

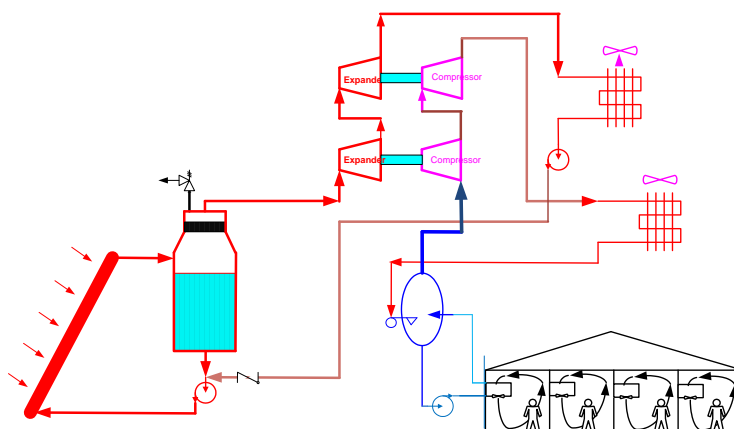
Energiforsknings-  
programmet  
EFP og EUDP

# IEA SHC Task 38 „Solar Air- Conditioning and Refrigeration“ Dansk deltagelse 2007-2010

Programområde  
Sol

Journalnr.:

EFP07 033001/ 33033 – 0031  
EFP07-II 033001/ 33033 – 0183  
EUDP08-II 63011-0157  
EUDP-09-II 64009-0261



Rapport

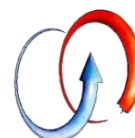
Marts 2011

ellehaug  
&  
kildemoes

PlanEnergi



Teknologisk Institut



AC-Sun



**Energiforsknings-programmet EFP & EUDP****Programområde: Sol**

**Journalnr.:** EFP07 033001/ 33033 – 0031  
EFP07-II 033001/ 33033 – 0183  
EUDP08-II 63011-0157  
EUDP-09-II 64009-0261

# IEA SHC Task 38 „Solar Air-Conditioning and Refrigeration“

Dansk deltagelse 2007-2010

Rapport

**Marts 2011**

**Klaus Ellehauge**  
Ellehauge & Kildemoes  
Vestergade 48 H, 2.tv.  
DK-8000 Århus C  
Tlf: 86 13 20 16  
ke@elle-kilde.dk  
www.elle-kilde.dk

**Ebbe Münster**  
PlanEnergi  
Jyllandsgade 1  
9520 Skørping  
Tlf: 96 82 04 00  
em@planenergi.dk  
www.planenergi.dk

**Lars Reinholdt**  
Teknologisk Institut  
Teknologiparken  
Kongsvang Allé 29  
8000 Aarhus C  
Tlf: 7220 1270  
lre@teknologisk.dk  
www.teknologisk.dk

**Søren Minds**  
AC-Sun Aps  
Vitus Bering Innovation  
Park  
Chr. M. Østergårdsvej 4  
8700 Horsens  
Tlf.: 20 309 903  
smi@ac-sun.com  
www.ac-sun.com

## Indhold

<b>1</b>	<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Konklusioner</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Resultater fra subtasks og workpackages</b>	<b>12</b>
4.1	Subtask A: Nøgle-færdige anlæg til boliger og butikker m.m.	12
4.2	Subtask B: Anlæg til store kontorbygninger og industriformål.	13
4.3	Subtask C: Modellering og grundlæggende analyser	16
4.4	Subtask D: Markedsføringsaktiviteter	16
<b>5</b>	<b>Den danske deltagelse</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Afholdte møder og workshops i DK:</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Hjemmesider</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Referencer (udgivelser i tasket)</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>Publikationer (bilag)</b>	<b>25</b>
9.1	Artikler	25
9.2	Interne arbejdsmaterialer	25
9.3	Input til task	25
9.4	Præsentationer på konferencer	26
9.5	Presentationer på IEA38 møder og workshops	26

## 1 Forord

IEA SHC Task 38 „Solar Air-Conditioning and Refrigeration“ fandt sted i perioden oktober 2006 til december 2010. Danmark var repræsenteret i tasket fra jan 2007 til dec. 2010.

Formålet med tasket var at fremme anvendelsen af solvarmedrevne køle og airconditioning systemer i bl. a. bolig-, handels- og industrisektorerne. Endvidere var formålet, at medvirke til nye forsknings- og udviklingsaktiviteter vedrørende nye systemer og koncepter.

Tasket var en efterfølger af IEA SHC Task 25 - Solar Assisted Air Conditioning of Buildings som fandt sted i perioden juni 1999 til maj 31 2004 og som bl.a. resulterede i håndbogen "Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners". Endvidere var det en efterfølger af IEA task 26 – Solar Combisystems (solvarmeanlæg til kombineret brugsvands- og rumopvarmning), idet ideen var at forbedre økonomien i soldreven køling ved at etablere anlæg hvor solfangeren om vinteren kan levere opvarmning og om sommeren køling.

Da anvendelsen af aircondition anlæg i Danmark er stærkt stigende har det været vigtigt med dansk deltagelse i tasket. De fleste nye danske kontorhuse udføres således allerede med aircondition. Endvidere medfører de nye energibestemmelser i bygningsreglementet, at der er forøget behov for køleløsninger og i særdeleshed køleløsninger, der ikke bruger el. En forøget hyppighed af varme somre som følge af klimaændringer bidrager endvidere til at øge behovet for aircondition i boliger.

Solkøling er en energieffektiv måde at køle bygninger på, som også kan bruges i Danmark, da der er et stort sammenfald mellem solindfald og behov for aircondition.

Som en del af det danske team har endvidere indgået firmaet AC-Sun som i perioden har arbejdet med at udvikle en ny og revolutionerende termomekanisk køleteknik.

