

Ammoniak (her)ontdekt voor scheepskoelinstallaties?

The re-discovery of ammonia as a refrigerant on new refrigerated cargo vessels

Ing. Ernst Berends

Grenco BV
www.grenco.nl

Samenvatting

Het koelen aan boord van zeeschepen vond aanvankelijk plaats met natuurlijk ijs, aarzelend gevolgd door mechanische koeling met als koudemiddelen NH_3 en CO_2 . Na WOII maakten deze koudemiddelen in vele landen plaats voor de synthetische koudemiddelen. Vanwege de toenemende weerstand tegen laatstgenoemde koudemiddelen lijkt een herontdekking van NH_3 en CO_2 plaats te vinden.

Summary

Cooling on board of cargo vessels started with the use of natural ice and was followed by mechanical cooling with ammonia and CO_2 as refrigerants. After the Second World War, most countries abandoned those in favour of synthetic refrigerants. Owing to the growing resistance against those synthetic substances, the re-discovery of NH_3 and CO_2 is anticipated.

Historie

Bij opslag en transport van levensmiddelen speelt 'koude' al eeuwen een rol. De Foeniciërs pasten 3000 jaar geleden al natuurijis toe voor de opslag van bederfelijke waren. En ruim 1000 jaar terug gebruikten natuurvolken in Azië al 'koelhuizen' met natuurijis.

Bij onze voorouders in Europa hield in die tijd het begrip 'koelen' niet meer in dan het plaatsen op een schaduwrijke plaats! Uit de 17 eeuw is bekend dat men toen al experimenteerde door sneeuw te mengen met salpeter waardoor er een langer houdbare sneeuwmengsel ontstond.

Ijs heeft heel lang een grote rol gespeeld bij het bewaren van levensmiddelen.

In de landen met 'echte' winters hakten men 's winters blokken ijs uit de meren en rivieren die daarna getransporteerd, opgeslagen en zelfs geëxporteerd werden. Dit was een behoorlijke industrie voor sommige landen. Zo exporteerde Noorwegen tot 1900 verreweg het meeste ijs naar Engeland, maar ook naar Frankrijk en zelfs naar Griekenland voerden Noorse schepen met (natuur) ijs! Zie afbeeldingen 1 en 2.

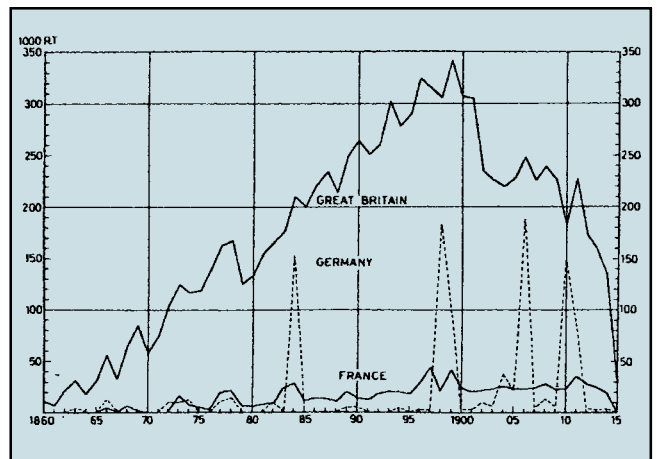


Afbeelding 1 – Ijs verladen, Noorwegen; omstreeks 1890

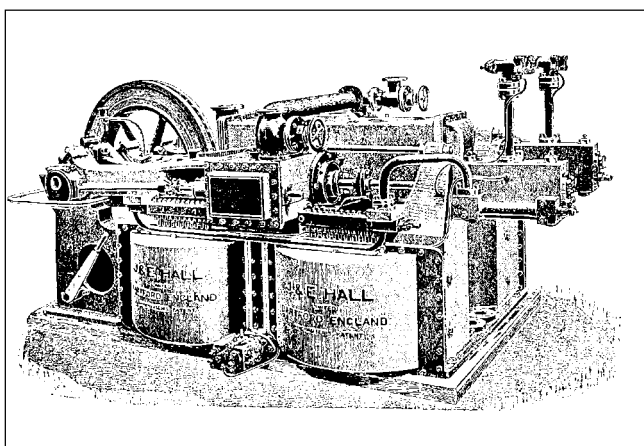
Koeling aan boord van schepen

Eind 1800 was men in staat om met het Carnot compressiesysteem 'kunstmatig' te vriezen.

