

ANTALL SIDER 14		GRADERING		GJELDER Rapportering av prosjektet: ”Utfasing av R22 i fiskefartøy”				BEHANDLING	UTTALELSE	ORIENTERING	ETTERAVTALE
				GÅR TIL Joakim Martinsen, Norges Fiskarlag							X
ELEKTRONISK ARKIVKODE 070430141949				FORFATTER Torgeir Skiple							
PROSJEKTNR. 16X700		DATO 2008-03-14									
AVDELING Energiprosesser				BESØKSADRESSE Kolbjørn Hejes vei 1D				LOKAL TELEFAKS			

INNHOILDSFORTEGNELSE

	Side
Innledning	2
1 Generelt	3
1.1 Program seminar	3
2 Rammebetingelser for bruk av R22	4
2.1 Begreper:	4
2.2 Miljøforhold	4
2.3 Avvikling av bruken av R-22	4
2.4 Gjeldende reguleringer vedrørende bruk	5
3 Alternative metoder for utfasing av R22	5
4 Konvertering av R22 anlegg	6
4.1 Viktige forhold tilknyttet erstatningsmediene	6
4.2 Erfaring fra R22 /R12 konvertering	6
4.3 Ytelse og investeringsbehov	7
5 Ombygging av eksisterende R22 kuldeanlegg til bruk av NH₃/CO₂	8
5.1 Ombygging til ammoniakk(NH ₃)	8
5.2 Ombygging til CO ₂	9
6 Utskiftning til bruk av naturlig kjølemedier NH₃ og CO₂	11
6.1 CO ₂ og NH ₃ som arbeidsmedium	11
6.2 Komponenter	12
7 Erfaringer med HFK/NH₃/CO₂ i fiskebåter	14

Innledning

26. april 2007 ble det avholdt et seminar med temaet ”Utfasing av R22 i fiskefartøy”, ved Rica Parken Hotell i Ålesund. SINTEF Energiforskning AS gjennomførte i 2007 et prosjekt ”Utfasing av R22 i Fiskefartøy”, på vegne av FHF og Teknologiforum, for å se på alternativene for utfasing av R22 som kjølemiddel i fiskefartøy. R22 brukes fortsatt i stor utstrekning i fiskeflåten i Norge. Imidlertid er R22 forbudt brukt i nye anlegg, og importen til Norge reduseres gradvis. I 2010 er det ikke lenger lov å importere R22. Bakgrunnen for utfasingen er at R22 er med på å bryte ned ozonlaget, og er samtidig en drivhusgass. Seminaret hadde totalt 67 påmeldte deltagere. Foredragsholdere kom fra SINTEF Energiforskning AS, Hans T. Haukås AS, Grenco, Teknotherm AS, York Marine og M/S Kvannøy

1 Generelt

Det er flere utfordringer knyttet til å fase ut R22 i fiskeflåten og konsekvenser av dette. Dette ble diskutert i seminaret "Utfasing av R22 i fiskefartøy". Det er flere problemstillinger rundt utfasingen av R22, men hovedproblemstillingene er hva medium skal en bytte til og hvordan vil de nye mediene påvirke energiforbruk, sikkerhet etc.. En kortsiktig løsning kan være å bytte til HFC kjølemedier, men på grunn av pris og fremtidige restriksjoner, det er mest trolig best å gå for en løsning med naturlige kjølemedier. Naturlige kjølemedier som CO₂ og NH₃ har lav pris, ingen/neglisjerbar miljøpåvirkning og får derfor forutsigbare rammebetingelser fra myndighetene.

