Inngangur

Með Montrealsamþykktinni á níunda áratugnum var lagður grunnur að útfösun CFC efnanna eins og t.d. freon 12 og 502. Á sama tíma breyttist útgerðarmynstur togaranna, úr veiðum í ís yfir í veiðar- og vinnslu um borð. Fjölda togara var breytt og frysti- og vinnslubúnaði komið fyrir um borð. Þá voru smíðuð ný togveiðiskip með samskonar búnaði þ.e.a.s. HCFC frystikerfum.
Svo virðist sem að útgerðum hafi verið ókunnugt um þróun Montrealsamþykktarinnar, eða ekki fengið réttar upplýsingar. Á sama tíma og þær voru að setja niður frystibúnað um borð þróast Montrealsamþykktin með viðbótarsamþykktinni árið 1992 þar sem útfösun HCFC efnanna var ákveðin.

Útfösun HCFC efnanna í Montrealsamþykktinni gerir ráð fyrir löngum aðlögunartíma með stig lækkandi notkun allt fram til ársins 2030. Löndin í Evrópusambandinu ákváðu, með reglugerð, að stytta útfösunartímann enn frekar og miða við árið 2015. Enn ákvað Evrópusambandið að stytta útfösunartímann og nú er viðmiðunarárið 2010 með reglugerðinni EC 2037/2000 sem tekur gildi hér á land innan skamms. Þessi skýrsla er fyrst og fremst miðuð við EC 2037/2000 reglugerðina frá Evrópusambandinu og um áhrif hennar á þróun kælikerfi íslenskra fiskiskipa.

Leitað var upplýsinga hjá útgerðum, fyrirtækjum í kæliiðnaði, Hollustuvernd ríkisins, rækjuverksmiðjum og vélstjórum. Einnig nýttust vel upplýsingar úr gögnum Fiskifélags Íslands við gerð skýrslunnar. Skýrsluhöfundur þakkar öllum þeim fjölmörgu sem veittu upplýsingar.

Reykjavík, 18. apríl 2002
Guðbergur Rúnarsson

Efnisyfirlit

Samantekt og niðurstöður 4
Skilgreiningar og skýringar 10
1. Eyðing ósonlagsins 11
2. Umfang kæli- og frystikerfi um borð í fiskiskipum 14
3. Lekavandamálið 18
4. Stór kælikerfi í fiskiskipum 23
5. Öll kælikerfi í fiskiskipum 24
6. Kostnaður við útfösun R 22 25
Viðauki 1. Kælitækni fyrir vélstjóra við Vélskóla Íslands og Verkmenntaskólann á Akureyri. 29
Viðauki 2. Áfangar í kælitækni við VÍ og VMA 31
Viðauki 3. Menntun vélstjóra 32
Viðauki 4. Orkunotkun kælikerfa 33
Viðauki 5. Kælimiðlar og afköst 37
Viðauki 6. Kælimiðlanotkun fiskiskipa 38
Viðauki 7. Helstu atriði EC 2037/2000 39
Viðauki 8. Skip flutt inn til landsins eftir 1. janúar 1996 með tímabundna undanþágu á notkun R 22 40
Viðauki 9. Innflutt skip – frumskráð eftir 1. janúar 1996 41
Viðauki 10. Skip með kælikerfi önnur en R 22 42
Viðauki 11. Helstu R 22 kælikerfin í fiskiskipum 43
Viðauki 12. CO_2 sem kælimiðill 44
Viðauki 13. R 417 (ISEON 59), „drop in" kælimiðill á þenslulokakerfi. 46

Töflu og myndaskrá

Tafla 1. Áætlun Norðurlandanna um útfösun HCFC efna. 12
Tafla 2. Heildarmagn vetnisklórflúorkolefna sem heimilt var að flytja inn til landsins. 13
Tafla 3. Áfylling og ásafl R 22 kælikerfa. 14
Tafla 4. Innflutningur og ODP kvótar. 16
Tafla 5. Lekamat. 18
Tafla 6. Niðurstöður fyrir stór kæli- og frystikerfi. 26
Tafla 7. Kostnaður við RSW kerfi. 27
Tafla 8. Kostnaður við smá og önnur kerfi. 28

Mynd 2. Árleg notkun kælimiðla í tonnum – aðrir en ammoníak. 14
Mynd 3. Kælimiðlanotkun samkvæmt bókhaldi Hollustuverndar. 15
Mynd 4. Raunnotkun kælimiðla án R 12 frá árinu 1995 til 2000, kælimiðlakvótar og kælimiðlaþörf til ársins 2015. 17
Mynd 5. Kælimiðlaþörf við óbreytt lekahlutfall, þ.e. 50% kælimiðilsnotkun (leka). 19
Mynd 6. Kælimiðlaþörf. 19
Mynd 7. Kælimiðlaþörf og endurnýting. 20
Mynd 8. Sama notkun – minni leki. 21
Mynd 9. Minni notkun og leki. 21
Mynd 10. Breytt notkun og minni leki. 22
Mynd 11. Breytt notkun og fækkun kælikerfa sem nota R 22. 22
Mynd 12. Stórum kælikerfum með R 22 kælimiðli fækkar árlega um fimm frá árinu 2002 til 2015. 23
Mynd 13. Hagkvæmasta leiðin við útfösun á R 22. 24

Samantekt og niðurstöður

Framboð á nýjum HCFC kæliefnum, aðallega R 22, mun minnka um allt að 70% á árunum 2003 - 2004 frá því sem nú er. Því er nauðsynlegt að grípa til ráðstafanna og skipuleggja viðhald kæli- og frystikerfanna og útfösun HCFC efnanna með nýjum efnum sem duga í mörg ár.

Mikil kælimiðlanotkun kæli- og frystikerfa er mikið áhyggjuefni. Ef notkunin minnkar ekki hratt er hætt við að til vandræða horfi strax á árinu 2005. Mikilvægasta verkefnið er að ná utan um notkunina sem skiptist í leka og áfyllingar á kerfi sem hafa staðið um tíma eða verið vanrækt. Notkunin er nú allt of mikil, eða um 50% af heildarhleðslu kælimiðlanna í fiskiskipunum. Æskilegast er að minnka notkunina niður fyrir 25%, endurbyggja eða endurnýja elstu kerfin og safna kælimiðlum saman sem tilfalla frá kerfunum sem verða endurnýjuð til notkunar á kerfum sem eftir verða.

Takist að stýra kælimiðilsnotkuninni og endurnýjun kælikerfanna ásamt að fullnýta árlegan ODP kælimiðilskvóta verður ekki fyrirsjáanlegur skortur á R 22 kælimiðli.

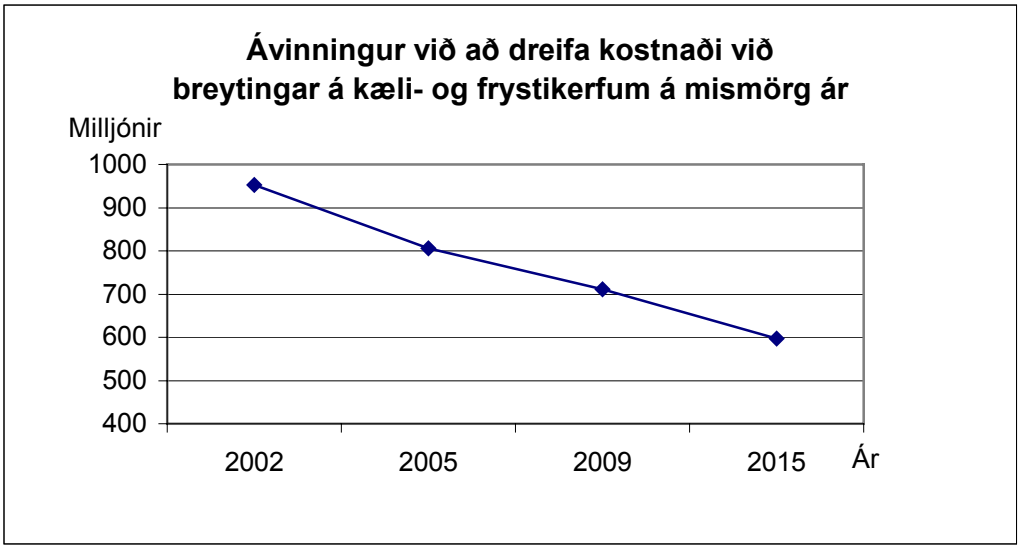
Á móti vegur að það fyrirkomulag við stjórnun og dreifingu kælimiðilskvótans beinist fremur að minnka notkun HCFC kælimiðla í stað þess að nýta að fullu það svigrúm sem kæli- og frystigreininni er skammtað. Verði fyrirkomulag við stjórnun og dreifingu HCFC kælimiðla óbreytt eru verulegar líkur á viðvarandi skorti á kælimiðli á næstu árum.

Þar sem frysti-og kælikerfin eru hönnuð sérstaklega fyrir HCFC efnin eins og R 22, verður að skoða hvert kerfi fyrir sig og kanna hvort það svari kostnaði að endurbyggja það fyrir nýjan kælimiðil.

Tiltölulega lítil reynsla er af breytingum á R 22 frystikerfum. Almennt er talið að sú reynsla sem menn fengu við útfösunina á CFC efnunum (R 12) á 10. áratugnum muni nýtast að þessu sinni þrátt fyrir þá staðreynd að ekkert kæliefni komi að fullu í staðin fyrir R 22.

Að hluta til er um misskilning að ræða sem tengist CFC efnunum sem R 22 leysti af hólmi á sínum tíma. Það var tiltölulega auðvelt að skipta CFC kælimiðlinum R 502 út með HCFC efninu R 22, en það er engin auðveld leið til að skipta út R 22. Nokkrir möguleikar eru í stöðunni, en allir dýrir. Þeir kælimiðlar sem koma í stað R 22 eru m.a. ammoníak, HFC efnin og CO_2 sem miklar vonir eru bundnar við sem kælimiðil framtíðarinnar. Þó reglugerðir heimili notkun R 22 sem kælimiðils allt fram til ársins 2015 er það mat manna að reglur varðandi þjónustu frysti- og kælikerfa sem þegar eru í rekstri verði hertar enn frekar, sérstaklega ef ný og ásættanleg tækni kemur fram.

Fram til ársins 2015 þarf að breyta eða taka úr rekstri 71 stór HCFC kæli- og frystikerfi auk fjölda annarra kælikerfa um borð í skipunum sem eru með u.þ.b. 156 tonna R 22 áfyllingu. Ljóst er að því lengur sem útfösunartíminn er, því hagkvæmara er fyrir sjávarútveginn að aðlaga sig að breyttum reglugerðum. Kostnaður við breytingu kæli- og frystikerfanna eru gríðarlegar eða rúmlega 950 milljónir króna á verðlagi í september 2001 ef endursmíðin fellur öll á árinu 2002. Verði mögulegt að dreifa þessum kostnaði með línulegum hætti fram á árið 2015 er kostnaðurinn mun minni eða um 600 milljónir króna miðað við 7% vexti.



Myndin hér að ofan sýnir hvernig kostnaðurinn minnkar við að hægja á hraða á endurbyggingum kælikerfa fyrir nýja kælimiðla miðað við að útfösuninni verði lokið á árinu 2002, 2005, 2009 eða 2015. Miðað er við að helmingur stærri kerfanna verði breytt fyrir NH_3. Í raun er ávinningurinn mun meiri en myndin gefur til kynna. Eftir árið 2009 er líftími flestra kerfanna liðinn, þau yngstu 14 ára, eðlileg endurnýjun komin vel á veg og kostnaður vegna breytinga HCFC kerfa í lágmarki. Breytingakostnaðurinn er því raunverulegur fram að 2009 og mestur fyrrihluta tímabilsins, þ.e. í kringum árið 2005.

Kostnaður og mögulegar leiðir
(Verðlag: September 2001).

Hagkvæmast er að skipta yfir í ammoníak ef kerfið er stórt og möguleiki á að koma því fyrir í skipinu. NH_3 er tífalt ódýrari kælimiðill en HFC efnin, orkunotkunin mun minni, frystiaflið meira og umhverfisskattar t.d. gróðurhúsaskattar verða ekki lagðir á NH_3. Kostnaður við að breyta „meðal" frystikerfi í NH_3 kerfi reiknast til að vera um 12,5 milljónir en um 11 milljónir ef breytt er í HFC kerfi.

Fyrir RSW sjókælikerfi með R 22 sem kælimiðil er fýsilegast að skoða breytingu yfir í HFC kælimiðil ef kerfið er laust við leka og ástand þess gott. Kostnaðurinn við breytingu „meðals" RSW kerfis er áætlaður um 4,4 milljónir en mun kostnaðarsamara er að breyta sjókælikerfi fyrir NH_3 kælimiðil.

Fyrir ýmis smærri kerfi koma ýmsar velþekktar lausnir til greina sem allar byggja á HFC efnum eða á „drop in" staðgengikælimiðli. Kostnaðurinn við að breyta smáu kerfi er áætlaður frá 183 til 267 þúsund krónur háð stærð kerfisins.

Innflutningur á nýframleiddu R 22 er takmarkaður með landskvóta sem skerðist umtalsvert á næstu árum og að fullu eftir 2009. Fram til ársins 2015 verður leyfilegt að nota endurunnið R 22. Skerðing kvótans leyfir ekki þá kælimiðlanotkun sem er í dag og því verður að draga mikið úr notkuninni og gera ráðstafanir sem tryggja hagkvæma nýtingu kælimiðla fyrir kæli- og frystikerfin.

Markmið og leiðir
Hér eru settar fram tillögur um markmið sem æskilegast er að stefna að; skynsamleg nýting ODP kvótans og nýting framleiðslutækjanna, minnkun kælimiðilsleka, endurnýtingu kælimiðla sem til falla og reisa skorður við óheftum aðgangi að HCFC kælimiðli.

Til að ná fram þessum markmiðum kann að vera nauðsynlegt að gera breytingar á gildandi reglugerðum fyrir kæli- og frystikerfi.

Helstu leiðir

1. Nýta ODP kvótann að fullu fyrir HCFC frysti- og kælikerfin sem voru í rekstri fyrir reglugerðarbreytinguna 1. janúar 1996.

2. Skilgreina nánar hverjir hafa forgang um nýtingu ODP kvótans.

3. Nýta kælimiðla sem falla til við niðurrif eða breytingar á HCFC kerfum og gera kælimiðilinn aðgengilegan og samkeppnishæfan fyrir kælikerfi landsmanna.

4. Minnka kælimiðilsleka með markgildum.

5. Auka innflutning á endurunnum kælimiðlum.

6. Takmarka eða fella niður tímabundnar undanþágur um rekstur kælikerfa.

7. Herða eftirlit með kælimiðilskaupum innfluttra og erlendra skipa hér á landi.

8. Kröfur til þjónustuaðila kælikerfa.

Leiðir

1.1 Nýta ODP kvótann að fullu fyrir HCFC frysti- og kælikerfin sem voru í rekstri fyrir reglugerðarbreytinguna 1. janúar 1996.

Nú er sá háttur hafður á að innflytjendur sækja um og fá úthlutaðan kvóta og selja efnið áfram þjónustuaðilum kælikerfa. Þjónustuaðilarnir selja síðan kælimiðilinn sínum viðskiptavinum. Undanfarin ár hefur ODP kvótinn ekki nýst að fullu og 25 – 30 tonn hafa fallið niður árlega. Við skerðingu ODP kvótans á næstu árum er hætta á skorti á HCFC kælimiðlum. Núverandi fyrirkomulag tryggir ekki fulla nýtingu ODP kvótans né hverjir nýti hann.

Úrbætur:

a) Skipta ODP kvótanum hlutfallslega niður á þá notendur sem geta fært sönnur á R 22 notkun á tiltekin kerfi fyrir 1. janúar 1996.

b) Fela ríkisstofnun, t.d. Ríkiskaupum umsjón með öllum innflutningi, birgðahaldi og dreifingu á öllum ODP efnum til notenda.

c) Halda í núverandi innflutningskerfi með breytingum sem miða að skilvirkri nýtingu ODP kvótans í samvinnu við innflytjendur og notendur. Innflytjendur sjái þá til þess að allur kvótinn verði fluttur inn og að HCFC kælikerfin sem voru í rekstri fyrir 1. janúar 1996 samkvæmt sérstökum lista hafi forgang um nýtingu hans.

2.1 Skilgreina nánar hverjir hafa forgang um nýtingu ODP kvótans.
Í ljósi þess að hagsmunir sjávarútvegsins eru mun meiri en annarra greina sem nota HCFC kælimiðla og þess, að breytingar á frystikerfum um borð í skipum eru í eðli sínu mun dýrari í framkvæmd en breyting ýmissa landkerfa og kælikerfa er æskilegt að:

a) *Skilgreina íslensk frystiskip sem forgangsnotendur HCFC kælimiðilskvótans samanber 1.1, og takmarka verulega notkun HCFC efna úr ODP kvóta á landkerfi og kælikerfi eftir árið 2003.*

b) *Herða kröfur til landkerfa og kælikerfa sem miða að hraðari endurnýjun kerfanna. Beina landkerfum og kælikerfum í endurnýttan kælimiðil eftir 2003.*

3.1 Nýta kælimiðla sem falla til við niðurrif eða breytingar á HCFC kerfum og gera kælimiðilinn aðgengilegan og samkeppnishæfan fyrir kælikerfi landsmanna.
Undanfarin ár hafa þjónustuaðilarnir tekið til sín kælimiðla af kerfum sem hafa verið rifin eða endurbyggð fyrir nýjan kælimiðil. Engar opinberar tölur eru til um magn þessa kælimiðils sem endurheimtist á þennan hátt, né hvernig honum var varið. Magn notaðs kælimiðils á eftir að aukast mikið á næstu árum í takt við endurnýjun kælikerfanna. Endurnýting endurheimts kælimiðils er mikilvæg viðbót fyrir rekstur kælikerfanna á næstu árum. Aðeins með endurnýtingu kælimiðils er mögulegt að reka hluta kerfanna fram yfir 2010.