Omdat men zo gewend was aan het koelen met ijs(blokken) werden er nu overal op grote schaal ijsfabrieken gebouwd. Het daar geproduceerde 'kunstijis' ging naar vele industrieën te land en ook naar schepen.



Afbeelding 2 – Export Noors natuurijis - 1860 tot 1915



Afbeelding 3 – CO₂-scheepskoelinstallatie van J. & E. Hall voor de Highland Chief (1890)

Toch was het Noorse natuurijs nog heel lang goedkoper dan mechanisch geproduceerde ijsblokken/staven.

Vele Duitse trawlers bunkerden Noors natuurijs voor 7 Noorse Kronen per ton tegen 22 NOK/ton voor het Duitse kunstijs! Ook zou de kwaliteit (bacteriologisch gezien) van het natuurijs beter zijn volgens een onderzoek van het 'Kältetechnische Institut' te Karlsruhe 1937!

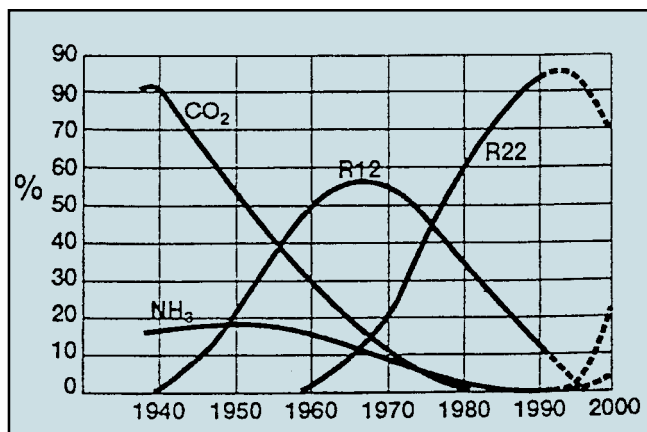
De toepassing van mechanisch gekoelde systemen aan boord liet nog even op zich wachten.

In de analen van Lloyds Register of Shipping staat:

'..... It was finally left to a Frenchman Tellier to make the first succesfull transportation of meat overseas, with his little steamer Frigorifique. This historic voyage occurred in 1877, and an ammonia compression refrigeration plant was used on board'

Enkele paragrafen later staat echter:

'The early ammonia machines are not at all suitable for use at sea, owing to the



Afbeelding 4 – Percentage primaire koudemiddelen aan boord, volgens Lloyd's Register

leakage of ammonia, which was not only unpleasant but dangerous. Perhaps for this reason the French abandoned this new field of industry which was left open for Great Britain to develop'.

Volgens het 'Handbuch Rudolf Planck' leverde J. & E. Hall Ltd in 1890 de eerste scheepskoelmachine werkend met een door stoom aangedreven CO₂-compressor, waarmee pekeld werd gekoeld. Het

schip was de 'Highland Chief' en vervoerde (aan land) ingevroren vlees (afbeelding 3).

Bananen vervoeren vanuit West Indië naar Engeland mislukte omdat bovengenoemd type schepen daarvoor onvoldoende koelcapaciteit had (de ademhalingswarmte van fruit is immers zeer groot). In 1901 leverde Hall CO₂-compressoren waarmee lucht werd afgekoeld om dan door de ruimen te circuleren.

In de scheepskoeling domineerden in die tijd dus CO₂ en NH₃!

Omdat tijdens het varen in de tropische wateren de koelcapaciteit bij CO₂-installaties sterk terugliep en ook omdat een CO₂-installatie ca 50 % meer gewicht en ruimte innam dan een NH₃ installatie verdween CO₂ steeds meer van het toneel (toch nog tot eind jaren '50 toegepast).

NH₃ is altijd gebleven, zeker in Spanje, Chili, Rusland en Zuid Afrika.

Na WO II kwam het gebruik van R 12 en R 22 meer in zwang; de opmars begon in de USA (afbeelding 3). In Europa volgde Zweden snel (Stal-Norrköping was daar een grote promotor).

