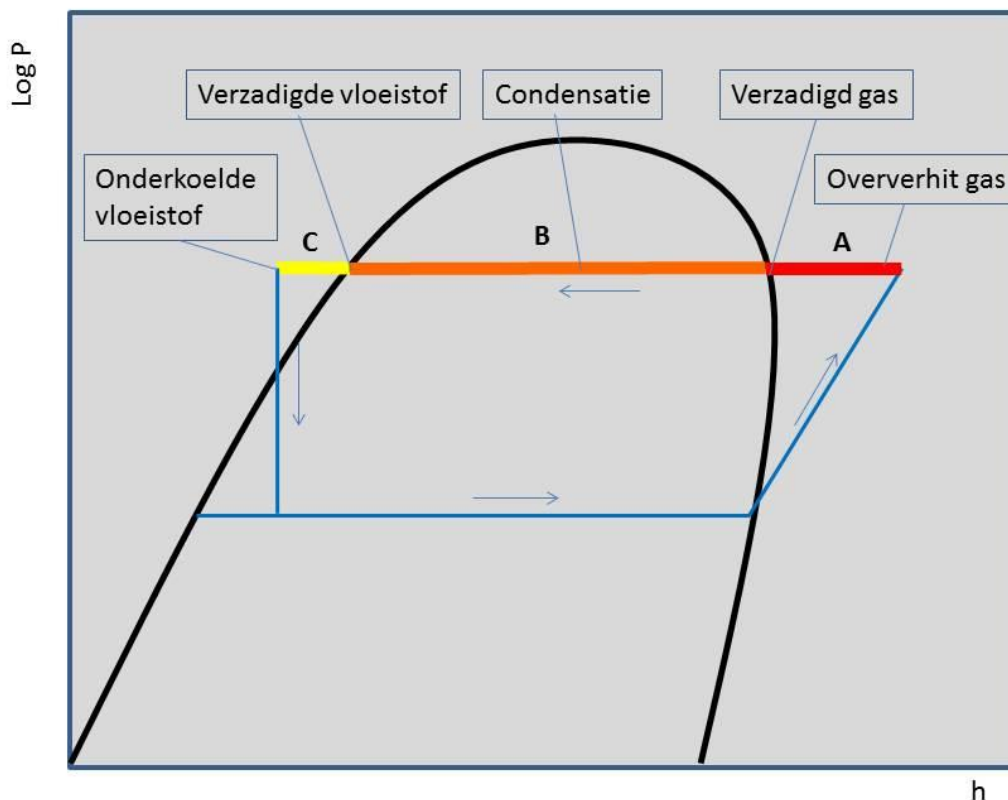


## Wijbenga info sheet 5:

# Warmte in de koudetechniek, een hot item

In het ontwerp van een koelinstallatie wordt steeds meer aandacht besteed aan het energieverbruik. Dit kan bereikt worden door een zo hoog mogelijke verdampingstemperatuur in combinatie met een zo laag mogelijke condensatietemperatuur, de juiste systeem en koudemiddelkeuze, energiezuinige elektromotoren en een goed ontworpen en ingeregeld besturingssysteem. Maar om optimaal gebruik te maken van de mogelijkheden van de koelinstallatie moet deze opgenomen worden in het totale energieplaatje van de eindgebruiker. Bij een compressiekoelinstallatie kunnen we gebruik maken van de beschikbare warmte op de verschillende temperatuurniveaus die in een normaal systeem ter beschikking staan. Het is ook mogelijk door middel van een extra systeem warmte op een hoger temperatuurniveau te onttrekken.