Tillaga:
Skilyrða þjónustuaðila til að halda utan um endurheimt kæliefni með því að skila inn skýrslum um magn, uppruna og ráðstöfun ásamt hleðslu kerfisins sem kælimiðillinn kemur frá. Æskilegast er að þjónustuaðilarnar bjóði efnið til sölu á markaði og helst í gegnum viðurkenndra söluaðila eins og t.d. innflytjendur.

4.1 Minnka kælimiðilsleka með markgildum.
HCFC kælimiðlanotkun á ári er nú um 50% af kælimiðlahleðslu R 22 í fiskiskipum sem er áætluð rúmlega 155 tonn. Um landnotkunina er lítið vitað en reikna má með talsverðri notkun utan sjávarútvegsins, hjá verslunum, í kjötvinnslu og víðar. Áfylling landkerfa gæti verið af stærðargráðunni 30 til 60 tonn.

Tillögur til úrbóta:
a) *Nauðsynlegt er að draga úr leka kæli- og frystikerfanna og setja á markgildi um 10% minni leka á ári frá árinu 2002 til ársins 2006 m.v. viðmiðunarárið 2001. Til að ná settu markgildi um 10% minni leka á ári og til að hvetja greinina til að spara kælimiðil þarf að auka kröfur um viðhald kerfanna og gera nauðsynlegar breytingar á þeim kerfum sem uppfylla ekki markmið um lekamarkgildi.*

b) *Æskilegt er að gera þjónustuaðila ábyrga fyrir endurbótum og skýrsluhaldi einstakra kerfa. Í skýrslu um kælikerfi ætti að koma fram hvaða endurbætur voru framkvæmdar, fyrirbyggjandi aðgerðir, viðhaldsáætlun, dagsetning næstu skoðunar, magn kælimiðils á kerfinu, áfylling inn á kerfið við þjónustu ásamt öðrum mikilvægum upplýsingum.*

c) *Skýrslurnar skulu vera aðgengilegar. Öll fyrirtæki sem hafa kælikerfi ættu að hafa samning við viðurkenndan þjónustuaðila.*

5.1 Auka innflutning á endurunnum kælimiðlum.

Auka innflutning á endurunnum kælimiðli á meðan það er fært. Aðeins lítils háttar innflutningur hefur verið á endurunnu R 22. Endurunna efnið er utan ODP kvóta og fæst nú á góðu verði (um 500 kr/kg í september 2001).

Ábending:

Stórum jafnt sem smáum notendum HCFC efna sem ekki hafa áform um að breyta kerfum sínum í bráð fyrir nýjan kælimiðil geta nýtt sér þennan möguleika, aukið kælimiðilsbirgðir sínar og myndað öryggisbirgðir til seinni tíma nota.

6.1 Takmarka eða fella niður tímabundnar undanþágur um rekstur kælikerfa.

Undanþágur um rekstur kælikerfa verði takmarkaðar eða felldar niður. Nokkur innflutt skip eru með kæli- eða frystikerfi á tímabundnum undanþágum sem veittar eru til tveggja ára í senn.

Ath: Hér getur verið um nokkra hagsmuni að ræða fyrir útgerðir sem enn eru með skip á undanþágu og þeirra, sem vegna aukningar á aflaheimildum, t.d. rækju og þurfa tímabundið að auka sóknargetu með innflutningi á skipum.

Tillögur:

a) Tímabundnar undanþágur verða ekki endurnýjaðar.
b) Þrengja undanþágur verulega og setja skilyrði um breytingar miðað við lekamarkgildi, samanber 4.1 og endurnýjun kerfanna fyrir nýjan kælimiðil á undanþágutímanum.
c) Beina þessum skipum í endurnýtt kæliefni s.k. 5.1.
d) Skip sem hafa horfið úr íslenskum fiskiskipaflota fá ekki tímabundnar undanþágur við endurkomu í íslenskan flota jafnvel þó kælikerfi skipanna hafi verið smíðuð fyrir 1. janúar 1996.

7.1 Herða eftirlit með kælimiðilskaupum innfluttra og erlendra skipa hér á landi.

Úrbætur:

a) Hefta afgreiðslu HCFC efna til fiskiskipa sem voru flutt inn eftir 1. janúar 1996 og eru ekki á undanþágu samkvæmt lista.

b) Tryggja að afgreiðsla HCFC efna til erlendra fiskiskipa verði skráð á rétt ríki. Umsókn um áfyllingu HCFC efnis skrást á sérstakt eyðublað, undirritað af forráðamanni þjónustuaðila eða innflutningsfyrirtækis ásamt undirritun umboðsmanns skipsins skal liggja fyrir við afhendingu efnisins.

8.1 Kröfur til þjónustuaðila kælikerfa.

Þjónustuaðilar kælikerfa með HCFC efni ættu að uppfylla sérstakar kröfur um:

Faglegt vinnuferli við skoðun, eftirlit, lekaleit og viðhald kælikerfa. Vinnuferlinu ætti að lýsa skriflega, varðveita og vera aðgengilegt. Vinnuferlið á t.a.m. að innihalda:

ÍST EN 378-1 til 4
Kröfur flokkunarfélaga
EC 2037/2000
Alla aðra staðla sem unnið er eftir
Reglugerðir
Skýrsluhald um þau kerfi sem eru þjónustuð, sjá t.d. 3,1 og 4.1
Staðfestingu stjórnenda að öll þjónusta sé unnin samkvæmt vinnuferli fyrirtækisins
Löggildingar
Menntun í málmiðnaðargrein og sérmenntun í kælitækni frá viðurkenndum skóla
Námskeið, sérþekkingu eða starfsreynslu við að umbreyta kælikerfi fyrir nýjan kælimiðil.

Skilgreiningar og skýringar

CFC: Efni sem eru ósoneyðandi kælimiðlar. Notkun þeirra, s.s. R 12 var bönnuð á 10. áratugnum.

HCFC: Efni sem innihalda ósoneyðandi efni og í þessari skýrslu kælimiðlar eins og t.d. R 22 og blöndur sem innihalda ósoneyðandi efni.

HFC: Kælimiðlar sem stundum eru nefndir staðgengikælimiðlar fyrir R 22. Þeir hafa yfirleitt mikil gróðurhúsaáhrif. Velþekkt efni eru R 404, R 507 og R 134a.

ODP: „Ozone Depleating Potentials". Efni sem innihalda ósoneyðandi efni hafa alþjóðlegan reiknistuðul sem gefur til kynna styrk þeirra miðað við R 12 sem hefur stuðulinn 1,0. Til samanburðar hefur R 22 stuðulinn 0,055. Ósoneyðandi efni eru ýmist bönnuð eða háð innflutningskvótum.

Útfösunartími: Sá tími sem bundinn er í reglugerð til að skipta út HCFC efnunum. Reglugerð sem nú er í gildi (sept 2001) gerir ráð fyrir að lokaár útfösunar sé 2015. Í nýlegri EC reglugerð eru kröfurnar hertar, innflutningskvótar skertir og eftir árið 2009 er einungis leyfilegt að flytja inn endurunnið HCFC efni.

Staðgengikælimiðill („drop in"): Kælimiðill sem kemur í stað HCFC kælimiðils án mikilla breytinga á kælikerfinu.

Staðgengiefni: Kælimiðlar sem koma í stað þess sem var fyrir.

GWP: „Global Warming Potentials". Ýmis efni eins og ýmsir staðgengikælimiðlar hafa umtalsverð gróðurhúsaáhrif. Miðað er við koltvísýrling CO_2 sem hefur stuðulinn 1 og önnur efni t.d. R 507 stuðulinn 3800.

COP: „Coefficient of Performance". Hlutfall frystiafls eða kæliafls miðað við ásafl. Ef COP = 3 fyrir frystikerfi og ásaflið er 100 kW er frystiaflið 300 kW.

RSW – kerfi: „Refrigerated seawater", sjókælikerfi.

Áfylling, hleðsla: Heildarmagn eða hleðsla kælimiðils á kælikerfi.

Kælivökvi: kuldaberi eða vökvi sem tekur ekki ástandsbreytingu. Kælimiðill tekur hinsvegar ástandsbreytingu og er ýmist gas eða vökvi.

Þensluiðnaður: Fyrirtæki sem notar HCFC efni við að þenja urethan t.d. við einangrun röra.

Verðlag: Upplýsingar í verðútreikningum eru frá september til nóvember 2001.

1. Eyðing ósonlagsins

Dr. Frank Sherwood Rowland og Dr. Mario Molina sýndu fyrstir manna árið 1974 að manngerð efnasambönd eins og ýmis klórefnasambönd og brómíð hafa eyðandi áhrif á ósonlagið sem verndar lífið á jörðinni gegn útfjólublaum geislum. Kenning Rowlands og Molina um þynningu ósonlagsins var fljótlega viðurkennd af vísindasamfélaginu. Efnasambönd sem innihalda klór eða brómíð hafa mismikil eyðandi áhrif á ósonlagið. Áhrif efnanna eru skilgreind með s.k. mögulegum ósoneyðandi stuðli ODP (ozone depleting potentials). Efnasambönd sem innihalda brómíð eins og halonar hafa hæsta ODP gildi. Klórflúorkolefnissambönd (CFC), t.d. freon 12 hafa meiri eyðingarmátt en vetnisklórflúorkolefnissamböndin (HCFC) eins og t.d. R 22, betur þekkt sem Freon 22. ODP stuðull HCFC efnanna eru 5 - 10% af styrk CFC efnanna.

HCFC- og CFC efnin hafa ýmis notagildi og eru frauðiðnaðurinn og kæliiðnaðurinn stærstu notendurnir. Þegar CFC efnin voru bönnuð á 10. áratugnum tóku HCFC efnin við sem staðgengiefni. Árleg heimsnotkun HCFC efnanna er talin vera um 300.000 tonn á ári.

1.1 Helstu samþykktir og reglugerðir

1985 – Vínarsamþykktin um verndun ósonslagsins.
1987 – Montrealsamþykktin um efni sem hafa eyðandi áhrif á ósonlagið með breytingum árið1990 og 1992. Í Montreal var samþykkt að hætta framleiðslu og notkun CFC efna, halona o.fl. á árinu 2000. Þróuðu ríkin hættu flest notkun þessarra efna þegar árið 1995. Í viðbótar-samþykktinni árið 1992 voru HCFC efnin tekin inn og ákveðið að hætta notkun þeirra fyrir árið 2030. Samkvæmt Montrealsamþykktinni á notkun HCFC efnanna að minnka samkvæmt eftirfarandi reglu:

Ár	1989	2004	2010	2015	2020	2030
Hlutfallsleg minnkun %	*	35	65	90	99,5	100

* Notkun er miðuð við viðmiðunarárið 1989 sem er vegið með ODP gildi notkunar þannig: CFC notkun er margfölduð með 2,8% að viðbættu HCFC notkun það ár.

Evrópusambandið gerir meiri kröfur og hefur ákveðið hraðari útfösun en Montrealsamþykktin mælir fyrir. Samkvæmt reglugerð EC 2037/2000 sem gildir fyrir Ísland er hraði útfösunar eins og hér greinir:

Ár	1989	2002	2003	2004	2008	2010
Hlutfallsleg minnkun %	*	15	55	70	75	100

*Notkun er upphafsárið 1989 vegið með ODP gildi notkunar þannig: CFC notkun er margfölduð með 2,0% að viðbættu HCFC notkun það ár.

1.2 Helstu áherslur EC 2037/2000 sem varða kæli- og frystitæki

- Janúar 2001 – CFC efni, t.d. freon 12 bannað á öll tæki.
- Janúar 2002 – HCFC efni, t.d. R 22 bannað á öll ný kerfi með tveimur undantekningum:
  - Loftkælikerfi með 100 kW eða minni kæligetu hafa frest til 1. júlí 2002.
  - Loftkæli/varmadælukerfi hafa frest til 1. janúar 2004.
- Eftirlit og stjórnun með HCFC efnum á eldri kælikerfum.
  - ODP kvótar.
  - Skipulagt viðhald og lekavörn.
- Söfnun og eyðing.
  - Tæma ODP efni af kælikerfum áður en þau eru rifin.
  - HFCF efni má endurnota, en CFC verður að eyða með viðurkenndri aðferð.
  - Endurnýtt HCFC efni má nota á eldri kerfi allt fram til ársins 2015.
- Hert ákvæði um lekavörn og hæfi kælitækna.
  - Fyrirbyggjandi aðgerðir til að koma í veg fyrir og halda leka í lágmarki.
  - Kerfi sem innihalda meira en 3 kg af ODP efnum (50 kg R 22) skulu prófuð árlega.
  - Ríkisstjórnir skulu setja ákvæði um hæfi kælitækna sem þjónusta kerfin.
- Eftirlit með viðskiptum
  - Eftirlit mun hafa áhrif á inn- og útflutning kælimiðla sem innihalda ODP efni.

1.3 Dagsetningar sem máli skipta

- Frá 1. janúar 2010 er bannað að nota nýframleitt HCFC efni til að þjónusta og viðhalda kælikerfum.

- Frá 1. janúar 2015 er bannað að nota endurunnið HCFC efni fyrir þjónustu og til viðhalds kælikerfa. Þessa reglu á að endurskoða fyrir 31. desember 2008 að teknu tilliti til tækni og kostnaðar.

Áætlun Norðurlandanna um útfösun HCFC efna.

Land	**Útfösun HCFC efna**	**Kælikerfi**
Ísland	1. janúar 2010	Ný kerfi bönnuð frá 1. janúar 1996 og EC reglur
Noregur	1. janúar 2010	Fylgja reglum EC
Danmörk	1. janúar 2002	Ný kerfi bönnuð frá 1. janúar 2000
Svíþjóð	1. janúar 2002	Ný kerfi bönnuð frá 1. janúar 1998
Finnland	1. janúar 2010	Ný kerfi bönnuð frá 1. janúar 2000

Tafla 1. Áætlun Norðurlandanna um útfösun HCFC efna.

1.4 Takmarkanir

Heildarmagn vetnisklórflúorkolefna sem heimilt var að flytja inn til landsins á tímabilinu 1. janúar 2001 til 31. desember 2001 jafngildir 8.4 ODP-tonnum og er reiknað út frá innflutningi árið 1989 á eftirfarandi hátt[1].

Summan af 2.6% af magni CFC efna sem flutt var inn til landsins árið 1989, margfaldað með ósoneyðingarmætti viðkomandi efna (139,7 tonn * 2,6% * 1 ODP=3,63 ODP tonn) og magni HCFC sem flutt var inn til landsins árið 1989, margfaldað með ósoneyðingarmætti viðkomandi efna (86,9 tonn * 0,055 ODP = 4,77 ODP tonn).

Heildarinnflutningur HCFC efna í ODP tonnum til landsins er takmarkaður enn frekar, frá 1. janúar 2002 og skal miðað við 2.0% af magni CFC efna sem flutt var inn til landsins árið 1989 (139,7 tonn * 2,0% * 1 ODP = 2,79 ODP tonn). Grunntalan fyrir útreikning kvóta verður þá summan af innflutningi CFC 1989 og HCFC 1989 sem er 7,6 ODP tonn og magnið sem heimilt verður að flytja inn 2002 er 85% af þeirri tölu. Takmörkunin er í samræmi við eftirfarandi töflu og gildir á eftirfarandi tímabili.

Tímabil	% af 8,4 ODP 2001	% af 7,6 ODP 2002	ODP tonn HCFC sem heimilt er að flytja inn
1. jan. 2001- 31. des 2001	100		8.4
1. jan 2002 - 31. des 2002		85	6,5
1. jan 2003 - 31. des 2003		45	3.4
1. jan 2004 - 31. des 2007		30	2,3
1. jan 2008 - 31. des 2009		25	1,9
1. jan 2010 - 31. des 2010		0	0

Tafla 2. Heildarmagn vetnisklórflúorkolefna sem heimilt var að flytja inn til landsins[1].

[1] Hollustuvernd ríkisins

2. Umfang kæli- og frystikerfi um borð í fiskiskipum

Samkvæmt athugun skipa í skipaskrá og öðrum gögnum Fiskifélagsins er fjöldi þeirra skipa sem hafa nokkra kæli- eða frystigetu um 160 skip. Þar af eru um 130 skip sem nota R 22 sem kælimiðil. Mörg skip hafa þegar skipt yfir í ammoníak eða HFC kælimiðil.

