

Toepassing van een zon-absorptiekoelsysteem voor airconditioning van gebouwen

Application of a solar absorption refrigeration system for airconditioning of buildings

A.E. Hagendijk¹⁾ en C.H.M. Machielsen²⁾

¹⁾ Directeur van Ceeran Training, Consultancy & Research.

²⁾ Universitair Hoofddocent, Lab. KK, TU Delft.

Inleiding

Ongeveer 10 jaar geleden is er veel onderzoek gestart op het gebied van zongedreven koelsystemen [1] en [2]. Vele projecten zijn echter gestopt in verband met de hoge kosten. Ceeran probeert door een slimme combinatie van op de markt verkrijgbare componenten economisch aantrekkelijke systemen te realiseren.

Het eerst wordt gedacht aan gebieden waar de prijs voor elektriciteit relatief hoog is, de behoefte aan koeling voortdurend aanwezig is en het zonneaanbod hoog is.

Voor dit Sofri-project is als locatie gekozen voor de Nederlandse Antillen. Ook onder Nederlandse omstandigheden zijn er mogelijkheden voor topkoeling in de zomer. Om deze laatste optie economisch aantrekkelijk te maken moet echter het aantal gebruiksuren worden uitgebreid

door de absorptiemachine uit te breiden met een warmtepomp-optie voor het stookseizoen.

Figuur 1 toont de gemiddelde instraling per uur, verdeeld over de dag. Hieruit blijkt dat ook op Curaçao het diffuse aandeel gemiddeld over het jaar vrij groot is.

De pilotlocatie

Momenteel wordt de pilotlocatie op Curaçao gekoeld middels een aantal losse split compressie airconditioning units. Nadeel zijn de hoge elektriciteitskosten en de korte levensduur van de buitenunits. Zoals bekend ligt de grootste elektriciteitspiek net na de middag. De centrale kan dit op Curaçao maar net bolwerken en ook het elektriciteitsproductiebedrijf is er dus bij gebaat indien de vraag rond deze piektijden wat af zou nemen.

De Nederlandse Antillen

Klimaatgegevens (gemiddeld per jaar)

Locatie	Curaçao	12 gr. NB; 68 gr. WL
Windsnelheid	7 m/s	
Windrichting	087 gr. (noord-oost)	
Relative luchtvochtigheid	76.5 %	
Luchttemperatuur	30 °C	
Globale straling	3800 W.h/m ² /day (december) - 6300 W.h/m ² /dag (juli)	
Gemiddeld globale straling	5318 W.h/m ² /day (horizontaal vlak)	
Gemiddeld diffuse straling	2391 W.h/m ² /day (horizontaal vlak)	
Optimale collectorhoek	15 gr.	
Practisch gebruik collector	9:00 - 15:00 uur ⇒ 6 uren	

Samenvatting

In dit artikel wordt ingegaan op het Sofri-project. Doel is om in zonnrijke gebieden, zoals bijvoorbeeld op de Nederlandse Antillen, koud water te genereren ten behoeve van airconditioning. De installatie wordt hierbij aangedreven met thermische energie in de vorm van zonnewarmte en een gas backup systeem. Bij het Sofriproject wordt warmte ingevangen met 100 m² collectoroppervlak. Deze warmte drijft een absorptiekoelmachine aan die ca. 35 kW koeling levert. De opgewekte koude gaat via een buffer naar het koud waternet. Zonneaanbod en koudevraag treden gelijktijdig op en is vrij gelijkmatig over het jaar verdeeld. Voor opstarten en regeling is er een gas backup systeem in het warm water circuit opgenomen. In de nabije toekomst zullen in samenwer-