Een compressiekoelinstallatie onttrekt warmte en geeft deze af aan de condensor. In veel gevallen is dit een lucht en/of watergekoelde condensor waarbij de warmte wordt overgedragen aan de omgeving. Wanneer we de hogedrukzijde van de koelinstallatie in detail bekijken zijn er diverse temperatuurniveaus te onderscheiden waar warmte uitgewisseld moet worden:



*Log P -h diagram met de koudekringloop en de warmtebronnen*

#### Persgassen (A):

De oververhitte persgassen komen van de compressor en bedragen afhankelijk van het koudemiddel zo'n 10 tot 25% van het totale condensorvermogen. In de meeste gevallen is dit de hoogste temperatuur in de installatie. Bij een ammoniak installatie met zuigercompressoren ligt deze temperatuur vaak ver boven de 100°C, bij installaties met schroefcompressoren meestal rond de 80°C.

#### Condensatie (B):

Wanneer het persgas is afgekoeld tot de condensatietemperatuur (verzadigd gas) zal het bij verdere warmteonttrekking condenseren. De capaciteit benodigd voor het condenseren is gelijk aan de koelcapaciteit en de grootste beschikbare warmtebron in de koelinstallatie. Condensatietemperaturen liggen meestal tussen de 15 en 40°C maar in warmtepompen zijn ook condensatietemperaturen van 90°C te vinden.

#### Onderkoeling (C):

Wanneer alle persgassen gecondenseerd zijn ontstaat verzadigde vloeistof. Deze vloeistof kan onderkoeld worden door er warmte aan te onttrekken. Bijkomend voordeel is dat het benodigde slagvolume van de compressoren afneemt en de COP (coëfficiënt of performance) van de koelinstallatie hierdoor dus toeneemt.

#### Oliekoeling:

Wanneer de installatie is uitgevoerd met schroefcompressoren zal er oliekoeling toegepast worden. De olie die dient voor de afdichting, smering en koeling van de schroefcompressor moet van ca. 80 naar 50°C gekoeld worden voordat deze weer naar de compressor mag.

De hoeveelheid warmte die aan de koelinstallatie onttrokken kan worden is afhankelijk van een aantal factoren zoals type en capaciteit van de koelinstallatie, de keuze van het koudemiddel, de werkcondities en de soort warmtevraag.

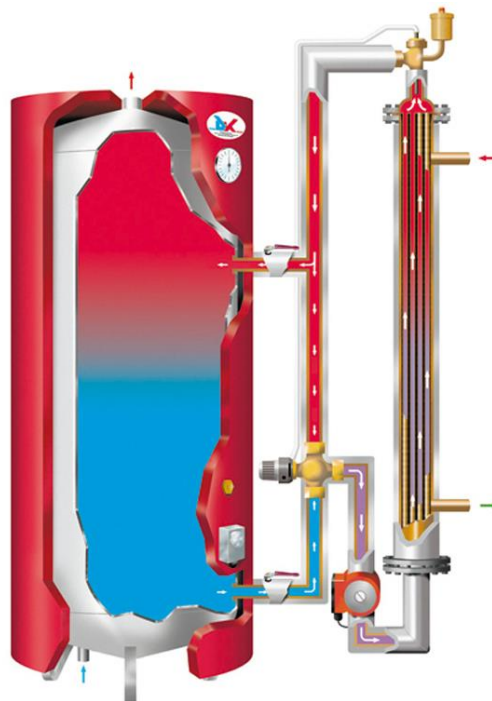
## Warmtevraag

Er kan op verschillende niveaus behoefte zijn aan warmte. Het verwarmen van de vloer in een vriescel is een eenvoudige en veel toegepaste methode van warmteterugwinning waarbij de temperatuur meestal laag ligt (10-15°C). Bij het gebruik van vloerverwarming als comfortverwarming in kantoren en productieruimten of bij toepassing als warmtebron bij ontdooien of drogen moet deze temperatuur een stuk hoger liggen (ca. 40°C).

Wanneer proces of reinigingswater opgewarmd moet worden zal de gewenste temperatuur vaak nog veel hoger liggen. Tenslotte is er nog het segment waar het opwekken van warmte een doel op zich is en er meestal warmtepompen worden ingezet om deze hoogwaardige warmte op een constante temperatuur te leveren.

