

## Koelen en verwarmen met een (nieuwe) solid-state warmtepomp/koelmachine

# All-electric toekomstmuziek of realiteit ?

*Hoe zorg je ervoor dat een hoogbouwkantoor in de stad 100 % duurzaam is? Zelf duurzame energie op de locatie opwekken met wind of PV? Slechts een fractie van de totale energiebehoefte blijkt daarmee te kunnen worden geleverd. Waar haal je de resterende energie dan vandaan, en in welke vorm? De toevoer van energie kan dan eigenlijk alleen via het elektriciteitsnet. De duurzame opwekkers worden dan ergens buiten de bebouwde kom geplaatst. Met waterstofgas zou natuurlijk ook kunnen, maar zover is het nu nog niet.*

*Vervolgens dringt de vraag zich op hoe je de energievoorziening van een dergelijk gebouw moet optimaliseren. Op het gebruik van eendige, fossiele brandstof? Dat is weinig zinvol omdat de opwekking 100 % duurzaam is. Is de financiële optimalisatie dan een goede methode? En als dat zo is, hoe zou je dan het gebouw en de installietechniek ontwerpen? Is een energetisch iets minder systeem dan misschien toch een betere keus als deze op andere gebieden zoals comfort, levensduurkosten, materiaalgebruik en dergelijke uitblinkt? In dat licht is het idee ontstaan het Peltier-element van stal te halen.*

*- door ing. J. Veerman\**



**Bierkoeling. (bron: Krups)**

- FIGUUR 1 -

**H**oe werkt de bekende bierkoeling voor thuis? Niemand die zich dat afvraagt en gek genoeg de gemiddelde installatiespecialist ook niet. Vraag het er tien en met een beetje geluk kan één er misschien iets over vertellen. Dat geldt ook voor de koeling in de campingkoelbox of koeling in bedrijfskoffieapparaten. Het merendeel van die apparaten heeft een solid-state koelsysteem, gebaseerd op het zogenaamde Peltier-effect. Voor de meeste elektronica specialisten is Peltier wel een bekend begrip. Voor de werktuigbouwkundigen allerminst. Google levert met "Peltier" meer dan drie miljoen hits op. Info genoeg dus.



Ing. J. Veerman

Naast consumentenartikelen kent Peltier ook toepassing in technische koelen en verwarmingsapparatuur zoals te zien is in figuur 2, een lucht/luchtcooler met een koelvermogen van ruim 400 W en figuur 3, een kleine luchtgekoelde watercooler.

### HOE WERKT PELTIER KOELING/VERWARMING?

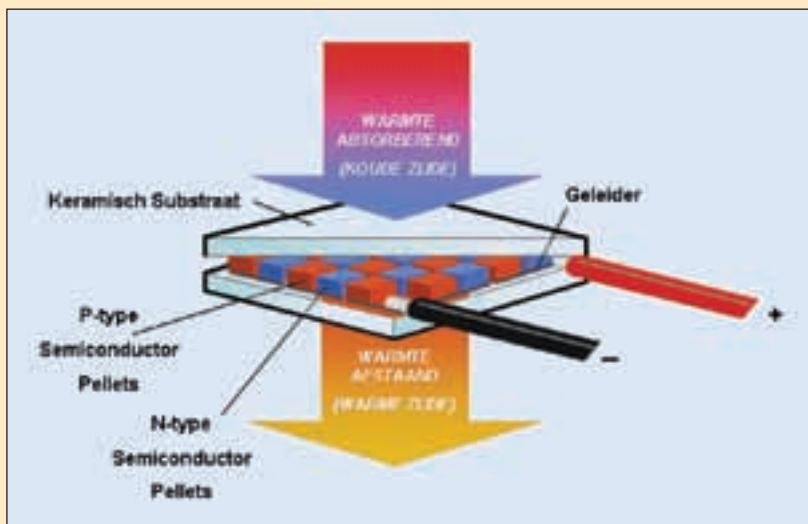
Het Peltier-effect is door Jean Peltier ontdekt in 1834. Het is het effect dat optreedt als een elektrische stroom door twee verschillende metalen of halfgeleiders (N en P type) vloeit. Op de verbinding van die twee metalen ontstaat dan een temperatuurverschil. Het is hetzelfde effect dat optreedt in een thermokoppel, alleen in omgekeerde richting. Door nu een groot aantal van die thermokoppels elektrisch en thermisch met elkaar te verbinden ontstaat het zogenaamde Peltier-element. Een min of meer standaard Peltier-element bestaat uit twee evenwijdige platen van warmtegeleidend materiaal van ongeveer 40 mm vierkant en een tussenruimte van ca. 5