2.1 Kæli- og frystikerfi

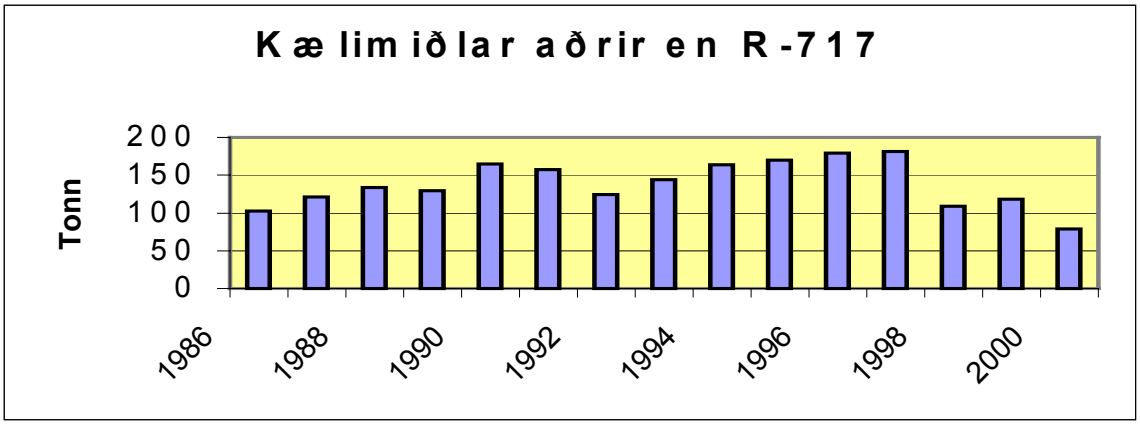
Skipting þeirra skipakerfa sem nota R 22 sem kælimiðil í ársbyrjun 2001 er samkvæmt töflu hér að neðan.

Stærð kerfis	Ásafl	Áfylling kílógrömm	Fjöldi	Alls tonn
Mjög stór kerfi	> 300 kW	2500	21 1)	52,5
Stór kerfi	150 – 300 kW	1700	28 2)	47,6
Meðal kerfi	allt að 150 kW	1300	22	28,6
Lítil kerfi	7-12 kW	50-250 3)	59	8,8
Önnur kerfi	Matvælageymslur o.fl.	18	1000 4)	18,0
		Alls:	1130	**155,5**

Tafla 3. Áfylling og ásafl R 22 kælikerfa.[2]

1) Af 30 mjög stórum skipakerfum árið 2000 eru 9 sem nota ammoníak. Ný skip nýskráð á árinu 2000 - 2001 eru búin ammoníaks kæli- og frystikerfum og ískrapavélum sem nota HFC kælimiðla með háum gróðurhúsastuðlum.
2) Af 35 stórum skipakerfum nota 7 annan kælimiðil en R 22.
3) Lestarkæling með rörakæli notar um 250 kg fyllingu en blásturskælar um 50 kg eða að meðaltali 150 kg sem sennilega er metið í hærri kantinum.
4) Matvælageymslur – tvö kerfi í stærri skipum, eitt í mörgum, frystikista og kæliskápur í minni skipum.

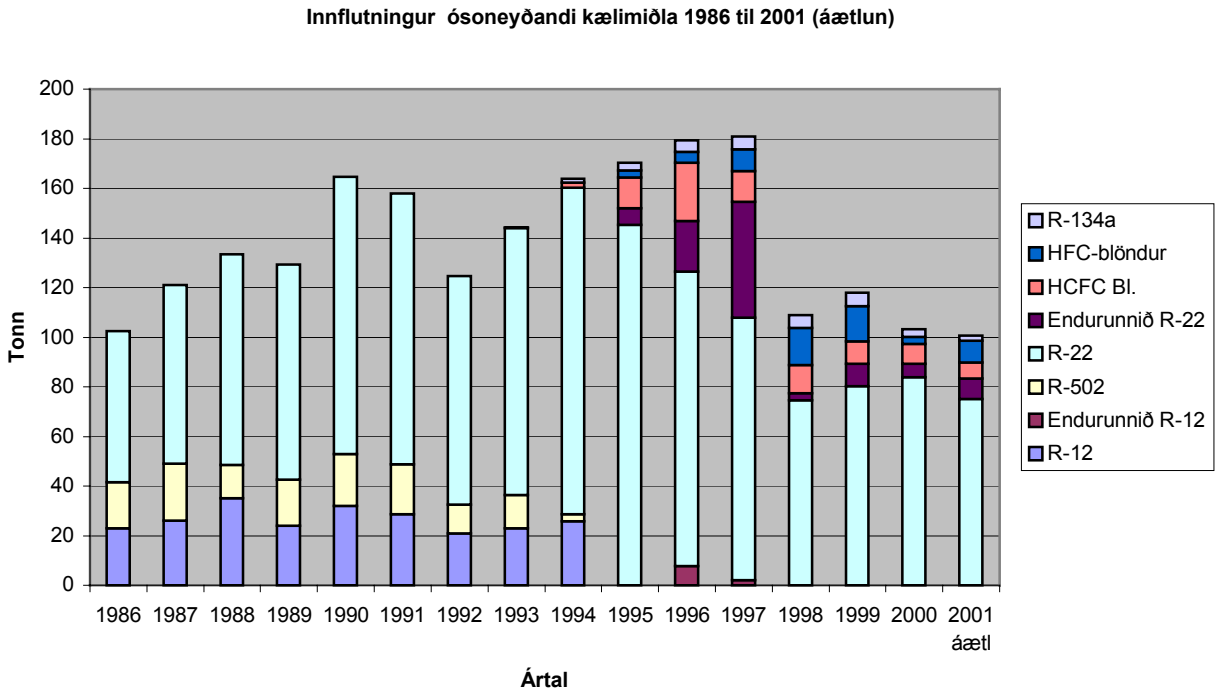
Samkvæmt skrá Hollustuverndar hefur kælimiðlanotkun fiskiskipa verið eins og mynd 1sýnir.



Mynd 1. Árleg notkun kælimiðla í tonnum – aðrir en ammoníak.[1]

[2] Fiskifélag Íslands – Guðbergur Rúnarsson, október 2001

Hér er rétt að hafa í huga að Hollustuvernd skráir einungis innflutning að frádregnum útflutningi efnanna en ekki hvað er endurnýtt frá eldri kerfum sem hefur verið skipt út fyrir ný, né kælimiðlum sem hefur verið skilað til efnamóttöku.



Mynd 2. Kælimiðlanotkun samkvæmt bókhaldi Hollustuverndar.[1]

Samkvæmt upplýsingum frá Hollustuvernd er reiknað með að 80% kælimiðlanna fari um borð í fiskiskipaflotann.

Að sögn Más Karlssonar hjá Spilliefnanefnd eru nánast engin skil á notuðum kælimiðlum til efnamóttöku Sorpu. Hann telur að fyrirtækin sem þjónusta kælikerfin hirði efnin og noti á önnur kerfi sem eru enn í rekstri. Það hefur verið staðfest munnlega af þjónustuaðilum.

Í reglugerðinni sem nú er í gildi hér á landi er lokaár útfösunar á kælimiðlinum R 22 árið 2015. Í nýrri EC reglugerð nr. 2037/2000 eru kröfurnar hertar frekar. Í nýju reglugerðinni sem gengur yfir okkur eins og EC þjóðirnar miðast útfösun R 22 við árið 2010 og miðast skýrslan fyrst og fremst við áhrif þessarar nýju reglugerðar.

Samanburður um áhrif af þessum tveimur mismunandi reglugerðum sést glögglega í töflunni Innflutningur og kvótar í ODP tonnum og R 22 ígildum hér á næstu síðu.

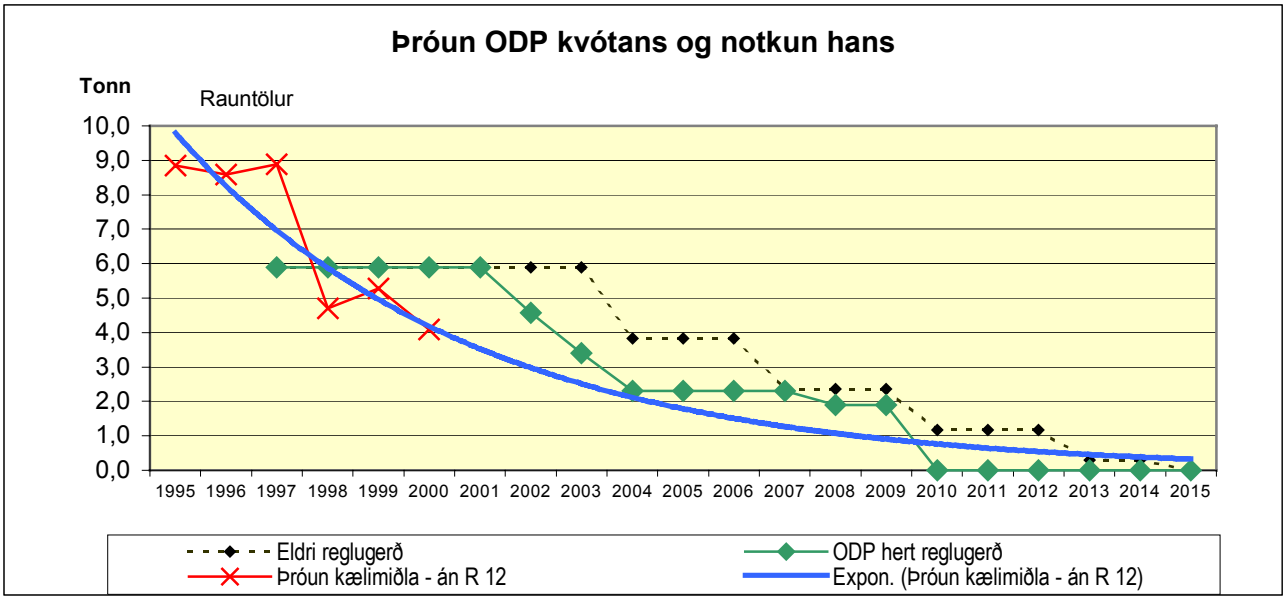
[1] Hollustuvernd ríkisins

Innflutningur og kvótar í ODP tonnum og R 22 ígildum								
Ártal	Ný EC reglugerð	Þ.a til kælikerfa	R 22 ígildi	Eldri reglugerð	Þ.a til kælikerfa	R 22 ígildi	ODP Innflutningur	Þ.a. til kælikerfa
1989							223,0	
1992							89,0	
1993							69,0	
1994							39,0	
1995							8,0	
1996							8,0	
1997	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2	9,0	
1998	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2	7,0	4,4
1999	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2	8,0	4,7
2000	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2	6,3	4,3
2001	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2		
2002	8,4	5,9	107,3	8,4	5,9	107,2		
2003	3,4	3,4	61,8	8,4	5,9	107,2		
2004	2,3	2,3	41,8	5,5	3,8	69,7		
2005	2,3	2,3	41,8	5,5	3,8	69,7		
2006	2,3	2,3	41,8	5,5	3,8	69,7		
2007	2,3	2,3	41,8	3,4	2,4	42,9		
2008	1,9	1,9	34,5	3,4	2,4	42,9		
2009	1,9	1,9	34,5	3,4	2,4	42,9		
2010	0,0	0,0	0,0	1,7	1,2	21,4		
2011				1,7	1,2	21,4		
2012				1,7	1,2	21,4		
2013				0,4	0,3	5,4		
2014				0,4	0,3	5,4		
2015				0	0,0	0,0		

Tafla 4. Innflutningur og ODP kvótar. [3]

Tafla 4 sýnir verulega skertan ODP kvóta og þar með verulega minni innflutning á nýframleiddu R 22. Innflutningur og notkun á endurnýttu R 22 verður leyfilegt til ársins 2015. Nú (september 2001) er sama verð á endurnýttu og nýframleiddu R 22. Árið 2002 er síðasta árið sem þensluiðnaðurinn (polýúrethan frauð) má nota ósoneyðandi efni sem þenslumiðil. Reiknað er með að kæliiðnaðurinn fái hluta þensluiðnaðarins frá árinu 2003.

[3] Hollustuvernd ríkisins o.fl.



Mynd 3. Raunnotkun kælimiðla án R 12 frá árinu 1995 til 2000, kælimiðlakvótar og kælimiðlaþörf til ársins 2015.

Á mynd 3 kemur fram að ODP kvótaþörf R 22 kælikerfa er uppfyllt ef náttúrulegt veldisfall, þ.e. bláa línan lýsir útfösunarferlinu, hvort sem miðað er við eldri reglugerð eða nýju EC reglugerðina. Mismunur flatamálanna milli veldisfallsins og ODP kvótans frá 2001 til 2010 er meiri en kælimiðlaþörf frá 2010 til 2015.

Samkvæmt könnun sem Sveinn Jónsson vélstjóri gerði árið 1993 var áfylling af R 22 og R 507 efnum í fiskiskipum 12,2 ODP tonn en það ár var innflutningur 10,2 tonn af ODP efnum eða um 84% af heildaráfyllingu kælikerfa í skipum. Árið 2000 var innflutningur ODP efna 4,4 tonn eða 49% af áfyllingu kælimiðla á kælikerfum fiskiskipa sem eru áætluð 8,5 tonn.

Af ofanrituðu má draga eftirfarandi ályktanir:

- Kælikerfum með ODP efnum hefur fækkað á landi og sjó.
- Þörf fyrir nýja áfyllingu hefur minnkað.
- Viðhald kælikerfa hefur batnað.

Kæliefni voru könnuð hjá helstu rækjuvinnslum í landi og kom í ljós að R 22 kælimiðli hafði að mestu verið skipt út fyrir ammoníak. Aðeins tveir frystiklefar hjá helstu rækjuvinnslum eru enn með R 22 kælikerfi en frysting fer öll fram með ammoníaki. Þá er vitað að öll frystihús og helstu frystigeymslur á landi nota ammoníak frystikerfi. Líklegast eru mörg önnur gömul landkerfi enn í rekstri sem nota R 22 sem kælimiðil. Hér má nefna kæli- og frystigeymslur fyrir verslanir og sjoppur, sláturhús og ýmsa aðra notkun sem lítið er vitað um.

3. Lekavandamálið

Helsta vandamál freonkerfanna er mikill leki kælimiðils út í andrúmsloftið sem stuðlar að gróðurhúsaáhrifum og eyðingu ósonlagsins. Almennt er talið að 80% heimsframleiðslunnar á R 22 sé varið til að fylla á eldri kerfi sem eru í rekstri. Hér á landi var bannað að setja upp ný kerfi frá árinu 1997.

Allur innflutningur á R 22 fer því til að fylla á kerfi sem af einhverjum ástæðum hafa lekið efninu út í andrúmsloftið. Lekinn hér á landi árið 2000 var um 50% af hleðslu kælikerfa fiskiskipanna. Ástæða fyrir þessum mikla leka má skýra með; áfyllingu á kerfi (sem hafa ekki verið í rekstri um skeið og voru svo til tóm en voru tekin í rekstur aftur), innflutning skipa með kælikerfi sem þurfti að fylla á og koma í rekstur, illa hönnuðum og smíðuðum kerfum sem leka mikið, óhöppum og viðvarandi smálekum.

Samkvæmt EC- og íslenskum reglugerðum er leyfilegt að bæta kælimiðli á kerfi sem voru byggð og sett upp fyrir árið 1996. Nýframleiddur kælimiðill fæst til ársins 2010 en er bundinn í kvóta. Endurunnið efni má setja á þessi kerfi allt fram til ársins 2015 en eftir það er bannað að bæta á þau. Árið 2015 er því eðlileg viðmiðun sem lokaár R 22 kerfanna í rekstri. Til að mæta kröfum reglugerðarinnar og þess að útfösuninni verði lokið árið 2015 þarf að breyta árlega 5 stærri kæli- og frystikerfum, auk 70 minni kerfa. Gert er ráð fyrir að sá ODP kvóti sem þensluiðnaðurinn hefur fengið færist yfir á frysti- og kæligreinarnar.

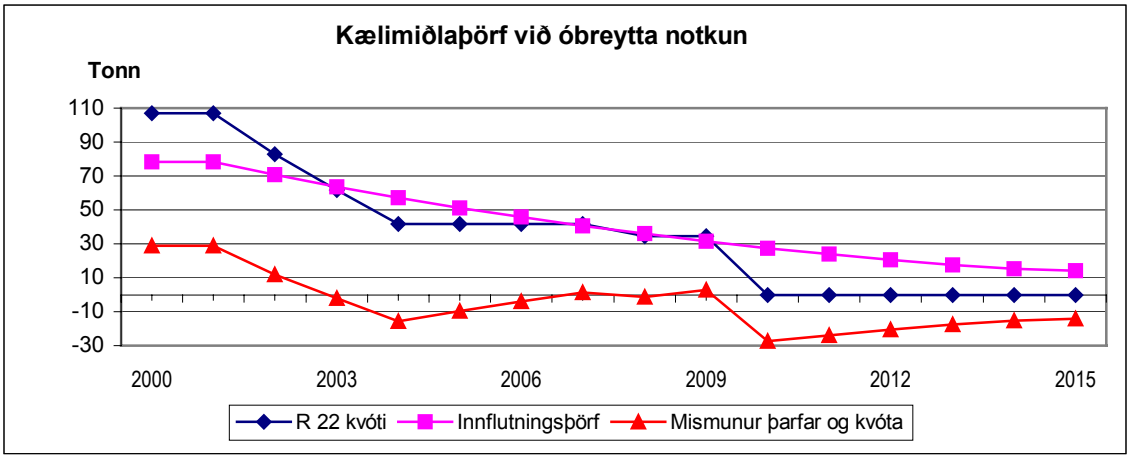
3.1 Lekamat

Reynt var að leggja mat á hver hinn raunverulegi leki er í okkar flota. Niðurstöður matsins eru í töflunni hér að neðan. Kælikerfin eru flokkuð eftir gæðum og skiptast í góð, dágóð og ævintýri.