Binnen de klimaattechniek wordt vaak gebruik gemaakt van omkeerbare systemen. In de zomer dienen deze als airco en door de koelcyclus om te draaien (verdampers worden condensator, condensator wordt verdampers) kunnen deze in de winter dienen als warmtepomp.

Het moment van warmtebehoefte hoeft niet altijd gelijk te zijn aan het moment van de koudevraag en er kan ook sprake zijn van situaties waarbij kortstondig veel warmte gevraagd wordt. In deze gevallen kan gebruik gemaakt worden van een buffertank, zodat optimaal van de warmte terugwinning gebruik kan worden gemaakt. Een voordeel van een buffertank is ook dat gedurende de dag de temperatuur in stappen verhoogd kan worden en een zo hoog mogelijke temperatuur bereikt kan worden. Een buffertank heeft als bijkomend voordeel dat door middel van een recirculatiepomp de watertemperatuur steeds hoger kan worden opgevoerd en de stroming over de warmtewisselaar hoger is wat de warmteoverdracht ten goede komt. Naast een buffertank kan nog een aanvullend een secundair verwarmingssysteem gebruikt worden om de gewenste eindtemperatuur te garanderen of bereiken.



*Een warmteterugwinning met buffervat*

## Warmtepompen

Een warmtepomp is een omgekeerde koelinstallatie. De warmte wordt onttrokken uit de omgeving (buitenlucht, bodem of aangrenzend omgevingswater) of uit een primaire koelinstallatie en middels een koudemiddelkringloop naar een hoger niveau gebracht. In dat laatste geval spreekt men ook wel over een add-on warmtepomp. Momenteel zijn er hogedruk compressoren in de handel verkrijgbaar die condensatietemperaturen van 80 tot 90°C kunnen bereiken. De prestatie van de warmtepompen wordt uitgedrukt in COP (coëfficiënt of performance). De COP voor verwarmen wordt berekend door de warmte capaciteit ( $Q_c$ ) te delen door de stroomopname ( $Q_e$ ). Dit verschilt van de COP voor koelen, die kan berekend worden door de koelcapaciteit ( $Q_o$ ) te delen door de stroomopname ( $Q_e$ ). Van de add-on warmtepompen ligt de COP over het algemeen, afhankelijk van condities en koudemiddel, boven de 5 en de terugverdiertijden zijn over het algemeen kort.

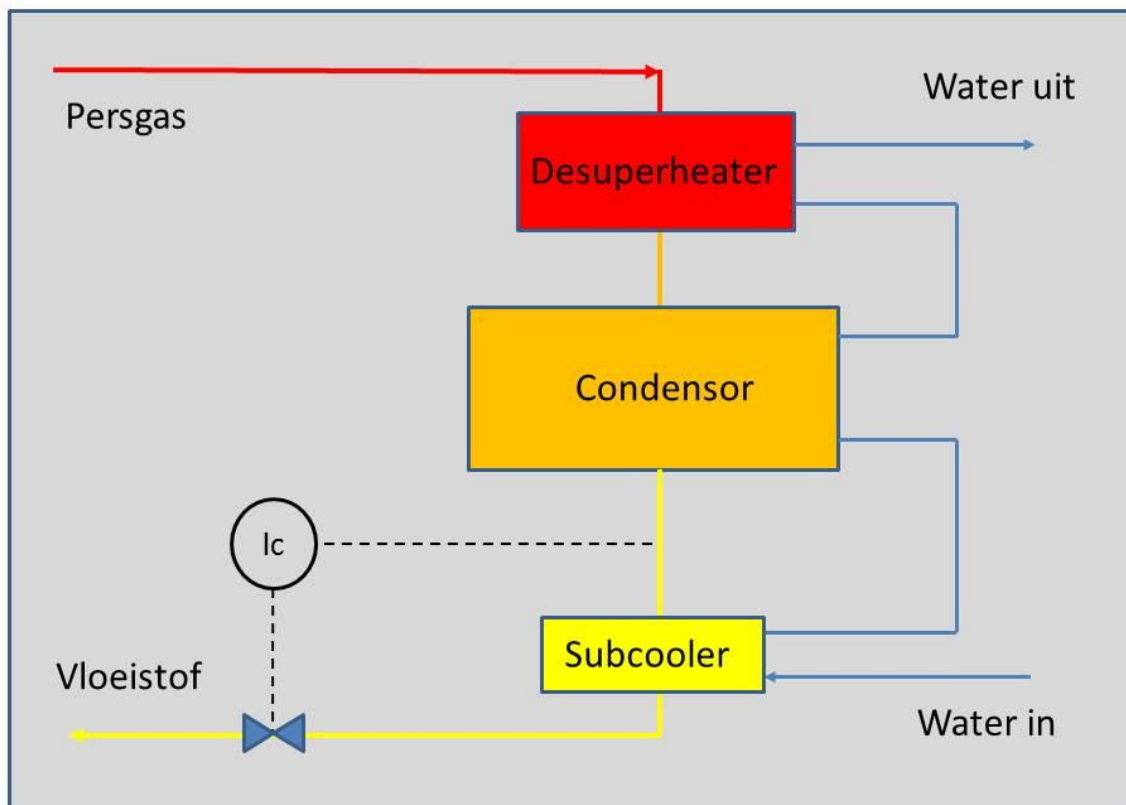
Om het rendement van een warmtepomp zo optimaal mogelijk te krijgen zal zoveel mogelijk warmte opgewekt moeten worden. Dit betekent in de praktijk dat het secundaire medium, meestal water, in een aantal stappen opgewarmd moet worden.



