

Auteur

Ir. Fons Pennartz, specialist koudetechniek en warmtepompen, KWA Bedrijfsadviseurs B.V.

Welk koudemiddel kiest u voor koelinstallaties en warmtepompen?

Wat is de beste methode als u voor de beslissing staat om te kiezen voor koudemiddelen in koelinstallaties en warmtepompen? In dit artikel gaan we in op de afwegingen waar ontwerpers en eigenaren van koelinstallaties en warmtepompen mee te maken hebben en welke consequenties de keuzes voor verschillende koudemiddelen hebben op milieu, CO₂-emissie, veiligheid en kosten. Het forse F-gassenreductie-schema dwingt ons anders te denken dan gebruikelijk, gezien de CO₂-emissiereductie-doelstellingen in het Klimaatakkoord.

De keuze voor het juiste koudemiddel is een belangrijke overweging bij het ontwerp (door de adviseur of installateur) en de aankoop (de gebruiker) van koelinstallaties en warmtepompen. Enerzijds zijn energetische en kostenafwegingen doorslaggevend, aan de andere kant zijn de milieu- en veiligheidsaspecten bepalend. Daarnaast worden keuzes beperkt door het type aggregaat dat is voorgevuld met een bepaald koudemiddel. Het koudemiddel bepaalt ook sterk de kosten van de aanschaf van de koelinstallatie of warmtepomp. De installaties met lage of nul "Global Warming Potential" (GWP) koudemiddelen zijn duurder dan de installaties met F-gassen. Echter, alleen vanwege prijs kiezen is niet meer van deze tijd, gelet op de energietransitie en de verduurzaming van de economie.

Terugkijkend in de tijd zijn op milieugebied enorme stappen gemaakt om de ozonlaag afbrekende synthetische koudemiddelen zoals de (H)CFK's wereldwijd uit te bannen. Dit is een succesvol mondiaal project, gestart als het protocol van Montreal, recent uitgemond in het amendement van Kigali (2016) dat gericht is op het terugdringen van de productie en consumptie van fluorkoolwaterstoffen (HFK's).

Wet- en regelgeving een last of een zegen?

Momenteel voeren we mondiaal actief beleid om koudemiddelen uit te bannen die zware broeikasgassen zijn (met een hoog Global Warming Potential, indicatief groter dan 10), zoals de (synthetische) HFK's. De EU pakt dat voortvarend aan met het F-gassenprotocol dat vanaf 2015 de toegang van koudemiddelen met hoge GWP tot de EU-markt reduceert. We zitten nu in een fase dat nog maar 63% van de CO₂-equivalenten (GWP x kg koudemiddel) de EU-markt mag betreden ten opzichte van 2015. Vanaf 2021 is dit zelfs 45%, en daalt verder tot 21% in 2030. Er zijn signalen dat de EU het HFK-beleid verder wil aanscherpen, met prijsstijgingen van koudemiddelen tot gevolg (>€ 100,-/kg).

Door de grote toename van het aantal warmtepompen voor de elektrificatie van de warmtevoorziening, wordt bovendien het conflict tussen stijgende vraag naar F-gassen en het F-gassen reductieschema steeds groter.

Wet- en regelgeving worden in een vrije markt als lastig ervaren, maar ze bieden wel een gelijk speelveld waarin bedrijven gaan innoveren. Zonder de F-gassenverordening was CO₂ als natuurlijk koudemiddel niet tot wasdom gekomen. Met de CO₂ toepassingen hebben hogedruk-compressoren de markt betreden, die nu weer belangrijk zijn bij de toepassing van hoge temperatuur-warmtepompen. Hetzelfde geldt voor de koolwaterstoffen als koudemiddel, zoals propaan en butaan.

Fabrikanten voelen de druk

Fabrikanten voelen de druk om de CO₂-equivalenten (GWP x inhoud in kg) te reduceren en zo ruimte te creëren in de steeds krappere markt voor koudemiddelen, om hier vervolgens op te acteren. Men is volop bezig om installaties te bouwen met een zo laag mogelijke koudemiddelinhoud. Dit doet men enerzijds door indirecte systemen te ontwerpen met een koudedragers (water, glycol/water, vloeibare zouten, CO₂). Anderzijds past men platenwarmtewisselaars toe of micro-channel-warmtewisselaars, waardoor de hoeveelheid koudemiddel per kW koelvermogen sterk daalt. In koelsystemen met natuurlijke koudemiddelen en platenwarmtewisselaars zijn waarden tussen de 0,06 tot 0,1 kg koudemiddel/kW koelvermogen te vinden. Bij HFK-systemen met luchtgekoelde condensoren ligt deze factor tussen 0,1 tot 0,3 kg/kW.

