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τήξης η θερμοκρασία δεν αλλάζει - όλη η ενέργεια που μεταφέρεται στο μίγμα πάγου και νερού πηγαίνει στην τήξη του πάγου και όχι στη θέρμανση του νερού. Μόνο όταν ο πάγος λειώσει εντελώς η περαιτέρω μεταφορά ενέργειας θα αυξήσει τη θερμοκρασία του. Ο ίδιος τύπος συμπεριφοράς μπορεί να παρατηρηθεί όταν θερμαίνεται το νερό σε ένα ανοικτό δοχείο. Η θερμοκρασία ύδατος αυξάνεται έως ότου φθάνει σε 100 °C - έπειτα αρχίζει η εξάτμιση. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εξάτμισης η θερμοκρασία παραμένει 100 °C. Όταν όλο το υγρό νερό εξατμίστει η θερμοκρασία του ατμού που αφήνεται στο δοχείο θα αρχίσει να ανεβαίνει. Η θερμοκρασία και η πίεση στις οποίες μια ουσία εκτίθεται καθορίζουν εάν θα έχει στερεή, το υγρή, ή μορφή ατμού - ή και δύο ή τρεις μορφές συγχρόνως. Στο τοπικό περιβάλλον μας ο σίδηρος εμφανίζεται στη στερεά μορφή του, το νερό με μορφές του υγρού και αερίου, και ο αέρας με μορφή ατμού.

Διαφορετικές ουσίες έχουν και διαφορετικά σημεία τήξης και βρασμού. Ο χρυσός λειώνει για παράδειγμα στους 1064 °C, η σοκολάτα στους 26 °C και οι περισσότερες ψυκτικές ουσίες λειώνουν σε θερμοκρασίες περίπου -100 °C! Για μια ουσία που είναι βρίσκεται σε δύο από τις φάσεις της συγχρόνως - ή σε μια αλλαγή φάσης - η πίεση και η θερμοκρασία γίνονται εξαρτώμενες. Εάν οι δύο φάσεις συνυπάρχουν σε ένα κλειστό δοχείο και οι δύο φάσεις βρίσκονται σε θερμική ισορροπία τότε λέμε ότι ο χώρος-το σύστημα είναι κορεσμένο. Εάν η θερμοκρασία του διφασικού μίγματος αυξηθεί η πίεση στο δοχείο θα αυξηθεί επίσης. Η σχέση μεταξύ της πίεσης και της θερμοκρασίας για τις κορεσμένες συνθήκες (υγρό και ατμός) καλείται χαρακτηριστική καμπύλη πίεσης-ατμού. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη πίεσης-ατμού μπορούμε να προσδιορίσουμε την τιμή της πίεσης για μια διαδικασία εξάτμισης ή συμπύκνωσης.



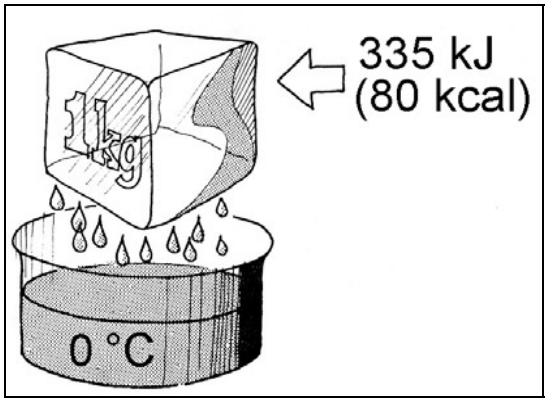
Εικόνα 1.7: Διαφορετικές ουσίες έχουν και διαφορετικά σημεία τήξης

1.6 Λανθάνουσα θερμότητα

Γυρίζοντας πίσω στη διαδικασία του πάγου που λειώνει είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι το ποσό ενέργειας που πρέπει να μεταφερθεί σε 1 kg του πάγου προκειμένου να λειώσει είναι πολύ περισσότερο από την ενέργεια που απαιτείται για να

αλλάξει τη θερμοκρασία 1 kg νερού κατά 1 K. Στην παράγραφο 1.4.4 η συγκεκριμένη ποσότητα θερμότητας για το νερό δόθηκε 4.187 kJ/kg K. Η ενέργεια που απαιτείται για την τήξη 1 kg πάγου είναι 335 KJ. Η ίδια ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να λειώσει 1 kg πάγου μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία 1 kg νερού κατά (335 kJ/4.187 kJ/kg K) = 80 K! Εξετάζοντας τη διαδικασία βρασμού του νερού η ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση 1 kg του νερού είναι 2501 KJ. Η ίδια ποσότητα ενέργειας που μπορεί να εξατμίσει 1 kg του νερού μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία όχι 1 kg αλλά 6 kg νερού κατά 100 K! Αυτά τα παραδείγματα δείχνουν ότι η ενεργειακή μεταφορά που σχετίζεται με τις μεταβατικές διαδικασίες μεταξύ των φάσεων είναι σημαντική. Αυτός είναι επίσης ο λόγος που ο πάγος έχει χρησιμοποιηθεί για ψύξη – χρειάζεται πολύ ενέργεια για να λειώσει και ενώ η θερμοκρασία του παραμένει στους 0 °C.

Το φαινόμενο της ψύξης σε συστήματα ψύξης βασίζεται στη χρήση και τον έλεγχο των διαδικασιών αλλαγής φάσης της εξάτμισης. Δεδομένου ότι η ψυκτική ουσία όταν εξατμίζεται απορροφά ενέργεια (θερμότητα) από το περιβάλλον της, με την τοποθέτηση ενός αντικειμένου σε θερμική επαφή με την εξατμιζόμενη ψυκτική ουσία μπορεί να δροσιστεί χαμηλώνοντας έτσι τη θερμοκρασία του.



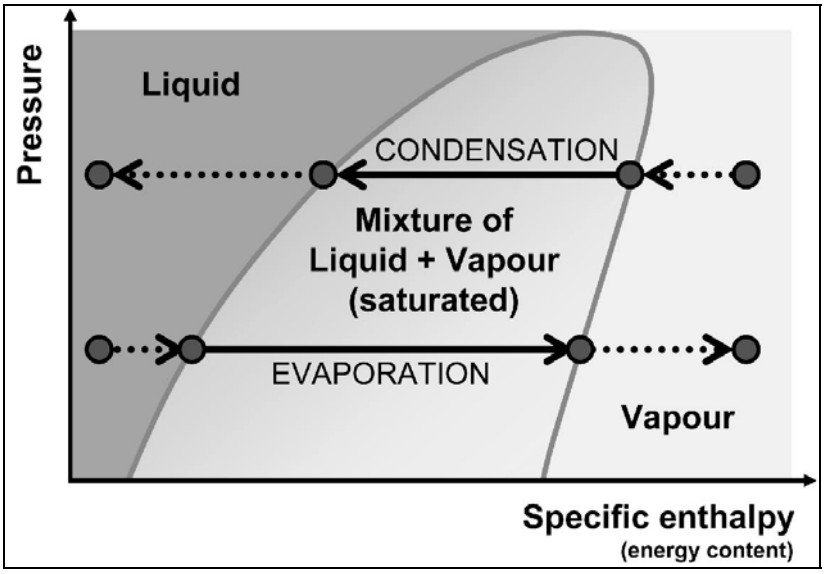
Εικόνα 1.8: Η θερμοκρασία του πάγου παραμένει σταθερή κατά το λιώσιμό του

1.7 Υπερθέρμανση

Η υπερθέρμανση είναι ένας πολύ σημαντικός όρος στην ορολογία της ψύξης - αλλά χρησιμοποιείται δυστυχώς με διαφορετικούς τρόπους. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει μια διαδικασία όπου ο ατμός ψυκτικών ουσιών θερμαίνεται από την κορεσμένη του φάση σε μία φάση με υψηλότερη θερμοκρασία. Ο όρος υπερθέρμανση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει - ή να ποσολογήσει – την τελική κατάσταση της προαναφερθείσας διαδικασίας. Υπερθέρμανση μπορεί να ποσολογηθεί ως διαφορά θερμοκρασίας - μεταξύ της θερμοκρασίας που μετριέται με ένα θερμόμετρο και της θερμοκρασίας κορεσμού της ψυκτικής ουσίας που μετριέται από έναν μετρητή πίεσης. Επομένως, η υπερθέρμανση δεν μπορεί να καθοριστεί από μια απλή μέτρηση της θερμοκρασίας - μια μέτρηση της πίεσης ή της θερμοκρασίας κορεσμού απαιτείται επίσης. Όταν η υπερθέρμανση ποσολογείται αυτό πρέπει να γίνεται ως διαφορά θερμοκρασίας και, συνεπώς, να συνδεθεί με τη μονάδα [K]. Εάν ποσολογείται σε [°C] μπορεί να γίνει η αιτία σφαλμάτων όπου η μετρημένη θερμοκρασία λαμβάνεται ως θερμοκρασία υπερθέρμανσης ή αντίστροφα. Η διαδικασία εξάτμισης σε ένα σύστημα ψύξης είναι μια από τις διαδικασίες όπου ο όρος υπερθέρμανση χρησιμοποιείται. Αυτό θα εξηγηθεί περαιτέρω σε επόμενες παραγράφους.

1.8 Διαγράμματα ψυκτικών ουσιών

Τα χαρακτηριστικά μιας ψυκτικής ουσίας μπορούν να παρατεθούν σε ένα διάγραμμα χρησιμοποιώντας τις κύριες ιδιότητες ως τετμημένη και τεταγμένη. Για τα συστήματα ψύξης οι κύριες ιδιότητες επιλέγονται συνήθως ως περιεχόμενη ενέργεια και πίεση. Η περιεχόμενη ενέργεια αναπαρίσταται από τη θερμοδυναμική ιδιότητα της ενθαλπίας - ποσολογώντας την αλλαγή στο ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας της ψυκτικής ουσίας ενώ υποβάλλεται σε διαδικασίες σε ένα σύστημα ψύξης. Ένα παράδειγμα ενός διαγράμματος βασισμένου στη συγκεκριμένη ενθαλπία (τετμημένη) και την πίεση (τεταγμένη) μπορούμε να δούμε παρακάτω. Για μια ψυκτική ουσία το χαρακτηριστικά εφαρμόσιμο διάστημα για την πίεση είναι μεγάλο - και επομένως τα διαγράμματα χρησιμοποιούν μια λογαριθμική κλίμακα για την πίεση. Το διάγραμμα φτιάχνεται έτσι ώστε να παρουσιάζει τις περιοχές υγρού, αερίοη και μιγμάτων για την ψυκτική ουσία. Το υγρό βρίσκεται στο αριστερό (με ένα χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο) – το αέριο στο δεξί (με υψηλό ενέργειακο περιεχόμενο). Στο ενδιάμεσο βρίσκεται η περιοχή του μίγματος. Οι περιοχές ορίζονται από μια καμπύλη - την καμπύλη κορεσμού. Οι θεμελιώδεις διαδικασίες της εξάτμισης και της συμπύκνωσης αναπαρίστανται. Η ιδέα της χρησιμοποίησης ενός διαγράμματος ψυκτικών ουσιών είναι ότι αντιπροσωπεύσει τις διαδικασίες στο σύστημα ψύξης κατά τέτοιο τρόπο ώστε η ανάλυση και η αξιολόγηση της διαδικασίας να γίνονται εύκολες. Κατά τη χρησιμοποίηση ενός διαγράμματος που έχει να κάνει με τις συνθήκες λειτουργίας ενός συστήματος (θερμοκρασίες και πιέσεις) η ψυκτική δυνατότητα του συστήματος μπορεί να βρεθεί κατά τρόπο σχετικά απλό και γρήγορο. Τα διαγράμματα χρησιμοποιούνται ακόμα ως κύριο εργαλείο για την ανάλυση των διαδικασιών ψύξης. Εντούτοις, διάφορα προγράμματα PC που μπορούν να εκτελέσουν την ίδια ανάλυση γρηγορότερα και με περισσότερες λεπτομέρειες έχουν γίνει γενικά διαθέσιμα.