IEA SHC task 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration var opdelt i 4 subtask:

Subtask A: Nøgle-færdige anlæg til boliger og butikker m.m.

Subtask B: Anlæg til store kontorbygninger og industriformål.

Subtask C: Modellering og grundlæggende analyser

Subtask D: Markedsføringsaktiviteter

Tasket har haft deltagelse fra Australien, Canada, Danmark, Frankrig, Grækenland, Holland, Israel, Italien, Luxemburg, Mexico, Portugal, Schweiz, Spanien, Sverige, Tyskland og Østrig.

Den danske deltagelse bestod af:

- Ellehauge & Kildemoes (Klaus Ellehauge), som forestod projektledelse og overordnet formidling samt især deltog i subtask A og C, og D. Som en del af taskarbejdet udarbejdede en beregningsmodel samt for AC-Sun anlægget,
- AC-Sun (Søren Minds) som deltog i subtask A, C og D. AC-Sun har i løbet af tasket arbejdet med den tekniske udvikling af AC-Sun systemet og har bidraget med evalueringer og foreløbige målinger for AC-Sun systemet.
- PlanEnergi (Ebbe Münster) som deltog i subtask B og C. PlanEnergi forestod analyser af målinger på absorptionskøleanlægget på 105 kW etableret år 2007 på Skive rådhus. Målingerne har bidraget til en optimering af anlægget og måleresultater er leveret videre til tasket.
- Teknologisk Institut (Lars Reinholdt), som deltog i subtask A, B, og C og bl.a. bidrog med systemudvikling, modellering, analyser og målinger bl.a. på adiabatisk køleanlæg og anlæggene til bortskaffelse af overskudsvarme (f.eks. køletårne). Teknologisk Institut var leder af Working Group C5 vedr. "Heat rejection" og deltog i optimeringen af anlægget på Skive Rådhus.

Den danske deltagelse har været finansieret af bevillingerne: "EFP07 projekt 033001/ 33033 – 0031", "EFP07-II projekt 033001/ 33033 – 0183", "EUDP08-II,63011-0157" samt "EUDP-09-II, 64009-0261"

I nærværende rapport er opsummeret taskets vigtigste resultater samt medtaget vigtigste danske bidrag til tasket.

## 2 Summary

IEA SHC Task 38 "Solar Air-Conditioning and Refrigeration" ran from October 2006 to December 2010. Denmark was represented in the task from January 2007 to December 2010. The aim of the task was to encourage use of solar powered refrigeration and air conditioning systems in particular at residential, commercial and industrial sectors. Furthermore, the aim was to contribute to new research and development activities on new systems and concepts.

The task was a successor of the IEA SHC Task 25 - Solar Assisted Air Conditioning of Buildings which resulted in the handbook "Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners." Furthermore, it was a successor of the IEA Task 26 - Solar Combi Systems (solar combined DHW and space heating), since the idea was to improve economics of solar cooling by setting up systems where collectors in winter provide heating and in summer cooling.

Because the use of air-conditioning in Denmark is increasing rapidly, it has been important with Danish participation in the task. Most new Danish office buildings already make use of air conditioning. In addition, the new energy provisions in the building regulations increase the need for cooling solutions that do not use electricity. An increased frequency of hot summers caused by climate change will also help to increase the need for air conditioning in homes.

Solar cooling is an energy efficient way to cool buildings, which can also be used in Denmark as there is a high correlation between solar radiation and the need for air conditioning. Part of the Danish team has also been the company AC Sun which in the period has worked with developing a new and revolutionary thermo-cooling technology.

IEA SHC Task 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration was divided into 4 subtask:

- Subtask A: Pre-engineered systems for residential and small commercial applications
- Subtask B: Custom-made systems for large non-residential buildings and industrial applications
- Subtask C: Modelling and fundamental analysis
- Subtask D: Market transfer activities

The task has had participation from Australia, Canada, Denmark, France, Greece, Holland Israel, Italy, Luxembourg, Mexico, Portugal, Switzerland, Spain, Sweden. Germany and Austria.

The Danish participation consisted of:

- Ellehauge & Kildemoes (Klaus Ellehauge), project management and overall information. Participated in the subtask A and C and D.
- AC-Sun (Søren Minds) participated in subtask A, C and D. .
- PlanEnergi (Ebbe Münster) participated in subtask B and C.
- Technological Institute (Lars Reinholdt) participated in subtask A, B and C

The main findings of the task are given in the new handbook that will be published in summer 2011. This report summarises some of the results in Danish and in particular the Danish effort.

The Danish project group has provided input to the international reports of the task. A number of the materials prepared by the project are attached as annexes.

PlanEnergi was involved in analysis of measurements of the absorption system of 105 kW established year 2007 in Skive City Hall. In cooperation with the Technological Institute is also from the analyses developed and tested an alternative method of regulation (see below) and delivered measurement data for use in task.

The Technological Institute has participated closely in preparing the report for subtask A "Small Systems". Furthermore The Technological Institute had the role as coordinator of activities around the optimization of "heat rejection." In this context it is especially the derived electricity for pumps and fans in the heat emitter (cooling tower, dry cooler, etc.) that are looked at. Traditionally heat driven refrigeration machines are controlled by regulating the driving heat flow (lower regeneration temperature). This has however, for most types of systems, negative impact on the system efficiency and thus the power consumption of auxiliary equipment. This has led to the development of an alternative regulation strategy tested at Skive City Hall plant.

In 2009 it was planned to attach adiabatic pre-cooling of the air cooling coils at Skive city hall, however the solution proved to be quite expensive. Further optimization of the solution was therefore not implemented, because detailed analysis of operational data of the system showed great potential in the introduction of the before mentioned regulation strategy. Instead Plan Energy conducted further optimization of the plant, and measurement data implemented in the spring of 2010 and preliminary data show much smoother operation and significantly less power consumption. The study of adiabatic pre-cooling was instead made in a laboratory setting at the Technological Institute. This was combined with the test of a new air cooling system, based on indirect evaporation of water. The test was conducted on a cooler purchased from the Netherlands and a MST project was demonstrating this technology to heat driven air conditioning in a supermarket.