Gæði kerfa	Frysting %		Lestakæling %		Flokkur	Frysting % vegið		Lestakæling % vegið	
	lággildi	hágildi	lággildi	hágildi	hlutfall	lággildi	hágildi	lággildi	hágildi
Góð	9	18	20	35	0,55	4,95	9,90	11,00	19,25
Dágóð	15	35	25	40	0,40	6,00	14,00	10,00	16,00
Ævintýri	30	200	30	200	0,05	1,50	10,00	10,00	10,00
					Meðaltöl	**12,5**	**33,9**	**31,0**	**45,3**

Tafla 5. Lekamat.

Að meðaltali er reiknaður leki frá frystikerfum 23,2% og frá kælikerfum 38,1%. Veginn meðaltalsleki frá kæli- og frystikerfum reiknast til að vera 25,4% en heildarnotkunin með áfyllingum er eins og áður hefur komið fram um 50% af áfyllingu kæli- og frystikerfa skipanna.



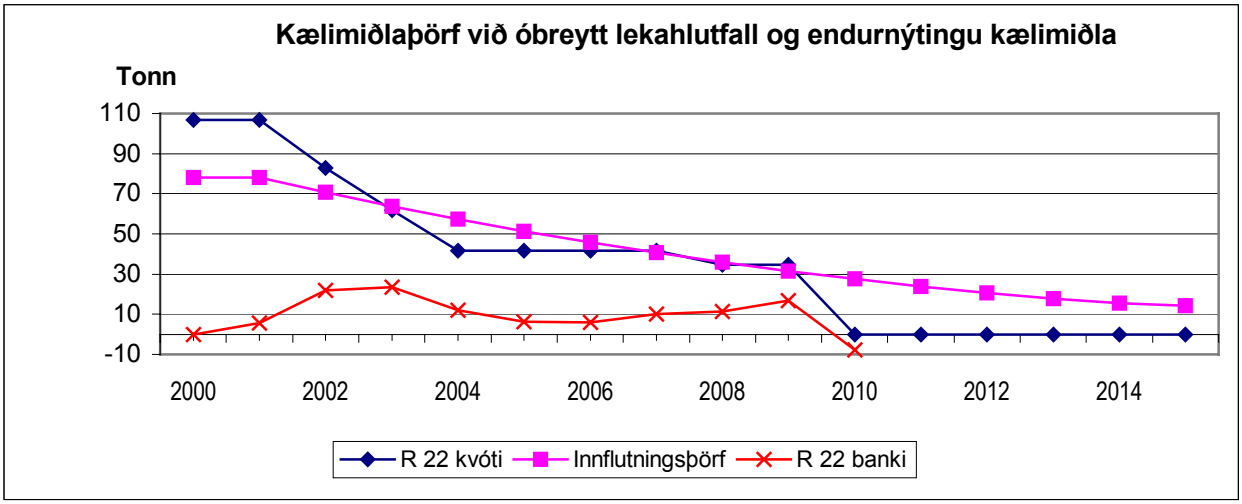
Mynd 4. Kælimiðlaþörf við óbreytt lekahlutfall, þ.e. 50% kælimiðilsnotkun (leka).

Samkvæmt mynd 4 verður skortur á nýframleiddu R 22 strax árið 2003 ef notkunin verður óbreytt, þrátt fyrir að árlega hverfi fimm stór R 22 frystikerfi úr flota, 70 smákerfi og önnur kerfi fækki hlutfallslega með stóru frystikerfunum. Ekki er gert ráð fyrir að kælimiðill endurnýtist svo neinu nemi.

Það er því einsýnt að gera verður ráðstafanir sem taka á:

- Kælimiðilsnotkunin (lekinn) verður að minnka.
- Koma verður í veg fyrir að kerfi sem hafa verið stöðvuð eða tekin úr rekstri tímabundið án ráðstafanna til að endurheimta kælimiðillinn verði tekin í rekstur aftur og notað til þess efni úr sameiginlegum ODP kvóta.
- Endurheimta verður sem mest af kælimiðli sem kemur frá kælikerfum sem tekin er úr rekstri.
- Fella úr gildi undanþágur um rekstur kælikerfa með R 22 kælimiðli.
- Styrkja stjórnkerfi sem heldur utan um notkunina, innflutning og söfnun kælimiðla.
- Stofna tímabundinn banka sem heldur utan um öll mál er varða kælimiðla sem hafa ósóneyðandi eða gróðurhúsaáhrif.

Mynd 5 hér að neðan sýnir að hægt er að teygja ferlið til 2010 ef skipulögð endurnýting notaðs kælimiðils hefst árið 2002 en aðrar forsendur eru óbreyttar, sjá mynd 5.



Mynd 5. Kælimiðlaþörf.

3.2 Greining á leka kælikerfa

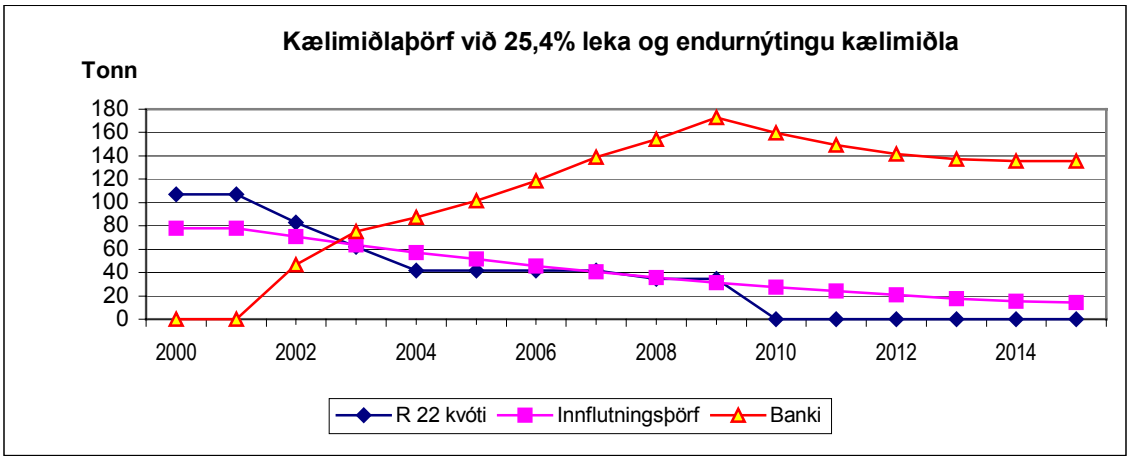
Ýmsar erlendar heimildir greina frá kælimiðilsleka frá kælikerfum. Sammerkt með þessum greinum er að lekinn er almennt tiltölulega mikill en tæknilega er mögulegt að minnka hann verulega. Leki kælikerfa er mismikill eftir gerð kælikerfis:

- RSW – kerfi leka árlega 3 – 10% af hleðslu kerfisins. Hægt er minnka í 3 – 4%.
- Vot frystikerfi með dælu leka 5 – 20%. Mögulegt að minnka lekann í 5 – 10 %.
- Önnur kælikerfi leka 20 –30%. Tæknilega mögulegt að lækka lekann niður í 5 –10%.

Skipting kælimiðilsleka eftir helstu flokkum:

- Viðvarandi smálekar frá lokum og tækjum eru um 50%. Lekann má minnka verulega með góðu kerfisbundnu viðhaldi.
- Stórlekar vegna óhappa eins og þegar t.d. rör eða slöngur gefa sig eru um 30%. Mögulegt er að minnka stórleka með bættri þekkingu og kerfisbundnu viðhaldi.
- Við þjónustu og viðhald kerfanna tapast um 20% kælimiðlanna af kerfunum. Með betri aðferðarfræði og með auknum kröfum til þeirra sem þjóna kerfunum má minnka þennan lekaþátt verulega.

Eins og fyrr er getið er áætlaður raunleki kæli- og frystikerfa 25,4% en innflutningsþörfin í heild er 50% af heildarhleðslu kælikerfanna. Nauðsynlegt er að koma í veg fyrir áfyllingar á tóm kerfi með öllum tiltækum ráðum.

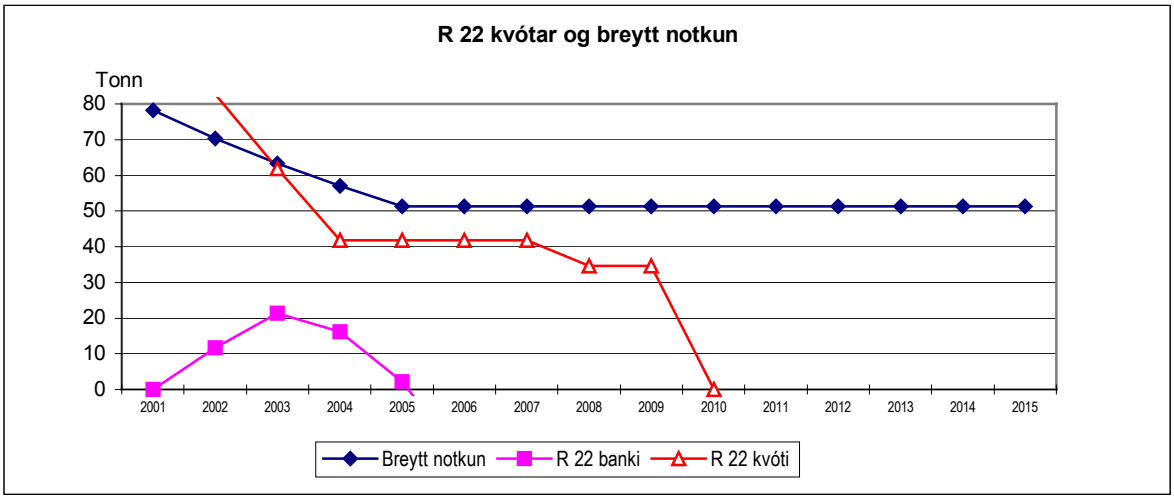


Mynd 6. Kælimiðlaþörf og endurnýting.

Samkvæmt mynd 6 verður ekki skortur á nýframleiddu R 22 í næstu framtíð ef R 22 kælimiðlinum er skipt út skipulega og hann endurnýttur á þau kerfi sem eftir verða. Hér er miðað við að árlega hverfi fimm stór R 22 frystikerfi úr flota, 70 smákerfi og öðrum kerfum fækki hlutfallslega með stóru frystikerfunum. Bankinn er ímyndaður og samanstendur af innflutningskvóta hvers árs auk 70% þess kælimiðils af kerfum sem verða rifin eða breytt. Reiknað er með að árlega rýrni bankinn um 5%.

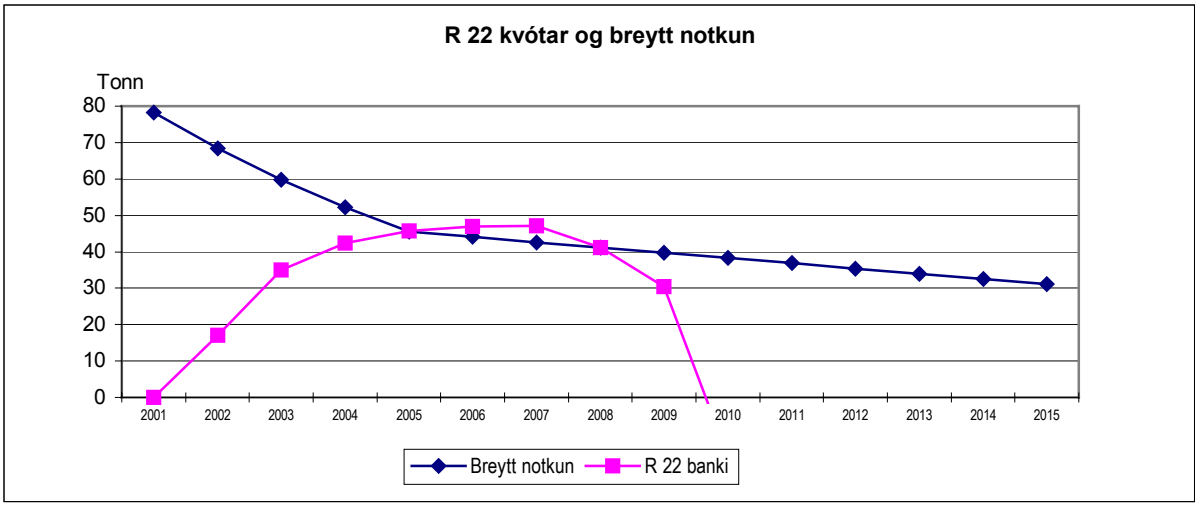
3.3 Dæmi um leiðir við útfösun

Almennar forsendur:
Árleg notkun þ.e.a.s. leki minnkar um 10% á ári, árin 2002 til og með 2005.



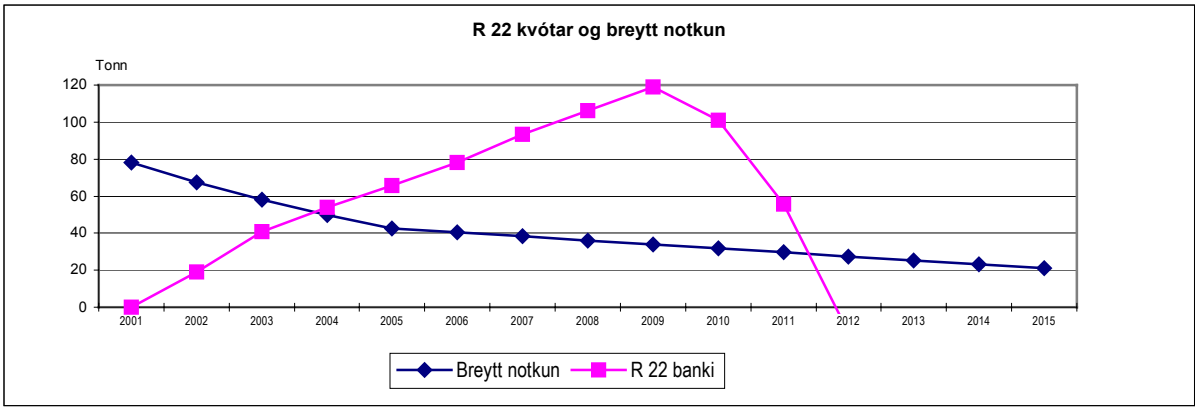
Mynd 7. Sama notkun – minni leki.

Áhrif vegna minni leka en fjöldi R 22 kælikerfa og hleðsla helst óbreytt. Með því að safna öllum tiltækum R 22 árlegum kvóta í banka og safna kælimiðli sem fellur til við breytingar má teygja útfösunartímann fram á árið 2005. Eftir árið 2005 er einungis fáanlegur kælimiðill samkvæmt ODP kvóta og innflutningi á endurunnu efni.



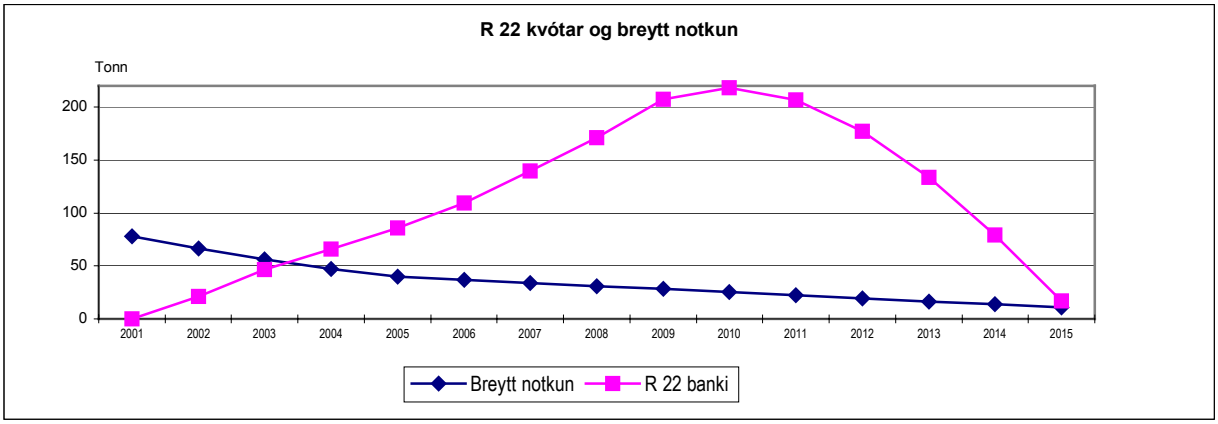
Mynd 8. Minni notkun og leki.

Mynd 8. Tveimur stórum kerfum verður breytt árlega auk breytinga eða endurnýjunar á 70 smærri kerfum. Með því að kaupa allan tiltækan R 22 árlegan kvóta og safna í banka kælimiðli sem til fellur við breytingar má teygja útfösunartímann fram á árið 2010. Eftir 2010 er einungis mögulegt að kaupa innflutt endurunnið efni sem er háð takmörkunum.



Mynd 9. Breytt notkun og minni leki.

Mynd 9. Þremur stórum kerfum verður breytt eða endurnýjuð auk breytinga og endurnýjunar á 70 smærri kerfum. Með því að kaupa allan tiltækan R 22 árlegan kvóta og safna kælimiðli sem til fellur við breytingar má teygja útfösunartímann fram á árið 2012. Eftir það eru kælikerfin háð innflutningi á endurunnum kælimiðli sem verður háður ýmsum takmörkunum ef hann þá fæst.