De Denen en Noren bleven in het begin voor hun grote installaties aan boord bij voorkeur ammoniak gebruiken mede omdat het in bijna alle havens ter wereld makkelijk te verkrijgen was tegen een veel billijker prijs (toentertijd 1/4 tot 1/8 van R12 en R22).

De keuze ammoniak of 'Freon' was in die tijd (jaren '50) trouwens ook sterk afhankelijk van de leverancier van de installatie. De toenmalige Engelse en Deense fabrikanten (Hall c.q. Sabroe) waren meer op NH₃ ingesteld dan de Zweedse en Amerikaanse die synthetische koudemiddelen progageerden.

In de jaren '20 leverde Grasso Den Bosch al aan de 'Scheepvaartmaatschappij Nederland', de gekoelde ruimen waren toen nog maar een gering gedeelte van het totale scheepsvolume.

Pas op het einde van de jaren '50 werden de zg 'volkoelschepen' (tegenwoordig reefers genaamd) op grote schaal gebouwd, ingericht voor zowel koellading (tot ca + 12 °C) als vrieslading (-28 °C). Men bouwde toen nog steeds veel NH₃-installaties; als er een scheepskoelinstallatie met R12 of R22 werd uitgevoerd stond dat er als bijzonderheid bij vermeld.

Ook de visserijfabrieksschepen kwamen nu steeds meer in zwang.

GRASSO
VOOR KOELEN EN VRIEZEN

Industriële Koel-, Vries- en Mijprijestallaties
Scheepse Ammoniak en Freon Koelcompressoren
Scheepse Ammoniak en Freon Afzuilers
Ruimtelijke, Scheepse, Sneeuwinstallaties
en Staaljactormotoren
Koeltechnisch apparatuur
Delicate Luchtcompressoren
Pneumatische gereedschappen
Pneumatische apparatuur

SCHEEPS- EN LANDINSTALLATIES
GRASSO'S KONINKLIJKE MACHINEFABRIEKEN N.V.
's-HERTOGENBOSCH TEL. 04100-3131

Afbeelding 5 – Advertentie van Grasso's Koninklijke Machinefabrieken N.V. uit de jaren '50 - let op het telefoonnummer !

In het blad 'Koeltechniek' (het huidige 'Koude & Luchtbehandeling') uit 1959 staat een direct werkende NH₃-diepvriesinstallatie beschreven die Grasso Den Bosch speciaal ontwikkeld en gebouwd had voor een Grieks fabrieksschip. De installatie bestond uit een invriestunnel (16 kg vis in bakjes in een



In 1965 werd Grecco opgericht (*Grasso Engineering and Contracting*). In de periode '65-'70 leverde men de NH₃-installaties voor drie grote Noord-Koreaanse fabrieksschepen met een vriescapaciteit van 180 ton vis/dag en een opslag van 6700 m³.

De meeste Nederlandse schepen waren toen meestal al overgegaan op R22 als koudemiddel.

In het tijdschrift 'Koeltechniek' 1960 staat:

'Aan ammoniak kleef het bezwaar dat het giftig is. Een voordeel is echter dat men de geringste sporen onmiddellijk ruikt.