As a derivative a PSO project on the development of small efficient cooling towers was started at the Technological Institute in early 2009 and measurements was performed at the first prototype. The presentation was shown on the meeting in Aarhus, April 2010.

AC Sun has designed and produced an optimized prototype 2 and begun data collection. Prototype (2) is flexibly designed for testing different bearing solutions. The prototype is installed in a buffer tank connected to the heating elements as external heat source acting as a collector. Prototype 2 will be used as the final internal testing station before the final design and manufacture of test facilities for "field" test in 5 test stations respectively Denmark, Ger-



many, Italy, Spain and Malaysia. Most of the testing stations are expected operating in spring 2011.

Ellehaug & Kildemoes during the period conducted the project management and worked with the calculation and evaluation of the AC-Sun System. A TRNSYS model for simulation of the system has been built.

The task meeting in the spring of 2010 was organized by Ellehaug & Kildemoes and the Technological Institute and took place in Aarhus. As part of the Task meeting was also organized a public Danish workshop with approx. 36 participants.

.

### 3 Konklusioner

Soldreven køling var ved taskets start er en velkendt teknologi som imidlertid havde svært at slå igennem, dels på grund af ofte skuffende ydelser og dels på grund af ofte dårlig økonomi for anlæggene. Især elforbruget til hjælpeudstyr som pumper og ventilatorer overraskede i mange tilfælde.

Et af taskets hovedformål var at komme videre ud af denne situation ved at understøtte udbredelsen af soldreven køling ved hjælp af taskets aktiviteter indenfor evaluering og dokumentation af ydelser, sammenligning af forskellige typer anlæg, udarbejdelse af materialer for dimensionering og kvalitetssikring m.m. Det var endvidere håbet at en større udbredelse ville føre til en forbedret økonomi og dermed konkurrenceevne i forhold til konventionelle energikilder og i forhold til andre vedvarende energikilder.

Ved afslutningen af tasket kan det konstateres at man er kommet en del videre indenfor de nævnte områder, men også at man nok ikke er kommet så langt som man havde håbet. Soldreven køling er således stadig en teknologi som må siges ikke at være modnet til et stade hvor den kan være fuldt konkurrencedygtig og kan slå igennem på egen hånd.

Der er som et internt dokument i tasket udarbejdet et "policy paper" som opsummerer potentialerne for soldreven køling og som foreslår en række initiativer (se afsnit 4.4 pkt. WP D5).

En af fordelene ved soldreven køling er at den kan være med til at nedsætte spidsbehovene for elektricitet, idet der i sydligere klimaer er stigende problemer i elnettet og elproduktionen i perioder med store kølebehov.

Soldreven køling kan dog også sammenlignes med PV drevne traditionelle eldrevne varmepumper. Dette er også gjort i tasket og selv ved sammenligning med den dyre solcelleteknologi kan det ved mange anvendelser være svært for termisk soldreven køling at klare sig. Imidlertid er det konklusionen for taskarbejdet at termisk soldreven køling rummer fordele i forhold til anvendelsen af PV idet disse så kan reserveres til andre formål der ikke kan afløses af termiske teknikker. Endvidere forventes der stadig at være et væsentligt potentiale for at billiggøre anlæggene ved større udbredelse.

I løbet af taskarbejdet er det blevet mere tydeligt at et af problemerne ved soldreven køling er bortskaffelsen af overskudsvarme. Ved design og dimensionering af anlæggene har der været en tendens til især at beskæftige sig med selve teknikken med omdannelsen af sol-

energi til køling, men ikke så meget at beskæftige sig med teknikken for bortskaffelse af overskudsvarme idet dette er kendt teknologi i form af køletårne m.m.

Det er således i løbet af taskarbejdet erkendt at mange installationer har for stort elforbrug til bortskaffelsen af overskudsvarmen.

Dels har effektiviteten af den anvendte teknologi for omdannelse af solenergi til køleenergi betydning for mængden af overskudsvarme der skal bortskaffes og dels har køleteknologien for bortskaffelse af overskudsvarmen indflydelse på hvor meget parasitisk energi (el til pumper, ventilatorer m.m.) der skal bruges til dette formål.

Den danske indsats i tasket har arbejdet centralt med disse punkter. Lars Reinholdt fra Teknologisk Institut har således stået i spidsen for en arbejdsgruppe om bortskaffelse af overskudsvarme (WG C.5 "heat rejection") og en forbedret styringsstrategi for en type anlæg med henblik på at nedsætte elforbruget til bortskaffelse af overskudsvarme er blevet afprøvet af PlanEnergi på Skive Rådhus i samarbejde med Teknologisk Institut. Dette arbejde var også medvirkende til opstarten af et PSOprojekt omkring udvikling af fremtidens køletårn.

Endvidere har den danske indsats ved AC-Sun og Ellehauge & Kildemoes bestået i at udvikle en helt ny termomekanisk teknologi til soldreven køling som har potentialet til at være øvrige teknologier overlegen med hensyn til effektivitet og derved producere betydeligt mindre overskudsvarme end andre teknologier. I løbet af tasket har AC-Sun fået udviklet en prototype og afprøvet teknologien med hensyn til effektivitet men har ikke nået indenfor projektperioden at nå helt i mål med hensyn til holdbarheden af den mekaniske konstruktion. AC-Sun står overfor at skulle teste nye systemer i de kommende måneder, hvoraf det ene er en optimering af et eksisterende koncept med de bedste testresultater.

