

Gaswarmtepompen

Gaswarmtepompen zorgen voor een efficiënt gebruik van fossiele energie en het ontlasten van het elektriciteitsnet. Dit artikel gaat in op de verschillende varianten van gaswarmtepompen en beschrijft kort een aantal praktijk cases. Vooral toepassingen waarbij het gehele jaar gelijktijdig wordt verwarmd en gekoeld, zoals in ziekenhuizen en in combinaties van gebouwen (bijvoorbeeld) een kantoor naast een datacentrum, leveren spectaculaire opwekkingsrendementen op. De terugverdientijd is minder dan vijf jaar, omdat hierbij geen investeringen voor de warmtebron noodzakelijk zijn. Tegelijkertijd worden in veel gevallen financiële besparingen behaald omdat het elektriciteitsnet niet hoeft te worden verzwaaard.

Ir. J.E. (Jan Ewout) Scholten en ir. P. (Piet) Jacobs, TNO; ing. R.C. (Rob) Goes en S. (Simon) Kamerbeek, Liander

Gevoed door de trend naar verduurzaming, staat de Nederlandse energievoorziening aan de vooravond van een flinke verandering. De energievraag is aan het veranderen. Waar vroeger gekozen werd voor een gasgestookte cv-ketel valt de keuze tegenwoordig steeds vaker op een elektrische warmtepomp; de elektrificatie van de gebouwde omgeving. Hierdoor treedt een verschuiving op in de benutting van de infrastructuur. De Nederlandse energienetten behoren tot de beste van de wereld. Het elektriciteitsnet is zeer betrouwbaar en het gasnetwerk is tot in de haarvaten vermaasd. Netbeheerder Liander is op zoek naar mogelijkheden om de huidige kapitaal intensieve energienetten beter te benutten en de betrouwbaarheid nog verder te vergroten; zonder meerinvesteringen meer (duurzame) energie transporteren.

■ VERANDERENDE ENERGIEVRAAG

Om ook in de toekomst de leveringszeker-

heid van energie te garanderen, lijken grote investeringen onvermijdelijk. Om inzicht te geven in de te verwachten investeringen in de toekomst, als gevolg van netverzwaringen voor koeling en verwarming, heeft Liander een onderzoek uitgevoerd. Hieruit blijkt dat in het Liander-verzorgingsgebied de komende 20 jaar ongeveer 50 tot 100 miljoen euro geïnvesteerd moet worden in het elektriciteitsnet. Dit zijn maatschappelijke kosten die alle aangeslotenen via hun energierekening betalen. In Nederland wordt volgens Agentschap NL 28 PJ aan elektriciteit gebruikt voor koeling. Dat is 3% van het totale elektriciteitsverbruik. Het Plan Bureau voor de Leefomgeving (PBL) verwacht een globale toename van zo'n 300% van de koelvraag tot 2033. Voor het Liander-gebied betekent dit een toename van 18 PJ. Dit is een gemiddeld continu vermogen van 600 MW. Ook worden er steeds meer elektrische warmtepompen verkocht. De afgelopen drie jaar is er in Nederland per jaar 120 MW thermisch vermogen aan warmtepompen

bijgeplaatst. Met een COP van 4 levert dit een toename van belasting op het elektriciteitsnet van Liander van 10 MW per jaar.

Door te kijken naar alternatieve energiedragers kunnen deze netwerkinvesteringen deels voorkomen worden. Eén van de oplossingen noemen we de 'crossovers'. Hiermee wordt bedoeld dat alle energiedragers beter benut moeten worden. De klant wordt een energievorm aangeboden waarbij geen of minder netinvesteringen nodig zijn. Vanuit deze achtergrond is het maatschappelijk interessant om te kijken naar de mogelijkheden die gaswarmtepompen bieden om duurzaam warmte en koude te leveren, waarbij duidelijk rekening wordt gehouden het voorkomen van netverzwaringen.