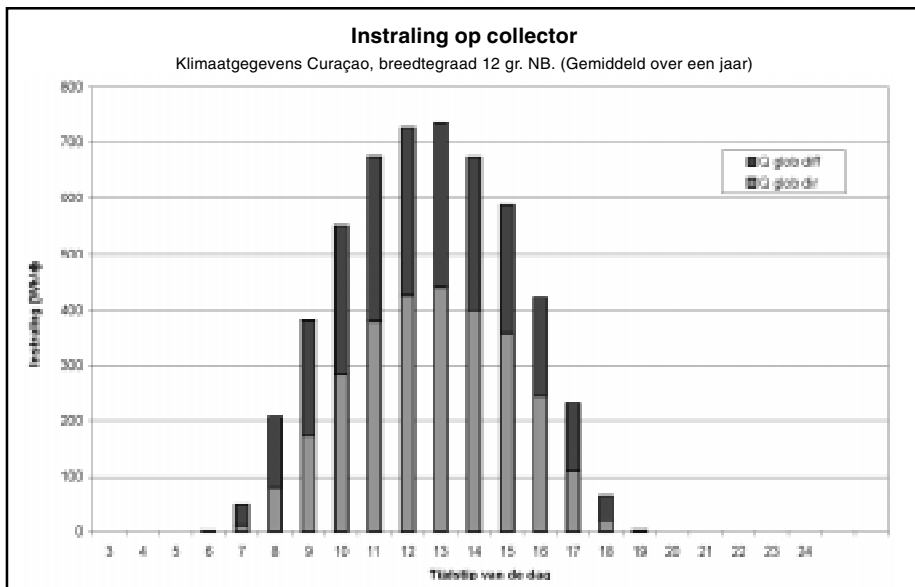
king met andere partijen ook andere backup-systemen, zoals kleine windturbines en PV-systemen, nader onderzocht worden. De inzet van elektriciteit vanuit het lokale net voor airconditioningdoeleinden wordt hierdoor tot een minimum teruggebracht en worden ook pieken vermeden. Het energieverbruik van hotels en kantoren wordt op de Nederlandse Antillen voor meer dan 40 % aangewend voor airconditioning doeleinden.

Summary

In this article the Sofri project is granted. Aim of the project is to generate chilled water for air-conditioning needs in sunny areas like the Dutch Caribbean. The installation is driven by thermal energy in the form of solar heat and a gas backup system. For the Sofriproject the heat is gained by 100 m² collector surface. This heat

powers a 35 kW output absorption refrigeration machine. The generated cold enters the chilled water network via a cold buffer.

The main objective of this project is to develop the necessary knowledge and experience to commercialise solar-assisted air conditioning and dehumidification systems in the Dutch Caribbean. The Caribbean has a high and uniform insolation throughout the year. Furthermore, hotels and offices in the Caribbean use more than 40% of their energy for air-conditioning purposes. Therefore, solar-assisted air conditioning systems are a logic approach in reducing the energy demand and to lower the peak electricity demands for the local power station.



Figuur 1 - Gemiddelde instraling op een horizontaal vlak (Curaçao, 12 gr. NB)

Bij aandrijving met zonne-energie loopt de koudevraag synchroon met het warmte-aanbod.

Alleen voor het opstarten en bij zeer bewolkte hemel is back-upgas nodig. Dit back-upgasverbruik kan deels vermeden worden door buffering aan de warme- en koude kant. De door Ceeran opgestelde regelstrategie zal in deze pilotlocatie worden getoetst.

De corrosiegevoelige buitenunits zijn bij het nieuwe systeem vervangen door een solide verdampings-condensator. De technische levensduur wordt daarmee verlengd van 6 maar 12 jaar. De regelbaarheid via het koudwaternet is veel nauwkeuriger en comfortabeler.

Technische uitvoering

Het systeem (zie figuur 2) omvat de volgende onderdelen:

- koelsysteem en verdampingscondensator
- airco-units en regelsysteem
- gasback-up systeem
- zonnecollectoren

Beschrijving van het zonnecoelsysteem

Het hart van het systeem is een laag temperatuur gedreven 'closed loop Yazaki ab-