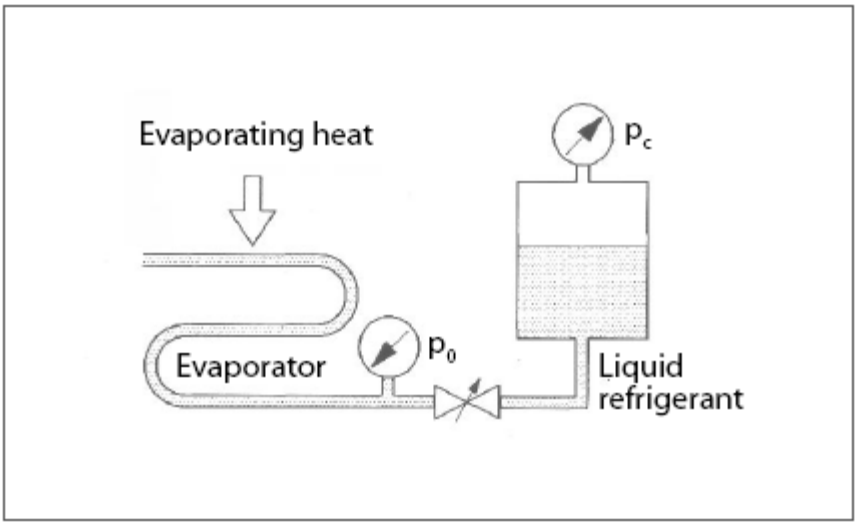


Εικόνα 1.9: Διάγραμμα ψύξης

Παράρτημα – 2
Ψύξη με χρήση ψυκτικού μέσου

2.1 Τρόπος λειτουργίας ενός κυκλώματος με ψυκτική ουσία

Οι φυσικοί όροι για τη διαδικασία ψύξης παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα 1, ακόμα κι αν για πρακτικούς λόγους το νερό δεν χρησιμοποιείται ως ψυκτική ουσία. Ένα απλό κύκλωμα ψυκτικών ουσιών «χτίζεται» όπως φαίνεται στο παρακάτω σκίτσο. Στη συνέχεια, περιγράφονται τα επιμέρους στοιχεία για να παρουσιαστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο η συνολική εικόνα.



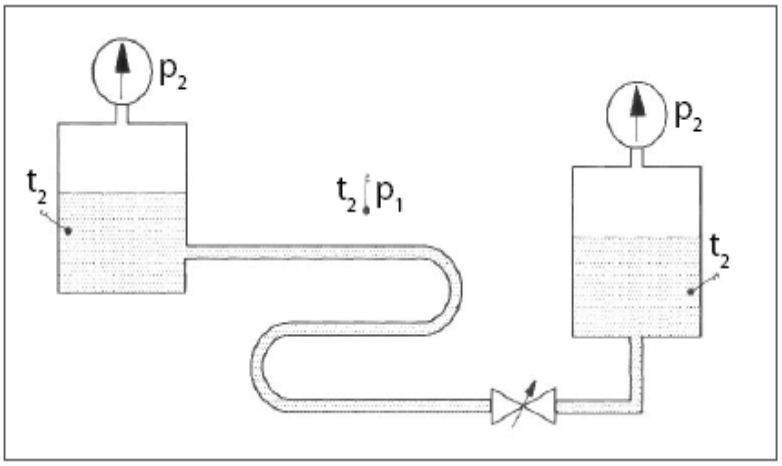
Εικόνα 2.1: Κύκλωμα ψυκτικής ουσίας

2.1.1 Εξατμιστήρας

Μια ψυκτική ουσία σε υγρή μορφή όταν εξατμίζεται απορροφά θερμότητα και αυτή η αλλαγή κατάστασης είναι που παράγει ψύξη σε μια διαδικασία. Εάν μια ψυκτική ουσία στην θερμοκρασία περιβάλλονος αφεθεί να εκτονωθεί μέσω ενός σωλήνα με έξοδο στην ατμοσφαιρική πίεση, θα ληφθεί θερμότητα από τον περιβάλλοντα αέρα και η εξάτμιση θα γίνει σε μια θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση. Εάν η πίεση στην έξοδο (ατμοσφαιρική πίεση) αλλάξει, μια διαφορετική θερμοκρασία θα επιτευχθεί δεδομένου ότι υπάρχει αναλογία με την αρχική θερμοκρασία - είναι εξαρτώμενη από την πίεση. Το τμήμα του κυκλώματος ψύξης όπου αυτό λαμβάνει χώρα είναι ο εξατμιστήρας, του οποίου ο ρόλος είναι να αφαιρεί θερμότητα από τον περιβάλλοντα χώρο, δηλαδή να δημιουργεί ψύξη.

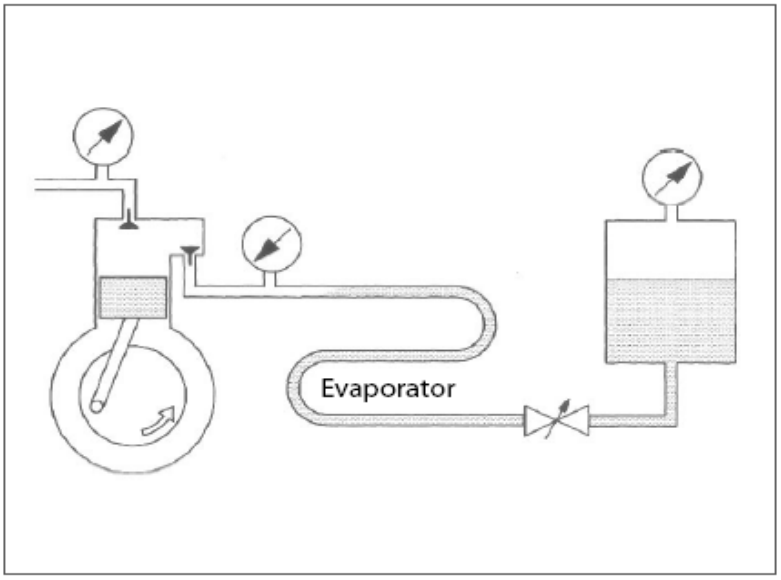
2.1.2 Συμπιεστής

Γίνεται κατανοητό ότι η διαδικασία της ψύξης λαμβάνει χώρα σε ένα κλειστό κύκλωμα. Η ψυκτική ουσία δεν αφήνεται να εκτονωθεί σε ελεύθερο αέρα. Όταν η ψυκτική ουσία που έρχεται από τον εξατμιστήρα οδεύει σε μια δεξαμενή η πίεση στη δεξαμενή θα αυξηθεί έως ότου γίνει ίση με την πίεση του εξατμιστήρα. Επομένως, η ροή ψυκτικής ουσίας θα σταματήσει και η θερμοκρασία στη δεξαμενή και στον εξατμιστήρα θα ανέλθει βαθμιαία σε αυτή του περιβάλλοντος.



Εικόνα 2.2: Ψυκτική ουσία που οδεύει σε απλη δεξαμενή –χωρίς συμπιεστή-

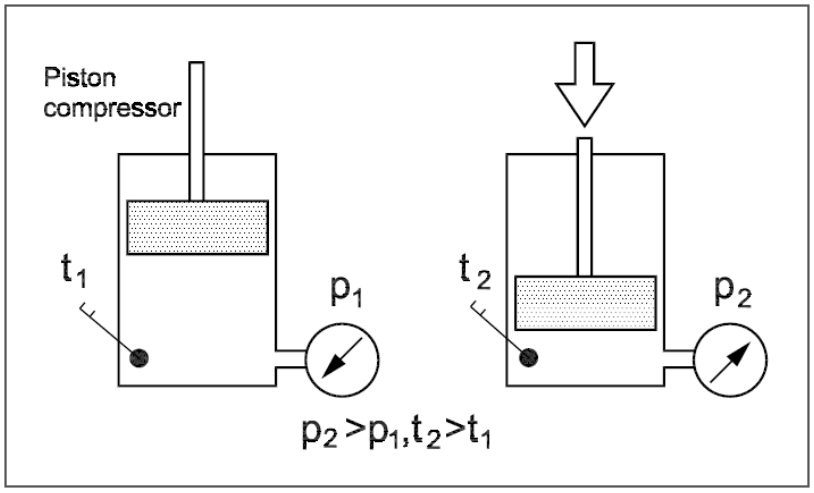
Για να διατηρηθεί μια χαμηλότερη πίεση και κατά συνέπεια χαμηλότερη θερμοκρασία, είναι απαραίτητο να αφαιρέσουμε το αέριο. Αυτό γίνεται από το συμπιεστή, ο οποίος απορροφά αέριο από τον εξατμιστήρα. Με απλά λόγια, ο συμπιεστής μπορεί να συγκριθεί με μια αντλία που μεταβιβάζει ατμό στο κύκλωμα ψύξης. Σε ένα κλειστό κύκλωμα πάντα θα επικρατήσει ισορροπία. Για να επεξηγηθεί αυτό καλύτερα, αν ο συμπιεστής τραβήξει τον ατμό γρηγορότερα από όσο μπορεί να δημιουργηθεί στον εξατμιστήρα η πίεση θα μειωθεί και μαζί της και η θερμοκρασία στον εξατμιστήρα. Αντιθέτως, εάν το φορτίο στον εξατμιστήρα αυξάνεται και η ψυκτική ουσία εξατμίζεται πιο γρήγορα, η πίεση και η θερμοκρασία στον εξατμιστήρα θα αυξηθεί.



Εικόνα 2.3: Ψυκτική ουσία που οδεύει σε συμπιεστή

2.1.3 Συμπιεστής, μέθοδος λειτουργίας

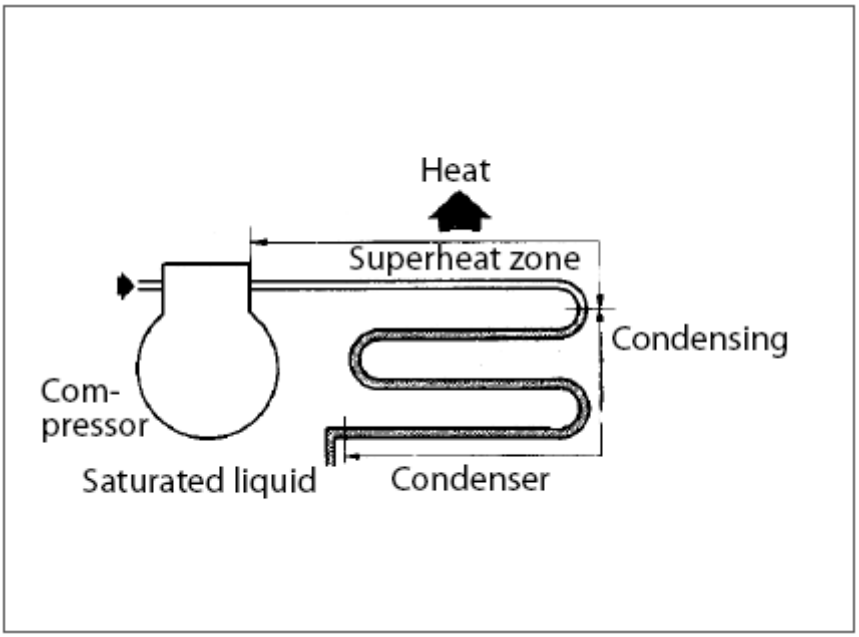
Η ψυκτική ουσία φεύγει απ' τον εξατμιστήρα είτε ως κορεσμένος είτε ως υπέρθερμος ατμός (χαμηλής θερμοκρασίας και πίεσης) και εισέρχεται στο συμπιεστή όπου γίνεται συμπιεσμένος. Η συμπίεση πραγματοποιείται όπως σε μια μηχανή βενζίνης, δηλ. από τη μετακίνηση ενός εμβόλου. Ο συμπιεστής χρειάζεται ενέργεια και εκτελεί έργο. Αυτό το έργο μεταφέρεται στο ψυκτικό αέριο και καλείται εισαγωγή συμπίεσης. Λόγω της εισαγωγής συμπίεσης, το αέριο αφήνει το συμπιεστή σε μια διαφορετική πίεση και η πρόσθετη ενέργεια που εφαρμόζεται προκαλεί την ισχυρή υπερθέρμανση του ατμού. Η εισαγωγή συμπίεσης εξαρτάται από την πίεση και τη θερμοκρασία της εγκατάστασης. Περισσότερη έργο απαιτείται φυσικά για να συμπιέσει 1 kg ατμού 10 bar από το να συμπιέσει την ίδια ποσότητα 5 bar.