Verdergaande CO₂-emissie reductie

Parallel hieraan hebben we te maken met de Energietransitie met een reductiedoelstelling van de CO₂-emissie van onze bedrijfsactiviteiten (50% in 2030 en 95% in 2050). De CO₂-emissie van een koelinstallatie of warmtepomp hangt in *directe* zin samen met het verlies van koudemiddel bij lekkage en ontmanteling en indirect als gevolg van het energieverbruik van de installatie. Beide effecten worden zichtbaar met behulp van breed geaccepteerde berekeningsfactoren zoals de TEWI-waarde (Total Equivalent Warming Impact). Vergelijkbare factoren worden gebruikt door de werkgroep Life Cycle Climate Performance (LCCP) van het Internationale Koude-instituut (International Institute of Refrigeration in Parijs) [1] en bij de BREEAM-NL-methodiek (zie credit POL01).

Bij berekening van de TEWI-waarde blijkt dat de CO₂-emissie ten gevolge van het energieverbruik van de installatie een factor X* groter is dan het verlies van koudemiddel in kg CO₂-equivalenten. Daarmee is het energieverbruik of

de energie-efficiency vaak van groter belang dan de GWP-waarde van het koudemiddel (maar let op het voorbeeld in het kader). Vandaar dat elk koudemiddel is ontwikkeld voor een zeker temperatuurgebied (koelen of verwarmen) en daarbij een hoog rendement heeft. Wat de betekenis van hoog is volgt uit de vergelijking met ammoniak dat in het gehele toepassingsgebied van de koudetechniek het hoogste rendement heeft in de thermodynamische koelcyclus.

Dalende GWP-waarden

De F-gassen verordening heeft een beweging in gang gezet naar koudemiddelen met GWP-waarden onder de 750 in plaats van gangbare 1.300 tot 4.000 waarden. Dit zijn vaak mengsels van HFK's met koolwaterstoffen of HFO's (waarover later meer). De waarde van 750 is arbitrair, het is te beschouwen als ongeveer een halvering van de GWP van het meest toegepaste koudemiddel R134a. Het voordeel van deze relatief lage GWP-waarden is dat de beschikbaarheid van synthetische koudemiddelen toeneemt; er mogen meer kilo's de markt op. Dat is gunstig met oog op bedrijfszekerheid in geval van lekkage. Het nadeel van de mengsels is dat bij lekkages met name de meest vluchtige component ontsnapt. Als dit regelmatig gebeurt wijzigen na verloop van tijd de eigenschappen van het koudemiddel met nadelige effecten op rendement en de koelcapaciteit. Dit kan uiteindelijk leiden tot een noodzakelijke vervanging van de gehele inhoud.

Retrofit of niet?

Door het aanbod van lagere GWP-koudemiddelen is de verleiding groot om bestaande HFK-koelinstallaties met hoge GWP te retrofitten met een koudemiddel met lagere GWP. Diverse onderdelen dienen dan te vervangen worden. Pakkingen, olie, leidingen, appendages zijn afgestemd op het oorspronkelijke koudemiddel. De kans op een lekkage, al binnen enkele jaren, stijgt hierdoor en de retrofit gaat meestal gepaard met energie-efficiencyverlies. Het devies: liever er alles aan doen om een bestaande installatie lekdicht te houden in plaats van een retrofit.

Uit onderzoek uit 2016 aan 60.000 HFK-installaties [2] blijkt dat het gemiddelde lekpercentage van koelinstallaties in Nederland op 6% à 7% ligt. Nu lekt geen enkele koelinstallatie 7%: een kleinere airco-unit is bij lekkage 100% van de vulling kwijt, een grote, specifiek op maat gemaakte (tailor made) installatie is circa 25% van zijn vulling kwijt. De kans op een lekkage bij een kleinere prefab koelunit is kleiner dan bij een tailor made installatie. Als een installatie eens in de 15 jaar de volledige vulling verliest, is er ook sprake van gemiddeld 7% verlies per jaar.

Meer integrale benadering

Door de steeds lagere waarde van CO₂-equivalenten lijkt het vanzelfsprekend dat het energieverbruik nog dominanter gaat worden in de TEWI. Het elektrisch verbruik van de installatie in kWh wordt vermenigvuldigd met een emissiefactor in kg CO₂/kWh. Door de vergroening van het elektriciteitsnet en een andere fossiele brandstofmix is men voornemens in de BENG-regeling de emissiefactor voor elektriciteit (primaire energiefactor) te verlagen van 2,56 naar 1,45. Daarmee dalen ook de CO₂-equivalenten voor energieverbruik en blijft de GWP waarde van het koudemiddel nog steeds een rol van belang spelen in de CO₂-reductie doelstelling.