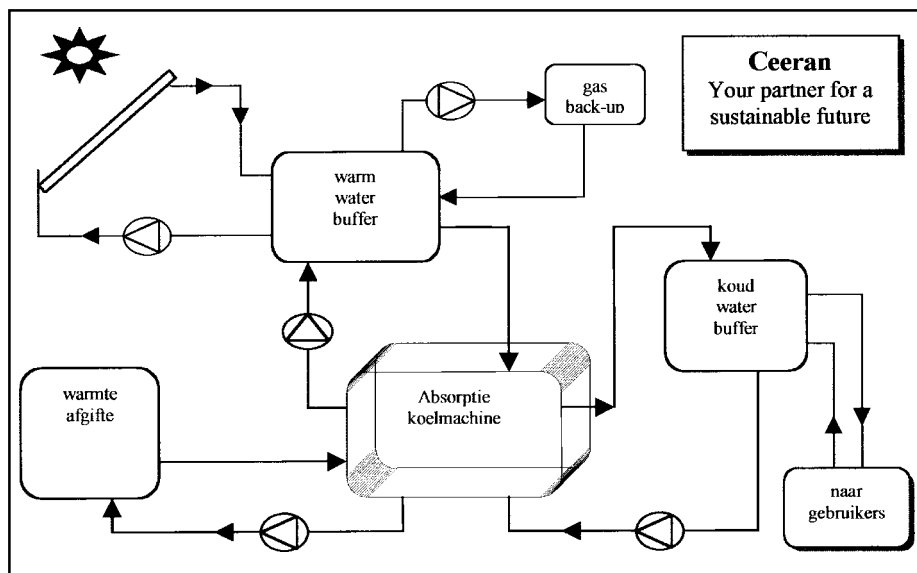
Tabel 1 – Additionele componenten

componenten	aantal	maat	kenmerk
zonnecollector	50	100 m ²	vlakke plaat met spectraal selectieve laag
fan coil units	6	N/A	
circulatiepompen	5	N/A	
verdampings-condensator	1	100 kW	Evapco
gasboiler	1	75 kW	modulerend
warm water voorraadtank	1	5 m ³	geïsoleerd

Type	York (Yazaki WFC-10)
Working pair	LiBr/H ₂ O
Weight	780 kg
Cooling capacity	35 kW
Chilled water	1.75 l/s
temp. outlet	9 °C
temp. inlet	15.6 °C
Cooling water	4.25 l/s
temp. inlet	29.5 °C
temp. outlet	35.9 °C
Hot water	2.5 l/s
temp. inlet	85 °C
	(temp. diff. HEX 6.5 K)

Werkgebied van de toegepaste absorptiekoelmachine

Zeer geschikt voor aandrijving met warm water zijn de Japanse Yazaki-machines, waarvan het kleinste type een nominale koelcapaciteit heeft van 35 kW. In figuur 4 zijn enkele karakteristieken weergegeven, die ontleend zijn aan [4].



Figuur 2 – Schematische opbouw van het Ceeran zon-airconditioning concept

sorption chiller' die op de Europese markt wordt gebracht door York (zie figuur 3).

Tabel I geeft een overzicht van de additionele componenten.

Enkele gegevens van deze 1-traps LiBr/water chiller:

De figuren 5 en 6 laten respectievelijk de geschatte zonnefractie zien gedurende de dag en gedurende het jaar.