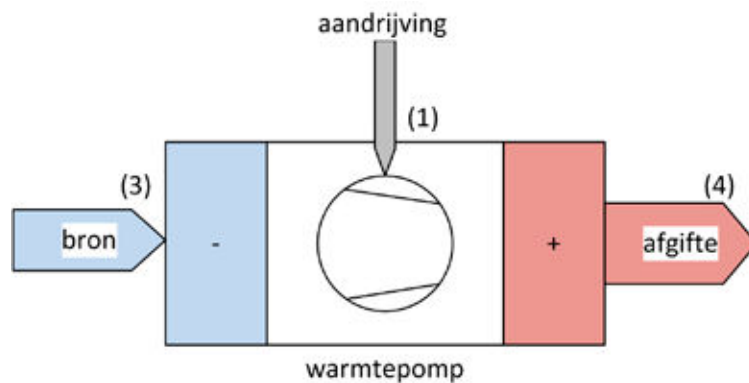
Met de inzet van gaswarmtepompen kan dus waarde toegevoegd worden aan het energiesysteem van Nederland. Een gaswarmtepomp was lange tijd een onderbelichte techniek. De ontwikkelingen van de afgelopen jaren hebben de gaswarmtepomp aanzienlijk

verbeterd, zodat deze kan concurreren met elektrische warmtepompen. Dit blijkt ook uit de toenemende vraag naar gaswarmtepompen in bijvoorbeeld verzorgingshuizen, kantoorgebouwen en recreatiegebieden. De eigenaren van de gaswarmtepompen hebben daarbij het voordeel dat ze niet hoeven te investeren in dure elektrische netverzwaringen en profiteren tegelijkertijd van een hogere betrouwbaarheid van energielevering. De betrouwbaarheid van het gasnet is namelijk 25% maal groter dan de betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet. Dit maakt dat de leveringszekerheid van energie aanzienlijk verhoogd kan worden. Met name exploitanten van datacenters zijn hierin zeer geïnteresseerd. Ook voor de netbeheerder kan het inzetten van gaswarmtepompen een positief effect hebben. In de zomerperiode heeft het gasnet in Nederland een flinke overcapaciteit, daarentegen wordt het elektriciteitsnet in de zomerperiode juist zwaar belast. De gaswarmtepompen die nu op de markt beschikbaar zijn, kunnen aangesloten worden op het lagedruk-gasnet. Door de hoge calorische waarde van gas kan er gemakkelijk een groot thermisch vermogen opgesteld worden. Hierdoor kunnen benodigde verzwaringen in het elektriciteitsnet worden voorkomen. Een ander voordeel van het beter benutten van het gasnet in de zomer is het invoeden van groen gas. Door een grotere afname in de zomer wordt het mogelijk om meer invoeders toe te laten en wordt er een afnamegarantie gecreëerd die voor groengasvoeders de drempel verlaagt om te investeren in een groengasinstallatie.

PRINCIPE WARMTEPOMP

Warmte op een laag temperatuurniveau (bijvoorbeeld 10 °C) – bronwarmte – kan met een warmtepomp efficiënt worden opgewaardeerd tot warmte die kan worden gebruikt voor ruimteverwarming of voorverwarming van warmtapwater (tot ca. 50 °C). Het principe van de warmtepomp wordt weergegeven in figuur 1. De in de principeschema's gebruikte getallen voor de verwachte prestaties van de verschillende soorten warmtepompen zijn indicatief.

Voor de energetische prestatie van een warmtepomp wordt het kental COP (Coefficient Of Performance) gebruikt. Ter indicatie heeft een elektrische warmtepomp een COP van 4. Met behulp van één eenheid aandrijfenergie worden drie eenheden bronwarmte opgewaardeerd tot vier eenheden afgiftewarmte. De onttrekking van warmte uit de bron betekent dat de bron verder wordt afgekoeld. Door een warmtepomp omgekeerd in te zetten, kan de warmtepomp ook dienst doen als koelmachine. Het produceren van kou is hetzelfde



