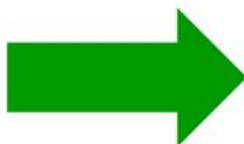


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε



«Το ψυκτικό μέσο HFO-1234yf (τετρα φθορο προπένιο) και οι επιπτώσεις του στο περιβάλλον και τον άνθρωπο»

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

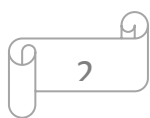
ΟΝΟΜΑ : Ζώης

ΕΠΩΝΥΜΟ: Τσουνής

ΑΜ: 40236

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ Γεώργιος Αλέξης

2019



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο. Αλέξη Γεώργιο για όλη την υποστήριξη που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου, επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω όλη την οικογένεια μου που με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα το οποίο θα αναλυθεί αφορά την αποτύπωση όλων των ψυκτικών μέσων τόσο διαγραμματικά όσο και θεωρητικά. Επίσης θα παρουσιαστούν σχετικά διαγράμματα και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτά, τρόποι χρήσης τους και εφαρμογές τους, αλλά και τις επιπτώσεις αυτών τόσο στο περιβάλλον (φαινόμενο θερμοκηπίου, τρύπα του όζοντος κ.λπ), όσο και τις επιπτώσεις τους στον ανθρώπινο παράγοντα.

Στη πορεία, η ίδια ανάλυση θα γίνει για το εξεταζόμενο ψυκτικό μέσο (HFO1234yf) και τέλος θα γίνει μια σύγκριση στα πλαίσια των συμπερασμάτων που θα προκύψουν από την ανάλυση των δεδομένων μας.

Abstract:

The subject which we are going to explain is about the register of all types of the refrigerants so diagrammatically as theoretically. There will also be presented chartings and the results which are rising from them, the ways of using and applying, and also their impacts so environmentally (ozon layer etc.) as humanly.

After all these, the same analysis will be done for the considered refrigerant (HFO1234yf) and as a conclusion there would be a comparison according to all the previous results, after data analysis.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ (A/C).(ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ).....	11
1.1.1 Η ζωή μετά το φρέον.....	11
1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	13
1.2.1 Μηχανισμός	14
1.2.2 Αέρια θερμοκηπίου	15
1.2.3 Επίδραση ανθρωπογενούς δραστηριότητας.....	15
1.3 Η τρύπα του όζοντος	16
1.3.1 Αίτια του προβλήματος	17
1.3.2 Τρύπα του όζοντος και Ανταρκτική	18
1.3.3 Συνέπειες του φαινομένου	19
1.4 Τρόποι Αντιμετώπισης.....	20
1.5 Νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ζώνη	22
1.6 Χρήσεις του R1234yf.....	27
1.6.1 Ομοιότητες και διαφορές.	28
1.6.2 Συστήματα A/C R134a και R1234yf: Διαφορές και ομοιότητες χαρακτηριστικών	30
1.6.3 Σε ποια αυτοκίνητα χρησιμοποιείται το R1234yf.....	32
1.7 GWP και ODP	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	33
2.1: Η έννοια του ψυκτικού ρευστού (μέσου)	33
2.1.1: Φυσική και μηχανική ψύξη.....	33
2.1.2: Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ψυκτικά μέσα	34
2.1.3: Τα κλασικά και σύγχρονα ψυκτικά μέσα	36

Κεφάλαιο 3 Το ψυκτικό μέσο R1234yf (HFO).....	64
3.1 Έγκριση από την αυτοκινητοβιομηχανία	66
3.2 Αναφλεξιμότητα	67
3.3 Επιχειρήματα- η απόδοση του ψυκτικού R1234yf.....	70
Κεφάλαιο 4 Συμπεράσματα	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	80

Πίνακας 1: Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης	15
Πίνακας 2: Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην Ε.Ε	22
Πίνακας 3: Ιδιότητες Υδροφθορανθράκων – HFCs.....	23
Πίνακας 4: Μέσο τομεακό δυναμικό υπερθέρμανσης για τις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση HFCs	25
Πίνακας 5: Τυπικές ετήσιες διαρροές HFCs κατα την χρήση.....	25
Πίνακας 6:Κλασικά και σύγχρονα ψυκτικά μέσα	37
Πίνακας 7: Οι φυσικές ιδιότητες του R-1234yf	65
Πίνακας 8 :Χαρακτηριστικά του HFO-1234yf	73
Πίνακας 9: Σημαντικά χρονικά στάδια ανάπτυξης του R1234yf.....	76
Πίνακας 10:Θερμοδυναμικές ιδιότητες του R1234yf.....	77
Πίνακας 11 : Θερμοδυναμικές ιδιότητες του R1234yf	78



Εικόνα 1: Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	13
Εικόνα 2: Εικόνα της μεγαλύτερης τρύπας του όζοντος που έχει καταγραφεί ποτέ στην Ανταρκτική	17
Εικόνα 3: Μόνο τα ενεργειακά αποδοτικά ψυγεία με ψυκτικό μέσο που δεν απειλεί το όζον και το κλίμα μπορούν να φέρουν το Οικολογικό Σήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	27
Εικόνα 4: Τοποθέτηση μονόμετρου σε κλιματιστικό αυτοκινήτου	28
Εικόνα 5: Διαφορές μεταξύ R1234yf και R134a	30
Εικόνα 6. Διάγραμμα πίεσης θερμοκρασίας.....	62
Εικόνα 7: Ψυκτικό ρευστό HFO-1234yf.....	65
Εικόνα 8: Εκτιμώμενες εκπομπές CO ₂ του 1234yf σε σχέση με το R134a	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μπορεί να έχει θέμα το οποίο αφορά ένα συγκεκριμένο καινούργιο ψυκτικό μέσο, το HFO1234yf και τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον και στον άνθρωπο, όμως δεν μπορούμε να αναφερθούμε συγκεκριμένα σε πληροφορίες που αφορούν το ψυκτικό αυτό μέσο, αν δεν μιλήσουμε γενικότερα περί ψυκτικών μέσων. Στη διαχρονική προσπάθεια του ανθρώπου να ελέγχει τις κλιματικές μεταβολές για την διαχείριση της υγείας και της τροφής του, αλλά και για την ανάπτυξη του πολιτισμού τον παρακίνησε από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα στην δημιουργία θεωρητικών βάσεων και την ανάπτυξη τεχνολογιών που εδραίωσαν την εφαρμογή μηχανικών μεθόδων βιομηχανικής αλλά και εμπορικής ψύξης. Πιο συγκεκριμένα, από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα ξεκίνησαν οι εφαρμογές σε συστήματα οικιακής ψύξης και κλιματισμού.

Στην πιο σύγχρονη εποχή η οποία αφορά την εποχή του 21^{ου} αιώνα, είναι επιτακτική η ανάγκη για παραγωγική οικονομία, για ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού αλλά και για προστασία του περιβάλλοντος.

Άρα επιβάλλεται η υψηλή ενεργειακή απόδοση σε συνδυασμό με το χαμηλό λειτουργικό κόστος των εφαρμογών ψύξης και κλιματισμού σε σχέση με την χρήση οικολογικών ψυκτικών ουσιών οι οποίες αντικαθιστούν τους χλωρο-φθοράνθρακες (CFC) και τους υδρογονο-χλωρο-φθοράνθρακες (HCFC).

Η εποχή όπου πολλοί τεχνίτες άφηναν να διαρρέουν ποσότητες ψυκτικού στην ατμόσφαιρα κατά τις διεργασίες συντήρησης ή κατάργησης της ψυκτικής συσκευής χωρίς να το επιδιώκουν, έχει περάσει. Όλα αυτά όμως με την πάροδο του χρόνου έχουν προκαλέσει περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία αφορούν την καταστροφή του όζοντος αλλά και του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω.

Το ψυκτικό μέσο είναι αυτό που κάνει μια ψυκτική μηχανή να βρίσκεται σε λειτουργία σε κανονικούς ρυθμούς χωρίς προβλήματα κατά την διαδικασία ψύξης ή κλιματισμού. Όλα τα μέσα αυτά πρέπει να συνδέονται με κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως: να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο επιβλαβή στον άνθρωπο και την υγεία του, να έχουν καλές θερμοδυναμικές ιδιότητες, να συνεργάζονται χωρίς προβλήματα με την υπόλοιπη ψυκτική διάταξη, να μην επιβαρύνουν το περιβάλλον, να είναι εύκολη η προμήθειά τους. Ωστόσο ένα καλό ψυκτικό μέσο πρέπει να έχει μια σειρά από καλές ιδιότητες (φυσικές, χημικές).

Οι χημικές βιομηχανίες έχουν ήδη παράγει μια σειρά ψυκτικών μέσων τα οποία αντικαθιστούν τους χλωρο-φθοράνθρακες (CFCs), ενώ παράλληλα διεξάγουν έρευνες για να βρουν μίγματα ή ενώσεις που θα αντικαταστήσουν τους (HCFCs). Έτσι έχουν προκύψει νέα οικολογικά ψυκτικά μέσα που προβάλλουν ως λύση στα περιβαλλοντικά προβλήματα.

1.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ (A/C). (ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΤΡΥΠΑ ΤΟΥ ΟΖΟΝΤΟΣ)

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι χημικές ουσίες – ψυκτικά μέσα που το προκαλούν και προέρχονται από το σύστημα κλιματισμού αυτοκινήτων. Επίσης, αναλύονται το φαινόμενο της «τρύπας του όζοντος» και οι χημικές ουσίες που συντελούν στην καταστροφή της τρύπας του όζοντος και προέρχονται από τον κλιματισμό των αυτοκινήτων. Αναφέρονται επίσης και οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί βάση των οποίων επιχειρείται η αντιμετώπιση των φαινομένων αυτών.

1.1.1 Η ζωή μετά το φρέον

Δύο δεκαετίες πριν, η επιλογή του ψυκτικού μέσου για τις ανάγκες ψύξης-κλιματισμού ήταν απλή υπόθεση. Ουσίες αδρανείς, μη τοξικές και μη εύφλεκτες, όπως ήταν π.χ. οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs,

γνωστοί και με την εμπορική ονομασία “φρέον”) κυριαρχούσαν στην αγορά.

Η μακαριότητα αυτή ταράχτηκε όταν αποκαλύφθηκε ότι οι ουσίες αυτές καταστρέφουν το προστατευτικό στρώμα του όζοντος. Η βιομηχανία αντέδρασε προσπαθώντας να υποκαταστήσει τα CFCs με άλλες ουσίες, οι οποίες, είτε έβλαπταν λιγότερο το όζον (υδροχλωροφθοράνθρακες – HCFCs), είτε ήταν ασφαλείς για τη στιβάδα του όζοντος (υδροφθοράνθρακες - HFCs).

Αν και η κίνηση αυτή έγινε για περιβαλλοντικούς λόγους, η βιομηχανία ψυκτικών εισήλθε σε ένα νέο φαύλο κύκλο, αφού οι νέες ψυκτικές ουσίες (όπως άλλωστε και οι παλαιότερες) συμβάλλουν και μάλιστα σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος του πλανήτη.

Γι’ αυτό το λόγο, όλες οι προαναφερθείσες ουσίες τελούν υπό απαγόρευση, περιορισμούς ή ελέγχους από διεθνείς συμβάσεις και συγκεκριμένα από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και το Πρωτόκολλο του Κιότο για την αποτροπή των κλιματικών αλλαγών.

Επιπλέον, νομοθετικές ρυθμίσεις σε περιφερειακό ή και εθνικό επίπεδο βάζουν πλέον φραγμούς στην περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των επιβλαβών για το περιβάλλον ουσιών.

Υπάρχουν βέβαια και καλά νέα. Την ώρα που η πλειοψηφία της βιομηχανίας ψυκτικών αναζητούσε λύσεις μέσα στο στενό ορίζοντα των προϊόντων που ελέγχει, έκαναν την εμφάνιση τους στην αγορά άλλες ουσίες και εφαρμογές, πραγματικά φιλικές προς το περιβάλλον.

Πρόκειται για τα λεγόμενα “φυσικά ψυκτικά” (όπως π.χ. οι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι κάνουν μια θριαμβευτική επανεμφάνιση μετά την απόρριψή τους από την αγορά στις αρχές του 20ου αιώνα, η αμμωνία, το νερό, κ.λπ.). Έτσι σήμερα, παρέχονται πλέον ασφαλή και επαρκή υποκατάστατα για όλες τις χρήσεις (ψύξη, κλιματισμό, αντλίες θερμότητας, διογκωτικά υλικά, προωθητικά αέρια, κ.λπ.) όπου

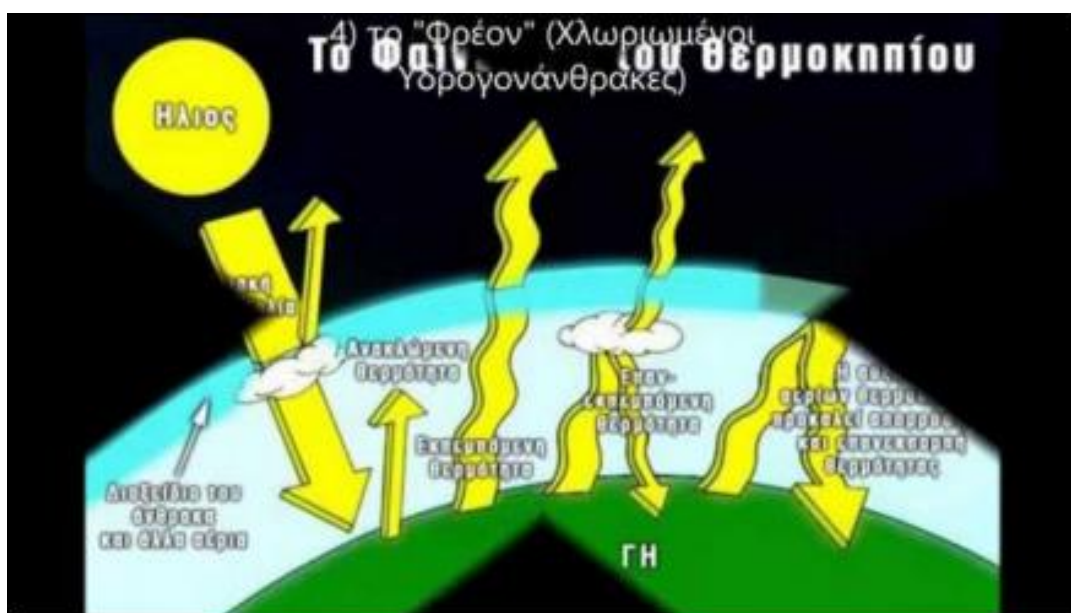
κυριάρχησαν επί δεκαετίες τα CFCs και στη συνέχεια τα HCFCs και τα HFCs.

1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» χρησιμοποιείται προκειμένου να περιγράψει η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης με την πάροδο του χρόνου.

Υπολογίζεται ότι τον τελευταίο αιώνα η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της γης έχει αυξηθεί κατά 0,6 έως 0,9°C . Οι επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης των μέσων θερμοκρασιών παγκοσμίως είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στην παρατηρούμενη αύξηση συγκεντρώσεων «αερίων θερμοκηπίου» ανθρώπινης προέλευσης.

Μέχρι σήμερα είναι γνωστόν ότι οι φυσικές συγκεντρώσεις αερίων θερμοκηπίου διατηρούσαν τη γη αρκετά ζεστή ώστε να διατηρείται η ζωή όπως μέχρι σήμερα τη γνωρίζουμε. Όσο περισσότερα αέρια θερμοκηπίου ανθρώπινης προέλευσης υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, τόσο περισσότερη ακτινοβολία αντανακλάται στην επιφάνεια της γης. Αυτό δημιουργεί το λεγόμενο «ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου» που οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη.



Εικόνα 1: Φαινόμενο του θερμοκηπίου

1.2.1 Μηχανισμός

Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1.966 W/m^2 , στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα.

Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 32% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό 51% από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Λόγω της θερμοκρασίας της, η Γη εκπέμπει επίσης θερμική ακτινοβολία (κατά τρόπο ανάλογο με τον Ήλιο), η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος, σε αντίθεση με την αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία, που είναι μικρού μήκους κύματος.

Η ατμόσφαιρα της Γης διαθέτει μεγάλη αδιαφάνεια στην, μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία, έχει δηλαδή την ικανότητα να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της, ποσοστό περίπου 71%. Η ίδια η ατμόσφαιρα επανεκπέμπει θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, μέρος της οποίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, η οποία θερμαίνεται ακόμη περισσότερο. Η γήινη ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται, με τον τρόπο αυτό, ως μία δεύτερη - μαζί με τον Ήλιο - πηγή θερμότητας.

Αποτέλεσμα του συνολικού φαινομένου είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση στους -18°C , ενώ στην πράξη είναι στους 14°C .

Ο μηχανισμός του φαινομένου ταυτίζεται συχνά με τη λειτουργία ενός πραγματικού θερμοκηπίου, ωστόσο η ταύτιση αυτή αποτελεί

υπεραπλούστευση, καθώς τα θερμοκήπια στηρίζονται στην "απομόνωση" της θερμότητας και την εξάλειψη φαινομένων μεταφοράς της.

1.2.2 Αέρια θερμοκηπίου

Τα αέρια του θερμοκηπίου και το συνοδό φαινόμενο, συμβάλλουν ως ενδογενείς παράγοντες στην κλιματική αλλαγή. Όλα τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναφέρονται συνολικά με τον όρο αέρια του θερμοκηπίου.

Απορροφούν την μεγάλου μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία, θερμαίνοντας την επιφάνεια. Ορισμένα αέρια, όπως το όζον, έχουν ημιδιαφάνεια και στην ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να απορροφούν ένα μέρος της, συμβάλλοντας ως ένα βαθμό και στην ψύξη της γήινης επιφάνειας.

1.2.3 Επίδραση ανθρωπογενούς δραστηριότητας

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό, ωστόσο ενισχύεται από την ανθρωπίνη δραστηριότητα, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και στην έκλυση άλλων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωρο-φθοράνθρακες (CFCs).

Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1750-1998.

Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης. Εκτός από τον άνθρωπο, παράγεται μεθάνιο και από ζώα (π.χ. αγελάδες) με τα παράγωγα τους.

Αέριο	Επίπεδα 1998	Αύξηση από το 1750	Ποσοστό αύξησης	Συνεισφορά στο φαινόμενο [W/m ²]
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	365 ppm	87 ppm	31%	1,46
Μεθάνιο (CH ₄)	1,745 ppb	1,045 ppb	150%	0,48
Υποξείδιο του Αζώτου (N ₂ O)	314 ppb	44 ppb	16%	0,15

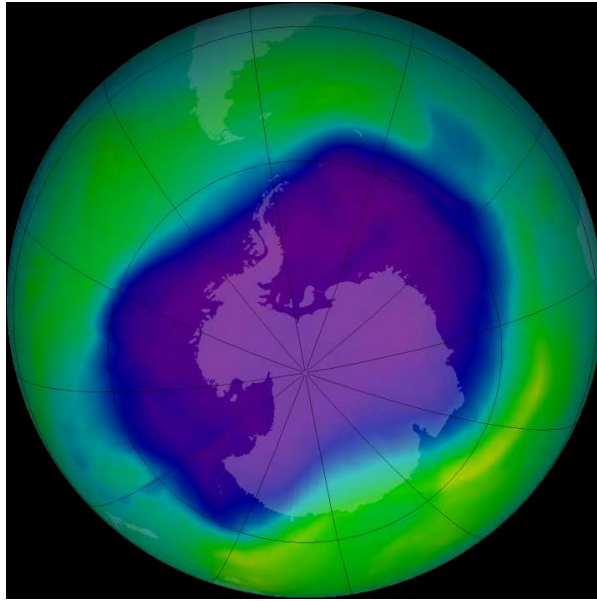
Πίνακας 1: Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης

1.3 Η τρύπα του όζοντος

Τρύπα του όζοντος ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο το στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης (στρατόσφαιρα) μειώνεται σε πάχος πάνω από την Ανταρκτική. Παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1985.

Επειδή το λεπτότερο σημείο του είναι πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την ονομαζόμενη «τρύπα» στο στρώμα του όζοντος. Λόγω του ότι το όζον (αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου, τριατομικό οξυγόνο, O_3) προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και συμβάλει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων.

Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από υπερβολική χρήση χλωροφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν ευρέως ως προωθητικά αέρια και σε ψυκτικές συσκευές όπως τα κλιματιστικά. Στην επέκτασή του επίσης συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια (από την κυκλοφορία των οχημάτων) όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.



Εικόνα 2: Εικόνα της μεγαλύτερης τρύπας του όζοντος που έχει καταγραφεί ποτέ στην Ανταρκτική

1.3.1 Αίτια του προβλήματος

Βασικότερη αιτία του φαινομένου είναι αποδεδειγμένα η εκπομπή χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), όπως δείχνει και το όνομά τους, περιέχουν χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα καταστροφικό για το όζον.

Ενδεικτικά, 1 μόριο χλωρίου καταστρέφει μέχρι και 1.000.000 μόρια όζοντος πριν την αδρανοποίησή του. Μια ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Φωτοχημείας και Χημικής Κινητικής του Πανεπιστημίου της Κρήτης το 2009 σε συνεργασία με άλλα 61 ευρωπαϊκά ιδρύματα, εξηγεί τη διαδικασία με την οποία οι χλωροφθοράνθρακες καταστρέφουν το όζον:

Οι CFC έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, έτσι μεταφέρονται αυτούσιοι από την τροπόσφαιρα στην στρατόσφαιρα (ατμόσφαιρα)

Εκεί, με την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία διασπώνται ελευθερώνοντας άτομα χλωρίου.

Τα άτομα χλωρίου λειτουργούν ως καταλύτες, επιταχύνοντας την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

Οι χλωροφθοράνθρακες συναντώνται σε ψυκτικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά) και ως προωθητικά στα σπρέι. Η εκπομπή τους, για προφανείς λόγους, είναι μεγαλύτερη σε πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές.

Από το 1987, χρονιά που ανακηρύχτηκαν ως η βασικότερη αιτία της τρύπας του όζοντος, γίνονται προσπάθειες για την αντικατάστασή τους από άλλες ουσίες, (οι οποίες όμως φαίνεται να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για παράδειγμα, οι υδροφθοράνθρακες HFC διαθέτουν δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης ως και 14.800 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα, μέσω του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ.

1.3.2 Τρύπα του όζοντος και Ανταρκτική

Το γεγονός ότι η τρύπα του όζοντος πρωτοεμφανίστηκε στην Ανταρκτική, όπου το πρόβλημα είναι εντονότερο μέχρι και σήμερα, προβλημάτιζε τους επιστήμονες για χρόνια. Αρχικά, μάλιστα, το κατά πόσο οι χλωροφθοράνθρακες προκαλούσαν το φαινόμενο αμφισβητούταν, καθώς στην Ανταρκτική δεν υπάρχουν εκπομπές χλωροφθορανθράκων, ώστε να ανέρχονται απευθείας στη στρατόσφαιρα σε εκείνο το σημείο. Σύντομα όμως διευκρινίστηκε ότι οι ουσίες αυτές μεταφέρονται από άλλα σημεία του πλανήτη στην Ανταρκτική:

Οι αέριες μάζες που μετακινούνται προς την Ανταρκτική μεταφέρουν μαζί τους χλωροφθοράνθρακες, οι οποίοι δεν διασπώνται, αλλά μοιάζουν με αποθήκες χλωρίου στην ατμόσφαιρα.

Κατά τη διάρκεια της πολικής νύχτας (6 μήνες το χρόνο), σωματίδια πάγου με προσμίξεις θειικού (H_2SO_4) και νιτρικού (HNO_3) οξέων συγκεντρώνουν όλες τις ενώσεις χλωρίου που είναι αποθηκευμένες στην ατμόσφαιρα της Ανταρκτικής.

Μετά το πέρας της πολικής νύχτας, στην αρχή της εξάμηνης μέρας, το φως του ήλιου διασπάει τις ενώσεις αυτές και τα δραστικά άτομα χλωρίου απελευθερώνονται στη στρατόσφαιρα, όπου καταστρέφουν το όζον.