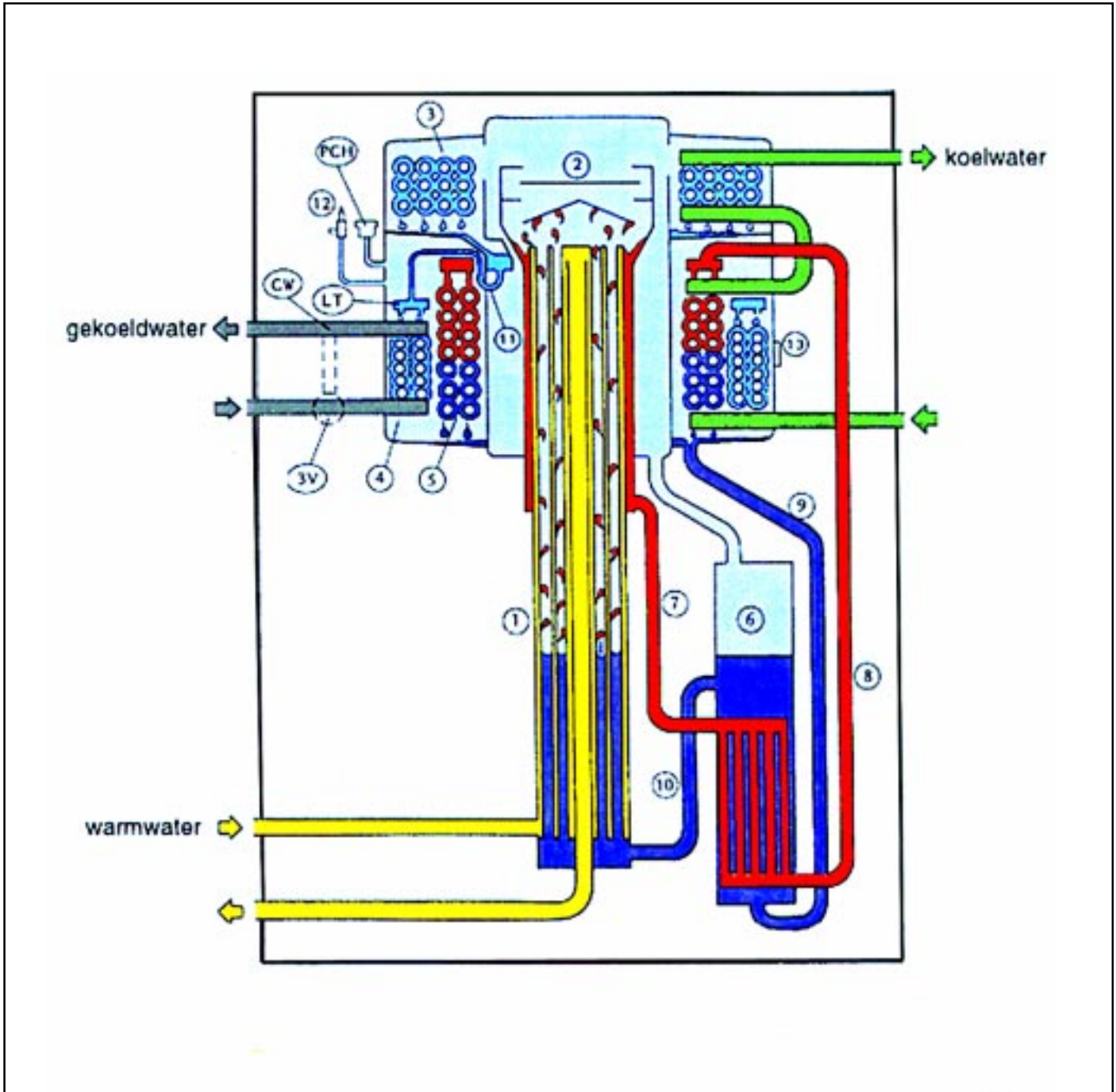
Verwachte besparingen

Met deze zonne airco installatie is op jaar-basis circa 50.000 kWh aan energiebesparing te realiseren ten opzichte van vergelijkbare conventionele compressiekoeling. Er is gekozen voor een absorptiekoelmachine met een nominale koelcapaciteit van circa 40 kW.

Het hiermee te vermijden, totaal geschatte gevraagde elektrisch vermogen, bedraagt 25 kW. Uitgaande van 2000 draaiuren per jaar bedraagt de elektrische besparing 50.000 kWh per jaar.

Additionele besparingen

Het niet inzetten van compressiekoeling verlaagt het nominaal gevraagd elektrisch vermogen.



Figuur 3 – Closed loop Yazaki absorption chiller

Dit uit zich in een kostenbesparing op verbruikskosten van de elektriciteitsrekening. De economische levensduur van deze zon-airco installatie is geschat 12 jaar.

Deze economische levensduur is gelijk aan die van een conventionele centrale koudwater unit.

Economie

Het project is gewaardeerd op meerkosten die ten behoeve van energiebesparing worden gemaakt.

De kostenvergelijking is gebaseerd op deze zon-absorptie unit en een centrale compressiekoeling unit (beide 40 kW).

De totale investeringskosten voor het zon-absorptiesysteem bedragen circa f 112.000 en voor de conventionele compressie koeling circa f 60.000, exclusief de vergelijkbare bouwkundige aanpassingen. Bij de geldende elektriciteitsprijzen van fl.0,33 vertegenwoordigt 50.000 kWh een bedrag van f 16.500 per jaar.

De extra exploitatiekosten van gas en koelwater (verdampingscondensor) bedragen circa f 3000, te minderen op het bedrag van f 16.500.