1.1 Program seminar

Seminar – Utfasing av R22 i fiskefartøy

Program

- Tid:** 26. april kl. 09:00 til 16:30
Sted: Rica Parken Hotell i Ålesund
- 08:30 Registrering/kaffeservering**
- 09:00 Velkommen / Introduksjon (Arne Jakobsen, SINTEF Energiforskning AS)
- 09:05 Rammebetingelser for bruk av R22 (Hans T. Haukås, Hans T. Haukås AS)
- 09:15 Alternative metoder for utfasing av R22 (Hans T. Haukås)
- 09:30 Konvertering av R22 anlegg (Hans T. Haukås)
- Erfaring fra R22/R12 konvertering
 - Aktuelle arbeidsmedier
 - Aktuelle systemløsninger
 - Kapasitetsendring / Energiforbruk
 - Investeringsbehov
- 10:15 Kaffepause**
- 10:30 Ombygging av eksisterende R22 kuldeanlegg til bruk av HFK/NH₃/CO₂. (Haukås/Jakobsen)
- Aktuelle systemløsninger
 - Hva kan gjenbrukes?
 - Energiforbruk
 - Investeringsbehov
- 11:00 Utskiftning til bruk av naturlige kuldemedier NH₃ og CO₂. (Arne Jakobsen)
- Alternative systemløsninger
 - Tilgang på komponenter
 - Kapasitet / Energiforbruk
 - Ombygging på eksisterende båter
 - Investeringsbehov
 - Kort om forskrifter for NH₃ og CO₂
- 11:45 Lunsj**
- 12:45 Erfaringer med HFK/NH₃/CO₂ i nederlandske fiskebåter (O. Gausvik, Grenco Marine NL)
- 13:30 Erfaringer med bruk av HFK og NH₃ i fiskebåter (Torfinn Torp, Teknotherm AS)
- 14:15 Kaffepause med noe å bite i.**
- 14:45 Erfaringer med NH₃/CO₂ i York installasjoner (John Bilde, York Marine)
- 15:30 Driftserfaringer med NH₃/CO₂ fra Kvannøy. (Tor-Harald Arntzen, Maskinsjef Kvannøy)
- 16:00 Diskusjon
- 16:30 Oppsummering / avslutning**

2 Rammebetingelser for bruk av R22

Fra Hans T. Haukås sin presentasjon på seminaret.

2.1 Begreper:

KFK (klorfluorkarboner)

- "freoner" med sterk ozonreducerende virkning, for eksempel R-11 (KFK-11), R-12 (KFK-12) og R-502 (KFK-502)
- KFK-medier er samtidig svært sterke klimagasser

HKFK (hydroklorfluorkarboner)

- "freoner" med middels sterk ozonreducerende evne, for eksempel R-22 (HKFK-22)
- HKFK er samtidig midels sterke klimagasser

HFK (hydrofluorkarboner)

- klorfrie "freoner" utviklet som erstatningsmedier for KFK og HKFK. Ingen ozonreducerende evne, middels sterke til sterke klimagasser

Montreal-protokollen

- Internasjonal avtale vedr. avvikling av bruken av ozonreducerende stoffer (bl.a. KFK, HKFK)

Kyoto-avtalen

- Avtale mellom industriland (ikke alle) om begrensning i utslipp av klimagasser
- HFK er mellom de mediene som er inkludert i avtalen

2.2 Miljøforhold

R-22 har ozonnedbrytende evne

- ODP = 0.055 (i forhold til R-12)
- Reguleres av Montreal-protokollen
- Norge følger EUs regelverk (som er strengere enn MP)

R-22 er drivhusgass

- GWP = 1500 (i forhold til CO₂)
- Omfattes likevel ikke av Kyoto-avtalen
- Har følgelig heller ingen "CO₂-avgift"

Miljøgebyr på kr. 40 per kg betales, refunderes ved retur av brukt medium til godkjent mottak

2.3 Avvikling av bruken av R-22

Tilgang på ny R-22 er under avvikling

Montrealprotokollen, reduksjon i forhold til referanse

- 2004: -35 %
- 2010: -65 %
- 2015: -90 %
- 2020: -99.5 %
- 2030: -100 %

EUs forordning fra 2000 (og norsk regelverk)

- 2004: -72 %
- 2008: -77 %
- 2010: -100 %

2.4 Gjeldende reguleringer vedrørende bruk

Kuldesektoren er eneste opprinnelige bruksområde hvor HKFK (R-22) fortsatt tillates brukt (for visse formål)

Produksjon, import, omsetning og installasjon av utstyr og produkter med R-22 er likevel forbudt. Forbudet innført trinnvis

- 01.01.2000: Anlegg med over 150 kW motoreffekt
- 01.01.2004: Alle typer anlegg

Etterfylling med ny R-22 tillatt til 01.01.2010

Etterfylling med brukt R-22 tillatt til 01.01.2015

Andre nordiske land har enda strengere regimer.