Bedenk ook dat TEWI niet de besparing op aardgas en dus de CO₂-reductie berekent, die samenhangt met het gebruik van de (rest)warmte van de koelinstallatie. Als je dit verdisconteert in het energieverbruik van de installatie, wordt de GWP van het koudemiddel weer nog bepalender in de TEWI. De energiebeoordeling vraagt dus om een meer integrale benadering. Dat geldt ook voor de warmtepomp.

*Let op de voorbeelden in het kader (tabellen).

De TEWI is hier berekend voor het energie-effect en het lekkageverlies over 15 jaar voor een airconditioningsinstallatie met R410A en respectievelijk een proceskoelinstallatie met R134a.

Conclusie: het effect van de CO₂ equivalenten van het koudemiddel (directe emissie) is voor kleinere installaties met weinig bedrijfsuren vergelijkbaar met dat van het energieverbruik (indirecte emissie) bij toename van het aandeel hernieuwbare elektriciteit. Bij meer bedrijfsuren en hogere belasting zoals in het geval van proceskoeling is het energieverbruik dominanter. Bij de keuze voor een type koelmachine en koudemiddel dient daarom altijd in acht te worden genomen wat de verwachte directe en indirecte CO₂-emissies zijn. Kort gezegd zijn bij kleinere standaard koelmachines de directe emissies door lekkages van het koudemiddel relatief groter dan bij grotere proceskoelmachines met veel draaiuren, waar de SEER van de machine belangrijk is. In beide gevallen geldt dat het voorkomen van lekkages van koudemiddelen door goed onderhoud en beheer altijd een prioriteit is.

Bij de keuze voor een koelmachine of warmtepomp is het verstandig om een analyse te maken van de toepassing, de draaiuren en dan waar de focus het meest op moet worden gelegd. Het maken van een berekening van de TEWI-waarde is daarbij een praktische methode, rekening houdend met het nuttig gebruik van warmte uit de installatie.

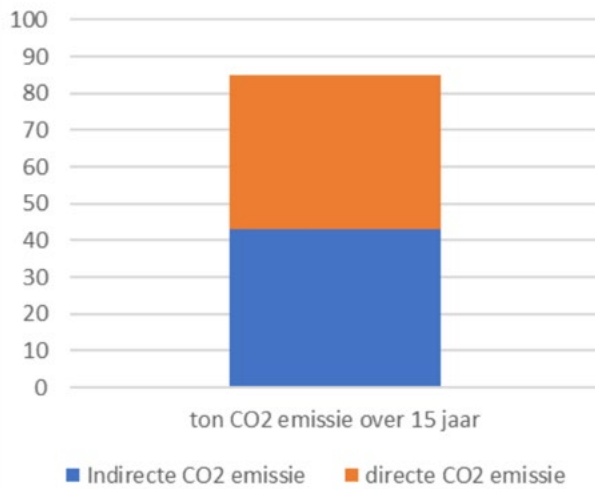
Chiller gekoeld water voor airconditioning	
Koelvermogen	80 kW
SEER	3,8
Bedrijfsuren, deellast	1000 uren/j, 55%
Aandeel condensorwarmte nuttig gebruikt voor water-opwarming (tapwater), dat aardgas vermijdt.	10%
Vulling	0,25 kg R410A/kW koelvermogen
Lekkage	7% per jaar of 100% in 15 jaar
Netto** indirecte CO ₂ -emissie t.g.v. energie over 15 jaar, met toename aandeel hernieuwbare elektriciteit	43.200 kgCO ₂ /15j ***
Directe CO ₂ -emissie t.g.v. lekkage over 15 jaar	41.800 kgCO ₂ /15j
Chiller gekoeld water voor proceskoeling	
Koelvermogen	400 kW
SEER	4
Bedrijfsuren, deellast	4000 uren/j, 60%
Aandeel condensorwarmte nuttig gebruikt voor water-opwarming (tapwater), dat aardgas vermijdt.	15%
Vulling	0,2 kg R134a/kW koelvermogen
Lekkage	7% per jaar of 100% in 15 jaar
Netto** indirecte CO ₂ -emissie t.g.v. energie over 15 jaar, met toename aandeel hernieuwbare elektriciteit	659.200 kgCO ₂ /15j ***
Directe CO ₂ -emissie t.g.v. lekkage over 15 jaar	114.400 kgCO ₂ /15j

Tabel 1: Directe en indirect CO₂-emissies voor twee cases +
Figuur 1 op pagina 33.