-Figuur 1- Principe van de (elektrische) warmtepomp, de getallen tussen haakjes geven indicatief de grootte van de energiestromen weer

| Wegingsaspect | Score |
|--|---------------|
| Dominante warmtevraag | Nee=0 Ja=20 |
| Koeling gewenst | Nee=0 Ja=20 |
| Heeft de huidige elektriciteitsaansluiting voldoende capaciteit? | Ja=0 Nee=20 |
| Is er een gasaansluiting aanwezig met voldoende capaciteit? | Ja=0 Nee= -10 |
| Temp. >55 °C gewenst | Nee=30 Ja=20 |
| Hoge energieprestatie bijvoorbeeld A-label gewenst | Nee=0 Ja=20 |
| Score: 0 – 35 GW lijkt geen optie 35 – 75 zinvol GW te onderzoeken 75 – 100 GW zeer kansrijk | |

-Tabel 1- Beslismodel gaswarmtepomp

als het onttrekken van warmte. Met dezelfde kentallen als hiervoor genoemd, is de COP voor koude-opwekking dan 3. Er moeten dan vier eenheden warmte op een hoger temperatuurniveau worden afgevoerd. Hoe groter het temperatuurverschil tussen bron en afgifte, hoe minder efficiënt de opwaarding plaatsvindt. Voornoemde geldt voor een elektrische warmtepomp vanwege de vrijwel verliesloze aandrijving door een elektromotor. De rendementsverliezen zitten dan ook niet in de warmtepomp of elektromotor, maar in de elektriciteitsopwekking en -verdeling. Gemiddeld gaat in Nederland 61% van de primaire energie verloren, wat een opwekkendement van 39% oplevert. Met een COP van 4 wordt een Primair Energy Rendement (PER) voor warmteopwekking met een elektrische warmtepomp bereikt van $4 \cdot 39\% = 1,56$. Het PER is gedefinieerd als het quotiënt van de door de warmtepomp geleverde energie en de hoeveelheid geconsumeerde primaire energie.