Εικόνα 2.4: Το έργο που απαιτείται για να συμπιέσει 1 kg ατμού 10 bar είναι περισσότερο από αυτό που απαιτείται για να συμπιέσει την ίδια ποσότητα 5 bar

2.1.4 Συμπυκνωτής

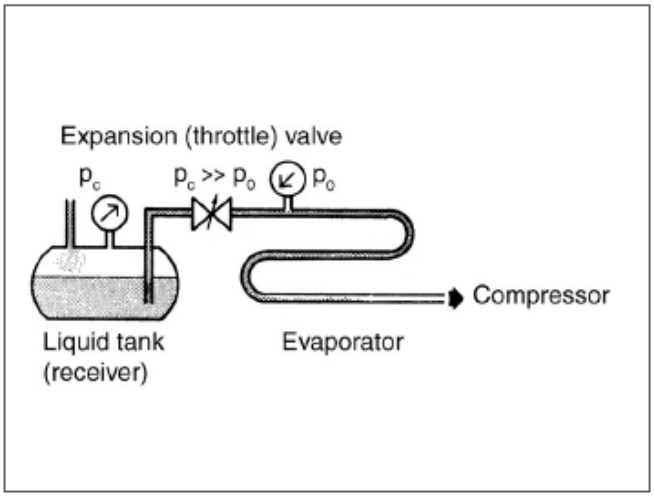
Η ψυκτική ουσία εκπέμπει θερμότητα στο συμπυκνωτή, κι αυτή η θερμότητα μεταφέρεται σε ένα μέσο που έχει μια χαμηλότερη θερμοκρασία. Το ποσό θερμότητας που εκπέμπεται είναι η θερμότητα που απορροφάται από την ψυκτική ουσία στον εξατμιστήρα συν τη θερμότητα που δημιουργείται από την εισαγωγή συμπίεσης. Το μέσο μεταφοράς θερμότητας μπορεί να είναι αέρας ή νερό,με μόνη απαίτηση, η θερμοκρασία να είναι χαμηλότερη από αυτή που αντιστοιχεί στην πίεση συμπύκνωσης. Η διαδικασία στο συμπυκνωτή μπορεί εναλλακτικά να συγκριθεί με τη διαδικασία στον εξατμιστήρα εκτός από το ότι έχει το αντίθετο «πρόσημο», δηλαδή η υπό όρους αλλαγή είναι από ατμό σε υγρό.



Εικόνα 2.5: Η λογική ενός συμπυκνωτή

2.1.5 Διαδικασία εκτόνωσης

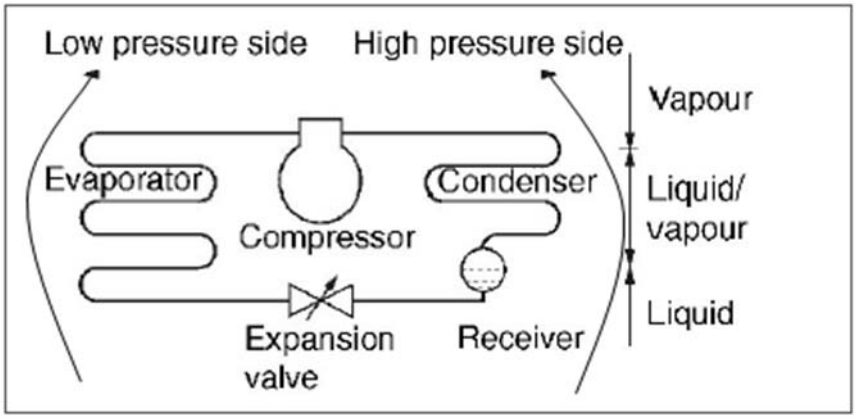
Υγρό από το συμπυκνωτή πηγαίνει σε μια δεξαμενή, το δέκτη. Αυτό μπορεί να παρομοιαστεί με τη δεξαμενή που αναφέρεται στην παραγράφο 3.1 στον εξατμιστήρα. Η πίεση στο δέκτη είναι πολύ υψηλότερη από την πίεση στον εξατμιστήρα εξαιτίας της συμπίεσης (αύξηση πίεσης) που έχει συμβεί στο συμπιεστή. Για να μειωθεί η πίεση στο ίδιο επίπεδο με την πίεση εξάτμισης μια συσκευή πρέπει να παρεμβληθεί για να πραγματοποιήσει αυτήν την διαδικασία, η οποία καλείται εκτόνωση, ή στραγγαλισμός. Μια τέτοια συσκευή επομένως είναι γνωστή ως μέσο εκτόνωσης ή στραγγαλισμού. Κατά κανόνα μια βαλβίδα χρησιμοποιείται - μια ρυθμιστική βαλβίδα ή μια βαλβίδα εκτόνωσης. Πριν τη βαλβίδα εκτόνωσης το υγρό θα είναι λίγο κάτω από το σημείο βρασμού. Μειώνοντας απότομα την πίεση θα συμβεί μία αλλαγή φάσης και το υγρό θ' αρχίσει να βράζει και να εξατμίζεται. Αυτή η εξάτμιση πραγματοποιείται στον εξατμιστήρα και το κύκλωμα έτσι ολοκληρώνεται.



Εικόνα 2.6: Η λογική μιας εκτονωτικής βαλβίδας

2.1.6 Πλευρές υψηλής και χαμηλής πίεσης των εγκαταστάσεων ψύξης

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές θερμοκρασίες που παίζουν ρόλο στη λειτουργία μιας ψυκτικής εγκατάστασης δεδομένου ότι υπάρχουν έννοιες όπως υπόψυκτο υγρό, κορεσμένο υγρό, κορεσμένος ατμός και υπέρθερμος ατμός. Υπάρχουν εντούτοις, σε γενικές γραμμές, μόνο δύο πιέσεις, η πίεση εξάτμισης και η πίεση συμπύκνωσης. Στις εγκαταστάσεις, λοιπόν, διακρίνονται δύο πλευρές: η πλευρά υψηλής πίεσης και η πλευρά χαμηλής πίεσης, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.7: Αναπαράσταση σε διάγραμμα των δύο πλευρών πίεσης

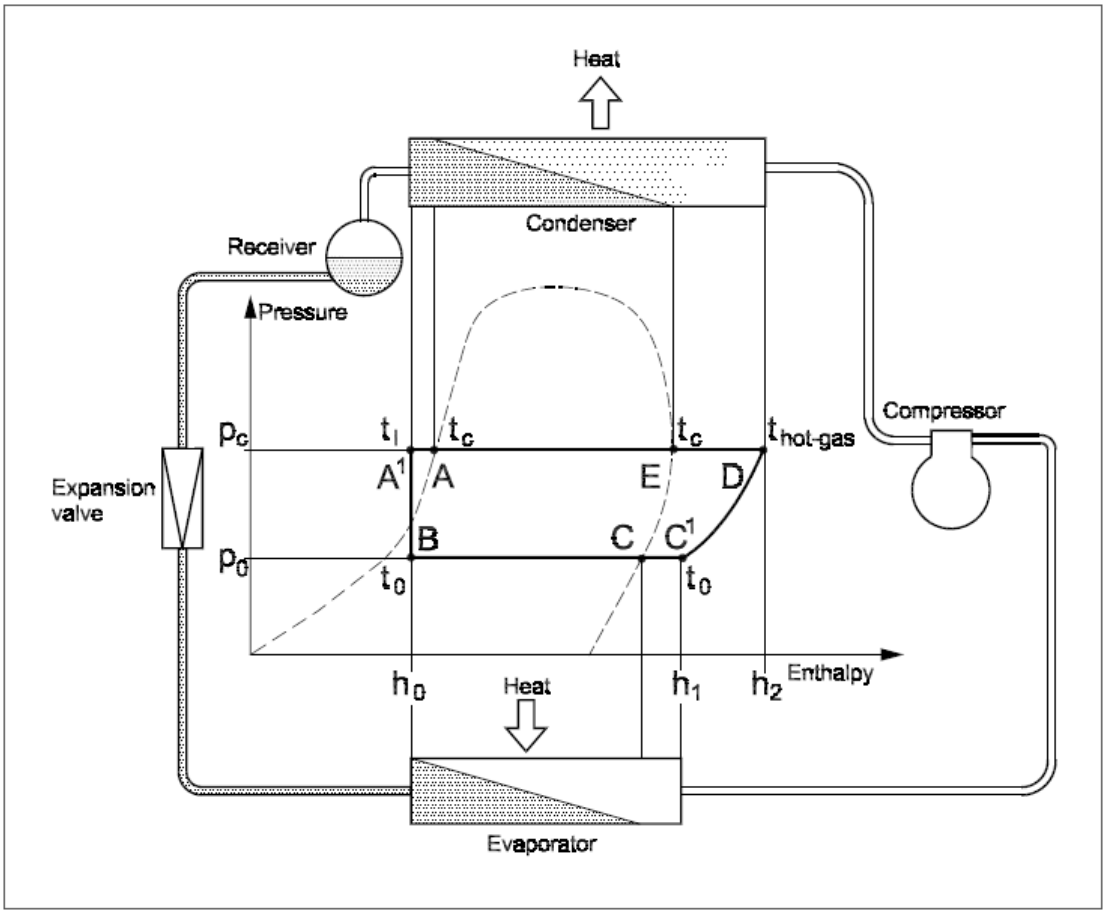
2.2 Διαδικασία ψύξης, πίεση/διάγραμμα ενθαλπίας

Η συμπυκνωμένη ψυκτική ουσία στο συμπυκνωτή είναι στη φάση Α που βρίσκεται στη γραμμή για το σημείο βρασμού του υγρού. Το υγρό έχει έτσι θερμοκρασία και πίεση κορεσμού. Το συμπυκνωμένο υγρό στο συμπυκνωτή ψύχεται περαιτέρω σε μια ακόμα πιο χαμηλή θερμοκρασία A^1 και έχει τώρα θερμοκρασία t_l και ενθαλπία h_0. Το υγρό υποψύχεται τώρα που σημαίνει ότι ψύχεται σε μια θερμοκρασία χαμηλότερη από τη θερμοκρασία κορεσμού. Το συμπυκνωμένο υγρό στο δέκτη είναι στη φάση A^1 που είναι του υπόψυκτου υγρού. Αυτή η θερμοκρασία του υγρού μπορεί να αλλάξει εάν ο δέκτης και το υγρό είτε

θερμανθούν είτε ψυχθούν από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Εάν το υγρό ψυχθεί η υποψύξη θα αυξηθεί και αντίστροφα.