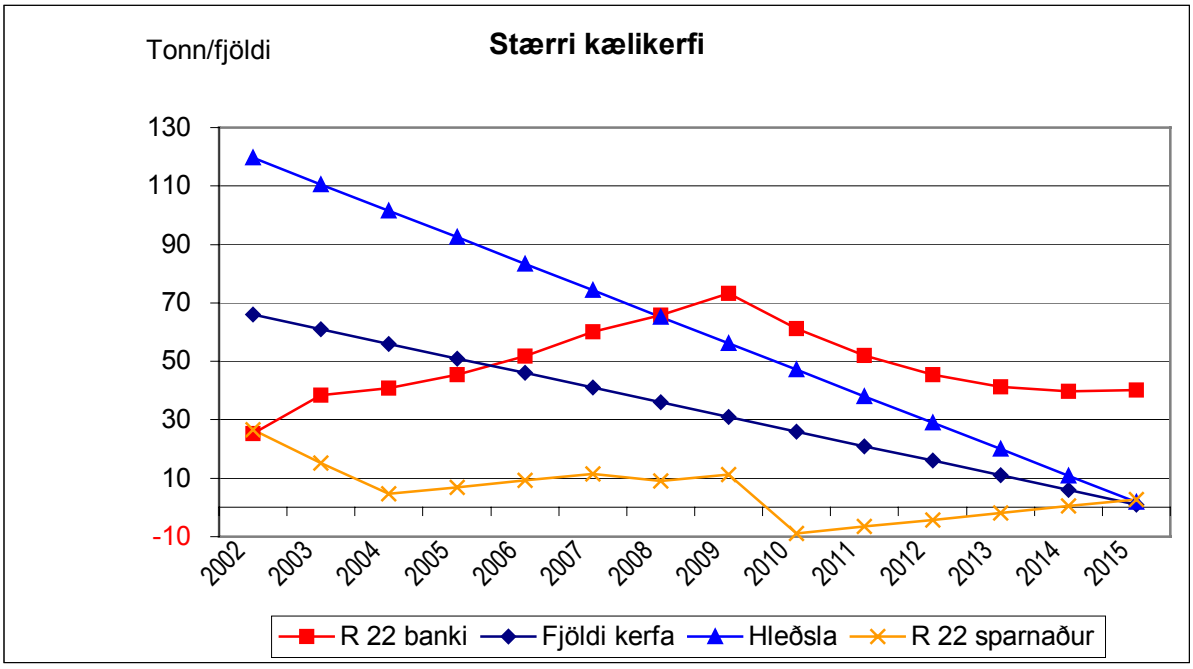
Mynd 10. Breytt notkun og fækkun kælikerfa sem nota R 22.

Mynd 10. Dæmi um áhrif af 10% árlega minnkun í notkun árin 2002 til 2005. Gert er ráð fyrir að fjórum stórum kerfum verði árlega breytt auk breytinga á 70 smærri kerfum. Lausnin dugar fram til ársins 2015 en þá verða eftir 15 stór kerfi sem hafa engan aðgang að endurunnum eða nýframleiddum kælimiðli.

4. Stór kælikerfi í fiskiskipum

4.1 Einfaldað mat – Stærri kælikerfi

Stærri kælikerfi sem nota R 22 sem kælimiðil eru um 71. Áfylling þeirra er áætluð 128,7 tonn og meðaláfylling 1813 kg á kerfi. Þessi skip eru með; *mjög stór*, *stór* og *meðalstór* kælikerfi samkvæmt töflu 2.1. Kerfin eru mörg gömul og lekahætta í elstu kerfunum er mikil. Útgerðir þessara skipa munu finna áþreifanlega fyrir skorti á kælimiðli grípi þær ekki til réttrar ráðstafananna í tíma.
Hér gildir því gott viðhald og eftirlit með kerfunum. Með góðu viðhaldskerfi, ráðvendni, kerfisbundnu viðhaldi og fækkun er mögulegt að R 22 kerfin verði í notkun lengi og jafnvel fram yfir árið 2015.



Mynd 11. Stórum kælikerfum með R 22 kælimiðli fækkar árlega um fimm frá árinu 2002 til 2015.

Mynd 11 sýnir að fækki stærri kerfunum um 5 kerfi á ári, næstu ár, er hægt að framlengja útfösunartímann fram yfir árið 2015. Hér er miðað við að 65% af ODP kvótans komi í hlut fiskiskipa með stór kerfi, 70% kælimiðilsins frá kerfum sem verða breytt eða endurnýjuð endurheimtist og leggist inn á sérstakan ímyndaðan R 22 banka. Þá er reiknað með að árlega rýrni 5% í R 22 bankanum og að leki frá kælikerfunum verði 25,4% á ári. Eins og fram kemur á myndinni er svigrúm til að teygja útfösunina með línulegum hætti allt fram yfir árið 2015. Stjörnumerkta gula línan sýnir mismuninn milli leyfilegs innflutnings og endurheimts kælimiðils og notkunar. Þessi mismunur eða sparnaður er lagður árlega til hliðar inn á ímyndaðan R 22 banka sem myndar R 22 bankann, þ.e. rauða kassamerkta línan. Til að mæta óvissu og auka svigrúm til að mæta óhöppum eða bráðaleka er vissara að flytja inn endurunnið R 22 á meðan það er mögulegt.
Smærri kerfin eru ekki með í þessum forsendum og því þarf að endurnýja öll smærri kerfi um borð í skipum, en þau eru margfalt fleiri en stærri kælikerfin, lekin líklegast mjög hár, viðhald og eftirlit lítið sem ekkert. Áfylling smærri kerfa er áætluð um 27 tonn í skipunum.

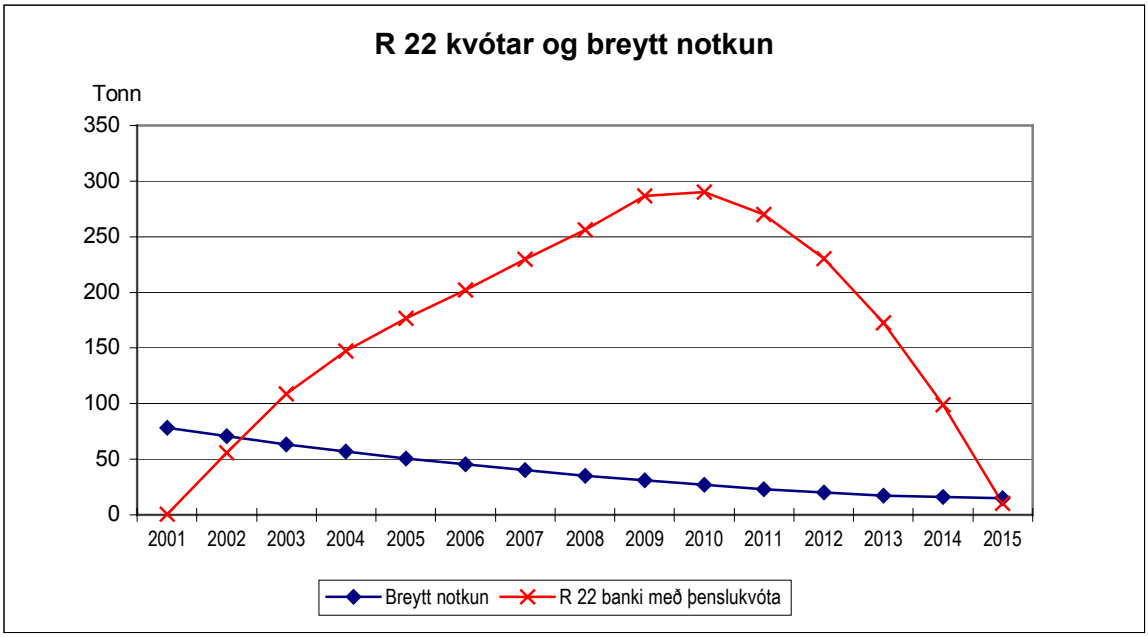
5. Öll kælikerfi í fiskiskipum

5.1 Mat – öll kælikerfi

Önnur aðferð er að byggja á þeim forsendum að útfösunin gangi nokkuð jafnt yfir alla R 22 kælimiðlanotkun á sjó og í landi.

Helstu forsendur:

- Stærri R 22 kælikerfi, fjöldi 71 með meðaláfyllingu 1813 kg og fimm kerfi hverfa úr fiskiskipaflota á ári fram til ársins 2015.
- Um 80 smærri og önnur kerfi um borð verði breytt eða endurnýjuð á ári hverju.
- Landnotkun breytist í sama hlutfalli og breytingar á stærri skipakerfum.
- 70% endurheimtist frá stærri skipa- og landkerfum en 25 % frá minni kerfum.
- Ekki er gert ráð fyrir innflutningur á endurunnu R 22.
- Leki er 24,5% á stórum kæli- og frystikerfum en 38% á minni kerfum.



Mynd 12. Hagkvæmasta leiðin við útfösun á R 22.

Eins og mynd 12 sýnir er mögulegt að með ráðvendni og samvirku átaki að teygja útfösunarferlið allt fram á árið 2015. Til að mætta óvæntum skakkaföllum og óvissu er vissara að tryggja sérstakar öryggisbirgðir af endurunnu R 22 á meðan það er fáanlegt. Gert er ráð fyrir að ODP kvótahlutfallið sem frauðiðnaðurinn nýtir til að þenja polyurethan flytjist yfir til kælikerfanna í ársbyrjun 2003 eftir að bannað verður að nota ODP efni í þaniðnaði.

Mjög brýnt er að þanefnakvótinn, þ.e sá kvóti sem polyurethan frauðiðnaðurinn hefur fengið og fullnýtt undanfarin ár færist yfir á kæliiðnaðinn eftir að bannað verður að nota ODP efni í þaniðnaði í árslok 2002.

6. Kostnaður við útfösun R 22

Fram til ársins 2015 þarf að breyta eða rífa 71 stór kæli- og frystikerfi með meðaláfyllinguna 1813 kg auk fjölda annarra kælikerfa um borð í skipunum. Ljóst er að því lengur sem útfösunartíminn varir, því hagkvæmara er fyrir sjávarútveginn að aðlaga sig að breyttum reglugerðum er varða kæli- og frystikerfi. Kostnaður við þessar breytingar er gríðarlegur eða um 880,7 milljónir. Hinsvegar er mögulegt að dreifa þessum kostnaði með línulegum hætti allt fram til ársins 2015. Gangi það eftir er kostnaðurinn á núvirði 747,5 milljónir miðað við 7% vexti. Hagkvæmara er að skipta yfir í ammoníak kælimiðil ef kerfið er stórt og mögulegt að koma því við í skipinu, því NH_3 er mun ódýrari kælimiðill en HCFC efnin, orkunotkun minni auk þess sem hugsanlegur gróðurhúsaskattar verður ekki lagður á ammoníak.

6.1 Stóru kerfin

Hér að neðan er fyrst og fremst miðað við stærri kerfin með heildaráfyllingu sem eru rúm 128,7 tonn af R 22. Gert er ráð fyrir að aðalhlutar kælikerfanna verði notaðir áfram og miðast kostnaðarlíkanið við að breyta R 22 kerfi í ammoníak kerfi eða HFC kerfi. Reiknað er með óbreyttum afköstum við breytingu yfir í ammoníak og 5% - 10% afkastaminnkun ef kerfum er breytt fyrir HFC kælimiðil. Kerfishlutarnir sem nýtast áfram eru: kæliþjöppur, plötufrystar, vökvatankur ef hann er fyrir hendi, sjókælar, lestarkælir og dælur.

Nýsmíði nær yfir helstu vökva- og gaslagnir, varmaskipti fyrir frystilest, afþiljað sérstakt kælivélarúm á botntönkum í vélarúmi eða í þilfarshúsi, loftræstibúnað, vatnsúðakerfi, stjórnloka og stýribúnað, lekaviðvörun, eimsvala, niðurrif eldra kerfis og uppsetningu breytts kerfis.
Breytingakostnaður einstakra kerfa er misjafn og háður hönnun kerfisins í upphafi. Kostnaðarsömustu breytingarnar eru áætlaðar allt að 18,5 milljónir á verðlagi í september 2001 en að meðaltali 12,5 milljónir króna. Til samanburðar er áætlað að nýtt ammoníak kerfi frystikerfi, 200 kW að ásafli kosti um 39 milljónir króna. Tölurnar eru aðeins til viðmiðunar, þ.e til að sjá stærðargráðuna í krónum á verðlagi í september. Skoða þarf hvert einstakt kerfi og aðstæður um borð sérstaklega áður en hafist er handa.

Aðrar forsendur:

Fjöldi kerfa sem hverfa úr flota	71
Fjöldi ára sem breytingin nær yfir (2002-2015)	14
Áfylling meðalkerfis	1813 kg
Endurheimt R 22 frá kerfum sem verða rifin	70%
Fjöldi ammoníak kerfa	50%
Fjöldi HFC kerfa	50%
Orkunotkun ammoníak kerfa	-5%
Orkunotkun HFC kerfa	+12%
Kostnaðarhlutfall við ammoníak kerfi	1
Kostnaðarhlutfall við HFC kerfi	0,88
Meðalkostnaður við breytingu yfir í NH_3 kerfi	12,5 milljónir
Olíukostnaður á verðlagi í september 2001	30 kr/l
Magn til sjófrystingar á ári í þúsundum tonna	120

Niðurstöður í milljónum króna á núvirði

	HFC kerfi	Ammoníak kerfi
Enduruppbygging kælikerfa	-233,3	-265,1
Kælimiðlakostnaður	-96,0	11,9
Orkunotkun – breyting	-16,0	6,7
Heildarkostnaður á núvirði, mkr.	-345,2	-246,5

Samtals heildarkostnaður á núvirði: 591,7 milljónir króna.

Tafla 6. Niðurstöður fyrir stór kæli- og frystikerfi.

Áætlaður kostnaður við að breyta R 22 RSW kerfi í HFC kerfi og er miðað við að breyta yfir í R 404A eða R 507 kælimiðil[4]. Með því að aðlaga þær forsendur sem notaðar eru í heimildinni að frystikerfum og lestarfrystingu fæst:

	Frystiafl 500 kW Þús. kr.
Launakostnaður, tími,ferðir og upphald o.fl.	2188,8
Nýr rafmótor á 60000 Dkr.	768,0
Áfylling kælimiðils	2682,5
Ester smurolía	1386,7
Íhlutir fyrir upptekt á þjöppum	576,0
Annar búnaður fyrir stjórnloka o.fl.	640,0
Lagnir, varmaskiptir o.fl.	1250,0
Óvissa 10%	949,2
Heildarkostnaður – milljónir	10,4

Þessi niðurstaða er í góðu samræmi við fyrri niðurstöðu fyrir stóru kerfi enda eru forsendur ekki eins víðtækar við endurnýjun eins og þar er gert ráð fyrir.

[4] Tema Nord 2000:573 Alternatives to HFCC as refrigerant in shipping vessles

6.2 RSW kerfin

Mat á kostnaði við að breyta R 22 RSW kerfi í HFC kerfi og er miðað við að breyta yfir í R 404A eða R 507 kælimiðil.[4]

Niðurstöður eru þær að breyting kerfanna gæti verið arðsöm og ending þeirra eftir breytingu er áætluð 4 til 5 ár. Miðað er við tvær stærðir kerfa; lítið kerfi með 100 kW kæligetu og 30 kW ásafl og stærra kerfi með 500 kW kæligetu og 150 kW ásafl. 500 kW kerfið er áhugavert fyrir íslensku RSW skipaútgerðir, því það er sambærilegt að kæliafli og minnstu kerfin hér.

Aðrar forsendur eru:

- Breytingin miðast við kælivélar, kælimiðil og viðeigandi búnað
- Búnaður í lestartönkum er óbreyttur
- Sjódælur og varmaskiptar eru óbreytt
- Aukin orkukostnaður ekki metinn

	RSW - 100 kW	**RSW - 500 kW**
	Þús. kr.	Þús. kr.
Launakostnaður, tími, ferðir, upphald o.fl.	742,8	1176,1
Nýr rafmótor 18000 Dkr og 60000 Dkr.	222,8	742,8
Áfylling kælimiðils	217,5	435,0
Ester smurolía	222,8	804,7
Íhlutir fyrir upptekt á þjöppum	185,7	557,1
Annar búnaður fyrir stjórnloka o.fl.	123,8	247,6
Óvissa 10%	171,5	396,3
Heildarkostnaður í milljónum króna	1,9	4,4

Tafla 7. Kostnaður við RSW kerfi.

[4] Tema Nord 2000:573 Alternatives to HFCC as refrigerant in shipping vessels

6.3 Minni kerfi fyrir kælilestar, beituklefa o.fl.

Fjöldi kerfa sem nota HCFC kælimiðil eru um 1127 og nær yfir allan vélskipaflotann og hluta togaraflotans sem veiðir í ís en hafa ekki ísvél eða frystingu. Áfylling í þessum kerfum er um 27 tonn. Sameiginlegt með þessum kerfum er að þau eru flestöll af þenslulokagerð. Kerfin eru: lestakæling, beituklefar og kæli – og frystiklefar fyrir kost.

