

Whitepaper Basiskennis koudemiddelen



In winkels, kantoren, distributiecentra en tal van andere plaatsen wordt op grote schaal gebruikgemaakt van koel- en koudetechniek. Koelmachines zorgen ervoor dat voedsel en medicijnen worden bewaard, dankzij airconditioning blijven kantoren en huizen koel, en warmtepompen verwarmen en koelen woningen of houden fabrieksprocessen op gang.

Tekst: Bas Roestenberg

Om efficiënt, veilig en energiezuinig te werken, is het overgrote deel van de tienduizenden installaties die hier in Nederland voor zorgen, gevuld met zogeheten koudemiddelen. Door in een cyclus binnen een koel- of airco-installatie steeds opnieuw te verdampen en te condenseren, onttrekt dit koudemiddel warmte uit producten (opgeslagen voedsel) of ruimten (een kantoor of woning) zodat ze worden gekoeld. Aan de selectie van het juiste koudemiddel komen verschillende afwegingen te pas. Een van de belangrijkste factoren die daarbij moeten worden meegewogen, is de mogelijke milieubelasting van deze middelen. Bij lekkage breken sommige typen koudemiddelen de ozonlaag af, andere leveren daarbij een sterke bijdrage aan het broeikaseffect, en dan is er ook nog een categorie die weliswaar milieuvriendelijk is, maar risico's met zich meebrengt vanwege brandbaarheid of giftigheid.



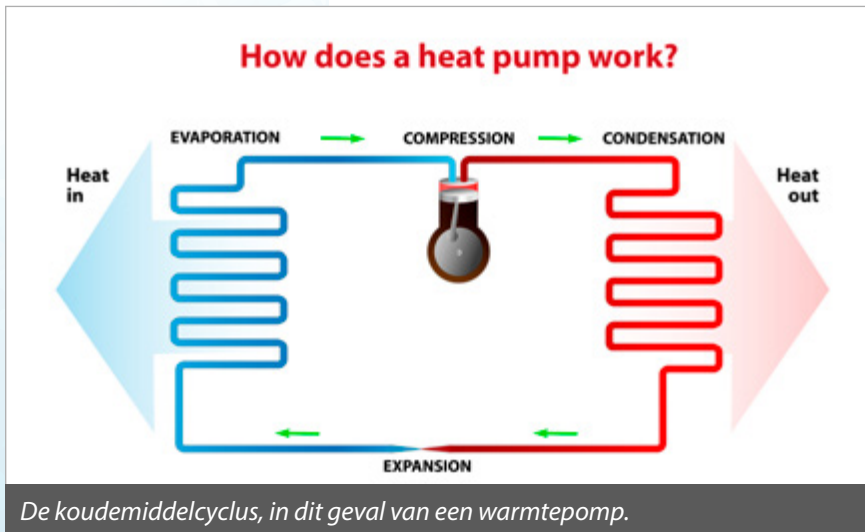
Nederland telt tienduizenden koelinstallaties, onder andere voor het bewaren van gekoeld en of ingevroren voedsel.

Om de milieu- en gezondheidsrisico's van koudemiddelen te beperken, is er door de jaren heen een flink pakket aan internationale wetten en regels opgetuigd waar systeemleveranciers, installateurs en eindgebruikers zich aan moeten houden. In deze white paper bieden we 'leken' die binnen hun bedrijf met koudemiddel te maken hebben of krijgen een algemene basis. Dat doen we aan de hand van drie vragen:

- 1. Hoe werken koudemiddelen?**
- 2. Welke typen koudemiddelen zijn er?**
- 3. Wat is de F-gassenverordening?**

1. Hoe werken koudemiddelen?

Koelmachines, airconditioningsystemen en warmtepompen maken gebruik van het fenomeen dat de warmte-inhoud van een stof kan worden gemanipuleerd



door de fase (vast, vloeibaar, gas) ervan te veranderen. Om te verdampen (dus van vloeibaar naar gasvormig te gaan) moet een stof warmte uit de omgeving opnemen. Om vervolgens te condenseren (van gasvormig terug naar vloeibaar te gaan), voert dezelfde stof deze warmte weer af naar de omgeving. Door met deze processen te 'spelen' bij koudemiddelen, die worden gekenmerkt door een extreem laag kookpunt en dus bij een heel lage temperatuur verdampen, kan een ruimte of product worden gekoeld (koelmachine) of verwarmd (warmtepomp). Dit gebeurt via een gesloten kringloop. Die kringloop kent de volgende vier opeenvolgende stappen:

1. Vloeibaar koudemiddel wordt in de verdamper van de machine gespoten. Voor het verdampingsproces neemt het koudemiddel warmte uit de omgeving op. Die 'omgeving' bestaat (bij een koelmachine) uit een te koelen ruimte of product, of (bij een warmtepomp) uit de buitenlucht, grondwater of een andere bron.
2. De damp gaat vervolgens naar een compressor die hem comprimeert tot een hogere druk.
3. In de volgende stap condenseert een condensor het dampvormige koudemiddel tot vloeistof. Daarbij komt de bij (1) opgenomen warmte weer vrij. In een koelmachine wordt de warmte overgedragen aan een koelmedium (koelwater of (buiten)lucht) voor afvoer of hergebruik. In een warmtepomp wordt de warmte afgegeven aan de te verwarmen ruimte.
4. In een expansieventiel worden de druk en temperatuur van het inmiddels vloeibare koudemiddel verlaagd, waarna het middel weer in de verdamper wordt gespoten. De kringloop is gesloten, het proces begint weer bij (1).

2. Welke typen koudemiddel zijn er?

HVAC&R-fabrikanten, koudemiddelleveranciers, installateurs en eindgebruikers staan voor de lastige opdracht om voor iedere situatie een keuze te maken die het milieu spaart, aan huidige en toekomstige regelgeving voldoet, de beste prestaties levert en liefst ook nog kostenbesparend is. Daarbij is er een ruwe indeling te maken tussen 'natuurlijke' koudemiddelen en 'synthetische' koudemiddelen. Opmerkelijk is dat de zoektocht naar steeds betere koudemiddelen een cyclische historie kent. De allereerste koelmachines uit de geschiedenis werkten met natuurlijke koudemiddelen. Deze zijn vervolgens decennia lang in de ban geweest, maar ze staan inmiddels weer volop in de belangstelling. Om meer inzicht in de verschillende typen koudemiddelen te geven, schetsen we een globaal beeld van deze 'cyclische' historie.

2.1. De 'eerste' generatie: natuurlijke koudemiddelen

Hoewel de mechanische koelmachine veel eerder was uitgevonden (in 1755 bouwde de Schot William Cullen al een prototype) werden compressiekoelmachines die gebruikmaken van de zojuist beschreven gesloten kringloop pas in de tweede helft van de 19e op marktschaal ingezet, onder andere in bierbrouwerijen en vleespakhuizen. De eerste generaties van deze koelmachines gebruikten natuurlijke stoffen als zwaveldioxide, methylchloride, propaan en ammoniak als koudemiddel. Stoffen die in thermodynamisch opzicht geschikt zijn, maar wel de nodige risico's met zich meebrachten. Stuk voor stuk zijn ze immers brandbaar en/of zeer giftig.

2.2 De 'tweede' generatie: CFK's

De risico's die de net beschreven natuurlijke koudemiddelen met zich meebrachten, waren reden om naar synthetische (niet in de natuur voorkomende) alternatieven te zoeken. Daarbij kwam het Amerikaanse General Motors (destijds eigenaar van koelkastfabrikant Frigidair) op het spoor van 'Freon 12', oftewel dichloordifluormethaan (CF_2Cl_2). Deze CFK was eind 19e eeuw al ontwikkeld door de Belg Frédéric Swarts. Als niet-giftig en niet-ontvlambaar gas met bijzondere thermodynamische eigenschappen (zoals een gemakkelijke faseovergang tussen gas en vloeibaar, en goede warmte-afgifte bij condensatie) leek het een prima alternatief.

