

De toekomst van niet-natuurlijke koelmiddelen

Sinds 1 januari 2015 zijn koelmiddelen die chloor bevatten (HCFK's en CFK's) verboden. Koelmiddelen met chlooratomen kunnen zorgen voor een aantasting van de ozonlaag. Hierdoor mogen er geen aanpassingen meer gebeuren aan installaties met een HCFK of CFK (vb. R22) tenzij het koelmiddel vervangen wordt door een alternatief dat geen invloed heeft op de ozonlaag. De transitie naar milieuvriendelijke koelinstallaties stopt echter niet bij de uitfasering van ozonafbrekende koelmiddelen, ook het gebruik van koelmiddelen die een grote invloed hebben op het broeikas effect en die in vele gevallen als alternatief gebruikt worden voor ozonafbrekende koelmiddelen zal in de toekomst (2018-2030) sterk ingeperkt worden.

CFK-HCFK-HFK-HFO-natuurlijk

Koudemiddelen zijn stoffen die bij een aanvaardbare druk en temperatuur kunnen overgaan van gas naar vloeistof (condenseren) en omgekeerd van vloeistof naar gas (verdampen) bij deze faseovergang zullen de koudemiddelen warmte afgeven of onttrekken aan hun omgeving. Het koelmiddel R134a bijvoorbeeld zal bij een druk (afgelezen op de manometer) van 9bar kunnen condenseren en warmte afgeven op een temperatuur van 39.5°C. Als we druk op het koelmedium verlagen tot 1 bar zal het koelmedium kunnen verdampen en warmte onttrekken op een temperatuur van -10°C.

Als we bijvoorbeeld water willen laten condenseren bij 39°C moeten we de waterdamp eerst op een druk brengen van 0.925bar. Water laten verdampen bij -10°C kan bij een onderdruk van 0.997bar. Bij deze onderdruk kan water warmte opnemen en verdampen bij een temperatuur van -10°C.

In de natuur zijn er vrij weinig stoffen te vinden die deze faseovergangen maken bij aanvaardbare drukken en temperaturen. Vandaar wordt er veelvuldig gebruik gemaakt van chemische verbindingen die dit wel kunnen. Deze chemische stoffen kunnen we op basis van hun atoomsamenstelling onderverdelen in:

- CFK's (ChloorFluorKoolstoffen) Dit zijn verzadigde koolwaterstoffen waarbij de waterstof atomen tijdens een chemisch proces (halogeneren) volledig vervangen worden Chloor en Fluor
- HCFK' (HydroChloorFluorKoolstoffen) Dit zijn verzadigde koolwaterstoffen waarbij de waterstof atomen tijdens een chemisch proces voor een deel vervangen worden door de halogenen Chloor en Fluor
- HFK's (HydroFluorKoolstoffen) Dit zijn verzadigde koolwaterstoffen waarbij de waterstof atomen voor een deel vervangen worden door Fluoratomen tijdens een Chemisch proces
- HFO's (HydroFluorOlefinen) Dit zijn onverzadigde koolwaterstoffen waarbij de waterstof atomen voor een deel vervangen zijn door fluoratomen.

Ozonafbrekende stoffen

In de eerste twee groepen (CFK en HCFK) van de chemische koelmiddelen zien we dat er in het koelmiddel Chloor atomen zitten. Deze chlooratomen zorgen voor een aantasting van de ozon laag. Door de aantasting van de ozonlaag kan het schadelijke deel van de zonstraling (UV) het aardoppervlak bereiken. Een “gezonde” ozonlaag is belangrijk voor het milieu en de gezondheid. In het Montréal protocol (1987) werd een wet opgenomen die ervoor gezorgd heeft dat koelmiddelen met een ODP (ozondepletion potential) hoger dan 0 (CFK’s en HCFK’s) sinds 2015 verbannen zijn in de landen die dit verdrag hebben ondertekend. Hierdoor mogen er geen aanpassingen meer gebeuren aan installaties met een HCFK of CFK tenzij het koelmiddel vervangen wordt door een alternatief dat geen invloed heeft op de ozonlaag.