Nýleg og kerfi í góðu ásigkomulagi er hægt að setja á staðgengikælimiðil. Hætt er við að afköst minnki eitthvað lítillega. Kostnaður fellst aðallega í vinnu við hreinsun, skipti á þenslu-loka, olíuskipti og stillingu kerfisins ásamt innkaupum á kælimiðli, auk þess sem ávalt má búast við einhverju viðhaldi þegar farið er af stað. Þessi leið á við um öll þenslulokakerfi. Kostnaður við kælimiðilsskiptin eru háð rúmmáli kerfisins og kæliafli.
Hér verður reynt að meta kostnað við breytingu lítilla og annarra kerfa í fiskiskipum. Rétt er að taka fram að nær ómögulegt er að gera einhverja alvarlega úttekt á hvað kostar að breyta öllum þessum kerfum. Tölurnar hér að neðan eru aðeins til viðmiðunar, skoða verður hvert einstakt kerfi í hverju tilfelli til að fá rétta niðurstöðu um kostnað.

Forsendur

Lítil kerfi:

Ásafl: 7 – 12 kW
Vinna: 40 tímar á 3500 kr.
Olía: 45 l á 2000 kr.
Efni: 10.000 kr.
Annað: 10%

Önnur kerfi:

Vinna: 30 tímar á 3500 kr.
Olía: 25 l á 2000 kr.
Efni: 10.000 kr.
Annað: 10%

	Lítil kerfi: 7-12 kW	Önnur kerfi
Fjöldi	59	1000
Áfylling, tonn:	8,8	18
Tímabil 2001 - 2015, árafjöldi:	15	15
Meðalkostnaður á kerfi - kr.	266.700	183.300
Samtals kostnaður – milljónir:	15,7	183,3
Kostnaður á núvirði við 7% vexti – milljónir:	9,5	111,3

Tafla 8. Kostnaður við smá og önnur kerfi.

Viðauki 1. Kælitækni fyrir vélstjóra við Vélskóla Íslands og Verkmenntaskólann á Akureyri.

Almennt
Við VÍ og VMA eru kenndir 4 áfangar í kælitækni, merkt í námskrá KÆL 102, 202, 302 og 402 eða alls 8 einingar fyrir 4. stigs námsins. Þá er námsefni sem samnýtist í kælitækni í öðrum fagáföngum, t.d. VTÆ202, VIR104 og VFA313. Kennsla annarra greina í VÍ og VMA nýtast einnig á þessu sviði og renna stoðum undir kælitækniþekkingu vélstjóra, t.d. eðlis- og rafmangsfræði, stýri-, stilli- og rafeindafræði, ýmsir vélfræðiáfangar, teikniáfangar, áfangar í efnis- og málmiðnaði ásamt áföngum sem fjalla um öryggis- og umhverfiskröfur. Námskrá vélstjóra er fengin á heimasíðu Vélskóla Íslands og er samhljóða námskrá VMA. Áfangamarkmið Vélskólans í kælitækni eru í viðauka 2.

Samanborðið við aðrar námsgreinar VÍ og VMA eru kennslueiningar í hreinni kælitækni fáar eða aðeins 8 einingar m.v. 4. stigs menntun. Aðrir áfangar sem nýtast kælitækni eru þó mun fleiri og vart undir 30 einingum. Gera má gera ráð fyrir að heildarfjöldi fageininga sem nýtast kælitækninni séu á bilinu 38 og 40 einingar.

Til samanburðar eru áfangarnir í rafmangsfræði 24, ensku 10, málm- og smíðagreinum 24, stærðfræði 18 og hefðbundnum vélfræðigreinum 46 einingar.

Áfangarnir
Það sem kemur verulega á óvart, er að ekki er krafist áfanga í kælitækni til réttinda samkvæmt l. stigi námsins, jafnvel þó fjöldi fiskiskipa í þessum flokki séu búin kælikerfum og sum ísvélabúnaði. Fyrst í 2. stigi Vélskólans eru gerðar kröfur um tvo áfanga eða samtals 4 einingar í kælitækni.
Grunnþekkingu sem krafist er af vélstjórum og vélavörðum sem starfa á fiskiskipum er í aðalatriðum þessi: Þekking, meðferð og stjórnun á: aflbúnaði, eldsneytiskerfum og ræsingu, rafmagnskerfum og rafbúnaði, spil- spúl- og austurskerfum, rekstri kælikerfa og þekkingu til öryggis- og mengunarmála. Þessi þekking verður öll að fara saman hjá vélstjóra sem starfar um borð í fiskiskipi.

Nokkrar staðreyndir um fiskiskipaflotann

- Mörg smá fiskiskip, um 30 brl og með aðalvél < 350 kW eru búin kælikerfum í lest og/eða ísvélabúnaði.
- Fiskiskip með aðalvélastærð frá 350 til 700 kW eru yfirleitt með kælingu í lest, sum með frystiklefa, ísvélabúnað og jafnvel einhverja frystigetu.
- Fiskiskip með aðalvélastærð á bilinu 500 til 1500 kW eru mörg búin stórum sjókælikerfum, frystikerfum, frystilestum og ísvélabúnaði.
- Stóru fiskiskipin eru yfirleitt með stór frystikerfi eða sjókælikerfi eða hvoru tveggja auk ísvélabúnað.

Áfangamarkmiðin
Æskilegt er að menntun í kælitækni miðist við þörf sjávarútvegsins og við starfsréttindi vélstjóra sem starfa á fiskiskipum. Mikilvægt er að þjálfa nemendur í kælitækni strax í 1. og 2. stigi sem nýtist við störf um borð. Í stuttu máli er æskilegt að allt nám í 1. og 2. stigi sé gagnlegt og haldgott fyrir vélstjóra sem starfa á fiskiskipum án þess að kafað sé djúpt í fræðina. Fræðilega

hluta vélstjóranámsins er æskilegt að beina í 3. og 4. stig, en þá hafa nemendur náð þeirri færni sem er nauðsynlegur undanfari fræðilega námsins.

Áfangi merktur KÆL 102 er æskilegt að breyta og kenna í 1. stigi Vélskólans.
Þema áfangans - Að þjálfa nemandann til að stjórna og þjónusta einföld kælikerfi fyrir kælilestar auk ísvéla og ísþykknisvéla.
Annað efni í áfanganum:
Markmið með kælingu fisks – hitastig, ferskleiki, gæði, geymslutími, örverumyndun, hreinlæti og afurðarverð.
Kælimiðlar og áhrif þeirra á umhverfið – leki, gróðurhúsaáhrif, ósóneyðandi efni og smurolíur.
Rekstrarkostnaður kælikerfa – kælimiðlar, orkunotkun og viðhald.

Næsti áfangi er KÆL 202 – 2. stig.
Þema áfangans - Þjálfa nemandann til að takast á við frysti- og sjókælikerfi (RSW), kælimiðla fyrir stór kerfi (NH_3), kerfiseiningar, rekstur og stjórnun þeirra, viðhaldsáætlun, öryggismál, afköst og aflþörf, varma, varmaleiðni, einangrun, raka og tæringu.

KÆL 302 – 3. stig.
Þema: Fræðileg kælitækni. Lögmál varmafræðinnar í kælitækni, aðferðir, tæki og dæmi. Fræðinni beitt á margþætt stórt miðlægt frystikerfi með dælu, kælimiðilstanki, varmaskipti, kælivökva fyrir frystilest, frystitækjum og lausfrysti.

KÆL 402 – 4 stig.
Þema: Frysti- og kælikerfi í landi, frystigeymslur, gámar, loftræstikerfi, loftkælikerfi og varmadælur. Uppsetning kæli- og frystikerfis um borð í skipi, þjöppur, smurolía, eimsvalar og yfirhitun eims.
Endurnýjun kæli- og frystikerfis fyrir nýjan kælimiðil, vandamál, aðferðir, kröfur og kostnaður.
Ný kælitækni, NH_3/CO_2 samsett kerfi.

Marmið: Löggiltur kælitæknir eftir ákveðinn tíma hjá viðurkenndu kæliþjónustufyrirtæki.

Annað í námskrá Vélaskólans
Við yfirferð á námskrá VÍ kemur á óvart að ekki finnast sérstakir grunnáfangar í öryggis- og umhverfisfræðum þó vitað sé að þessir málaflokkar eru kenndir í mörgum faggreinum. Í öryggisfræðunum koma fyrir, sem dæmi, þrýstikútar/geymar, lokar og lagnir sem falla undir sérstakar kröfur. Í VÍ er þetta efni tekið fyrir í mörgum áföngum, t.d. í katlafræði, vélfræði, kælitækni og slökkvitækni svo eitthvað sé nefnt. Í umhverfismálunum er svipaður háttur hafður á. Líklegast má stytta nokkra fagáfanga og námið í heild ef stofnaðir eru sérstakir grunnáfangar í öryggis- og umhverfisfræðum.

Viðauki 2. Áfangar í kælitækni við VÍ og VMA

Áfangamarkmið KÆL 102:

- Að nemandi viti hvað er átt við með hugtökunum kæling og frysting og að hann viti til hvers matvæli eru kæld eða fryst.
- Að nemandinn þekki helstu eðlisfræðihugtök sem tengjast kælitækninni eins og varmaleiðni, varmaflutning, eimun og þéttingu vökva.
- Að nemandinn viti hvaða búnaður er aðallega notaður til að frysta með.

Áfangalýsing:
Frumatriði varmafræðinnar kynnt. Sérstök áhersla lögð á þá þætti sem varða kælitæknina eins og notkun á eimtöflum. Reiknuð einföld dæmi um afkastagetu kælikerfa með hjálp eimtaflna. Kynnt hvernig algeng kælikerfi eru uppbyggð og hvaða hlutverki helstu þættir þess gegna. Einfaldir útreikningar á rakastigi lofts.

Áfangamarkmið KÆL 202***:***

- Að nemandinn geri sér grein fyrir varmaflutningi með kælimiðilseim og varmaleiðni gegnum föst efni.
- Að nemandinn geri sér grein fyrir þeim búnaði sem þarf til að flytja varma frá köldum stað á heitari stað.
- Að nemandi geti notað p.h. línurit til að reikna eftir og geri sér grein fyrir ýmsum ástandsbreytingum í kælikerfi.

Áfangalýsing:
Frumatriði varmafræði um eimunarvarma og varmaleiðni kynnt, reiknuð skýringardæmi. ph-línurit og hringferill kælikerfisins. Afkastageta eima og eimsvala og aflþörf fyrir kæliþjöppur. Kynntar helstu gerðir af kæliþjöppum. Farið yfir helsta stjórnbúnað fyrir kælikerfi og hvernig hann er stilltur (þrýstiliðar, þenslulokar og mótþrýstilokar).

Áfangamarkmið KÆL 302:

- Að nemandi geri sér grein fyrir fyrstu og annarri varmafræðireglunni og kunni að tengja þær við raunhæf dæmi í kælitækninni.
- Að nemandi kynnist helstu aðferðum við að stilla afkastagetu kælikerfa og að hann kunni að notfæra sér p.h. línurit í því skyni.

Áfangalýsing:
Helstu atriði varmafræðinnar sem tengjast kælitækninni kynnt. Farið yfir stilliaðferðir á afkastagetu kælikerfa. Línuritið h.x. kynnt og sýnt hvernig það er notað við stillingu á lofttemprunarkerfum. Kynntar helstu reglur varðandi öryggi og aðferðir til að koma í veg fyrir mengun frá kælikerfum.

Áfangamarkmið KÆL 402:

- Að nemandinn geri sér grein fyrir raka í lofti og stillingu lofttemprunarkerfa.
- Að kynna hvernig smurolía hegðar sér í kælikerfum, tveggja þrepa kælikerfi, kælikerfi í gámum, kælikerfi í frystiskipum, skrúfuþjappa og reglur fyrir kælikerfi.
- Að nemandinn kunni að reikna rörastærðir fyrir kælikerfi.

Áfangalýsing:
Einangrun og rakamyndun í einangrun kælilagna og kæliklefa. Tveggja þrepa kælikerfi. Skrúfuþjöppun og dælukerfi. Smurolía á kælikerfum. Hönnun kælikerfa.

Viðauki 3. Menntun vélstjóra

Spurningalisti var sendur öllum helstu aðilum sem setja upp og þjónusta kæli- eða frystikerfi. Svörun var mjög lítil þrátt fyrir ítrekaða eftirfylgni og var hún það lítil að fyrirvari er á hversu marktæk hún er. Við ítrekun í síma voru lagðar sömu spurningar fyrir suma forsvarsmenn fyrirtækjanna og svör þeirra einnig með hér.
Telur þú ástæðu til að lögvernda starf kælivélstjóra og gera auknar kröfur til þekkingar umhverfismála? Telur þú (ef vélstjóri) að það þurfi að breyta námskrá í kælitækni við Vélskóla Íslands, t.d. miða við breytingar í umhverfismálum og tækni?
Já.
Grunnatriði eru almennt í góðu lagi hjá vélstjórum.
Fagleg þekking og reynslu skortir.
Kemur vel til greina að kenna kælitækni í iðnskóla og gera að iðnfagi.
Auka þarf kröfur til kælivélstjóra.

Að þínu mati hverju þyrfti helst að breyta í námskrá við kennslu í kælitækni?
Þurfa að þjálfa menn í eitt til tvö ár áður en þeir verða nothæfir.
Laga námskrá.
Upplýsa um nýja tækni með námskeiðum og auka verkþjálfun.
Verklegri kennslu.

Víð ítrekun í síma varðandi spurningu kom í ljós að verkleg þjálfun eins og bilunarleit og rekstrarþekking á stórum kæli- og frystikerfum virðast vera stóru flöskuhálsarnir hjá nýútskrifuðum nemendum.

Viðauki 4. Orkunotkun kælikerfa[5]

Research Centre for Refrigeration and Heat Pumps í Hannover, Þýskalandi hefur framkvæmt samanburðar tilraunir á ýmsum kælimiðlum og borið saman eiginleika þeirra miðað við R-22.
Tilraunirnar voru gerðar með svo kölluðum Calometer.
Rannsakaðir voru kælimiðlarnir R 502, R 404A, R 407A, R 407B, R 407C, R 507, R 410 og R 290.
Niðurstöður þessarra samanburða voru að aðeins R 410 og R 290 hafa svipaða TEWI-orkunýtingu og R 22, en aðrir kælimiðlar sem tilraunir voru gerðar með notuðu 5 -15% meiri TEWI-orku.

Miðað við 2000 tíma rekstur og 20% leka kælimiðils á ári hafa R 410A og R 290 yfirburði umfram aðra kælimiðla sem voru rannsakaðir. Næst á eftir koma R 407C, R 407A, R 507, R 404A og R 502 (bannað) rak lestina. **Út frá orkunotkun er R 410A „besta" lausnin með GHL stuðlinum 1890.**

Orkunotkun R 410A er nokkuð minni miðað við R 22 við lág hitastig. Við to/tc -30/40 °C reyndist orkunotkunin 2% minni miðað við R 22 og 7% minni við to/tc -40/35°C.
tc: hitastig í varmaskipti (Condensing Temp)
to: hitastig í eimi (Evaporing Temp)

Hvað er TEWI?

TEWI er skammstöfun fyrir „Total Equivalent Warming Impact" og lýsir heildar gróðurhúsaáhrifum kælimiðils þegar tekið er tillit til losunar CO_2 frá orkuverum sem framleiða raforkuna fyrir kælikerfið.

Tveggja þrepa kælikerfi

Tveggja þrepa kælikerfi eru kæli- eða frystikerfi með tveimur aðskildum og lokuðum varmakerfum. Kælimiðill seinna kerfisins er í formi kælivökva. Varmaskipti kælivökvans við kælimiðilinn fara um varmaskipti. Hringrásadæla dælir kælivökvanum um kæli- eða frystikerfið. Þessi kerfi eru stundum nefnd óbein kælikerfi.
Óbeinu kerfin hafa almennt minni gróðurhúsaáhrif en vot kælikerfi eða þenslulokakerfi. Því veldur að minna magn kælimiðils er á kerfinu, lagnir eru tiltölulega stuttar og leki tilsvarandi minni. Orkunotkun óbeinu kerfanna er meiri. Ástæða þess er að í seinna þrepi kerfisins er hringrásardæla og kælivökvi sem dæla þarf í gegnum varmaskipti með tilheyrandi orkunotkun sem eykst með lækkandi hitastigi. Þá nýtist uppgufunarvarminn ekki í seinna þrepinu og því þarf rörakælirinn að vera mun stærri en áður.

Kælivökvar

Margir kælivökvar hafa verið prófaðir með tilliti til upptöku varmaorku, seigju og rennslisviðnáms vökvans í pípum. Fyrir frystikerfi með hitastigið - 30°C kemur kælivökvinn HyCool 50 og Tyfoxit F40 best út miðað við varmaupptöku og orkunotkun hringrásardælu. Fast á eftir fylgir CaCl2, 28% GEW saltupplausn. Samanburður sýndi að orkunotkun hringrásardælu er minnst við að dæla CaCl2 lausn.

Athugun á kælikerfi fyrir stórmarkaði

TEWI 3 athugunin sem gerð var á kælikerfum sem eru algeng í stórmörkuðum í Evrópu tók til kælimiðlanna R 402A, R 407A, R 507 og R 407C. Athugun og samanburður var gerður á stóru miðlægu þenslulokakerfi, tveggja þrepa kerfi með varmaskipti og hringrásardælu og smáu kælikerfi eins og tíðkast í bandarískum stórmörkuðum.

[5] Byggt á: Ashrae Journal, September 2000, Refrigerant Use in Europe – Horst Kruse og US Refrigerant Issuses – Jim Lavelle.