De chemische doorontwikkeling van koudemiddel Freon 12 (R12) leidde in eerste instantie tot Freon 11 (R11) en tot een nieuwe 'subgeneratie' koudemiddelen, de zogeheten HCFC's (zie kader 'Termenlijst'). Deze lijken door hun samenstelling iets milieuvriendelijker dan de eerste CFK's. De bekendste HCFC is R22, oftewel chloordifluormethaan (CHClF_2), een koudemiddel dat vanwege zijn goede thermodynamische eigenschappen lange tijd op grote schaal werd toegepast in koelmachines, warmtepompen en airconditioningsystemen. Voorbeelden van andere HCFC's zijn R121, R123 en R124. Daarnaast zijn er nog HCFC-houdende mengsels op de markt gebracht, zoals R403 en R408A. Deze middelen zijn nooit zo grootschalig toegepast als R22.

2.3 Uutfasering van de 'tweede' generatie

CFK- en HCFC-koudemiddelen zijn tientallen jaren lang aangeprezen vanwege hun relatief beperkte brand- en gezondheidsrisico's. Aan de opmars en populari-

teit van deze middelen kwam pas een einde toen Amerikaanse onderzoekers in 1973 aantoonde dat ze weliswaar mens- maar zeker niet milieuvriendelijk zijn. Bij lekkage brengen ze namelijk grote schade toe aan de ozonlaag.

In 1989 werd het internationale Protocol van Montreal van kracht, met als doel de ozonlaag te beschermen. In dit verdrag, dat inmiddels een paar keer is herzien en in totaal door 197 landen is geratificeerd, staat de gefaseerde uitfasering van



gehalogeneerde koolwaterstoffen centraal. Het gevolg is dat CFK's en HCFC's wereldwijd onder steeds strengere regelgeving vallen, en in sommige regio's (met name Europa) vrijwel volledig zijn uitgefaseerd. Daarbij werden CFK's zoals R11 en R12 het eerst aangepakt, vanwege hun relatief hoge ODP-waarde (zie Termenlijst). In Nederland is de toepassing van CFK's sinds 2001 verboden en zijn ook HCFC's onderworpen aan strenge regelgeving. Zo mogen HCFC-installaties sinds 2010 niet meer worden gevuld met nieuw geproduceerd ('maagdelijke') koudemiddel

en mogen daar sinds 2015 ook geen hergebruikte/gerecycleerde gassen meer voor worden gebruikt. Deze regelgeving treft met name veel gebruikers van koelinstallaties met R22. Zoals gezegd werd dit koudemiddel jarenlang op grote schaal ingezet, voor de meest uiteenlopende toepassingen. De uitfasering van andere HCFC's, zoals R121 en R123, leidt tot veel minder uitdagingen, omdat ze minder wijdverspreid zijn gebruikt.

2.4 De 'derde' generatie: HFK's

Door de uitbanning van (H)CFK's moest de koel- en klimaatsector opnieuw op zoek naar alternatieve koudemiddelen. Soms werd daarbij teruggegrepen naar de 'eerste' generatie van natuurlijke koudemiddelen zoals propaan (R290), maar voor een groter deel werden (H)CFK's vervangen door een nieuwe generatie middelen, de HFK's. Dat leek een stap vooruit als het om het beschermen van de ozonlaag gaat, maar de 'vreugde' was van relatief korte duur. Een aardig aantal HFK-koudemiddelen heeft, overigens net als sommige CFK's, een hoog aardopwarmend vermogen (zie Termenlijst). Bij lekkage dragen ze weliswaar niet bij aan de afbraak van de ozonlaag, maar wel – vaak in zeer hoge mate – aan versterking van het broeikaseffect. Het gevolg is dat er internationale wetgeving is gekomen die ook het gebruik van HFK's aan banden legt. In Europa staat deze wetgeving bekend als de 'F-gassenverordening'. Hierin is onder meer een quotaregeling en een toekomstig verbod op de toepassing van koudemiddelen met een hoge GWP-waarde opgenomen, waarover later meer. De Europese Unie liep in 2015, toen deze verordening van kracht werd, ver vooruit op de rest van de wereld. Inmiddels is er ook een wereldwijd verdrag gesloten. Althans: op 15 oktober 2016 ondertekenden ruim 170 landen in het Rwandese Kigali een akkoord waardoor de afbouw van HFK-koudemiddelen onderdeel werd van het Montrealprotocol. Alle landen die dit akkoord ondertekenden moeten het nog wel ratificeren en omzetten in nationale wetgeving. In oktober 2018 waren pas 50 van de 170 landen daartoe overgegaan.