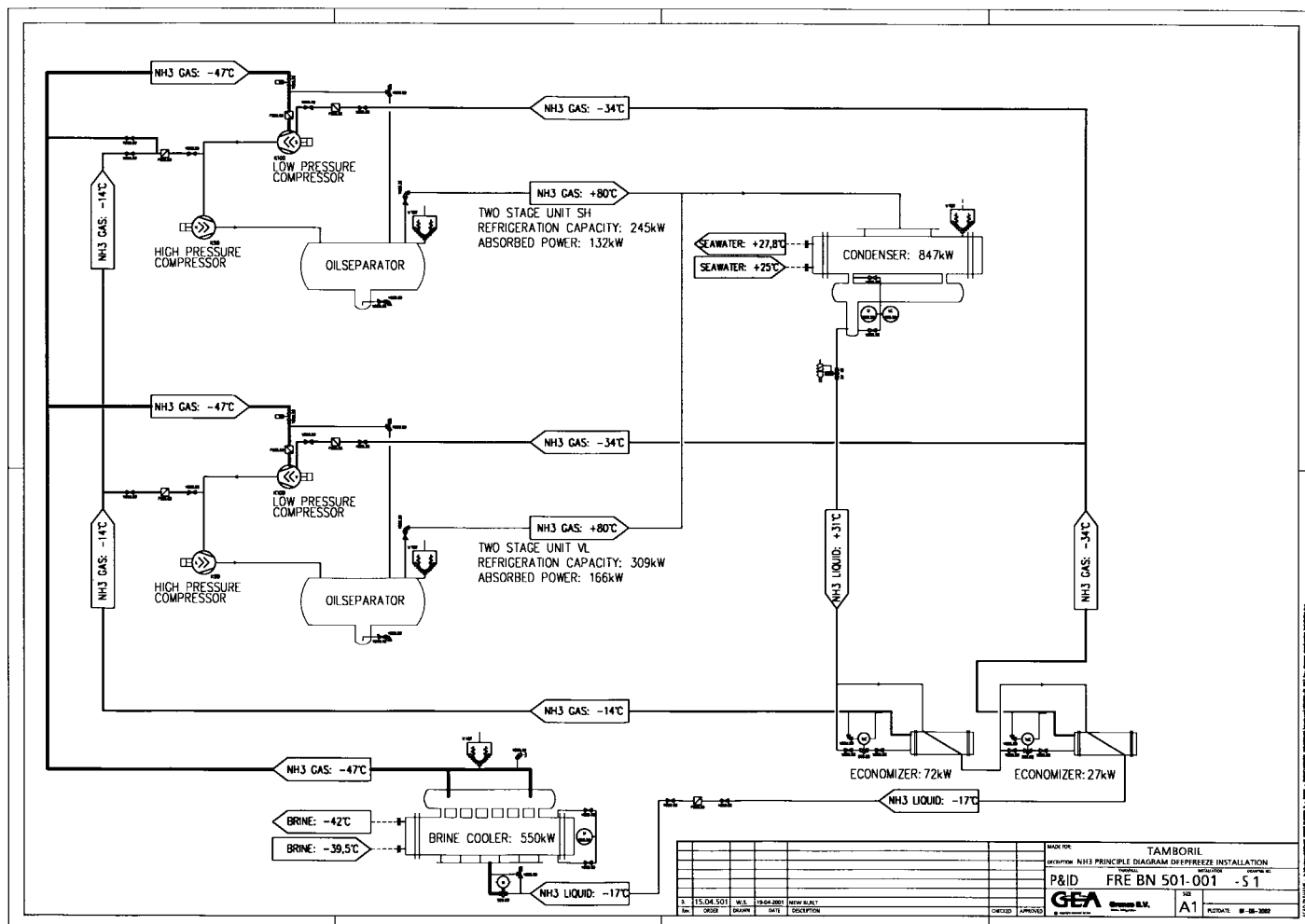
Een veilig koelmedium is freon, dat niet giftig is en ook reukloos.

Dit koelmedium eist voor dezelfde capaciteit een groter slagvolume dan ammoniak, terwijl zich ook problemen voordoen met olie en vocht. De laatste jaren gaat een sterke voorkeur in de richting van freon. De typische problemen hieraan verbonden heeft men tegenwoordig goed onder de knie, terwijl freon nu ook overal verkrijgbaar is'.

