

Substantiële energiebesparing in woning dankzij warmtepomp

J. van Berkel en J. Meijers

Er is veel discussie over de besparing, bedrijfszekerheid en het comfort van warmtepompen voor gebouwverwarming. In een bestaande – niet gerenoveerde – woning is een (hybride) lucht-waterwarmtepomp geplaatst om deze aspecten in de praktijk te onderzoeken. Tevens is onderzocht hoe de warmtepomp in de praktijk voldoet. De warmtepomp behaalt zelfs in een oudere, niet nageïsoleerde woning goede resultaten.

Ruimteverwarming vertegenwoordigt grofweg 50 procent van de energievraag in woningen, vooral in de ruim 7 miljoen bestaande woningen. Begrijpelijkerwijs is de belangstelling voor technieken om op ruimteverwarming te besparen groot. Eén van de opties is toepassing van warmtepompen. Warmtepompen die thermische energie uit de bodem onttrekken en 'oppompen' naar een temperatuurniveau dat geschikt is om woningen met een cv-circuit te verwarmen, zijn



1. Hybride lucht-waterwarmtepomp ingebouwd in een kast. Het linkerdeel van het toestel omvat de warmtepomp, het rechterdeel de gasketel. Linksonder is de warmtemeter zichtbaar die wordt gebruikt voor monitoring.

al wat langer bekend. Recent staan zogenoemde lucht-waterwarmtepompen die thermische energie uit de omgevingslucht en gebouwventilatielucht onttrekken, in de belangstelling. Die warmte uit de lucht is gemakkelijker toegankelijk en goedkoper dan die uit de bodem. Een nadeel van de lucht als bron is wel dat juist op het moment dat de warmte het hardst nodig is, de temperatuur van de lucht het laagst is en daarmee ook het rendement van de warmtepomp. Op extreem koude dagen wordt de warmtepomp bijgestaan door een hulpbron (gas of elektriciteit) om de warmtepomp niet onnodig groot en duur te maken. In dit geval spreken we van een hybride lucht-waterwarmtepomp (afbeelding 1). In algemenere zin tonen we tevens aan dat (hybride) lucht-waterwarmtepompen een belangrijke bijdrage kunnen leveren in energiebesparing in de gebouwde omgeving.

LUCHT-WATERWARMTEPOMP IN BESTAANDE BOUW

Ondanks het feit dat al vele jaren aan warmtepompen wordt gewerkt, staan die nu pas op doorbreken, mede onder invloed van milieumaatregelen en de prijs van fossiele brandstoffen. Inmiddels zijn diverse fabrikanten van lucht-waterwarmtepompen actief op de Nederlandse markt, verenigd in de Smart Hybrid Foundation (SHF). Een marktstudie uit 2008 [1] maakt melding van zeven fabrikanten, maar het actuele aantal ligt inmiddels hoger. Ook zijn duizenden lucht-waterwarmtepompen in de markt gezet, vooral in de nieuwbouw, gestimuleerd door de EPC-regelgeving.

Het grote potentieel van lucht-waterwarmtepompen ligt in bestaande woningen. De vervangingsmarkt van cv-ketels bedraagt 350.000 – 400.000 per jaar en een groot deel hiervan kan worden vervangen door bijvoorbeeld toestellen met een hoger rendement, zoals lucht-waterwarmtepompen. In [2] staat een besparingspotentieel door toepassing van lucht-waterwarmtepompen van 10 – 20 PJ in 2020, en 21 – 50 PJ in 2030, afhankelijk van de marktintroductie. Ter vergelijking: het Nederlandse huishoudelijk energiegebruik in 2008 bedroeg ruim 400 PJ.



2. Woning te Hoogland, waar de praktijktest met de CombinAir is uitgevoerd.

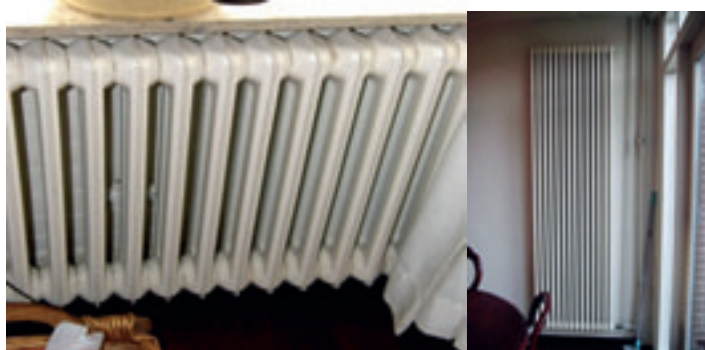
Als bij ketelvervanging tevens de woning wordt geïsoleerd, is dat gunstig voor de lucht-waterwarmtepomp. Het cv-afgifte-systeem kan dan op een lager temperatuurniveau voldoende warmte overdragen, wat gunstig is voor het totaalrendement van de installatie.

