



Energy research Centre of the Netherlands

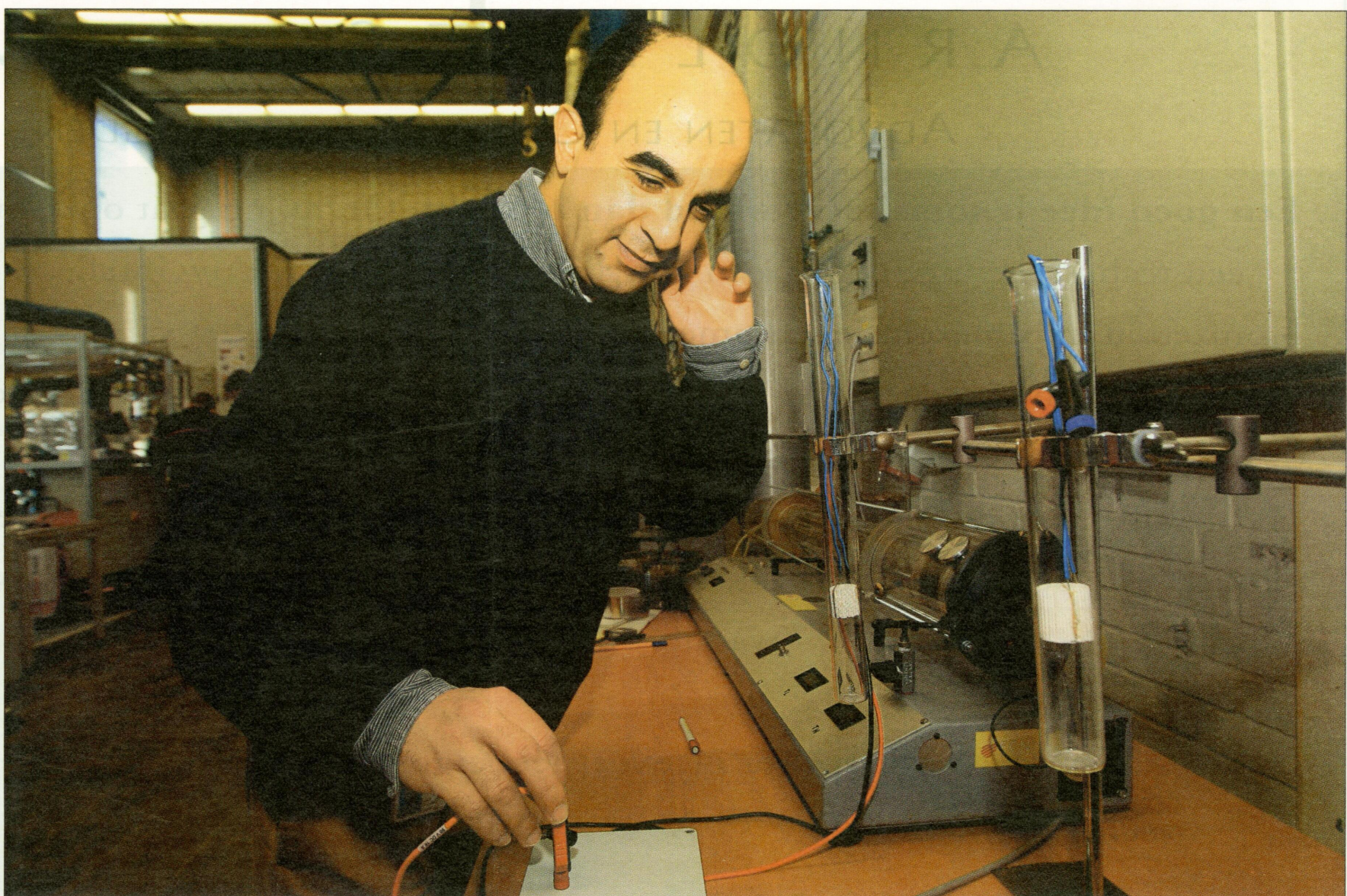
Weggegoide warmte wordt bruikbaar

S. Spoelstra

Verschenen in Technisch Weekblad, 22 maart 2008

Er wordt in de industrie veel warmte weggegooid. Er zit weliswaar een grote hoeveelheid energie in veel afvalwarmtestromen, alleen hebben ze niet de juiste temperatuur. ECN ontwikkelt warmtepompen die deze energie omzetten in bruikbare warmte. Chemicaliën en geluid zorgen voor die omzetting.

