

Energie uit onverwachte hoek.

Onlangs is er een interessante discussie opgestart over de vraag of het praktisch mogelijk is om energie op te wekken door warmte uit te stralen. Dit was naar aanleiding van de uitreiking van de "Sustainable University Award 2011" voor het project "Energie uit onverwachte hoek".

Ongeveer een jaar geleden zijn we begonnen met een project voor studenten Natuurkunde van de FNWI in samenwerking met studenten van de HvA domein Techniek. We zochten naar een educatief project dat in teamverband gedaan kon worden en aspecten heeft van zowel Natuurkunde als Techniek.



Geïnspireerd door de

"Frisian Solar Challenge"

hebben we bedacht om als extreme uitdaging 's nachts een bootje te laten varen op de grachten van Amsterdam, puur en alleen op de thermische uitstraling.

Al gauw waren de meningen gevormd en het zou nooit wat kunnen worden. Op "de achterkant van een sigarendoosje" werden berekeningen gemaakt waaruit bleek dat het heel weinig oplevert. Niemand verwacht ook dat er straks een speedboot door de grachten gaat zonder brandstof of zonnepanelen. Maar eigenwijs als we zijn, pruttelt het idee toch verder. Het gaat immers echt niet meer om het bootje maar om het idee wat je allemaal met die kou kunt doen.

Thermische uitstraling, hoeveel is het dan eigenlijk? De uitstraling van de aarde als geheel is gemiddeld, dag en nacht, 350W/m^2 het hele jaar door. Op de polen iets minder, op de evenaar iets meer. De temperatuur van een oppervlak wordt bepaald door een balans van in- en uitstraling. Het uitstralen wordt bepaald door de wet van Stefan Boltzmann $P = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$ hierbij is ϵ de emissiviteit ≤ 1 , σ = constante van Stefan Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8}$ en A = de oppervlakte (m^2) en T is de absolute temperatuur (K). Het instralen gebeurt op dezelfde manier echter, bij helder weer is de atmosfeer gedeeltelijk transparant en wordt er minder ingestraald. Hierdoor wordt er meer uitgestraald dan ingestraald en koelt het object af. We kunnen de verhouding uitstralen versus instralen ook nog beïnvloeden door gebruik te maken van afscherming zoals bv. bij parabolen. Het uitstralen blijft dan hetzelfde maar het instralen van opzij kan dan tegengehouden worden. Hierdoor wordt het extra koud. Als project heeft een van de studenten een prachtig rapport geschreven over de effecten van parabolen en spectraal selectieve materialen.



Zwart ijs: het mooiste bewijs dat het om heel grote hoeveelheden energie gaat. 5 cm ijsgroei in een heldere nacht is mogelijk.

Stel, we hebben kou gemaakt op een dak, wat dan? Dan moet het verplaatst worden. Hiervoor gebruiken we de meest basale heatpipes. Deze werken volgens het principe van Watt: We hebben een afgesloten buis gedeeltelijk gevuld met uitsluitend een tot vloeistof gecomprimeerd gas, bijvoorbeeld propaan. De druk in de buis wordt bepaald door de temperatuur van het vloeistof - oppervlak. Verwarming van de vloeistof zorgt voor drukverhoging, afkoeling van de buis zorgt voor condensatie, de druk daalt en de druppeltjes vallen naar beneden. Er is dan een extreem efficiënt en passief warmtetransport, zelfs tot $23\text{kW}/\text{cm}^2$. Gelukkig zit de straler altijd boven en een eventuele warmtebron in ons geval altijd onder. Voor ons is dit type heatpipe dus goed bruikbaar. Het afgelopen jaar is er bij de HvA een zeer lange en flexibele heatpipe ontwikkeld in samenwerking met UvA studenten. Toepassingen zouden bijvoorbeeld plafondkoeling kunnen zijn (rijgen door een gebouw) of koeling van data centers.