Συνεπώς, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και άλλα γεωμορφολογικά στοιχεία αποτελούν τα αίτια της όξυνσης του φαινομένου στην Ανταρκτική.

1.3.3 Συνέπειες του φαινομένου

Το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς απορροφάει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες. Οι υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες αποτελούν το 10% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη.

Χωρίζεται σε τρία είδη, τη UV-A, τη UV-B και την πιο επικίνδυνη, την UV-C. Η τελευταία είναι αυτή που απορροφάται από το όζον στη στρατόσφαιρα. Η UV-C, λοιπόν, είναι η πιο επικίνδυνη υπεριώδης ακτινοβολία, καθώς:

Αποτελεί τη βασικότερη αιτία για το μελάνωμα, μια μορφή θανατηφόρου καρκίνου του δέρματος. Στην Αυστραλία, όπου η υπεριώδης ακτινοβολία είναι 15% περισσότερη από την Ευρώπη, εκτιμάται πως το 2011 οι περιπτώσεις μελανώματος ήταν αυξημένες κατά 23% για τις γυναίκες και 28% για τους άντρες σε σχέση με το 2002.

Επίσης, η ακτινοβολία UV-C αποτελεί αιτία του καταρράκτη, καθώς είναι αρκετά ισχυρή ώστε να περάσει μέσα από τον αμφιβληστροειδή του ματιού.

Τελευταία, και ενδεχομένως η κυριότερη επίδραση της UV-C στους ζωντανούς οργανισμούς είναι η μετάλλαξη του DNA τους. Μάλιστα, είναι τόσο ισχυρή που οι επιστήμονες τη χρησιμοποιούν σε εργαστήρια και υπό κατάλληλες συνθήκες για να επιτύχουν μεταλλάξεις γονιδίων. Πιο συγκεκριμένα, η UV-C αλλοιώνει το DNA σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτό σταδιακά να χάνει την ιδιότητά του να διαιρείται και να πολλαπλασιάζεται.

Συνεπώς, η τρύπα του όζοντος επιτρέπει την είσοδο των υπεριωδών ακτινοβολιών στην ατμόσφαιρα της Γης, προκαλώντας όλα αυτά τα προβλήματα στους ζωντανούς οργανισμούς. Ωστόσο, επιπτώσεις του φαινομένου αφορούν και το περιβάλλον.

Η επικρατέστερη άποψη είναι πως εφόσον το όζον, που απορροφά μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνεται, θα εισέρχεται περισσότερη θερμότητα στη Γη, η οποία σε συνδυασμό με το επίσης σοβαρό φαινόμενο του θερμοκηπίου, θα συντελεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας άρχισε να σχηματίζεται η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος ψύχει αντί να θερμαίνει τη Γη.

Πιο συγκεκριμένα, ο Ντέιβιντ Τόμσον, καθηγητής του Πολιτειακού Πανεπιστημίου του Κολοράντο, και ο Σούσαν Σόλομον, ανώτερος επιστήμονας ατμοσφαιρικής επιστήμης, διαπίστωσαν πως ενώ ο μέσος όρος θερμοκρασίας στον υπόλοιπο κόσμο τον προηγούμενο αιώνα αυξήθηκε, στην Ανταρκτική μειώθηκε, θέση την οποία υποστήριξε και ο Τζον Ι. Γουόλς, καθηγητής ατμοσφαιρικής επιστήμης στο Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις.

Ερεύνησαν έτσι τη σχέση της παρατήρησης αυτής με την όξυνση του φαινομένου της τρύπας του όζοντος στην περιοχή. Οι λόγοι για τους οποίους η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος αποτελεί αιτία ψύξης κι όχι θέρμανσης της Γης δεν εξαπλώθηκε, καθώς:

Η έρευνα έδειξε πως η ελάχιστη θερμοκρασία στην Ανταρκτική παρουσιάζεται έξι μήνες μετά την περίοδο έξαρσης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος κάθε χρόνο.

Θα έπρεπε να ληφθούν υπόψιν και άλλοι παράγοντες, όπως τα υποθαλάσσια ρεύματα.

Έτσι οι επιστήμονες συμφώνησαν πως το κλίμα της Ανταρκτικής δεν οφείλεται κατ' αποκλειστικότητα στην τρύπα του όζοντος, δεν αποκλείουν όμως το ενδεχόμενο να αποτελεί απλώς μια απ' τις αιτίες του.

1.4 Τρόποι Αντιμετώπισης

Στις 16 Σεπτεμβρίου του 1987 (από τότε η 16η Σεπτεμβρίου έχει ανακηρυχτεί από τον ΟΗΕ Παγκόσμια Ημέρα κατά της Τρύπας του Όζοντος) υπεγράφη από 46 χώρες το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η

σημαντικότερη και αποτελεσματικότερη πράξη αντιμετώπισης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος μέχρι σήμερα.

Στόχος του Πρωτόκολλου ήταν η σταδιακή εξάλειψη των CFC και άλλων ODS (Ozone Depleting Substances ή Ουσίες που φθείρουν το Όζον) όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) ή το μεθυλοβρωμίδιο (CH₃Br) για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της καταστροφής του όζοντος, που είχε ανακαλυφθεί πριν από δύο χρόνια. Ορίστηκε επίσης χρονοδιάγραμμα για την αποκατάσταση του όζοντος που είχε ήδη καταστραφεί.

Όποια χώρα υπογράψει το πρωτόκολλο, υποχρεούται αυτόματα στη διακοπή παραγωγής και κατανάλωσης CFC. Με τη συνεργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καταργήθηκε σταδιακά το 99% των χλωροφθορανθράκων οικιακής χρήσης, ενώ παράλληλα στόχευε με νομοθεσίες (όπως αυτή του 2006) να ρυθμίσει τη χρήση φθοριούχων αερίων από βιομηχανίες, που επίσης καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος.

Το καλοκαίρι του 2009 η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ έγινε οικουμενική, καθώς υπέγραψε και η τελευταία από τις 196 χώρες-μέλη του Ο.Η.Ε. Το 2010 ο Ο.Η.Ε. παρουσίασε έκθεση με τίτλο «Επιστημονική Εκτίμηση της Εξάντλησης του Όζοντος 2010» για την κατάσταση της τρύπας του όζοντος, σύμφωνα με την οποία τα νέα ήταν εξαιρετικά ευχάριστα.

Η τρύπα του όζοντος έχει πλέον σταματήσει να μεγαλώνει, αλλαγή η οποία συνέβαλε και στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εφόσον αυτή αποτελεί συνέπεια του φαινομένου.

Αν και τα αποτελέσματα της έκθεσης θα μπορούσαμε να πούμε ότι ήταν ενθαρρυντικά, ακόμα δεν έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση της τρύπας του όζοντος σε ικανοποιητικούς ρυθμούς. Σύμφωνα με υπολογισμούς, τα επίπεδα του όζοντος θα έχουν φτάσει εκείνα του 1980 γύρω στο 2075 σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2015.

1.5 Νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ζώνη

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 2037/2000 για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος, ισχύουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο τα εξής:

Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην ΕΕ	
1/1/2001	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης CFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό• Τα ανακτώμενα CFCs πρέπει να καταστρέφονται καταλλήλως• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας > 100 kW
1/7/2002	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέο εξοπλισμό ψυκτικής ικανότητας < 100 kW
1/1/2004	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης HCFCs σε νέα συστήματα inverter και αντλίες θερμότητας
1/1/2010	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης παρθένων HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό
1/1/2015	<ul style="list-style-type: none">• Απαγόρευση χρήσης όλων των HCFCs σε υπάρχοντα εξοπλισμό

Πίνακας 2: Χρονοδιάγραμμα κατάργησης CFCs & HCFCs στην Ε.Ε

Όπως πάντα οι κοινοτικοί κανονισμοί για το όζον τροποποιούνται επί το αυστηρότερον πάντα μετά από λίγα χρόνια. Λογικά λοιπόν, μετά την οριστική απαγόρευση της χρήσης CFCs, θα πρέπει να αναμένει κανείς απομάκρυνση και των HCFCs από την αγορά πολύ πιο σύντομα απ' ότι περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα.

Άλλωστε, η χρήση των HCFCs έχει ουσιαστικά απαγορευτεί στις νέες συσκευές κλιματισμού, δίνοντας τη θέση τους σε μία άλλη προβληματική κατηγορία ουσιών, τους υδροφθοράνθρακες (HFCs).

Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και ελέγχονται πλέον (όλοι, χωρίς εξαιρέσεις) από το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο κυρώθηκε από το ελληνικό Κοινοβούλιο στις 30/5/2002 και από την Ευρωπαϊκή Ένωση στις 31/5/2002. Τα HFCs αποτελούν σήμερα την αιχμή του δόρατος σε ότι αφορά τα βιομηχανικής προέλευσης "αέρια του θερμοκηπίου". Ενώ το 1990 οι ποσότητές τους στην ευρωπαϊκή αγορά ήταν σχεδόν μηδενικές, έφτασαν στους 37.500 τόνους το 1998 και εκτιμάται ότι εκτινάχθηκαν στους 129.000 τόνους ως το 2012.

Αν δεν ληφθούν επιπλέον μέτρα, εκτιμάται ότι τα λεγόμενα F-gases (HFCs, PFCs και SF₆, τα οποία όλα ελέγχονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο) θα αποτελούν το 15% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2040 και το 40% ως το 2100.

Η ίδια η βιομηχανία βέβαια εκτιμά ότι θα είναι μόλις το 3% όλων των αερίων του θερμοκηπίου ως το 2050, μια εκτίμηση όχι και τόσο ρεαλιστική αν αναλογιστεί κανείς πως ήδη αποτελούν το 3-5% σε ορισμένες χώρες (3,3% στην Ελλάδα για το έτος 2000) και, χωρίς λήψη μέτρων εφτασαν στο 4% όλων των αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ το 2010 (από 2% το 1995).

Ο παρακάτω πίνακας δίνει κάποιες πληροφορίες για τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μίγματα και ουσίες, κάνοντας αναφορά και στο λεγόμενο “δυναμικό υπερθέρμανσης” της κάθε ουσίας. Ως “δυναμικό υπερθέρμανσης” εννοούμε το πόσες φορές ισχυρότερο “αέριο του θερμοκηπίου” είναι ένα μόριο μιας ουσίας σε σχέση με ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα, του πιο γνωστού δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου.

Ιδιότητες υδροφθορανθράκων – HFCs			
Ουσία	Υποκατάστατο του...	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)	Σχόλια
R134a (HFC-134a)	R12 (CFC-12)	1.300	Ευρύτατα χρησιμοποιούμενο σε ψυγεία και κλιματισμό αυτοκινήτων.
R407c (μίγμα HFC-32, HFC-125, HFC-134a)	R22 (HCFC-22)	1.653	Χρήση σε κλιματιστικά
R410a (μίγμα HFC-32 & HFC-125)	Μόνο για νέες συσκευές	1.975	Χρήση σε κλιματιστικά
R413a (μίγμα FC-218, HFC-134a, HC-600a)	R12 (CFC-12)	1.760	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)
R417a (μίγμα HFC-134a, HC-600a)	R22 (HCFC-22)	1.950	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Forane FX90 (μίγμα HFC-125, HFC-134a, E170)	R22 (HCFC-22)	2.400	Άμεση υποκατάσταση του R22 σε παλιές συσκευές (drop-in)
Isceon 39TC (μίγμα HFC-134a, R227ea)	R12 (CFC-12)	1.940	Άμεση υποκατάσταση του R12 σε παλιές συσκευές (drop-in)

Πίνακας 3: Ιδιότητες Υδροφθορανθράκων – HFCs

Το R600a έχει κυριαρχήσει σήμερα στην αγορά των οικιακών ψυγείων. Πάνω από 100 εκατομμύρια ψυγεία με ψυκτικό μέσο υδρογονάνθρακες κυκλοφορούν σήμερα διεθνώς (κυρίως στην Ευρώπη, αλλά πλέον και στις ασιατικές αγορές και την Αυστραλία). Έρευνα της Greenpeace για την ελληνική αγορά (Ιούνιος 2002) έδειξε ότι τουλάχιστον 260 μοντέλα

ψυγείων (περίπου το 60% όλων των μοντέλων της αγοράς) χρησιμοποιούν σήμερα για ψυκτικό το R600a (τα υπόλοιπα χρησιμοποιούν τον υδροφθοράνθρακα R134a).

R600a χρησιμοποιούν επίσης και όλα τα μοντέλα (46) που κατασκευάζονται σήμερα στην Ελλάδα από την εταιρία BSP. Να σημειωθεί ότι τα ψυγεία με R600a είναι αποδοτικότερα κατά 20% περίπου σε σχέση με τα αντίστοιχα με R134a, ενώ είναι και λιγότερο θορυβώδη. 18 Πιο αποδοτικοί ενεργειακά (σε ποσοστά της τάξης του 10-40%) αποδεικνύονται οι υδρογονάνθρακες και σε εμπορικές εφαρμογές ψύξης (π.χ. σε ψυγεία βιτρίνες ή επαγγελματικά ψυγεία παγωτού).

CFCs	HCFCs	HFCs	Προτεινόμενα υποκατάστατα
R11	R123 R141b	R134a R245ca	R718
R12	R401a, R401b R405a R409a R142b	R134a R152a R413a R407d	CARE 30 R600a R270 R729 R717 R744
R13/R503	-	R23 R14 R508b	R170
R114	R124	R236fa	R717 R744
R500	R401b R409b	R134a R407d R413a	R717 R744
R502	R402a, R402b R408a R403a, R403b R411b	R404a R407a, R407b R507 R32	CARE 50 R1270 R717 R744
R13b1	R403b	R125 R32 R410a Isceon 89	R170 R1270
Τα ψυκτικά άμεσης υποκατάστασης (drop-in) αναγράφονται με πλάγιους χαρακτήρες	R22	R407c R410a R32 Isceon 59 HR50 G2032	R290 CARE 50 R717 R744

Πίνακας 4: Περιβαλλοντική προτίμηση για ψυκτικά

Για σύγκριση αναφέρουμε πως το δυναμικό υπερθέρμανσης του ισοβουτανίου (R600a) και του προπανίου (R290), των πιο συχνά χρησιμοποιούμενων ως ψυκτικών υδρογονανθράκων, είναι:

Εφαρμογή	Δυναμικό υπερθέρμανσης (για χρονικό ορίζοντα 100 ετών)
Παραγωγή και διακίνηση HFCs	1.300
HFC-23	11.700
Εξηλασμένη πολυστερίνη	1.180
Αφροί πολυουρεθάνης	815
Οικιακή ψύξη	1.300
Εμπορική ψύξη	2.700
Κλάδος τροφίμων, αγροτικών προϊόντων και βιομηχανία εν γένει	2.200
Κλιματισμός με ψύκτες νερού	2.600
Κλιματισμός αυτοκινήτων	1.300
Σπρέυ	1.300
Αερολύματα για εισπνοή σταθερών δόσεων (για ιατρική χρήση)	2.500
Πυροσβεστήρες	2.900
Διαλύτες	810

Πίνακας 5: Μέσο τομεακό δυναμικό υπερθέρμανσης για τις περιπτώσεις όπου γίνεται χρήση HFCs

Σε ότι αφορά το τεχνικό μέρος, αξίζει να επισημάνουμε ότι, σε αντίθεση με τους υδρογονάνθρακες τα HFCs δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με τα παλαιά ψυκτέλαια με τα οποία ήταν συμβατά τα CFCs και HCFCs.

Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε μετατροπή παλαιών συσκευών για να χρησιμοποιούν HFCs έχει ένα επιπλέον κόστος για την αλλαγή των ψυκτελαίων με πολυεστερικά έλαια.

Τέλος, να τονίσουμε ότι η αποδοτικότητα των συσκευών που κάνουν χρήση HFCs είναι τις περισσότερες φορές μικρότερη από την αντίστοιχη συσκευών που χρησιμοποιούν εναλλακτικά ψυκτικά ή άλλες τεχνικές ψύξης. Χαρακτηριστικό είναι επίσης πως τα ψυγεία με R134a είναι περισσότερο θορυβώδη από αυτά που έχουν ως ψυκτικό το ισοβουτάνιο (R600a).

Τυπικές ετήσιες διαρροές HFCs κατά τη χρήση ^(8,9,10,11)	
Οικιακή ψύξη	1%
Ψύκτες	10%
Εμπορικές εφαρμογές	10-25%
Φορτηγά ψυγεία	30%
Κλιματισμός αυτοκινήτων	8-30%

Πίνακας 6: Τυπικές ετήσιες διαρροές HFCs κατα την χρήση.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, αρκετές χώρες έχουν ήδη προχωρήσει σε μέτρα περιορισμού των HFCs. Η ΕΕ πρότεινε τον

Αύγουστο του 2003 σχετική νομοθεσία η οποία, αν και εξαιρετικά ανεπαρκής, θέτει εν τούτοις για πρώτη φορά περιορισμούς στη χρήση των λεγόμενων F-gases, με πιο σημαντικό μέτρο αυτό της απαγόρευσης των HFCs σε κλιματιστικά αυτοκινήτων ως το 2012.

Σε εθνικό επίπεδο, η Δανία έχει ως στόχο την πλήρη κατάργηση της χρήσης HFCs (αλλά και των άλλων F-gases) ως το 2006, ενώ από τον Απρίλιο του 2001 έχει επιβάλλει φόρο 13,5 € ανά κιλό σε όλα τα F-gases και από 1-1-2004 επιβάλλει φόρο 31 € ανά κιλό για τον ευρύτατα διαδεμένο υδροφθοράνθρακα R- 134a. Η Αυστρία αποφάσισε το 2002 να απαγορεύσει τη χρήση των HFCs μετά το 2008, ενώ τον Απρίλιο της ίδιας χρονιάς η Ελβετία ανακοίνωσε τα δικά της μέτρα περιορισμού των F-gases με χρονοδιαγράμματα για την σταδιακή απαγόρευση της χρήσης HFCs σε ψυκτικά μηχανήματα.

Η Γαλλία έχει επιβάλλει περιβαλλοντικό φόρο στη χρήση HFCs, η Ολλανδία έχει θέσει ποσοτικούς στόχους για τη μείωση της χρήσης HFCs, ενώ το σχέδιο δράσης της βρετανικής κυβέρνησης για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών θεωρεί τα HFCs ως μη βιώσιμη λύση.

Η Γερμανία τέλος έχει ξεκινήσει διαβουλεύσεις με κοινωνικούς φορείς για την ολοκλήρωση μιας εθνικής πολιτικής περιορισμού των F-gases. Παράλληλα, αρκετές χώρες προσπαθούν να περιορίσουν τη χρήση HFCs μέσω ειδικής σήμανσης των προϊόντων (η Αυστρία π.χ. σκοπεύει να επιβάλλει ειδική ετικέτα για τα μονωτικά που έχουν διογκωθεί με HFCs, ενώ η Γερμανία χρησιμοποιεί τη σήμανση των ψυγείων που είναι ελεύθερα από HFCs).

Σε ότι αφορά στη σήμανση προϊόντων, να επισημάνουμε ότι τα μόνα ψυγεία που δικαιούνται να φέρουν το Οικολογικό Σήμα της ΕΕ, είναι τα ενεργειακά αποδοτικά ψυγεία με ψυκτικό μέσο που δεν απειλεί το όζον και το κλίμα. Κανένα ψυγείο με HFCs δεν μπορεί να φέρει αυτό το σήμα.

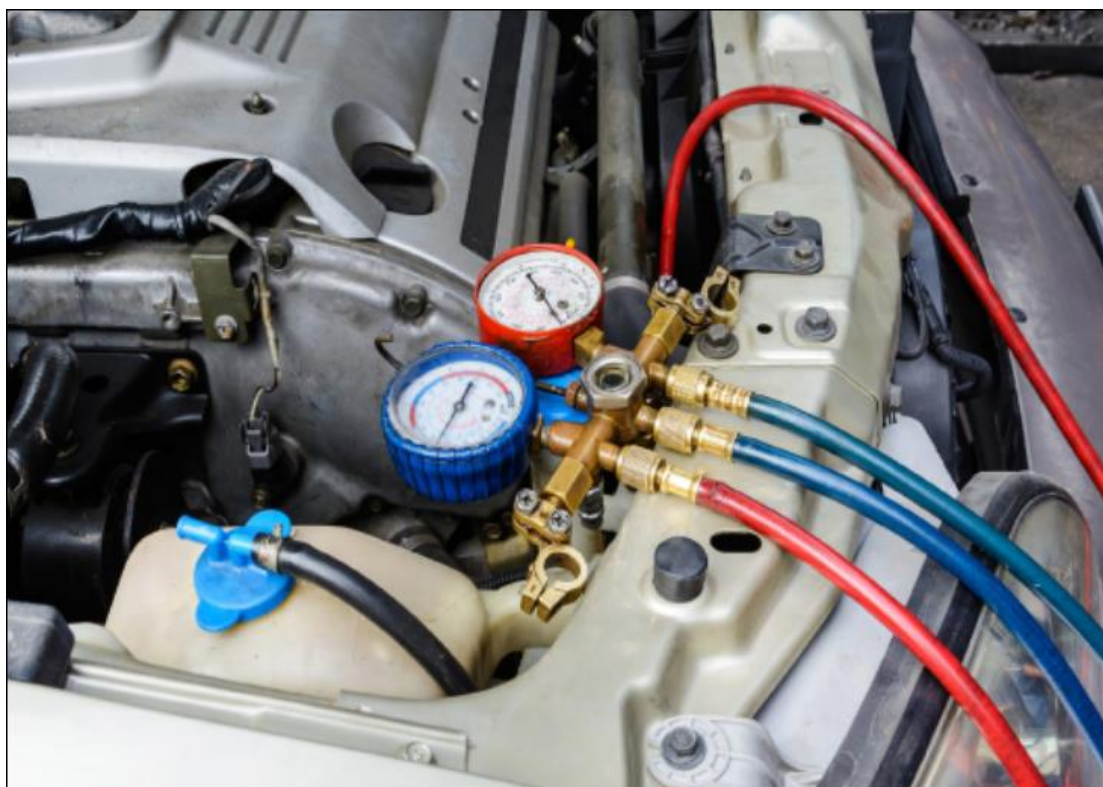


Εικόνα 3: Μόνο τα ενεργειακά αποδοτικά ψυγεία με ψυκτικό μέσο που δεν απειλεί το όζον και το κλίμα μπορούν να φέρουν το Οικολογικό Σήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Παράλληλα, πολλές μεγάλες πολυεθνικές εταιρίες (όπως π.χ. η Coca Cola, η Unilever, και η McDonalds) έχουν δεσμευτεί πως θα προωθήσουν τεχνολογίες ψύξης φιλικές προς το περιβάλλον, αποφεύγοντας τη χρήση HFCs. Ήδη, οι εταιρίες αυτές έχουν ήδη επιδείξει τις πρώτες εφαρμογές, αποδεικνύοντας πως οι εναλλακτικές λύσεις είναι τεχνικά εφικτές και οικονομικά ρεαλιστικές, ανοίγοντας έτσι το δρόμο και για άλλες εμπορικές επιχειρήσεις.

1.6 Χρήσεις του R1234yf

Το ψυκτικό μέσο R1234yf χρησιμοποιείται στα συστήματα κλιματισμού κατά κύριο λόγο στα συστήματα κλιματισμού αυτοκινήτων. Στο υποκέφαλαlio αυτό θα πούμε σε ποια είδη αυτοκινήτων χρησιμοποιείται, πως γίνεται αυτό και ποιες οι ομοιότητες και οι διαφορές με το R134a.



Εικόνα 4: Τοποθέτηση μονόμετρου σε κλιματιστικό αυτοκινήτου

1.6.1 Ομοιότητες και διαφορές

Το ψυκτικό μέσο R134a που είχε επιλέξει μέχρι σήμερα η αυτοκινητοβιομηχανία, έχει δείκτη (δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη) $GWP=1.430$, ενώ το νέο ψυκτικό μέσο R1234yf έχει $GWP=150$. Με βάση το CO_2 που έχει $GWP=1$, το CO_2 παραμένει στην ατμόσφαιρα 1 ημέρα, ενώ, το νέο ψυκτικό R1234yf παραμένει 11 ημέρες και το R134a θα υπάρχει επί 13 χρόνια!