** Netto betekent CO₂-emissie elektriciteit minus vermeden
CO₂-emissie aardgas

*** Emissiefactoren 0,34 kgCO₂/kWh, 1,89 kg/Nm³

80 kW chiller airconditioning



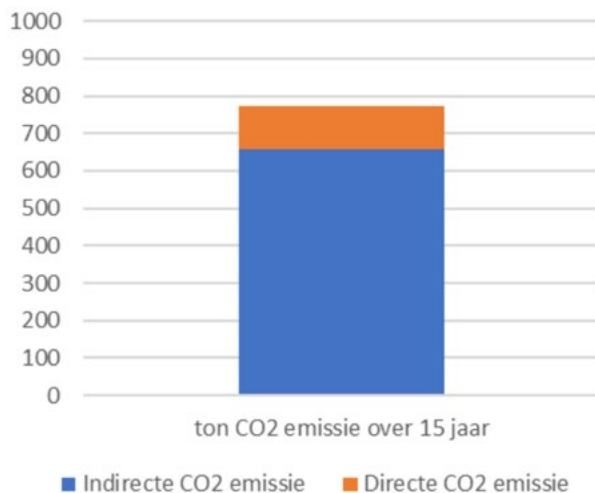
Figuur 1.

Bij lekkage slaat de TFA neer in de natuur, waar die niet thuishoort. Er zijn in de historie andere stoffen te noemen die men aanvankelijk niet als schadelijk bestempelde, maar die later toch verboden werden.

Dichte warmtepomp

Het is overigens vreemd dat voor de HFK's strenge regels gelden, in de zin dat alleen gecertificeerde bedrijven en personen deze mogen gebruiken en moeten voldoen aan koudemiddelregistraties, maar dat deze regels niet gelden bij HFO-gebruik. Er zijn HFO's ontwikkeld voor warmtepompen die warmte naar 150°C brengen. Bij dit soort bijzondere toepassingen en functionaliteit gaat de discussie over het koudemiddel naar de achtergrond. De warmtepomp moet gewoon dicht zijn en blijven.

400 kW chiller proceskoeling



HFO: "een vreemde eend in de bijt"

De natuurlijke koudemiddelen (zoals ammoniak, koelwaterstoffen, CO₂ en H₂O) scoren goed met een hoge energie-efficiency en GWP-waarden onder 3. De recent ontwikkelde synthetische koudemiddelen van het type HFO (hydro fluor olefinen) die een GWP hebben onder de 10, lijken een aantrekkelijk alternatief. In airconditioningtoepassingen zijn de rendementen redelijk goed. De lage GWP-waarde danken deze stoffen aan het feit dat ze in de omgevingslucht niet stabiel zijn en uit elkaar vallen in trifluorazijnzuur (TFA). Dit zijn stabiele stoffen die tot de PFAS-stoffen horen. Of de stof schadelijk is? Daar is men nog niet uit. Er zijn onderzoeken die beide antwoorden (een ja of nee) geven.

Terug naar de titel van dit artikel: de vraag wanneer je het nu goed doet met de koudemiddelkeuze is dus niet zomaar te beantwoorden. Is de installatie aan vervanging toe, stel dan tijdig een plan op, want een investering in geval van een calamiteit is meestal geen goede. Denk aan de langetermijneffecten, zoals het forse F-gassen-reductieschema, de Total Cost of Ownership voor energie, onderhoud en circulariteit, de bedrijfszekerheid, de aanschafkosten, het onderdeel zijn van een totaal energieconcept. De effecten van het koudemiddel zijn dus voor een deel goed te berekenen, maar een koudemiddelkeuze wordt ook bepaald door hoe u zelf als ondernemer in de klimaat- en milieuproblematiek staat en welke bijdrage u wilt leveren.

Referenties

1. Harmonization of Life Cycle Climate Performance Methodology, 32nd Informatory Note on Refrigeration Technologies / October 2016. Dit stuk geeft inzicht in de TEWI methode.
2. "Steekproefonderzoek naar de totale koudemiddelinhoud en het gemiddelde lekpercentage van HFK en HCFC in Nederland 2011-2013" Ir. A.M.G. Pennartz, M.V. Van den Bovenkamp M.Sc.