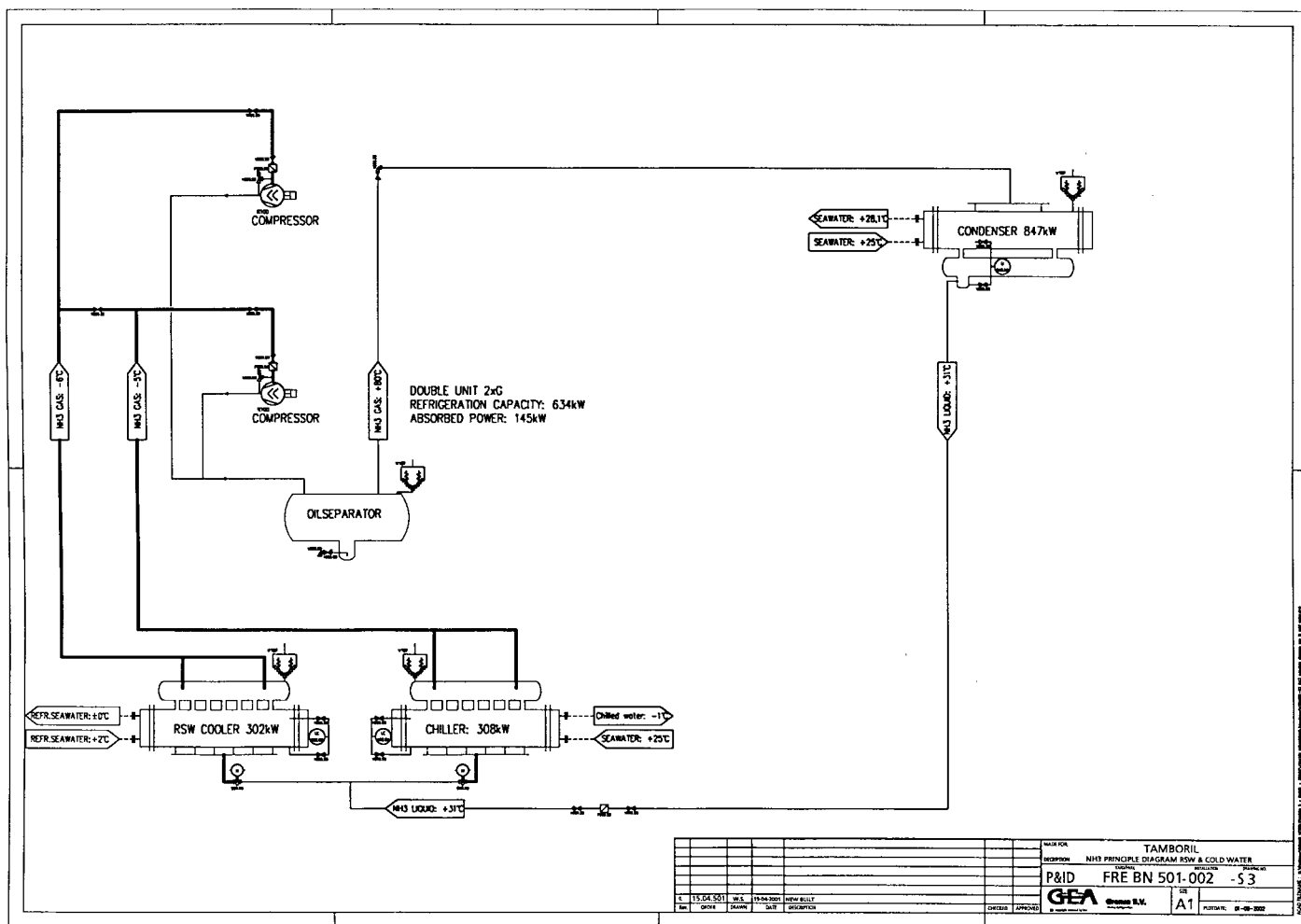
Afbeelding 6 - De KW171 'Maartje Theodora' van Rederij Parleviet en Van der Plas, tewatergelaten in september 2000. Lengte: 140 meter

koude luchtstroom van -35 °C) en een vriesopslag. Men spreekt over een vriescapaciteit van ruim 1200 m³. Het artikel uit 1959 wordt afgesloten met

de volgende zin: 'Het is een verheugend feit dat de Nederlandse industrie ook bij deze nieuwe ontwikkeling weer een vooraanstaande plaats inneemt.'



Afbeelding 7 - Principe-diagram NH₃-diepvries-installatie a/b Wiron 5 & 6



Afbeelding 8 – Principe-diagram NH₃-RWS- en koudwatersysteem a/b Wiron 5 & 6

De tijd ging door. Grenco bouwde bijna alleen nog R22-scheepskoel-installaties, behalve voor de Spaanse tonijnjagers die altijd NH₃ zijn blijven gebruiken (afbeelding 9 en 10).