Όπως είναι γνωστό εδώ και 20 χρόνια, το ψυκτικό υγρό R134a που χρησιμοποιείται στα συστήματα A/C των περισσότερων αυτοκινήτων έως και σήμερα, είναι 1.430 φορές πιο επιβλαβές στην ατμόσφαιρα από το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Όμως, τα νέα οχήματα υποχρεούνται από τη νομοθεσία της ΕΕ, να χρησιμοποιούν ένα πιο οικολογικό ψυκτικό μέσο, το οποίο είναι το HFO-1234yf ή R1234yf.

Σε σύγκριση με την εξέλιξη των σημερινών οχημάτων και την πρόοδο που έχει σημειωθεί στις ιδιότητες των άλλων πρόσθετων υγρών και λιπαντικών που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, η αλλαγή στα ψυκτικά μέσα των συστημάτων κλιματισμού έχει ήδη

καθυστερήσει. Το 2011 τέθηκε σε ισχύ η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/40/ΕΚ.

Η νέα Οδηγία προβλέπει όπως, όλα τα καινούρια αυτοκίνητα και ελαφρά φορτηγά που κατασκευάζονται και τίθενται σε κυκλοφορία στις χώρες της ΕΕ και είναι εξοπλισμένα με κλιματισμό (A/C), χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο με δείκτη δυναμικής θέρμανσης του πλανήτη GWP ίσο με 150 ή χαμηλότερο.

Η κλίμακα GWP μετράει πόση ενέργεια απορροφά ένα αέριο σε σύγκριση με την ίδια ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) σε διάστημα 100 ετών. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός GWP, τόσο μεγαλύτερο είναι το πρόβλημα.

Το CO₂ έχει GWP=1, συνεπώς, το όριο που θέτει η ευρωπαϊκή οδηγία για τα νέα ψυκτικά μέσα, επιτρέπει να είναι τα αέρια μέχρι 150 φορές πιο επιβλαβή για την ατμόσφαιρα από όσο είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

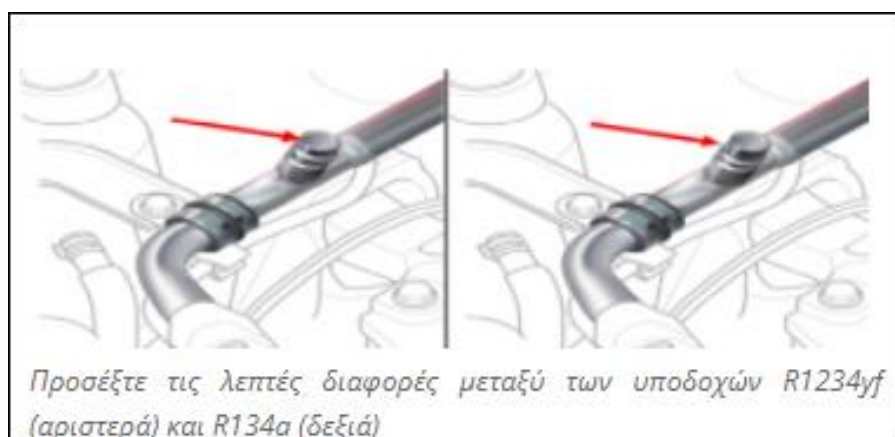
Τα σχέδια του εξατμιστή (evaporator) πρέπει να πληρούν το πρότυπο SAE J2842. Επειδή όμως το R1234yf είναι πιο «σκληρό» από το R134a με τους εξατμιστές, αυτό το νέο πρότυπο καθιερώθηκε για να αποφευχθεί η φθορά και η πρόωρη βλάβη τους.

Για τα συστήματα A/C λοιπόν, είχε φτάσει η ώρα να επιλεγεί ένα νέο ψυκτικό μέσο για να αντικαταστήσει το R134a το οποίο να πληροί τις απαιτήσεις που ορίζει η Οδηγία της ΕΕ. Αρχικά εξετάστηκε το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) λόγω του εξαιρετικά χαμηλού GWP=1. Όμως, τα αποτελέσματα των δοκιμών κατέδειξαν ότι είχε πολύ χαμηλή απόδοση σε πολύ ζεστά κλίματα και απαιτούσε πολύ υψηλότερες πιέσεις λειτουργίας. Τελικά εντοπίστηκε ένα νέο ψυκτικό μέσο. Αυτό είναι το HFO-1234yf ή R1234yf, όπως είναι ευρέως γνωστό, το οποίο έχει GWP=150

Όταν εισήχθη για πρώτη φορά στην αυτοκινητοβιομηχανία το R1234yf, υπήρχαν ανησυχίες για την ασφάλεια όσον αφορά την σχετική ευφλεκτότητα του νέου ψυκτικού μέσου.

Ωστόσο, λόγω των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων ενός αερίου με τόσο χαμηλό αντίκτυπο στην ατμόσφαιρα, επινοήθηκαν απλές λύσεις που κατέστησαν ασφαλή τη χρήση αυτού του αερίου. Για να διασφαλιστεί ότι τα συνεργεία επισκευής θα γνωρίζουν το πόσο εύφλεκτο είναι το R1234yf, οι ετικέτες επισήμανσης του ψυκτικού μέσου φέρουν το σήμα της φλόγας και ορισμένοι κατασκευαστές έχουν συμπεριλάβει αυτό το σύμβολο στο βιδωτό πώμα σύνδεσης των στομιών πλήρωσης του συστήματος.

Οι υποδοχές σύνδεσης των συσκευών πλήρωσης είναι σχεδόν πανομοιότυπες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα R134a, αλλά υπάρχουν λεπτές διαφορές που διασφαλίζουν ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά υγρά πλήρωσης R1234yf ώστε να αποφευχθεί η ενδεχόμενη μόλυνση του συστήματος, καθώς αυτά τα δύο διαφορετικά ψυκτικά δεν μπορούν να αναμιχθούν χωρίς συνέπειες.



Εικόνα 5: Διαφορές μεταξύ R1234yf και R134a

Εκτός από το διαφορετικό σχέδιο των στομιών πλήρωσης, υπάρχουν και άλλες διαφορές που αναφέρονται στη συνέχεια, όπως υπάρχουν ομοιότητες και διαφορές στις διαδικασίες του σέρβις.

1.6.2 Συστήματα A/C R134a και R1234yf: Διαφορές και ομοιότητες χαρακτηριστικών

- Υπάρχουν ελαφρές σχεδιαστικές διαφορές που έχουν προκύψει λόγω των προδιαγραφών σχεδιασμού ορισμένων εξαρτημάτων όπως οι εκτονωτικές βαλβίδες, οι εξατμιστές και οι συμπυκνωτές.
- Στα συστήματα κλιματισμού των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν R1234yf, έχουν προσθέσει στη γραμμή αναρρόφησης έναν

εναλλάκτη θερμότητας με δύο ομόκεντρους θαλάμους, που είναι επίσης γνωστός ως εσωτερικός εναλλάκτης θερμότητας. Στον εσωτερικό θάλαμο υπάρχει υγρό ψυκτικό από το συμπυκνωτή, ενώ στον εξωτερικό υπάρχει το αέριο ψυκτικό που βγαίνει από τον εξατμιστή. Αυτό είναι ένα πρόσθετο εξάρτημα που θα το βρείτε πριν από την εκτονωτική βαλβίδα. Το εξάρτημα συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη αλλαγή κατάστασης του ψυκτικού μέσου από υγρή σε αέρια μορφή και χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της συνολικής απόδοσης της μονάδας.

Αυτόν τον εναλλάκτη, μπορεί ορισμένοι επισκευαστές που ασχολούνται με το σέρβις A/C να το έχουν παρατηρήσει στα νεότερα μοντέλα κλιματισμού με R134a. Στο σημείο αυτό δεν υπάρχουν κινητά μέρη, καθώς το εξάρτημα είναι μέρος της γραμμής σωλήνωσης.

- Οι πιέσεις και οι θερμοκρασίες λειτουργίας του R1234yf είναι παρόμοιες με εκείνες του R134a. Αυτό έγινε σκόπιμα για να γίνει ομαλά και εύκολα η μετάβαση από το ένα ψυκτικό μέσο στο άλλο.
- Το R1234yf χρησιμοποιεί λάδι PAG, όπως και το R134a, αλλά σημειώστε ότι χρησιμοποιεί διαφορετικό τύπο λαδιού PAG. Πριν προστεθεί λάδι, επιβάλλεται να διαβάσει κανείς τις αυτοκόλλητες ετικέτες στο χώρο του κινητήρα ή να συμβουλευτεί το εγχειρίδιο οδηγιών.
- Το R1234yf ανήκει στην κατηγορία των αναφλέξιμων υλικών και υπάγεται στους σχετικούς κανονισμούς ασφαλείας.

Χαρακτηριστικά βασικού εξοπλισμού service

Αν σκοπεύει κανείς να ασχοληθεί με την επισκευή συστημάτων R1234yf, πρέπει να γνωρίζει ότι θα χρειαστεί να εξοπλιστεί με νέα μηχανήματα που είναι τουλάχιστον τα εξής:

- Μηχάνημα ανάκτησης / εκκένωσης / πλήρωσης R1234yf που να καλύπτει την προδιαγραφή SAE J2843. Περισσότερες πληροφορίες για τα ειδικά χαρακτηριστικά τους πρέπει να ζητηθούν από τους προμηθευτές αυτών των μηχανημάτων.

- Μηχάνημα ανάλυσης / ταυτοποίησης ψυκτικού μέσου ανεξάρτητο ή ενσωματωμένο στο μηχάνημα σέρβις με ενημέρωση βάσης δεδομένων μέσω θύρας USB, σύμφωνα με το πρότυπο SAE J2927.
- Ανιχνευτή διαρροής για R1234yf με πιστοποίηση SAE J2913.

1.6.3 Σε ποια αυτοκίνητα χρησιμοποιείται το R1234yf

Μέχρι σήμερα, το R1234yf χρησιμοποιείται στα πιο κάτω αυτοκίνητα:

- ✓ BMW i3 Electric
- ✓ Citroën C4, Elysée
- ✓ Fiat 500
- ✓ Ford Transit
- ✓ Great Wall Motor Company Limited – Voleex C30
- ✓ Honda Fit EV
- ✓ Hyundai Santa Fe, i30
- ✓ Infinity Q50
- ✓ Jaguar F Type
- ✓ Jeep Cherokee,
- ✓ Kia Sorento, Optima, Carenz, Cee'd2
- ✓ Lexus GS450h
- ✓ Mazda CX-5
- ✓ Mitsubishi Mirage
- ✓ Opel Mokka
- ✓ Peugeot 301, 308
- ✓ Range Rover and Range Rover Sport
- ✓ Renault Zoe 3
- ✓ SAIC Motor Corporation Limited MG350/Rover 350
- ✓ Subaru BRZ, Forrester, Impreza, XV
- ✓ Tesla Model S
- ✓ Toyota Yaris HSD, Prius Plus, GT86

1.7 GWP και ODP

Το μέγεθος ODP (Ozone Depleting Potential) είναι ένας συντελεστής που εκφράζει την δράση στο στρώμα του όζοντος από ουσίες που περιέχουν χλώριο, ενώ τα αέρια που συμβάλλουν στο φαινόμενο του Θερμοκηπίου χαρακτηρίζονται από το παγκόσμιο δυναμικό για την

συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου GWP (Global warming Potential).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1: Η έννοια του ψυκτικού ρευστού (μέσου)

Κατά την ψύξη, ψυκτικό μέσο ονομάζεται κάθε είδος ρευστού, το οποίο έχει την ιδιότητα να ψύχει μέσω της απορρόφησης θερμότητας, ένα άλλο σώμα. Σε έναν κύκλο ψύξης με συμπίεση το ψυκτικό μέσο είναι εκείνο το υλικό το οποίο ατμοποιείται εναλλάξ μέσω της απορρόφησης θερμότητας και συμπυκνώνεται δια της αποβολής της θερμότητας.

Για να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο ρευστό ως ψυκτικό θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες φυσικές, χημικές και θερμοδυναμικές ιδιότητες, τέτοιες ώστε να καθίσταται, τόσο ασφαλές, όσο και οικονομικό για την χρήση του.

Να σημειώσουμε επίσης ότι δεν υπάρχει ιδανικό ψυκτικό μέσο, λόγω του μεγάλου εύρους των εφαρμογών στην ψύξη: δεν γίνεται να βρεθεί ψυκτικό το οποίο να είναι κατάλληλο για όλες τις ειδικές περιπτώσεις που θα προκύπτουν. Έτσι ένα ψυκτικό μπορεί να θεωρηθεί ιδανικό όταν αυτό ικανοποιεί τις ειδικές ανάγκες και απαιτήσεις συγκεκριμένης περίπτωσης εφαρμογής ψύξης.

2.1.1: Φυσική και μηχανική ψύξη

Μία διαδικασία ψύξης όπως θα δούμε παρακάτω είναι:

Η **φυσική ψύξη** είναι η αφαίρεση της θερμότητας από ένα χώρο ή υλικό και επιτυγχάνεται με την χρήση μη μηχανικών μέσων, π.χ. ψύξη με

πάγο, όπου η τοποθέτηση ενός τεμαχίου πάγου μέσα σε ένα δοχείο πλήρως γεμάτο με νερό, θα προκαλέσει την τήξη του πάγου και την μείωση της θερμοκρασίας του νερού, γιατί το ποσό της θερμότητας που απορρίφθηκε από τον πάγο για να λιώσει, το πήρε από το νερό του δοχείου.

Από την άλλη μεριά, **μηχανική ψύξη** καλείται η μέθοδος εκείνη που προκειμένου να μειώσει την θερμοκρασία ενός χώρου χρησιμοποιεί μηχανικά μέσα όπως οικιακά ψυγεία, κλιματισμό, βιομηχανική ψύξη, ψύξη μηχανών αυτοκινήτου κ.λπ.

2.1.2: Πρωτεύοντα και δευτερεύοντα ψυκτικά μέσα

Τα ψυκτικά ρευστά που υπάρχουν διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Τα πρωτεύοντα
- Τα δευτερεύοντα

Τα **πρωτεύοντα** ψυκτικά μέσα, είναι χημικές ενώσεις, κυρίως του μεθανίου (CH_4) και του αιθανίου (C_2H_6), με χλώριο ή φθόριο ή και μίγματα τέτοιων ενώσεων. Ονομάζονται έτσι γιατί ατμοποιούνται μέσα σε έναν ατμοποιητή ο οποίος βρίσκεται μέσα στον χώρο τον οποίο πρόκειται να ψύξουν.

Τα **δευτερεύοντα** ψυκτικά μέσα, είναι αυτά όπως το νερό, οι άλμες, διάφορες αλκοόλες κ.λπ. Ονομάζονται έτσι γιατί αυτά ψύχονται σε διαφορετικό χώρο και ύστερα οδηγούνται στον χώρο που επιθυμούμε να ψύξουμε.

Τα πρωτεύοντα ψυκτικά διακρίνονται ανάλογα με την χημική τους σύσταση σε:

- Χλωρο-φθοράνθρακες (CFCs)
- Υδρογόνο-χλωρο-φθοράνθρακες (HCFCs)
- Υδρογόνο-φθοράνθρακες (HFCs)

2.1.2.1: Χλωρο-φθοράνθρακες (CFCs)

Οι χλωρο-φθοράνθρακες ψυκτικές ουσίες, όπως τα R11, R12, R13, R114 και R115 έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε βιομηχανίες κλιματισμού ή ψύξης. Ένα μόριο ενός ή δύο ανθράκων και όλα τα άτομα του υδρογόνου αντικαθίστανται είτε από χλώριο είτε από άτομα φθορίου. Λόγω της περιεκτικότητάς τους σε χλώριο, αυτές οι ουσίες έχουν διαφορετικές τιμές ODP (Ozone Depletion Potential) από το μηδέν.

Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ επιβάλλει την αποβολή των ουσιών που συμβάλλουν στη μείωση του όζοντος, ενισχύθηκε δε στη συνεδρίαση του Λονδίνου το 1990 και επιβεβαιώθηκε στη συνεδρίαση της Κοπεγχάγης το 1992. Σύμφωνα με την διεθνή αυτή συμφωνία, η παραγωγή των CFCs στις βιομηχανικές χώρες καταργήθηκε σταδιακά από την 1^η Ιανουαρίου του 1996. Όσον αναφορά τις αναπτυσσόμενες χώρες προέβλεπε την κατάργησή τους σταδιακά ως το 2010.

Η παραγωγή αυτών των χημικών ουσιών απαγορεύεται πλέον στις χώρες εκείνες που υπέγραψαν υπέρ του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ. Σημαντικά ποσά ωστόσο παράγονται ακόμα σε μερικές τρίτες χώρες που δεν υπέγραψαν το πρωτόκολλο αυτό και διακινούνται παράνομα ανάμεσα σε ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες για τον λόγο ότι συνδυάζουν την υψηλή απόδοση στα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται, ενώ ταυτόχρονα έχουν πολύ χαμηλή τιμή, εντείνοντας έτσι το ήδη αμβλυμένο θέμα της μείωσης του όζοντος.

2.1.2.2: Υδρογόνο-χλωρο-φθοράνθρακες (HCFCs)

Οι ψυκτικές ουσίες HCFCs όπως είναι τα ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούμενα R22 και R123 έχουν πιο σύντομη ατμοσφαιρική ζωή και χαμηλότερες τιμές ODP από τις CFCs. Προκύπτουν από το μόριο ενός ή δύο ανθράκων, με μερικά άτομα από αυτά του υδρογόνου να αντικαθίστανται είτε από ένα άτομο χλωρίου είτε από ένα άτομο φθορίου.

Με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ περιορίστηκε η παραγωγή HCFCs, με την υιοθέτηση ενός ορίου (cap) στην κατανάλωσή τους, με ημερομηνία αρχής την 1^η Ιανουαρίου 1996 που ισοδυναμούσε με

ποσοστό 2,8% επί του επιπέδου κατανάλωσης των CFCs κατά το 1989 αθροιζόμενο με το επίπεδο κατανάλωσης των HCFCs επίσης κατά το ίδιο έτος του 1989.

Ύστερα ακολούθησε μια μείωση της τάξης του 35% από το cap μέχρι την 1^η Ιανουαρίου 2004, ενώ αναμένετε να ακολουθήσει μείωση της τάξης του 65% από το cap μέχρι την 1^η Ιανουαρίου 2010, έπειτα μείωση κατά 90% μέχρι 1^η Ιανουαρίου 2015, μείωση κατά 99,5% μέχρι την 1^η Ιανουαρίου 2020 μέχρι να επέλθει η οριστική κατάργησή τους μέχρι 1^η Ιανουαρίου 2030. Στο ενδιάμεσο διάστημα μεταξύ 2020 και 2030, τα HCFCs θα μπορούν μόνο να χρησιμοποιηθούν για συντήρηση στους ήδη υπάρχοντες και νέους εξοπλισμούς.

2.1.2.3: Υδρογόνο-φθοράνθρακες (HFC's)

Αυτές οι ψυκτικές ουσίες όπως τα R32, R124, R125, R134a δεν περιέχουν κανένα άτομο χλωρίου, έτσι το ODP τους είναι μηδέν. Προκύπτουν από μόριο ενός ή δύο ανθράκων, με μερικά από τα άτομα υδρογόνου να αντικαθίστανται από άτομα φθορίου.

Αυτά τα άτομα που προκύπτουν ασκούν αμελητέα επίδραση στο στρώμα του όζοντος. Παρόλα αυτά, οι πολυάριθμοι ισχυροί δεσμοί φθορίου-άνθρακα απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία καθώς τα μόριά τους παραμένουν στην χαμηλότερη ατμόσφαιρα, προσδίδοντας στις ουσίες αυτές μια σημαντική τιμή δυναμικού επιβάρυνσης του φαινομένου του θερμοκηπίου (GWP: Global warming Potential).

2.1.3: Τα κλασικά και σύγχρονα ψυκτικά μέσα

Ένας άλλος τρόπος διάκρισης των ψυκτικών μέσων με αφετηρία την χρονική εμφάνισή τους ως φορέων ψύξης, ήταν μέχρι και πριν λίγα χρόνια σε κλασικά και σύγχρονα.

Ως κλασικά θεωρούνται οι ενώσεις:

Αμμωνία	NH ₃	R-717
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	R-744
Διοξείδιο του θείου	SO ₂	R-764
Διοξείδιο του αζώτου	NO ₂	R-744a
Διχλωριούχο αιθύλιο	C ₂ H ₂ Cl ₂	R-1130
Τριχλωριούχο αιθύλιο	C ₂ HCl ₃	R-1120

Χλωριούχο αιθύλιο	CH ₂ Cl ₂	R-30
-------------------	---------------------------------	------

Πίνακας 7:Κλασικά και σύγχρονα ψυκτικά μέσα

Τα σύγχρονα ή οικολογικά ψυκτικά ρευστά τα οποία άρχισαν να χρησιμοποιούνται τα τελευταία 40 χρόνια, είναι περισσότερο φιλικά στο περιβάλλον. Είναι πολλά και αναφέρονται ως σειρά του 600 στην αριθμητική ταξινόμηση και συντίθενται κυρίως από:

- Μεθάνιο και παράγωγα μεθανίου (ελεύθερα φθορίου)
- Φθοριούχα παράγωγα μεθανίου
- Αιθάνιο και παράγωγα αιθανίου (ελεύθερα φθορίου)
- Φθοριούχα και παράγωγα αιθανίου
- Προπάνιο και παράγωγα προπανίου
- Βουτάνιο και παράγωγα βουτανίου
- Αιθυλένιο και παράγωγα αιθυλενίου
- Προπυλένιο
- Κυκλικοί υδρογονάνθρακες και αλογονίδιά τους
- Αιθέρας
- Αλιφατικές αμίνες
- Μυρμητικό μεθύλιο

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε ενδεικτικά κάποια από τα ψυκτικά μέσα από κάθε κατηγορία, δηλαδή χλωρό-φθορο-άνθρακες (CFCs), υδρογόνο-χλωρό-φθορο-άνθρακες(HCFCs), υδρογόνο-φθορο-άνθρακες (HFCs), υδρογόνο-άνθρακες (HCs), ανόργανες ενώσεις και υδρογόνο-φθορο-ολεφίνες (HFOs).

Το ψυκτικό μέσο R12 (CFC): Το διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο είναι ένα άχρωμο αέριο το οποίο είναι γνωστό ως **Freon-12** και χλωρο-φθορο-ανθρακούχο αλογομεθάνιο, το οποίο χρησιμοποιείται ως ψυκτικό και προωθητικό ψεκασμού αερολύματος.

Συμμορφούμενο με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η κατασκευή του είχε απαγορευθεί στις ανεπτυγμένες χώρες το 1996, και στις αναπτυσσόμενες χώρες το 2010, λόγω ανησυχιών για τις επιπτώσεις του στην τρύπα του όζοντος.

Η μόνη επιτρεπόμενη χρήση του είναι ως επιβραδυντικό φωτιάς σε υποβρύχια και αεροσκάφη. Είναι διαλυτό σε πολλά οργανικά διαλυτικά μέσα. Το διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο ήταν ένα από τα αυθεντικά προωθητικά για τη **silly string (σερπαντίνα)**, η οποία είναι εύκαμπτη, μερικές φορές φωτεινά χρωματισμένη, πλαστική «χορδή» η οποία προωθείται ως ρεύμα υγρού από ένα δοχείο αερολύματος. Κύλινδροι αποθήκευσης με R12 είναι χρωματισμένοι λευκοί.

Από την άποψη πρόκλησης άμεσου κινδύνου, όπως για παράδειγμα σε περίπτωση φωτιάς, γνωρίζουμε πως το ψυκτικό μέσο για το οποίο μιλάμε δεν είναι καύσιμο αλλά εκπέμπει ερεθιστικούς και τοξικούς καπνούς ή αέρια.