## 4 Resultater fra subtasks og workpackages

### 4.1 Subtask A: Nøgle-færdige anlæg til boliger og butikker m.m.

#### WPA1: Markeds oversigt

Markedsoversigten indeholder oplysninger om komponenter og udviklingstendenser for kombinerede anlæg for både opvarmning og køling med kølekapacitet mindre end 20 kW. For at få en bedre udnyttelse af installeret solvarmekapacitet er det i Europa væsentligt at solfangerne både kan udnyttes til opvarmning om vinteren og til køling om sommeren.

Der er i rapporten bl.a. med udgangspunkt i taskarbejdet under IEA SCH task 26 Solar combisystems (kombineret opvarmning til rumvarme og varmt brugsvand) set på systemer som er velegnede til også at integrere køling. Endvidere er der set på anlæggenes forskellige hovedkomponenter, herunder lagre (også is lagre), varmepumper og heat rejection komponenter. Endvidere indeholder rapporten en sammenligning af kommercielle anlæg på markedet

Den afsluttende rapport kan downloades fra taskets hjemmeside, Ref. 1

#### WPA2: Typiske systemer (Generic systems)

Arbejdet har gået ud på at identificere typiske systemer ud fra bl.a. energikilde, kølesystem for spildvarme, leveret køleeffekt samt layout for rør m.m. I rapporterne er der udviklet en modulær måde at præsentere systemerne på ud fra de 3 hovedsystemer (varme side, kolde side og spildvarme)

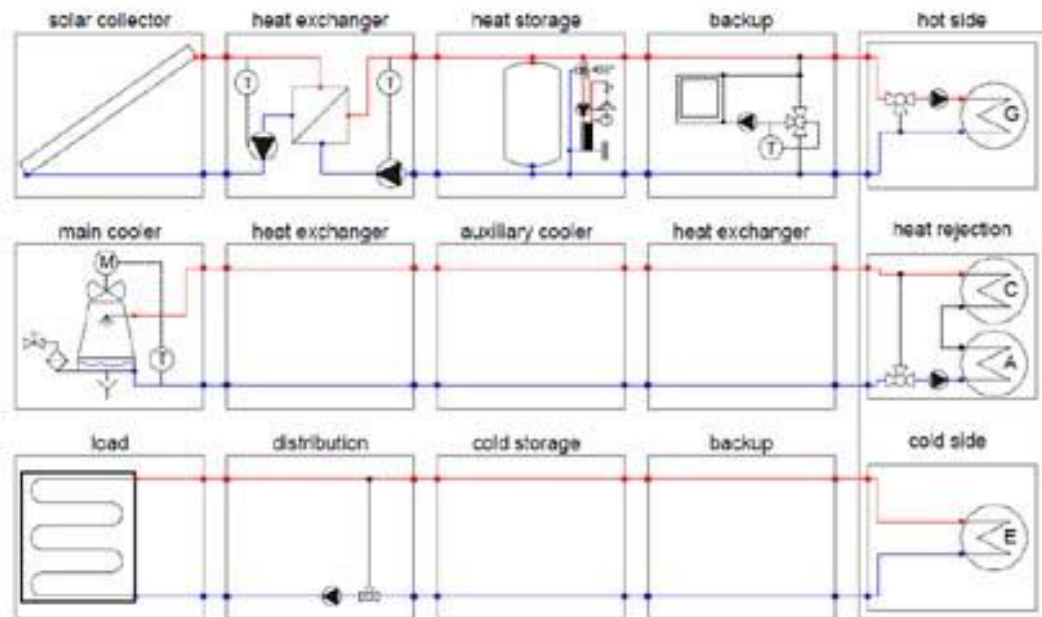


Figure 3: Generic system: standardized system topology with placeholders for the integration of optional system components.

Den afsluttende rapport kan downloades fra taskets hjemmeside, Ref. 2

#### WPA3 Målinger og WPA4 Evalueringsprocedurer

Der er udført og rapporteret målinger fra 14 anlæg. Målingerne er rapporteret i et særligt format udviklet i tasket som gør det muligt at sammenligne resultater. Rapporten er endnu ikke tilgængelig

#### WPA5 Installations- og vedligeholdelsesanvisninger

Anvisningerne er bl. a. udarbejdet ud fra 18 interviews  
Rapport er endnu ikke tilgængelig

## 4.2 Subtask B: Anlæg til store kontorbygninger og industriformål.

### WPB1 Markedsoversigt

Der er udarbejdet en rapport som giver statistikker over udbredelsen af soldrevne køleanlæg. Arbejdsgruppen har drejet sig om anlæg større end 20 kW men rapporten indeholder også statistikker for mindre anlæg.

Ifølge rapporten er der i 2009 kendskab til 276 installerede soldrevne køleanlæg i verden hvoraf de 113 har kapacitet > 20 kW og de 163 har kapacitet <20 kW. De 276 anlæg er udtryk for 10 % vækst af installerede anlæg i forhold til 2007.

I de følgende er gengivet nogle af rapportens figurer vedrørende udbredelsen og anvendelsen af soldreven køling. Rapporten rummer derudover statistikker om anlæggenes data (f.eks. anvendt solfangerareal og type) samt evalueringer og diskussioner vedr. principperne

for 20 systemer med kapacitet >20kW.