Uitgaande van een gelijke levensduur van het zon-absorptie systeem en het conventionele compressie koelsysteem, dient het

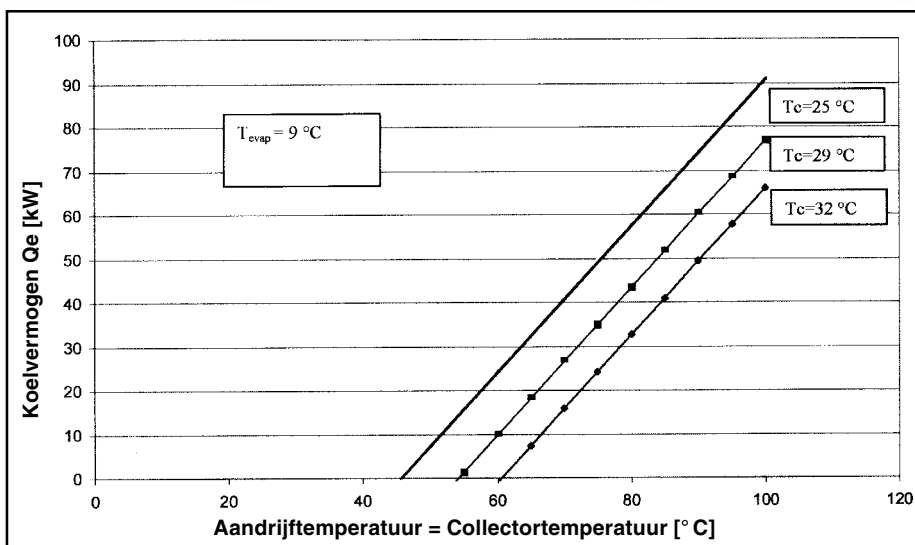
bedrag van f 52.000 terugverdiend te worden.

De terugverdientijd gebaseerd op de meerkosten van de investering, levensduur energiebesparing, minus extra exploitatiekosten komt hiermee op circa 3,8 jaar.

Toegevoegde waarde van het Sofriproject

Het project past uitstekend in de wereldwijde aanpak in het gebruik maken van duurzame energie en het terugdringen van de CO₂ uitstoot.

Gunstige omstandigheid is dat het zonne-



koelingsproject inspeelt op de vraag, grootste koelvraag bij het hoogste zonneaanbod. Zo werk je mee aan de zogenaamde piek-shaving; minimale elektriciteitsverbruik als de vraag naar elektriciteit het hoogst is.