Σε κατάσταση πρόκλησης φωτιάς φροντίζουμε ο κύλινδρος να διατηρείται κρύος ψεκάζοντάς τον με νερό. Από την άλλη μεριά σε περίπτωση έκθεσης της ανθρώπινης υγείας σε αυτές τις συνθήκες, συγκεκριμένα για την έκθεση του αναπνευστικού συστήματος στο ψυκτικό αυτό μέσο προκαλεί αρρυθμίες στην καρδιά, υπνηλία και έλλειψη των αισθήσεων του.

Σε περίπτωση έκθεσης του δέρματος σε αυτό το ψυκτικό και επαφή αυτού με υγρό, μπορεί να προκαλέσει κρυοπαγήματα, ενώ μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό και πόνο στα μάτια.

Για την αποφυγή αυτών των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού πρέπει να χρησιμοποιείται αερισμός, τοπικός εξαερισμός ή προστασία του αναπνευστικού, χρήση ψυχομονωτικών γαντιών και χρήση ειδικών γυαλιών για την προστασία των ματιών ενώ φρόνιμο θα ήταν να αποφεύγεται η κατανάλωση φαγητού, ποτού ή τσιγάρου κατά την διάρκεια της εργασίας.

Σε περίπτωση προσβολής τελικά του αναπνευστικού οι πρώτες βοήθειες που πρέπει να δοθούν είναι η παροχή αιθέρα και ξεκούρασης, τεχνητή αναπνοή αν έχει χάσει τις αισθήσεις του και ιατρική παρακολούθηση.

Για το κρυοπάγημα απαιτείται παροχή άφθονου νερού, να μην βγουν τα ρούχα και να υπάρχει ιατρική παρακολούθηση, ενώ για τα μάτια

χρειάζεται πλύση τους με νερό για αρκετά λεπτά και αν χρησιμοποιούνται φακοί επαφής είναι καλό να βγουν αν είναι δυνατόν. Από περιβαλλοντικής άποψης, η ουσία αυτή είναι ιδιαίτερα επιβλαβής και επιβαρύνει την τρύπα του όζοντος.

Το ψυκτικό μέσο R22 (HCFC): Το διχλωρο-φθορο-μεθάνιο είναι υδρογονο-χλωρο-φθορο-άνθρακας. Το ψυκτικό αυτό μέσο είναι άχρωμο αέριο το οποίο είναι πιο γνωστό ως HCFC-22 ή R22. Συνήθως χρησιμοποιείται ως προωθητικό ή ψυκτικό μέσο.

Αυτές οι πρακτικές εφαρμόζονται σε ανεπτυγμένες χώρες λόγω του δυναμικού εξάντλησης του όζοντος (ODP) και της υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP), παρόλο που εξακολουθεί να υφίσταται αύξηση της χρήση του ψυκτικού R22 στον πλανήτη, λόγω της υψηλής ζήτησης σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Το R22 είναι πολύπλευρο στην βιομηχανική χημεία των οργανοφθοριδίων, όπως ως πρόδρομος της τετρα-χλωρο-αιθυλένης. Οι κύλινδροι του R22 έχουν χρώμα ανοιχτού πράσινου. Όσον αφορά την παγκόσμια παραγωγή και τις εφαρμογές αυτού του ψυκτικού, το 2008 η παραγωγή ήταν περίπου 800 Gg/χρόνο, από 450 Gg/χρόνο το 1998, με το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής να αφορά αναπτυσσόμενες χώρες.

Η χρήση του R22 αυξάνεται στις αναπτυσσόμενες χώρες, περισσότερο στον τομέα του κλιματισμού, ο οποίος σε χώρες όπως στην Ινδία και την Κίνα έχει ανέλθει στο ποσοστό του 20% ετησίως.

Από άποψη περιβαλλοντικών επιδράσεων, το ψυκτικό αυτό συχνά χρησιμοποιούταν ως εναλλακτικό στην έντονη καταστροφή του όζοντος των CFC-11 και CFC-12, λόγω της σχετικής μείωσης της προοπτικής για την εξάντληση του όζοντος στο 0,055, που είναι μεταξύ των χαμηλότερων για τα εμπεριέχοντα από χλώριο αλογοαλκάνια.

Ωστόσο, ακόμα και για το χαμηλότερο δυναμικό εξάντλησης του όζοντος δεν θεωρείται πλέον αποδεκτή. Ως μια επιπρόσθετη περιβαλλοντική ανησυχία, το R22 είναι ένα ισχυρό αέριο θερμοκηπίου με δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη ίσο με 1810 (το οποίο υποδηλώνει

1810 φορές περισσότερο ισχυρό από το διοξείδιο του άνθρακα). Οι υδρογονο-φθορο-άνθρακες (HFCs) συνήθως αντικαθιστούν το R22 λόγω των χαμηλότερων δυναμικών εξάντλησης του όζοντος, αλλά αυτά τα ψυκτικά μέσα έχουν υψηλή απόδοση θέρμανσης του πλανήτη. Επίσης το R410A συνήθως αντικαθιστά το R22, αλλά έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη ίσο με 1725.

Μια άλλη αντικατάσταση είναι αυτή με το R404A, με δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη 3900. Άλλα υποκατάστατα ψυκτικά είναι διαθέσιμα με χαμηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη. Η αμμωνία (R717), για παράδειγμα, έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη <1 και είναι γνωστή για την αντικατάσταση στα αλιευτικά σκάφη.

Άλλο ένα παράδειγμα είναι το προπάνιο R290 το οποίο έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη 3, αν και σπανίως χρησιμοποιείται στα συστήματα ψύξης, λόγω της αναφλεξιμότητας και του ενδεχόμενου έκρηξης.

Όσον αναφορά την ανθρώπινη υγεία λόγω έκθεσης της στο ψυκτικό αυτό, αφορούν την αναπνοή, το δέρμα και τα μάτια όπως τα περισσότερα. Τα συμπτώματα κατά την εισπνοή είναι καρδιακή αρρυθμία, ζάλη, αναισθησία και σύγχυση.

Για την πρόληψη αυτών των συμπτωμάτων χρειάζεται χρήση αερισμού και τοπική εξάτμιση αναπνευστικής προστασίας, ενώ σε περίπτωση που έχει προλάβει να εκδηλωθεί τότε απαιτείται χρήση φρέσκου αέρα και ξεκούρασης, ενώ μπορεί να χρειαστεί τεχνητή αναπνοή.

Τα συμπτώματα για την έκθεση του δέρματος είναι ότι σε περίπτωση επαφής του ψυκτικού με υγρό τότε προκαλούνται κρυοπαγήματα. Για την πρόληψή τους απαιτούνται ψυχομονωτικά γάντια, ενώ σε περίπτωση προσβολής τους πρέπει να γίνει ξέπλυμα με άφθονο νερό και να μην βγουν τα ρούχα. Και τέλος, η έκθεση των ματιών υφίστανται κοκκίνισμα και πόνο γι' αυτό απαιτούνται γυαλιά ασφαλείας κατά την εργασία, ενώ αν προλάβουν να εκτεθούν τότε χρειάζεται ξέπλυμα με νερό για κάποια λεπτά και μετακινούμε τους φακούς αν υπάρχουν και αν είναι εφικτό.

Το ψυκτικό μέσο R500 (HCFC): Το ψυκτικό μέσο R500 είναι επιστημονικώς γνωστό ως διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο ή διφθορο-αιθάνιο. Κατηγοριοποιείται ως αζεοτροπικό μείγμα, του οποίου το 74% αποτελείται από διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο. Τα ψυκτικά R12 και R152a αποτελούν το υπόλοιπο 26% της μίξης σύμφωνα με το [environmental chemistry.com](http://environmentalchemistry.com).

Το R500 δεν είναι εύφλεκτο ούτε δηλητηριώδες, έχει μοριακή μάζα της τάξης του 99,31 ενώ το σημείο βρασμού του σε ατμοσφαιρική πίεση είναι στους -28°F και το σημείο ψύξης στις ίδιες συνθήκες είναι στους -107°F. Η κρίσιμη θερμοκρασία είναι στους 222°F, η κρίσιμη πίεση 642psi, ενώ ο κρίσιμος όγκος (cu.ft/lb) 0.323.

Η παραγωγή του μέσου R500 σταμάτησε την 1^η Ιανουαρίου 2006 λόγω της περιβαλλοντικά επικίνδυνης χημικής δομής του. Χρησιμοποιείται για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό και σε εφαρμογές αερισμού.

Αργότερα το R500 αντικαταστάθηκε από άλλα οικολογικά ψυκτικά όπως το R410A και εξακολουθούσε να χρησιμοποιείται στα συστήματα από τη δεκαετία του '70 έως και το 2005, το R500 είναι ένα νόμιμο ψυκτικό σε συστήματα αλλά είναι ακριβό όσο αφορά την προσφορά και τη ζήτησή του. Το R500 είναι ψυκτικό το οποίο είναι μη εύφλεκτο από μόνο του, όμως υπό πίεση, μπορεί να γίνει καύσιμο.

Η γνωστή ως "συγκέντρωση"-«rooling», είναι αυτή η οποία συμβαίνει όταν τα τμήματα υψηλής πίεσης του R500 είναι κολλημένα στη μονάδα του συμπυκνωτή του συστήματος και μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα αύξησης της θερμοκρασίας και πίεσης κεφαλής. Το χλώριο που περιλαμβάνεται στο R500 μπορεί να ερεθίσει το δέρμα, οπότε θα πρέπει να αποφεύγετε η επαφή με αυτό.

Όσο αφορά τις επιπτώσεις του στην ανθρώπινη υγεία, η επαφή με το δέρμα και η εισπνοή αναμένεται να είναι οι κύριες οδοί έκθεσης σε αυτό το υλικό. Όπως και με τα περισσότερα υδροποιημένα αέρια, η επαφή με το ταχέως πτητικό υγρό μπορεί να προκαλέσει κρυοπαγήματα σε οποιονδήποτε ιστό.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις σε ατμό, είναι ερεθιστικές για τα μάτια και την αναπνευστική οδό και μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) όπως πονοκέφαλος, ζάλη, υπνηλία, απώλεια συνείδησης και πιθανό θάνατο.

Ο πυκνός ατμός από αυτό το υλικό μπορεί να μειώσει το διαθέσιμο οξυγόνο για αναπνοή. Παρατεταμένη έκθεση σε ατμόσφαιρα με έλλειψη οξυγόνου μπορεί να είναι θανατηφόρος. Η εισπνοή μπορεί να προκαλέσει αύξηση της ευαισθησίας της καρδιάς στην αδρεναλίνη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ακανόνιστους ή γρήγορους καρδιακούς παλμούς.

Οι ιατρικές καταστάσεις που επιδεινώνονται από την έκθεση σε αυτό το υλικό περιλαμβάνουν καρδιακές παθήσεις ή επηρεασμένη καρδιακή λειτουργία. Οι πρώτες βοήθειες ανάλογα με το σύστημα που διαταράσσεται είναι:

Εάν επηρεαστούν τα μάτια, αμέσως πρέπει να ξεπλυθούν με άφθονο νερό. Εάν ο ερεθισμός παραμένει, ζητήστε ιατρική βοήθεια. Εάν επηρεαστεί το δέρμα, τότε πρέπει να ξεπλυθεί με χλιαρό νερό (όχι ζεστό) ή χρησιμοποιήστε άλλα μέσα για να θερμαίνετε αργά την επιδερμίδα. Καλό θα ήταν επίσης να υπάρξει ιατρική φροντίδα εάν παγώσει με υγρό ή εάν εμφανιστεί ερεθισμός.

Εάν δεν αναπνέει, χορηγήστε τεχνητή αναπνοή. Εάν η αναπνοή είναι δύσκολη, πρέπει να δοθεί οξυγόνο ειδάλλως θα χρειαστεί λήψη ιατρικής βοήθειας. Να αποφεύγεται η χορήγηση αδρεναλίνης, επινεφρίνης ή παρόμοια φάρμακα μετά από έκθεση σε αυτό προϊόν.

Το ψυκτικό μέσο R134a (HFC): Το ψυκτικό το οποίο είναι γνωστό και με τις παρακάτω μορφές (**Freon 134a, Forane 134a, Genetron 134a, Florasol 134a, Suva 134a or HFC-134a**) είναι ένα ψυκτικό μέσο αλογονο-αλκανίου με θερμοδυναμικές ιδιότητες παρόμοιες με το R12 (διχλωρο-διφθορο-μεθάνιο) αλλά με ασήμαντο δυναμικό καταστροφής του όζοντος και με κάπως χαμηλότερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (1.430, σε σύγκριση με το GWP του R12 των 10.900).

Έχει τον τύπο CH_2FCF_3 και σημείο βρασμού $-26,3^\circ\text{C}$ ($-15,34^\circ\text{F}$) σε ατμοσφαιρική πίεση. Οι κύλινδροι R134a είναι χρώματος ανοιχτού μπλε. Προσπάθειες για τη σταδιακή κατάργηση της χρήσης του ως ψυκτικού μέσου με ουσίες που έχουν χαμηλότερες δυνατότητες θέρμανσης του πλανήτη, όπως το HFO-1234yf βρίσκονται σε εξέλιξη.

Το R134a, το οποίο μπορεί να χαρακτηριστεί και από την έκφραση 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο, είναι ένα μη εύφλεκτο αέριο που χρησιμοποιείται κυρίως ως ψυκτικό μέσο υψηλής θερμοκρασίας για οικιακά ψυκτικά και κλιματιστικά αυτοκινήτων. Αυτές οι συσκευές άρχισαν να χρησιμοποιούν το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο στις αρχές της δεκαετίας του 1990 ως υποκατάστατο των πιο επιβλαβών για το περιβάλλον R12. Κιτ εκσυγχρονισμού είναι διαθέσιμα για τη μετατροπή μονάδων που ήταν αρχικά εξοπλισμένες με R12.

Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν εμφύσηση πλαστικού αφρού, σαν διαλύτη καθαρισμού, προωθητικό για τη χορήγηση φαρμάκων (π.χ. βρογχοδιασταλτικά), αφαίρεσης φελλού από κρασί, απορροφητήρες αερίου, όπως Dust-Off, και σε ξηραντήρες αέρος για την απομάκρυνση της υγρασίας από πεπιεσμένο αέρα. Το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για την ψύξη των υπολογιστών σε ορισμένες προσπάθειες overclocking.

Είναι το ψυκτικό που χρησιμοποιείται σε παγωμένα σωληνάκια και χρησιμοποιείται επίσης συνήθως ως προωθητικό για αερόστατα airsoft. Το αέριο συχνά αναμιγνύεται με λιπαντικό με βάση το πυρίτιο.

Το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο θεωρείται επίσης ως ένας οργανικός διαλύτης κατάλληλος για την εκχύλιση ενώσεων γεύσης και αρωμάτων, ως πιθανή εναλλακτική λύση έναντι άλλων οργανικών διαλυτών και υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα.

Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως διαλύτης στην οργανική χημεία, τόσο σε υγρό όσο και σε υπερκρίσιμο υγρό, επίσης χρησιμοποιείται στους ανιχνευτές σωματιδίων θαλάμου αντιστάσεων στο Large Hadron Collider.

Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί επίσης και για άλλους τύπους ανιχνευτών σωματιδίων, π.χ. μερικούς ανιχνευτές κρυογονικών σωματιδίων ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση ως προς το εξαφθοριούχο θείο σε τήγμα μαγνησίου ως προστατευτικό αέριο.

Το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο θεωρείται επίσης ως εναλλακτική λύση, ως προς το εξαφθοριούχο θείο ως διηλεκτρικό αέριο. Οι ιδιότητες απόσβεσης τόξου του είναι κακές, αλλά οι διηλεκτρικές του ιδιότητες είναι αρκετά καλές. Πρόσφατα, το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο υπόκειται σε περιορισμούς χρήσης λόγω της συμβολής του στην αλλαγή του κλίματος. Έχει δυναμικό αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη 1300.

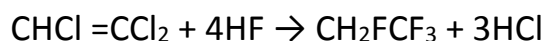
Η Εταιρεία Αυτοκινήτων Μηχανικών (SAE) πρότεινε την αντικατάσταση του 1,1,1,2-τετραφθοροαιθανίου (HFC-134a) με ένα νέο φθορο-χημικό ψυκτικό HFO-1234yf ($\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$) στα συστήματα κλιματισμού αυτοκινήτων.

Η απαγόρευση είχε θεσπιστεί στο Wisconsin από τον Οκτώβριο του 1994 στο πλαίσιο του ATCP 136 που απαγόρευε τις πωλήσεις εμπορευματοκιβωτίων μεγέθους μικρότερης των 15 lbs 1,1,1,2-τετραφθοροαιθανίου, αλλά ο περιορισμός αυτός ισχύει μόνο όταν πρόκειται για ψυκτικό μέσο. Η απαγόρευση έχει αρθεί στο Wisconsin το 2012.

Φαίνεται, για παράδειγμα, ότι είναι νόμιμο για ένα άτομο να αγοράζει δοχεία αερίου με οποιοδήποτε ποσό της χημικής ουσίας, διότι στην περίπτωση αυτή η χημική ουσία δεν προορίζεται ούτε για ψυκτικό μέσο ούτε για HFC -134a. Η ουσία αυτή εισέρχεται στο περιβάλλον υπό φυσιολογική χρήση.

Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή οποιασδήποτε πρόσθετης απελευθέρωσης, για παράδειγμα μέσω ακατάλληλης διάθεσης.

Όσον αφορά την παραγωγή του, το τετρα-φθορο-αιθάνιο (R-134a) τυπικά παρασκευάζεται με αντίδραση τριχλωρο-αιθυλενίου με υδρο-φθόριο.



Τα μίγματα με αέρα του αέριου 1,1,1,2-τετραφθοροαιθανίου δεν είναι εύφλεκτα σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασίες έως 100°C (212°F). Ωστόσο, μπορούν να αναφλεγούν μίγματα με υψηλές συγκεντρώσεις αέρα σε αυξημένη πίεση και / ή θερμοκρασία. Η επαφή του 1,1,1,2-τετραφθοροαιθανίου με φλόγες ή θερμές επιφάνειες που υπερβαίνουν τους 250°C (482°F) μπορεί να προκαλέσει αποσύνθεση ατμών και εκπομπή τοξικών αερίων συμπεριλαμβανομένων του υδρο-φθορίου και του φθοριούχου καρβονυλίου. Το ίδιο το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο έχει LD₅₀ 1.500g/m³ (LD₅₀ που είναι η θανατηφόρα δόση 50%), καθιστώντας το σχετικά μη τοξικό, εκτός από τους κινδύνους που ενυπάρχουν στην κατάχρηση εισπνεόμενων ουσιών. Η αέρια μορφή του είναι πυκνότερη από τον αέρα και θα μετατοπίσει τον αέρα στους πνεύμονες.

Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ασφυξία εάν εισπνευστεί υπερβολικά. Αυτό συμβάλλει στην πλειονότητα των θανάτων από την κατάχρηση εισπνεόμενων ουσιών. Υπό πίεση, το 1,1,1,2-τετραφθοροαιθάνιο συμπιέζεται σε ένα υγρό, το οποίο κατά την εξάτμιση απορροφά μια σημαντική ποσότητα θερμικής ενέργειας.

Ως αποτέλεσμα, θα μειώσει σημαντικά τη θερμοκρασία οποιουδήποτε αντικειμένου έρχεται σε επαφή καθώς εξατμίζεται. Αυτό μπορεί να προκαλέσει κρυοπαγήματα όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα, καθώς και τύφλωση κατά την επαφή με τα μάτια.

Το ψυκτικό μέσο R404A (HFC): Κατά τα τελευταία 10 έως 15 χρόνια το R404A έχει γίνει ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα ψυκτικά μέσα. Εισήχθη στα μέσα της δεκαετίας του 1990 ως αντικατάσταση των ψυκτικών μέσων που καταστρέφουν το όζον, συμπεριλαμβανομένων των CFC (όπως τα R12 και R502) και πιο πρόσφατα ως αντικατάσταση των HCFC (όπως το R22).

Στον τομέα των σούπερ μάρκετ έχει γίνει το κυρίαρχο ψυκτικό σε ολόκληρη την Ευρώπη τόσο για ψύξη και χρησιμοποιείται επίσης ευρέως σε άλλα εμπορικά συστήματα, για βιομηχανική ψύξη και ψυκτική αποθήκευση.

Μια συχνή ερώτηση είναι γιατί το R404A έγινε τόσο επιτυχημένο, αφού δεν είναι ιδιαίτερα καλό ψυκτικό. Η απάντηση είναι, επειδή συμπλήρωσε ένα σημαντικό κενό κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 και ήταν διαθέσιμο στο εμπόριο. Οι τελικοί χρήστες και οι εργολάβοι ψύξης εξοικειώθηκαν με το υγρό και συνέχισαν να το χρησιμοποιούν ως το "ψυκτικό μέσο επιλογής" σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται ακόμα σε πολλά νέα συστήματα, παρόλο που υπάρχουν και άλλα καλύτερα ψυκτικά μέσα.

Τώρα είναι η στιγμή να σταματήσει κανείς να είναι εφησυχασμένος για την επιλογή ψυκτικού μέσου και να χρησιμοποιήσει καλύτερες εναλλακτικές λύσεις. Η απομάκρυνση από το R404A έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει γρήγορα και οικονομικά στο περιβάλλον και να μειώσει το κόστος λειτουργίας.

Τα δύο βασικά προβλήματα που συναντώνται με το R404A είναι ότι (α) δεν επιτυγχάνει την καλύτερη ενεργειακή απόδοση σε πολλές εφαρμογές και (β) έχει ιδιαίτερα υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP).

Η σχετικά χαμηλή ενεργειακή απόδοση οδηγεί σε επιπλέον κόστος λειτουργίας και επιπλέον εκπομπές CO₂ από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Τα εναλλακτικά ψυκτικά μέσα μπορούν να αποφέρουν εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ 7% και 12% σε πολλές εφαρμογές.

Από την μεριά του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη, το R404A στο 3922 είναι το υψηλότερο από όλα τα χρησιμοποιούμενα ψυκτικά μέσα. Του R134a είναι μόνο 1.430 και του R407F (Performax LT) είναι 1850. Συνεπώς, η διαρροή του 1 kg R404A είναι δύο έως τρεις φορές χειρότερη όσον αφορά την επίπτωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη από κάποια άλλα ψυκτικά μέσα HFC.

Κάθε ψυκτικό μπορεί να είναι καλά βελτιστοποιημένο στη θερμοκρασία λειτουργίας του. Όταν αυτά τα συστήματα καταστροφής του όζοντος καταργούνταν σταδιακά, τα περισσότερα σούπερ μάρκετ αποφάσισαν να εξορθολογήσουν τη χρήση ψυκτικού μέσου - τόσο τα συστήματα ψύξης όσο και τα συστήματα καταψύκτη στα περισσότερα

σουπερμάρκετ του Ηνωμένου Βασιλείου χρησιμοποιούν τώρα το R404A. Αυτό μπορεί να ήταν βολικό, αλλά δημιουργεί κάποιο βαθμό συμβιβασμού στον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων και οδηγεί σε συνολική απώλεια αποδοτικότητας.

Μια πολύ απλή στρατηγική μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα, να μην χρησιμοποιείται το R404A σε οποιοδήποτε νέο σύστημα. Πρόκειται για μια πρακτική και οικονομικά αποδοτική στρατηγική δεδομένου ότι υπάρχουν διάφορα ψυκτικά μέσα που είναι διαθέσιμα τώρα που ταιριάζουν σε όλες τις εφαρμογές R404A και που μπορούν να προσφέρουν τόσο βελτιωμένη απόδοση όσο και σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο επιβάρυνσης όσο αφορά την παγκόσμια υπερθέρμανση.

Αναλύοντας το θέμα της αύξησης της αποδοτικότητας, είναι το πιο σημαντικό ζήτημα τόσο από πλευράς κόστους λειτουργίας όσο και από εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με την ενέργεια.