\* Adviseur bij Royal Haskoning gebouwinstallaties, Rotterdam



Lucht/luichtkoeler. (bron: EIC Solutions, inc.)

- FIGUUR 2 -



Schema opbouw Peltier-element.

- FIGUUR 4 -

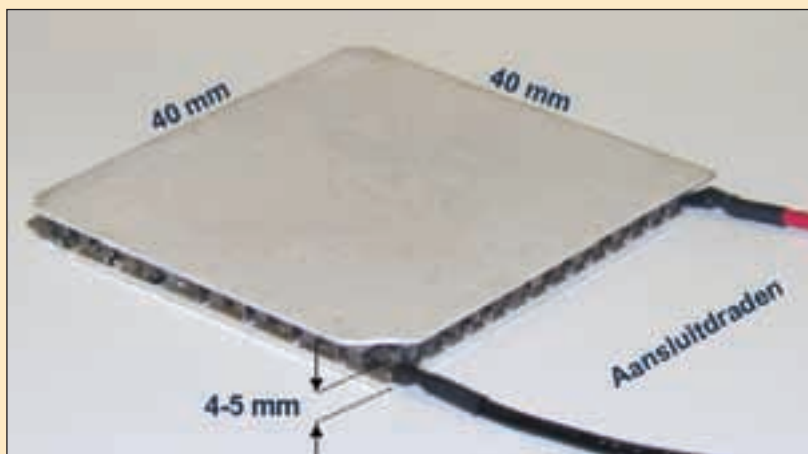


Foto Peltier-element. (bron: Wikipedia)

- FIGUUR 5 -

mm. Tussen die platen bevinden zich de thermokoppels. Daarbij worden de "warme" lussen thermisch aan de warme plaat gekoppeld, de "koude" koppels aan de koude plaat. De schematische en praktische samenstelling is respectievelijk in figuur 4 en figuur 5

weergegeven. Er zijn ook andere vormen verkrijgbaar, meestal kleiner.

De werking van het Peltier-element is eenvoudig omkeerbaar door de elektrische aansluitingen te verwisselen. De warme zijde wordt koud, de koude warm.



Waterkoeler. (bron: TE Technology, inc.)

- FIGUUR 3 -

Met de huidige stand der techniek is het mogelijk met een Peltier-element aan de koude zijde een thermisch vermogen te onttrekken van ca. 130 W!

### DE EIGENSCHAPPEN VAN PELTIER-ELEMENTEN

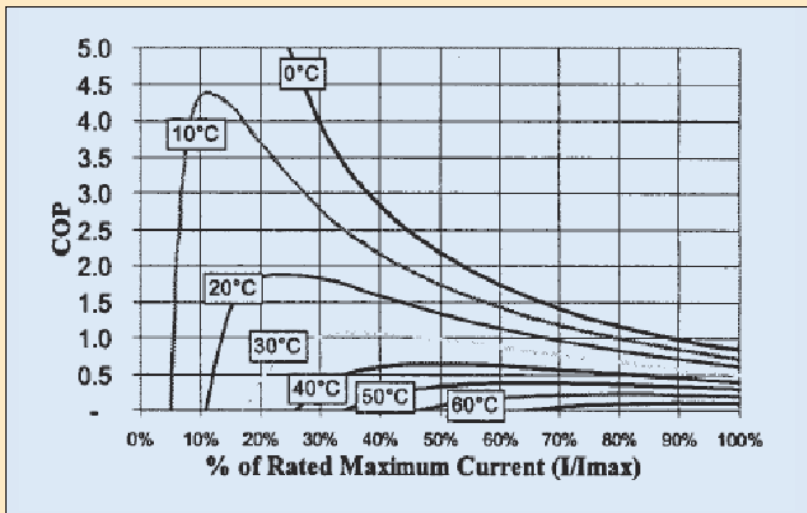
Het gaat te ver om hier alle eigenschappen te bespreken. Er is een groot aanbod met types die specifiek zijn doorontwikkeld voor hoge vermogens, lage temperaturen of hoog rendement. De gebruikte materialen, elektrische schakeling en de koppeldichtheid bepalen uiteindelijk de specifieke eigenschappen van Peltier-elementen. De voor klimaatregeling belangrijkste eigenschappen betreffen natuurlijk de COP in relatie tot het temperatuurverschil en het koel- en verwarmingsvermogen. Het verband tussen die eigenschappen wordt vaak weergegeven zoals in diagram 6 [3].