Vragen bij toepassing van lucht-waterwarmtepompen betreffen vooral de inpassing in de bestaande installatie en de te bereiken besparing en comfort.

EEN PRAKTIJKTEST

Als testopstelling is een CombinAir lucht-waterwarmtepomp van Daalderop genomen in een bestaande woning te Hoogland. Deze lucht-waterwarmtepomp is van het bouwjaar 2009. Dat wil zeggen dat hij nog niet-modulerend is en niet-omkeerbaar naar koelbedrijf.

De onderhavige woning (afbeelding 2) is een ongerenoveerde hoekwoning uit 1973 met een eerste verdieping en een plat dak. De woning is niet nageïsoleerd en heeft een jaarlijkse warmtelast van ongeveer 70 GJ. Het afgiftesysteem bestaat uit leden- en plaatradiatoren (afbeelding 3). Dit systeem is oorspronkelijk bedoeld voor hogetemperatuurverwarming. Deze praktijksituatie is niet ideaal omdat de warmtepomp optimaal presteert in combinatie met een laagtemperatuurafgiftesysteem. De warmtepomp levert een vermogen van ongeveer 2,5 kW, terwijl de gasketel een vermogen van 7,5 kW levert. De installatie wordt conventioneel gestookt met nachtverlaging. Voor de regeling van het cv-systeem is een weersafhankelijke regeling toegepast met ruimtetemperatuurcompensatie. Dat wil zeggen dat de regeling altijd streeft naar een cv-aanvoertemperatuur die zo laag mogelijk is, maar voldoende om de woning op temperatuur te houden. Omdat de warmtepomp geen warmte levert voor tapwaterbereiding, richten we ons vooral op het cv-



3. Ledenradiatoren in de woonkamer op de begane grond van de woning in Hoogland.

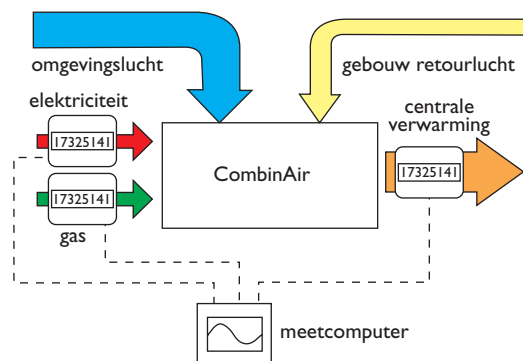
deel.

METEN IS WETEN

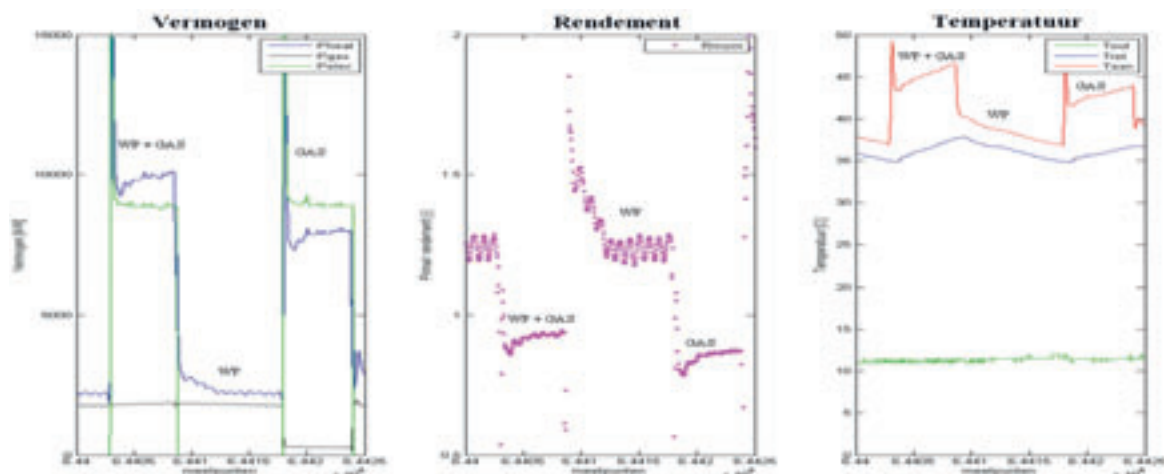
Belangrijk voor een betrouwbare beoordeling is een nauwkeurige meting van de energiestromen voor ruimteverwarming. In afbeelding 4 is een overzicht gegeven van de energiestromen die worden gemeten. Het gaat om de geleverde warmte aan het cv-systeem, in verhouding tot de toevoer van energie in gas en elektriciteit. Daarnaast worden temperaturen gemeten van de buitenlucht en binnenlucht. Tijdens bedrijf levert de warmtepomp, de gasketel of beide (tegelijkertijd) warmte. De energieprestatie van de hybride warmtepomp wordt uitgedrukt in de zogenoemde PER (primary energy ratio).

$$PER = \frac{E_{\text{geleverd}}}{E_{\text{primair, gas}} + E_{\text{primair, elektriciteit}}}$$

De PER kan worden berekend op secondenbasis (vermogen), maar bijvoorbeeld ook op jaarbasis. De PER is dan equi-



4. Energiestromen en meetvoorzieningen, alle meetinstrumenten voor elektriciteit, gas en warmte zijn in het laboratorium geïjkt.