Όταν το υγρό περάσει από τη βαλβίδας εκτόνωσης θα αλλάξει κατάσταση από A^1 σε B. Αυτή η αλλαγή επέρχεται από το υγρό που εξατμίζεται λόγω της πτώσης σε πίεση p_0. Συγχρόνως ένα χαμηλότερο σημείο βρασμού παράγεται, t_0, λόγω της πτώσης στην πίεση. Στη βαλβίδα εκτόνωσης η ενθαλπία είναι σταθερή, h_0, καθώς ούτε προστίθεται ούτε αφαιρείται θερμότητα. Στην είσοδο του εξατμιστήρα, σημείο B, υπάρχει μίγμα υγρού και ατμού ενώ στον εξατμιστήρα στο C υπάρχει κορεσμένος ατμός. Στο σημείο εξόδου του εξατμιστή/ατμοποιητή C^1 υπάρχει υπέρθερμος ατμός, που σημαίνει ότι το αέριο που αναρροφάται θερμαίνεται σε μια θερμοκρασία υψηλότερη από τη θερμοκρασία κορεσμού. Η πίεση και η θερμοκρασία είναι ίδιες στο σημείο B και στο σημείο εξόδου C^1 όπου το αέριο είναι υπερθερμαμένο, ο εξατμιστήρας έχει απορροφήσει θερμότητα από το περιβάλλον και η ενθαλπία έχει αλλάξει σε h_1. Όταν η ψυκτική ουσία περνά από το συμπιεστή αλλάζει κατάσταση από C^1 σε D. Η πίεση ανεβαίνει και φτάνει στην πίεση συμπύκνωσης p_c. Η θερμοκρασία ανέρχεται σε $t_{hot\text{-}gas}$ που είναι υψηλότερη από τη θερμοκρασία, t_C, συμπύκνωσης επειδή ο ατμός έχει υπερθερμαθεί έντονα. Περισσότερη ενέργεια (από την ηλεκτρική μηχανή) υπό μορφή θερμότητας έχει εισαχθεί και η ενθαλπία επομένως αλλάζει σε h_2. Στην είσοδο του συμπυκνωτή, σημείο D, η κατάσταση που υπάρχει είναι υπέρθερμος ατμός με πίεση p_c.

Η θερμότητα εκπέμπεται από το συμπυκνωτή στο περιβάλλον έτσι ώστε η ενθαλπία να αλλάξει πάλι στο βασικό σημείο A^1. Πρώτα στο συμπυκνωτή εμφανίζεται μια αλλαγή κατάστασης από έντονα υπέρθερμο ατμό σε κορεσμένο ατμό (σημείο E), κατόπιν συμπυκνώνεται ο κορεσμένος ατμός. Από το σημείο E στο A η θερμοκρασία (θερμοκρασία συμπύκνωσης) παραμένει η ίδια, έτσι γίνεται κατανοητό ότι η συμπύκνωση και η εξάτμιση λαμβάνουν χώρα σε σταθερή θερμοκρασία. Από το σημείο A στο σημείο A^1 στο συμπυκνωτή το συμπυκνωμένο υγρό ψύχεται κι άλλο, αλλά η πίεση παραμένει η ίδια και το υγρό τώρα είναι υπόψυκτο.



t_c = θερμοκρασία συμπύκνωσης
p_c = πίεση συμπύκνωσης
t_l = θερμοκρασία υγρού
t_0 = θερμοκρασία εξάτμισης/ατμοποίησης
p_0 = πίεση εξάτμισης/ατμοποίησης

Εικόνα 2.8: Πλήρης αναπαράσταση σε διάγραμμα της διαδικασίας ψύξης

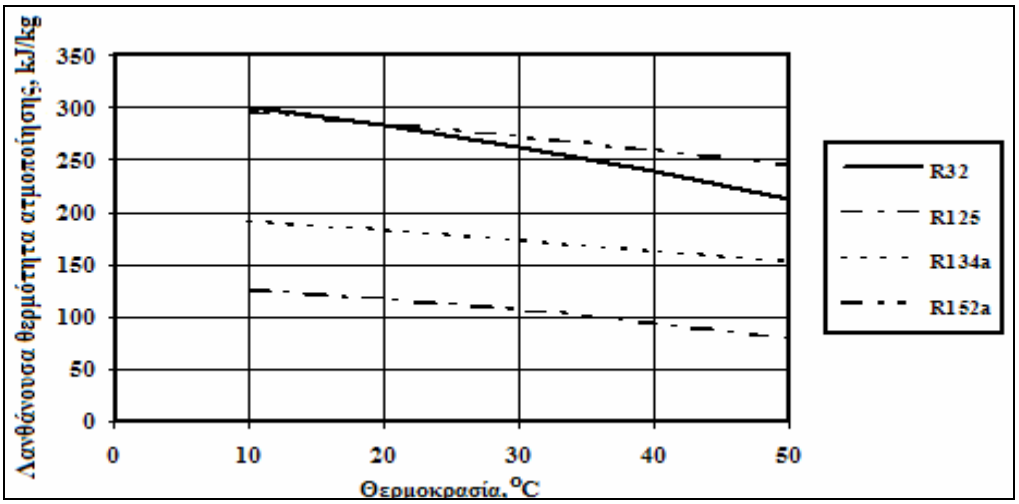
Πηγή Εικόνων: Refrigeration - introduction to the basics (produced by Danfoss)

Παράρτημα – 3

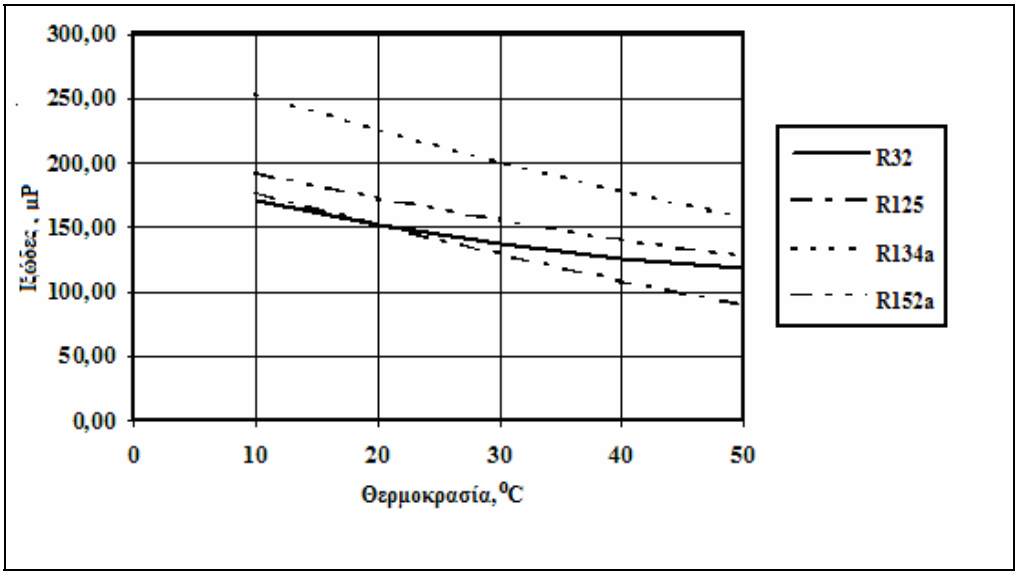
Φιλικά ψυκτικά μέσα προς το περιβάλλον

- ***Θερμοφυσικές ιδιότητες φιλικών προς το περιβάλλον ουσιών***

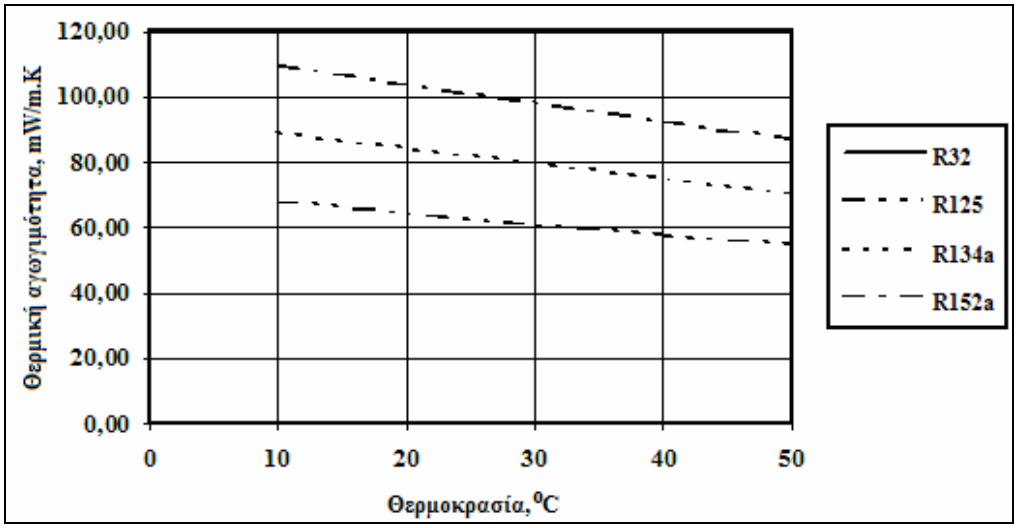
Παρουσιάζεται μια σειρά διαγραμμάτων που με τις θερμοφυσικές ιδιότητες φιλικών προς το περιβάλλον ουσιών. Συγκεκριμένα δίνεται η μεταβολή της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης, της συνεκτικότητας και της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας με τη θερμοκρασία. Αρχικά αναφερόμαστε στα μέσα HFC-125, HFC-134a, HFC-152a ή R125, R134a, R152a.



Σχήμα 4.3. Μεταβολή της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης με τη θερμοκρασία.

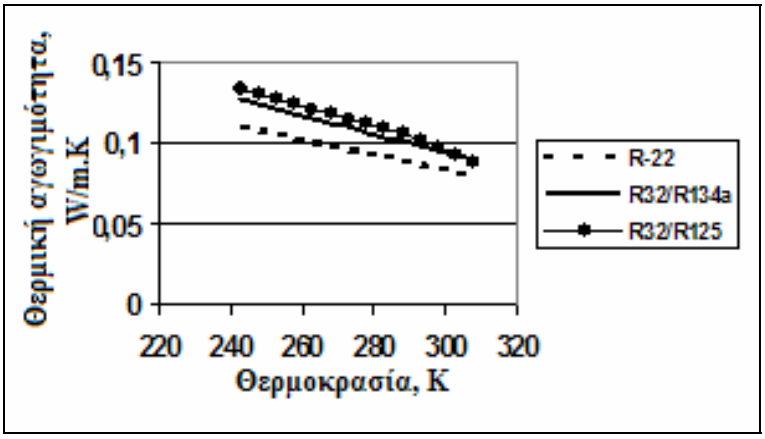


Σχήμα 4.4. Δυναμική συνεκτικότητα σε κεκορεσμένη υγρή κατάσταση.

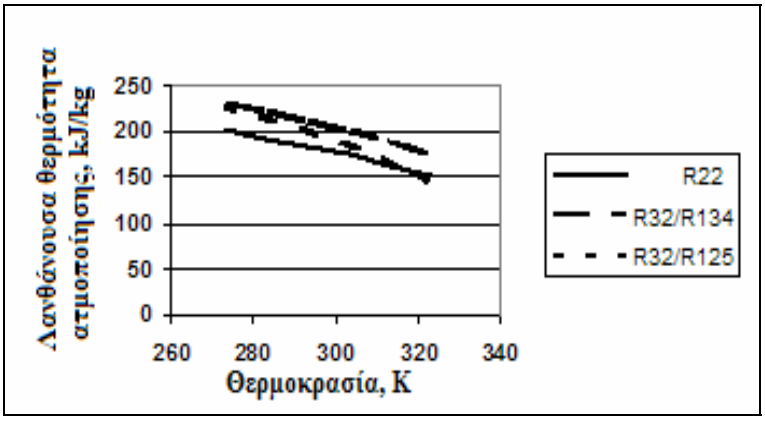


Σχήμα 4.5. Μεταβολή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας κεκορεσμένου υγρού με τη θερμοκρασία.