Blandingsmedier som inneholder R-22 behandles på samme måte som ren R-22.

Import av R-22 (og andre ozonreducerende stoffer) krever lisens fra SFT

3 Alternative metoder for utfasing av R22

Fra Hans T. Haukås sin presentasjon på seminaret.

Det er fire alternative strategier

1. Drive anlegget med R-22 så lenge (resirkulert) medium er tilgjengelig
2. Tilpasse/modifisere anlegget til drift med et aktuelt HFK-basert alternativ
3. Bygge om anlegget til drift med ammoniakk, evt. CO₂
4. Skifte ut anlegget med et nytt anlegg
 - aktuelle kuldemedier HFK, NH₃, CO₂

4 Konvertering av R22 anlegg

Fra Hans T. Haukås sin presentasjon på seminaret.

Ingen generelt anvendelige ”drop-in”-alternativer

Aktuelle HFK-medier:

- R-134a (enkomponent medium)
- R-404A/R-507A (HFK-blanding, ubetydelig temperaturglidning (”glide”))
- R-407C (HFK-blanding, stor glide)
- R-417A (HFK-blanding tilsatt iso-butan, stor glide)
- [R-410A (HFK-blanding, ubetydelig glide)]

4.1 Viktige forhold tilknyttet erstatningsmediene

Kuldemedier med betydelig temperaturglidning kan bare benyttes med termoventilregulering

- R-407C og R-417A uaktuelle i RSW-anlegg med fylt fordamper og i pumpesirkulasjonsanlegg

Kuldemedier med stor glide endrer sammensetning ved lekkasje i fordamper eller kondensator R-417A er anvendelig med konvensjonell kompressorolje (på grunn av innholdet av isobutan)

- problemer med oljeretur likevel erfart i enkelte anlegg

R-404A/507A gir svært lav trykkørstemperatur

- vanskelig å holde oljen i skruekompressorer fri for kuldemedium ved lavt trykkforhold, oljeutkast
- stor suggassvarmeveksler nødvendig på RSW-anlegg
- evt. nødvendig å kjøre med unødvendig høy kondenseringstemperatur for å ”holde varmen”

R-410A krever høy trykkklasse (40 bar)

- mindre aktuelt som medium for konvertering
- mer aktuell i nye anlegg
- 50 % større kompressorkapasitet enn med R-22
- ikke tilsvarende lav trykkørstemperatur som med R-404A/507A

Oljetype, viskositet

- HFK-medier uten tilsetning av hydrokarbon krever esterolje
- større innløsning av kuldemedium i oljen
- dårligere smøreegenskaper (?)

4.2 Erfaring fra R22 /R12 konvertering

Erfaringer fra konvertering av KFK-anlegg (R-12 og R-502)

Mange (små)anlegg ble konvertert til såkalte ”drop-in”-medier

- blandingsmedier med R-22 som viktigste ingrediens
- kunne benyttes med eksisterende olje (viktigste årsak til ”populariteten”)
- blandingsmediene hadde stor temperaturglidning og var egnet bare for DX-systemer
- små problemer på grunn av kjemisk likhet

Anleggskjemien var den største utfordringen ved konvertering fra R-12 og R-502 til HFK, dette vil være situasjonen også ved konvertering av R-22-anlegg til HFK

Erfaringer fra Sverige: konvertering av R-22 anlegg

Svenske fiskebåteiere har i liten grad konvertert R-22-anleggene sine, men har skiftet ut med ammoniakk (RSW)

- Konvertering til R-134a generelt sett det enkleste, men mister 40 % kuldeytelse
- Tap i ytelse ved konvertering til R-407C i fylte fordampere, også ved DX dersom ikke motstrøms varmeveksling
- Problem med endret sammensetning i R-407C, spesielt som følge av feil fyllingsprosedyrer
- oljeproblemer ved R-417A (oljen flyter opp og legger seg på overflaten)