Uit dit diagram (6) valt af te leiden dat de optimale COP wordt bereikt door de stroom door het element beperkt te houden. Het temperatuurverschil warm/koud bepaalt net zoals bij compressiekoeling eveneens de COP. Volgens gegevens van sommige fabrikanten kan de COP onder gunstige omstandigheden ver boven 5 liggen.

### WAAROM Zouden WE PELTIER TOEPASSEN?

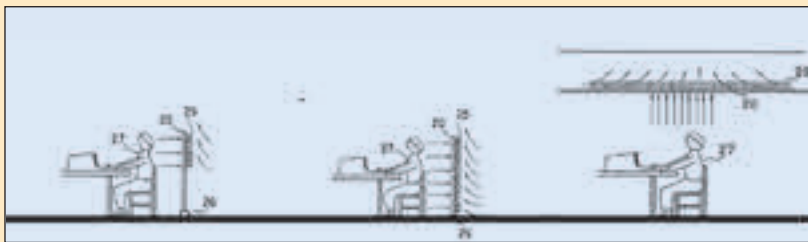
Het Peltier-element heeft veel voordelen:

- geen bewegende delen waardoor;
- geluid- en trillingloos;
- nagenoeg onderhoudsvrij;
- lange levensduur.
- eenvoudig omkeerbaar (eenvoudig de polariteit omwisselen);
- hoge energiedichtheid: 28 kW/m<sup>2</sup> (dt = 20 K);
- klein: 1,5 % t.o.v. water/water compressiekoeling;



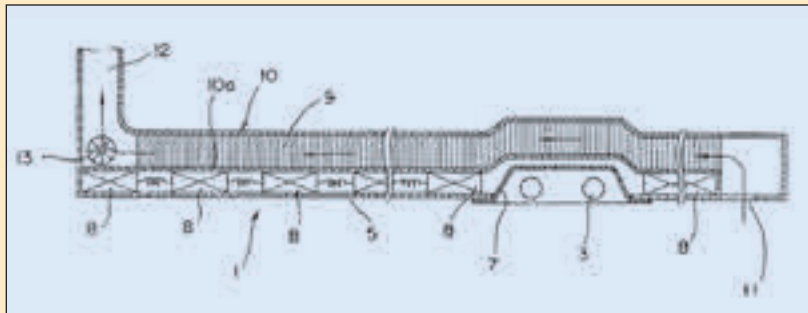
**COP Peltier-element als functie van de stroom. (bron: [3])**