Mark van Baal



ECN-onderzoeker Hassan Tijani luistert bij een opstelling op schaal naar geluid dat uit warmte voortkomt

Weggegooide warmte wordt bruikbaar

De wind blaast hard over de duinen, meeuwen kriesen en een aantal windmolens zoeven rond. Her en der op het terrein van Energieonderzoek Centrum Nederland in Petten staan zonnepanelen. In de verte is de koepel van de kernreactor te zien. Op dit terrein doen zo'n elfhonderd mensen onderzoek naar energievoorziening en -besparing, vertelt dr.ir. Pieter Bach (59). Bach, muts tegen de wind, grijszwarte snor, leidde de laatste acht jaar een groep die onderzoek doet naar de benutting van restwarmte in de industrie. 'ECN was van origine meer gericht op de opwekkingskant dan op de gebruikerskant van energie', zegt de werktuigbouwkundige, 'maar dat is veranderd.' De afgelopen jaren groeide zijn groep daarom van twee naar tien medewerkers. 'Er gaat heel veel warmte verloren in de industrie, ongeveer 250 petajoule', vertelt hij in zijn kantoor met uitzicht op een duin. Om dit in perspectief te plaatsen: Nederland gebruikt jaarlijks ongeveer 3.300 petajoule energie, waarvan 1.100 in de industrie. De helft daarvan zit in petrochemische grondstoffen, de andere helft grotendeels in warmte, bijvoorbeeld om destillatiekolommen van raffinaderijen te verwarmen. De helft daarvan verlaat fabrieken via schoorstenen, koeltorens en in koelwater. Omdat één petajoule (10^{15} joule) het energiegebruik van meer dan tienduizend huishoudens vertegenwoordigt, zou die 250 petajoule 2,5 miljoen huizen van energie kunnen voorzien. 'Het probleem is alleen dat die energie niet op de juiste plek, de juiste tijd en de juiste temperatuur beschikbaar is', schets Bach het uitgangspunt van het onderzoek van de groep *Industrial Heat Technology*. Vooral in de petrochemische industrie gaat veel warmte verloren. Voor het laatste punt, het niet beschikbaar zijn van

warmte op de juiste temperatuur om er in de industrie iets nuttigs mee te doen, zocht de groep oplossingen. Er is namelijk veel restwarmte beschikbaar op zo'n 120 graden, terwijl de warmtevraag voor veel processen vijftig graden hoger ligt. 'Om een voorbeeld te noemen', zegt Bach, terwijl hij schematisch een destillatiekolom tekent. 'Bij een destillatiekolom heb je onderin warmte van 170 graden nodig en bovenin damp van 120 graden beschikbaar.' Om die restwarmte te kunnen gebruiken, moet je haar eerst met vijftig graden verhogen. Conventionele warmtepompen, die met mechanische compressie en expansie van een koelmiddel werken, kunnen deze grote temperatuurlift niet aan. Het zoeken is naar een warmtepomp die deze grote stap bij deze relatief hoge temperatuur wel kan maken. Bach dacht aan twee mogelijkheden, één voor de hand liggende en één exotische.

Omgekeerde koelmachine

Het lag voor de hand om chemische middelen te gebruiken. Er bestaan immers al thermochemische koelsystemen en wat is een warmtepomp anders dan een omgekeerde koelmachine? 'Ammoniakaten, zouten met ammoniak, lenen zich hiervoor goed. Sorptie van ammoniak in zout is een reversibele chemische reactie, die op hoge temperatuur kan functioneren. Bovendien hebben ammoniakaten een grote warmte-inhoud.' Op een energiebeurs kwam Bach een exotische oplossing tegen: warmte verplaatsen met geluidsgolven. Een KPN-ingenieur was in z'n vrije tijd bezig met een thermo-akoestische warmtepomp. Met beide typen ging zijn groep experimenteren. In een laboratorium staat een proefopstelling van een thermochemische warmtepomp.