In 2016 tekenden ruim 170 landen het 'Akkoord van Kigali' voor de wereldwijde afbouw van HFK-koudemiddelen.

2.5 Terug naar de 'eerste' generatie?

Door Europese regelgeving en veranderingen in de marktvraag moeten leveranciers, installateurs en eindgebruikers van HVAC&R-apparatuur opnieuw op zoek naar alternatieven. In verschillende sectoren worden daarbij uiteenlopende keuzes gemaakt. Deze zijn grotendeels gebaseerd op bedrijfseconomische argumenten en technische en thermodynamische (on)mogelijkheden. In veel gevallen wordt hierbij uitgegaan van nieuwe 'synthetische' koudemiddelen met een lagere GWP-waarde (alternatieve HFK's of de relatief nieuwe HFO's). Bij bepaalde toepassingen, zoals met betrekking tot voedselkoeling, is duidelijk sprake van een terugkerende belangstelling voor natuurlijke middelen als CO₂, ammoniak, propaan en isobutaan. In andere sectoren, zoals met name de klimaattechniek, staat men daar nog wat huiverig tegenover. Doordat natuurlijke middelen brandbaar (bijv. propaan) of giftig (bijv. ammoniak) zijn, stuit het gebruik ervan op wetgeving of moeten installaties aan speciale veiligheidseisen voldoen. Desalniettemin kan worden gesproken over een gedeeltelijke cyclus in de koudemiddelhistorie: van 'natuurlijk' naar '(H)CFK', van '(H)CFK' naar 'HFK', en van 'HFK' weer terug naar 'natuurlijk'.

3. Wat is de F-gassenverordening?

Als over de 'Europese F-gassenverordening' wordt gesproken, wordt eigenlijk de aangescherpte, nieuwe versie van een eerdere verordening (EG 842/2006) bedoeld. De 'nieuwe' F-gassenverordening is op 1 januari 2015 ingegaan met als doel om het gebruik van broeikasversterkende HFK-koudemiddelen af te bouwen. Daarmee sluit de verordening aan bij het **protocol van Kyoto** dat in 2005 is ingegaan om de wereldwijde emissie van broeikasgassen te reduceren.

De F-gassenverordening bestaat uit vier hoofdonderdelen:

1. Quotaregeling

Om het volume van op de EU-markt verhandelde HFK-koudemiddelen fors te beperken, heeft de EU een quotasysteem ingesteld. HFK-koudemiddelen mogen alleen nog worden verhandeld door gecertificeerde bedrijven die daarbij zijn gebonden aan toegewezen quota. Die quota zijn gebaseerd op het CO₂-equivalent

(zie Termenlijst) van koudemiddelen. Dat betekent dat een kilo hoog-GWP-koudemiddel al snel veel meer quotum 'opsoupeert' dan een kilo laag-GWP-koudemiddel. Het totaal van alle in de EU vergeven quota wordt stapsgewijs afgebouwd, volgens het volgende schema:

- 2015: 100%
- 2016-2017: 93%
- 2018-2020: 63%
- 2021-2023: 45%
- 2024-2026: 31%
- 2027-2029: 24%
- 2030: 21%

2. Lekcontroles

Sinds 1 januari 2015 wordt de frequentie van periodieke lekcontroles niet meer bepaald op basis van het koudemiddelvolumen in gewicht, maar op basis van het koudemiddelvolumen in CO₂-equivalent. De volgende frequenties zijn van kracht voor installaties met meer dan 5 ton CO₂-equivalent:

- 5-50 ton CO₂-equivalent: 1 x per 12 maanden
- 50-500 ton CO₂-equivalent: 1 x per 6 maanden
- > 500 ton CO₂-equivalent: 1 x per 6 maanden, en automatische lekdetectie verplicht.