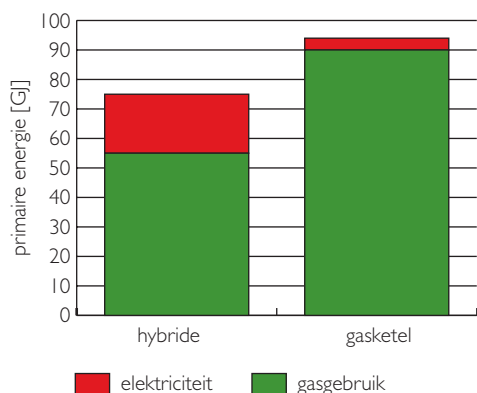
5. Momentopname voor energieprestaties van de hybride lucht-waterwarmtepomp, met op de horizontale as zijn meetpunten (tijdstap 5 s). Van links naar rechts vermogen, OPQ plus aan- en afvoertemperatuur van de cv. Aangegeven zijn de drie bedrijfstoestanden uit de combinaties van warmtepomp (v o) en/of gasketel (gas).

valent aan het opwekkingsrendement in de huidige EPN-berekening (volgens NEN 5128). Belangrijk is dat in de PER de toegevoerde energie omgerekend is naar primaire energie (gas). Voor elektriciteit is daarbij uitgegaan van een centrale-rendement van 39 procent.

MOMENTAAN RESULTAAT

Over de periode van 8 februari 2009 tot en met 13 mei 2009 is de installatie 720 keer per uur bemonsterd. In deze periode wisselden koude en warmere perioden elkaar af en zijn temperaturen doorlopen die representatief zijn voor een geheel stookseizoen. In afbeelding 5 zijn de momentane resultaten voor een zachte periode met buitentemperatuur van ongeveer 10 °C gegeven.

De afbeelding geeft weer dat onder de gegeven omstandigheden het rendement (PER) met ongeveer 125 procent het hoogst is als alleen de warmtepomp in bedrijf is. Bij bedrijf van de gasketel ligt het opwekkingsrendement op ongeveer 85 procent en als beide tegelijkertijd in bedrijf zijn, bedraagt het opwekkingsrendement 93 procent. Tevens is te zien dat



6. Besparing op primaire energie en de verhouding tussen elektriciteit en gas.

het vermogen van de gasketel ongeveer 7,5 kW_{th} bedraagt en dat van de warmtepomp ongeveer 2,5 kW_{th} . Uit de rechter grafiek blijkt dat het verschil tussen aanvoer- en retourtemperatuur daarmee overeenstemt (~ 10 K bij 10 kW).

MONITORING 8 FEBRUARI – 13 MEI 2009

Het voorafgaande voorbeeld toont aan dat de lucht-waterwarmtepomp een hoog rendement kan bereiken. Het voorbeeld is gegeven bij een relatief hoge buitentemperatuur van 10 °C, waarvan bekend is dat lucht-waterwarmtepompen dan goed functioneren (met een hoge COP).

De belangrijke vraag is echter hoe dat uitpakt voor een langere periode met wisselende buitentemperaturen. In tabel 1 staan de gemeten energieprestaties van de hybride warmtepomp over de periode 8 februari – 13 mei, met uitzondering van de periode van 3 – 14 april, waarin de energieprestatie van alleen de gasketel is gemeten. Dit laatste dient als referentie voor de hybride lucht-waterwarmtepomp.

De tabel geeft weer dat het gemiddelde opwekkingsrendement van de hybride lucht-waterwarmtepomp met 93 procent aanzienlijk beter is dan dat van alleen de gasketel (74 procent). Die 74 procent is opvallend lager dan de 'standaardwaarde' van 97,5 procent op bovenwaarde voor een HR107-ketel. Dit wordt veroorzaakt doordat in de PER tevens de benodigde elektrische hulpenergie is opgenomen die nodig is voor pompen, ventilator en regeling. Deze lage gemeten waarde voor de gasketel doet vermoeden dat in de praktijk gasketels minder efficiënt zijn dan veelal wordt aangenomen en geeft aanleiding tot vervolgonderzoek.