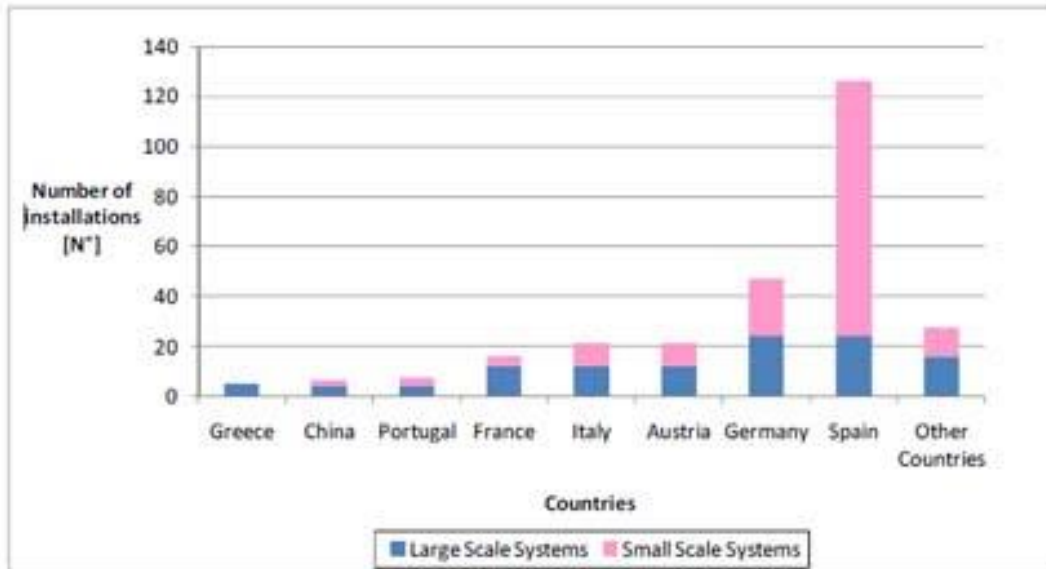


Figure 3.1 Total number of solar heating and cooling systems installed in different countries and classified in small or large scale systems. "Other Countries" include: Armenia, Australia, Belgium, Denmark, Egypt, Japan, Kosovo, Lichtenstein, Malta, Mexico, Netherlands, Singapore, South Africa, Switzerland, Syria, Turkey, UK, United Arab Emirates and USA.

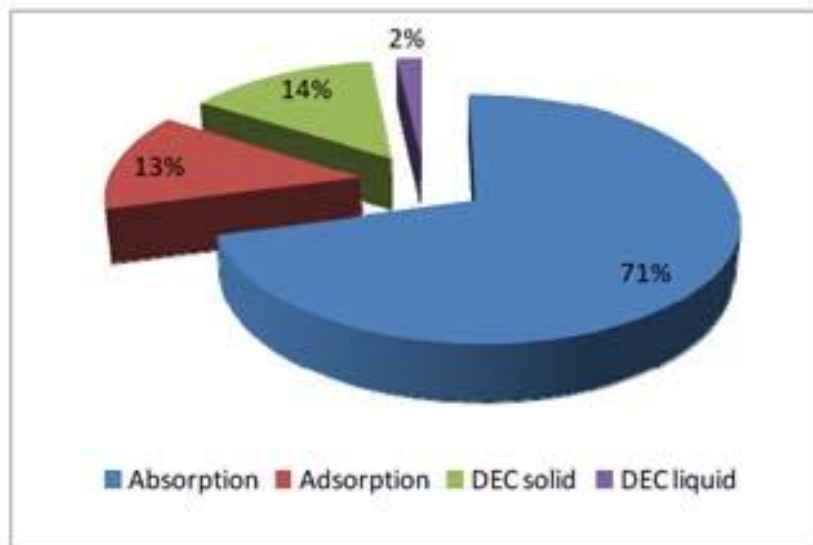


Figure 3.5 Percentage of use of different technologies for thermally driven chillers within 113 large scale systems.

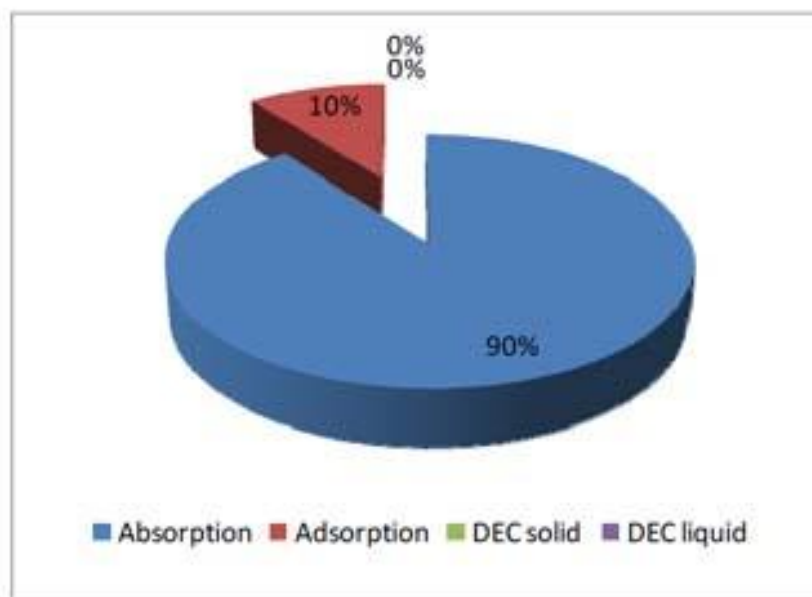


Figure 3.6 Percentage of use of different technologies for thermally driven chillers within 156 small scale systems.

Den afsluttende rapport kan downloades fra taskets hjemmeside, Ref. 3

#### WPB2 Valg af system design og kontrolstrategi

I rapporten er det valgt at gennemanalysere 14 anlæg mht. optimal styringsstrategi. Anlæggene er valgt så de repræsenterer forskellige typer. Anlæggene er rapporteret i en intern rapport som ikke offentliggøres, men hvor resultaterne indarbejdes i taskets håndbog

Intern rapport: Ref. 4, Håndbog: ref. 5.

#### WPB3 Målinger samt demoprojekter og evaluering

Måle- og evalueringsprocedurer er udarbejdet sammen med subtask A og der er udarbejdet målerapport med resultater fra 11 anlæg herunder Skive Rådhus.