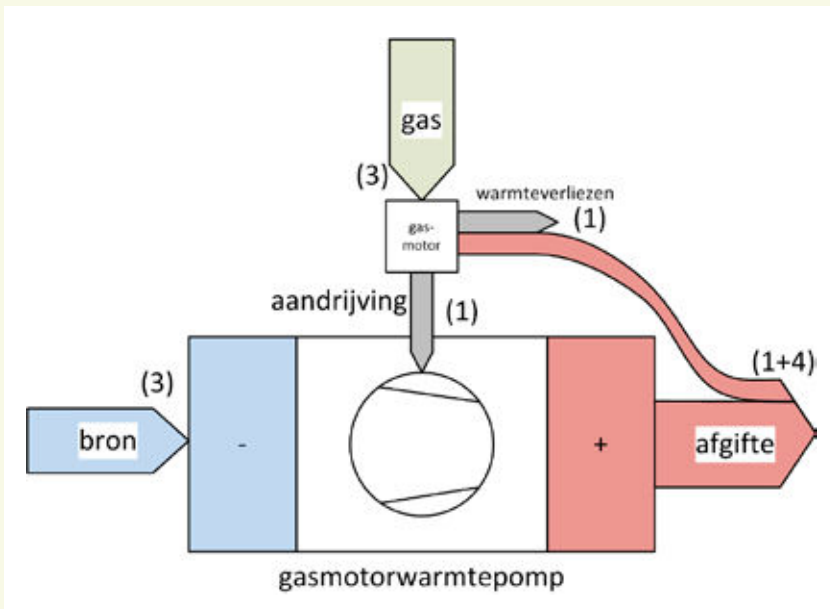
GASWARMTEPOMPEN

Door warmtepompen met gas aan te drijven

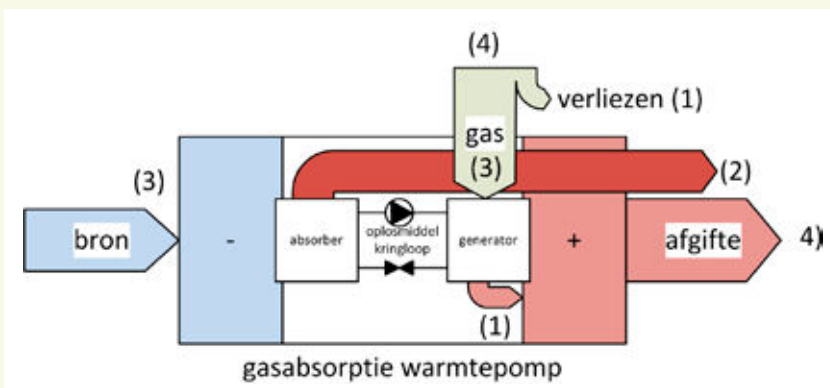
kunnen de warmteverliezen die bij de aandrijving ontstaan nuttig worden ingezet. Er worden twee typen gaswarmtepompen onderscheiden die commercieel verkrijgbaar zijn. De gasmotorwarmtepomp en de gasabsorptiewarmtepomp. Een gasmotorwarmtepomp is in principe vrijwel identiek aan een elektrische warmtepomp. De compressor wordt dan niet aangedreven door een elektromotor, maar door een gasmotor. Een gasabsorptiewarmtepomp is een complexer apparaat waarbij de compressor in zijn geheel vervangen is door een compressor die werkt met chemische oplossingen. Tabel 1 geeft een beslismodel waaruit u zelf eenvoudig kunt afleiden of een gaswarmtepomp in een bepaalde toepassing kansrijk is ten opzichte van een elektrische warmtepomp.

GASMOTORWARMTEPOMP

Bij een gasmotorwarmtepomp wordt circa 30% van het opgenomen gasvermogen omgezet in aandrijfenergie. Van de overgebleven 70% is de helft warmteverlies. De andere helft kan als nuttige warmte worden toege-



-Figuur 2- Principe van de gasmotorwarmtepomp, de getallen tussen haakjes geven indicatief de grootte van de energiestromen weer



-Figuur 3- Principe van de gasabsorptiewarmtepomp, de getallen tussen haakjes geven indicatief de grootte van de energiestromen weer



-Figuur 4- Politiebureau Hoofddorp (bron: Gasengineering)

voegd aan de warmteafgifte (zie ook figuur 2). De prestatie van de gasmotorwarmtepomp wordt uitgedrukt in de GUE (Gas Utilization Efficiency) analoog aan de PER voor een elektrische warmtepomp. De GUE is gedefinieerd als het quotiënt van de door de warmtepomp geleverde energie gedeeld door de hoeveelheid geconsumeerde primaire energie in de vorm van aardgas. De prestatie van de gasmotorwarmtepomp, die voor de eenvoud van de vergelijking dezelfde elektrische warmtepomp gebruikt als in figuur 1, komt uit op $GUE = (1+4)/3 = 1,67$. Voor koeling geldt voor dit voorbeeld $GUE = 3/3 = 1$. Voor een elektrische warmtepomp is het primair energierendement op basis van deze eenvoudige vergelijking voor verwarming en koeling respectievelijk 1,56 en 1,17. In toepassingen waarbij de nadruk op koeling ligt, is vanuit energetisch oogpunt een elektrische warmtepomp in het voordeel. Indien de nadruk op verwarming ligt, is de gaswarmtepomp energetisch in het voordeel. Echter, zoals aangegeven worden voor deze vergelijking een aantal vereenvoudigingen gemaakt. Onder andere wordt hierin het positieve effect van de relatief hoge temperatuurniveau van de motorwarmte niet meegenomen. Daarnaast hangt het rendement in de praktijk natuurlijk af van de product specifieke uitvoering van de warmtepomp en hoe deze regeltechnisch wordt aangestuurd.

■ GASABSORPTIEWARMTEPOMP

Een gasabsorptiewarmtepomp heeft naast een koelmiddelkringloop ook een oplosmiddelkringloop die de functie van de compressor overneemt. Deze oplossingskringloop wordt aangedreven door hogetemperatuurwarmte die met een gasvlam wordt gemaakt. Bij de generator wordt warmte in de kringloop opgenomen bij het uitkoken van de oplossing. Op hoge druk komt koelmiddel vrij dat in de condensator warmte afgeeft. Een klein deel van de bij de generator vrijkomende warmte wordt hier toegevoegd. Bij het absorptieproces wordt warmte wordt de absorberent weer opgelost in de oplossingskringloop waarbij weer warmte vrijkomt. Deze warmte wordt weer toegevoegd aan de afgifte.