De trawlers werden steeds groter; de vangst wordt nu eerst afgekoeld naar ca + 1 °C in gekoeld zeewater (zg RSW-systeem – Refrigerated Sea Water) en daarna in platenvriezers (indirect met pek) ingevroren. Het gehele proces wordt gecontroleerd/bestuurd door het geavanceerde computersysteem GGS (Grenco Governing System).

In 1989 bouwde men de R22/pekelinstallatie voor de *Jan Maria*, capaciteit 210 ton/24 h, totale opslagcapaciteit 5500 m³ vriesruim.

In 2000 vriest men al 360 ton/dag in en heeft men ca 10.000 m³ vriesruim. Totale vriescapaciteit is dan al 2800 kW bij -47 °C, een RSW-koeling (gecombineerd met slurrie-ijs) van 3000 kW en 2 koudwaterunits van elk 900 kW.



Afbeelding 9 – NH₃-brine-chiller, bestemd voor het vriesschip 'Salica Frigo' ingericht voor het transport van o.m. diepgevroren tonijn, opgesteld in de fabriek. Vermogen: 816 kW bij 0/+40°C; voorzien van Grasso/KAB twin screw compressors en zeewatergekoelde shell and tube-condensers (titanium).



Afbeelding 10 – Brine chiller met platenwarmtewisselaar bestemd voor de 'Salica Frigo'

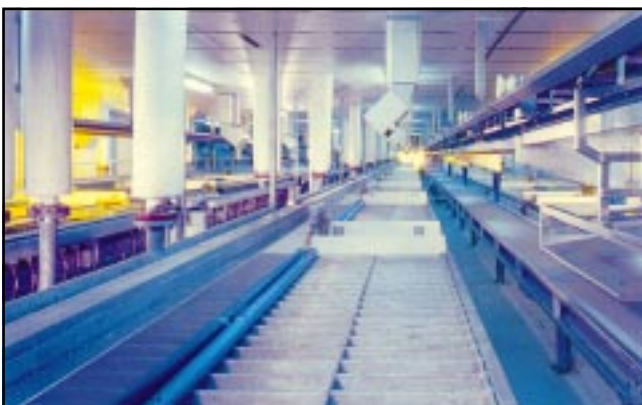
Grenco's eigen computer systeem (Grenco Governing System) bestuurt het gehele visbehandelingsproces van begin tot eind!

Dat schip, de *Maartje Theadora*, is al 140m lang en vaart voor de rederij Parlevliet en van der Plas (afbeeldingen 6 en 11).

Alternatieve koudemiddelen

Er zullen ongetwijfeld mensen zijn die zich afvragen waarom er nu ook aan boord gekozen wordt voor het toepassen van ammoniak i.p.v. een vervangend koudemiddel, zoals R134a of R404A i.v.m. de lagere investeringskosten.

Nieuwbouw met R 22 is al niet meer toegestaan en ook de nieuwe koudemidde-



Afbeelding 11 – 48 verticale platenkoelers op het fabrieksdek van de KW171 'Maartje Theodora'.

len R134a, R 404A, R 507 komen steeds meer onder druk te staan.

Uit diverse publicaties en andere bronnen blijkt dat de toepassing van R134a behoorlijk aan discussie onderhevig is. R134a wordt ervan verdacht uiteen te vallen onder de invloed van zonlicht waarna de afzonderlijke componenten uit het gas, in de troposfeer, giftige verbindingen aangaan met andere gassen.

Deze giftige verbindingen worden weer terug gevonden in land en water op aarde. Om deze redenen lanceerde Denemarken al in het jaar 2000 wetsvoorstellen voor het verbieden van alternatieve chemische koudemiddelen per 1 januari 2001 in nieuwe installaties.

Andere landen zoals Noorwegen zijn overgegaan tot het verhogen van de belastingen (de zg Ecotax) op nieuwe koudemiddelen, waardoor de prijs daar al tussen de 30 tot 50 € per kg is komen te liggen.

Inmiddels heeft Denemarken besloten de HFK's vanaf 2006 geheel te verbieden voor de meeste toepassingen; ook Oostenrijk denkt aan dergelijke maatregelen.

E.e.a. pleit voor het toepassen van natuurlijke koudemiddelen zoals ammoniak en indirecte systemen met ammoniak/pekel of ammoniak/CO₂ als het om laagtemperatuurtoepassingen gaat.