- DIAGRAM 6 -



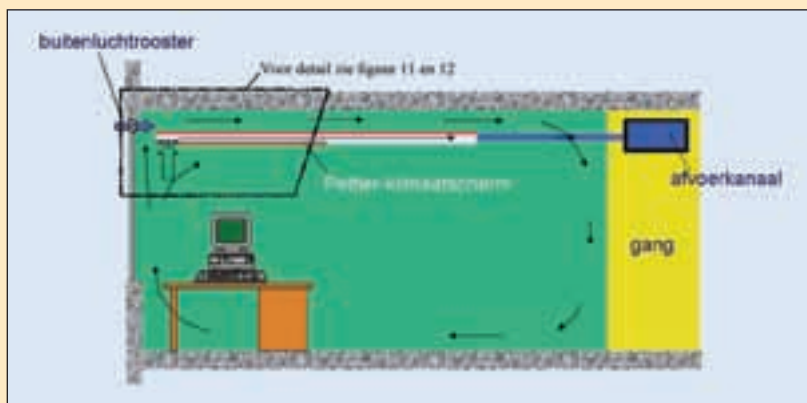
**Octrooi US 5.216.887.**

- FIGUUR 8 -



**Octrooi JP 63.267.851.**

- FIGUUR 9 -



**Hybride ventilatie met Peltier-klimaat scherm.**

- FIGUUR 10 -

- hoog temperatuurverschil mogelijk (70K);
- zeer goed verkrijgbaar. Het element wordt op grote schaal gefabriceerd

en toegepast. Ondanks deze schitterende eigenschappen vindt het Peltier-element in de klimaatinstallaties geen toepassing.

De vraag is waarom? Is dat vanwege de relatief lage COP of is het de onbekendheid? En dat terwijl de prijs door de toegenomen productie fors is gedaald.

Misschien is het antwoord op deze vraag minder belangrijk en moeten we kijken of de voordelen opwegen tegen dat éne nadeel, de relatief lage COP. Daar zit natuurlijk een gevaarlijke kant aan want een lage COP betekent een relatief hoge consumptie van elektrische energie en dat is, gezien vanuit milieutechnisch oogpunt, niet gunstig.

## OCTROOIEN

Door de relatief kleine omvang en geluidloosheid biedt Peltier-koeling meer mogelijkheden dan compressie-koeling. Een geluiddichte techniekruimte met zware fundering kan worden ingeruild voor een plekje in het kantoor, bijvoorbeeld in een klimaatplafond of een klimaatwand. In het verleden zijn een aantal toepassingen geïmplementeerd. In figuur 8 en 9 zijn de schematische voorstellingen weergegeven uit die octrooien [1] en [2]. Het systeem in figuur 8 betreft een koelwand of koelplafond waarbij de afgevoerde warmte weer vrijkomt in het vertrek. Het systeem voorziet in plaatselijke verlaging van de stralingstemperatuur, maar verwarmt uiteindelijk het vertrek wel op.

Figuur 9 is een klimaatpaneel (5) met geïntegreerde verlichting (3). De Peltier-elementen (8) geven hun warmte af aan de koelvinnen (9). De warmte wordt hier wel met een ventilator (13) afgevoerd via een opening (12) en kan op een afvoersysteem worden aangesloten.

## COMBINATIE MET HYBRIDE VENTILATIE?

Dit laatste systeem zou goed kunnen worden gecombineerd met bijvoorbeeld een hybride ventilatiesysteem. De Peltier-elementen verwarmen of koelen de boven- en onderplaat. De andere zijde van de Peltier-elementen staat in verbinding met de afvoerlucht (figuur 10) voor de afvoer van warmte (tijdens koelbedrijf, zie figuur 12) of opname van warmte (tijdens verwarmingsbedrijf zie figuur 11). Nadeel is natuurlijk de vervuiling in het systeem.