De volgende vraag is dan natuurlijk, wat kan je met kou doen, wat is de toepassing? Dat blijkt zeer veel te zijn. Kou is soms waardevoller dan de gelijke hoeveelheid energie aan warmte. Tegenwoordig kan je bij wijze van spreken een goed geïsoleerd huis met een waxinelichtje op temperatuur houden. Er is namelijk heel veel afvalwarmte in de vorm van elektrische apparatuur. Om hetzelfde huis te koelen heb je een forse installatie nodig. Bij de industrie en kantoorgebouwen is het niet anders. Het koelen gebeurt veelal met warmtepompen (airconditioners), dit is heel inefficiënt. Onlangs is er een pilot opgestart bij de HvA als gevolg van de "Sustainable University Award 2011". We hebben een paar vierkante meter dakoppervlak en een kleine ruimte ter beschikking gekregen om te experimenteren. Het idee is om de airco een handje te helpen door de uitlaattemperatuur te verlagen door de warmte uit te stralen in plaats van weg te blazen. Hierdoor gaat het rendement, beter gezegd, de Coëfficiënt Of Performance (COP) omhoog. Het energieverbruik kan daardoor aanmerkelijk minder worden, gedacht wordt aan een factor 2 a 3. Bij één enkele industriële airconditioner van 10kW koelvermogen praten we al over een besparing van naar schatting 2000kWh per jaar ($> 1000\text{ kg CO}_2/\text{jaar}$).



Voorbeeld van een industriële airco. Warmte uitstralen in plaats van wegblazen zou veel effectiever kunnen zijn.

En wat te denken van een ijsbaan, onnodig te noemen dat het om extreme getallen gaat. Ander toepassingen van het uitstralen zijn het maken van water in de woestijn door vocht in de lucht te laten condenseren of het koud houden van voedsel of medicijnen in Afrika.

Stel, we hebben grondwarmte of restwarmte en we hebben kou, dan denkt men al gauw aan een thermische motor, de Stirlingmotor. Vriend en vijand zijn het er over eens dat dit geen ideale oplossing is. Allereerst kunnen we de natuurkundewetten niet veranderen dus zitten we gebakken aan het (lage) Carnot rendement. Dit is nooit beter dan het temperatuurverschil gedeeld door de absolute temperatuur. Daarnaast wordt een uitvoering echt onpraktisch groot. Een totaal nieuw concept van een motor is nu in ontwikkeling, nog steeds als bezwaar dat het een laag rendement heeft maar wel extreem compact, van kunststof en bedoeld voor lage temperaturen. Een prototype is in ontwikkeling en een patent wordt onderzocht.

Ook is er een alternatieve manier om met een nog lager rendement (<1%), passief een klein beetje elektriciteit te maken met een Thermo Elektrische Generator (TEG). Dit heeft bijzonder mogelijkheden bij smartsensors. Deze hebben zeer weinig elektriciteit nodig om te werken.



*De meest simpele TEG:
Het Peltier Element.*

*Breng een temperatuurverschil aan
en er komt een spanning af.*

Dan nog even terug naar het bootje. Wat kunnen we daar nu van verwachten? Eerlijk is eerlijk, de verwachting is dat er niet meer dan $10\text{W}/\text{m}^2$ uiteindelijk over blijft. Met een bootje van 5 m^2 is dat slechts 50W . Dat is niet veel maar wel heel indrukwekkend, niemand verwacht dat.

Wat ook heel bijzonder is dat het principe ook werkt op de Noord- of Zuidpool daar is immers water van rond -1°C , een luchttemperatuur van -30°C en een hemeltemperatuur van -80°C . Hier kan met een thermische motor de nagenoeg onbeperkte laagwaardige thermische energie omgezet worden in een bescheiden hoeveelheid mechanische of elektrische energie. De zon is niet nodig, sterker nog, daar heb je alleen maar last van.

Hoewel het oorspronkelijke idee, het bootje, voorlopig niet doorgaat, is er wel zeer interessante spin-off: koelen door uitstralen, passief warmtetransport d.m.v. heatpipes en hopelijk ook een totaal nieuw concept van een thermische motor.

Samenvattend, het is een heel bijzonder project, het is nieuw, creatief, duurzaam, educatief, energiebesparend, een mooi voorbeeld voor samenwerking HvA-UvA en er is ook nog een grote belangstelling uit het bedrijfsleven vanwege de spin-off. Hopelijk wordt het ook opgepakt voor een echt wetenschappelijk onderzoek. Het is immers nog niet allemaal wetenschappelijk bewezen.

Theo van Lieshout

Projectleider wetenschappelijke instrumentatie

Technologie Centrum FNWI