Broeikasgassen

Door de uitfasering van de HCFK’s en CFK’s werd voornamelijk overgestapt op de HFK’s. Deze koelmiddelen hebben geen invloed op de ozonlaag maar door hun chemische samenstelling hebben ze wel een belangrijke invloed op het broeikaseffect (GWP). Als referentie voor de invloed van koelmiddelen op het broeikaseffect wordt CO₂ gebruikt. Hierbij heeft het vrijkomen van 1kg koelmiddel met een GWP van 2 000 dezelfde invloed op het broeikaseffect als 2 000kg CO₂, gezien over een periode van 100jaar. De gebruikelijke HFK’s hebben een GWP dat ligt tussen 1000 en 3000.

Koudemiddel	Global Warming Potential (GWP)
R134a	1300
R407c	1600
R407F	1800
R407A	1900
R410A	1610
R404A	3780
R507	3300
R422C	2230

In het kader van het terugdringen van de CO₂-uitstoot zal het dus belangrijk zijn om het gebruik van koelmiddelen met een hoog GWP zo veel mogelijk te minimaliseren. Voor HFO’s ligt dit meestal een stuk lager (5-250). Het GWP van natuurlijke koudemiddelen ligt hier nog iets onder (0-6). Het GWP van methaan bedraagt 28.

Natuurlijke koelmiddelen

Naast de chemische koelmiddelen zijn er nog natuurlijke koelmiddelen zoals propaan, CO₂, of ammoniak. Natuurlijke koudemiddelen hebben geen invloed op de ozonlaag, dragen nauwelijks bij aan het broeikaseffect, en hebben dus nagenoeg geen negatief effect op het milieu.

Beperken van het gebruik

De regelgeving omtrent HFK's in Europa wordt beschreven in verordening 517/2014. Hierin staan 3 belangrijke veranderingen om het gebruik van HFK's te beperken.

- Een gebruiksverbod: Dit verbod zorgt ervoor dat er vanaf een vastgelegde datum koelmiddelen met een hoog GWP niet meer gebruikt mogen worden voor herstellingen of nieuwe installaties met een groot koelmiddelvolume. De installaties mogen wel onbeperkt blijven werken zolang er geen koelmiddel bijgevuld moet worden. **Concreet zullen bijvoorbeeld koelmiddelen met een GWP hoger dan 2500 vanaf 1 januari 2020 niet meer op de markt gebracht worden en dus automatisch verdwijnen.** Deze koelmiddelen (bv. R404a, R507) mogen vanaf dan niet meer gebruikt worden voor het bijvullen van installaties met een koelmiddelvulling van meer dan 40 ton CO₂-equivalent (+/- 10 kg R404a/R507). Tussen 2020 en 2030 mag men nog wel geregenereerd koelmiddel gebruiken. Vanaf 2030 zal er geen onderhoud of herstelling meer kunnen gebeuren aan deze installaties tenzij de volledige koelmiddelinhoud vervangen wordt door een milieuvriendelijker alternatief.
- Een productiebeperking: Het totaal CO₂-equivalent aan koelmiddelen dat in Europa geproduceerd of ingevoerd mag worden, wordt bepaald door een quotaregeling voor invoerders/producenten. Door de invoering van deze quota zal de productie de vraag niet kunnen volgen en zal de prijs van HFK 's sterk stijgen. Koelmiddelen met een hoog GWP krijgen strengere quota waardoor de prijs per kg koelmiddel sterker zal stijgen dan bij een koelmiddel met laag GWP. Op basis van de opgelegde quota per jaar zullen synthetische koelmiddelen die beschikbaar zijn op de markt gemiddeld een lager GWP krijgen.