## COMBINATIE MET BETONKERNACTIVERING?

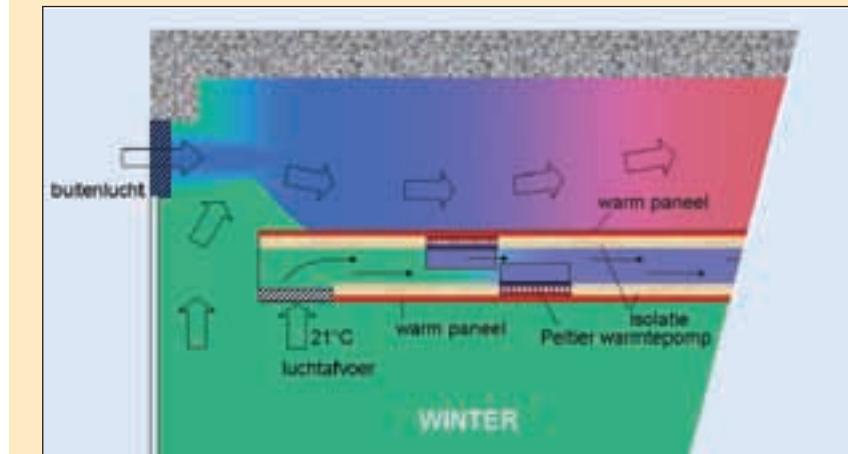
Betonkernactivering is een traag werkend systeem en is niet op werkplekniveau regelbaar. In veel gevallen wordt daarom nog een ander klimaatregelsysteem aangebracht om de ruimtetemperatuur te kunnen beïnvloeden. Hier zou ook gebruik kunnen worden gemaakt van Peltier-koeling en verwarming. In figuur 13 is daar een idee van geschetst. Boven de werkplek wordt een Peltier stralingspaneel thermisch aan het geactiveerde beton gekoppeld. Zo kan de overtollige warmte worden afgevoerd (figuur 14) voor koeling of kan warmte uit het beton worden opgenomen (figuur 15) voor verwarming. Niet om het gehele vertrek te verwarmen of te koelen maar alleen om plaatselijk de omstandigheden aan te passen aan de behoefte; een microklimaat. Een dergelijk systeem kan snelle veranderingen in de stralingsituatie realiseren die de gebruiker ook direct voelt en naar behoefte kan instellen. Eenvoudige elektronische regeling is mogelijk zonder onderhoudsgevoelige regelafsluiters, of uitgebreid leidingwerk met pompen (behalve die voor de Betonkernactivering). In combinatie met warmte- en koudeopslag in de bodem kan de centrale koudeopwekking worden weggelaten.

## VERDERE ONTWIKKELING

### Onderzoek

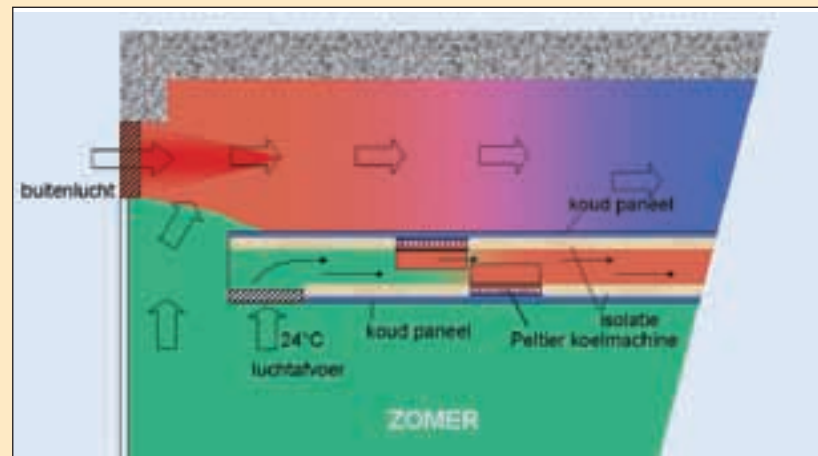
De hiervoor geschetste technische oplossingen zijn slechts ideeën en moeten nog worden onderzocht op technische en financiële haalbaarheid. Veel nog onbeantwoorde vragen moeten aandacht krijgen. Wat is het dynamische gedrag van een Peltier-paneel? Is het microklimaat te beïnvloeden en wat is de optimale plaats ten opzichte van de gebruiker? Wat zijn de uiteindelijke kosten en te behalen rendementen?

Er zijn diverse onderzoeken verricht naar de thermische aspecten van het menselijk lichaam zoals de invloed van huidtemperatuurvariatie van bepaalde lichaamsdelen op het algemene thermische gevoel. Een voorbeeld daarvan schetst diagram 16 [4]. Hierin is het verband te zien tussen algemene temperatuursensatie (rode driehoekjes) in relatie tot plaatselijke temperatuurpassing van de huid van bepaalde