Als een installatie is voorzien van een permanent lekdetectiesysteem kan de detectiefrequentie worden gehalveerd. Installaties met een inhoud groter dan 500 ton CO₂-equivalent moeten sinds 2015 sowieso zijn voorzien van een systeem voor automatische detectie. Dit systeem moet elke 12 maanden worden gecontroleerd.

3. Bijvulverboden

Vanaf 1 januari 2020 wordt het verboden om installaties bij te vullen met nieuw ('maagdelijk') koudemiddel als dat koudemiddel een GWP-waarde boven de 2.500 heeft. In de eerste 10 jaar na deze datum, dus tot 1 januari 2030, is het nog wel toegestaan om dergelijke installaties bij te vullen met teruggewonnen of gerecycled koudemiddel. Voorbeelden van bekende koudemiddelen die onder deze regel vallen zijn R404A (GWP: 3.922) en R507A (GWP: 3.985). Er zijn wel uitzonderingen op deze regel. Zo geldt het bijvulverbod niet voor relatief kleine installaties (< 40 ton CO₂-equivalent), voor militaire apparatuur en voor vriestoepassingen tot -50°C.

4. Nieuwbouwverboden

Tot slot zijn of worden verschillende nieuwbouwverboden van kracht:

- Inmiddels van toepassing: verbod op nieuwbouw van huishoudelijke koel-/vriestkasten met koudemiddel met GWP > 150.
- 1 januari 2020: verbod op nieuwbouw van hermetisch gesloten commerciële koel-/vriestkasten met koudemiddel met een GWP > 2.500.
- 1 januari 2020: verbod op nieuwbouw van stationaire koelinstallaties en klimaatapparatuur met koudemiddel met een GWP > 2.500.
- 1 januari 2020: verbod op mobiele hermetisch gesloten airco's met koudemiddel met een GWP > 150.



De komende jaren worden verschillende verboden van kracht met betrekking tot het gebruik van bepaalde koudemiddelen in koel- en klimaatinstallaties.

- 1 januari 2022: verbod op centrale koelsystemen voor commerciële koeling met koelvermogen > 40 kW en koudemiddel met een GWP > 150 (in cascade-systemen mag het primaire circuit daarbij zijn gevuld met koudemiddel met een GWP < 1.500)
- 1 januari 2022: verbod op nieuwbouw van hermetisch gesloten commerciële koel-/vrieskasten met koudemiddel met een GWP > 150 .
- 1 januari 2025: verbod op singlesplit-airco's met een koudemiddelinhoud < 3 kg en koudemiddel met een GWP > 750 .

Meer lezen over koudemiddelen? Op www.koudeenluchtbehandeling.nl gaat veel aandacht uit naar dit onderwerp, middels actuele berichtgeving, opiniërende stukken en achtergrondverhalen.

Termenlijst

GWP: Global Warming Potential.

Deze waarde geeft het broeikaseffect van een koudemiddel aan, uitgedrukt in 'equivalente kg CO₂'. De GWP-waarde van CO₂ is op 1,0 gesteld. Een koudemiddel als R410A, dat een GWP-waarde van 2.088 heeft, is dus een 2.088 keer zo sterk broeikasgas als CO₂.

(H)CFK's: Chloorfluorkoolwaterstoffen.

Bij deze gasen zijn de oorspronkelijke waterstofatomen vervangen door de halogenen chloor en fluor. Bij HCFK's zijn niet alle waterstofatomen door chloor en fluor vervangen; de moleculen bestaan daardoor voor een deel uit waterstof. Hierdoor is de ozonafbrekende werking van HCFK's wat kleiner dan die van CFK's. In Nederland mogen beide koudemiddelvarianten niet meer worden gebruikt in nieuwe machines en mogen bestaande machines er niet meer mee worden bijgevuld.

HFK's: Fluorkoolwaterstoffen.

Net als bij HCFK's zijn bij deze gasen enkele waterstofatomen vervangen, maar nu alleen door fluoratomen en niet door chlooratomen (daarom ontbreekt de 'C' in de benaming). Hierdoor breken HFK's bij lekkage naar de atmosfeer de ozonlaag niet af, wat wel voor (H)CFK's geldt. HFK's leveren bij lekkage echter even goed een bijdrage aan het broeikaseffect, reden waarom ze momenteel worden teruggephaseerd.