Den afsluttende rapport er endnu ikke tilgængelig

#### WPB4 Metode til hurtigskitsedesign af egnede anlæg.

Der er udarbejdet en checkliste (check list tool), et beslutningsskema (decision scheme tool), samt et dimensioneringsværktøj (TDC tool (Thermally Driven Cooling tool)), som gør det muligt ud fra oplysninger om installationsstedet at vælge hoveddata m.m. for velegnede systemer. Værktøjerne bliver lagt på CD indeholdt i håndbogen. Check listen er p.t. tilgængelig på internettet

Internt dokument Ref. 6, Checklist tool Ref. 7, Håndbog ref. 5

#### WPB5 Anvisninger for installation samt udbud.

Der er udarbejdet en rapport som forklarer udbud og kvalitetssikring som en hel proces. Der gennemgås i rapporten en række kvalitetsstandarder bl. a. i henhold til ASHRAE og REHVA m.fl. Endvidere er der udarbejdet et Excel værktøj som en omfattende checkliste til at gennemgå og kontrollere en installation.

Rapporten (og Excel ark) ref. 8 inkluderes i håndbogen ref. 5

### 4.3 Subtask C: Modellering og grundlæggende analyser

#### WPC1 Nuværende state samt nye udviklinger indenfor soldrevet køling.

Rapporten omhandler korte beskrivelser af teknologien, termodynamikken, fordele og ulemper, hvad er tilgængeligt på markedet samt hvor der forskes og udvikles. Der omtales følgende teknologier: Absorption, Adsorption, Liquid desiccant systems, Solid desiccant systems, Thermo-mechanical chillers, Steam jet chillers.

AC-Sun systemet er inkluderet som et termomekanisk system.

Rapport er endnu ikke tilgængelig men vil blive offentliggjort på taskets hjemmeside Ref. 9

#### WPC2 Simuleringsværktøjer

Der er udarbejdet to rapporter:

1. Beskrivelse af simuleringsværktøjer som er anvendelige til simulering (Solid desiccant cooling og Absorptionskøling) Bl. a. omtales fordele og ulemper ved SPARK, EnergyPlus, EES, EasyCool, TRNSYS og INSEL.
2. Benchmarks til sammenligning af simuleringsværktøjer (absorptionskøling). Ud fra referencesystemer sammenlignes resultaterne af beregninger med både detaljerede simuleringsværktøjer samt simplificerede (TRNSYS, INSEL, COLSIM, TRANSOL, SPARK/ Energy Plus, SOLAC, EasyCool)

De afsluttende rapporter kan downloades fra taskets hjemmeside, Ref. 10 og ref. 11

#### WPC3 Termodynamik/Exergi analyser

Rapporten indeholder en beskrivelse af hvordan exergi analyser udføres og at disse giver et bedre billede af den valgte proces ved både at inddrage termodynamikkens 1. og 2. lov frem for hvis der kun ses på energistrømmene.

Endvidere indeholder rapporten exergi analyser af DEC systemer sammenlignet med konventionelle systemer til for air-conditionering, exergi analyser af luftbehandlingsdelen af et DEC system baseret på målte data, entropi analyser af en ammonia-water chiller og analyser af det lovende ECOS system, en sorptions varmeveksler til samtidig køling og affugtning.

Den afsluttende rapport forventes offentliggjort på taskets hjemmeside Ref. 12

#### WPC5 Bortskaffelse af overskudsvarme (Heat rejection)

Teknologisk Institut var leder af denne arbejdsopgave. Elforbruget i hjælpeudstyr er, som allerede nævnt flere gange, en kritisk parameter, da det er el-besparelsen, der skal forrentes investeringen i et soldrevet køleanlæg frem for et traditionelt køleanlæg. De opnåede erkendelser var en medvirkende årsag til at PSO-projektet "XX" blev initieret. Prototypen fra dette arbejde er netop blevet testet. Resultaterne er i vid udstrækning indarbejdet i rapporterne for subtask A. Der er endvidere udarbejdet to rapporter vedr. bortskaffelse af overskudsvarme. Den ene beskriver de kommercielt tilgængelige teknologier, samt styringsfilosofier, mens den anden ser nøjere på hygiejnespekter ved vand i åbne køletårne. Rapporterne vil blive tilgængelige for download fra hjemmesiden.

### 4.4 Subtask D: Markedsføringsaktiviteter

#### WPD1 Ydelser

(blev udført som del af måleaktiviteterne i subtask A og B)

#### WPD2 Certificering og standardisering



Der har ikke været ressourcer til at færdiggøre denne workpackage, men emnet omhandles for termisk dreven køling under IEA Heat Pumping Technologies Annex 34 som IEA SHC Task 38 har samarbejdet med.

#### WPD3 Liv Cyklus Analyser

Der er udarbejdet en fælles metode til udførelse af LCA for solkølesystemer og der er indsamlet data vedrørende hovedkomponenter. Endvidere er der udført analyser af 5 eksempler.

Analyserne har resulteret i nogle generelle konklusioner:

- for et givet klima og back-up system har ABS chillers bedre energitilbagebetalingstid end ADS chillers
- for et givet system: jo koldere klima jo dårligere energitilbagebetalingstid.
- for et givet klima og chiller teknologi er back up på varmesiden lidt bedre end back-up på kølesiden.

Tilsvarende konklusioner findes for emissionerne, og generelt kan det noteres at alle eksemplerne er miljømæssige fordelagtige.

Rapporten forventes offentliggjort på taskets hjemmeside, Ref. 13

#### WPD4 2. udgave af håndbogen "Solar Cooling Handbook for Planners"

Håndbogen er opdelt i 2 hoveddele. Den første del giver en generel introduktion medens den anden del giver mere detaljeret information om de forskellige teknologier.

Det forventes at håndbogen vil udkomme i sommeren 2011.

Ref. 5

#### WPD5 Udbredelse af resultater.

WPD5.1 I samarbejde med ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) er der udarbejdet et "Policy paper" samt et "Position paper"

I "position paperet" er der givet en række konklusioner på nuværende status for soldreven køling.