Een relevante vraag is hoeveel de lucht-waterwarmtepomp in deze woning daadwerkelijk bespaart. Voor de monitoringsperiode is dit met voldoende nauwkeurigheid vast te stellen door te berekenen wat de HR107-ketel zou hebben gedaan bij eenzelfde warmtelast. In tabel 2 is hiervan het overzicht gegeven.

De resultaten geven weer dat de hybride lucht-waterwarmtepomp weliswaar meer elektriciteit gebruikt, maar tevens



zoveel minder gas dat netto een besparing op primaire energie, CO₂ en kosten is bereikt. Voor primaire energie is dit nog eens weergegeven in (afbeelding 6).

Omdat elektriciteit wordt opgewekt met een relatief hoge CO₂-emissie (kolen, olie) is de netto CO₂-besparing van de hybride lucht-waterwarmtepomp met 17 procent wat lager dan de besparing op primaire energie. De besparing op stookkosten hangt sterk af van de elektriciteits- en gasprijzen. Uitgaand van marginale kosten (exclusief vastrecht) van 0,25 euro/kWh voor elektriciteit en 0,70 euro/m³ voor gas, komt de besparing op 15 procent.

EXTRAPOLATIE NAAR JAARRESULTATEN

Voor de berekening van de jaarresultaten wordt verondersteld dat de periode die doorlopen is in de meetcampagne, representatief is voor een geheel stookseizoen. De laagst gemeten gemiddelde etmaaltemperatuur was 3,5 °C, de hoogste 15 °C. Extreem koude perioden zijn niet gemeten, maar die komen in een normaal stookseizoen betrekkelijk weinig voor.

Voor een woning van 70 GJ (dit voorbeeld) wordt het jaarlijkse besparingspotentieel gegeven in tabel 3.

De resultaten van deze praktijktest geven het volgende aan:

1. de hybride lucht-waterwarmtepomp bespaart substantieel (in dit voorbeeld 15 – 20 procent) op primaire energie, CO₂ en kosten;
2. de besparing geldt ook in de bestaande bouw, zelfs in een woning met een warmtelast van 70 GJ;
3. de besparing is zelfs mogelijk in combinatie met hogetem-

periode	E-warmte	CO ₂	E-elektriciteit	Q-gas
hybride warmtepomp 8 feb-13 mei	[GJ]	[-]	[kWh]	[m ³]
totaal	17,6	0,93	516,7	405,6
periode	E-warmte	CO ₂	E-elektriciteit	Q-gas
gasketel 3-14 april	[GJ]	[-]	[kWh]	[m ³]
totaal	1,2	0,74	8,2	44,0

Tabel 1. Gemeten energieprestaties hybride warmtepomp en gasketel.

17,6 GJ warmtelast	per	gas	elekticiteit	uitstoot CO ₂	prim. energie	€ gas	€ elektriciteit	€ totaal
	[-]	[m ³]	[kWh]	[kg]	[MJ]	[euro]	[euro]	[euro]
hybride LWWP	0,93	405	516	1128	19008	284	129	413
HRI07-gasketel	0,74	648	121	1353	23892	453	30	484
relatief verschil	26%	-37%	327%	-17%	-20%	-37%	327%	-15%

Tabel 2. Energieprestatie over de meetperiode 8 februari – 13 mei 2009.

70 GJ woning	besparing %	absoluut
primaire energie	20 %	19 GJ
CO ₂	17 %	900 kg
stookkosten	15 %	280 k/euro

Tabel 3. Besparing geëxtrapoleerd naar een geheel jaar.

peratuurradiatorverwarming.

Het besparingspotentieel is substantieel, maar specifiek voor deze woning. Voor woningen met een lagere warmtelast, laagtemperatuurverwarming is een hoger besparingspotentieel te verwachten.

Toekomst

Deze praktijktest dateert van bijna een jaar geleden. De ontwikkeling van lucht-waterwarmtepompen staat niet stil en er komen modulerende warmtepompen op de markt, met een hoger rendement en beter comfort, omdat ze in de zomer gebouwkoeling kunnen verzorgen. Vanuit energieoogpunt zijn elektrisch gedreven lucht-waterwarmtepompen aantrekkelijk, omdat de aandrijfenergie (elektriciteit) voor een steeds groter deel met duurzame technieken wordt opgewekt. Daarnaast zijn lucht-waterwarmtepompen kosteneffectief en worden ze steeds betrouwbaarder: We voorzien een mooie toekomst voor hybride lucht-waterwarmtepompen.

Bronvermelding

1. Marktstudie Warmtepompen in de bestaande bouw, Agentschap MK, oktober 2008.
2. Energiebesparing en CO₂-reductiepotentieel lucht-waterwarmtepomp in de bestaande woningbouw, TNO, ECN, ECOFYS en BHD, november 2008.

Auteurs

Dr. ir. J. van Berkel, raadgevend ingenieur bij Entry Technology Support.