Det meste av de negative erfaringene ”som ventet” i stor grad knyttet til ”glide-medier”

Ingen grunn til å tro at konvertering skal by på spesielle tekniske overraskelser

4.3 Ytelse og investeringsbehov

Ytelse og effektbehov

- evt. behov for ekstra kompressorkapasitet
- evt. behov for større kompressormotor

Tabell 4-1 Ytelse og energieffektivitet for de mest aktuelle erstatningsmediene for R-22. RSW-anlegg med skruekompressor, 800 m³/h. Temperatur:-5/25 °C

Type kuldemedium	Q_o , kW	P_{aks} , kW	Relativ kuldeytelse, %	Relativt energibehov, %
R-22	535	94	100	100
R-404A	522	117	97	127
R-507A	524	119	98	129
R-134a	325	65	61	113
Ammoniakk	557	88	104	90

5 Ombygging av eksisterende R22 kuldeanlegg til bruk av NH₃/CO₂

5.1 Ombygging til ammoniakk(NH₃)

Fra Hans T. Haukås sin presentasjon på seminaret.

Forhold til fordel for ombygging til ammoniakk

- Samme dimensjoneringstrykk for begge medier (Veritas)
- Samme ytelse ved moderate fordampingstemperaturer (kjøl, RSW, AC)
- Ammoniakk klarer seg med mindre dimensjoner på rør og beholdere mv. enn R-22
- I utgangspunktet bedre varmeovergang i fordampere og kondensatorer
- Hovedkomponenter, ventiler og automatikk i industrikuldeanlegg er ofte beregnet for bruk med både ammoniakk og R-22

Utfordringer i forbindelse med ombygging til ammoniakk

- Sikkerhet, rømning
- Materialkompatibilitet
- Tap av ytelse for fryseanlegg
- Rengjøring av anlegget
- Godkjenning av trykkpåkjent utstyr (??)
- Mest aktuelt for større båter med anlegg i relativt god stand

Hva kan beholdes av eksisterende komponenter?: (evt etter mindre modifikasjoner)

Komponenter og rør som ikke inneholder kopper, eller hvor kopperholdig materiale kan byttes ut, kan i utgangspunktet beholdes (dersom de godkjennes)

- Stempelkompressorer
- Skruekompressorer/aggregater
- Væskeutskiller
- Fordampere i stål, aluminium (platefrysere), titan
- Kondensatorer i stål og titan
- Væsepumper
- Ventiler (manuelle og automatiske)

Hva må byttes ut?:

Komponenter og rør i kopper, messing, koppernikkel, aluminiumbronse osv.

- Ammoniakk angriper kopperholdige materialer (i fuktig miljø)

Dette kan bl.a. omfatte

- Kondensatorer med rør i CuNi eller aluminiumbronse
- Fordampere med rør i kopper, CuNi eller aluminiumbronse
- Rør- og fittings i tilknytning til instrumenter
- Andre detaljer

Utstyr og komponenter som er spesielt tilpasset R-22, så som

- sikkerhetsventiler
- manometere
- annen spesielt tilpasset instrumentering
- Kompressoroljen
- Alle o-ringer og pakninger i organisk materiale

5.2 Ombygging til CO₂

Fra Arne Jakobsen sin presentasjon på seminaret.

RSW anlegg ikke aktuelle å bygge om pga høye trykklasser

Eneste aktuelle alternativ er å bygge om til et kaskadeanlegg med bruk av CO₂ på laveste trinn

Metningstemperaturen for CO₂ er -12 °C ved 25 bar

- Mellomtrykket må kontrolleres
- Varmgassavriming ikke mulig

Sikkerhetsmessige forhold for CO₂

CO₂ er ikke akutt giftig

CO₂ er ikke brannfarlig

- Benyttes som brannsløkningsmiddel

CO₂ vil fortrenge luft (oksygen) ved utslipp fra anlegget

- CO₂ er helt luktfri
- TLV-TWA:5.000 ppm – gir pustevansker, økt puls, hodepine osv.
- CO₂ er 2,2 ganger tyngre enn luft ved 20°C – samler seg i lavtliggende områder
- Gassdetektor nødvendig dersom utlekket mengde kan overstige 70 gram/m³

CO₂-anlegg har relativt høye anleggstrykk

- Prosedyrer må være utarbeidet og følges nøye ved trykkprøving

Utrustning av maskinrom tilsvarende som for HFK-medier

Vurdering av komponenter

Kompressorer

- Stor overkapasitet
- Skifte ventiler
- Olje må skiftes
- Skiftes pga for stor belastning?