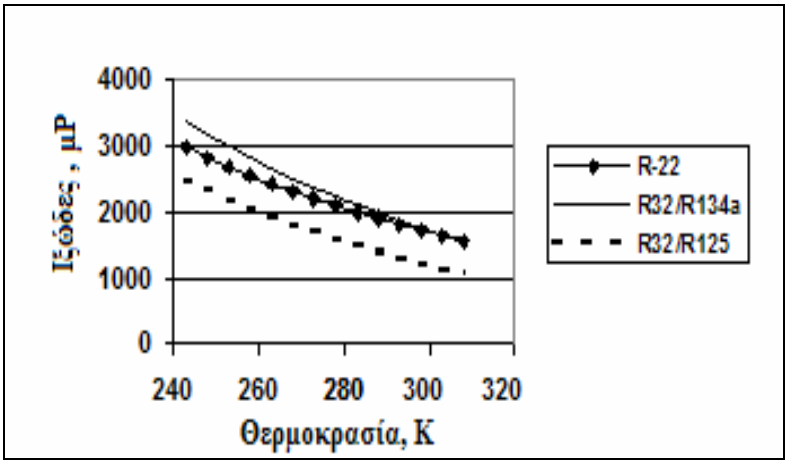
Έχει ήδη αναφερθεί ότι τα μείγματα διευρύνουν τον κατάλογο των εναλλακτικών ψυκτικών μέσα. Το διεθνές νομικό πλαίσιο επιβάλλει την αντικατάσταση του HCFC-22 ή R22. Από τις ιδιότητες που παρατίθενται (χαρακτηριστικές για τη μοντελοποίηση προβλημάτων μεταφοράς μάζας και θερμότητας) φαίνεται ότι τα μείγματα R32/R125 (50-50%), R32/R134a (25-75% κατά μάζα) μπορούν να αντικαταστήσουν το R22 σε συστήματα ψύξης-κλιματισμού.



Σχήμα 4.6. Μεταβολή της ειδικής θερμικής αγωγιμότητας κεκορεσμένου υγρού με τη θερμοκρασία.

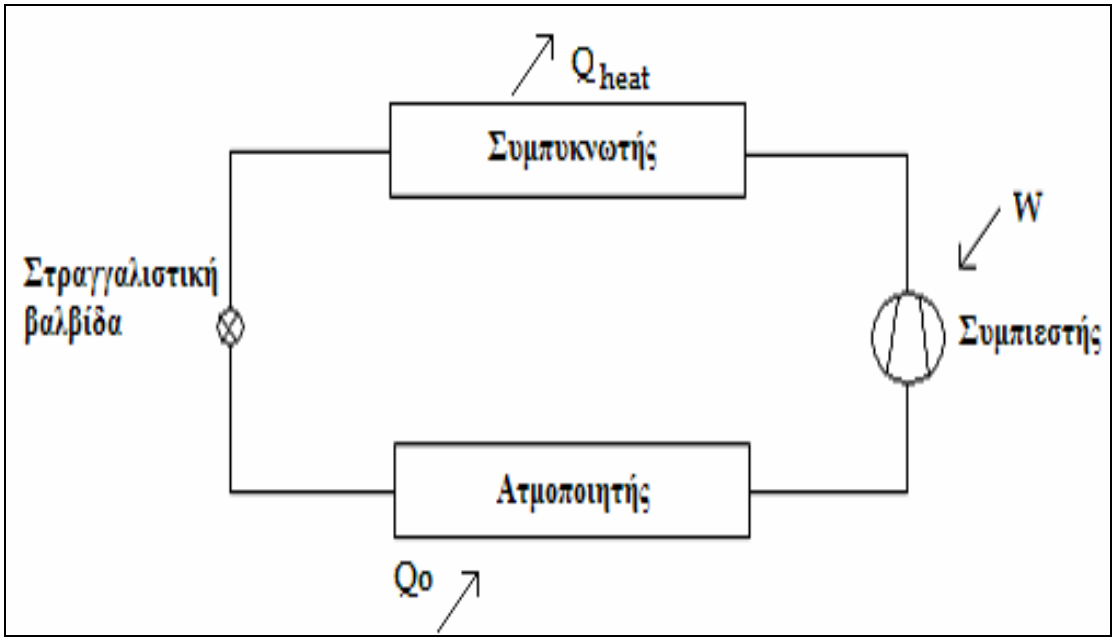


Σχήμα 4.7. Μεταβολή της λανθάνουσας θερμότητας ατμοποίησης με τη θερμοκρασία.



Σχήμα 4.8. Δυναμική συνεκτικότητα σε κεκορεσμένη υγρή κατάσταση.

Απαιτείται εντατικοποίηση των προσπαθειών για την εύρεση της οικονομικά, ενεργειακά περιβαλλοντικά βέλτιστης λύσης ανά περίπτωση και εφαρμογή.



Σχήμα 4.9. Απλουστευμένη απεικόνιση διάταξης με μηχανική συμπίεση ατμού.

Στο σχήμα 4.9 το ψυκτικό μέσο συμπιέζεται στο συμπιεστή (compressor), απορρίπτει θερμότητα στο περιβάλλον με συμπύκνωση στο συμπυκνωτή (condenser), υφίσταται στραγγαλισμό στη βαλβίδα (throttling valve) και εξατμίζεται στον εξατμιστή (compressor) παράγοντας την ψυκτική ισχύ του συστήματος.

Πηγή Εικόνων: Refrigeration - introduction to the basics (produced by Danfoss)

Παράρτημα – 4
Νομοθεσία

4.1 Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1005/2009

ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ,
Έχοντας υπόψη:

τη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, και ιδίως το άρθρο 175 παράγραφος 1,
την πρόταση της Επιτροπής, τη γνώμη της Ευρωπαϊκής Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής (1),
Αφού ζητήθηκε η γνώμη της Επιτροπής των Περιφερειών,
Αποφασίζοντας σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 251 της συνθήκης (2),

Εκτιμώντας τα ακόλουθα:

(1) Ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2037/2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Ιουνίου 2000, για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (3) έχει τροποποιηθεί επανειλημμένα και ουσιωδώς. Με την ευκαιρία νέων τροποποιήσεων, είναι σκόπιμη, για λόγους σαφήνειας, η αναδιατύπωση της εν λόγω οδηγίας.

(2) Έχει διαπιστωθεί ότι οι συνεχιζόμενες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον προκαλούν σοβαρές ζημιές στη στιβάδα του όζοντος. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις μείωσης του ατμοσφαιρικού φορτίου ουσιών που καταστρέφουν το όζον και έχουν παρατηρηθεί ορισμένα πρώτα δείγματα αποκατάστασης του στρατοσφαιρικού όζοντος. Ωστόσο, η στιβάδα του όζοντος δεν προβλέπεται να αποκατασταθεί στα προ του 1980 επίπεδα συγκέντρωσης πριν από τα μέσα του 21ου αιώνα. Η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας UV-B εξαιτίας της καταστροφής του όζοντος εξακολουθεί επομένως να συνιστά σοβαρή απειλή για την υγεία και το περιβάλλον. Παράλληλα, οι περισσότερες από τις εν λόγω ουσίες έχουν υψηλή δυνατότητα θέρμανσης του πλανήτη και συντελούν στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να ληφθούν περαιτέρω αποτελεσματικά μέτρα κατά των αρνητικών επιπτώσεων από τις εκπομπές αυτές, προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκής προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος και να αποτραπεί ο κίνδυνος να καθυστερήσει περαιτέρω η αποκατάσταση της στιβάδας του όζοντος.

(3) Ως εκ των αρμοδιοτήτων της στους τομείς του περιβάλλοντος και του εμπορίου, η Κοινότητα κατέστη, δυνάμει της απόφασης 88/540/ΕΟΚ του Συμβουλίου (4), μέρος της σύμβασης της Βιέννης για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (εφεξής: «το πρωτόκολλο»).

(4) Πολλές ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ΟΚΟ) είναι αέρια του θερμοκηπίου αλλά δεν ελέγχονται από τη σύμβαση — Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή και το πρωτόκολλο του Κιότο, λόγω της παραδοχής που είχε γίνει ότι το πρωτόκολλο θα καταργήσει σταδιακά τις ΟΚΟ. Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί με

το πρωτόκολλο, το έργο της κατάργησης των ΟΚΟ απομένει να ολοκληρωθεί σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης και ανά τον κόσμο, έχοντας υπόψη ταυτόχρονα ότι επί του παρόντος πολλές εναλλακτικές ουσίες εκείνων που καταστρέφουν το όζον έχουν υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη. Κατά συνέπεια, είναι αναγκαίο να ελαχιστοποιηθεί και να εξαλειφθεί η παραγωγή και χρήση ΟΚΟ όπου υπάρχουν τεχνικώς εφικτές εναλλακτικές δυνατότητες με χαμηλό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη.

(5) Τα μέρη του πρωτοκόλλου ενέκριναν πρόσθετα μέτρα για την προστασία της στιβάδας του όζοντος πρόσφατα στη σύνοδό τους στο Μόντρεαλ τον Σεπτέμβριο του 2007 και στη Ντόχα τον Νοέμβριο 2008. Είναι αναγκαίο να αναληφθεί δράση σε κοινοτικό επίπεδο, ώστε να τηρηθούν οι υποχρεώσεις της Κοινότητας που απορρέουν από το πρωτόκολλο και, ειδικότερα, να υλοποιηθεί η επίσπευση της σταδιακής κατάργησης των υδροχλωροφθορανθράκων λαμβάνοντας δεόντως υπόψη τους κινδύνους σταδιακής καθιέρωσης εναλλακτικών ουσιών με υψηλά δυναμικά θέρμανσης του πλανήτη.

(6) Μετά τις ανησυχίες που εξέφρασε η επιτροπή επιστημονικής αξιολόγησης, στην έκθεσή της του 2006, σχετικά με την επιταχυνόμενη αύξηση της παραγωγής και κατανάλωσης υδροχλωροφθορανθράκων στις αναπτυσσόμενες χώρες, τα μέρη του πρωτοκόλλου ενέκριναν, στη 19η συνεδρίασή τους το 2007, την απόφαση XIX/6 που προβλέπει επίσπευση του χρονοδιαγράμματος σταδιακής κατάργησης των υδροχλωροφθορανθράκων. Ως επακόλουθο της απόφασης αυτής, η χρονολογία κατάργησης της παραγωγής θα πρέπει να μετατεθεί από το έτος 2025 στο 2020.

(7) Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2037/2000, από το 2010 και στο εξής, δεν θα μπορούν πλέον να χρησιμοποιούνται αμεταχείριστοι υδροχλωροφθοράνθρακες για τη συντήρηση ή την επισκευή ψυκτικού και κλιματιστικού εξοπλισμού. Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος παράνομης χρήσης αμεταχείριστων υδροχλωροφθορανθράκων ως ανακυκλωμένου ή ποιοτικά αποκατεστημένου υλικού, στις εργασίες συντήρησης ή επισκευής θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ποιοτικά αποκατεστημένο ή ανακυκλωμένο υλικό. Η επαναπώληση ανακυκλωμένων υδροχλωροφθορανθράκων θα πρέπει να απαγορεύεται και οι ανακυκλωμένοι υδροχλωροφθοράνθρακες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εφόσον έχουν ανακτηθεί από τέτοιου είδους εξοπλισμό και μόνον από επιχείρηση που διεξήγαγε την ανάκτηση ή ανέθεσε τη διεξαγωγή της. Για συνοχή, η εξαίρεση θα πρέπει επίσης να ισχύει για τον εξοπλισμό αντλιών θερμότητας.

(8) Δεδομένου ότι οι τεχνολογίες και οι εναλλακτικές ουσίες που επιτρέπουν την αντικατάσταση των ουσιών που καταστρέφουν το όζον έχουν καταστεί ευρέως διαθέσιμες, είναι σκόπιμο, σε ορισμένες περιπτώσεις, να προβλεφθούν μέτρα ελέγχου αυστηρότερα εκείνων που προβλέπονται στον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2037/2000 αλλά και εκείνων που προβλέπονται στο πρωτόκολλο.

