

Wijbenga info sheet 35:

Ammoniak vullen en aftappen

Inleiding:

Bij het vullen en aftappen van koudemiddelen zorgen de thermodynamische eigenschappen ervan telkens voor een aantal specifieke aandachtspunten. Zo is er bij CO₂ het risico op droogijs, en bestaat bij koudemiddelen met een glide het risico dat van de ene component meer wordt gevuld of afgetapt dan van de andere component. Ook bij ammoniak gelden cruciale aandachtspunten. In dit artikel gaan we in op een aantal aandachtspunten bij NH₃. Daarbij gaan we niet in op veilig werken met NH₃. Dat vergt degelijk onderricht; monteurs dienen er ook de benodigde opleidingen en certificaten voor te hebben.



Fig 1. Voorbeeld van een koelinstallatie gevuld met ammoniak als koudemiddel.

Wat is er met betrekking tot dit onderwerp specifiek aan NH₃?

Een kenmerkende eigenschap ten opzichte van andere koudemiddelen is dat NH₃ kan worden opgelost in water. Een tweede kenmerkende eigenschap is dat NH₃ per kg opvallend meer verdampingswarmte nodig heeft. Met andere woorden: er moet veel meer warmte worden toegevoerd om er een bepaalde hoeveelheid van te laten verdampen. Water heeft overigens een nog vele malen hogere verdampingswarmte, maar dat is geen gangbaar koudemiddel in compressiekoelmachines. Onderstaande tabel toont van een aantal gangbare koudemiddelen de verdampingswarmte per kg bij een verdampingstemperatuur van -10 °C.

Koudemiddel	Enthalpie vloeistof (kJ/kg)	Enthalpie Gas (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)
NH ₃	297,19	1.593,14	1.296
CO ₂	176,52	435,14	258,6
Propyleen	175,86	568,06	392,2
R134a	186,7	392,66	206

Fig. 2: De enthalpie van vier koudemiddelen

Wat heeft dit voor gevolg bij het vullen?

De regels van goed vakmanschap vereisen dat een te vullen installatie gevacumeerd wordt tot een druk van minimaal 270 Pa. (=0.0027 Bar(a)) om het vocht te verdampen. Voor NH₃ geldt dat bij een druk lager dan circa 6.000 Pa of 0,06 bar(a) het triplepunt wordt gepasseerd. De NH₃-vloeistof zal eerst gedeeltelijk flashen en afkoelen naar -77 °C, en vervolgens overgaan in ammoniakijis.

Op [YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=el4wdqBPCNg) staat een video waarin wordt getoond hoe ammoniak in een vacuüm ijs wordt (<https://www.youtube.com/watch?v=el4wdqBPCNg>).

Als na het vacumeren meteen wordt gevuld met vloeibare NH₃, zal door de grote hoeveelheid verdampingswarmte die nodig is en een stijgende druk al snel niet meer alle vloeistof meteen volledig verdampen. De vloeistof die via het vulpunt de installatie inloopt, kan ervoor zorgen dat de plekken waar de vloeistof terechtkomt erg koud worden. De temperatuur op die plekken kan lager zijn dan de kerfslagwaarde van het materiaal, wat tot schade aan het materiaal kan leiden. Ook andere schade is denkbaar, bijvoorbeeld door krimp of bevroering.

Bij warmtewisselaars waar bij deze druk aan de ene zijde NH₃ in terecht zou komen en aan de andere zijde een koudedragers zit, is het risico op bevroering groot. Dit gaat op voor de meeste koudemiddelen, maar bij NH₃ is dit nog meer het geval omdat over het contactoppervlak niet genoeg warmte kan worden toegevoerd om het meteen te laten verdampen.

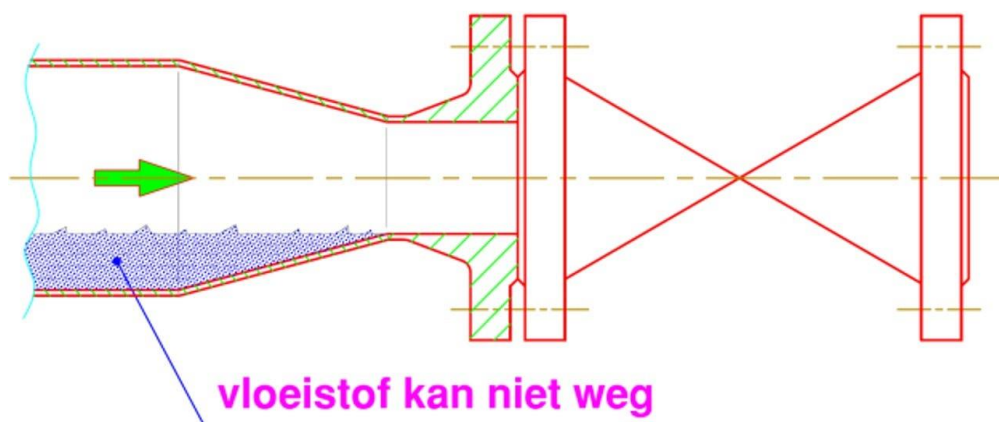


Fig. 3: De vloeistof in een 'vloeistofzak' in een geïsoleerde leiding is lastig weg te krijgen.