De opstelling bestaat uit twee reactorvaten, beiden opgebouwd uit twee roestvrijstalen flenzen van ongeveer een halve meter in doorsnee, die zijn verbonden met pijpen, waarvan een aantal van buiten zijn geïsoleerd met aluminiumfolie. 'Een thermochemische warmtepomp maakt gebruik van twee verschillende zouten, een zogenoemd lagetemperatuurzout en een hogetemperatuurzout', legt onderzoeker dr. ir. Robert de Boer (39) uit. In het eerste reactorvat zit het lagetemperatuurzout lithiumchloride, dat ammoniak absorbeert. Door het verwarmen van dit vat met restwarmte met een relatief lage temperatuur neemt de druk toe en komt de ammoniak als damp vrij. De damp stroomt naar het tweede vat. Daar absorbeert het hogetemperatuurzout magnesiumchloride de ammoniak. Bij dit proces komt de warmte weer vrij, maar nu op een hogere temperatuur. Met dit proces wordt lagetemperatuurwarmte omgezet in hogetemperatuurwarmte. De opstelling in het laboratorium maakt gebruik van een enkelvoudig batchproces. Door dit systeem dubbel uit te voeren, ontstaat een quasi-continue warmtepomp. De restwarmte zorgt voor de aandrijving van het proces. Er zijn daarom alleen pompen nodig om de warmte aan en af te voeren. In de warmtepomp zelf zitten geen bewegende delen, waardoor ze weinig onderhoud vergen. In een andere laboratoriumruimte worden een aantal thermo-akoestische warmtepompen getest. Onderzoekster Simon Spoelstra (44) verontschuldigt zich voor de rommel. In feite ziet de ruimte er uit zoals een laboratorium er uit hoort te zien: overal liggen draden, slangen, buizen, onderdelen en gereedschappen. Er liggen drie lange roestvrijstalen buizen, die er uitzien als orgelpijpen en die met

vele snoeren zijn verbonden met computers. Deze twee meter lang buizen, waar aan beide kanten veel draden uitkomen, zijn thermo-akoestische warmtepompen. Twee medewerkers zijn aan de verschillende opstellingen aan het sleutelen.

Zoemende buis

Om het principe te laten zien en vooral horen, heeft Spoelstra een uit de kluiten gewassen reageerbuis staan. 'Veel mensen geloven namelijk niet dat je van warmte geluid kan maken.' In de buis zit poreus keramisch blokje met een verwarmings-spiraal. De spiraal is verbonden met twee draden met stekkers aan de uiteinden. Kort nadat Spoelstra de pluggen in een stroomkastje heeft gestoken, begint de buis te zoemen. De natuurkundige kijkt er tegelijk blij en geheimzinnig bij, als een illusionist, die zojuist zijn assistente weer tevoorschijn heeft gegoocheld. 'Het is om te laten zien dat je warmte kan omzetten in geluid.' In een thermo-akoestische warmtepomp gebeurt hetzelfde, legt hij uit. Aan de ene kant van de buis zet je warmte om in geluid, aan de andere kant gebruik je dat geluid weer om warmte op te pompen naar een hogere temperatuur. In de buizen zit stikstof, argon of helium. 'We maken gebruik van compressie en expansie van een zeer sterke geluidsgolf', legt Spoelstra uit. De geluidssterkte binnen de buis is 160 tot 180 decibel. Ter vergelijking: een geluidssterkte van een drillboor of een disco is honderd decibel. Buiten de pomp is dit niet te horen. Die is muisstil vergeleken bij een industriële compressor, zeg Spoelstra. In de warmtepompen is een temperatuurlift van tien tot honderd graden te berei-

ken. Het thermisch rendement is circa 25 procent. Ook in deze warmtepomp zitten geen bewegende delen.

Voor zover Bach weet zijn wereldwijd een kleine honderd onderzoekers met deze materie bezig. De meesten zijn bezig met ander toepassingen, bijvoorbeeld koeling of zuurstofproductie. 'Deze onderzoeken zijn redelijk uniek.'

Als alles meezit toont ECN deze zomer van beide warmtepompen aan dat ze werken, besluit Bach. 'We willen bewijzen dat het rendement 25 procent is, dat een temperatuurlift van vijftig graden mogelijk is en dat het economisch rendabel is.' Omdat ze met gratis restwarmte worden aangedreven, moeten beide warmtepompen binnen vijf jaar kunnen worden terugverdiend.

Als deze *proof of principle* achter de rug is, gaat ECN zogenoemde *designtools* verder ontwikkelen, bijvoorbeeld ontwerpregels voor het dimensioneren van warmte-wisselaars en reactorvaten. Daarna moet het eerste veldexperiment op megawattschaal plaatsvinden. ECN werkt samen met de apparatenbouwers Bronswerk en Dahlman. Chemie-, staal- en voedingsmiddelenproducenten volgen de ontwikkelingen met grote belangstelling, weet Bach.

Als het meezit kan de industrie deze warmtepompen over vijf tot acht jaar installeren. Gezien de grote potentie is er veel belangstelling vanuit de industrie. Bach: 'Acht jaar geleden konden we deze onderzoeken heel moeilijk gefinancierd krijgen. Er was toen weinig belangstelling. De industrie ziet nu hoeveel energie ze kunnen besparen. Nu willen ze het wel onder onze handen vandaan trekken.'

'De industrie ziet nu hoeveel energie ze kunnen besparen. Nu willen ze het wel onder onze handen vandaan trekken'