De prestatie van de gasabsorptiewarmtepomp heeft hiermee een $GUE = (2+4)/4 = 1,5$. De prestatie voor koeling is in dit geval $GUE = 3/4 = 0,75$. Voordeel van een gasabsorptiewarmtepomp ten opzichte van een gasmotorwarmtepomp is dat er minder bewegende onderdelen zijn. In potentie levert dit minder onderhoud en minder geluid en trillingen op. Naast de voordelen, komen uit de tot nu toe uitgevoerde projecten ook een aantal aandachtspunten naar voren. De gasabsorptiewarmtepomp heeft langere draaitijden nodig

voor een goed rendement. Moduleren brengt weinig rendementswinst. Om deze reden heeft het vaak de voorkeur om de warmtepomp in de basis in te zetten met circa 30% vermogensdekking en de rest aan te vullen met bijvoorbeeld cv-ketels.

■ UITVOERINGSTYPEN

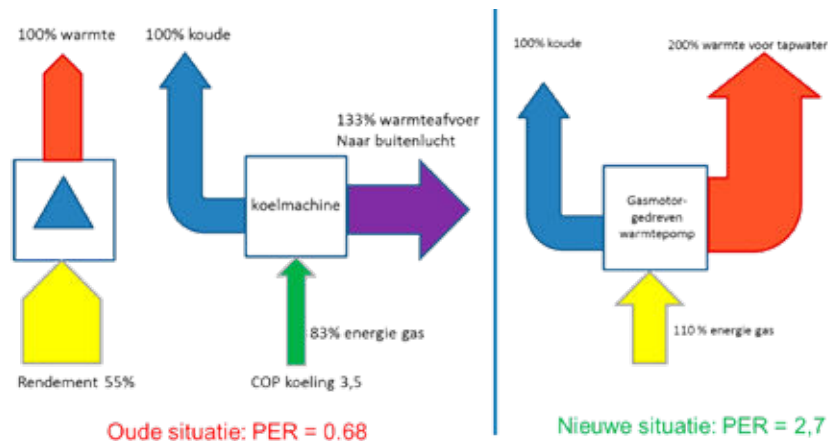
Afhankelijk van de toepassing zijn er verschillende uitvoeringen mogelijk van de warmtepompen. Onderscheid wordt gemaakt in bron- en afgiftesystemen. Als bron kan zowel lucht (buitenlucht) als water (bodemp of aquifer) dienen. Buitenlucht als bron heeft als nadeel dat de temperatuur van de buitenlucht daalt op het moment dat er juist een grote vraag is naar warmte. Deze dalende brontemperatuur heeft als gevolg dat de COP van de warmtepomp slechter wordt. Grondwater of bodemwarmtewisselaars als bron kennen dit probleem minder maar vereisen hogere investeringen. Bij een elektrische lucht/waterwarmtepomp bevriest bij lage buitentemperaturen de warmtewisselaar als gevolg van condensatie. Tijdens deze ontdooicyclus is de warmtepomp tijdelijk buiten bedrijf. Gaswarmtepompen kunnen de motorrestwarmte gebruiken om de verdampers vrij te houden van ijs en kunnen continu blijven doordraaien. In het handboek gaswarmtepompen (www.gaswarmtepompboek.nl) is ook uitgebreide informatie over gaswarmtepompen te vinden.