De roep om de natuurlijke koudemiddelen, waar het ooit allemaal mee begon, wordt dus steeds groter.

Ook bij Grenco Marine neemt het aantal klanten toe die kiezen voor natuurlijke koudemiddelen.

In 18 maanden tijd heeft Grenco Marine de volgende 5 schepen in opdracht gekregen welke inmiddels zijn of worden uitgerust met indirecte ammoniakinstallaties, d.w.z. dat het primaire systeem met ammoniak werkt (kleine koudemiddelinhoud) en het secundaire systeem met een koudedragers:

- Greenpeace schip 'Esperanza' proviand- en AC-installatie, NH₃-inhoud 2 × < 25 kg

- Reefer 'Salica Frigo'
3 NH₃/pekel-chillers, ruimtemperatuur instelbaar van +13 tot -30 °C (afbeelding 6)
- Juice carrier 'Orange Sky'
3 NH₃/pekel-chillers tbv 15 tanks (20.000 m³ totaal) instelbaar tussen -1,7 en -10 °C
- Vistrawlers 'Wiron 5 & 6'
diverse NH₃-installaties werkend op -47 en -5 °C.



Afbeelding 12 – Wiron 1 & 2

De Wiron's

In 1995/96 leverde Grenco Marine aan rederij Jaczon BV – Scheveningen de R22-installaties voor de *Wiron 1 en 2* (afbeelding 12). In 2000 kwam de vervolgoopdracht voor de *Wiron 5 & 6* (afbeelding 13).

De invriescapaciteit is ca 77 ton/dag en men heeft 810 m³ vriesruim.

Omdat R22 niet meer toegepast mocht worden bij nieuwbouw moest er nu dus naar een ander koudemiddel gekeken worden.

Een **R404A-installatie** met dezelfde capaciteit zou aanzienlijk duurder worden dan de oorspronkelijke R22-installatie vanwege:

- lagere COP, waardoor grotere E-motoren.
- zwaardere starters in de elektrische panelen
- duurder koudemiddel.
- Lekdichtheidseisen STEK.
- grotere condensoren door toegenomen energieverbruik
- Bovendien zouden de generatoren aan boord van het schip vergroot moeten worden i.v.m. het toegenomen benodigd vermogen tbv de koelinstallatie.

Voor een **NH₃-installatie** gelden ook prijsverhogende factoren vanwege:

- bouwen volgens CPR13/2 ; daardoor o.a. inblokafsluiters nodig.

Tabel I - COP-vergelijking tussen de Wiron 1 & 2 (R22) en Wiron 5 & 6 (NH₃)

Wiron 1 & 2	R22	Wiron 5 & 6	NH ₃
Vries	2 × 251 kW / 176 kW > 1,42 COP	1 × 309 kW / 166 kW > 1,86 COP	1 × 245 kW / 132 kW > 1,85 COP
De vriesinstallatie draait ca 5500 h/jaar			
Gezien het COP verschil resulteert dat bij het vriezen in een besparing van ruim 500.000 kWh/a oftewel ca 140.000 Ae/a			

- duurdere materialen nodig, bv RVS-condensoren zoals SAF 2507 of Titanium (geen CuNi-pijpen toepassen bij NH₃!)
- Detectie en alarmering.
- Gecomplexeerde olieafscheiding en terugvoer.
- Duurdere koelers t.b.v. zeewater.
- Regelgeving Lloyds t.a.v. NH₃-koelinstallatie aan boord van schepen.

Daar tegenover staan de **NH₃-voordelen**:

- Lager opgenomen vermogen (hogere COP)
- Goedkoper koudemiddel

De NH₃-installatie was ca 10 % duurder dan de R404A-installatie, de keuze werd ammoniak!



Afbeelding 13 – Op zaterdag 20 juli 2002 is de Wiron 5, SCH22, voor de eerste keer binnengekomen in de haven van Scheveningen.
 (Internetfoto:
www.jacson.nl/news.htm)

Veiligheid

De schepen worden gebouwd op een Spaanse werf; de Wiron 5 is zomer 2002 te water gaan en voer op 20 juli voor de eerste keer Scheveningen binnen. Aangezien de schepen onder de Nederlandse vlag gaan varen (als de SCH22 en SCH23) zijn de installaties uitgevoerd

conform CPR 13 - 2 en wordt de keuring door Stoomwezen uitgevoerd. Door Lloyds worden aanvullende eisen gesteld voor de toepassing van ammoniak aan boord van schepen met name t.a.v. de veiligheid.