(9) Σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 2037/2000, η παραγωγή και η διάθεση στην αγορά χλωροφθορανθράκων, άλλων πλήρως αλογονωμένων χλωροφθορανθράκων, halons, τετραχλωράνθρακα, 1,1,1-τριχλωροαιθανίου, υδροβρωμοφθορανθράκων, βρωμοχλωρομεθανίου και βρωμιούχου μεθυλίου έχει παύσει σταδιακά και απαγορεύεται κατά συνέπεια η διοχέτευση στην αγορά των ουσιών και των προϊόντων αυτών, καθώς και του εξοπλισμού που περιέχει τέτοιου είδους ουσίες. Είναι επίσης τώρα σκόπιμο να απαγορευθεί σταδιακά η απαγόρευση της χρήσης αυτών των ουσιών για τη συντήρηση ή επισκευή αυτού του εξοπλισμού.

(10) Ακόμη και μετά τη σταδιακή εξάλειψη των ελεγχόμενων ουσιών, η Επιτροπή θα πρέπει υπό όρους να εγκρίνει εξαιρέσεις για βασικές εργαστηριακές χρήσεις και χρήσεις ανάλυσης. Ειδικότερα, η απόφαση Χ/14 των μερών του πρωτοκόλλου ορίζει κριτήρια έγκρισης εξαιρέσεων για τις εν λόγω χρήσεις. Θα πρέπει να εξουσιοδοτηθεί η Επιτροπή να καθορίσει προϋποθέσεις για τις βασικές εργαστηριακές χρήσεις και χρήσεις ανάλυσης. Προκειμένου να αποφευχθεί η αύξηση των ποσοτήτων που χρησιμοποιούνται για τους συγκεκριμένους σκοπούς, δεν θα πρέπει να επιτρέπεται στους παραγωγούς και εισαγωγείς να αυξάνουν σημαντικά τις ποσότητες που διαθέτουν στην αγορά. Οι ειδικές προϋποθέσεις διάθεσης στην αγορά ουσιών για τις εν λόγω χρήσεις, που αποφασίζονται από τα μέρη, θα πρέπει να ενσωματώνονται στον παρόντα κανονισμό, ώστε να διασφαλίζεται η τήρησή τους.

(11) Η διαθεσιμότητα εναλλακτικών λύσεων αντί του μεθυλοβρωμιδίου έχει αποτυπωθεί σε μια σημαντικότερη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσής του, σε σύγκριση με το πρωτόκολλο, καθώς και στην απόφαση 2008/753/ΕΚ της Επιτροπής, της 18ης Σεπτεμβρίου 2008, σχετικά με τη μη καταχώριση του βρωμιούχου μεθυλίου στο παράρτημα Ι της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου και την ανάκληση των εγκρίσεων για τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που περιέχουν αυτή την ουσία (5) και στην οδηγία 98/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Φεβρουαρίου 1998, για τη διάθεση βιοκτόνων στην αγορά (6). Η εξαίρεση του μεθυλοβρωμιδίου για κρίσιμης σημασίας χρήσεις θα πρέπει να παύσει πλήρως, με προσωρινή διατήρηση της δυνατότητας έγκρισης παρεκκλίσεων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που οφείλονται σε αιφνίδιες επιδρομές επιβλαβών οργανισμών ή εξάρσεις ασθενειών, εφόσον η έκτακτη αυτή χρήση επιτρέπεται από την οδηγία 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1991, σχετικά με τη διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων (7) και την οδηγία 98/8/ΕΚ. Στις περιπτώσεις αυτές, θα πρέπει να προβλέπονται συγκεκριμένα μέτρα για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών, όπως η χρήση πρακτικά αδιαπέραστων μεμβρανών για τον υποκαπνισμό του εδάφους.

(12) Έχοντας υπόψη τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2032/2003 της Επιτροπής, της 4ης Νοεμβρίου 2003, για τη δεύτερη φάση του δεκαετούς προγράμματος εργασίας που περιλαμβάνεται στο άρθρο 16 παράγραφος 2 της οδηγίας 98/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη διάθεση βιοκτόνων στην αγορά και για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1896/2000 (8) που απαγόρευσε, από την 1η Σεπτεμβρίου 2006, τη χρήση μεθυλοβρωμιδίου ως βιοκτόνου ουσίας, και την απόφαση 2008/753/ΕΚ που απαγόρευσε, από τις 18 Μαρτίου 2010, τη χρήση μεθυλοβρωμιδίου ως φυτοπροστατευτικού προϊόντος, η χρήση μεθυλοβρωμιδίου για εφαρμογές υγειονομικής απομόνωσης και προετοιμασίας αποστολής φορτίου θα πρέπει επίσης να απαγορευθεί από τις 18 Μαρτίου 2010.

(13) Το άρθρο 2 ΣΤ παράγραφος 7 του πρωτοκόλλου απαιτεί από κάθε μέρος να μεριμνά ώστε η χρήση υδροχλωροφθορανθράκων να περιορίζεται σε εκείνες τις εφαρμογές για τις οποίες δεν υπάρχουν περιβαλλοντικά καταλληλότερες εναλλακτικές ουσίες ή τεχνολογίες. Με δεδομένη τη διαθεσιμότητα εναλλακτικών και υποκατάστατων τεχνολογιών, είναι δυνατόν να περιοριστούν ακόμη περισσότερο η διάθεση στην αγορά και η χρήση υδροχλωροφθορανθράκων καθώς και προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες ή εξαρτώνται από αυτούς. Η απόφαση VI/13 των μερών του πρωτοκόλλου ορίζει ότι η αξιολόγηση εναλλακτικών λύσεων αντί των υδροχλωροφθορανθράκων θα πρέπει να συνεκτιμά παράγοντες, όπως το δυναμικό καταστροφής του όζοντος, την ενεργειακή απόδοση, το εύφλεκτο, η τοξικότητα, το

δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης και την πιθανή επίπτωση στην αποτελεσματική χρήση και σταδιακή κατάργηση των χλωροφθορανθράκων και των halons. Στην απόφαση αυτή, τα μέρη καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα μέτρα ελέγχου των υδροχλωροφθορανθράκων βάσει του πρωτοκόλλου θα πρέπει να γίνουν σημαντικά αυστηρότερα για να προστατευθεί η στιβάδα του όζοντος και να αξιοποιηθεί η διαθεσιμότητα εναλλακτικών λύσεων.

(14) Τα μέτρα για τον έλεγχο των προϊόντων και του εξοπλισμού που περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες θα πρέπει να επεκταθούν στα προϊόντα και τον εξοπλισμό που εξαρτώνται από τις ουσίες αυτές, ώστε να προληφθεί η καταστρατήγηση των περιορισμών που επιβάλλει ο παρών κανονισμός. Με την επιπλέον κάλυψη των προϊόντων και του εξοπλισμού των οποίων ο σχεδιασμός, η χρήση ή η ομαλή λειτουργία απαιτεί την παρουσία ελεγχόμενης ουσίας, αποκλείεται το ενδεχόμενο διάθεσης στην αγορά, εισαγωγής ή εξαγωγής προϊόντων ή εξοπλισμού που κατά τον χρόνο αυτό δεν περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες, αλλά θα χρειαστεί να επαναπληρωθούν μεταγενέστερα. Επιπλέον, θα πρέπει να απαλειφθούν οι εξαιρέσεις για τα προϊόντα και τον εξοπλισμό που είχαν κατασκευασθεί πριν από την έναρξη ισχύος των μέτρων ελέγχου, επειδή δεν έχουν πλέον σημασία και θα μπορούσαν να δημιουργήσουν κίνδυνο παράνομης διάθεσης στην αγορά ή εμπορίου.

(15) Δεν θα πρέπει να εισάγονται ελεγχόμενες ουσίες ούτε προϊόντα και εξοπλισμός που περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες ή εξαρτώνται από αυτές από κράτη που δεν είναι μέρη του πρωτοκόλλου. Επιπλέον, θα πρέπει να απαγορευθούν οι εξαγωγές προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες ή εξαρτώνται από αυτούς, αφότου τεθεί σε ισχύ η απαγόρευση χρήσης των εν λόγω προϊόντων και εξοπλισμού ή των ελεγχόμενων ουσιών για τη συντήρηση ή επισκευή τους στην Κοινότητα, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία «αποθηκών» των ουσιών αυτών σε χώρες που δεν διαθέτουν επαρκείς εγκαταστάσεις καταστροφής.

(16) Το σύστημα αδειοδότησης για τις ελεγχόμενες ουσίες περιλαμβάνει τη χορήγηση άδειας εξαγωγής ελεγχόμενων ουσιών, ώστε να βελτιωθούν η παρακολούθηση και ο έλεγχος του εμπορίου ουσιών που καταστρέφουν το όζον και να υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των μερών. Το εν λόγω σύστημα αδειοδότησης θα πρέπει να επεκταθεί στα προϊόντα και τον εξοπλισμό που περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες ή εξαρτώνται από αυτές.

(17) Προκειμένου να βελτιωθούν η παρακολούθηση και ο έλεγχος του εμπορίου, η αδειοδότηση θα πρέπει να καλύπτει όχι μόνο την είσοδο των εμπορευμάτων στο τελωνειακό έδαφος για θέση σε ελεύθερη κυκλοφορία στην Κοινότητα, αλλά και την είσοδο υπό άλλα τελωνειακά καθεστώτα ή για τελωνειακούς προορισμούς. Η διαμετακόμιση μέσω του τελωνειακού εδάφους της Κοινότητας, η διαδικασία προσωρινής εναπόθεσης, τελωνειακής αποταμίευσης και ελεύθερης ζώνης θα πρέπει να επιτρέπονται χωρίς αδειοδότηση ώστε να αποφεύγεται η περιττή επιβάρυνση των επιχειρήσεων και των τελωνειακών αρχών. Οι αποστολές φορτίων προς ή από την επικράτεια κράτους μέλους που δεν ανήκει στο τελωνειακό έδαφος της Κοινότητας ή δεν καλύπτεται από τον παρόντα κανονισμό, καλύπτεται όμως από την επικύρωση του πρωτοκόλλου από το κράτος μέλος, δεν θα πρέπει να δημιουργούν περιττή επιβάρυνση στα κράτη μέλη σε σχέση με την αδειοδότηση και την υποβολή στοιχείων σχετικά με το ότι τηρούνται οι υποχρεώσεις που απορρέουν από τον κανονισμό αυτό και το πρωτόκολλο.

(18) Για να αποφευχθεί το παράνομο και ανεπιθύμητο εμπόριο, η Επιτροπή θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα, πριν από την έκδοση αδειών εισαγωγής ή εξαγωγής, να εξακριβώνει,

μέσω των αρμοδίων αρχών της εκάστοτε τρίτης χώρας, αν η σκοπούμενη συναλλαγή ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις που ισχύουν στη χώρα αυτή.

(19) Η οδηγία 67/548/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 27ης Ιουνίου 1967, περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν στην ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικινδύνων ουσιών (9), η οδηγία 1999/45/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 31ης Μαΐου 1999, για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών που αφορούν την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικίνδυνων παρασκευασμάτων (10) και ο κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1272/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2008, για την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία ουσιών και μειγμάτων (11), προβλέπουν την επισήμανση των ουσιών οι οποίες ταξινομούνται ως ουσίες που καταστρέφουν το όζον και την επισήμανση των μειγμάτων που περιέχουν τέτοιες ουσίες. Δεδομένου ότι οι ΟΚΟ που παράγονται για να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες, ως μέσα επεξεργασίας, για εργαστηριακές χρήσεις και χρήσεις ανάλυσης μπορούν να τίθενται σε ελεύθερη κυκλοφορία στην Κοινότητα, οι εν λόγω ουσίες θα πρέπει να διακρίνονται από τις ίδιες ουσίες που παράγονται για άλλες χρήσεις, ώστε να αποφευχθούν οι εκτροπές ελεγχόμενων ουσιών που προορίζονται για πρώτες ύλες, μέσα επεξεργασίας ή για εργαστηριακές χρήσεις και χρήσεις ανάλυσης προς άλλες χρήσεις που ελέγχονται δυνάμει του παρόντος κανονισμού. Επιπλέον, προκειμένου να ενημερώνονται οι τελικοί χρήστες και να διευκολυνθεί η επιβολή του παρόντος κανονισμού, τα προϊόντα και ο εξοπλισμός που περιέχουν τις εν λόγω ουσίες ή εξαρτώνται από αυτές θα πρέπει επίσης να φέρουν την ανάλογη επισήμανση κατά τη συντήρηση ή την επισκευή.

