

# Warmtepomp voor water van 80°C

H.J.Soede en G.M.V.H Wolters (sectie melkqualiteit)

In samenwerking met een student van de vakgroep koudetechniek van de TU-Delft is de haalbaarheid van een hoge temperatuur warmtepomp (HTWP) onderzocht. De HTWP kan warmwater van  $\pm 80^\circ\text{C}$  produceren uit de energie die vrijkomt bij het koelen van melk.

Op die manier zijn energiebesparingen mogelijk tot 80%. Het onderzoek is mede gefinancierd door de NOVEM (Nederlandse Maatschappij voor Energie en Milieu).

Momenteel hebben  $\pm 12.000$  melkveebedrijven een warmteterugwinningsinstallatie. Dit zijn vooral bedrijven met 50 of meer melkkoeien, en die niet beschikken over aardgas. Bij een warmteterugwinningsinstallatie wordt de energie, die vrijkomt bij het koelen van melk, met een warmtepomp aan water overgedragen. Er zijn twee systemen: de boiler condensor en de water condensor. Beide systemen produceren afhankelijk van de hoeveelheid te koelen melk warm water van  $\pm 60^\circ\text{C}$ . Globaal wordt per twee liter melk één liter warmteterugwinningswater geproduceerd.

In het algemeen komt er bij de koeling van melk meer warmte uit melk beschikbaar dan nodig is voor het verwarmen van warm water. De warmte wordt via een water- of luchtgekoelde condensor afgenomen en gaat verloren. Door nu met een HTWP deze energie wel te benutten zijn energie-

besparingen tot 80% mogelijk. Voor de reiniging van melkwinningsapparatuur wordt warmteterugwinningswater op nagenoeg alle bedrijven doorverwarmd tot  $\pm 80^\circ\text{C}$ . Er vindt dus een extra aankoop van elektrische energie plaats, terwijl er voldoende energie in de melk voorhanden is.

## Energie in melk

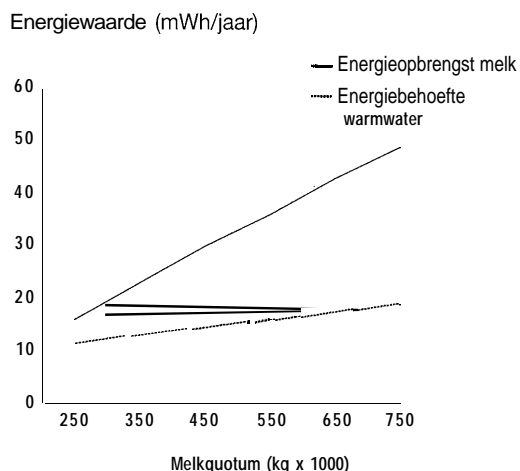
De hoeveelheid energie in melk is hoger dan de gemiddelde energiebehoefte aan warmwater op een bedrijf. Dit is weergegeven in figuur 1 waar de energiewaarde aanwezig in melk en de energiewaarde voor de productie van warmwater ( $80^\circ\text{C}$ ) is uitgezet tegen de totale melkproductie per jaar. Bij het koelen van 100 kg melk, van  $36^\circ\text{C}$  naar  $4^\circ\text{C}$ , komt  $\pm 3,5$  kWh vrij. Een lamp van 100 watt zou hier 35 uur op kunnen branden. De koelinstallatie gebruikt voor het koelen van 100 kg melk 1,5 kWh.

