

Waardering van stadsverwarming

Een onderzoek naar de voordelen

ir. A.G. Entrop, prof. dr. ir. H.J.H. Brouwers

In circa 40 Nederlandse steden wordt aan huishoudens en bedrijven warmtelevering aangeboden ten behoeve van ruimteverwarming en meestal ook warmtapwater. Meerdere malen is de warmtelevering in een slecht daglicht komen te staan vanwege de vermeende hoge kosten bij deze manier van verwarmen in vergelijking tot de levering en het gebruik van aardgas. In onderstaand artikel worden enkele aspecten aangehaald welke warmtelevering in een positiever daglicht zullen plaatsen.



In de energiemarkt worden aan de consument een drietal producten aangeboden, namelijk; gas, elektriciteit en warmte. De laatste twee producten worden in hun aan de woning aangeleverde vorm direct door de consument gebruikt. Bij gas daarentegen wordt eerst de interne chemische energie omgezet in warmte in de verwarmingsketel. Een enkele consument is ook al in staat om gelijktijdig elektriciteit te produceren met behulp van micro-warmtekrachtkoppeling, maar op dit moment is dat nog een zeldzaamheid. Het is met name het omzettingsproces van interne chemische energie naar voor de consument nuttige vormen van energie (warmte en elektriciteit), dat onze aandacht verdient om te komen tot een efficiëntere energievoorziening.

Exergetische prestatie

Binnen dit kader kan het concept exergie interessante inzichten geven. Exergie is gedefinieerd als de maximale mechanische arbeid die verkregen kan worden uit een energiestroom of een verandering van een systeem in relatie tot haar omgeving. Energie drukt daarom een kwantiteit uit, terwijl exergie de kwaliteit van energie uitdrukt. De exergie waarde van warmte, zoals we deze in de gebouwde omgeving benutten, is een factor vijf tot twintig lager dan de exergetische waarde van mechanische arbeid of elektriciteit (VTT, 2003). Energie zal op basis van de eerste

hoofdwet van de thermodynamica behouden blijven, maar exergie kan (en in de meeste gevallen zal) afnemen.

Het concept exergie kent zijn toepassing met name in het ontwerpen van energiecentrales om rekening te kunnen houden met de verschillende kwaliteiten aan input (brandstof) en output (warmte en elektriciteit). Vreemd genoeg is het echter voor de thuiscentrales oftewel de HR-ketel niet gebruikelijk om het rendement exergetisch te beoordelen, maar energetisch op basis van de calorische onderwaarde van aardgas. Dit levert zogenaamd vermeende rendementen van 10,7 % in plaats van een exergetisch rendement, zoals becijferd door Cornelissen (1997), van 8,7 %.

De door Cornelissen (1997) gemaakte vergelijkingen van vier bouwprojecten met stadsverwarming of met HR-verwarmingsketels laat daarbij exergetische besparingen zien van 24 tot 49 %. De genoemde besparingen zijn berekend op basis van een stoom- en gascentrale met een elektrisch vermogen van 145 MW. Ten behoeve van de stadsverwarming wordt warm water van 130°C geleverd. De vergelijking behelst ook de exergievernietiging van het bouwen en installatieproces van de centrales en infrastructuur

Flexibiliteit

Het centrale en decentrale karakter van de twee verschillende vormen van warmteopwekking, is eveneens een argument om voor



Afbeelding 1: Warmtekrachtcentrale in Enschede (Foto: Entrop)

centrale warmtelevering te kiezen. De wereldwijde aardgasvoorraad is immers beperkt en de Nederlandse voorraad lijkt tot 2030 toereikend te zijn. Het bijmengen van waterstof en het importeren van LNG kunnen ervoor zorg dragen dat de aardgasinfrastructuur langer nuttig kan worden gebruikt en consumenten voldoende brandstof hebben voor hun individuele installaties.

Gezien de installatietechnische levensduur van vijftien tot twintig jaar staan we echter ook aan de vooravond om nieuwe keuzes te maken met betrekking tot de Nederlandse energie-infrastructuur. Het zou zodoende interessant kunnen zijn om de flexibiliteit van centrale warmtelevering in ogenschouw te nemen. De installatie en de bijbehorende brandstof van een stadsverwarmingssysteem kunnen immers in een keer voor een grote groep afnemers worden aangepast, waarbij de infrastructuur voor warmtelevering niet hoeft te worden gewijzigd. Door de grotere capaciteit kunnen de omzettingprocessen daarnaast efficiënter in cascade van hoge naar lage exergetische waarden plaatsvinden.