■ EPC, LABELSTAPPEN EN BREAM

Gaswarmtepompen zijn goed toepasbaar in de gebouwde omgeving. Door het hoge rendement ten opzichte van hr-ketels heeft een gaswarmtepomp een positief effect op de energiebesparing. Vooral als de functies koelen en verwarmen gelijktijdig zijn zal de besparingspotentie groot zijn. Op basis van een jaargemiddelde COP van 1,4 voor verwarming (opwekrendement conform NEN 7120 bij $T_{aanvoer} < 55^{\circ}\text{C}$ en buitenlucht als bron) zal de EPC voor een kantoorgebouw met ca. 15 procentpunten dalen. Ten opzichte van hr-ketels kunnen door gaswarmtepompen twee extra labelstappen worden gemaakt bij de renovatie van kantoren. In combinatie met andere installatietechnische maatregelen zoals wtw en led-verlichting kan tot een A-label worden gerenoveerd, hetgeen belangrijk is voor de verhuurbaarheid en een duurzame uitstraling. Goede voorbeelden hiervan zijn de renovatie van het politiebureau in Hoofddorp en de renovatie van Arag rechtsbijstand in Leusden met respectievelijk een gasabsorptiewarmtepomp en een gasmotorwarmtepomp. In het eerste geval werd van label G naar C gegaan en in het tweede geval



-Figuur 5- Gasmotorwarmtepomptoepassing bij kantoor met datacenter (bron: Reduces)



-Figuur 6- Energiediagram voor en na de gasmotorwarmtepomp in de installatieruimte van het Tergooi ziekenhuis (bron: Reduces)

van F naar A.

Het hoofdkantoor van de Odin groep in Hengelo heeft als één van de weinige gebouwen in Nederland het Bream-label 'Excellent' verdiend. Hierbij wordt onder andere een gasmotorwarmtepomp ingezet om de restwarmte van het datacenter op te waarden en het kantoor te verwarmen, zie figuur 5. Tegelijkertijd levert deze gasmotorwarmtepomp koude voor de proceskoeling van het datacenter. Op deze wijze wordt uiterst duurzaam energie uitgewisseld tussen beide panden. Door te kiezen voor een gaswarmtepomp kan in het datacenter voldoende koelcapaciteit gerealiseerd worden zonder dat er een kostbare verzwaring van het elektriciteitsnet nodig is.

■ KORTE TERUGVERDIENTIJD

In het ziekenhuis van Blaricum wordt een gaswarmtepomp toegepast om ruimteverwarming en warm tapwater te leveren, tegelijkertijd levert de gaswarmtepomp koeling voor de operatiekamers en scanapparatuur. Omdat er het gehele jaar een gelijktijdige warmte- en koudevraag is, is er in dit geval geen bron noodzakelijk. In de oorspronkelijke situatie werd er afzonderlijk warmte en koude gemaakt, zie figuur 6. De PER bedroeg in deze situatie 0,68. In de nieuwe situatie wordt de warmte die bij de koeling vrijkomt nuttig gebruikt en bedraagt de PER 2,7. Omdat er geen bron noodzakelijk is en de bestaande gasaansluiting voldoende capaciteit heeft zijn de investeringskosten beperkt en is de terugverdientijd minder dan drie jaar.

■ CONCLUSIES EN VERVOLG

Gaswarmtepompen hebben in de utiliteitsbouw een besparingspotentie van ruim 15% ten opzichte van hr-ketels. In bijzondere gevallen waar nu nog afzonderlijk wordt verwarmd en gekoeld kunnen fors hogere besparingen worden behaald. Daarnaast kunnen gaswarmtepompeninvesteringen, die anders ook deels door eindgebruikers moeten worden gedaan, in het elektriciteitsnet voorkomen. Hiervoor is dan wel afstemming nodig tussen eindgebruiker en netbeheerder. Netwerkbeheerder Alliander wil in 2014 graag meer ervaring opdoen met deze technologie en staat open voor het uitvoeren van pilotprojecten met gaswarmtepompen. Naast organisatorische zaken zullen hierin ook prestatieafspraken over energiebesparing en beschikbaarheid worden geëvalueerd.

Dit artikel is geschreven naar aanleiding van de workshop gaswarmtepompen op 31 oktober 2013 bij Alliander, waar gezocht is naar de sterke punten van de gaswarmtepompen in de transitie naar een nieuwe energie-infrastructuur. Deze workshop is geïnitieerd vanuit een zogenaamd Technologiecluster waarin TNO aan vijf leveranciers van gaswarmtepompen (ICE Trading, GasEngineering, Reduces, Techneco en Remeha) en Scheer & Foppen Installatietechniek kennis heeft overgedragen over de mogelijkheden en kansen van gaswarmtepompen in de gebouwde omgeving.