*Een industriële warmtepomp met verschillende temperaturniveaus*

## Componenten

Om de warmte over te dragen zijn een aantal componenten noodzakelijk. De meest eenvoudige manier van warmteterugwinning begint met een (luchtgekoelde) gevinde condensor in een te verwarmen ruimte of luchtbehandelingskast. Bij het gebruik van een secundair circuit (meestal water) zijn warmtewisselaars nodig, in de meeste gevallen zijn dit platen of shell & tube warmtewisselaars. In een optimaal systeem worden een aantal warmtewisselaars in serie gezet, maar soms zijn ook combinaties in één apparaat mogelijk.



*Schematische opstelling warmteterugwinning*

#### Desuperheater:

De desuperheater (persgaskoeler) onttrekt de warmte uit de persgassen van de compressor. Bij de opstelling moet rekening gehouden met eventueel gedeeltelijk condenseren van de persgassen (met name bij deellast condities). Vloeistof moet dan in de condensor kunnen lopen of worden afgevoerd naar een lagedrukdeel van de installatie. Een desuperheater kan in de centrale persgasleiding geplaatst worden om de maximale capaciteit te benutten, hier moet wel aandacht besteed worden aan de maximale toelaatbare weerstand over de desuperheater.

#### Condensor:

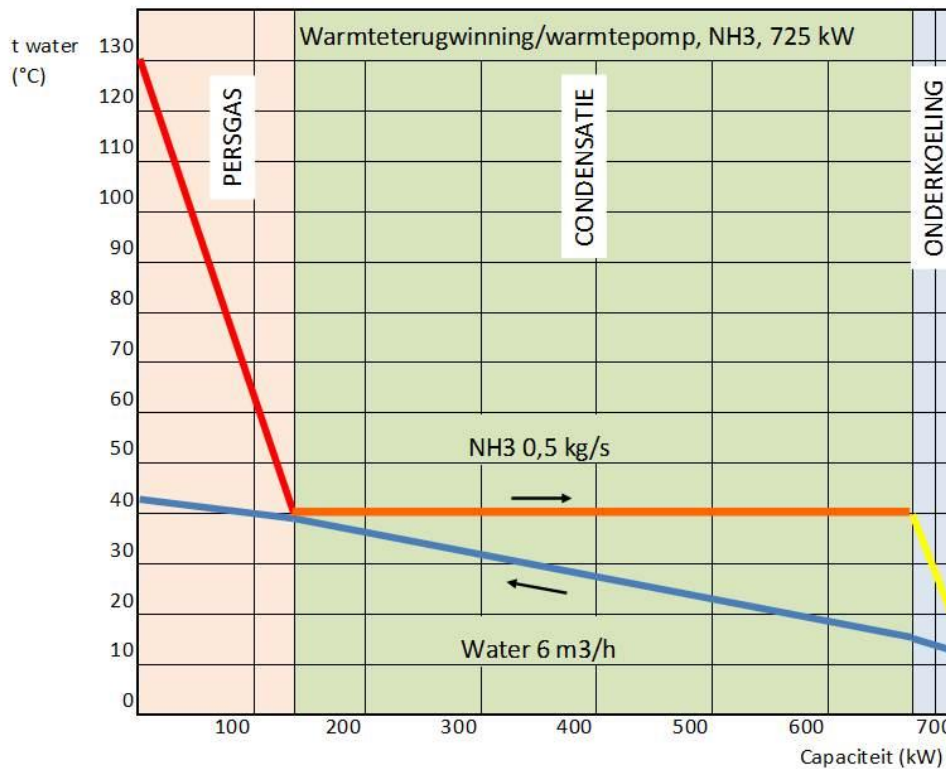
In de condensor kan het grootste deel van de warmte onttrokken worden (grootste enthalpie verschil). Uit de condensor komt verzadigde vloeistof. De condensor voor warmteterugwinning kan parallel aan de gebruikelijke condensor geplaatst worden. Eventueel kunnen regelventielen gebruikt worden om de prioriteit te kunnen bepalen en de condensatiedruk te kunnen verhogen.

#### Onderkoeler (subcooler):

Onderkoeling geeft niet alleen een betere COP maar maakt het ook mogelijk om het uiterste aan warmte te uit de installatie te onttrekken. Om een onderkoeler goed te laten werken moet deze volledig gevuld zijn met vloeistof. Het direct onder de condensor monteren van de onderkoeler zonder speciale maatregelen zal niet het gewenste