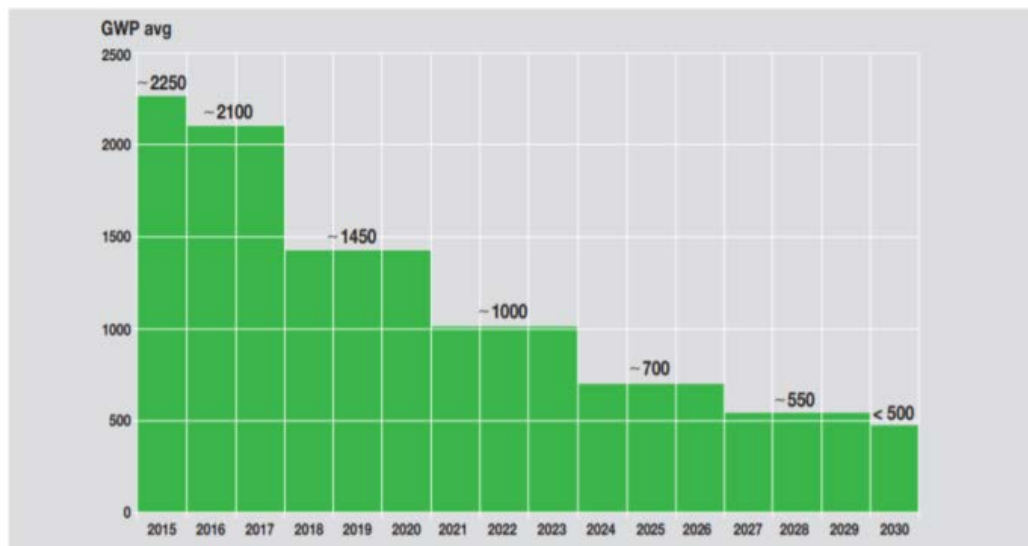


Abb. 2 Theoretische durchschnittliche GWP-Werte durch Mengenbegrenzung („Phase-Down“)

Fig. 2 Theoretical average GWP values due to phase-down

Figuur: *geschat gemiddelde GWP van koelmiddelen op de markt als het gevolg van quotabeperkingen HFK's (bron: 'New EU F-gas regulation', Bitzer)*

- Een nieuwbouwverbod: Voor nieuwe installaties die op de markt worden gebracht worden er ook beperkingen opgelegd.
 - Hermetisch gesloten koelkasten en diepvriezers mogen vanaf 1 januari mogen geen koelmiddelen met een GWP hoger dan 2500 bevatten, vanaf 1 januari 2022 wordt deze eis verstrengd naar GWP groter dan 150.
 - Stationaire koelsystemen (vriescellen, koelcellen, multisplit) mogen vanaf januari 2020 enkel met koelmiddelen werken die een GWP hebben lager dan 2500 tenzij ze moeten koelen tot -50 of dieper.
 - Koelsystemen voor commercieel gebruik (supermarkten) met centraal opgestelde compressoren met een nominale capaciteit van 40 KW of meer mogen vanaf 1 januari 2022 een maximaal GWP hebben van 150. Tenzij het gaat om cascade systemen. Hierbij mag het primair systeem een GWP hebben van maximaal 1500.
 - Single split aircosystemen met een inhoud kleiner dan 3kg mogen vanaf 1 januari 2025 enkel koelmiddelen gebruiken met een GWP lager dan 750.
 - Verplaatsbare apparatuur voor klimaatregeling (mobiele airco's, luchtontvochtigers, ... mogen vanaf 1 januari 2020 enkel werken op koelmiddelen met een GWP lager dan 150.

Welk koelmiddel kiezen?

Op lange termijn zullen alle synthetische koelmiddelen verboden of duur worden.

Voor *bestaande koelinstallaties* kan overwogen worden de installatie om te bouwen om te werken met een alternatief HFK of een natuurlijk koudemiddel. Een alternatief HFK heeft best een zo laag mogelijk GWP. Hoe hoger het GWP van het koelmiddel, hoe duurder dit koelmiddel op termijn kan worden omwille van schaarste op de markt. Vooral het bijvullen van de installatie – omwille van lekverliezen – zal duur worden. Bij koelmiddelen met een hoger GWP kan de bedrijfsgarantie in gedrang komen. Ombouwen van de installatie naar een natuurlijk koelmiddel kan ook, afhankelijk van het type installatie en is een investering op lange termijn. Het ombouwen van een installatie kan met een beperkte kost in vergelijking tot een nieuwe installatie. Toch zal de efficiëntie van de installatie meestal afnemen.

Koelinstallaties met R404a en R507 (GWP groter dan 2500) kunnen vanaf 2020 enkel nog bijgevuld worden met geregenereerd koelmiddel. Dit geregenereerd koelmiddel wordt volgend decennium duurder omwille van schaarste op de markt. Vanaf 2030 is het bijvullen met deze koelmiddelen verboden.