Teknisk udvikling:

Største udvikling er i de seneste år sket indenfor små anlæg. Anlæggene er ikke så gode til store temperaturredifferenser (lav køletemperatur og høj temperatur ved overskudsvarme) så der er brug for bedre solfangere ved højere temperaturer. Et problem er effektiv bortskaffelse af overskudsvarme samt mangel på kunnen hos installatører.

Energi effektivitet:

De bedste systemer resulterer i energibesparelser og har en elektrisk COP på 6-8, hvor målet bør være at komme op på COP 10 (COP = 10 betyder at anlægget leverer 10 gange så meget køling som forbruget af el til at drive systemet). Mange systemer fungerer dårligt på grund af dårlige komponenter, forkert design og forkert drift. Der er dog potentiale for tekniske forbedringer og for energieffektive løsninger ved omhyggelig design og dimensionering og drift.

Økonomi:

Priser, som er indsamlet i tasket, er ca. 2000-5000 € pr. kW installeret køleeffekt og for små units er prisen gået fra ca. 6000 € i 2007 til ca. 4500 i 2009 og forventes at gå til 3000 € pr. kW køleeffekt i 2012. Prisen for sparet energi er typisk højere end for PV anlæg, men på betingelse af at der ikke medregnes udgifter til PV i forbindelse med nettet. God økonomi kræver at solfangerne udnyttes fuldt ud til opvarmning, varmt brugsvand og køling.

Potentiale for bedre komponenter:

Højeffektive billigere solfangere. Bedre systemer til overskudsvarme. Bedre styring og optimering af trykforhold. Moduler til forskellige kapaciteter. Integration. Nye koncepter (AC-Sun) m.v. Tracking af solfanger i varme klimaer. 2 eller 3 trins chillers. Systemer med generering af stor temperaturforskel (f.eks. is produktion). Standardisering og bedre holdbarhed

Potentiale for billiggørelse:

50 % reduktion ved større produktion. Billigere solfangere. Integration af system til overskudsvarme. Mindre installationsomkostninger

Markedspotentiale:

Integrerede løsninger til opvarmning, varmt brugsvand og køling. Særlige nicher: bygninger med stort varmtvandsforbrug om sommeren (hoteller m.m.). Steder med høj el-pris (f.eks. øer). I særligt solrige lande systemer med tracking af solfanger. Tvivlsomt?: kontorer og enfamiliehuse.

Nødvendige tiltag:

Videreudvikling af komponenter. Udvikling af kvalitetsordninger. Tilskud eller andre tilskyndelsesordninger. Demonstrationsprogrammer. Uddannelse af ingeniører og installatører.

Perspektiv:

Fremtidens bygninger skal være meget energi-effektive og udnytte lokal vedvarende energi (især solenergi). Solenergi skal udnyttes i et mix af solvarme og PV. Termisk soldreven køling vil skulle udnyttes under de rigtige forhold, men det er nødvendigt at reducere prisen og forbedre kvaliteten yderligere.

#### WPD5.2 Uddannelsesmaterialer.

Der er udarbejdet uddannelsesmaterialer i form af omfattende Power point slides på 4 sprog. Materialerne er udarbejdet i samarbejde med SOLAIR projektet, og kan bruges frit efter visse betingelser.

Ref. 14

#### WPD5.3 Nationale workshops

I forbindelse med taskets halvårlige møder er der afholdt seminarer og workshops for interesserede udenfor tasket. Endvidere blev to af møderne afholdt i forbindelse med Eurosun 2008 konferencen i Lissabon og Eurosun 2010 konferencen i Graz. En række papers som tasket har bidraget med til konferencen er lagt på taskets hjemmeside Ref. 14

I Danmark har projektgruppen i samarbejde med danvak afholdt velbesøgte informationsmøder om soldreven køling ved Skive rådhus i 2009 og i Århus i 2010.

#### WPD5.4 Nyhedsbreve.

Der er udarbejdet et nyhedsbrev om tasket som er udsendt i 2009. Der blev udarbejdet en dansk udgave af dette nyhedsbrev.

## 5 Den danske deltagelse

Projektgruppen har leveret input til taskets internationale rapporter. En del af materialerne udarbejdet af projektgruppen er vedhæftet som bilag.

PlanEnergi har deltaget med analyser af målinger på absorptionskøleanlægget på 105 kW etableret år 2007 på Skive rådhus. I samarbejdet med Teknologisk Institut er derud fra analyserne afprøvet en alternativ reguleringsmetode (se nedenfor) og der er leveret måledata til brug i tasket.

Teknologisk Institut har deltaget tæt i udarbejdelsen rapporten for subtask A "Small systems". Endvidere har Teknologisk Institut haft rollen som tovholder på aktiviteterne omkring optimering af "heat rejection". I denne forbindelse er det især det afledte elforbrug til pumper og ventilatorer i selve varmeafgiveren (køletårn, tørkøler etc.), der er set på. Traditionelt styres varmedrevne kølemaskiner ved at regulere på den drivende varmestrøm (sænke regenereringstemperaturen). Dette har dog for de fleste anlægstyper negativ indflydelse på anlæggets virkningsgrad og dermed elforbruget til hjælpeudstyret. Dette har ført til udvikling af en alternativ reguleringsmåde, som er afprøvet på Skive Rådhus' anlæg:

I 2009 blev påbygningen af adiabatisk forkøling af de luftkøle køleflader på Skive rådhus gennemregnet. Løsningen viste sig at være ganske dyr. Yderligere optimering af løsningen blev ikke gennemført, da en nærmere analyse af driftsdata for anlægget viste stort potentiale i indførelsen af førnævnte reguleringsmåde. Denne blev sammen med Planenergi som forestår yderligere optimering af anlægget samt rapportering af måledata implementeret i foråret 2010 og foreløbige data viser meget jævnere drift og betydeligt mindre elforbrug. Undersøgelsen af adiabatisk forkøling er i stedet foretaget i en laboratorieopstilling hos Teknologisk Institut. Dette er kombineret med test af et nyt luftkølingssystem, baseret på indirekte fordampning af vand. Hertil er der indkøbt en køleflade fra Holland og der er gennemført de første målinger. I et MSTprojekt arbejdes der på at demonstrere denne teknologi til varmedrevet luftkonditionering i et supermarked.