Wat heeft dit voor gevolg bij het aftappen?

Als niet alle NH₃ in vloeistoffase kan worden afgetapt, is het gebruikelijk om ofwel met een recuperatieunit gas uit het systeem aan te zuigen, ofwel om het NH₃-gas in water te absorberen waardoor de druk verlaagt en op die manier de laatste resten vloeistof verdampen. Het risico op schade is hierbij kleiner omdat niet zulke lage drukken worden bereikt als met een vacuümpomp. Het risico op bevriezing blijft echter bestaan. Bij atmosferische druk is de verdampingstemperatuur van NH₃ -33 °C; dit is lager dan het vriespunt van de meeste koudedragers.

In NH₃-pompsystemen zijn vaak lange geïsoleerde leidingtrajecten aanwezig waar in normaal bedrijf vloeistof doorheen stroomt. Als in zo'n leiding 'vloeistofzakken' aanwezig zijn (zie figuur 1), kan het lastig zijn om de vloeistof erin weg te krijgen. Als er geen andere manier is om deze vloeistof te laten verdampen en in gasfase af te zuigen, moet er veel warmte worden toegevoegd. In de praktijk betekent dit dat er veel geduld moet worden geoefend, of dat de isolatie moet worden weggehaald om vervolgens met een verwarmingsapparaat de leiding op te warmen. Als in een leidingdeel bijvoorbeeld 1 kg NH₃ (circa 1,5 liter) staat, duurt het met een verfföhn van 1 kW minimaal 21 minuten om dat te verdampen (waarbij het warmteverlies naar de omgeving nog buiten beschouwing wordt gelaten):

- 1 kg NH₃ bij -10 °C verdampen = 1.296 kJoule
- 1 kW = 1 kJ/sec
- 1.296 kJ/1Kj/sec = 1.296 sec = 0,36 uur = 21,6 minuten

NH₃ wordt geabsorbeerd door water. Bij het aftappen in water veroorzaakt deze eigenschap het risico dat het water de koelinstallatie wordt ingezogen, met name wanneer de druk op het aansluitpunt of de installatie de atmosferische druk benadert. Stel dat een met water gevuld reservoir in open lucht staat, onder atmosferische druk. Een slang is gekoppeld aan de koelinstallatie en ligt met het andere einde in het waterreservoir. Doordat het water de NH₃ absorbeert en als het ware 'opzuigt', kan de situatie ontstaan dat de druk in de installatie lager dan de atmosferische druk wordt waardoor het water de installatie kan worden ingezogen.

Hoe dan wel?

- Door eerst met gas te vullen, loopt de druk in de installatie op en daarmee ook de verdampingstemperatuur. Als de druk voldoende hoog is (boven het vriespunt van de koudedragers, boven de kerfslagwaarde, boven de ontwerp temperatuur) kan worden overgeschakeld op vloeistof vullen.
- Bij het aftappen is het raadzaam om eerst zoveel mogelijk vloeistof af te tappen. Ook bij het bouwen van een installatie is het raadzaam om in de nodige aftappunten te voorzien. Zeker op plekken waar een vloeistofzak onvermijdelijk zou zijn. Bij het uitkoken van warmtewisselaars kan het handig zijn om de koudedragersstroming door te laten lopen, bijvoorbeeld met een brinepomp die blijft draaien. Denk ook aan warmtewisselaars in de hogedrukzijde, zoals warmterecuperatie of een watergekoelde condensor. In normaal bedrijf is hier geen bevriezingsgevaar te verwachten, maar bij het verwijderen van het koudemiddel is dat wel het geval.
- Bij het aftappen van NH₃ in water is het raadzaam een terugslagklep toe te passen. Als de druk in de installatie de atmosferische druk benadert, is het advies om de slang niet

te diep in water onder te dompelen. Dit voorkomt een bijkomend drukverschil door de statische waterkolom.

- Bij het aftappen van geïsoleerde NH₃-leidingen waarin vloeistof kan blijven staan, is het raadzaam om deze leidingen of componenten leeg te maken door bijvoorbeeld met heet gas de vloeistof weg te drukken richting een recuperatiecilinder of reservoir.

Versie 1, 10-11-2022 GB