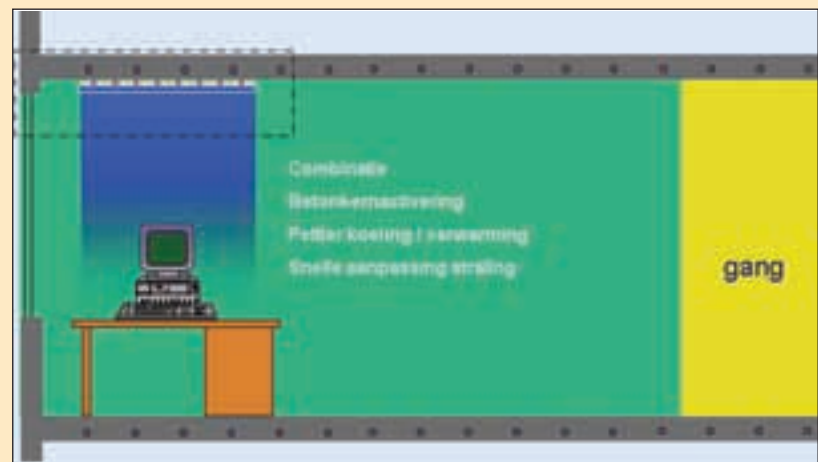
Werking winter.

- FIGUUR 11 -



Werking zomer.

- FIGUUR 12 -



Betonkernactivering i.c.m. Peltier-koeling / verwarming.

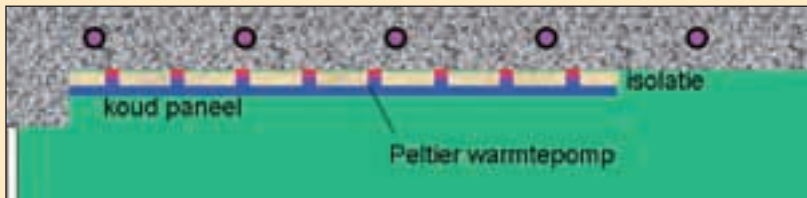
- FIGUUR 13 -

lichaamsdelen (de lijngrafieken). Hieruit zou je kunnen concluderen dat door plaatselijke beïnvloeding van de huidtemperatuur (door stralingsoverdracht) de thermische behaaglijkheid op peil kan worden gebracht. In hoeverre is het dan nog nodig het gehele vertrek te conditioneren? Hoe ver kunnen we het algemene klimaat

oprekken en er toch voor zorgen dat een behaaglijke werkplek ontstaat?

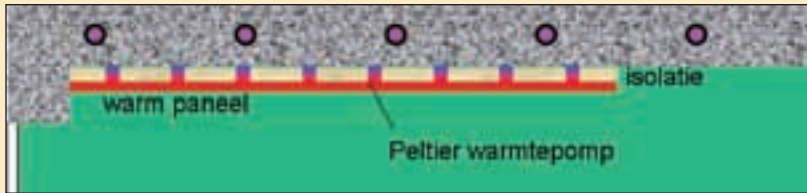
### Technische ontwikkeling van het Peltier-element > De Coolchip

Wie op het web even rondsurft komt al snel op de site [5] van de Coolchip (figuur 17) terecht. Volgens de gegevens op die site is een soort Peltier-element