Luftkjølere

- Holder trykkmessing
- I utgangspunktet bedre varmeovergang for CO₂
- Modifisere til færre rørkurser?
- Optimalt resirkulasjonstall?
- Avrimingsmetode? – Løsbart?

Platefrysere

- Kanaler har ikke optimal diameter, men varmeovergang god
- Avrimingsmetode? – Ikke løsbart
- Platene må skiftes ut

Pumper

- Krever høy væskesøyle for å unngå kavitasjon. Nytt pumpearrangement?
- CO₂ tørker og vasker ut
- Må sannsynligvis byttes

Ventiler

- Strupeventiler må byttes. For stor orifice
- Stengeventiler kan kanskje brukes
- Pakningsmaterialer ikke tilpasset CO₂? Problemer med tetning?

Rør

- Rørdimensjonene mer enn store nok
- Gir unødig stor fyllingsmengde

- Mye penger å spare på å benytte eksisterende rørføring og isolasjon?

CO₂ og konstruksjonsmaterialer:

Metall:

CO₂ kan brukes sammen med de fleste metaller som i dag anvendes i kuldeanlegg med HFK-medier og NH₃

- CO₂ i ren tilstand er en inert (ikke reaktivt) og stabil gass
- CO₂ + vann = karbonsyre – kan være korrosiv overfor stål og kobber
- CO₂ + vann + luft – alvorlig korrosjon kan oppstå

Viktig å unngå vann og luft i anlegget og p bruke tørrefiltre.

Pakningsmateriale:

Generelle betraktninger

- CO₂ i ren tilstand er en inert (ikke reaktivt) og stabil gass
- CO₂ kan tørke ut glideflater og pakninger i ventiler i anlegg uten olje
- CO₂ kan diffundere inn i pakninger og ekspandere ved trykksenkning slik at pakningen (O-ringen) sprekker –eksplosiv dekompresjon

Konkrete anbefalinger

- De fleste pakningsmaterialer kan benyttes sammen med CO₂, med unntak av enkelte elastomerer
- Ved lavere trykk (<50 bar) – benytt standard O-ringer
- Ved overkritisk trykk (>75 bar) – benytt spesielle O-ringer
- Ventiler og andre komponenter må være beregnet for CO₂ ved det aktuelle driftstrykk og den høyeste/laveste driftstemperatur

6 Utskiftning til bruk av naturlig kjølemedier NH₃ og CO₂

Fra Arne Jakobsen sin presentasjon på seminaret.

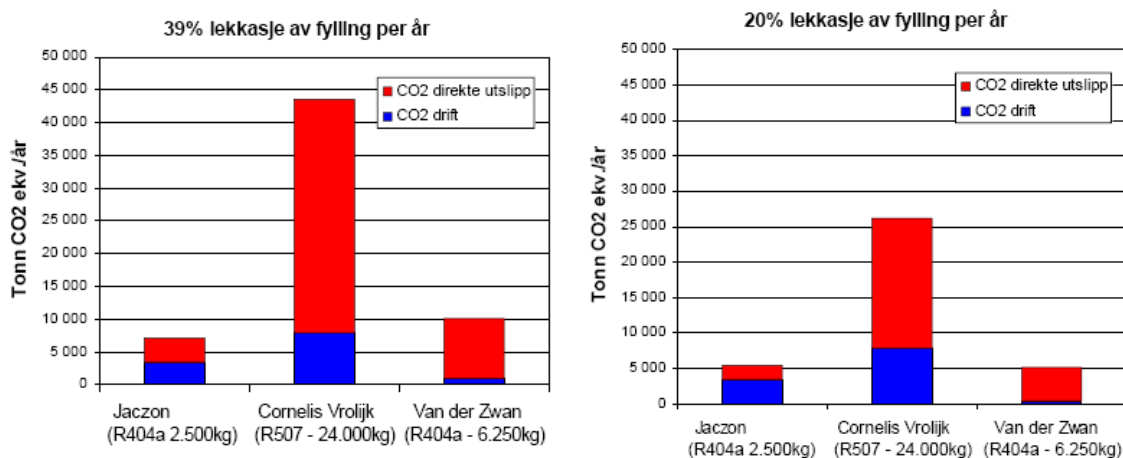
NH₃ og CO₂ er billige kuldemedier som Tabell 6-1 viser.