Een laatste aspect onder de no-

het warmtapwater via een andere weg te worden verkregen.

Energetische waardering

In het Bouwbesluit is binnen het behalen van de energieprestatiecoëfficiënt enige waardering voor externe warmtelevering door middel van STEG, afvalverbranding of een industrieel productieproces. Het rendement van een HR-107 ketel wordt in NEN 5128 (NNI, 2004) uitgedrukt in een $\eta_{\text{opw,verw}}$ van 0,95 voor verwarmingssystemen met een hoge temperatuur en een $\eta_{\text{opw,tap}}$ van $\pm 0,6$ voor het verwarmen van tapwater. Voor externe warmtelevering worden

een $\eta_{\text{equiv,verw;wd}}$ van 1,1 voor het verwarmen van woonruimte en een $\eta_{\text{equiv,tap;wd}}$ van 1,0 voor tapwater gegeven.

Voor twee Enschedese studieobjecten met stadsverwarming uit 1982 en 1992 is de vergelijking gemaakt tussen theoretisch en werkelijk gebruik. De resultaten

	Oppervlak	EPC met stadsverwarming	$Q_{\text{verw}} + Q_{\text{tap}}$ met stadsverwarming	EPC met HR107	$Q_{\text{verw}} + Q_{\text{halp,verw}} + Q_{\text{tap}}$ met HR107	Werkelijk gebruik
Case object 1982 (rijtjeswoning)	100,45 m ²	1,29	50.962 MJ	1,33	52.787 MJ	20.256 MJ
Case object 1992 (2 onder 1 kap)	124,17 m ²	1,15	55.148 MJ	1,18	57.039 MJ	33.560 MJ

Tabel 1: Vergelijking van de theoretische energieprestaties van twee woningen met stadsverwarming of een HR107 combiketel in relatie tot het werkelijke energiegebruik (NNI, 2005).

mer flexibiliteit is de mogelijkheid om de infrastructuur ook voor koeling te gebruiken. De restwarmte van de STEG, afvalverbranding of het productieproces zou dan door middel van een absorptiekoelmachine ook in de zomermaanden nuttig kunnen worden gebruikt. In dat geval dient echter

zijn weergegeven in Tabel 1. Uit deze vergelijking blijkt dat de werkelijke gebruiken aanzienlijk lager uitvallen dan de berekende gebruiken. De waardering voor warmtelevering is aanwezig, maar met een ΔEPC van 0,03-0,04 en een ΔQ van nog geen 2.000 MJ is het verschil vrij gering.

Financiële waardering

Vanuit het oogpunt van duurzaamheid wat betreft exergetische en energetisch rendement en vanuit het oogpunt van flexibiliteit zou voor de afnemers van warmtelevering een financiële waardering op zijn plaats zijn.

De Nederlandse energiemarkt is de laatste jaren aanzienlijk transparanter geworden voor de consument. Op de eerste plaats betaalt men voor het product elektrische energie en/of gas bij een willekeurige leverancier. Op de tweede plaats dient er te worden betaald voor het transport van het product aan de plaatselijke net-

	Marktprijs	Calorische waarde	Financiële waarde per eenheid energie	Exergetische kwaliteitsfactor
Elektrische energie	€ 0.25 /kWh	3.6 MJ/kWh	€ 0.069 /MJ	1.00
Aardgas	€ 0.70 /m ³	35 MJ/m ³	€ 0.02 /MJ	0.95
Stadsverwarming	€ 25.- /GJ	1000 MJ/GJ	€ 0.025 /MJ	0.21

Tabel 2: Richtprijzen voor de levering van energie in de Nederlandse consumentenmarkt.

werkbeheerder. In het geval van warmtelevering zijn er geen keuzemogelijkheden qua leverancier. De totaalprijzen van deze leveringen zijn weergegeven in Tabel 2. Het is opvallend dat er in de Nederlandse markt meer wordt betaald voor stadsverwarming dan voor aardgas, terwijl aardgas een significant hogere kwaliteitsfactor heeft. De prijs van stadsverwarming wordt vastgesteld op basis van het "Niet Meer Dan Anders Beginsel", welke er voor moet zorgen dat de hoge infrastructurele investeringen van een stadsverwarmingnetwerk niet tot al te hoge warmteprijzen leidt. De formule voor de prijs van 1 GJ warmte is voor 2008 als volgt (EnergieNed, 2007):

$$\text{Prijs 1 GJ} = ((1.330 \text{ m}^3 \times \text{gasprijs } \text{€}) + (4.136 \text{ kWh} \times \text{elek.prijs } \text{€}) - (4.117 \text{ kWh} \times \text{elek.prijs } \text{€})) / 34,87 \text{ GJ}$$

1.330 m³ het gemiddelde gasverbruik per jaar van een woning ➤

aangesloten op het aardgasnet.