HVAC&R: Heating, Ventilation, Airconditioning & Refrigeration.

Met deze afkorting wordt de verzameling van sectoren voor klimaat- en koeltechniek vaak aangeduid.

ODP: Ozone Depletion Potential.

Deze waarde geeft aan in hoeverre een koudemiddel ozonafbrekend is. De ODP is een vergelijkende waarde waarbij het ozonafbrekend karakter van het CFK-koudemiddel R11 als basis dient. De ODP van dit middel is op 1,0 gesteld. De ODP van het bekende, inmiddels uitgefaseerde R22 heeft bijvoorbeeld een ODP van 0,055. Dat betekent dat R11 een 18 keer zo sterk ozonafbrekend gas is (1/0,055) als R22.

TEWI: Total Equivalent Warming Impact.

De TEWI-waarde beoogt iets te zeggen over het totale broeikaseffect van een koelinstallatie. Behalve de GWP-waarde van het gebruikte koudemiddel hebben ook andere aspecten daar invloed op, zoals de opwekking van de elektriciteit die de installatie gebruikt. De manier waarop deze is opgewekt (kolencentrale, gascentrale, windmolens, enz.) is uiteindelijk medebepalend voor de totale emissie van broeikasgassen. De TEWI-waarde speelt hier deels op in en bestaat uit een optelsom van het directe broeikaseffect van het koudemiddel, en het indirecte broeikaseffect van de installatie (lees: de CO₂-emissie die vrijkomt bij de opwekking van gebruikte energie). De TEWI-waarde wordt net als de GWP-waarde uitgedrukt in 'equivalente kg CO₂' (zie verderop in deze lijst).

Thermodynamische eigenschappen:

Het belangrijkste kenmerk waarop wordt beoordeeld of een koudemiddel geschikt is voor toepassing in een bepaald type installatie zijn de thermodynamische eigenschappen van het middel. Onder die eigenschappen vallen zaken zoals het kookpunt, de werkdruk en de warmteoverdracht. De thermodynamische eigenschappen kunnen er bijvoorbeeld toe leiden dat een koudemiddel prima geschikt is voor koeling (boven 0° Celsius) maar ongeschikt voor vriezen, of andersom.

Termenlijst (vervolg)

Ton CO₂-equivalent:

Veel van de huidige regelgeving is gestoeld op Ton CO₂-equivalent. Het Ton CO₂-equivalent van een bepaalde hoeveelheid van een bepaald koudemiddel geeft aan hoe veel CO₂ (in tonnen) over een periode van 100 jaar hetzelfde broeikaseffect zou hebben. Dit equivalent is gerelateerd aan de GWP-waarde van een gas (zie eerder in deze lijst). Het wordt berekend door het kilogewicht aan koudemiddel in een installatie te vermenigvuldigen met de GWP-waarde van dat koudemiddel, en het resultaat te delen door 1.000 (om van 'kilo' op 'ton' te komen):

Ton CO₂-equivalent = (kg x GWP) / 1.000

Bijvoorbeeld: Het CO₂-equivalent van 5 kilogram R134a is 7,15 ton (want: R134a heeft een GWP van 1.430, en 1.430 x 5 = 7.150).

Dit is een gratis kennisartikel van:



www.koudeenluchtbehandeling.nl

RCC Koude& Luchtbehandeling is een uitgave
van Vakmedianet



www.vakmedianet.nl

Contactgegevens

Redactie RCC K&L

E-mail: ukoreinders@vakmedianet.nl

Vakmedianet

Postbus 448

2400 AK Alphen aan den Rijn

Vragen over abonnementen?

Vakmedianet Klantenservice

E-mail: klantenservice@vakmedianet.nl

Telefoon: (088) 584 0888

Postbus 448

2400 AK Alphen aan den Rijn

Vragen over adverteren?

Adviseur: **Gejo Flierman**

M: 06 53 22 73 16

E: gejoflierman@vakmedianet.nl