Η επιλογή ψυκτικού έχει αντίκτυπο στην ενεργειακή απόδοση και το R404A είναι μια κακή επιλογή. Εν κατακλείδι, βρισκόμαστε σε μια εποχή αυξανόμενης ανησυχίας για την αλλαγή του κλίματος και όλες οι ευρωπαϊκές χώρες θεσπίζουν σκληρές πολιτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Οι μονάδες ψύξης έχουν δύο τύπους εκπομπών αερίων θερμοκηπίου - από την ενέργεια που καταναλώνουν και από τα ψυκτικά που διαρρέουν. Το R404A έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα βολικό "ενδιάμεσο" ψυκτικό μέσο, το οποίο θα μας βοηθήσει να αντικαταστήσουμε τα παλαιά ψυκτικά μέσα που καταστρέφουν το όζον. Ωστόσο, έχει πολύ υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη και δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό, έτσι έχει έρθει η στιγμή να σταματήσει η χρήση του R404A σε εφαρμογές όπου υπάρχουν καλύτερες εναλλακτικές λύσεις.

Για τις νέες εγκαταστάσεις, μπορούν να εξεταστούν ορισμένες προσεγγίσεις για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση των εκπομπών που σχετίζονται με τη διαρροή. Τα νέα εργοστάσια θα λειτουργούν συχνά για περισσότερα από 20 χρόνια, γι' αυτό είναι ζωτικής σημασίας να λαμβάνεται κάθε ευκαιρία για οικονομικές βελτιώσεις.

Το R404A πρέπει να αποφεύγεται σε όλες τις νέες εγκαταστάσεις. Για υπάρχουσες εγκαταστάσεις που λειτουργούν με R404A υπάρχουν κάποιες καλές δυνατότητες ανακαίνισης με τη χρήση μέσου ψυκτικού όπως R407A ή R407F.

Αυτά τα ψυκτικά έχουν λιγότερο από το ήμισυ του GWP του R404A και μπορούν συχνά να επιτύχουν βελτίωση 10% έως 15% της αποτελεσματικότητας σε ένα καλά οργανωμένο πρόγραμμα εκσυγχρονισμού.

Σε πολλές περιπτώσεις, αυτή η βελτίωση της απόδοσης θα προσφέρει επαρκή εξοικονόμηση ενέργειας για να δοθεί μια καλή περίοδος αποπληρωμής για την επένδυση που απαιτείται για τη μετατροπή σε ένα νέο ψυκτικό μέσο - και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορούν ταυτόχρονα να μειωθούν.

SEER: Είναι ο συνολικός συντελεστής απόδοσης της συσκευής, που ορίζεται σαν ο λόγος της ετήσιας ανάγκης σε ψύξη προς την συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται για την ψύξη

SCOP: Είναι ο συνολικός συντελεστής απόδοσης της συσκευής σε θέρμανση, που ορίζεται σαν ο λόγος της συνολικής ετήσιας ανάγκης σε θέρμανση προς την συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται σε θέρμανση

Το ψυκτικό μέσο R410A (HFC): Το ψυκτικό R410A, το οποίο πωλείται στην αγορά υπό τις επωνυμίες **Suva 410A, Forane 410A, Puron, EcoFluor R410, Genetron R410A** και **AZ-20**, είναι ένα ζεοτροπικό αλλά σχεδόν αζεοτροπικό μίγμα διφθορο-μεθανίου (CH_2F_2 , ονομαζόμενο R32) και πεντα-φθορο-αιθανίου (CHF_2CF_3 , που ονομάζεται R125) τα οποία είναι μοιρασμένα απόλυτα καθώς η σύστασή του είναι 50% του R32 και 50% του R125, το οποίο χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο στις εφαρμογές κλιματισμού και οι κύλινδροί του είναι έγχρωμοι ροζ.

Ένα χαρακτηριστικό του είναι ότι έχει μικρή διολίσθηση σαν υγρό αλλά με μεγαλύτερη απόδοση σε σχέση με άλλα ψυκτικά όμως λειτουργεί σε πολύ υψηλές πιέσεις κατά την συμπύκνωσή του (π.χ 9bar παραπάνω από το R22).

Σε αντίθεση με τα ψυκτικά μέσα αλκυλο-αλογονιδίων που περιέχουν βρώμιο ή χλώριο, το R410A (το οποίο περιέχει μόνο φθόριο) δεν συμβάλλει στην εξάντληση του όζοντος και επομένως χρησιμοποιείται ευρύτερα, καθώς τα ψυκτικά μέσα όπως το R22 μειώνονται σταδιακά. Ωστόσο, έχει υψηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη, περίπου 1975 (1700 φορές η επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα), παρόμοιο με αυτό του R22, ενώ το δυναμικό εξάντλησης του όζοντος είναι μηδενικό. Δεδομένου ότι το R410A επιτρέπει υψηλότερες αξιολογήσεις SEER από ένα σύστημα R22, με τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, ο συνολικός αντίκτυπος των συστημάτων R410A στην υπερθέρμανση του πλανήτη θα είναι σημαντικά χαμηλότερος από αυτόν των συστημάτων R22 λόγω μειωμένων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το R410A είναι ακριβές υποκατάστατο του R22 καθώς λειτουργεί σε πολύ μεγαλύτερες πιέσεις, 60% παραπάνω από αυτές του R22 ωστόσο έχει μεγαλύτερη απόδοση (5% παραπάνω από R22 και 10% παραπάνω από άλλα υγρά όπως R417A και R407C).

Επίσης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξοπλισμό που έχει κατασκευαστεί εξ αρχής με R22 και η οποιαδήποτε μετάγγιση πρέπει να πραγματοποιείται από την υγρή φάση και ολόκληρος ο εξοπλισμός διαφοροποιείται λόγω των υψηλών πιέσεων του υγρού (Γραμμές πλήρωσης, μανόμετρα, ειδικοί adaptors προς την κλιματιστική μονάδα...).

Τα προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει το R410A στον ανθρώπινο οργανισμό είναι:

Για το δέρμα: Ο ερεθισμός θα προέκυπτε από μια δράση απολίπανσης στον ιστό. Η επαφή υγρών μπορεί να προκαλέσει κρυοπαγήματα.

Για τα μάτια: Η επαφή με το υγρό μπορεί να προκαλέσει σοβαρό ερεθισμό και κρυοπαγήματα, ενώ σε περίπτωση ομίχλης μπορεί να τα ερεθίσει.

Για την εισπνοή: Το Genetron ή AZ-20 (R410A) έχει χαμηλή οξεία τοξικότητα στα ζώα. Όταν μειώνονται τα επίπεδα οξυγόνου στον αέρα

έως 12-14% λόγω μετατόπισης, συμπτώματα ασφυξίας, απώλεια συντονισμού, αυξημένος ρυθμός παλμών και θα εμφανιστεί βαθύτερη αναπνοή. Σε υψηλά επίπεδα, μπορεί να εμφανιστεί καρδιακή αρρυθμία.

Το ψυκτικό μέσο R600 (HC): Το βουτάνιο είναι μια οργανική ένωση με τον τύπο C_4H_{10} που είναι αλκάνιο με τέσσερα άτομα άνθρακα. Το βουτάνιο είναι ένα αέριο σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση. Ο όρος μπορεί να αναφέρεται είτε σε δύο δομικά ισομερή, η-βουτάνιο ή ισοβουτάνιο (που ονομάζεται επίσης "μεθυλοπροπάνιο"), ή σε ένα μίγμα αυτών των ισομερών. Στην ονοματολογία IUPAC, ωστόσο, το "βουτάνιο" αναφέρεται μόνο στο ισομερές η-βουτανίου (το οποίο είναι το ισομερές με την μη διακλαδισμένη δομή).

Τα βουτάνια είναι πολύ εύφλεκτα, άχρωμα, εύκολα υγροποιημένα αέρια που εξατμίζονται γρήγορα σε θερμοκρασία δωματίου. Το κανονικό βουτάνιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάμιξη βενζίνης, ως αέριο καύσιμο, διαλύτη εκχύλισης αρωμάτων, είτε μόνο του είτε σε μίγμα με προπάνιο, και ως πρώτη ύλη για την παρασκευή αιθυλενίου και βουταδιενίου, βασικό συστατικό συνθετικού καουτσούκ.

Το ισοβουτάνιο χρησιμοποιείται κυρίως από τα διυλιστήρια για την αύξηση (αύξηση) του αριθμού οκτανίων της βενζίνης κίνησης.

Όταν αναμειγνύεται με προπάνιο και άλλους υδρογονάνθρακες, μπορεί να αναφέρεται εμπορικά ως LPG, για υγροποιημένο αέριο πετρελαίου. Χρησιμοποιείται ως συστατικό βενζίνης, ως πρώτη ύλη για την παραγωγή βασικών πετροχημικών σε πυρόλυση με ατμό, ως καύσιμο για αναπτήρες τσιγάρων και ως προωθητικό σε σπρέι αεροζόλ όπως αποσμητικά.

Πολύ καθαρές μορφές βουτανίου, ιδιαίτερα ισοβουτάνιο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ψυκτικά μέσα και έχουν αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό τις αλογονομεθάνες που καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος, για παράδειγμα σε οικιακά ψυγεία και καταψύκτες.

Η πίεση λειτουργίας του συστήματος για το βουτάνιο είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με αυτή των αλογονομεθανίων, όπως το R12, έτσι ώστε

κάποια συστήματα όπως αυτά του κλιματισμού των αυτοκινήτων, όταν μετατραπούν σε καθαρό βουτάνιο δεν θα λειτουργούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και επομένως ένα μέρος του μείγματος ισοβουτανίου και προπανίου να χρησιμοποιείται για την απόδοση του συστήματος ψύξης.

Το βουτάνιο χρησιμοποιείται επίσης ως ελαφρύτερο καύσιμο για έναν κοινό αναπτήρα ή φακό βουτανίου και πωλείται εμφιαλωμένο ως καύσιμο για μαγείρεμα, μπάρμπεκιου και σόμπες. Τα δοχεία με βουτάνιο κατασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά στη Νότια Κορέα με τη μόνη εξαίρεση να είναι ένας κατασκευαστής στο Χιούστον, Τέξας. Σε αυτή τη μορφή αναμιγνύεται συχνά με μικρές ποσότητες υδρόθειου και μερκαπτανών, οι οποίες θα δώσουν στο άκαυστο αέριο μια προσβλητική μυρωδιά που εύκολα ανιχνεύεται από την ανθρώπινη μύτη. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν εύκολα να εντοπιστούν διαρροές βουτανίου. Ενώ το υδρόθειο και οι μερκαπτάνες είναι τοξικές, είναι παρόντες σε τόσο χαμηλά επίπεδα ώστε η ασφυξία και ο κίνδυνος πυρκαγιάς από το βουτάνιο να γίνει αντιληπτά πολύ πριν από την τοξικότητα.

Οι μολυσματικές ουσίες δεν χρησιμοποιούνται στην εκχύλιση αρωμάτων και τα αέρια βουτανίου μπορούν να προκαλέσουν εκρήξεις αερίων σε περιοχές με ανεπαρκή αερισμό, εάν οι διαρροές περάσουν απαρατήρητες και αναφλεγούν με σπινθήρα ή φλόγα.

Η εισπνοή βουτανίου μπορεί να προκαλέσει ευφορία, υπνηλία, νάρκωση, ασφυξία, καρδιακή αρρυθμία, διακυμάνσεις της αρτηριακής πίεσης και προσωρινή απώλεια μνήμης, ενώ μπορεί να προκαλέσει θάνατο από ασφυξία και κοιλιακή μαρμαρυγή. Εισέρχεται στην παροχή αίματος και μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα προκαλεί δηλητηρίαση. Το βουτάνιο είναι η πιο συχνά κακοποιημένη πτητική ουσία στο Ηνωμένο Βασίλειο και ήταν η αιτία για το 52% των θανάτων που σχετίζονται με το διαλύτη το 2000.

Με ψεκασμό βουτανίου κατευθείαν στο λαιμό, ο πίδακας υγρού μπορεί να κρυώσει γρήγορα στους -20°C (-4°F) με επέκταση, προκαλώντας παρατεταμένο λαρυγγοσπασμό. Το σύνδρομο «αιφνιδιαστικό θάνατο»,

που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Bass το 1970, είναι η πιο συνηθισμένη αιτία θανάτου που σχετίζεται με διαλύτες, με αποτέλεσμα το 55% των γνωστών θανατηφόρων περιπτώσεων.

Μια μικρή ποσότητα διοξειδίου του αζώτου, ένα τοξικό αέριο, προέρχεται από καύση αερίου βουτανίου, μαζί με οποιαδήποτε καύση στην ατμόσφαιρα της γης, και αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία από οικιακές θερμάστρες και σόμπες.

Το ψυκτικό μέσο R600A (HC): Το ισοβουτάνιο, επίσης γνωστό ως ι-βουτάνιο ή μεθυλοπροπάνιο, είναι μια χημική ένωση με μοριακό τύπο C_4H_{10} και είναι ένα ισομερές βουτανίου. Είναι το απλούστερο αλκάνιο με τριτογενή άνθρακα. Το ισοβουτάνιο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία πετροχημικών, για παράδειγμα στη σύνθεση ισοοκτανίου.

Οι ανησυχίες σχετικά με την εξάντληση της στιβάδας του όζοντος από ψυκτικά αέρια οδήγησαν σε αυξημένη χρήση ισοβουτανίου ως αερίου για ψυκτικά συστήματα, ειδικά σε οικιακά ψυγεία και καταψύκτες και ως προωθητικό σε αερολύματα. Όταν χρησιμοποιείται ως ψυκτικό ή προωθητικό, το ισοβουτάνιο είναι επίσης γνωστό ως R600a.

Η χρήση σε ψυγεία ξεκίνησε το 1993, όταν η Green peace παρουσίασε το έργο Green freeze με τη γερμανική εταιρεία Foron. Από αυτή την άποψη, τα μείγματα καθαρού, ξηρού «ισοβουτανίου» (R-600a) (δηλαδή μείγματα ισοβουτανίου) έχουν αμελητέο δυναμικό εξάντλησης του όζοντος χαμηλό δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (που έχει τιμή 3,3 φορές μεγαλύτερο από το δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη GWP διοξειδίου του άνθρακα) και μπορεί να χρησιμεύσει ως λειτουργική αντικατάσταση ψυκτικών μέσων R12, R22, R134a και άλλων χλωροφθορανθράκων ή υδρογονοχλωροφθορανθράκων σε συμβατικές σταθερές συσκευές ψύξης και κλιματισμού συστήματα.

Στη μέθοδο πολτού Chevron Phillips για την παραγωγή πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας, χρησιμοποιείται ισοβουτάνιο ως αραιωτικό. Καθώς το αιωρούμενο πολυαιθυλένιο απομακρύνεται, το ισοβουτάνιο «εκσφενδονίζεται» και συμπυκνώνεται και ανακυκλώνεται πάλι στον αντιδραστήρα βρόχου για το σκοπό αυτό.

Το ισοβουτάνιο χρησιμοποιείται ως μέρος των αναμεμειγμένων καυσίμων, ιδιαίτερα συνήθων στα δοχεία καυσίμων που χρησιμοποιούνται για κατασκήνωση, επίσης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη στην παραγωγή προπυλενοξειδίου, όπου οξειδώνεται σε τριτ-βουτυλοϋδροϋπεροξείδιο και στην συνέχεια αντιδρά με προπυλένιο για να δώσει προπυλενοξείδιο. Η τριτ-βουτανόλη που προκύπτει ως παραπροϊόν χρησιμοποιείται τυπικά για την παρασκευή προσθέτων βενζίνης όπως μεθυλο-τριτο-βουτυλαιθέρα. Ως ψυκτικό μέσο, το ισοβουτάνιο έχει έναν κίνδυνο έκρηξης επιπλέον των κινδύνων που σχετίζονται με μη εύφλεκτα ψυκτικά μέσα CFC.

Οι αναφορές εμφανίστηκαν στα τέλη του 2009 υποδηλώνοντας ότι η χρήση ισοβουτανίου ως ψυκτικού μέσου στα οικιακά ψυγεία ήταν δυνητικά επικίνδυνη. Αν και δεν είναι σαφές πόσο σοβαρό θα μπορούσε να είναι αυτό, κατά τη στιγμή της έκθεσης αυτής εκτιμήθηκε ότι 300 εκατομμύρια ψυγεία παγκοσμίως χρησιμοποιούν ισοβουτάνιο ως ψυκτικό.

Η αντικατάσταση αυτού του ψυκτικού μέσου για συστήματα κλιματισμού μηχανοκίνητων οχημάτων που δεν είχαν αρχικά σχεδιαστεί για ισοβουτάνιο απαγορεύεται ή αποθαρρύνεται ευρέως, με το σκεπτικό ότι η χρήση εύφλεκτων υδρογονανθράκων σε συστήματα που έχουν σχεδιαστεί αρχικά για τη μεταφορά μη εύφλεκτων ψυκτικών μέσων παρουσιάζει σημαντικό κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης.

Οι πωλητές και οι υποστηρικτές των ψυκτικών μέσων υδρογονανθράκων διαφωνούν με τις απαγορεύσεις αυτές με το σκεπτικό ότι υπήρξαν πολύ λίγα τέτοια περιστατικά σε σχέση με τον αριθμό των συστημάτων κλιματισμού οχημάτων γεμάτα με υδρογονάνθρακες.

Το ψυκτικό αυτό είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο και η ανάμειξη αέρα με το αέριο μπορεί να προκαλέσει έκρηξη. Για να αποφευχθούν τέτοιες καταστάσεις πρέπει να μην υπάρχουν φλόγες, ούτε σπινθήρες και να απαγορεύεται το κάπνισμα. Να υπάρχει κλειστό σύστημα, εξαερισμός και ηλεκτρικός εξοπλισμός και φωτισμός με προστασία από εκρήξεις,

ενώ πρέπει να αποφεύγεται η συσσώρευση ηλεκτροστατικών φορτίων (π.χ. με γείωση) εάν είναι σε υγρή κατάσταση.

Σε περίπτωση που τελικά προκληθεί πυρκαγιά τότε χρειάζεται απενεργοποίηση της παροχής αν δεν είναι δυνατό και δεν υπάρχει κίνδυνος για το περιβάλλον. Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται κατάσβεση με ψεκασμό νερού. Σε περίπτωση πυρκαγιάς καλό θα ήταν να διατηρείται ο κύλινδρος δροσερός ψεκάζοντας με νερό και η καταπολέμησή της να γίνεται από προστατευμένη θέση.

Η έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού σε αυτό το ψυκτικό μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην αναπνοή έως και ασφυξία όσο αφορά την αναπνοή και πρόκληση κρυοπαγημάτων κατά την επαφή του δέρματος με το υγρό.

Τρόποι αποφυγής των προβλημάτων υγείας είναι η χρήση εξαιρισμού ή ύπαρξη τοπικού αναπνευστικού εξοπλισμού, για την προστασία του αναπνευστικού συστήματος ενώ για την προστασία του δέρματος ενδείκνυνται ψυχομονωτικά γάντια και κατάλληλος ρουχισμός. Από την άλλη αν όντως προκληθεί κάποια βλάβη στην ανθρώπινη υγεία πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα ιατρικά μέτρα ανάλογα με την περίπτωση.

Το ψυκτικό μέσο R717 (ανόργανη ένωση): Η αμμωνία ή το αζάνιο είναι μια ένωση αζώτου και υδρογόνου με τον τύπο NH_3 . Το απλούστερο υδρίδιο του pnictogen η αμμωνία, είναι ένα άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική πικρή μυρωδιά. Είναι ένα κοινό αζωτούχο απόβλητο, ιδιαίτερα μεταξύ των υδρόβιων οργανισμών, και συμβάλλει σημαντικά στις διατροφικές ανάγκες των χερσαίων οργανισμών, εξυπηρετώντας ως πρόδρομο στα τρόφιμα και στα λιπάσματα.

Η αμμωνία, είτε άμεσα είτε έμμεσα, είναι επίσης ένα δομικό στοιχείο για τη σύνθεση πολλών φαρμακευτικών προϊόντων και χρησιμοποιείται σε πολλά εμπορικά προϊόντα καθαρισμού. Η αμμωνία είναι καυστική και επικίνδυνη σε συμπυκνωμένη μορφή. Κατατάσσεται ως εξαιρετικά επικίνδυνη ουσία στις Ηνωμένες Πολιτείες και υπόκειται σε αυστηρές απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων από εγκαταστάσεις που παράγουν, αποθηκεύουν ή την χρησιμοποιούν σε σημαντικές ποσότητες.

Η παγκόσμια βιομηχανική παραγωγή αμμωνίας το 2014 ήταν 176 εκατομμύρια τόνοι, αύξηση 16% σε σχέση με την παγκόσμια βιομηχανική παραγωγή του 2006, ύψους 152 εκατομμυρίων τόνων. Η βιομηχανική αμμωνία πωλείται είτε ως υγρό αμμωνίας (συνήθως 28% αμμωνία στο νερό) είτε ως άνυδρη υγρή αμμωνία υπό πίεση ή υπό ψύξη, μεταφερόμενη σε δεξαμενόπλοια ή κυλίνδρους.

Το NH_3 ατμοποιείται στους $-33,34^\circ\text{C}$ ($-28,012^\circ\text{F}$) σε πίεση μιας ατμόσφαιρας, οπότε το υγρό πρέπει να φυλάσσεται υπό πίεση ή σε χαμηλή θερμοκρασία. Η αμμωνία ή το υδροξείδιο του αμμωνίου είναι ένα διάλυμα NH_3 σε νερό. Η συγκέντρωση τέτοιων διαλυμάτων μετράται σε μονάδες της κλίμακας Baumé (πυκνότητα), με 26 βαθμούς Baumé (περίπου 30% κατά βάρος) αμμωνία στους $15,5^\circ\text{C}$ ή $59,9^\circ\text{F}$ που είναι το τυπικό εμπορικό προϊόν υψηλής συγκέντρωσης.

Ως προς την φυσική της εμφάνιση, η αμμωνία βρίσκεται σε ιχνοστοιχεία στη φύση, παράγεται από την αζωτούχο ζωική και φυτική ουσία. Τα αμμωνιακά άλατα και τα άλατα αμμωνίου βρίσκονται επίσης σε μικρές ποσότητες σε όμβρια ύδατα, ενώ στο ηφαιστειακό περιβάλλον υπάρχουν χλωριούχο αμμώνιο (*sal ammoniac*) και θειικό αμμώνιο.

Οι κρύσταλλοι διττανθρακικού αμμωνίου έχουν βρεθεί στο παταγωνικό γουάνιο. Οι νεφροί εκκρίνουν την αμμωνία για να εξουδετερώσουν την περίσσεια του οξέος. Τα άλατα αμμωνίου ευρίσκονται διανεμημένα μέσω γόνιμου εδάφους και στο θαλασσινό νερό.

Οι ιδιότητες και τα πλεονεκτήματα του R-717:

1) Μικρή μετατόπιση εμβόλου: Η αμμωνία έχει το υψηλότερο αποτέλεσμα ψύξης ανά λίβρα (λανθάνουσα θερμότητα) σε σύγκριση με όλα τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται συμπεριλαμβανομένων των αλογονοκαρβονίων. Παρόλο που ο συγκεκριμένος όγκος αμμωνίας είναι υψηλός, η απαιτούμενη μετατόπιση του συμπιεστή ανά τόνο ψύξης είναι πολύ μικρή, λόγω του μικρού αυτού συμπιεστή που απαιτείται ανά τόνο της ψυκτικής ικανότητας.

2) Συμπιεστής που χρησιμοποιεί ψυκτικό μέσο αμμωνία: Καθώς ο συγκεκριμένος όγκος αμμωνίας είναι υψηλός, χρησιμοποιείται κυρίως

με περιστροφικούς και φυγοκεντρικούς συμπιεστές, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και με ανοιχτού τύπου παλινδρομικό συμπιεστή.