Niðurstöður voru að; miðlægt stórt þenslulokakerfi með miklu magni af kælimiðli er afar óheppilegt kælikerfi. Það hefur langhæsta TEWI gildið og lekahættan er mikil. Jafnvel þótt hægt sé að minnka lekann með góðu viðhaldi og stjórnun er útlosunin frá því allt að tvöfalt meiri en hinna kerfanna. Miðlæg tveggja þrepa kerfi með kælivökva í seinna þrepi eða smákælikerfi eru mun betri lausnir. Orkunotkun tveggja þrepa kerfanna og smákerfanna er meiri en miðlæga kerfisins en á móti vegur að heildar útlosun í TEWI CO_2 gildum eru mun minni.

Þýska ríkisstjórnin stóð einnig fyrir rannsóknarverkefni á tveggja þrepa kælikerfi með nýjum kælimiðlum fyrir stórverslanir. Verkefnið stóð í tvö ár með kælimiðlanna R 404A og R 407C.

Niðurstaðan var að engir sérstakir kostir eða ókostir komu fram og ekki var hægt að gera upp á milli þessarra kælimiðla. Varmaskrið R 407C hafði góð áhrif á orkunýtingu kerfisins umfram R 404A. Niðurstöður tilraunarinnar eru að R 407C, með helmingi lægri gróðurhúsastuðli er betri kostur en R 404A.

Í framhaldi af verkefninu var gerður samanburður á tveggja þrepa NH_3 kerfi og R 404A þenslulokakerfi. Í ljós kom að í upphafi notaði NH_3 kerfið 15% meiri TEWI orku en R 404A þenslulokakerfið, en með betri stillingum á NH_3 kerfinu minnkaði orkunotkun þess um 5% sem jafngildir að NH_3 kerfið notaði 10% meiri TEWI orku en R 404A þenslulokakerfið.

Ókostir tveggja þrepa frystikerfa

Tveggja þrepa kerfin eru orkufrek og dýrari fjárfesting en vot kælikerfi með dælu.
Helstu annmarkar tveggja þrepa kerfanna eru:

- Kælimiðillinn í seinna þrepinu er vökvi sem gufar ekki upp í eimi og því nýtist ekki uppgufunarvarminn.
- Seigja vökvans hækkar með lækkandi hitastigi hans og orkunotkun dælu eykst.
- Aukinn stofnkostnaður er í varmaskipti, hringrásardælu og frystitækjum.

Flestir náttúrulegir vökvar sem hafa fasaskipti við æskilegt hitastig eru hættulegir sem kælimiðlar að undanskildum CO_2. Aðeins CO_2 er nothæfur sem seinni kælimiðill í tveggja þrepa kerfi. Kostir CO_2 eru góð varmaupptaka og seigja sem er tveimur stærðargráðum lægri en annarra kælivökva. Varmaflutningur CO_2 kælimiðils er 30 – 40 sinnum meiri en saltupplausnirnar sem eru mest notaðar. Vökvamagn CO_2 getur verið mjög lítið sem þýðir að þvermál lagna er lítið, þ.e. pípur grannar miðað við önnur tveggja þrepa kerfi og einnig miðað við blautt R-22 kerfi með dælu. Tveggja þrepa kælikerfi með CO_2 sem seinni kælimiðil þarf aðeins 10% - 15% af frumkælivökva miðað við hefðbundin kerfi. Það þýðir að áfylling frumkælimiðils t.d. ammoníaks er aðeins 1/6 af hleðslu hreinna ammoníakskerfa.

Ókostur CO_2 sem seinni kælimiðill í tveggja þrepa kælikerfi er hár þrýstingur. Það vandamál eru mörg leiðandi fyrirtæki í kælitækni fást við og lausnir eru í sjónmáli.
Þegar árið 1996 var sett upp í Lundi í Svíþjóð tveggja þrepa NH_3/CO_2 kælikerfi með NH_3 sem fyrri kælimiðil og CO_2 sem seinni kælimiðil.

Tillaga um gróðurhúsaskatta í Danmörku

Ýmsar heimildir greina frá tillögu Dana um gróðurhúsaskatta á kælimiðla, m.a. http://www.care-refrigerants.co.uk/

Heiti	Gróðurhúsaáhrif GWP	Skattur Dkr/kg
CO_2	1	1,1
R 404A	3748	375
R 134A	1300	130
R 407C	1610	161
R 410A	1890	189
R 290	11	1,1

Lausnir sem koma í stað fyrir R – 22 kælimiðla, HCFC kerfin.

Þrír möguleikar eru til að skipta út R-22 í flotanum:

1. Halda áfram notkun R 22 með minnstum mögulegum leka þannig að ODP kvóti nægi fyrir innflutningi á nýframleiddu R 22 á kerfin. Endurunnið R 22 er undanþegið kvóta og er í dag á svipuðu verði og nýframleitt R 22. Fram til ársins 2015 má bæta endurunnu R 22 á kerfin. Frá árinu 2015 er það bannað.

2. Nota staðgengikælimiðla á R 22 kerfin. Aðlaga kælikerfin að nýjum kælimiðli sem hefur sem líkasta eiginleika eða endurbyggja kælikerfið fyrir kælimiðil með ólíkari eiginleikum.

3. Nýtt kælikerfi sem kemur í staðin fyrir R 22.

1.1 Góðar líkur eru á að endurunnið R 22 muni vera til á markaði í allnokkur ár. Hér er rétt að minna á að framleiðsla R 22 í USA stöðvast ekki fyrr en árið 2020 og útfösun þar á að vera lokið fyrir 2030.

1.1.1 Viðhaldsstýring og eftirlit. Talið er að allt að 80% af heimsframleiðslunni á R 22 sé notað til að bæta inn á kerfi sem þegar eru í rekstri. ODP kvóti Íslendinga minnkar verulega á milli áranna 2003 og 2004. Við minnkunina vantar um 1,5 tonn af ODP kvóta til að mæta óbreyttri þörf eins og hún var árið 2000. 1,5 ODP tonn samsvarar 28,1 tonni af R 22. Líklegt er að eftir 2003 hækki endurunnið R 22 fljótlega í verði og magn þess í umferð minnki hratt sérstaklega eftir 2005. Markviss endurnýjun kerfanna, fyrirbyggjandi viðhald, lekaleit, eftirlit og aukin nýting endurunnins R 22 getur framlengt notkun á hluta kerfanna um nokkur ár.

2..1 Nokkrir ósón fríir kælimiðlar geta komið í stað R 22 kælimiðilsins. Sammerkt er með þeim öllum að breyta þarf kerfunum, efnin eru allt að fjórfalt dýrari en R 22 og þau hafa umtalsverð gróðurhúsaáhrif. Tillögur hafa komið fram um grænan skatt á gróðurhúsaáhrifa þeirra í Danmörk og Noregi. Mikil þróun er í gangi á nýjum kælimiðlum eða blöndum og heldur hún væntanlega áfram. Nokkrar vonir eru bundnar við „drop-in" kælimiðla eins R 417A og R 407C sem hafa svipaða gróðurhúsastuðla og R 22.

3.1 Gömul kæli- og frystikerfi á hiklaust að skipta út eða endurbyggja við fyrsta tækifæri, t.d. við eigandaskipti, lengingu eða næsta stórviðhald á skipinu. Það fer eftir stærð kerfisins hvers konar kælitækni hentar.

3.1.1 Fyrir lítil kerfi t.a.m. lestarkælikerfi, beituklefa, matvælageymslur er valið einfalt: Sambyggðar (Semi- eða hermetískar) þjöppur eða lokuð kerfi sem komið er fyrir eins nálægt klefa eða lestarými eins og mögulegt er. Við val á kælimiðli þarf að taka mið af varanleika, lágum gróðurhúsastuðli, áfyllingu kælimiðils á kerfið og lekahættu. Blásarakerfi þurfa mun minni fyllingu en rörakerfin. Munurinn er háður lengd röranna í eimi sem er allt að fimmfaldur.

3.1.2. Stór frystikerfi og frystilestar. Íslendingar hafa tiltölulega mikla reynslu af NH_3 kerfum um borð í fiskiskipum. 12 af 71 skipum sem eru með frystingu eða eru búin RWS kerfum nota NH_3 sem aðal kælimiðil og 47 skip af 56 frystiskipum eru með R 22 frystikerfi. Eðlilegt er að halda áfram að þróa NH_3 lausnir fyrir skipin. Væntanlega bjóðast fljótlega tveggja þrepa NH_3/CO_2 kerfi fyrir vinnsluskip. Þau ættu að vera ódýrari en hrein NH_3 kerfi, magn kælimiðils á kerfinu umtalsvert minni, kerfið mun minna að umfangi og frystiafköst meiri. Þá er mögulegt að nota CO_2 á frystilestarkerfið. Þeir sem skipta út R 22 frystikerfinu geta haldið áfram að nota R 22 á frystilestina um hríð, aðlagað þann hluta kerfisins að nýjum HFC kælimiðli með lágum gróðurhúsastuðli eða keyrt á frystilestina með kælivökva gegnum varmaskipti.

.

Viðauki 5. Kælimiðlar og afköst

				COP	Afköst m.v.	Áætlað verð		
	ODP	GWP	Kæling	Frysting	R-22 í %	(kr/kg)	Smurolía	Ath.
R22	0,055	1700	7,75	3,05	100	454	Flestar	
R507	0	3800	7,08	2,7	104	1363	Polyester	1,3
R404A	0	3478	6,97	2,69	100	1363	Polyester	1,3
R417A	0	2120	--	--	100	1300	Flestar	2,3,8
R410A	0	1890	6,94	2,86	150	2600	Polyester	2,3
R407C	0	1609	6,75	2,78	82	2171	Polyester	2,3
R134a	0	1200	7,7	2,94	51	1043	Polyester	3,4
R717	0	0	7,92	3,07	94	120	Margar	5
CO2	0	1	5,37	2,08	523	160	Margar	6
CO2/R717	0	1	--	3,08	198	160/120	Margar	7

Heimild: TemaNord 2000:573 o.fl.

1. Ekkert varmaskrið.
2. Varmaskrið.
3. Gróðurhúsalofttegund, hugsanlega skattlögð og jafnvel bönnuð í framtíðinni.
4. Undirþrýstingur við lægra hitastig en -26°C.
5. Ammoníak
6. Koltvísýrlingur.
7. „Cascade” eða samsett, tveggja þrepa kerfi.
8. „Drop-in” kælimiðill fyrir R 22 – hentar aðeins á þenslulokakerfi.

Viðauki 6. Kælimiðlanotkun fiskiskipa

1993, febrúar – Sveinn Jónsson vélstjóri
Kælikerfafjöldi alls: 2508
Heildarmagn í notkun **170 tonn** af R22,R502, R12

Hans T. Haukas – Cost estimates related to strengthened HCFC regulation
Ísland: R 22, 270 kerfi x 1550 kg = **418,5 tonn**

Nóv. 2001, Fiskifélag Íslands – Guðbergur Rúnarsson
Heildarmagn í notkun **155 tonn** af R 22.

Viðauki 7. Helstu atriði EC 2037/2000

EUROPEAN COMMUNITY REGULATION No 2037/2000 ON OZONE DEPLEATING SUBTANCES.
Gildistaka: 1. október 2000.
Þema: Innfæra allar raunhæfar fyrirbyggjandi aðgerðir til að koma í veg fyrir og halda kælimiðilsleka í lágmarki frá kæli- og loftkælikerfum.

Raunhæfar aðgerðir eru tilgreindar í staðlinum EN 378 – Kælikerfi og varmadælur. Kröfur er varða öryggi og umhverfi, hlutar 1 – 4. Þessi staðall kemur í stað allra innlendra staðla og er í samræmi við EC 2037/2000.

EN 378
Staðallinn gildir fyrir ný og eldri kerfi og tekur á öryggi manna og eigna, en ekki á vörum í geymslu eða umhverfi kæli- og varmadælukerfa. Hann gildir fyrir hreyfanleg eða föst kælikerfi af öllum stærðum, og staðsetningu. Staðallinn segir til um uppsetningu á föstum lekaskynjurum í nýjum og eldri kerfum. Lekaskynjararnir skulu hafa það markmið að vara við í tíma, við hættulegu magni af kælimiðilsgasi í nærliggjandi umhverfi kælikerfis og mengun umhverfisins.
Við uppsetningu og val á lekaskynjurum skal taka mið af kælimiðlinum sem er á kerfinu.

- Einn eða fleiri skynjarar skulu vera í sérstökum vélarúmum.
- Í sérstökum vélarúmum sem eru að hluta til, eða alveg neðanjarðar þar sem náttúruleg loftskipti verður ekki komið við s.s. í námum og skipum, þar sem engir menn eru að störfum skal kælimiðilsskynjari stjórna neyðar loftræstikerfi.
- Sumir L2 kælimiðlar og allir L3 kælimiðlar eru eldfimir. Í flestum tilfellum þarf rafbúnaður þar sem þessir kælimiðlar eru notaðir að standast strangar kröfur fyrir hættuleg svæði. (<2,5Kg L2, >25 Kg eldfim L3 að undanskildu ammoníaki).
- Fyrir ammoníak kerfi > 10 Kg er gerð krafa um vélknúna loftræstingu, há- og lággildis ammoníak skynjara, rofabúnað sem stjórnast af ammoníak skynjurum, viðvörunarbúnað og búnað til að stöðva kælikerfið ef ammoníak gas í umhverfi klefans fer yfir 30.000 ppm.
- Skynjari fyrir L3 kælimiðil skal virka áður en 25% styrk yfir lággildi efnisins í umhverfinu er náð og ræsa viðvörun
- Þegar kælimiðilsstyrkur í umhverfinu fer yfir sett markgildi skynjaranna skulu skynjarar setja af stað hljóð-viðvörun þannig að rétt neyðaráætlun geti hafist.
- Fyrirbyggjandi ráðstafanir og öryggismál til að auka öryggi við skyndilegan leka.
- Skynjarar skulu vera í réttri hæð og vakta styrk kælimiðils miðað við athafnahæð manna.
- Kælikerfi í flokki L1 eða L2 (lyktarlaus) skulu hafa kælimiðils skynjara sem vinna við raunhæf gildi .

Sjá nánar í EN 378 –1:4. LÍÚ á eitt eintak. Staðallinn fæst hjá Staðlaráði.
Fyrirvari er gerður á þýðingu.

Viðauki 8. Skip flutt inn til landsins eftir 1. janúar 1996 með tímabundna undanþágu á notkun R 22

Skipa skrár nr.	Heiti	Nafn útgerðar	Aðsetur	Staður	Póstfang	Afdrif
2271	Andenes	Atlantes fisk	Pósthólf 90		710 Seyðisfirði	Selt til Portúgals
2218	Snæfell SH-40 Nú Hjalteyrinn EA	Útg.fél. Njörður	Við Hafnartorg	Pósthólf 65	620 Dalvík	Selt úr landi 03/99. Kom inn aftur 07/01
2286	Natarnaaq Bliki	B.G.B.	Sjávargötu 6	Árskógssandi	621 Dalvík	Selt til Grænlands 01/01
2279	Lómur	Lómur h.f.	Stapahrauni 4		220 Hafnarfirði	Selt úr landi 09/99
2237	Dalborg EA innfl. 95	Snorri Snorrason hf.	Karlsrauðatorgi 10	P.O.Box 71	620 Dalvík	Selt til Færeyja 07/97
2276	Gissur ÁR 2 Hersir 97/09	Ljósavík hf	Unubakka 46	Pósthólf 65	815 Þorlákshöfn	Selt til Færeyja 06/99
2332	Askur ÁR-4	Ljósavík hf	Unubakka 46	Pósthólf 65	815 Þorlákshöfn	Í flota
	Garðar EA	Samherji hf	Glerárgötu 30		600 Akureyri	Selt til Noregs
		L.M. Skipamiðlun	Skólav.stíg 12	Pósthólf 670	121 Reykjavík	
	Hoffell SU-80	Loðnuvinnslan hf	Skólavegi 59		750 Fáskrúðsfirði	Í flota
		Fengur hf	Dalshrauni 13		220 Hafnarfirði	
	Óli í Sandg. AK-14	HB. hf	Bárugötu 8-10		300 Akranesi	Selt úr landi

Heimild: Hollustuvernd

Viðauki 9. Innflutt skip – frumskráð eftir 1. janúar 1996

Sknr.:	Nafn skips:	Smíðaár:	Smíðastaður:	Frumskráning:	Kælikerfi:	Á undanþágu
2253	ELLIÐI	1979	FOSNAVOG NOREGUR	19960418	RSW	Nei
2265	ARNAR	1986	TOMREFJORD NOREGUR	19960116	Frysting	Nei
2277	ANTARES	1980	LOFALLSTRAND.NOREGUR	19960403	RSW	Nei
2281	SIGHVATUR BJARNASON	1975	NOREGUR	19960430	RSW	Nei
2285	GEIRI PÉTURS	1989	FÆREYJAR	19970107	Frysting	Nei
2287	BJARNI ÓLAFSSON	1978	NOREGUR	19970423	Frysting og RSW	Nei
2297	SKEL	1984	PANAMA CITY FLORIDA USA	19970324	?	Nei
2329	GUÐMUNDUR ÓLAFUR	1990	NOREGUR	19990409	RSW	Nei
2332	ASKUR	1985	TOMREFJORD NOREGUR	19980806	Frysting	Já
2333	ARON	1989	DANMÖRK	19981027	Kæling og ísvél	Nei
2336	SUNNUBERG	1972	NOREGUR	19990428	RSW	Nei
2345	HOFFELL	1981	HOLLAND	19981023	RSW	Já
2354	VALDIMAR	1982	NOREGUR	19990326	Frysting?	Nei
2363	GULLBERG	1988	DANMÖRK	19990429	RSW og frysting	Nei
2371	GANDÍ	1988	DANMÖRK	19990624	Frysting og kæling	Nei
2412	ÁSGRÍMUR HALLDÓRSSON	1996	FLEKKEFJORD NOREGUR	20000316	RSW	Nei
2460	SÍLDEY	1978	NOREGUR	20010518	Frysting og kæling?	Nei
2526	GUNNAR	1971	NOREGUR	20011005	Frysting og kæling?	Nei
2527	JÓHANNA	1969	NOREGUR	20011108	Frysting og kæling?	Nei

