

Koelen met stadsverwarming

De warmte die bij de elektriciteitsproductie vrijkomt is via stadsverwarming 's winters te gebruiken voor het verwarmen van woningen en gebouwen. Maar ook kan deze warmte, met een absorptiekoelmachine, 's zomers dienen voor koeling van gebouwen. In Japan en de Verenigde Staten is dit een heel gangbare toepassing, maar in Nederland staat hij nog in de kinderschoenen.

Stadsverwarming wordt in ons land tot nu toe alleen gebruikt voor ruimteverwarming en de bereiding van warmwater. Voor de koeling, die 's zomers in bijvoorbeeld grote kantoren en ziekenhuizen nodig is, worden meestal elektrisch aangedreven koelmachines ingezet. Het is echter ook mogelijk te koelen met de warmte uit het stadsverwarmingsnet, en wel met behulp van een absorptiekoelmachine.

Techniek verbeterd

Een absorptiekoelmachine werkt met een normale thermodynamische koelcyclus, dat wil zeggen verdampen en condenseren van een koelmedium, echter zonder een elektrisch aangedreven compressor (figuur 1). Deze is vervangen door een combinatie van een absorber en een generator. In de absorber wordt het verdampte koelmedium geabsorbeerd door een tweede medium, waarna het vervolgens in de generator door het toevoegen van warmte weer wordt uitgedreven naar de condensor. Zo ontstaat een koelmachine, waarin niet met behulp van mechanische (elektrische) energie wordt gekoeld maar in hoofdzaak met thermische energie (warmte), die bovendien nog een betrekkelijk lage temperatuur, 80 tot 120 °C, mag hebben [1].

De laatste tijd zijn op het gebied van absorptiekoelmachines belangrijke vorderingen gemaakt. De machine kan met warmte van een lagere temperatuur worden bedreven en de koudefactor, de zogenaamde COP (coëfficiënt of performance), is verbeterd. Uit een studiereis naar Japan is gebleken dat een COP van circa 0,7 haalbaar is, zodat per op te wekken eenheid koude nog maar 1,4 eenheden warmte nodig zijn. Tevens blijkt ten minste één Japanse fabrikant een absorptiekoeler te hebben ontwikkeld die kan worden gevoed met water van 75 à 85 °C. Bij deze temperatuur, ver onder het kookpunt van water, hoeft de koeler niet meer als drukvat te worden ontworpen en is daardoor goedkoper. Dertien van deze koelers, met een koelcapaciteit tussen

J.J. Hof
Beleidsmedewerker
warmte/kracht en
stadsverwarming van
EnergieNed in Arnhem



300 en 600 kW_k, zijn geleverd of in bestelling; elf in Japan en twee in Taiwan.

Koelen met stadsverwarming kan op verscheidene manieren gestalte krijgen. Zo kunnen de absorptiekoelers bij de klanten worden opgesteld óf op een centrale plaats met van daaruit aparte koudnetten naar de klanten. Bovendien kan het energiebedrijf investeren in een absorptiekoeler, maar kan de klant dit ook zelf doen.

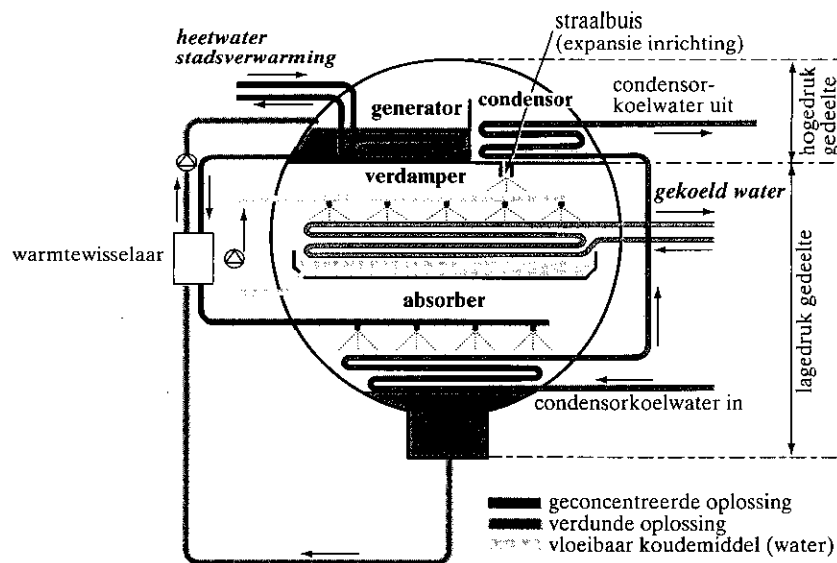
Voordelen

Het gebruik van stadsverwarming voor koeling levert een forse energiebesparing op. Zoals in figuur 2 op pagina 24 wordt becijferd is een besparing van ruim 70% te bereiken. Deze besparing leidt tot lagere emissies van CO₂ en NO_x. Een ander milieuvoordeel is dat absorptiekoelmachines in tegenstelling tot compressiekoelers niet met schadelijke cfk's werken, maar meestal met lithiumbromide.