3) Συμπυκνωτές που χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο αμμωνία: Οι συμπυκνωτές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ψύξης με χρήση αερίου αμμωνίας ως ψυκτικό μέσο είναι τύπου με νερό ή εξατμιστικού τύπου. Αυτό πάλι οφείλεται κυρίως στο μεγάλο όγκο του αερίου που χειρίζεται το σύστημα ψύξης. Αερόψυκτοι συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται στα συστήματα που διαθέτουν περιστροφικούς κοχλιοφόρους συμπιεστές.

4) Ψύκτες που χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο αμμωνίας: Η αμμωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τύπους άμεσης επέκτασης ψυκτικών συγκροτημάτων καθώς και με ψύκτες. Σε περίπτωση που υπάρξουν πλημμυρισμένοι ψυκτικοί θάλαμοι, τότε θα υπάρξει υψηλότερη μεταφορά θερμότητας που έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερο ψυκτικό αποτέλεσμα για το ψυκτικό μέσο της αμμωνίας.

5) Φιλικό προς το περιβάλλον: Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του αερίου αμμωνίας ως ψυκτικού μέσου είναι ότι είναι ασφαλές για το περιβάλλον και δεν προκαλεί εξάντληση της στιβάδας του όζοντος. Εξαιτίας αυτού δεν θα πρέπει να αντικατασταθεί με εναλλακτικά ψυκτικά μέσα, όπως συμβαίνει με τα ψυκτικά CFCs.

Η αμμωνία είναι το παλαιότερο όλων των χρησιμοποιούμενων ψυκτικών μέσων και θα συναγωνιστεί τα νέα ψυκτικά μέσα για αρκετά χρόνια. Το αέριο αμμωνίας (NH_3) ή το ψυκτικό R717 είναι διαθέσιμο σχεδόν παντού και είναι το φθηνότερο από όλα τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται συνήθως.

Αυτά σε συνδυασμό με τη χημική σταθερότητα της αμμωνίας, το υψηλό ψυκτικό αποτέλεσμα και τη μη αναμειξιμότητα καθιστούν το ιδανικό ψυκτικό για τις εφαρμογές και χώρους όπου η τοξικότητα δεν αποτελεί μείζονα παράγοντα. Το ψυκτικό μέσο αμμωνίας δεν είναι αναμίξιμο με λάδι, επομένως δεν αναμιγνύεται με το λάδι στο στροφαλοθάλαμο του συμπιεστή. Οι ουσίες που περιέχουν αμμωνία, ή εκείνες που είναι παρόμοιες με αυτές, ονομάζονται αμμωνιακές.

6) Υλικά που χρησιμοποιούνται στο σύστημα ψύξης: Για τις τυπικές συνθήκες, για παράδειγμα στους -15°C στον ατμοποιητή, οι πιέσεις στον ατμοποιητή και στο συμπυκνωτή είναι 2,37bar και 11,67bar αντίστοιχα, οι οποίες είναι αρκετά μέτριες. Δεδομένου ότι οι πιέσεις δεν είναι πολύ υψηλές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφρά υλικά για την κατασκευή του εξοπλισμού. Η πίεση στον ατμοποιητή είναι αρκετά υψηλή, οπότε δεν είναι απαραίτητο να διογκωθεί το αέριο σε πολύ χαμηλή πίεση. Αυτό επιτρέπει επίσης υψηλή πίεση αναρρόφησης για τον συμπιεστή και χαμηλότερη αναλογία συμπίεσης.

7) Υψηλή θερμοκρασία εκκένωσης αερίου αμμωνίας: Η θερμοκρασία εκκένωσης του ψυκτικού μέσου αμμωνίας από τον συμπιεστή είναι υψηλή, επομένως η παροχή νερού στις κυλινδροκεφαλές και τους κυλίνδρους του συμπιεστή είναι πολύ σημαντική. Εάν απαιτείται υψηλή πίεση εκφόρτισης, συνιστάται να χρησιμοποιείτε τους πολυκύλινδρους συμπιεστές αντί του συμπιεστή ενός κυλίνδρου για να αποφεύγετε η υπερθέρμανση του συμπιεστή.

8) Διαβρωτική φύση της αμμωνίας: Η άνυδρη αμμωνία είναι μη διαβρωτική στη φύση, ωστόσο, παρουσία υγρασίας τείνει να διαβρώνει το χαλκό, τον ορείχαλκο και άλλα μη σιδηρούχα υλικά. Επομένως, ενώ σε συστήματα αλογονούχου άνθρακα, ο χαλκός χρησιμοποιείται κυρίως στον εξοπλισμό ψύξης, η χρήση του θα πρέπει να αποφεύγεται στα συστήματα ψύξης αμμωνίας.

9) Ανάμιξη με λάδι: Το ψυκτικό μέσο αμμωνίας δεν είναι αναμίξιμο με λάδι, επομένως δεν αναμιγνύεται με το λάδι στο στροφαλοθάλαμο του συμπιεστή. Το ψυκτικό από αμμωνία που φεύγει από τον συμπιεστή συλλέγει σωματίδια ελαίου και τα μεταφέρει στο συμπυκνωτή και μετά στον ατμοποιητή. Εδώ αυτά τα σωματίδια ελαίου τείνουν να μειώνουν την απόδοση μεταφοράς θερμότητας από το ψυκτικό μέσο. Ο διαχωριστής λαδιού πρέπει να τοποθετηθεί στον ατμοποιητή για να αφαιρέσει το λάδι και να το επιστρέψει πίσω στο στροφαλοθάλαμο.

10) Δοκιμή διαρροής αμμωνίας: Η δοκιμή διαρροής αμμωνίας από το σύστημα ψύξης μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση ράβδων θείου είτε με διάλυμα σαπουνιού. Όταν η αμμωνία αντιδρά με το θείο, σχηματίζεται

ένας πυκνός καπνός. Για να ανιχνεύσει τη διαρροή αμμωνίας από το σύστημα ψύξης, το ραβδί βυθίζεται σε θείο και μετακινείται σε όλο το εργοστάσιο. Η θέση όπου σχηματίζεται ο πυκνός καπνός μπορεί να εντοπιστεί περαιτέρω για να βρεθεί το ακριβές σημείο διαρροής του ψυκτικού μέσου.

11) Η αμμωνία είναι φτηνή και διατίθεται εύκολα: Η αμμωνία είναι διαθέσιμη σχεδόν παντού και είναι η φθηνότερη από όλα τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται συνήθως. Αυτά σε συνδυασμό με τη χημική σταθερότητα της αμμωνίας, το υψηλό ψυκτικό αποτέλεσμα και τη μη αναμειξιμότητα καθιστούν ιδανικό ψυκτικό για τις εφαρμογές και χώρους όπου η τοξικότητα δεν αποτελεί μείζονα παράγοντα.

Ο ρόλος της αμμωνίας στα βιολογικά συστήματα και στις ανθρώπινες ασθένειες:

Η άνυδρος αμμωνία είναι ένα από τα παλαιότερα φυσικά ψυκτικά ρευστά που χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή της ψύξης. Χρησιμοποιείται από τα μέσα του 19ου αιώνα έως και σήμερα χάρη στον καλό βαθμό απόδοσης και στο ότι δεν έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις (ODP=0 και GWP=0).

Ο χημικός τύπος της είναι NH_3 και το κωδικό της χρώμα, είναι το λευκό. Έχει σημείο βρασμού τους $33,3^\circ\text{C}$, λανθάνουσα θερμοκρασία ατμοποιήσεις $437,3\text{kJ/kg}$ ενώ η κρίσιμη θερμοκρασία ανέρχεται στους $132,5^\circ\text{C}$ και η κρίσιμη πίεση στα $113,3\text{ bar}$. Το R717 χρησιμοποιείται σε μεσαίες, μεγάλες και πολύ μεγάλες εγκαταστάσεις ψύξης. Είναι ένα οικονομικό ψυκτικό ρευστό και η μεγάλη του ψυκτική ικανότητα απαιτεί μικρότερης διατομής δίκτυα αγωγών.

Επιπλέον το R717 χρησιμοποιείται σε μεγάλες εγκαταστάσεις κατάψυξης και στα ψυγεία των πλοίων. Επειδή η αμμωνία διαβρώνει το χαλκό και όλα τα κράματα του, στις εγκαταστάσεις αμμωνίας χρησιμοποιούν δίκτυα από χάλυβα ή σίδηρο.

Το R717 είναι ένα άχρωμο αέριο με χαρακτηριστική δριμιά (τσουχτερή) οσμή, έχει καθαρότητα από μόρια νερού 99,95% και για αυτό ονομάζεται και «άνυδρος αμμωνία». Είναι ένα μη ασφαλές ψυκτικό

μέσο καθώς οι ατμοί της είναι τοξικοί, διαβρωτικοί και αναφλέξιμοι αλλά μόνο παρουσία φλόγας και σε περιεκτικότητα 16% - 25% κ.ο.

Η αμμωνία αντιδρά με το νερό και δημιουργεί ένα αλκαλικό διάλυμα που προκαλεί σοβαρά εγκαύματα στο δέρμα και στους βλεννογόνους αδένες και ο θάνατος προκαλείται συνήθως από οίδημα στο λάρυγγα. Σε περίπτωση διαρροής R717, λόγω της χαρακτηριστικής οσμής, γίνεται εύκολα αντιληπτή μόλις σε συγκεντρώσεις $3\text{mg}/\text{m}^3$, μια τιμή αρκετά χαμηλότερη από τα $1750\text{mg}/\text{m}^3$ συγκέντρωση που απειλεί την υγεία. Άλλοι μέθοδοι είναι η χρήση ηλεκτρονικού ανιχνευτή αλλά και η φλόγα θείου που θα δημιουργήσει λευκούς καπνούς.

Επειδή η αμμωνία είναι τοξική στις ψυκτικές εγκαταστάσεις τροφίμων χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο ως πρωτεύων ψυκτικό ρευστό έτσι ώστε να μην έρθει σε επαφή με τα τρόφιμα στον θάλαμο ψύξης. Αν και είναι ένα μη ασφαλές ψυκτικό ρευστό, η αμμωνία είναι ένα από τα αποδοτικότερα ψυκτικά ρευστά με αποτέλεσμα το χαμηλό ενεργειακό κόστος.

Το ψυκτικό μέσο R744 (ανόργανη ένωση): Το R744, ή διοξείδιο του άνθρακα, κάνει την επανένταξή του στη βιομηχανική περιοχή ψύξης. Μόλις θεωρήθηκε ότι είναι ένα χημικό μέσο που απαιτεί υπερβολική πίεση για να είναι εφικτή η χρήση του ως ψυκτικό, οι περιβαλλοντολόγοι χαιρετούν τώρα το R744 ως απάντηση στις αυξανόμενες ανησυχίες. Οι ανησυχίες αυτές αφορούν τα παραδοσιακά και ευρέως χρησιμοποιούμενα χημικά ψυκτικά μέσα και περιλαμβάνουν παράγοντες που συμβάλλουν την υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς και παράγοντες καταστροφής του στρώματος του όζοντος.

Οι υποστηρικτές της τεχνολογίας R744 επιμένουν ότι η χρήση του ως ψυκτικού μέσου για συστήματα ψύξης και άλλα συστήματα ψύξης (συμπεριλαμβανομένων των αντλιών θερμότητας) είναι το τεχνολογικό <<Μπαμ>> του μέλλοντος για εξοπλισμό σε βιομηχανία. Η τεχνολογία R744 έχει προχωρήσει τα τελευταία χρόνια.

Οι ιδιότητες ψυκτικού μέσου R744 είναι εκπληκτικά ευνοϊκές για τη διαδικασία ψύξης. Παρά την ανάγκη για υψηλή πίεση, ο παράγων R744

είναι σε θέση να λειτουργεί ομαλά, αποτελεσματικά και με μειωμένες απώλειες. Εν μέρει σχετίζεται επίσης με το γεγονός ότι τα απόβλητα θερμότητας R744 μπορούν να μετακινηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν σε άλλα μέρη της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτός ο ανακυκλωμένος ενεργειακός πόρος συμβάλλει πράγματι στην ανάκτηση της χαμένης ενέργειας κατά τη διάρκεια δεκαετιών βιομηχανικής ψύξης με άλλους παράγοντες. Έχουν αναφερθεί άμεσα αποτελέσματα που σχετίζονται με την R22 και άλλες επιβλαβείς χημικές ουσίες ψυκτικού μέσου στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος

Επίσης κάποια ακόμα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το R744 είναι ότι δεν θεωρείται εύφλεκτο, αλλά οι υψηλές του πιέσεις, η υψηλή του περιεκτικότητα σε τοξικότητα, η δυνατότητα σχηματισμού ξηρού πάγου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή και το χειρισμό.

Αυτό το θέμα εξηγεί ορισμένους από τους κινδύνους και ως εκ τούτου απαιτούνται γενικές οδηγίες για τη μείωσή τους. Οι κίνδυνοι που μπορεί να προκαλέσει είναι:

1. Ασφυξία

Το R744 είναι άοσμο, βαρύτερο από τον αέρα και δημιουργεί αποπνικτικό περιβάλλον. Το πρακτικό όριο του R744 είναι χαμηλότερο από τους υδροφθοράνθρακες (HFCs) λόγω των δυνατοτήτων του για υψηλή τοξικότητα (οι HFC είναι μη τοξικοί):

- Πρακτικό όριο R744: 0,1 kg / m³ (56.000 ppm).
- Πρακτικό όριο R404A: 0,48 kg / m³ (120.000 ppm)

Εάν μια διαρροή του R744 μπορεί να οδηγήσει σε συγκέντρωση που υπερβαίνει το πρακτικό όριο σε κλειστό χώρο, όπως σε κρύο δωμάτιο, πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις για την πρόληψη της ασφυξίας. Αυτά περιλαμβάνουν τη χρήση μόνιμης ανίχνευσης διαρροών, η οποία ενεργοποιεί συναγερμό σε περίπτωση διαρροής.

2. Υψηλές πιέσεις

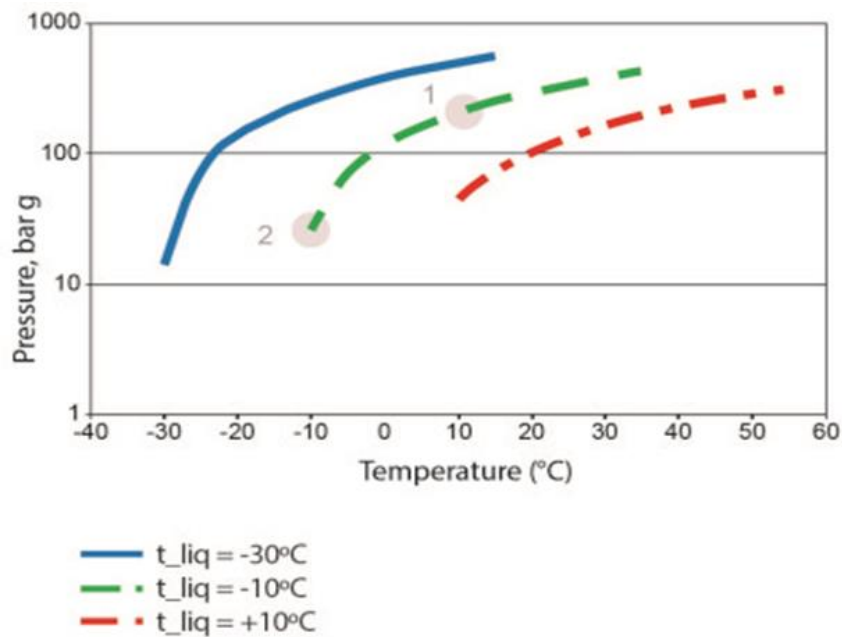
Τα συστήματα R744 λειτουργούν με σημαντικά υψηλότερες πιέσεις σε σύγκριση με τα συμβατικά συστήματα, ειδικά όταν οι θερμοκρασίες

περιβάλλοντος προκαλούν το σύστημα να λειτουργεί πάνω από το κρίσιμο σημείο. Ως αποτέλεσμα, τα εξαρτήματα του συστήματος, οι σωληνώσεις, τα εργαλεία και ο εξοπλισμός πρέπει να αξιολογούνται ώστε να λειτουργούν με ασφάλεια σε αυτές τις υψηλότερες πιέσεις. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η πίεση ακινησίας σε ορισμένα συστήματα (π.χ. συστήματα καταρράκτη) είναι υψηλότερη από τη μέγιστη ονομαστική πίεση αναρρόφησης σε μονάδα. Η βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης θα εκκενωθεί σε περίπτωση βλάβης, όπως π.χ διακοπή ρεύματος. Για να διασφαλιστεί ότι η πίεση δεν θα ανέλθει στην πίεση κατάθλιψης, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ή αιφνίδιας διακοπής του συστήματος, τα συστήματα αυτά μπορούν να εφοδιαστούν με ένα μικρό βοηθητικό σύστημα ψύξης. Αυτό συνήθως λειτουργεί σε μια βοηθητική παροχή ρεύματος και θα ανάψει όταν η πίεση αυξηθεί πάνω από ένα προκαθορισμένο σημείο (αυτό είναι χαμηλότερο από τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση αναρρόφησης PS αλλά υψηλότερη από την κανονική πίεση λειτουργίας).

Κατά τη φόρτιση των συστημάτων R744 θα πρέπει να υπάρχει μεγάλη προσοχή. Η μέγιστη πίεση λειτουργίας ορισμένων συστημάτων (όπως τα συστήματα καταρράκτη) είναι κανονικά κάτω από την πίεση του κυλίνδρου R744. Αυτά τα συστήματα πρέπει να φορτίζονται αργά και προσεκτικά για να αποφευχθεί η εκκένωση των βαλβίδων εκτόνωσης πίεσης.

3. Παγιδευμένο υγρό

Ο συντελεστής διαστολής για το R744 είναι σημαντικά υψηλότερος από ό, τι για άλλα ψυκτικά μέσα. Η πρακτική επίπτωση αυτού στο υγρό R744 παγιδευμένο μεταξύ κλειστών βαλβίδων παρουσιάζεται στην εικόνα παρακάτω.



Εικόνα 6. Διάγραμμα πίεσης θερμοκρασίας

Στην εικόνα 6 παρατηρούμε την συμπεριφορά του ψυκτικού μέσου σε τρεις θερμοκρασίες (-10,-30,+10) σε σχέση με την πίεση, παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά σύμφωνα με τις καμπύλες είναι παρόμοια και για τις τρεις θερμοκρασίες.

Το παράδειγμα αυτό δείχνει την επίδραση αύξησης θερμοκρασίας 20°C (36°F) στο υγρό που παγιδεύεται σε αρχική θερμοκρασία -10°C (14°F). Η πίεση θα αυξηθεί από 44 bar (638 psi) σε περίπου 240 bar (3.480 psi). Αυτή η κατάσταση θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβεί σε μια γραμμή υγρού ενός συστήματος καταρράκτη και παρόμοιες καταστάσεις μπορεί να προκύψουν σε άλλα μέρη του συστήματος και σε άλλα συστήματα R744.

Κατά κανόνα, το παγιδευμένο R744 υγρό θα αυξηθεί σε πίεση κατά 10 bar (145 psi) για κάθε αύξηση θερμοκρασίας 1°C ($1,8^{\circ}\text{F}$). Η πίεση του παγιδευμένου υγρού ψυκτικού αυξάνεται πάντοτε, αλλά η αύξηση της πίεσης του R744 είναι πολύ μεγαλύτερη από ότι για άλλα ψυκτικά μέσα. Αυτό επιδεινώνεται από την πιθανότητα παγίδευσης R744 σε χαμηλές θερμοκρασίες και επομένως η θερμοκρασία του υγρού να αυξηθεί περισσότερο από ό,τι για άλλα ψυκτικά μέσα.

Τα συστήματα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με προστασία ανακούφισης της πίεσης όπου μπορεί να παγιδευτεί υγρό, είτε κατά τη λειτουργία είτε κατά τη συντήρηση

4. Ξηρός πάγος

Ξηρός πάγος (στερεό R744) σχηματίζεται όταν η πίεση και η θερμοκρασία του R744 μειώνονται κάτω από το τριπλό σημείο (4,2 bar / 60,9 psi, -56°C / -68,8°F). Αυτό δεν θα συμβεί σε ένα σύστημα ψύξης που λειτουργεί σωστά, αλλά μπορεί να συμβεί όταν:

- Μια βαλβίδα εκτόνωσης της πίεσης εκκενώνεται αν εξαερίζεται ατμός R744
- Εξάτμιση R744 κατά τη διάρκεια κάποιας εργασίας (αλλαγή ή αντικατάσταση εξαρτήματος, για παράδειγμα)
- Η φόρτιση ενός συστήματος που είναι κάτω από 4,2 bar / 60,9 psi (π.χ. ένα σύστημα εκκένωσης)

Ο ξηρός πάγος δεν αναπτύσσεται όταν σχηματίζεται, αλλά ο ξηρός πάγος θα γίνει αέρας καθώς απορροφά θερμότητα (π.χ. από το περιβάλλον). Εάν ο ξηρός πάγος παγιδευτεί μέσα στο σύστημα, θα απορροφήσει θερμότητα από το περιβάλλον και θα μετατραπεί σε αέριο. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση της πίεσης.

Ο ξηρός πάγος μπορεί να εμποδίσει τις γραμμές εξαερισμού, οπότε πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να μην συμβεί αυτό:

- Όταν το R744 εξαερώνεται από ένα σύστημα, κατά τη διάρκεια της συντήρησης πρέπει να εξαερόνεται ως υγρό και η πίεση στο σύστημα να παρακολουθείται. Το R744 θα πρέπει πάντα να εξαερόνεται έξω από ένα κτίριο.

5. Εγκαύματα

Η επαφή με το στερεό ή υγρό R744 θα προκαλέσει εγκαύματα κατάψυξης και θα πρέπει να αποφεύγεται. Κατά την εργασία με το R744 θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα γάντια και προστατευτικά γυαλιά. (Η θερμοκρασία επιφάνειας του ξηρού πάγου είναι -78,5°C (-109,3°F).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το ψυκτικό μέσο R-1234yf (HFO)

Το (R1234yf) είναι μια υδροφθοροολεφίνη (HFO) με τον τύπο C = CFC . Είναι άχρωμο αέριο και έχει προταθεί ως αντικαταστάτης του R134a ως ψυκτικό μέσο στα κλιματιστικά αυτοκινήτων, με τους περισσότερους κατασκευαστές να έχουν ήδη κατασκευάσει μοντέλα με αυτό το ψυκτικό μέσο. Έχει GWP (Global Warming Potential) 4 (99,7% μικρότερο από αυτό του R134a) και 400 φορές βραχύτερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα.

Οι φυσικές ιδιότητες του R1234yf παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 2.