(20) Προκειμένου να μειωθεί η ελευθέρωση ελεγχόμενων ουσιών στην ατμόσφαιρα, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την ανάκτηση χρησιμοποιημένων ελεγχόμενων ουσιών και την πρόληψη της διαρροής τους.

(21) Το πρωτόκολλο απαιτεί την υποβολή στοιχείων σχετικά με το εμπόριο ΟΚΟ. Θα πρέπει συνεπώς να επιβληθεί στους παραγωγούς, στους εισαγωγείς και στους εξαγωγείς ελεγχόμενων ουσιών η υποχρέωση να υποβάλλουν ετήσια στοιχεία. Για να είναι σε θέση η Επιτροπή να εξορθολογίσει τις διαδικασίες υποβολής στοιχείων, ώστε να είναι σύμφωνες με το πρωτόκολλο και να αποφεύγονται οι επαναλήψεις, θα πρέπει να υποβάλλουν στοιχεία, κατευθείαν στην Επιτροπή, και οι εγκαταστάσεις καταστροφής. Προκειμένου να διασφαλιστεί η τήρηση των υποχρεώσεων υποβολής στοιχείων που απορρέουν από το πρωτόκολλο και να βελτιωθεί η πρακτική εφαρμογή τους, θα πρέπει να εξουσιοδοτηθεί η Επιτροπή να τροποποιεί τις απαιτήσεις υποβολής στοιχείων από τα κράτη μέλη και τις επιχειρήσεις. Ενόψει της προβλεπόμενης ανάπτυξης μέσων υποβολής στοιχείων που θα βασίζεται στο Διαδίκτυο, η Επιτροπή, κατά περίπτωση, θα πρέπει να καταρτίζει μέτρα για την προσαρμογή των απαιτήσεων μόλις εισαχθούν τα σχετικά μέσα υποβολής στοιχείων.

(22) Η προστασία των ατόμων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από τα κράτη μέλη διέπεται από την οδηγία 95/46/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 24ης Οκτωβρίου 1995, για την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα και για την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών (12), ενώ η προστασία των ατόμων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από την Επιτροπή διέπεται από τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 45/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της18ης Δεκεμβρίου 2000, σχετικά με την προστασία των φυσικών προσώπων έναντι της επεξεργασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από τα όργανα και τους οργανισμούς της

Κοινότητας και σχετικά με την ελεύθερη κυκλοφορία των δεδομένων αυτών (13), ιδίως όσον αφορά τις απαιτήσεις εμπιστευτικότητας και ασφάλειας της επεξεργασίας, τη διαβίβαση δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από την Επιτροπή στα κράτη μέλη, τη νομιμότητα της επεξεργασίας, καθώς και τα δικαιώματα πληροφόρησης των ατόμων στα οποία αναφέρονται τα δεδομένα προσωπικού χαρακτήρα, πρόσβασης σε αυτά και διόρθωσής τους.

(23) Για να διασφαλιστεί η τήρηση όλων των διατάξεων του παρόντος κανονισμού, τα κράτη μέλη θα πρέπει να διενεργούν επιθεωρήσεις εφαρμόζοντας προσέγγιση βάσει κινδύνου ώστε να στοχεύουν τις δραστηριότητες που ενέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο παράνομου εμπορίου ή εκπομπής ελεγχόμενων ουσιών. Η σύσταση 2001/331/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 4ης Απριλίου 2001, που προβλέπει ελάχιστα κριτήρια για περιβαλλοντικές επιθεωρήσεις στα κράτη μέλη (14) θα πρέπει να παρέχει καθοδήγηση στη διενέργεια επιθεωρήσεων από τα κράτη μέλη.

---

(1)
ΕΕ L 258 της 26.9.2008, σ. 68.

(2)
ΕΕ L 123 της 24.4.1998, σ. 1.

(3)
ΕΕ L 230 της 19.8.1991, σ. 1.

(4)
ΕΕ L 307 της 24.11.2003, σ. 1.

(5)
ΕΕ 196 της 16.8.1967, σ. 1.

(6)
ΕΕ L 200 της 30.7.1999, σ. 1.

(9)
ΕΕ L 281 της 23.11.1995, σ. 31.

(10)
ΕΕ L 8 της 12.1.2001, σ. 1.

(11)
ΕΕ L 118 της 27.4.2001, σ. 41.

4.2 Απαγορεύσεις

Άρθρο 4

Παραγωγή ελεγχόμενων ουσιών
Απαγορεύεται η παραγωγή ελεγχόμενων ουσιών.

Άρθρο 5

Διάθεση στην αγορά και χρήση ελεγχόμενων ουσιών.

Απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά και η χρήση ελεγχόμενων ουσιών.
Οι ελεγχόμενες ουσίες δεν διατίθενται στην αγορά σε περιέκτες μιας χρήσεως, με εξαίρεση τις εργαστηριακές χρήσεις και χρήσεις ανάλυσης που αναφέρονται στο άρθρο 10 και στο άρθρο 11 παράγραφος 2.3. Το παρόν άρθρο δεν εφαρμόζεται στις ελεγχόμενες ουσίες που περιέχονται σε προϊόντα και εξοπλισμό.

Άρθρο 6

Διάθεση στην αγορά προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες ή εξαρτώνται από αυτές.
Απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν ελεγχόμενες ουσίες ή εξαρτώνται από αυτές, με εξαίρεση τα προϊόντα και τον εξοπλισμό για τα οποία επιτρέπεται ηχρήση των συγκεκριμένων ελεγχόμενων ουσιών βάσει του άρθρου 10,του άρθρου 11 παράγραφος 2, ή του άρθρου 13 ή επιτρέπεται η χρήση βάσει του άρθρου 3 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΚ)αριθ. 2037/2000.2.
Εξαιρουμένων των χρήσεων που αναφέρονται στο άρθρο 13 παράγραφος 1, απαγορεύονται και παροπλίζονται τα συστήματα πυροπροστασίας και οι πυροσβεστήρες που περιέχουν halons.

4.3 Εξαιρέσεις και παρεκκλίσεις

Άρθρο 7

Παραγωγή, διάθεση στην αγορά και χρήση ελεγχόμενωνουσιών ως πρώτων υλών.
Κατά παρέκκλιση των άρθρων 4 και 5, επιτρέπονται η παραγωγή, η διάθεση στην αγορά και η χρήση ελεγχόμενων ουσιών ως πρώτων υλών.
Οι ελεγχόμενες ουσίες που παράγονται ή διατίθενται στηναγορά ως πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο για τονσκοπό αυτό. Από 1ης Ιουλίου 2010 οι περιέκτες των ουσιών αυτώνφέρουν επισήμανση με σαφή ένδειξη ότι η ουσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως πρώτη ύλη. Όταν απαιτείται οι ουσίες αυτές ναφέρουν επισήμανση σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ, την οδηγία1999/45/ΕΚ ή τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1272/2008, αυτή η ένδειξηπεριλαμβάνεται στην ετικέτα που εμφαίνεται στις οδηγίες αυτές ή στοτμήμα για τις συμπληρωματικές πληροφορίες στην ετικέτα όπωςαναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3 του κανονισμού αυτού.
Η Επιτροπή μπορεί να προσδιορίσει τη μορφή και το περιεχόμενο τηςετικέτας που πρέπει να χρησιμοποιείται. Τα μέτρα αυτά, που έχουν ωςαντικείμενο την τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων του παρόντοςκανονισμού, μεταξύ άλλων με τη συμπλήρωσή του, θεσπίζονταισύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεταιστο άρθρο 25 παράγραφος 3.

Άρθρο 8

Παραγωγή, διάθεση στην αγορά και χρήση ελεγχόμενων ουσιών ως μέσων επεξεργασίας
.
1. Κατά παρέκκλιση των άρθρων 4 και 5, επιτρέπεται η παραγωγή,η διάθεση στην αγορά και η χρήση ελεγχόμενων ουσιών ως μέσωνεπεξεργασίας.

2. Οι ελεγχόμενες ουσίες μπορούν να χρησιμοποιούνται ως μέσα επεξεργασίας μόνο σε εγκαταστάσεις που υφίσταντο την 1η Σεπτεμβρίου 1997 και εφόσον οι εκπομπές είναι ασήμαντες.

3. Οι ελεγχόμενες ουσίες που παράγονται ή διατίθενται στηναγορά ως μέσα επεξεργασίας μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο για τον σκοπό αυτό. Από 1ης Ιουλίου 2010 οι περιέκτες των ουσιών αυτών φέρουν επισήμανση με σαφή ένδειξη ότι οι ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως μέσο επεξεργασίας. Όταν απαιτείται οιουσίες αυτές να φέρουν επισήμανση σύμφωνα με την οδηγία 67/548/ΕΟΚ, την οδηγία 1999/45/ΕΚ ή τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 1272/2008 αυτή η ένδειξη περιλαμβάνεται στην ετικέτα που φαίνεται στις οδηγίες αυτές ή στο τμήμα για τις συμπληρωματικές πληροφορίες στην ετικέτα όπως αναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3 του κανονισμού αυτού.
Η Επιτροπή μπορεί να προσδιορίσει τη μορφή και το περιεχόμενο της ετικέτας που πρέπει να χρησιμοποιείται. Τα μέτρα αυτά, που έχουν ωςαντικείμενο την τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων του παρόντοςκανονισμού, μεταξύ άλλων με τη συμπλήρωσή του, θεσπίζονταισύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεταιστο άρθρο 25 παράγραφος 3.

4. Η Επιτροπή καταρτίζει, κατά περίπτωση, με τη διαδικασία διαχείρισης που προβλέπεται στο άρθρο 25 παράγραφος 2, κατάλογο επιχειρήσεων στις οποίες επιτρέπεται η χρήση ελεγχόμενων ουσιών ωςμέσων επεξεργασίας, καθορίζοντας τις μέγιστες ποσότητες πουμπορούν να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ή την κατανάλωσηως μέσων επεξεργασίας και ανώτατα επίπεδα εκπομπών για κάθε μιααπό τις ενδιαφερόμενες επιχειρήσεις.
Η μέγιστη ποσότητα ελεγχόμενων ουσιών που μπορούν ναχρησιμοποιηθούν ως μέσα επεξεργασίας εντός της Κοινότητας δενυπερβαίνει τους 1 083 μετρικούς τόνους κατ' έτος.
Η μέγιστη ποσότητα ελεγχόμενων ουσιών που μπορούν ναεκπεμφθούν από χρήση μέσων επεξεργασίας εντός της Κοινότητας δενυπερβαίνει τους 17 μετρικούς τόνους κατ' έτος.

5. Με βάση νέα στοιχεία ή τεχνικές εξελίξεις ή αποφάσεις πουλαμβάνονται από τα μέρη η Επιτροπή, κατά περίπτωση:
α) τροποποιεί το παράρτημα ΙΙΙ·
β) τροποποιεί τη μέγιστη ποσότητα ελεγχόμενων ουσιών πουμπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσα επεξεργασίας ή ναεκπεμφθούν από χρήση μέσων επεξεργασίας όπως αναφέρεταιστην παράγραφο 4 δεύτερο και τρίτο εδάφιο.

Τα μέτρα αυτά, που έχουν ως αντικείμενο την τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων του παρόντος κανονισμού, θεσπίζονται σύμφωναμε την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3.