Naast milieuvoordelen zijn er nog andere voordelen zowel voor de klant als voor het energiebedrijf. Voordeel voor de klant is dat een absorptiekoeler minder ruimte inneemt en minder lawaai maakt dan een compressiekoeler. Bovendien heeft de klant een zorg minder wanneer hij niet alleen de warmte-opwekking maar ook de koude-opwekking aan het energiebedrijf kan overlaten.

Voordeel voor het energiebedrijf is dat het gebruik van stadsverwarming voor koeling tot een betere benutting van het warmtenet in de zomer leidt. Daardoor neemt tevens de bedrijfstijd van de warmte/kracht-installatie toe. Daarnaast kan het energiebedrijf door ook koeling aan te bieden

1 Werking absorptiekoelmachine



klanten werven die stadsverwarming voor alleen verwarming niet aantrekkelijk genoeg vinden.

Buiten deze voordelen moet de optie uiteraard financieel rendabel zijn. De koude kan met korting aan de klant worden geleverd, zeker wanneer deze de eigen koelinstallaties voor pieklast gebruikt. Maar ook kan het energiebedrijf een koudprijs hanteren waarbij de klant evenveel betaalt als bij een conventionele koelmachine. In dat geval wordt de marktwaarde van koude, net als bij warmte, volgens het 'niet meer dan anders' principe vastgesteld. Daarvoor moeten de kosten van de conventionele koelmachine zoals kapitaallasten, onderhoudskosten en elektriciteitskosten worden berekend. Dit leidt tot een marktwaarde van koude van 30 - 40 gulden per GJ_k, ongeveer het dubbele van de marktwaarde van warmte.

Levering van koude tegen deze prijs is voor het energiebedrijf zeker rendabel wanneer al een aansluiting op stadsverwarming aanwezig is. De meerinvestering van een absorptiekoelmachine ten opzichte van een compressiekoelmachine is namelijk binnen vijf jaar terugverdiend bij een vermogensgrootte van minstens 1000 kW_k [2]. Daarbij is gerekend met de prijs die het distributiebedrijf

voor de warmte aan het productiebedrijf betaalt (3 à 8 gulden per GJ) en de elektriciteitsprijs van de klant (15 à 20 cent per kWh). De terugverdiendtijd van vijf jaar heeft betrekking op

een eenheid van 1000 kW_k bij een warmteprijs van 3 gld/GJ en een elektriciteitsprijs van 15 ct/kWh én op een eenheid van 2000 kW_k bij een warmteprijs van 8 gld/GJ en een elektriciteitsprijs van 20 ct/kWh. Een eenheid van 500 kW_k is in acht jaar terugverdiend bij een warmteprijs van 3 gld/GJ en een elektriciteitsprijs van 20 ct/kWh.

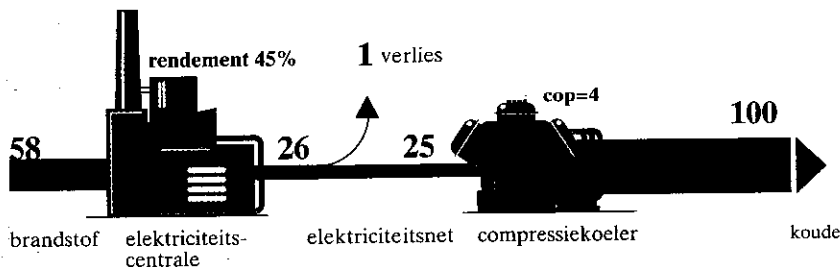
Ook in Nederland

In landen als de Verenigde Staten en Japan is koelen met stadsverwarming niets nieuws. In de Verenigde Staten dateren de oudste stadskoelsystemen uit begin jaren vijftig en wordt in 32% van de gevallen waarin warmte wordt gedistribueerd ook gekoeld water gedistribueerd. Japan telt alleen al in Tokio verscheidene projecten waaronder de Makuhari District Heating and Cooling Plant met een koelcapaciteit van 100 MW_k voor circa een miljoen m² kantooroppervlak. Vrijwel alle 99 stadsverwarmingsprojecten in Japan leveren ook koude. Meestal worden aparte koudenetten aangelegd met een aanvoertemperatuur van 6 °C en een retourtemperatuur van 12 °C. Ook dichter bij huis wordt met stadsverwarming gekoeld zoals in het Zweedse Västerås.