Heilmild: Fiskifélag Íslands

Viðauki 10. Skip með kælikerfi önnur en R 22

Sk.nr.:	Nafn skips:	Tegund:	Smíðaár:	Kerfi:	Kælimiðill:	Stærð:
1508	BJÖRG JÓNSDÓTTIR	Nót og troll	1978	RSW	R-404A	Stórt
1258	BYR	Túnfiskskip	1972	Frysting		Stórt
1293	BÖRKUR	Nót	1968	RSW	NH3	Stórt
1742	FAXI	Nót og troll	1987	Ísvélar	R-507	Stórt
1345	FRERI	Frystitogari	1973	Frysting	NH3/R-22	Mjög stórt
2067	FROSTI	Frystitogari	1990	Frysting/krapakerfi	NH3	Mjög stórt
2445	GEIRI PÉTURS	Frystitogari	1985	Frysting	NH3	Mjög stórt
1525	HÓLMABORG	Nót og troll	1978	RSW	NH3	Mjög stórt
2388	INGUNN	Nót og troll	2000	RSW	NH3	Mjög stórt
155	JÓN KJARTANSSON	Nót og troll	1960	RSW	NH3	Stórt
1360	KLEIFABERG	Frystitogari	1974	Frysting	NH3	Mjög stórt
2242	ORRI	Frystitogari	1984	Frysting	NH3	Mjög stórt
2288	PÉTUR JÓNSSON	Frystitogari	1997	Frysting	NH3	Mjög stórt
2410	VILHELM ÞORSTEINSSON	Frystitogari	2000	Frysting/Ísvél	NH3/R-507	Mjög stórt
2203	ÞERNEY	Frystitogari	1992	Frysting	NH3	Mjög stórt
1501	ÞÓRSHAMAR	Nót	1974	RSW	R-507	Stórt

Heimild: Fiskifélag Íslands

Viðauki 11. Helstu R 22 kælikerfin í fiskiskipum

Sk.nr.:	Nafn skips:	Tegund:	Smíðaár:	Kerfi:	Kælimiðill:	Stærð:
1369	AKUREYRIN	Frystitogari	1974	Frysting	R-22	Mjög stórt
2277	ANTARES	Nót og troll	1980	RSW	R-22	Stórt
2265	ARNAR	Frystitogari	1986	Frysting	R-22	Mjög stórt
2332	ASKUR	Frystitogari	1985	Frysting	R-22	Stórt
2412	ÁSGRÍMUR HALLDÓRSSON	Nót og troll	1996	RSW	R-22?	Stórt
1603	BALDUR ÁRNA	Frystitogari	1978	Frysting/krapaís	R-22	Stórt
2165	BALDVIN ÞORSTEINSSON	Frystitogari	1992	Frysting	R-22	Mjög stórt
1536	BARÐI	Frystitogari	1979	Frysting	R-22	Stórt
226	BEITIR	Nót og troll	1958	RSW	R-22	Stórt
2287	BJARNI ÓLAFSSON	Nót og troll	1978	Fryst/RSW	R-22	Mjög stórt
1937	BJÖRGVIN	Frystitogari	1988	Frysting	R-22	Mjög stórt
2197	BLÆNGUR	Frystitogari	1993	Frysting	R-22	Mjög stórt
1383	ELDBORG	Frystitogari	1974	Frysting	R-22	Stórt
2253	ELLIÐI	Nót og troll	1979	RSW	R-22	Stórt
2190	EYBORG	Frystitogari		Frysting	R-22	Stórt
2285	GEIRI PÉTURS	Frystitogari	1989	Frysting	R-22	Stórt
1579	GNÚPUR	Frystitogari	1981	Frysting/Ísvél	R-22/R-507	Stórt
2363	GULLBERG	Nót og troll	1988	RSW	R-22?	Stórt
1807	HÁKON	Nót og troll	1987	Frysting	R-22	Stórt
2266	HELGA BJÖRG	Frystitogari	1976	Frysting	R-22	Mjög stórt
1868	HELGA MARÍA	Frystitogari	1988	Frysting	R-22	Mjög stórt
2345	HOFFELL	Nót og troll	1981	RSW	R-22	Stórt
1634	HÓLMADRANGUR	Frystitogari		Frysting	R-22	Stórt
1628	HRAFN	Frystitogari	1983	Frysting/Ísvél	R-22/R-507	Stórt
1972	HRAFN SVEINBJARNARSON	Frystitogari	1988	Frysting/Ísvél	R-22/R-507	Stórt
1902	HÖFRUNGUR III	Frystitogari	1988	Frysting	R-22	Mjög stórt
2275	JÓN SIGURÐSSON	Nót og troll	1978	RSW	R-22	Stórt
1977	JÚLÍUS GEIRMUNDSSON	Frystitogari	1989	Frysting	R-22	Mjög stórt
1484	MARGRÉT	Frystitogari	1977	Frysting	R-22	Stórt
1833	MÁLMEY	Frystitogari	1987	Frysting	R-22	Mjög stórt
1270	MÁNABERG	Frystitogari	1972	Frysting	R-22	Mjög stórt
2262	RAUÐINÚPUR	Frystitogari	1987	Frysting	R-22	Mjög stórt
2182	RÁN	Frystitogari	1990	Frysting	R-22	Stórt
2281	SIGHVATUR BJARNASON	Nót og troll	1975	RSW	R-22	Stórt
1530	SIGURBJÖRG	Frystitogari	1979	Frysting	R-22	Stórt
1351	SLÉTTBAKUR	Frystitogari	1968	Frysting	R-22	Mjög stórt
1328	SNORRI STURLUSON	Frystitogari	1973	Frysting	R-22	Mjög stórt
2061	SUNNA	Frystitogari	1991	Frysting	R-22	Mjög stórt
2336	SUNNUBERG	Nót og troll	1972	RSW	R-22	Stórt
1352	SVALBARÐI	Frystitogari		Frysting	R-22	Stórt
2329	SVEINN BENEDIKTSSON	Nót og troll	1990	RSW	R-22	Stórt
1308	VENUS	Frystitogari	1973	Frysting	R-22	Mjög stórt
1273	VESTMANNAEY	Frystitogari	1972	Frysting/Krapi	R-22/R-507	Stórt
2184	VIGRI	Frystitogari	1992	Frysting	R-22	Mjög stórt
1376	VÍÐIR	Frystitogari	1974	Frysting	R-22	Stórt
1880	ÝMIR	Frystitogari	1988	Frysting	R-22	Stórt
1903	ÞORSTEINN	Nót og troll	1988	Frysting	R-22	Mjög stórt
2170	ÖRFIRISEY	Frystitogari	1988	Frysting	R-22	Mjög stórt

Viðauki 12. CO_2 sem kælimiðill[1]

Back to the Future - the Return to CO2 *25 May 2000*

At the end of the 19th century the perceived dangers of ammonia and the high operational costs of air-cycle machines, particularly in marine applications, brought about the drive to a wider application of CO2 for vapour compression systems.

Although there were problems associated with the refrigerant in vapour compression systems, namely its low critical temperature and relatively high operating pressures, these were more than balanced by the advantages of relatively low toxicity, plant size and performance. CO2 became the refrigerant of choice in the marine field, particularly in the transportation of frozen meat. However, its popularity faded in the late 1940's as the introduction of halocarbon systems displaced it.

Its demise might have remained terminal but for the identification of the contribution of chlorinated halocarbons to ozone depletion in the 1970's. This led to the adoption of the Montreal Protocol in 1987, and the subsequent phase out of CFC's and more recently HCFC's. This driver has of course brought about wide ranging changes, not the least of which is a renewed interest in, and application of, "natural" refrigerants. Ammonia, which had retained a market, particularly in the industrial field, has seen a renaissance, being applied in situations that would have been considered unthinkable as recently as 10 years ago. Development work, in potential new applications for air-cycle technology is also being undertaken.

In the same way interest in and the application of CO2 systems has gathered pace over the recent past. So where might CO2 be suitable and what advantageous might it bring?

Two applications in which CO2 has recently been used are as a volatile secondary refrigerant, cascaded to a standard vapour compression system and as a low stage primary refrigerant, operating in a vapour compression cycle, and cascaded to a high stage system using a conventional refrigerant, eg ammonia.

Used as a volatile secondary refrigerant, CO2 can be pumped directly to the process heat exchanger, where it is boiled off and returned to a condenser to be re-liquefied.

Traditionally, the benefit of pumping volatile refrigerants to a process is that the refrigerant in the heat exchange process is the same as that in the compressor. As the latent capabilities of the liquid are utilised, relatively small mass and volume flow rates are required. This results in higher system efficiencies and lower plant costs, as the compressors, pipes, pumps, evaporators, etc can be smaller than for systems utilising traditional, ie glycol / brine, secondary systems. The problems arising from direct refrigerant systems can be large charges of environmentally damaging, and/or expensive, and/or potentially hazardous refrigerants.

The benefits of utilising a secondary system are that the primary refrigerant charge can be minimised, relatively simple primary refrigeration systems can be utilised and potential leakage routes can be minimised. The problems with traditional secondary systems, utilising glycols and brines, are essentially the opposite of the benefits of direct systems, as only the sensible heat capabilities of these fluids are utilised. Utilising CO2 as a volatile secondary refrigerant combines the advantages of direct and indirect systems. Examples of the application of this type

[1] Grein frá fyrirtækinu Star Refrigeration Ltd.

of system have included CO2 supplied to cold storage cabinets in supermarkets, retrofitting ice rinks that were pumping ammonia to the ice pad and low temperature cold stores.

When compared to a traditional 2-stage system utalising say ammonia or R22, the key benefits of using CO2 as a low stage primary refrigerant in a cascade system are a more compact installation and more efficient operation. In particular, the compressors and pipework for the CO2 system are much smaller than would be required for either ammonia or R22 systems, due to CO2's relatively high density . In addition, the high stage system can be designed with a significantly reduced refrigerant charge. CO2 also has the characteristic of being a high-pressure refrigerant. While this can provide interesting design challenges, particularly on the discharge side of the system, it provides a bonus on the low-pressure side of the system. The bonus is a gas which remains above atmospheric pressure down to its limit of operation, at approximately -56 degC, CO2's triple point. The problem of air and moisture ingress, which is an issue in low temperature ammonia and R22 plant, due to sub-atmospheric system pressures, does not arise.

CO2 can be considered for use in many different ways. The projects recently undertaken, using it both as a volatile secondary and low side primary refrigerant, have demonstrated its viability. They have also provided valuable experience of the various advantages and disadvantages of this familiar and yet unusual fluid.

It is expected that continued environmental pressures will put increased emphasis on energy efficient systems, particularly those using "natural" refrigerants. With this in mind, the increased use of CO2 systems seems highly probable.

Viðauki 13. R 417 (ISEON 59), „drop in" kælimiðill á þenslulokakerfi.

Oversættelse af artikel af Andrea Voigt i særudgave af "KK Die KÄLTE und Klimatechnik" 52. årgang 1999.

Forfatter:
Andrea Voigt, ISCEON marketingchef
Rhodia Organique Fine Ltd., Avonmouth, Bristol (U.K)

R 22 er idag det mest anvendte kølemiddel indenfor køle- og klimaområdet. De europæiske myndigheder indskrænker dog til stadighed brugen af R 22 således, at producent, kølefirma og slutbruger bliver tvunget til at tage stilling til spørgsmålet om et alternativ.

Klimaindustrien er allerede begyndt at reagere og tilbyder anlæg med R 417A , R 407C eller R 410A. I handels- og butikssektoren anvendes først og fremmest R404A, R 507 og R 134a. Af de nævnte kølemidler er R 417A det eneste, der egner sig både til nye og eksisterende anlæg. Det er en R22 Drop-In erstatning på HFC basis med ODP = 0, der ikke alene er forenelig med syntetisk olie, men også med mineralolie.

På klimaområdet bliver R 417A allerede anvendt af talrige virksomheder f.eks. Hitachi-, Tadiran-, Fujitsu-, Airwell- og Funaiimportører bl.a. i Tyskland, Storbritannien og Sverige, da klimaanlæg ofte er udstyret med hermetiske kompressorer, der ikke gør et olieskift muligt.

I handels- og butikssektoren er R 417A ligeledes en god og prisgunstig løsning til omstilling af eksisterende anlæg med en langsigtet erstatning med ODP=0. I mere end 3.000 supermarkeder i bl.a. Frankrig, Storbritannien og Tyskland kører et stort antal anlæg stadig med R 22, da mange systemer tidligere blev omstillet fra R 12 til R 22. R 417A har vist sig at være en god løsning til et bredt temperaturområde fra dybfrost til køling.

Det hollandske TNO (Institute for Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation) har i samarbejde med den hollandske afdeling af kølemøbelproducenten Electrolux og Rhodia foretaget en undersøgelse, hvori R 417A bliver sammenlignet med R 22 i kølemøbler.

Undersøgelsen blev foretaget i henhold til de europæiske standarder EN 441 "Refrigerated display cabinets", del 4 -"General test conditions", d.v.s. tør temperatur 25° C, relativ fugtighed 60%.

Det af Electrolux Bedrijfskoeling B.V. leverede kølemøbel er en frontlader (Model EHS 250-3 Roll-in) med separat kondensingunit forsynet med en semihermetisk DWM Copeland kompressor (D8-LE-20X) og standardsmøreolien for R 22.

Anlægget blev først prøvekørt med 6 kg R 22, derefter evakueret og påfyldt 5,6 kg R 417A. Ekspansionsventilen blev justeret en omgang i urets retning. Ellers blev der ikke foretaget yderligere ændringer.

Resultaterne viste, at temperaturen i testenheden næsten var identisk ved brug af R 22 og R 417A. (Se tabel 1). Også lufttemperaturen ved fordamper ind- og afgang stemte næsten overens med R 22. (Se tabel 2).

Tabel 1

	R 22	R 417A
Varmeste enhed	13,3° C	13,8° C
Koldeste enhed	- 1,2° C	- 1,4° C
Gennemsnit	4,6° C	4,9° C

skaneks

46

Tabel 2

	R 22	R 417A
Gns. lufttemp./ Fordamperafgang	0,5° C	0,5° C
Gns. lufttemp./ Fordampertilgang	7,3° C	7,4° C

Over et tidsrum på 24 timer måltes samme energiforbrug (41kWh) med henholdsvis R 22 og R 417A, men med R 417A kørte kompressoren 4 timer længere pr. dag.

Den samlede afrimningstid med R 417A var 6 minutter længere end med R22.

Tabel 3 viser typiske værdier for anlægget i drift med R 417A sammenlignet med R 22. Som det fremgår, var køleydelsen (Heat Extraction Rate) med R 417A lidt lavere end med R 22.

Tabel 3

Gennemsnitsværdi	**R 22**	**R 417A**
Lufttemperatur / Kondensatortilgang	19,7° C	19,5° C
75% af driftstiden		
Sugeledning afgangstemperatur Fra fordamper	-2,45° C	-0,5° C
Overhedning	9,2 K	8,2 K
Væskeledning tilgangstemperatur Til termostatisk ekspansionsventil	33,0° C	29,7° C
Underkøling	3,5 K	2,3 K
Køleydelse (Heat Extraction Rate)	4880 W	4700 W

Af resultaterne fremgår, at R 417A også er egnet som erstatning på køleområdet.

Følgende eksempel med et frostanlæg i et svensk supermarked viser, at R 417A også her er et godt erstatningskølemiddel.

Det drejede sig om et af to frostanlæg, som kræver ca. 20 kW køleydelse. Den separat stående kompressor var forbundet med 4 frostenheder, som arbejdede i området fra –18° til –22° C. Efter omstilling til R 417A var anlæggets ydelse næsten identisk med R 22 med en betydeligt lavere kompressionssluttemperatur med R 417A.

Tabel 4

Parameter	**R 22**	**R 417A**
Fordampningstemperatur	-38,8° C	-35,5° C *
Tryk på sugesiden	0,1 bar o	0,2 bar o
Kondenseringstemperatur	38,7° C	39,4° C *
Kondenseringstryk	14,4 bar o	12,8 bar o
Kompressionssluttemperatur	114,2° C	75,1° C
Væskeledningstemperatur	33,0° C	32,5° C
Underkøling	5,7 K	4,5 K *

* Gennemsnitstemperatur

Tabel 4: Sammenligning af ydelse R 22/R 417A efter omstilling.
(Kompressor: Bitzer S4G 12.2; Olie: B 5.2 standard Bitzer olie)

Resultaterne viser tydeligt, at R 417A ikke kun er egnet på klimaområdet, men også er en god løsning på køle- og frostområdet. Denne Drop-In erstatning hjælper med at holde omkostningerne nede, hvilket i sidste ende gavner hele køle- og klimaindustrien. Fra producenter, der gerne vil tilbyde et HCFC-frit produktprogram, til kølefirmaer og slutbrugere, der vil ændre de eksisterende anlæg til et langfristet alternativ med ODP = 0.

23-02-00 MSL/POS/ed

47