## Werking bestaande warmtepompen

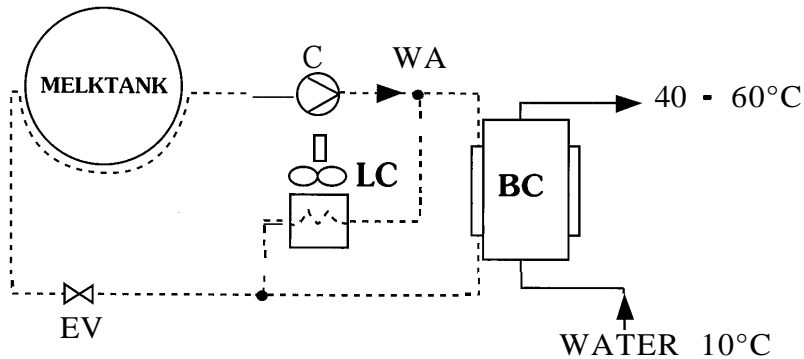
Bij het mechanisch koelen van melk wordt de vrijkomende warmte afgegeven aan de omgeving en gaat in principe verloren. Bij de warmtepomp wordt deze warmte overgedragen aan water zodat warm water van  $\pm 60^\circ\text{C}$  ontstaat. In figuur 2 is een bestaande warmtepomp in schema weergegeven.

Het koelgas (freon) wordt door een compressor samengeperst en naar de condensor gepompt. Bij een warmtepompinstallatie wordt de warmtewisselaar of condensor gekoeld met water in plaats van lucht, het koelgas condenseert tot vloeistof en gaat naar de verdamer van de melkkoeltank. Door een lagere druk bij het expansieventiel verdampt het koelgas. Dit verdampen kost warmte die aan de melk onttrokken wordt. Het verdampende en opgewarmde koelgas wordt weer door de compressor aangezogen en samengeperst. Dit proces herhaalt zich.

**Figuur 1** Hoeveelheid energie (mWh/jaar) in melk en energiebehoefte (mWh/jaar) voor water van  $80^\circ\text{C}$  bij verschillende bedrijfsgroottes



**Figuur 2** Schema van een warmtepompinstallatie van het type boiler condensor



C = compressor  
 CC = cascade condensor  
 EV = expansieventiel

LC = luchtgekoelde condensor  
 BC = boiler condensor  
 WA = wisselafsluiter

### Werking HTWP

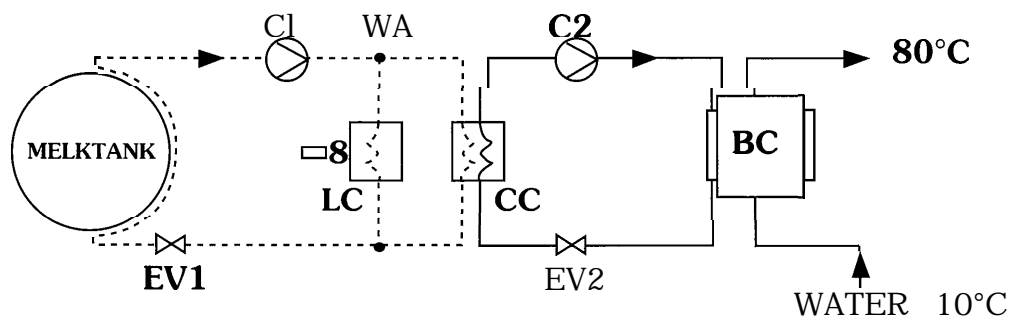
Het principe van de HTWP is hetzelfde als de bestaande warmtepompen. Bij de HTWP wordt vanuit het koelcircuit van de metkoeltank de warmte afgegeven aan een tweede circuit met koelgas in plaats van water (figuur 3). De plaats waar deze warmte wordt overgedragen is de cascade condensor. Het tweede circuit is vergelijkbaar met het eerste. Een tweede compressor verhoogt de druk van het tot  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  opgewarmde en verdampte koelgas waardoor de temperatuur verder stijgt. De warmte wordt nu door het koelgas afgegeven aan een boiler condensor. Er ontstaat dan heet water van  $\pm 80^{\circ}\text{C}$ . Technisch is het mogelijk om een hogere temperatuur te bereiken. Het rendement neemt bij hogere temperaturen echter sterk af. In geval van hittereiniging moet dan ook in een aparte kookunit worden doorverwarmd naar  $98^{\circ}\text{C}$ . Als de boiler condensor vol zit met heet water dan kan de warmte niet meer worden afgegeven aan het water en neemt een luchtgekoelde condensor de taak over.