Άρθρο 9

Διάθεση ελεγχόμενων ουσιών στην αγορά προς καταστροφή ή ποιοτική αποκατάσταση και προϊόντων και εξοπλισμού πουπεριέχουν ή εξαρτώνται από ελεγχόμενες ουσίες προς καταστροφή

Κατά παρέκκλιση των άρθρων 5 και 6, μπορούν να διατίθενται ελεγχόμενες ουσίες και προϊόντα και εξοπλισμός που εξαρτώνται από ελεγχόμενες ουσίες στην αγορά προς καταστροφή εντός της Κοινότητας σύμφωνα με τις σχετικές απαιτήσεις που αναφέρονται

στο άρθρο 22 παράγραφος 1. Οι ελεγχόμενες ουσίες μπορούν επίσης να διατίθενται στην αγορά προς ποιοτική αποκατάσταση εντός της Κοινότητας.

Άρθρο 11

Παραγωγή, διάθεση στην αγορά και χρήση υδροχλωροφθορανθράκων, καθώς και διάθεση στην αγορά προϊόντων και εξοπλισμού που περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες ή εξαρτώνται από αυτούς

1. Κατά παρέκκλιση του άρθρου 4, επιτρέπεται η παραγωγή υδροχλωροφθορανθράκων, εφόσον κάθε παραγωγός μεριμνά ώστε:

α) κατά την περίοδο από 1ης Ιανουαρίου 2010 έως 31 Δεκεμβρίου 2010 και κάθε επόμενο δωδεκάμηνο, έως τις 31 Δεκεμβρίου2013, το υπολογιζόμενο επίπεδο της οικείας παραγωγής υδροχλωροφθορανθράκων να μην υπερβαίνει το 35 % του υπολογιζόμενου επιπέδου της οικείας παραγωγής υδροχλωροφθορανθράκων κατά το 1997·

β) κατά την περίοδο από 1ης Ιανουαρίου 2014 έως 31 Δεκεμβρίου 2014 και κάθε επόμενο δωδεκάμηνο, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2016 το υπολογιζόμενο επίπεδο της οικείας παραγωγής υδροχλωροφθορανθράκων να μην υπερβαίνει το 14 % του υπολογιζόμενου επιπέδου της οικείας παραγωγής υδροχλωροφθορανθράκων κατά το 1997·

γ) κατά την περίοδο από 1ης Ιανουαρίου 2017 έως 31 Δεκεμβρίου2017 και κάθε επόμενο δωδεκάμηνο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2019, το υπολογιζόμενο επίπεδο της οικείας παραγωγή ςυδροχλωροφθορανθράκων να μην υπερβαίνει το 7 % του υπολογιζόμενου επιπέδου της οικείας παραγωγής υδροχλωροφθορανθράκων κατά το 1997·

δ) να μην παράγει υδροχλωροφθοράνθρακες μετά τις 31 Δεκεμβρίου 2019.

2. Κατά παρέκκλιση του άρθρου 4 και του άρθρου 5παράγραφος 1, υδροχλωροφθοράνθρακες σε εργαστηριακές χρήσειςκαι χρήσεις ανάλυσης μπορούν να παράγονται, να διατίθενται στηναγορά και να χρησιμοποιούνται.
Εφαρμόζεται τηρουμένων των αναλογιών το άρθρο 10 παράγραφοι 3έως 7.

3. Κατά παρέκκλιση του άρθρου 5, μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2014ποιοτικά αποκατεστημένοι υδροχλωροφθοράνθρακες για τησυντήρηση ή την επισκευή υφιστάμενου ψυκτικού, κλιματιστικού εξοπλισμού και εξοπλισμού αντλιών θερμότητας μπορούν να διατίθενταιστην αγορά και να χρησιμοποιούνται, υπό τον όρο ότι ο περιέκτηςφέρει επισήμανση με την ένδειξη ότι η ουσία προέρχεται από ποιοτικήαποκατάσταση και στοιχεία όσον αφορά τον αριθμό παρτίδας και τηνονομασία και διεύθυνση της εγκατάστασης ποιοτικής αποκατάστασης.

4. Μέχρι τις 31 Δεκεμβρίου 2014, ανακυκλωμένοιυδροχλωροφθοράνθρακες για τη συντήρηση ή την επισκευήυφιστάμενου ψυκτικού, κλιματιστικού εξοπλισμού και εξοπλισμούαντλιών θερμότητας μπορούν να χρησιμοποιούνται, υπό τον όρο ότιη επιχείρηση τους έχει ανακτήσει από παρόμοιο εξοπλισμό καιμπορούν να χρησιμοποιούνται μόνον από την επιχείρηση πουδιενήργησε την ανάκτηση ως μέρος της συντήρησης ή επισκευής ή γιατην οποία η ανάκτηση διενεργήθηκε ως μέρος της συντήρησης ήεπισκευής.

5. Κατά παρέκκλιση του άρθρου 5, έως τις 31 Δεκεμβρίου 2019μπορούν να διατίθενται στην αγορά υδροχλωροφθοράνθρακες για εκνέου συσκευασία και επακόλουθη εξαγωγή. Οιαδήποτε επιχείρησησυσκευάζει εκ νέου και στη συνέχεια εξάγει υδροχλωροφθοράνθρακεςκαταχωρίζεται από την Επιτροπή, δηλώνοντας τις οικείες ελεγχόμενεςουσίες, την κατ' εκτίμηση ετήσια ζήτηση και τους προμηθευτές τωνουσιών και επικαιροποιεί τις πληροφορίες αυτές σε περίπτωση μεταβολής του.

6. Όταν χρησιμοποιούνται για συντήρηση ή επισκευήυδροχλωροφθοράνθρακες προερχόμενοι από ποιοτική αποκατάστασηή ανακύκλωση, ο σχετικός ψυκτικός και κλιματιστικός εξοπλισμός καιο εξοπλισμός αντλιών θερμότητας φέρει επισήμανση με ένδειξη τουείδους της ουσίας και της ποσότητας που περιέχει ο εξοπλισμός,καθώς και τα στοιχεία της ετικέτας όπως ορίζει το παράρτημα Ι τουκανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1272/2008 για ουσίες ή μείγματα πουταξινομούνται ως επικίνδυνα για τη στιβάδα του όζοντος.

7. Οι επιχειρήσεις οι οποίες χειρίζονται τον εξοπλισμό πουεμφαίνεται στην παράγραφο 4 και περιέχει ρευστό φορτίο 3 kg ήπερισσότερο, τηρούν αρχείο της ποσότητας και του τύπου τηςανακτώμενης και προστιθέμενης ουσίας, καθώς της εταιρείας ή τουτεχνικού που πραγματοποίησε τη συντήρηση ή επισκευή.
Οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν υδροχλωροφθοράνθρακεςπροερχόμενους από ποιοτική αποκατάσταση ή ανακύκλωση γιασυντήρηση ή επισκευή τηρούν μητρώο των επιχειρήσεων πουπρομήθευσαν τους ποιοτικά αποκατεστημένους υδροχλωροφθοράνθρακες και της πηγής προέλευσης των ανακυκλωμένων υδροχλωροφθορανθράκων.

8. Κατά παρέκκλιση των άρθρων 5 και 6, όταν, για συγκεκριμένηχρήση, αποδεδειγμένως δεν υπάρχουν ή δεν μπορούν ναχρησιμοποιηθούν εφικτές από τεχνική και οικονομική άποψη εναλλακτικές ουσίες ή τεχνολογίες, η Επιτροπή δύναται, κατόπιν αιτήσεωςτης αρμόδιας αρχής κράτους μέλους και με τη διαδικασία διαχείρισηςτου άρθρου 25 παράγραφος 2, να εγκρίνει προσωρινή εξαίρεση, ώστενα επιτρέπεται η χρήση και η διάθεση στην αγοράυδροχλωροφθορανανθράκων, καθώς και προϊόντων και εξοπλισμούπου περιέχουν υδροχλωροφθοράνθρακες ή εξαρτώνται από αυτούς.

Η εξαίρεση αυτή δεν μπορεί να εγκριθεί για περίοδο πέραν της 31ης Δεκεμβρίου 2019.

4.4 Έλεγχος των εκπομπών

Άρθρο 22

Ανάκτηση και καταστροφή χρησιμοποιημένων ελεγχόμενων ουσιών

1. Οι ελεγχόμενες ουσίες που περιέχονται σε εξοπλισμό ψύξης,κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, σε εξοπλισμό που περιέχει διαλύτες ή σε συστήματα πυροπροστασίας και πυροσβεστήρες ανακτώνται κατά τη συντήρηση ή την επισκευή του εξοπλισμού ή πριν από τη διάλυση ή την τελική διάθεσή του, με σκοπό είτε την καταστροφή τους είτε την ανακύκλωση ή ποιοτική αποκατάστασή τους.

2. Ελεγχόμενες ουσίες και προϊόντα που περιέχουν αυτές τις ουσίες καταστρέφονται μόνον μέσω εγκεκριμένων τεχνολογιών που απαριθμούνται στο παράρτημα VII ή, στην περίπτωση ελεγχομένων ουσιών μνεία των οποίων δεν γίνεται στο παράρτημα εκείνο, μέσω της πλέον περιβαλλοντικά αποδεκτής τεχνολογίας καταστροφής που δεν συνεπιφέρει υπέρμετρο

κόστος, υπό την προϋπόθεση ότι η χρήση των εν λόγω τεχνολογιών συμμορφούται προς τη σχετική κοινοτική καιεθνική νομοθεσία περί αποβλήτων και ότι τηρούνται οι πρόσθετες απαιτήσεις δυνάμει αυτής της νομοθεσίας.

3. Η Επιτροπή μπορεί να τροποποιεί το παράρτημα VII, προκειμένου να ληφθούν υπόψη νέες τεχνολογικές εξελίξεις.
Τα μέτρα αυτά, που έχουν ως αντικείμενο την τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων του παρόντος κανονισμού, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3.

4. Εάν είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό, οι ελεγχόμενες ουσίες που περιέχονται σε προϊόντα και εξοπλισμό εκτός των αναφερομένων στην παράγραφο 1 ανακτώνται με σκοπό την καταστροφή, ανακύκλωση ή ποιοτική αποκατάστασή τους ή καταστρέφονται χωρίς να προηγηθεί ανάκτηση, με την εφαρμογή των τεχνολογιών που αναφέρονται στην παράγραφο 2.
Η Επιτροπή θεσπίζει παράρτημα του παρόντος κανονισμού μεκατάλογο των προϊόντων και του εξοπλισμού για τα οποία η ανάκτηση ελεγχόμενων ουσιών ή η καταστροφή προϊόντων και εξοπλισμού χωρίς να προηγηθεί ανάκτηση ελεγχόμενων ουσιών, θεωρείται τεχνικά και οικονομικά εφικτή, προσδιορίζοντας, κατά περίπτωση, τις εφαρμοστέες τεχνολογίες.
Οιοδήποτε σχέδιο μέτρων για τη θέσπισητου παραρτήματος αυτού συνοδεύεται και βασίζεται σε πλήρη οικονομική εκτίμηση του κόστους και των οφελών, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες των κρατών μελών.
Τα μέτρα αυτά, που έχουν ως αντικείμενο την τροποποίηση μηουσιωδών στοιχείων του παρόντος κανονισμού, μεταξύ άλλων με τησυμπλήρωσή του, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3.

5. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν μέτρα που προωθούν την ανάκτηση,την ανακύκλωση, την ποιοτική αποκατάσταση και την καταστροφήτων ελεγχομένων ουσιών και καθορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσειςόσον αφορά τα προσόντα του σχετικού προσωπικού. Η Επιτροπή αξιολογεί τα μέτρα που έχουν λάβει τα κράτη μέλη και,βάσει αυτής της αξιολόγησης και των λοιπών τεχνικών και άλλων συναφών πληροφοριών, μπορεί να θεσπίζει, κατά περίπτωση, μέτρα σχετικά με αυτές τις ελάχιστες απαιτήσεις για τα προσόντα.
Τα μέτρα αυτά, που έχουν ως αντικείμενο την τροποποίηση μη ουσιωδών στοιχείων του παρόντος κανονισμού, μεταξύ άλλων με τη συμπλήρωσή του, θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με έλεγχο που αναφέρεται στο άρθρο 25 παράγραφος 3.