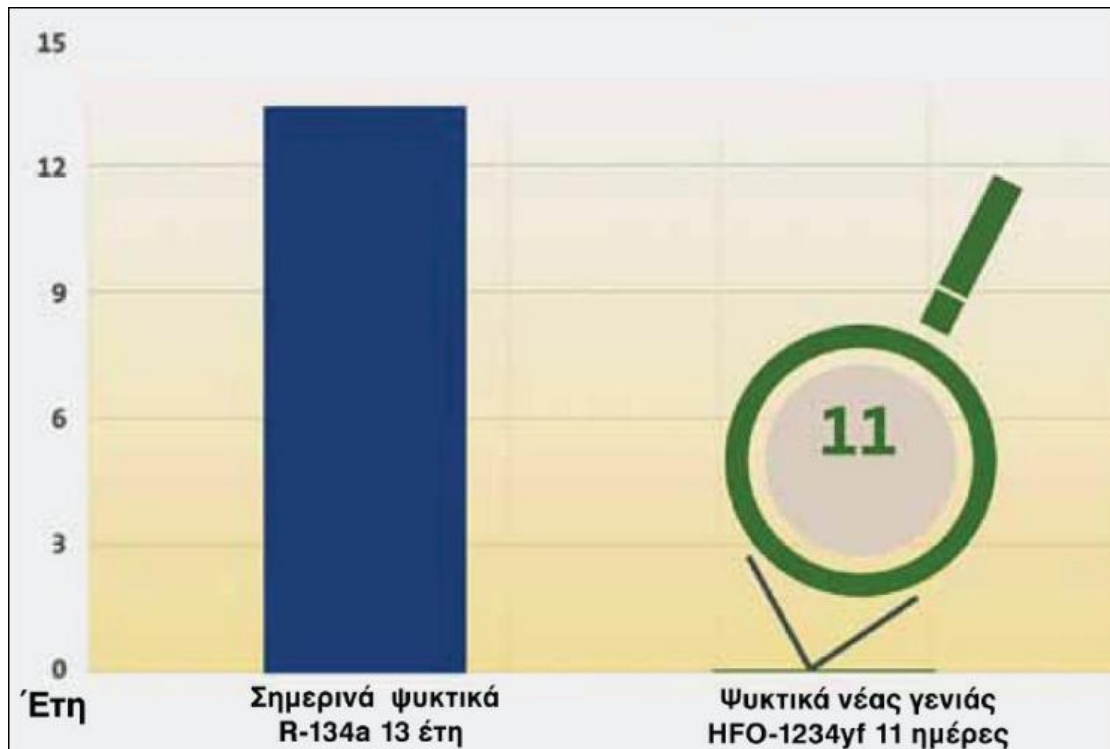
Φυσικές ιδιότητες	R-1234yf
Μοριακή μάζα (g/mol)	114
Σημείο τήξης (°C)	95
Σημείο βρασμού (°C)	-30
Πυκνότητα (kg/m ³)	1,1 (@25°C υγρό)
Διαλυτότητα στο νερό (mg/l)	198,2 (24°C)

Πίνακας 8: Οι φυσικές ιδιότητες του R-1234yf



Εικόνα 7: Ψυκτικό ρευστό HFO-1234yf.

Το (R1234yf) είναι το πρώτο ψυκτικό μέσο το οποίο θεωρείται ότι δεν έχει καμιά επίπτωση στο περιβάλλον. Στην εικόνα 4 φαίνεται η διάρκεια ζωής του R1234yf σε σχέση με το R134a.



Εικόνα 3: Διάρκεια ζωής του R-134a και του 1234yf στην ατμόσφαιρα

3.1 Έγκριση από την αυτοκινητοβιομηχανία

Το HFO-1234yf αναπτύχθηκε από μια ομάδα της DuPont, με επικεφαλής τη Barbara Haviland Minor, η οποία συνεργάστηκε με ερευνητές της Honeywell. Στόχος τους ήταν να τηρηθεί η ευρωπαϊκή οδηγία 2006/40 / EK, η οποία τέθηκε σε ισχύ το 2011 και απαιτούσε όλες οι νέες πλατφόρμες αυτοκινήτων προς πώληση στην Ευρώπη να χρησιμοποιούν ψυκτικό μέσο στο σύστημα AC με GWP κάτω από 150.

Το HFO-1234yf θεωρήθηκε αρχικά ότι έχει 100 έτη GWP 4 και θεωρείται πλέον ότι έχει 100 χρόνια GWP χαμηλότερο από 1. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως "εγγύς αντικατάσταση" για το R134a, το προϊόν που είχε χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε συστήματα AC αυτοκινήτου, το οποίο έχει 100 GWP μήκους 1430.

Αυτό σήμαινε ότι οι αυτοκινητοβιομηχανίες δεν θα έπρεπε να κάνουν σημαντικές τροποποιήσεις στις γραμμές συναρμολόγησης ή στα σχέδια συστημάτων οχημάτων για να φιλοξενήσουν το προϊόν. Το HFO-1234yf είχε το χαμηλότερο κόστος μεταγωγής για τις αυτοκινητοβιομηχανίες μεταξύ των προτεινόμενων εναλλακτικών λύσεων.

Το προϊόν μπορεί να μεταφερθεί σε συνεργεία επισκευής με τον ίδιο τρόπο όπως το R134a, αν και απαιτεί κάποιον διαφορετικό, εξειδικευμένο εξοπλισμό για την εκτέλεση της υπηρεσίας. Ένας από τους λόγους για αυτό είναι η ήπια ευφλεκτότητα του HFO-1234yf. Ένα άλλο ζήτημα που επηρεάζει τη συμβατότητα μεταξύ των συστημάτων HFO-1234yf και R134a είναι η επιλογή του λιπαντικού ελαίου.

Λίγο μετά την επιβεβαίωση από τις αυτοκινητοβιομηχανίες ότι το HFO-1234yf θα υιοθετηθεί ως αντικατάσταση του ψυκτικού μέσου για κλιματισμό αυτοκινήτων R134a, το 2010, η Honeywell και η DuPont ανακοίνωσαν ότι θα κατασκευάσουν από κοινού μια μονάδα παραγωγής στην Changshu, επαρχία Jiangsu της Κίνας.

Το 2017, η Honeywell άνοιξε ένα νέο εργοστάσιο στο Geismar, Louisiana, ΗΠΑ, για να παράγει το νέο ψυκτικό μέσο. Αν και άλλοι ισχυρίζονται ότι είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν και να πουλήσουν HFO-1234yf, η Honeywell και η DuPont κατέχουν τα περισσότερα ή όλα τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας που έχουν εκδοθεί για το HFO-1234yf και θεωρούνται οι κορυφαίοι παίκτες στην περιοχή αυτή από το 2018.

3.2 Αναφλεξιμότητα

Παρόλο που το προϊόν ταξινομείται ελαφρώς εύφλεκτο από το ASHRAE, πολλά χρόνια δοκιμών από το SAE International απέδειξαν ότι το προϊόν δεν μπορούσε να αναφλεγεί υπό συνθήκες που συνήθως βιώνουν ένα όχημα.

Επιπλέον, αρκετές ανεξάρτητες αρχές αξιολόγησαν την ασφάλεια του προϊόντος σε οχήματα και ορισμένοι από αυτούς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ήταν επίσης ασφαλές να χρησιμοποιηθεί ως R134a, το προϊόν που χρησιμοποιείται στη συνέχεια στα αυτοκίνητα. Στην ατμόσφαιρα, το HFO-1234yf αποικοδομείται σε τριφθοροοξικό οξύ, το οποίο είναι ένα ελαφρώς φυτοτοξικό ισχυρό οργανικό οξύ χωρίς γνωστό μηχανισμό βιοδιάσπασης στο νερό. Σε περίπτωση πυρκαγιάς απελευθερώνει πολύ διαβρωτικό και τοξικό υδροφθόριο και το εξαιρετικά τοξικό καρβονυλοφθορίδιο αερίου.

Τον Ιούλιο του 2008, η Honeywell / Du-Pont δημοσίευσε μια έκθεση με την οποία ισχυρίζεται ότι το "HFO-1234yf είναι πολύ δύσκολο να

αναφλεγεί με ηλεκτρικό σπινθήρα" αναφέροντας λεπτομερώς τις δοκιμές που πέρασαν από το αέριο σε μια θερμή πλάκα θερμαινόμενη σε διάφορες θερμοκρασίες στην περιοχή των 500°C- 900°C. Η ανάφλεξη παρατηρήθηκε μόνο όταν το HFO-1234yf αναμίχθηκε με έλαιο PAG και πέρασε πάνω από μια πλάκα που ήταν > 900°C.

Τον Αύγουστο του 2012, η Mercedes-Benz έδειξε ότι η ουσία ανάφλεξε όταν οι ερευνητές ψεκάστηκαν και το πετρέλαιο συμπιεστή A/C στον καυτό κινητήρα του αυτοκινήτου. Ένας ανώτερος μηχανικός της Daimler που διενήργησε τις δοκιμές, δήλωσε: "Ημασταν παγωμένοι σε σοκ, δεν πρόκειται να το αρνηθώ. Χρειαζόμασταν μια μέρα για να κατανοήσουμε αυτό που μόλις είχαμε δει".

Η καύση πραγματοποιήθηκε σε περισσότερα από τα δύο τρίτα των προσομοιωμένων επικεφαλίδων συγκρούσεων. Οι μηχανικοί παρατήρησαν επίσης τη χαρακτηριστική στο παρμπρίζ που προκαλείται από τα διαβρωτικά αέρια. Στις 25 Σεπτεμβρίου 2012, η Daimler εξέδωσε ένα δελτίο τύπου και πρότεινε την ανάκληση των αυτοκινήτων που χρησιμοποιούν το ψυκτικό μέσο. Οι γερμανικές αυτοκινητοβιομηχανίες υποστήριξαν τη συνεχιζόμενη χρήση ψυκτικών μέσων διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία ισχυρίστηκαν ότι είναι ασφαλέστερα.

Τον Οκτώβριο του 2012, το SAE International καθιέρωσε ένα νέο ερευνητικό πρόγραμμα συνεργασίας, CRP1234-4, το οποίο περιλάμβανε μέλη 13 εταιρειών αυτοκινήτων, επέκτεινε τις προηγούμενες δοκιμές και διερεύνησε τις αξιώσεις της Daimler. Μια προκαταρκτική ενημέρωση τον Δεκέμβριο του 2012 και μια τελική έκθεση που δημοσιοποιήθηκε δημοσίως στις 24 Ιουλίου 2013 συμφώνησαν ότι το R1234yf ήταν ασφαλές για χρήση στα συστήματα κλιματισμού άμεσης επέκτασης αυτοκινήτων.

Το R1234yf πιστεύεται ότι δεν αυξάνει τον εκτιμώμενο κίνδυνο έκθεσης στον πυρσό του οχήματος. Η έκθεση ανέφερε επίσης ότι "η δοκιμή απελευθέρωσης ψυκτικού μέσου που ολοκληρώθηκε από τη Daimler ήταν μη ρεαλιστική" και "δημιούργησε ακραίες συνθήκες που ευνοούσαν την ανάφλεξη". Η τελική έκθεση υποστηρίχθηκε από τις εταιρείες Chrysler / Fiat, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Jaguar

Land Rover, Mazda, PSA, Renault και Toyota. Η Daimler, η BMW και η Audi επέλεξαν να αποσυρθούν από την ομάδα CRP του SAE R1234yf.

Ακολουθώντας τις δηλώσεις της Mercedes ότι το νέο ψυκτικό μπορεί να αναφλεγεί, η γερμανική Kraftfahrt-Bundesamt (KBA, Federal Motor Transport Authority) διεξήγαγε τις δικές της δοκιμές. Υποβλήθηκαν έκθεση στην Ευρωπαϊκή Ένωση τον Αύγουστο του 2013.

Η Αρχή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ενώ το R234yf ήταν δυνητικά πιο επικίνδυνο από το R134α που είχε χρησιμοποιηθεί προηγουμένως, δεν συνιστούσε σοβαρό κίνδυνο. Η Daimler διαφώνησε με αυτό το συμπέρασμα και υποστήριξε ότι η έκθεση υποστήριξε την απόφασή τους να συνεχίσουν να χρησιμοποιούν τα παλαιότερα ψυκτικά.

Στις 23 Ιουλίου 2010, η General Motors ανακοίνωσε ότι θα εισαγάγει το HFO-1234yf στα μοντέλα Chevrolet, Buick, GMC και Cadillac το 2013 στις ΗΠΑ το Cadillac έγινε το πρώτο αμερικανικό αυτοκίνητο που χρησιμοποίησε το R1234yf το 2012.

Από τότε, οι Chrysler, GMC και Ford έχουν αρχίσει όλα τα οχήματα που μεταβαίνουν σε R1234yf. Οι ιαπωνικές αυτοκινητοβιομηχανίες πραγματοποιούν επίσης τη μετάβαση στο R1234yf. Η Honda και η Subaru άρχισαν να εισάγουν το νέο ψυκτικό με τα μοντέλα 2017. Από το 2017 έως το 2018, η BMW άλλαξε όλα τα μοντέλα της σε R1234yf. Από το 2018, το 50% των νέων οχημάτων από τους κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού (OEM) εκτιμάται ότι χρησιμοποιεί το R1234yf .

Το ζήτημα της ευφλεκτότητας έχει προσελκύσει πολλή προσοχή, προτρέποντας τον κλάδο να διεξάγει κάποιες σοβαρές δοκιμές από τρίτους. Η γραμμή είναι αυτή:

Το ψυκτικό θα καεί, αλλά χρειάζεται πολύ θερμότητα για να το αναφλέξει και καίγεται αργά. Κάθε άλλο υγρό πάνω από την θερμοκρασία ανάφλεξης θα ανάψει πιο εύκολα και θα καεί πιο θερμό από το R1234yf, οπότε η βιομηχανία έχει αποφασίσει ότι με το σωστό σχεδιασμό του συστήματος A/C, δεν αυξάνει τις πιθανότητες πυρκαγιάς στο όχημα.

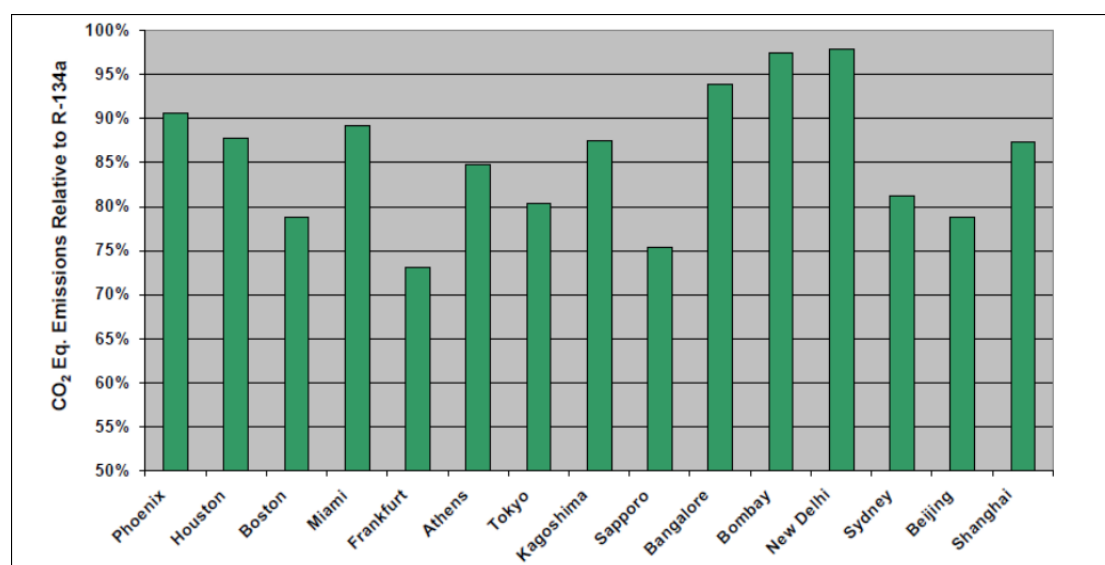
Η ανάμιξη HFO-1234yf με 10-11% R134a βρίσκεται σε εξέλιξη για την παραγωγή ενός υβριδικού αερίου υπό εξέταση από την ASHRAE για ταξινόμηση ως A2L που περιγράφεται ως "σχεδόν μη εύφλεκτο". Αυτά τα αέρια υπόκεινται σε επανεξέταση με τα ονόματα των R451A και R451B. Αυτά τα μείγματα έχουν $GWP \approx 147$.

Άλλα πρόσθετα έχουν προταθεί για τη μείωση της ευφλεκτότητας του HFO-1234yf, όπως το τριφθοροϊωδομεθάνιο, το οποίο έχει χαμηλό GWP λόγω της μικρής ατμοσφαιρικής διάρκειας ζωής του, αλλά είναι ελαφρώς μεταλλαξιγόνο.

3.3 Επιχειρήματα - η απόδοση του ψυκτικού R-1234yf

Το μεγαλύτερο μέρος του GWP ενός ψυκτικού οφείλεται στις εκπομπές του CO₂ που οφείλονται στην κατανάλωση καυσίμου που απαιτείται για την τροφοδότηση ενός κλιματιστικού συστήματος. Δοκιμές από την Ιαπωνική ένωση κατασκευαστών αυτοκινήτου, έδειξαν ότι τα κλιματιστικά που ήταν εξοπλισμένα με ψυκτικό μέσο R1234yf παράγουν θεαματικά λιγότερες εκπομπές CO₂ σε σχέση με αυτές που λειτουργούν με συμβατικά ψυκτικά μέσα.

Ως εκ τούτου το ψυκτικό μέσο R1234yf παρέχει μια γενική λύση για την ορθολογική χρήση της ενέργειας στα κλιματιστικά των αυτοκινήτων. Στην εικόνα 8 φαίνονται οι εκτιμώμενες ισοδύναμες εκπομπές CO₂ του R1234yf σε σχέση με το R134a.



Εικόνα 8: Εκτιμώμενες εκπομπές CO₂ του 1234yf σε σχέση με το R134a

Στους παρακάτω πίνακες 8 και 9 απεικονίζονται περιεκτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά του ψυκτικού μέσου R1234yf και τα σημαντικά στάδια ανάπτυξης του.

HFO-1234yf	<ul style="list-style-type: none">- Δημιουργήθηκε για συστήματα κλιματισμού μηχανοκίνητων οχημάτων- Παγκόσμια Χρήση- Φιλικό προς το περιβάλλον- Διεξοδικά δοκιμασμένο- Αξιόπιστο- Αποδοτικό
HFO	Περιγράφει μια οργανική χημική ένωση φθορίου που ονομάζεται φθοριωμένη ολεφίνη (hydrofluoroolefin).
1234	Αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη χημική ένωση: 1 = διπλός δεσμός 2 = άνθρακες 3 = υδρογόνα 4 = φθόριο
yf	Ονομάζεται το συγκεκριμένο ισομερές (θέση των ατόμων φθορίου).
Οδηγία MAC	Από τον Ιανουάριο του 2011 όλοι οι νέοι τύποι οχημάτων, πρέπει να χρησιμοποιούν ψυκτικά μέσα κλιματισμού με GWP κάτω από 150. Από το 2017 αυτό θα ισχύει για όλα τα νέα οχήματα. Αυτό βασίζεται στην Οδηγία MAC (2006/40/EK) που ψηφίστηκε το 2006.

Ανάπτυξη	Οι Honeywell και DuPont, σε μια συμφωνία κοινής ανάπτυξης, έχουν παράγει το HFO-1234yf προς αντικατάσταση του R-134a και σήμερα προετοιμάζονται ξεχωριστά για την εμπορική εκμετάλλευση του προϊόντος.
Περιβαλλοντικά	Το HFO-1234yf έχει GWP 4, το οποίο είναι σημαντικά μικρότερο του ορίου που θέτει η Οδηγία MAC (GWP κάτω από 150).
Έγκριση	Η χρήση του HFO-1234yf έχει εγκριθεί στην Ιαπωνία, στην Κορέα και στην Κίνα. Βάσει της Συμφωνίας ECE, το HFO-1234yf έχει εγκριθεί και στη Γερμανία. Στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη οι διαδικασίες έγκρισης βρίσκονται στο τελικό τους στάδιο. Το HFO-1234yf έχει καταχωρηθεί υπό τις χημικές ρυθμίσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η EPA των ΗΠΑ σχεδιάζει να συμπεριλάβει το HFO-1234yf στο Πρόγραμμα Πολιτικής Σημαντικών Νέων Εναλλακτικών Λύσεων (Significant New Alternatives Policy - SNAP). Με αυτό το πρόγραμμα η EPA αξιολογεί νέες βελτιωμένες ουσίες που μπορούν να αντικαταστήσουν ουσίες καταστροφικές για το όζον.
Υιοθέτηση	Παγκόσμια υιοθέτηση νέων μοντέλων αυτοκινήτων.
Χρόνος Υιοθέτησης	Οι πρώτοι κατασκευαστές αυτοκινήτων θα παραλάβουν τα προϊόντα σύμφωνα με τις παραγγελίες τους.
Ποσότητα	Περίπου 600 γραμμάρια για σύγχρονο εξοπλισμό κλιματισμού, ξαναγέμισμα εάν είναι απαραίτητο.

Επιστημονικές Μελέτες	Η Honeywell εξασφαλίζει ότι όλα τα προϊόντα υποβάλλονται σε συνεχείς δοκιμές, τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά, ιδιαίτερα κατά τη φάση της παραγωγής. Η SAE, με περίπου 115.000 μηχανικούς και τεχνικούς, έχει δοκιμάσει το HFO-1234yf για πέντε χρόνια στο Πρόγραμμα Ερευνητικής Συνεργασίας (Cooperative Research Program). Επίσης, 18 διεθνή, ανεξάρτητα επιστημονικά ιδρύματα και 15 διεθνείς κατασκευαστές αυτοκινήτων και προμηθευτές εξαρτημάτων έχουν συμμετάσχει στο πρόγραμμα αυτό. Μεταξύ των συμμετεχόντων είναι οι: Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Fiat, Ford / Volvo, GM / Opel, Honda, Porsche, PSA, Renault, Jaguar / Land Rover, Toyota και VW, καθώς και οι: Conti Tech, Delphi, Denso, DuPont, Freudenberg, Goodyear, Maflow, Valeo και Visteon. Η SAE έχει δηλώσει σαφώς ότι το HFO-1234yf είναι το καλύτερο διαθέσιμο ψυκτικό για τα κλιματιστικά των αυτοκινήτων.
-----------------------	--

<p>Δοκιμές Πρόσκρουσης</p>	<p>Οι κατασκευαστές αυτοκινήτων και οι προμηθευτές εξαρτημάτων δοκίμασαν το HFO-1234yf λεπτομερώς κατά τη διάρκεια του Προγράμματος Ερευνητικής Συνεργασίας της SAE (SAE Cooperative Research Program). Διαθέτουν σύγχρονες εγκαταστάσεις δοκιμών και μεγάλη εμπειρία στη διεξαγωγή αυτών των δοκιμών.</p> <p>Δύο παραδείγματα:</p> <p>Η Fiat πραγματοποίησε μια δοκιμή πρόσκρουσης με HFO-1234yf σε ένα Fiat 500, με ταχύτητα 65 χλμ. / ώρα (σύμφωνα με το Πρωτόκολλο EuroNCAP). Δεν υπήρξε φωτιά και καμία διαρροή τοξικών υλικών.</p> <p>Η Peugeot πραγματοποίησε μια δοκιμή πρόσκρουσης με HFO-1234yf σε ένα Peugeot 308, με ταχύτητα 56 χλμ. / ώρα (σύμφωνα με το ECE 94). Ο κινητήρας λειτουργούσε για πολύ ώρα και ήταν ιδιαίτερα θερμός. Δεν υπήρξε φωτιά και καμία διαρροή τοξικών υλικών.</p>
<p>Ασφάλεια</p>	<p>Η Ευρωπαϊκή Ένωση διαφοροποιεί τα αέρια σε δύο κατηγορίες: τα πολύ εύφλεκτα και τα μη εύφλεκτα. Αυτός είναι ο λόγος που το HFO-1234yf πρέπει να ονομάζεται λίαν εύφλεκτο (Οδηγία για τις επικίνδυνες ουσίες, 11 Νοεμβρίου 2010 και Κανονισμός (ΕΚ) υπ' αριθμ. <u>1272/2008</u>). Οι δοκιμές έχουν δείξει ότι το προϊόν δεν αναφλέγεται σε επιφάνειες έως και τους 800 βαθμούς Κελσίου.</p>

Πίνακας 9 :Χαρακτηριστικά του HFO-1234yf

16 Σεπτεμβρίου 1987	Τα κράτη του ΟΗΕ υπογράφουν το “Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ”. Έχει στόχο την πρόληψη εκπομπών που βλάπτουν το στρώμα του όζοντος της Γης.
1 Ιανουαρίου 1989	Το “Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ” τίθεται σε ισχύ.
11 Δεκεμβρίου 1997	Τα κράτη του ΟΗΕ εγκρίνουν το “Πρωτόκολλο του Κιότο”. Τα βιομηχανικά κράτη δεσμεύονται να μειώσουν τις εκπομπές αερίων που επηρεάζουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, μέχρι το 2012, κατά 5,2% κάτω από τα επίπεδα του 1990.
8 Μαρτίου 2000	Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Κλιματικών Αλλαγών (European Climate Change Program) της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής Ένωσης εντείνει τις προσπάθειες για την εφαρμογή του “Πρωτοκόλλου του Κιότο”. Οι ομάδες εργασίας συζητούν εναλλακτικές και ο κλιματισμός των αυτοκινήτων έρχεται στο προσκήνιο.
10 Οκτωβρίου 2000	Το Συμβούλιο Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU Environment Council) ζητά από την Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εξετάσει μέτρα για την μείωση των εκπομπών φθοριούχων αερίων (φθοριούχα αέρια που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου) από τα κλιματιστικά αυτοκινήτων.
2003	Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εγκρίνει το HFC-152a, R-744 και άλλα ψυκτικά ως δυνατά νέα ψυκτικά μέσα για τον κλιματισμό των μηχανοκίνητων οχημάτων.
16 Φεβρουαρίου 2006	Η Honeywell παρουσιάζει νέα φιλικά προς το περιβάλλον ψυκτικά μέσα.
17 Μαΐου 2006	Η Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης πάνω στα συστήματα κλιματισμού των μηχανοκίνητων οχημάτων (Οδηγία <u>2006/40/EK</u> , “Οδηγία MAC”), επιβάλλει αυστηρές απαιτήσεις όσον αφορά τα ψυκτικά μέσα που εφαρμόζονται. Μόνο ψυκτικά μέσα με GWP κάτω από 150 θα μπορούν να εγκριθούν για χρήση.
4 Ιουλίου 2006	Ο Κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα φθοριούχα αέρια (Κανονισμός (ΕΚ) υπ’ αριθμ. <u>842/2006</u>) και η Οδηγία MAC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου σχετικά με τις εκπομπές φθοριούχων αερίων του κλιματισμού μηχανοκίνητων οχημάτων, καθώς και η τροποποίηση της Οδηγίας <u>70/156/EWG</u> τίθενται σε ισχύ.