Enkele kentallen van het project

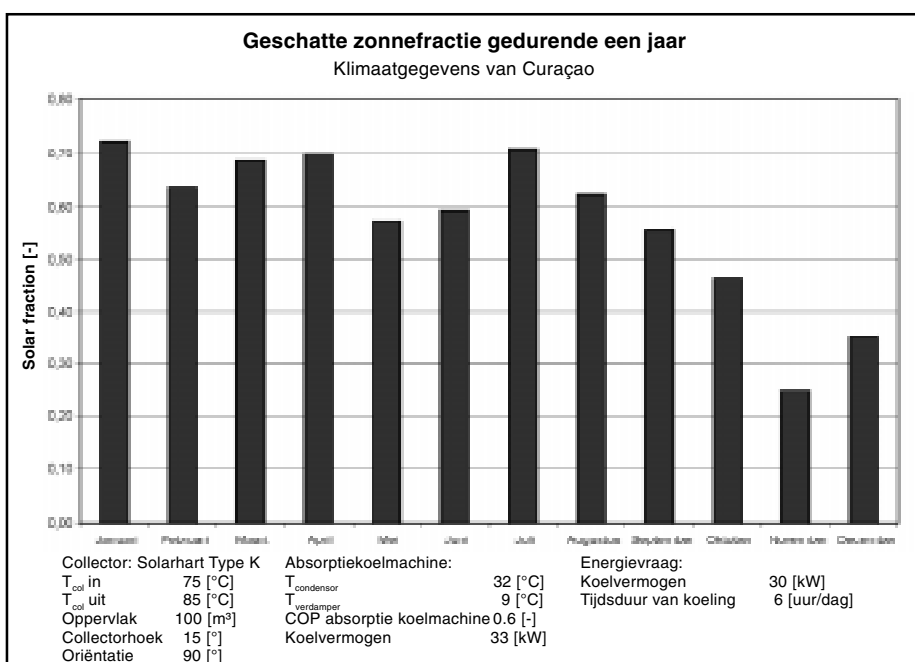
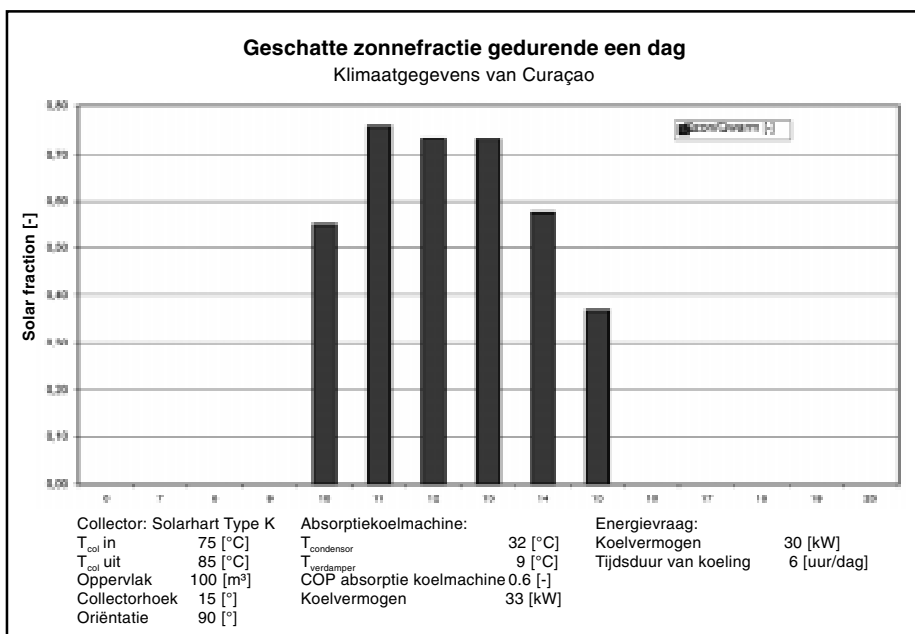
- Energiebesparing 50.000 kWh/jaar (electrisch)
- CO₂ reductie 18.500 kg/jaar
- Terugverdientijd meerinvestering 3,5 jaar
- Collectoroppervlak 100m²

Conclusie

Bij het Sofriproject is bewust gekozen voor een niet 100% dekking met zonne-energie. Hierdoor blijven de investeringen aanvaardbaar en maakt een zon airostysteem niet alleen technisch maar ook economisch haalbaar.

Er moet echter nog veel onderzoek en ontwikkeling in verbeterd rendement collectoren en de absorptietechnologie geïnvesteerd worden om de terugverdientijden verder omlaag te krijgen.

Daarom participeert Ceeran ook in nationale en internationale researchprogramma's zoals het IEA Task 25 programma ('Solar Assisted Air Conditioning of Buildings') en EU Joule-Craft.



Literatuur

- [1] J.P. van Paassen. Solar powered refrigeration by means of an ammonia-water intermittent absorption cycle. TU-Delft, mei 1987. ISBN 90-370-0013-4
- [2] "Solar-driven cold-store project - Final Report". July 1990, Published by Stork Product Engineering B.V., P.O. Box 379, 1000 AJ Amsterdam, The Netherlands.
- [3] C.H.M. Machiels, R. Koch and A.E. Hagedijk. Solar-assisted air conditioning system — Design criteria for office application in Curaçao. Proceedings of Int. Conf. SATIS'99, Volume II, Puerto Rico, August 1999.
- [4] C.H.M. Machiels. Zongedreven koelmachines, een overzicht van beschikbare technieken. Koude & Luchtbehandeling, nr. 4, 2000, pag. 23-25.

Figuur 4 (boven) – Koelvermogen LiBr/water machine bij T_o = 9 °C en T_c als parameter

Figuur 5 (midden) – Geschatte zonnefractie gedurende een dag

Figuur 6 (onder) – Geschatte zonnefractie gedurende een jaar