Bij plaatsing van *nieuwe installaties* is toepassing van natuurlijke koelmiddelen aangewezen. De meerkosten van een koelsysteem op basis van natuurlijke koudemiddelen zijn beperkt. Door lagere exploitatiekosten – waaronder ook een lager energieverbruik – is de installatie snel terugverdiend. Een koel- en vriesinstallatie die gebruik maakt van natuurlijke koudemiddelen verbruikt 10 tot 30% minder energie. Ook zal er bespaard worden op de inkoop van koudemiddelen, zowel bij aankoop als onderhoud van de installatie.

Natuurlijke koelmiddelen: aandacht voor veiligheid

Natuurlijke koelmiddelen leveren goede installatierendementen op dankzij hun gunstige thermodynamische eigenschappen. Het grote nadeel van natuurlijke koelmiddelen zijn de veiligheidsaspecten waarmee rekening moet gehouden worden bij het ontwerp van de installatie.

De thermodynamische eigenschappen van ammoniak zijn heel goed, maar de nadelen van ammoniak zijn de toxiciteit en hoge ontvlambaarheid.

De thermodynamische eigenschappen van CO₂ liggen minder gunstig dan die van de meeste chemische koelmiddelen. De condensortemperatuur moet lager zijn om te kunnen condenseren bij aanvaardbare drukken. Daarom wordt er dikwijls gebruik gemaakt van boosterinstallaties of installaties met een (kleine) secundaire koelkring met HFK's. CO₂ is in voorkomende concentraties niet toxisch of brandbaar, wel is CO₂ zuurstofverdringend en moet de installatie werken onder heel hoge drukken.

De thermodynamische eigenschappen van propaan zijn vergelijkbaar met die van de meest gebruikte chemische koelmiddelen waardoor propaan in de gebruikelijke compressiekoelmachines gebruikt kan worden zonder dat er bijzondere eisen aan het materiaal worden gesteld. Propaan heeft een hoog brand- en explosiegevaar.

In onderstaande tabel zijn giftigheidsklasse en brandbaarheidsklasse van propaan, ammoniak en CO₂ samengevat.

	R290 (propaan)	R717 (ammoniak)	R744 (CO ₂)
giftigheidsklasse	A	B	A
brandbaarheidsklasse	3	2	1

Afhankelijk van de klassen waarin de koelmiddelen zich bevinden mogen deze koelmiddelen in verschillende ruimtes gebruikt worden. De hoeveelheid koelmiddel in welke ruimte gebruikt mag worden wordt in de norm EN 378:2016 beschreven. Over het algemeen kunnen we zeggen dat vullingen tot 150 gram overal zijn toegelaten. In de praktijk zullen koelmiddelen vaak beperkt worden tot de technische ruimte. Natuurlijke koelmiddelen vragen dus voldoende aandacht voor veiligheidsaspecten bij het ontwerp van de installatie.

Vergelijking mogelijke alternatieven voor koelmiddel R404a

In onderstaande tabellen worden enkele koelmiddelen vergeleken per toepassing: vriezen, koelen, airco.

Lage temperatuur koeling ($T_{\text{product: -22}^{\circ}\text{C}}$ $T_{\text{verdamer: -32}}$; $T_{\text{condensor: 45}^{\circ}\text{C}}$)							
	R404a	R22	R134a	R448a	R290 (propan)	R717 (ammoniak)	R744 (CO ₂)
	referentie	voorganger met ODP>0	chemisch alternatief, gebruikt in industrie	chemisch alternatief (HFK)	natuurlijk alternatief, explosief	natuurlijk alternatief, toxisch, brandbaar	natuurlijk alternatief in booster of transkritische opstelling
GWP	3943	-55%	-67%	-68%	-100%	-100%	-100%
COP (rendement)	1,10	+21%	+18%	+11%	+16%	+24%	+13%
massadebiet (kg/h)	8,67	-30%	-58%	-26%	-63%	-90%	241%
giftigheidsklasse	A	A	A	A	A	B	A
brandbaarheidsklasse	1	1	1	1	3	2	1