Subsidie

Omdat het hier om een 'nieuwe toepassing' van NH₃ aan boord van schepen ging is er subsidie verleend aan dit project genaamd 'Ammoniak koel- en vriesinstallaties op vriestrawlers'.

Het betreft een 'toepassingsproject': een reeds tot ontwikkeling gebracht systeem of techniek, waarvan stimulering van de toepassing op grote schaal wegens de milieuvriendelijkheid gewenst is.

Dit project is mede mogelijk gemaakt door ondersteuning van het Ministerie van vrom, door middel van het ROB-programma dat wordt uitgevoerd door NOVEM.

ROB staat voor 'Reductie Overige Broeikassten'.

De installaties op de Wiron

De installatie van de Wiron 1 & 2 is opgebouwd uit drie delen, een RSW-installatie, een invriesinstallatie en een koudwaterinstallatie. Beide installaties zijn uitgevoerd met R22. Het is indirect systeem met pekkel van -42 °C. Het ontwerp van de nieuwe schepen Wiron 5 en 6 is gebaseerd op de Wiron 1 & 2 maar heeft nu als koudemiddel ammoniak.

Installatie Wiron 5 & 6

(zie afbeeldingen 7 en 8)

De RSW- en koudwaterinstallatie is opgebouwd rond twee schroefcompressoren, welke een gezamenlijke olieafscheider hebben, een zeewatergekoelde condensor, een RSW-koeler en een koudwaterkoeler.

De koelcapaciteit per compressor bedraagt 343 kW bij -5 °C, bij een asvermogen van 72 kW.

De vriesinstallatie bestaat uit een grote en een kleine twee-trapschroefcompressorunit (elk met een eigen olieafscheider), een zeewatergekoelde condensor, een tussenkoeler op de tussen-druk-, een economiser op de lagedruk-compressor en een pekkelkoeler.

De vriescapaciteiten (bij -47 °C) van de grote respectievelijk kleine compressorunit bedragen:

309 kW bij een asvermogen van 166 kW en 245 kW bij een asvermogen van 132 kW.

Verschillen

Verschillen tussen de installaties van de Wiron 1 & 2 en de nieuwe Wironen.

1. Het grootste verschil tussen de installaties is wel de uitvoering van de warmtewisselaars. Bij de Wiron 1 & 2 zijn de warmtewisselaars uitgevoerd met *droge R22-verdamping* en op de nieuwe Wironen zijn de warmtewisselaars uitgevoerd met *NH₃-badverdamping*. De keuze voor badverdampers (met relatief grote inhoud) was een wens van de rederij.
2. Verder zijn de nieuwe vriescompressoren uitgevoerd als een twee-trapsysteem. Door deze combinatie van ammoniak en de toepassing van twee-trapscompressoren kon bij een vergroting van de vriescapaciteit een reductie van het elektrisch opgenomen vermogen gerealiseerd worden t.o.v. de Wiron 1 & 2.
3. De vergroting van de vriescapaciteit werd verkregen door naast de tussenkoeler, welke is aangesloten op de tussendruk, een extra economiser te plaatsen op de lage druk compressor.

Koudedragers

Men is ook al een heel eind op weg met de vervanging van de koudedragers pekkel door wat minder agressieve vloeistoffen.

Aangezien er aan boord een behoorlijk aantal m³ koudedragers aanwezig is speelt de prijs daarbij een belangrijke rol. Alle mooie nieuwe vervangende koudedragers zijn stukken duurder.

Behalve ... CO₂! Dit blijkt een zeer goede vervanger te zijn, bovendien zijn de leidingdiameters een stuk kleiner. Aan de ontdooiproblematiek (hoge drukken) wordt hard gewerkt.

Na 125 jaar zijn de 'pioniers' van de scheepskoeling, NH₃ en CO₂ dus weer terug aan boord!