Een probleem op dit moment is de keuze van het koelgas. Door invoering van het Montreal Protocol is de keuze beperkt. Het koelgas mag geen Chloorverbindingen (CFK) bevatten die de ozonlaag kunnen aantasten. Het tweede circuit van de HTWP moet worden uitgevoerd met koelgas dat hoge temperaturen kan overbrengen/verdragen. Voor het eerste circuit wordt R22 of R134<sub>a</sub> als koelgas voorgesteld, voor het tweede circuit R123 of R160.

### Rendement

In tabel 1 is voor een aantal situaties het energieverbruik en de bijbehorende kosten voor heetwaterproductie berekend. Hierbij zijn twee heetwaterverbruiken doorgerekend:  $100\text{ m}^3$  en  $150\text{ m}^3$  per jaar. Een HTWP levert een energiebesparing van 81% ten opzichte van gebruik van een elektrische boiler. De huidige warmtepompen leveren een energiebesparing van 58%. Wanneer echter gekeken wordt naar het kosten aspect, dan blijkt de nieuwe HTWP in alle situaties de duurste oplossing, ondanks de grote energiebesparing. De goedkoopste alternatieven op dit moment zijn het verwarmen met behulp van gas of met een warmtepomp. Toepassen van een HTWP wordt aantrekkelijker als er een grotere heetwaterbehoefte op het bedrijf aanwezig is, bijvoorbeeld in de huishouding. Daarnaast wordt het systeem aantrekkelijker bij hogere energie prijzen. In tabel 1 is een vergelijking gemaakt tussen een energieprijzen van 20 cent per kW en 25 cent per kW. Het verschil in kosten tussen een HTWP en een elektrische boiler is in deze situatie nog maar 100 gulden. Als op een bedrijf een compleet nieuwe installatie aangeschaft moet worden dan worden de totale kosten met HTWP gereduceerd met ongeveer 18%, waardoor de economische haalbaarheid gunstiger wordt. De toepassing van een HTWP kan tevens aantrekkelijker worden bij een lagere aanschafprijs (hier begroot op f 15.000,-) door grote productie en / of aanschafsubsidies. Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn om een HTWP te huren of te leasen van het energiebedrijf.

**Figuur 3** Schema uitvoering hoge temperatuur warmtepomp in een melkkoelinstallatie



C1 en C2 = compressor  
 CC = cascade condensor  
 EV1 en EV2 = expansieventiel  
 LC = luchtgekoelde condensor  
 BC = boiler condensator  
 WA = wisselafsluiter

**Toekomst**

De HTWP is nog niet in de praktijk uitgetest. Waarschijnlijk zal in samenwerking met het energiebedrijf, de TU-Delft en de koeltechniek industrie komende tijd een prototype gemaakt worden. Met dit prototype kan dan getest worden of een praktische toepassing in de melkveehouderij haalbaar is. De technische haalbaarheid van de HTWP is in de studie van de TU-Delft beschreven en wordt ondersteund door industrie en energie-

bedrijf. De economische haalbaarheid zal echter afhangen van een aantal eerder genoemde factoren. Energieprijzen blijven stijgen en de vervanging van bestaande koelinstallaties neemt toe. Daarnaast wordt de warmwaterbehoefte van bedrijven groter door een toenemende bedrijfsomvang. Toepassing van een hittereiniging kan bij een grote heet waterproductie met een HTWP aantrekkelijk zijn.

**Tabel 1** Energieverbruik (kWh en %) en jaarlijkse kosten (f), bij een energieprijis van 20 cent en 25 cent, van verschillende verwarmingssystemen voor het produceren van water van 80°C

Heetwaterbehoefte (m <sup>3</sup> )	Energieverbruik(kWh/jaar)			Totale kosten 20 ct/kWh (f)		Totale kosten 25 ct/kWh (f)	
	100	150	%	100	150	100	150
HTWP (80°C)	1759	2795	42	3691	3886	3788	4033
WP (60°C)	4104	6157	100	2008	2419	2214	2727
Elektrische boiler	9578	14367		2224	3181	2702	3899
Gasboiler	----	---	---	1321	1828	1561	2187