14 Φεβρουαρίου 2007	Οι Honeywell και DuPont παρουσιάζουν νέα ψυκτικά με χαμηλό GWP στην ετήσια Χειμερινή Σύνοδο Εναλλακτικών Ψυκτικών της Γερμανικής Ένωσης Αυτοκινητοβιομηχανίας (VDA).
13 Φεβρουαρίου 2008	Οι Honeywell και DuPont παρουσιάζουν το νέο και έτοιμο για την αγορά HFO-1234yf στην ετήσια Χειμερινή Σύνοδο Εναλλακτικών Ψυκτικών της VDA.
1 Δεκεμβρίου 2008	Η διαδικασία εγγραφής του HFO-1234yf στον REACH αρχίζει. Ο REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), ο νέος Κανονισμός για την καταχώριση, την αξιολόγηση, την αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων, απαιτεί οι χημικές ουσίες από μόνες τους αλλά και σε παρασκευάσματα να είναι καταχωρημένες στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Χημικών Προϊόντων (European Chemicals Agency - ECHA).
8 Δεκεμβρίου 2008	Το LGWP ψυκτικό HFO-1234yf της Honeywell εγκρίνεται από τη SAE για χρήση σε οχήματα: “Το HFO-1234yf προσφέρει μεγαλύτερες δυνατότητες για την επίτευξη περιβαλλοντικών και καταναλωτικών αναγκών”.
1 Ιανουαρίου 2009	Μετά από εντατικές δοκιμές του R-744, το Διεθνές Πρόγραμμα Ερευνητικής Συνεργασίας (International Cooperative Research Program) της SAE δίνει προτεραιότητα στο HFO-1234yf έναντι του R-744 ως ψυκτικού μέσου για την πρακτική χρήση σε οχήματα.
28 Μαΐου 2009	Η Γερμανική Ένωση Αυτοκινητοβιομηχανίας (VDA) απαιτεί παγκόσμια πρότυπα για τα ψυκτικά μέσα.
4 Αυγούστου 2009	Το HFO-1234yf δοκιμάζεται εντατικά από το Ιαπωνικό Υπουργείο Υγείας, Εργασίας και Πρόνοιας, Οικονομίας, Εμπορίου και Βιομηχανίας και Περιβάλλοντος και εγκρίνεται για πρακτική χρήση.
13 Οκτωβρίου 2009	Η EPA δέχεται στο Πρόγραμμα Πολιτικής Σημαντικών Νέων Εναλλακτικών Λύσεων (SNAP) τη χρήση του HFO-1234yf ως LGWP ψυκτικό για τον κλιματισμό μηχανοκίνητων οχημάτων.
5 Ιανουαρίου 2010	Το Ευρωπαϊκό Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας χορηγεί στην Honeywell το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το νέο LGWP ψυκτικό HFO-1234yf, για τον κλιματισμό μηχανοκίνητων οχημάτων.
20 Μαΐου 2010	Οι Honeywell και Dupont ανακοινώνουν μια κοινοπραξία για την κατασκευή του νέου LGWP ψυκτικού HFO-1234yf.

23 Ιουλίου 2010	Η GM επιλέγει να χρησιμοποιηθεί το HFO-1234yf στα αυτοκίνητα των αμερικανικών εταιριών Cadillac, Chevrolet, Buick και GMC από το 2013 και μετά.
28 Φεβρουαρίου 2011	Η EPA εγκρίνει το HFO-1234yf για χρήση στον κλιματισμό των μηχανοκίνητων οχημάτων. Η έκθεση SNAP της EPA επικρίνει τις δοκιμές που διενεργήθηκαν από το Γερμανικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Έρευνας Υλικών και Δοκιμών (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung - BAM) για το γεγονός ότι δεν αποκαλύπτει πλήρως τις συνθήκες διεξαγωγής των δοκιμών. Έτσι, οι δοκιμές δε μπορούν πραγματικά να κριθούν επιστημονικά, όπως σημειώνει η EPA.

Πίνακας 10: Σημαντικά χρονικά στάδια ανάπτυξης του R1234yf

Στους παρακάτω πίνακες 10 και 11 φαίνονται οι θερμοδυναμικές ιδιότητες του R1234yf σε σχέση με την θερμοκρασία και την πίεση στην οποία βρίσκεται.

Temperature (°F)	Pressure (psia)	Liquid Density (lbm/ft ³)	Vapor Density (lbm/ft ³)	Liquid Enthalpy (Btu/lbm)	Vapor Enthalpy (Btu/lbm)	Liquid Entropy (Btu/lbm-°R)	Vapor Entropy (Btu/lbm-°R)
-8	17.5	85.2	0.386	73.46	165.71	0.212	0.417
-4	19.3	84.8	0.424	74.70	166.30	0.215	0.416
0	21.2	84.4	0.463	75.94	166.89	0.218	0.416
4	23.2	83.9	0.506	77.19	167.48	0.221	0.415
8	25.5	83.5	0.552	78.44	168.06	0.223	0.415
12	27.8	83.1	0.601	79.69	168.64	0.226	0.414
16	30.4	82.6	0.654	80.95	169.22	0.229	0.414
20	33.1	82.2	0.710	82.21	169.79	0.231	0.414
24	36.0	81.7	0.769	83.49	170.36	0.234	0.413
28	39.2	81.3	0.833	84.76	170.92	0.236	0.413
32	42.5	80.8	0.901	86.04	171.48	0.239	0.413
36	46.0	80.4	0.973	87.33	172.04	0.242	0.413
40	49.7	79.9	1.050	88.62	172.59	0.244	0.412
44	53.7	79.4	1.131	89.92	173.13	0.247	0.412
48	57.9	79.0	1.218	91.23	173.67	0.249	0.412
52	62.4	78.5	1.309	92.54	174.21	0.252	0.411
56	67.1	78.0	1.407	93.86	174.74	0.254	0.411
60	72.1	77.5	1.510	95.19	175.26	0.257	0.411
64	77.4	77.0	1.619	96.52	175.77	0.259	0.411
68	82.9	76.5	1.734	97.86	176.28	0.262	0.411
72	88.8	76.0	1.857	99.21	176.78	0.265	0.410
76	94.9	75.5	1.986	100.56	177.27	0.267	0.410
80	101.4	74.9	2.123	101.93	177.75	0.270	0.410
84	108.2	74.4	2.268	103.30	178.23	0.272	0.410
88	115.3	73.9	2.421	104.68	178.69	0.275	0.410
92	122.8	73.3	2.583	106.08	179.14	0.277	0.410
96	130.6	72.7	2.754	107.48	179.59	0.280	0.409
100	138.9	72.2	2.935	108.89	180.02	0.282	0.409
104	147.4	71.6	3.127	110.31	180.44	0.285	0.409
108	156.4	71.0	3.329	111.74	180.85	0.287	0.409
112	165.8	70.4	3.544	113.19	181.25	0.290	0.409
116	175.6	69.8	3.771	114.64	181.63	0.292	0.408
120	185.9	69.1	4.012	116.12	181.99	0.295	0.408
124	196.5	68.5	4.267	117.60	182.34	0.297	0.408
128	207.7	67.8	4.537	119.10	182.67	0.300	0.408
132	219.3	67.1	4.825	120.61	182.98	0.302	0.407
136	231.4	66.4	5.130	122.14	183.27	0.305	0.407
140	243.9	65.7	5.455	123.69	183.54	0.307	0.407
144	257.0	65.0	5.801	125.25	183.78	0.310	0.407
148	270.6	64.2	6.171	126.84	184.00	0.312	0.406
152	284.8	63.4	6.567	128.45	184.19	0.315	0.406
156	299.5	62.6	6.991	130.08	184.35	0.317	0.405
160	314.7	61.8	7.447	131.74	184.46	0.320	0.405
164	330.6	60.9	7.939	133.42	184.54	0.323	0.405
168	347.1	60.0	8.471	135.14	184.58	0.325	0.404
172	364.2	59.0	9.049	136.90	184.56	0.328	0.403
176	381.9	57.9	9.681	138.70	184.48	0.331	0.403
180	400.3	56.9	10.376	140.54	184.33	0.334	0.402
184	419.5	55.7	11.146	142.44	184.10	0.336	0.401
188	439.3	54.4	12.009	144.41	183.77	0.339	0.400
192	459.9	53.0	12.988	146.46	183.31	0.342	0.399
196	481.3	51.5	14.120	148.63	182.68	0.346	0.397
200	503.6	49.8	15.465	150.95	181.83	0.349	0.396
204	526.7	47.7	17.135	153.50	180.64	0.353	0.394
208	550.9	45.0	19.392	156.46	178.83	0.357	0.390
213.9	588.8	32.0	32.0	167.63	167.63	0.373	0.373

Πίνακας 11:Θερμοδυναμικές ιδιότητες του R1234yf

Temperature (°C)	Pressure (bar)	Liquid Density (g/cm ³)	Vapor Density (g/cm ³)	Liquid Enthalpy (J/g)	Vapor Enthalpy (J/g)	Liquid Entropy (J/g-K)	Vapor Entropy (J/g-K)
-20	1.500	1.237	0.0087	175.58	348.80	0.9077	1.5919
-18	1.624	1.231	0.0094	177.97	350.09	0.9171	1.5916
-16	1.755	1.226	0.0101	180.37	351.37	0.9264	1.5914
-14	1.895	1.220	0.0109	182.79	352.65	0.9357	1.5912
-12	2.042	1.214	0.0117	185.21	353.93	0.9450	1.5910
-10	2.199	1.208	0.0125	187.64	355.20	0.9542	1.5909
-8	2.365	1.202	0.0134	190.09	356.46	0.9634	1.5909
-6	2.540	1.196	0.0144	192.55	357.72	0.9726	1.5909
-4	2.724	1.190	0.0154	195.02	358.98	0.9818	1.5909
-2	2.919	1.184	0.0164	197.50	360.22	0.9909	1.5910
0	3.125	1.178	0.0176	200.00	361.46	1.0000	1.5911
2	3.341	1.172	0.0187	202.51	362.70	1.0091	1.5913
4	3.568	1.165	0.0200	205.03	363.92	1.0182	1.5915
6	3.807	1.159	0.0213	207.57	365.14	1.0272	1.5917
8	4.058	1.152	0.0227	210.12	366.35	1.0362	1.5919
10	4.321	1.146	0.0241	212.68	367.55	1.0452	1.5922
12	4.596	1.139	0.0256	215.26	368.74	1.0542	1.5924
14	4.885	1.133	0.0272	217.85	369.92	1.0632	1.5927
16	5.188	1.126	0.0289	220.46	371.09	1.0721	1.5931
18	5.504	1.119	0.0307	223.08	372.24	1.0811	1.5934
20	5.834	1.112	0.0325	225.72	373.39	1.0900	1.5937
22	6.179	1.105	0.0345	228.38	374.52	1.0989	1.5941
24	6.539	1.098	0.0365	231.05	375.64	1.1078	1.5944
26	6.915	1.090	0.0387	233.74	376.75	1.1167	1.5948
28	7.307	1.083	0.0410	236.44	377.84	1.1256	1.5952
30	7.715	1.076	0.0433	239.16	378.91	1.1345	1.5955
32	8.140	1.068	0.0458	241.91	379.97	1.1434	1.5959
34	8.582	1.060	0.0485	244.67	381.01	1.1523	1.5962
36	9.041	1.052	0.0512	247.45	382.03	1.1612	1.5965
38	9.519	1.044	0.0541	250.25	383.03	1.1701	1.5968
40	10.015	1.036	0.0572	253.07	384.01	1.1789	1.5971
42	10.531	1.028	0.0604	255.91	384.96	1.1878	1.5973
44	11.066	1.019	0.0638	258.78	385.89	1.1967	1.5975
46	11.621	1.010	0.0673	261.67	386.79	1.2057	1.5977
48	12.197	1.001	0.0711	264.59	387.67	1.2146	1.5978
50	12.794	0.992	0.0750	267.53	388.51	1.2235	1.5979
52	13.413	0.983	0.0792	270.50	389.32	1.2325	1.5979
54	14.054	0.973	0.0836	273.50	390.09	1.2415	1.5979
56	14.717	0.963	0.0883	276.53	390.83	1.2505	1.5978
58	15.404	0.953	0.0933	279.60	391.52	1.2596	1.5976
60	16.115	0.943	0.0986	282.70	392.17	1.2687	1.5973
62	16.851	0.932	0.1042	285.84	392.76	1.2779	1.5969
64	17.612	0.921	0.1101	289.02	393.30	1.2871	1.5964
66	18.399	0.909	0.1165	292.25	393.77	1.2964	1.5957
68	19.213	0.897	0.1234	295.53	394.18	1.3058	1.5949
70	20.054	0.884	0.1307	298.86	394.51	1.3152	1.5940
72	20.923	0.871	0.1387	302.25	394.75	1.3248	1.5928
74	21.822	0.857	0.1473	305.72	394.89	1.3345	1.5914
76	22.751	0.843	0.1567	309.26	394.92	1.3444	1.5897
78	23.710	0.827	0.1670	312.90	394.81	1.3544	1.5877
80	24.702	0.811	0.1783	316.64	394.53	1.3647	1.5853
82	25.728	0.793	0.1911	320.52	394.07	1.3753	1.5824
84	26.788	0.773	0.2055	324.57	393.35	1.3863	1.5789
86	27.884	0.751	0.2222	328.84	392.32	1.3978	1.5746
88	29.018	0.726	0.2420	333.42	390.83	1.4101	1.5691
90	30.193	0.696	0.2668	338.48	388.67	1.4236	1.5618
92	31.411	0.656	0.3010	344.43	385.24	1.4395	1.5512
94	32.681	0.588	0.3641	353.14	378.09	1.4627	1.5306
94.8	32.660	0.4709	0.4709	365.85	365.85	1.4970	1.4970

Πίνακας 12 : Θερμοδυναμικές ιδιότητες του R1234yf

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συμπεράσματα

Με κριτήριο τα επιστημονικά ευρήματα, τις κανονιστικές απαιτήσεις και τις ανάγκες της αγοράς, κρίθηκε επιτακτικό να προωθηθεί μια νέα – τέταρτη - γενιά ψυκτικών μέσων, που καθιερώθηκαν στις αρχές της τρέχουσας δεκαετίας, με σκοπό να αντικαταστήσουν τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνταν από τον 20^ο αιώνα και μέχρι τις αρχές του 21^{ου}.

Τα βασικά κριτήρια επιλογής για τη νέα γενιά είναι αρχικά τα ψυκτικά μέσα να έχουν χαμηλό GWP - αρχικά 150 ή λιγότερο (για χρονικό διάστημα 100 ετών) – συν τις υφιστάμενες απαιτήσεις για καταλληλότητα, ασφάλεια και συμβατότητα των υλικών.

Με την πρόβλεψη του σεναρίου για επιπρόσθετες περιβαλλοντικές ανησυχίες και με αφορμή την μελλοντική απόσυρση των φθοροχημικών ψυκτικών μέσων που πληρούν τα νέα όρια GWP, σύντομα (αλλά όχι πολύ σύντομα), η ατμοσφαιρική διάρκεια ζωής θα πρέπει επίσης να αποτελεί κριτήριο. Ιδιαίτερα, η νέα γενιά πρέπει να προσφέρει υψηλή απόδοση, αλλιώς η στροφή προς την κατεύθυνση ψυκτικών μέσων χαμηλού GWP θα αντιστραφεί, και αντί να μειωθούν οι καθαρές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, θα αυξηθούν.

Πολλά ψυκτικά που θεωρούνται σήμερα ως νέες εναλλακτικές λύσεις, συμπεριλαμβανομένων πολλών HFCs, σύντομα θα μπορούσαν να γίνουν αντικείμενο κριτικής και ίσως ακόμα να οδηγούνταν σε αφανισμό. Δεδομένης της έλλειψης βιώσιμων επιλογών, οι μελλοντικές επιλογές ψυκτικού μέσου θα πρέπει να εξασφαλίζουν την ολοκληρωμένη εξέταση όλων των περιβαλλοντικών ζητημάτων από κοινού, με γενικές εκτιμήσεις, αντί για σποραδικές θεραπείες, που έχουν σαν αποτέλεσμα την ενδεχόμενη εξάλειψη μερικών καλών συνολικών εναλλακτικών για μικρά μειονεκτήματα με δυσδιάκριτες επιπτώσεις σε μεμονωμένα θέματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. [MSDS for HFO-1234ze](#)
2. [Honeywell Sells Novel Low-Global-Warming Blowing Agent To European Customers](#), Honeywell press release, Oct. 7, 2008
3. ANSI/ASHRAE Standard 34, 2010. Designation and Safety Classification of Refrigerants.
4. <https://www.honeywell-refrigerants.com/india/?document=solstice-ze-hfo-1234ze-brochure-2012&download=1>
5. Regulation [EC] No 517/2014)
6. [Jump up to:](#) Giulia Righetti, Claudio Zilio, Simone Mancin & Giovanni A. Longo (2016): A review on in-tube two-phase heat transfer of hydro-fluoro-olefines refrigerants, Science and Technology for the Built Environment, DOI:10.1080/23744731.2016.1229528
7. Longo, Giovanni A.; Zilio, Claudio; Righetti, Giulia; Brown, J. Steven (2014). "Condensation of the low GWP refrigerant HFO1234ze(E) inside a Brazed Plate Heat Exchanger". *International Journal of Refrigeration*. **38**: 250–259. doi:10.1016/j.ijrefrig.2013.08.013.
8. Longo, Giovanni A.; Mancin, Simone; Righetti, Giulia; Zilio, Claudio (2016). "HFO1234ze(E) vaporisation inside a Brazed Plate Heat Exchanger (BPHE): Comparison with HFC134a and HFO1234yf". *International Journal of Refrigeration*. **67**: 125–133. doi:10.1016/j.ijrefrig.2016.04.002.
9. Longo, Giovanni A.; Mancin, Simone; Righetti, Giulia; Zilio, Claudio (2016). "Saturated flow boiling of HFC134a and its low GWP substitute HFO1234ze(E) inside a 4 mm horizontal smooth tube". *International Journal of Refrigeration*. **64**: 32–39. doi:10.1016/j.ijrefrig.2016.01.015.
10. Brown, J.S., C. Zilio, R. Brignoli, and A. Cavallini. 2013. Heat transfer and pressure drop penalization terms (exergy losses) during flow boiling of refrigerants. *International Journal of Energy Research* 37:1669–79.
11. [Jump up to:](#) "Ask the expert: How many light duty OEs use HFO-1234yf refrigerant?". *Vehicle Service Pros*. May 15, 2018. Retrieved 26 July 2018.
12. ["Recognizing excellence: Development of HFO-1234yf as the next generation refrigerant for the automotive industry"](#) (PDF). 2010 DuPont Excellence Awards Sustainable Growth. 2010. p. 3. Retrieved 31 July 2018.
13. ["DuPont Names Seven New DuPont Fellows"](#). DuPont Media Center (Press release). July 17, 2014. Retrieved 30 July 2018.
14. [Jump up to:](#) Lewandowski, Thomas A. (July 24, 2013). "Additional risk assessment of alternative refrigerant R-1234yf prepared for SAE International cooperative research program CRP1234-4" (PDF). SAE International. Retrieved 26 July 2018.
15. [Jump up to:](#) "Automakers Go HFO", *Chemical & Engineering News*, July 26, 2010
16. ["Honeywell announces major investments to increase HFO-1234yf production in the United States"](#). Honeywell (Press release). December 10, 2013. Retrieved 26 July 2018.
17. ["Honeywell starts up \\$300 million automotive refrigerant production facility in Louisiana"](#). Honeywell (Press release). May 16, 2017. Retrieved 26 July 2018.
18. [Marwa, Stefan \(July 26, 2018\). "HFO-1234yf market 2018 global share and projections: Honeywell and Chemours"](#). *The Aerospace News*. Retrieved 26 July 2018.
19. [Hurley, M.D; Wallington, T.J; Javadi, M.S; Nielsen, O.J \(2008\). "Atmospheric chemistry of CF₃CF=CH₂: Products and mechanisms of Cl atom and OH radical initiated oxidation"](#). *Chemical Physics Letters*. **450** (4–6): 263–267. doi:10.1016/j.cplett.2007.11.051.
20. [Boutonnet, Jean Charles; Bingham, Pauline; Calamari, Davide; Rooij, Christ de; Franklin, James; Kawano, Toshihiko; Libre, Jean-Marie; McCul-Loch, Archie; Malinverno, Giuseppe; Odom, J. Martin; Rusch, George M; Smythe, Katie; Sobolev, Igor; Thompson, Roy; Tiedje, James M \(1999\). "Environmental risk assessment of trifluoroacetic acid"](#). *International Journal of Human and Ecological Risk Assessment*. **5** (1): 59–124. doi:10.1080/10807039991289644.
21. [Henne, Albert L; Fox, Charles J \(1951\). "Ionization constants of fluorinated acids"](#). *Journal of the American Chemical Society*. **73**(5): 2323–2325. doi:10.1021/ja01149a122.
22. ["Refreshingly cool, potentially toxic"](#). Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) Munich. 2014. Retrieved 26 July 2018.

23. [^ Spatz, Mark; Minor, Barbara \(July 2008\). "HFO-1234yf Low GWP Refrigerant Update" \(PDF\).](#)
24. [^ Jump up to: ^a ^b Hetzner, Christiaan \(December 12, 2012\). "Coolant safety row puts the heat on Europe's carmakers". Reuters. Retrieved 26 July 2018.](#)
25. [^ "SAE International Cooperative Research Project Offers Update on R1234yf Refrigerant". MACS Worldwide. December 14, 2012. Retrieved 26 July 2018.](#)
26. [^ "A heated row over coolants". The Economist. August 31, 2013. Retrieved 26 July 2018.](#)
27. [^ Bolduc, Douglas A. \(August 8, 2013\). "German officials provide mixed ruling on Honeywell refrigerant Despite fire risk, agency does not seek recall of cars using HFO-1234yf". Automotive News Europe. Retrieved 26 July 2018.](#)
28. [Stand, A. Designation and safety classification of refrigerants. 2010-07-27][2014-
29. 11-09]. www.ashrae.org.
30. Cengel, Yunus A. Θερμοδυναμική για μηχανικούς : Σύμφωνα με το σύστημα SI /
31. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX:32006R0842>
32. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32006L0040>
33. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0517>
34. Cavallini, A. (2004). Properties of CO2 as a refrigerant. In European Seminar CO2 as a refrigerant: theoretical and design aspects.