4.136 kWh het gemiddeld stroomverbruik per jaar van een woning aangesloten op het aardgasnet.

4.117 kWh het gemiddeld stroomverbruik per jaar van een woning aangesloten op het warmtenet.

34,87 GJ het gemiddeld warmteverbruik per jaar van een woning aangesloten op het warmtenet.

Deze formule is opgesteld vanuit de gedachte dat men in een gemiddelde stadsverwarmingwoning evenveel voor warmte betaalt als een gemiddelde door aardgas verwarmde woning. De formule heeft echter als nadeel, dat wanneer de woningen aangesloten op het warmtenet meer energie besparen dan woningen op het aardgasnet, dat dit niet zal leiden tot een financieel voordeel.

Wanneer we nu terugrijpen op het concept exergie, wordt zichtbaar dat qua exergetische kwaliteit de marktprijzen nog moeilijker te verklaren zijn. Stadsverwarming biedt een relatief laag exergetische (lowex) toelevering van 100-110°C voor een lowex invulling, namelijk ruimteverwarming van circa 20°C en tapwater van circa 60°C. Voor de meest laagwaardige vorm van energie die ook het beste aansluit bij de behoefte van de consument, wordt echter het meest betaald. De kunst is nu om de kwaliteit van energie beter financieel te waarderen. Ter illustratie zijn drie scenario's in Tabel 3 weergegeven, waarbij steeds de prijs van één vorm van energie de basis vormt voor de twee andere vormen. De verhouding tussen deze prijzen



Afbeelding 2: Buizen voor de warmtelevering in de woonwijk Helmerhoek te Enschede (Foto: Entrop)

blijft uiteraard gelijk.

Tot slot

Er moet natuurlijk ook rekening worden gehouden met investeringskosten en onderhoudskosten in de infrastructuur en dus zal er nog onderzoek plaatsvinden hoe prijzen vanaf de bron (fossiel en vernieuwbaar) tot stand komen. Vanuit het oogpunt van duurzaamheid wat betreft exergetische en energetisch rendement, alsmede vanuit het oogpunt van flexibiliteit, zou voor de afnemers van warmtelevering een financiële waardering op zijn plaats zijn. Op dit moment wordt er binnen de vakgroep Bouw/Infra aan het 3TU onderzoek "Exergie in de Gebouwde Omgeving" gewerkt aan het inzichtelijk maken van de mogelijkheden om te komen tot een andere financiële waardering van lowex-maatregelen, energiebesparende maatregelen en vernieuwbare bronnen.

	Marktprijs per MJ mechanische arbeid	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Elektrische energie	€ 0.069 /MJ	€ 0.25 /kWh*	€ 0.08 /kWh	€ 0.43 /kWh
Aardgas	€ 0.021 /MJ	€ 2.29 /m ³	€ 0.70 /m ³ *	€ 3.96 /m ³
Stadsverwarming	€ 0.119 /MJ	€ 14.49 /GJ	€ 4.41 /GJ	€ 25,- /GJ*

Tabel 3: Illustratieve financiële marktwaarden van energievormen naar exergetische kwaliteit.

Referenties

Cornelissen, R.L., 1997, Thermodynamics and sustainable development; The use of exergy analysis and the reduction of irreversibility (Proefschrift), ISBN 9036510538, Universiteit Twente, Nederland, Enschede

EnergieNed, 2007, Tariefadvies voor de levering van warmte aan Kleinverbruikers 2008, E 2008-1802

NNI, 2004, Nederlandse norm NEN5128; Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Bepalingsmethode, ICS 91.120.10

NNI, 2005, Nederlandse praktijkrichtlijn NPR5129; Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Rekenprogramma (EPW) met handboek, ICS 91.120.10

VTT, 2003, Heating and cooling with focus on increased energy efficiency and improved comfort; Low exergy systems for heating and cooling of buildings – Guidebook to IEA ECBCS Annex 37, ISBN 951-38-(URL:<http://www.lowex.org>), edited by M. Ala-Juusela