resultaat opleveren. Er moet een vloeistofzijdige scheiding zijn tussen de condensor en onderkoeler in combinatie met een niveauregeling.

Bij elke opstelling moet aandacht besteed worden aan voldoende servicepunten om niet condenseerbaar gas te kunnen verwijderen.



*Voorbeeld van de verschillende fasen bij warmteterugwinning*

## Aandachtspunten

Bij de toepassing van warmtewisselaars bij warmteterugwinning en warmtepompen waarbij de warmte overgebracht wordt op een secundair medium, bijvoorbeeld water, moet altijd aandacht besteed worden aan de materiaalkeuze van de warmtewisselaars. Bij hoge chloride concentraties in het water in combinatie met hoge temperaturen, kan bij roestvrijstaal (316L) spanningscorrosie optreden. Het kan noodzakelijk zijn in bepaalde gevallen te kiezen voor materialen met een betere corrosie bestendigheid. Andere aandachtspunten zijn kalkafzetting, biologische corrosie, en salmonella besmetting. Dit geldt zeker in combinatie met open systemen.

In de warmtewisselaar kunnen plaatselijk (persgas intrede) zeer hoge temperaturen optreden. Ga bij de beoordeling van dit soort systemen altijd uit van de maximaal optredende temperaturen.

Wanneer temperaturen verwacht worden waarbij het water kan gaan koken dan moet het watersysteem op overdruk gezet worden. Stilstaand water moet te allen tijde voorkomen worden.

## Tenslotte

Koudetechniek is het onttrekken van warmte. Door middel van warmteterugwinning kunnen we het "afvalproduct" warmte vaak op een eenvoudige, verantwoorde en rendabele manier inzetten voor andere doeleinden. Bijna overal waar koelinstallaties zijn opgesteld is er wel ergens warmtevraag. Warmtetechniek is een prachtige aanvulling op het vak koudetechniek.

Versie 1, 16-4-2013 JS