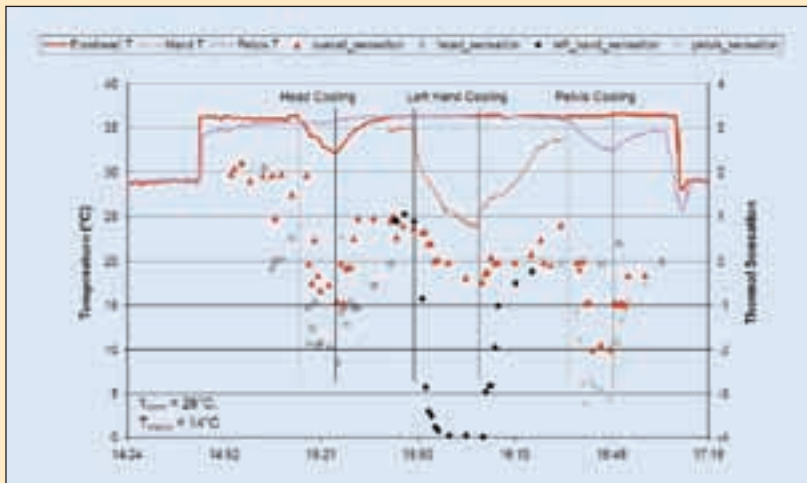
**Koelsituatie.**

- FIGUUR 14 -



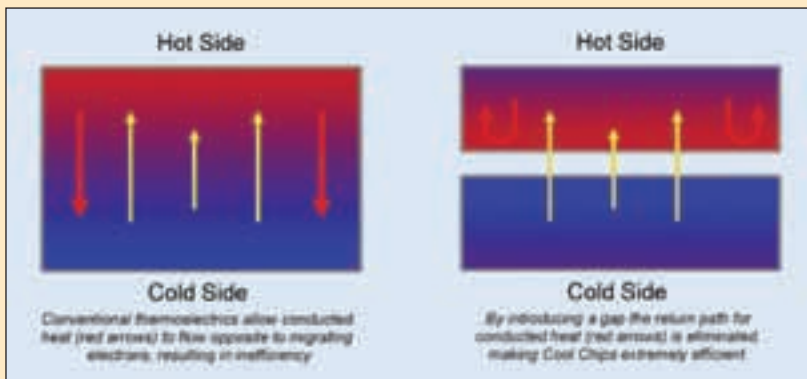
**Verwarmingssituatie.**

- FIGUUR 15 -



**Huidtemperatuur, lokale en algemene thermische sensatie. [4]**

- FIGUUR 16 -



**Principe energieoverdracht Peltier-element en Cool Chip (bron: Cool Chips PLC)**

- FIGUUR 18 -

ontwikkeld waarbij één van de nadelen van het Peltier-element is aangepakt; dat van de relatief lage COP.

De lage COP van een Peltier-element is namelijk het gevolg van warmtegeleiding tussen de warme en de koude zijde (rode pijlen in figuur 18 links). In de Cool Chip is hier een vacuüm barrière aangebracht, waardoor wel elektronen (gele pijlen) kunnen worden overgedragen, maar niet de warmte.

Met uitzondering van enige stralingsoverdracht. Er wordt een maximaal haalbaar rendement van 63 % (op Carnot) genoemd. Er is helaas weinig informatie van de Cool Chip beschikbaar. Hoe ver het met deze ontwikkeling staat is onduidelijk.

**CONCLUSIE**

Ondanks dat Peltier-elementen op grote schaal worden gefabriceerd en



**Cool Chip. (bron Cool Chips PLC)**

- FIGUUR 17 -

toegepast, zijn deze in de klimaatregelinstallaties nog niet terug te vinden. Waarschijnlijk ten gevolge van de onbekendheid binnen onze branche. Peltier-elementen hebben veel voordelen ten opzichte van compressiekoeling. Dit biedt kansen om het koel- en verwarmingsvraagstuk op werklekniveau op te lossen met een echt individueel regelbaar binnenklimaat. Het is wenselijk dat meer aandacht en onderzoek wordt besteed aan toepassing van Peltier-elementen in de gebouwkoeling en -verwarming. Er liggen daar zeker kansen.

Technisch is het mogelijk een gebouw te koelen en te verwarmen met een Peltier systeem. Hoewel het lagere rendement financieel gecompenseerd wordt door de betere prestaties op andere gebieden, is dat een punt van aandacht en verdere verbetering.

**REFERENTIES**

1. Kabushiki Kaisha Komatsu Seisakusho; Kajima Corp., Tokyo, Japan Octrooi US 5.216.887 – 1993.
2. Kajima Corp.; Komatsu MFG Co Ltd. Octrooi JP 63.267.851 – 1988.
3. Jim Bierschenk, Dwight Johnson - *Extending The Limits Of Air Cooling With Thermoelectrically Enhanced Heat Sinks* - Inter Society Conference – 2004.
4. Edward A. Arens; H. Zang; C. Huizenga – *Partial- and whole-body thermal sensation an comfort, Part II: Non-uniform environmental conditions*, Center for the Built Environment – 2005.
5. <http://www.coolchips.com>