Tabell 6-1 Kostnader for ulike kuldemedier

	Mediekost	Avgift (No ^{**})	Totalt
■ R22	65	70	135
■ R507/R404A	220	625	845
■ R410A	350	329	679
■ R134a	145	248	380
■ R717 (NH ₃)	45	0	45
■ R744 (CO ₂)*	5	0	5

Kostnadene knyttet til kuldemedier er betydelige med tanke på at det er en betydelig lekkasje fra fiskeflåten, utslippstallene varierer:

- SINTEF Rapport ~ 20% av fylling per år for R22. (I 1991: Totalt 122 tonn per år)
- SenterNovem (Nederland): ~ 40% av fylling per år



Figur 6-1 Utslipp fra fiskefartøy i CO₂ ekvivalenter med henholdsvis 39 og 20 % årlig lekkasje fra kuldeanlegg

6.1 CO₂ og NH₃ som arbeidsmedium

NH₃ som kuldemedium

- Ikke ozonreduserende
- GWP=0
- Giftig (TLV 25 ppm, IDLH 500 ppm) – svært illeluktende (>5-25 ppm)
- Brennbar (LEL/UEL 16 -26 vol%, AIT 651°C) – klasse L2/B2
- Relativt billig
- Fritatt for avgift

- Kjent og velprøvd teknologi
- Krever ekstra sikkerhetsinstallasjoner om bord
- Egen sikkerhetsklasse (Veritas)

CO₂ som kuldemedium

- Ikke ozonreduserende
- GWP=0 (Kun gjenvunnet avfallsgass benyttes)
- Ugiftig, ubrennbar
- Billig og lett tilgjengelig over alt
- Fritatt for avgift
- Naturlig forekommende i biosfæren

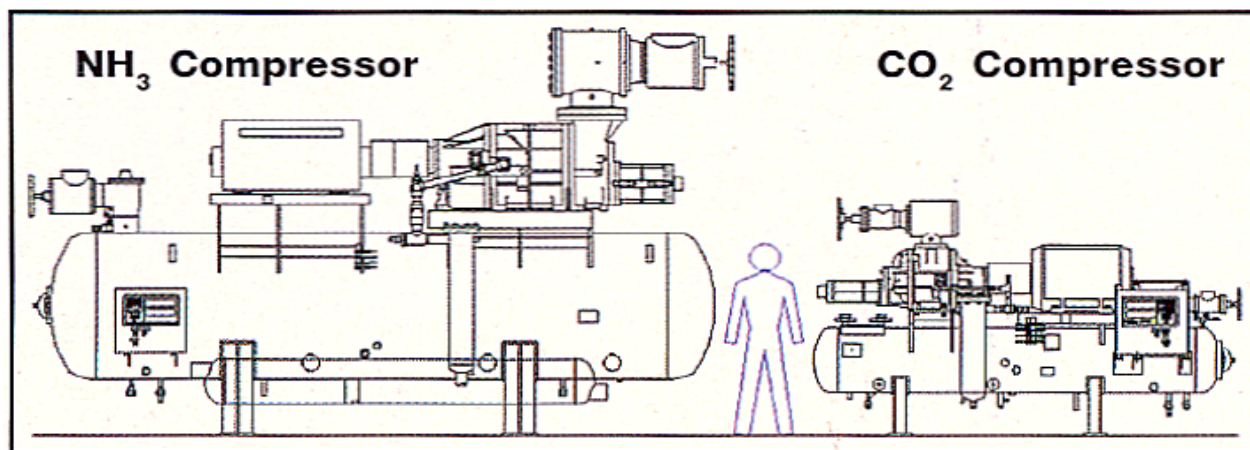
- Krever høyere trykk
- Modifiserte systemløsninger og komponenter
- Modifisert styring og regulering ved trans-kritisk drift