Medium temperatuur koeling ($T_{\text{product: 2}^{\circ}\text{C}}$ $T_{\text{verdamer: -8}}$; $T_{\text{condensor: 45}^{\circ}\text{C}}$)							
	R404a	R22	R134a	R448a	R290 (propan)	R717 (ammoniak)	R744 (CO ₂)
	referentie	voorganger met ODP>0	chemisch alternatief, gebruikt in industrie	chemisch alternatief (HFK)	natuurlijk alternatief, explosief	natuurlijk alternatief, toxisch, brandbaar	natuurlijk alternatief in booster of transkritische opstelling
GWP	3943	-55%	-67%	-68%	-100%	-100%	-100%
COP (rendement)	2,16	+14%	+13%	+7%	+11%	+17%	+19%
massadebiet (kg/h)	21,61	-30%	-53%	-22%	-65%	-89%	205%
giftigheidsklasse	A	A	A	A	A	B	A
brandbaarheidsklasse	1	1	1	1	3	2	1

Airco ($T_{\text{lucht: 18}^{\circ}\text{C}}$ $T_{\text{verdamer: 8}}$; $T_{\text{condensor: 45}^{\circ}\text{C}}$)							
	R410	R22	R134a	R32	R290 (propan)	R717 (ammoniak)	R744 (CO ₂)
	referentie	voorganger met ODP>0	chemisch alternatief, gebruikt in industrie	chemisch alternatief (HFK)	natuurlijk alternatief, explosief	natuurlijk alternatief, toxisch, brandbaar	natuurlijk alternatief in booster of transkritische opstelling
GWP	1924	-9%	-32%	-65%	-100%	-100%	-100%
COP (rendement)	4,18	+7%	+8%	+2%	+6%	+10%	+39%
massadebiet (kg/h)	37,82	-30%	-51%	-29%	-67%	-88%	208%
giftigheidsklasse	A	A	A	A	A	B	A
brandbaarheidsklasse	1	1	1	2L	3	2	1

Indirecte systemen overwegen

Om bij toepassing van natuurlijke koelmiddelen de veiligheidsrisico's te beperken zullen de natuurlijke koelmiddelen meestal beperkt blijven tot de technische ruimte. Door gebruik te maken van een koudedragers zoals glycol kan de koude naar bezette ruimtes getransporteerd worden. Als er een aparte koudedragers is, spreken we van indirecte koeling. Het toepassen van een aparte koudedragers voor transport komt niet enkel de veiligheid ten goede maar ook de koudemiddelinhoud zal kleiner zijn. Door het volume van de dure HFK's te beperken, blijven de kosten van het koelmiddel beperkt. Indirecte systemen zullen in de toekomst dus aan populariteit winnen.

De aanwezigheid van een aparte koudedragers biedt een bijkomend voordeel: **in combinatie met hernieuwbare energie kan de koudedragers in een indirect koelsysteem ingezet worden als thermische energiebuffer.** Hoe werkt dit? Bijvoorbeeld als er zonnepanelen geïnstalleerd zijn, kan deze installatie tijdens zonnige uren energie leveren aan het net. De prijs die je krijgt voor levering van elektriciteit aan het net is tot vele malen lager (tot 6X) dan de prijs voor elektriciteit die je van het net afneemt. Zelf gebruiken van de geproduceerde energie/elektriciteit is dus het meest kostenoptimaal. In plaats van een overschot aan energie van bijvoorbeeld zonnepanelen aan heel lage prijzen te injecteren in het net, kan deze energie ingezet worden om de temperatuur van de koudedragers te verlagen. De koudedragers kan zo dienen als energiebuffer. De temperatuurregeling bij de eindgebruiker zal ervoor zorgen dat er geen invloed is op comfort of productkwaliteit.

Besluit

In de (nabije) toekomst zal de prijs van koelmiddelen sterk afhankelijk zijn van hun impact op het milieu. Hierdoor zal er een transitie komen naar milieuvriendelijkere koelmiddelen. Het nadeel van deze koelmiddelen is dat de veiligheid een aandachtspunt is bij het ontwerp van de installatie. Het beperken van de koudemiddelinhoud zal zowel bij synthetische als natuurlijke koelmiddelen voordelig zijn. Indirecte koelsystemen zijn een antwoord op de vraag naar een kleinere koudemiddelinhoud. Indirecte koelsystemen bieden de extra mogelijkheid om energie te bufferen afkomstig van overproductie uit hernieuwbare energietoepassingen.

Januari 2018

Thomas More - Kenniscentrum Energie

Bert De Schutter: bert.deschutter@thomasmore.be

Lien Mertens: lien.mertens@thomasmore.be

Kleinhoefstraat 4, 2240 Geel - 014 562310