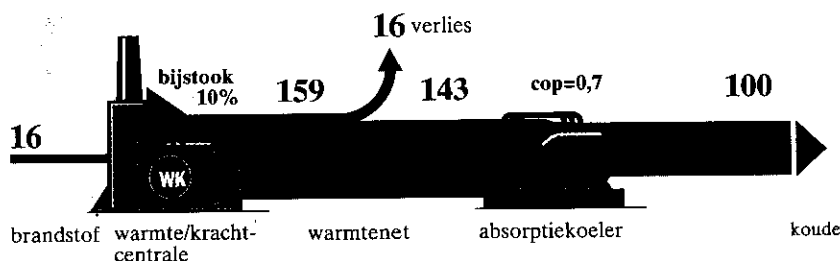
De behoefte aan gebouwkoeling is door het klimaat in ons land weliswaar geringer dan in Japan en de Verenigde Staten maar toch aanzienlijk. Vooral bij grotere gebouwen en ziekenhuizen blijkt de specifieke behoefte aan koeling (in W_k/m²) relatief groot te zijn en zelfs de specifieke warmtebehoefte te benaderen. In 1990 was 23% van het vloeroppervlak van onze kantoren van koeling voorzien, waarvoor 950 MW_k staat opgesteld en jaarlijks 130 miljoen kWh elektriciteit wordt gebruikt [2]. De penetratie van koeling zal vermoedelijk stijgen tot gemiddeld 39%, en bij de grootste gebouwen tot 68%, in het jaar 2000. De behoefte aan koeling groeit door meer computers, door meer mensen per m² kantooroppervlak, door lichtere bouw met relatief veel glas en door betere isolatie waardoor in voor- en najaar meer koeling nodig is. Naast kantoren zijn ziekenhuizen gebou-

**Marktwaarde koude
ongeveer
dubbele van
marktwaarde warmte**

conventioneel koelen



koelen met stadsverwarming



$$\text{besparing: } \frac{58 - 16}{58} = 70\%$$

©TG/Unger'93

Het maken van 100 eenheden koude vergt de
aangegeven eenheden energiestromen.

wen met een grote koelbehoefte. Tebodin raamt het totale technisch potentieel voor absorptiekoeling tot 2000 op 280 MW_k in kantoren en 120 MW_k in ziekenhuizen.

Verscheidene studies

In Nederland zijn inmiddels twee proefprojecten met koeling door stadsverwarming gerealiseerd. De stadsverwarmingsbedrijven van Rotterdam en Almere maken er in hun eigen kantoor gebruik van. In het nieuwe hoofdkantoor van het GEB Rotterdam aan de Rochussenstraat staat een absorptiekoeler van 450 kW_k opgesteld [3]. Hij wordt gevoed met stadsverwarmingswater van 90 °C dat minstens 20 °C wordt afgekoeld. Het project levert een besparing op van 120 000 m³ aardgasequivalent per jaar en heeft een meerinvestering gevegd van 515 000 gulden. De rijksoverheid heeft via Novem voor dit demonstratieproject 25% subsidie en 25% krediet verstrekt.

De installatie in Almere voor de koeling van een kantoorruimte in het magazijn van de PGEM is met 2,7 kW_k veel kleiner. Het is dan ook een veldproef met een adsorptie-warmtepompkoeler die door De Beijer RTB uit Arnhem is ontwikkeld [4]. Het systeem bestaat uit een 'warme' kamer en een 'koude' kamer. De warme kamer, accumulator genoemd, bevat een warmtewisselaar met daar omheen de vaste-stof-adsorber (het zout Na₂S). De koude kamer bevat het adsorbaat (H₂O), de verdampingsvloeistof. Er zijn twee cyclussen te onderscheiden namelijk een laad- en een ontladencyclus. De warmtepomp kan 1,1 kWh warmte per kg zout opslaan, terwijl aan een kg zout 0,8 kWh koude kan worden onttrokken. Een COP van 0,5 wordt haal-

baar geacht. Het prototype in Almere bestaat uit zes standaardmodules, opgesteld in twee rijen van drie stuks. Zo ontstaat een twee-trapsinstallatie, die óf dubbele capaciteit kan leveren óf waarbij één trap kan worden geladen terwijl de andere tegelijkertijd kan ontladen. De kosten van de veldproef bedragen 247 300 gulden, waaraan Novem 100 000 gulden bijdraagt, PGEM 20 000 gulden en Energie-Ned 25 000 gulden.

Inmiddels werken diverse stadsverwarmingsbedrijven aan haalbaarheidsstudies voor concrete projecten in hun voorzieningsgebied. Dergelijke studies worden uitgevoerd in Den Haag, Amsterdam, Rotterdam (onder andere Dijkzicht-ziekenhuis), Enschede en Purmerend (ziekenhuis). ■

Literatuur

1. Ir. J.B. Fortuin en ing. L. Snoek: 's Zomers koelen met w/k-installatie in ruim een jaar terug te verdienen; Energie- en Milieutechnologie, maart 1992, pag. 24 - 27.
2. Tebodin: Vervolgonderzoek naar de toepasbaarheid van absorptiekoeling in combinatie met warmte/kracht-koppeling; december 1992.
3. Absorptiekoelmachine aangesloten op stadsverwarming; demonstratieproject nr. 400, Novem, augustus 1991.
4. Ing. J. Thomassen en ing. J.W. Klein Horsman: Warmte opslaan en koude maken door zout te verwarmen; Energie- en Milieuspectrum, april/mei 1993, pag. 22 - 25.