6.2 Komponenter

Kompressor

Størrelse:

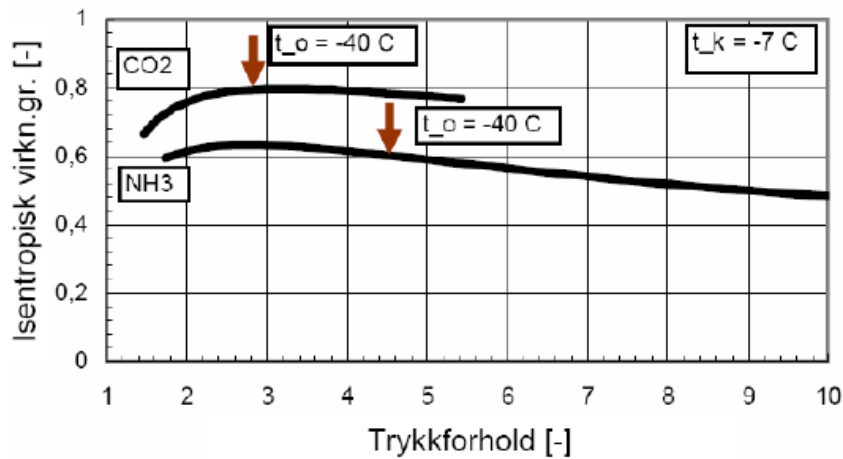
ASHRAE Journal, September 2002 presenterte en figur som viser forholdet mellom kompressorstørrelse for CO₂ og NH₃ kompressorer (samme kuldeytelse).



Figur 6-2 Kompressorstørrelse, ASHRAE Journal, September 2002

Virkningsgrader:

Eksempel – industriell kompressor for CO₂ og ammoniakk



Figur 6-3 Virkningsgrader for kompressorer

Det er ca 30% høyere isentropisk virkningsgrad for CO₂ stempelkompressor.

Komponent tilgjengelighet:

NH₃

- Kompressorer i alle størrelser (Stempel og skrue)
- Varmevekslere (alle kapasitetsklasser)
- Ventiler (alle kapasitetsklasser)

CO₂

- Platefrysere (52 bar for avriming)
- Luftkjølere (52 bar for avriming)
- Pumper (alle kapasitetsklasser)

7 Erfaringer med HFK/NH₃/CO₂ i fiskebåter

Kort konklusjon fra de ulike presentasjonene om erfaringer med CO₂ og NH₃.

Fra presentasjonen til Øyvind Gausvik, Grenco Nederland:

Det er installert flere CO₂/NH₃ systemer i Nederland. I Nederland er det gunstige subsidieordninger som man kan få hvis man investerer i miljøvennlig frysesystem og/eller reduserer energiforbruk. Det er målt at fryseanlegg med CO₂/NH₃ har høy effektfaktor. Det er utfordringer med NH₃ og arbeidsmiljø

Fra presentasjonen til Torfinn Torp, Teknotherm AS

Teknotherm AS har lang erfaring med å bruke NH₃ som kuldemedium.

Erfaringer med NH₃ sammenlignet med R-22. Generelt er det få problemer med å benytte NH₃ bare man tar hensyn til forskjellene til de to kuldemediene.

Fra presentasjonen til John Bilde, York Marine Danmark

Har levert CO₂/NH₃ kaskade anlegg til M/S Kvannøy. Erfaringer viser at sammenlignet med R-22 anlegg er frysetiden redusert med 40 %, samtidig som effektfaktoren er forbedret.

Fra presentasjonen til Tor-Harald Arntzen, M/S Kvannøy

Erfaringene med CO₂/NH₃ kaskade anlegget på M/S Kvannøy var positive