Et direkte afledt PSO projekt på Teknologisk Institut omkring udvikling af små effektive køletårne blev opstartet primo 2009, og der er foretaget målinger på 1. prototype. Opstillingen blev fremvist på det gennemførte taks møde i Århus april 2010.

AC-Sun har designet og fremstillet en optimeret prototype 2 samt begyndt på dataopsamling. Prototypen (2) er fleksibelt designet for test af forskellige lejeløsninger. Dertil er der fremstillet nyt testrum med tilhørende nydesignet fordampner (til vand). Prototypen er monteret i en buffertank, der er tilsluttet varmelegemer som ekstern varmekilde der fungerer som solfanger. Prototype 2 skal bruges som sidste interne teststation før endelige design og fremstilling af testanlæg til "field"-test på 5 teststationer henholdsvis Danmark, Tyskland, Italien, Spanien og Malaysia. Hovedparten af teststationerne ventes opsat foråret 2011.

Ellehaug & Kildemoes har i perioden forestået projektledelsen og arbejdet med beregning og evaluering af AC-Sun Systemet. Der er således opstillet en TRBNSYS model til modellering af systemet.

Taskmødet i foråret 2010 var arrangeret af Ellehauge & Kildemoes samt Teknologisk Institut og foregik i Århus. Som en del af taskmødet blev også arrangeret en offentlig dansk workshop med ca. 36 deltagere.

## 6 Afholdte møder og workshops i DK:

Som en del af projektet har projektgruppen afholdt følgende møder og workshops om sol-dreven køling:

Solvarmedrevet køling og aircondition.  
september 2009,  
Skive Rådhus, 7800 Skive  
(materialer kan downloades fra <http://www.elle-kilde.dk/iea38.html> )

og

Solar driven cooling and air-conditioning in a Danish and worldwide perspective  
28. April 2010  
Arkitektskolen i Århus, 8000 Århus C

Begge møder har været velbesøgte

Desuden deltog Ellehauge & Kildemoes og Teknologisk Institut i Ground Reach mødet om varmepumper hos NRGi.

## 7 Hjemmesider

Taskets international hjemmeside findes på adressen <http://www.iea-shc.org/task38/index.html>. Her offentliggøres taskets rapporter efterhånden som de er færdige.

Den danske projektgruppe har endvidere en side på adressen:

<http://www.elle-kilde.dk/iea38.html>

Der kan her downloades præsentationer fra mødet afholdt i Skive.

Endvidere er der en række links til andre internationale projekter om termisk drevne køling.

## 8 Referencer (udgivelser i tasket)

Ref 1

D-A1: Market Available Components for Systems for Solar Heating and Cooling with a Cooling Capacity < 20 kW [http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report\\_A1\\_final.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report_A1_final.pdf)

Ref 2

D-A2: Collection of selected systems schemes, "Generic Systems"  
[http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report\\_A2\\_final.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report_A2_final.pdf)

Ref 3

B1: State of the art on existing solar heating and cooling systems  
[http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report\\_B1\\_final.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report_B1_final.pdf)

Ref 4

Solar Cooling System Design and Control [CONFIDENTIAL - For Internal Review Only],

Ref 5

D4: 2nd edition of the Solar Cooling Handbook for Planners, forventes at udkomme medio 2011.

Ref 6

D-B4: Soft tool package for the fast pre-design assessment of successful projects (intern rapport som endnu ikke er offentliggjort)

Ref 7

Chekliste <http://www.tecsol.fr/checklist/>

Ref 8

B5: Commissioning (indeholder excel check liste)  
(intern rapport som offentliggøres som del af håndbog)

Ref 9

C1: State of the art – Survey on new solar cooling developments  
(Rapport forventes offentliggjort på taskets hjemmeside)

Ref 10

C2-A: Description of simulation tools used in solar cooling. New developments in simulation tools and models and their validation, Solid desiccant cooling, Absorption chiller, A technical report of subtask C

[http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report\\_C2A\\_final.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report_C2A_final.pdf)

Ref 11

C2-B: Benchmarks for comparison of system simulation tools – Absorption chiller simulation comparison, A technical report of subtask C

[http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report\\_C2B\\_final.pdf](http://www.iea-shc.org/publications/downloads/Report_C2B_final.pdf)

Ref 12

C3: Exergy Analysis of Solar Cooling Systems, A technical report of subtask C3  
(Rapport forventes offentliggjort på taskets hjemmeside)

Ref 13

D3: Life Cycle Assessment of Solar Cooling Systems, A technical report of subtask D  
(Rapport forventes offentliggjort på taskets hjemmeside)

Ref 14

D5. SOLAIR training materials (kontakt E&K for information om anvendelsen)

Ref 15

Taskbidrag til EuroSun 2008 <http://www.iea-shc.org/publications/task.aspx?Task=38>

Ref 16

Engelsk udgave

Industry Newsletter, First edition, 01-2009, IEA – SHC Task 38, Solar Air-Conditioning and Refrigeration

<http://www.iea-shc.org/publications/downloads/task38-newsletter-2009-01.pdf>

Dansk udgave

<http://www.elle-kilde.dk/Elle-kilde/iea38/materialer/e-newsletter-Task38-01-2009-DK.PDF>

check



## 9 Publikationer (bilag)

Nedenstående er materialer udarbejdet af den danske projektdeltagelse. Materialerne er medmindre andet er angivet vedlagt i bilagsdel.

### 9.1 Artikler

- 9.1.1 Varmedrevet køling, Lars Reinholdt, bringes i HVAC magasinet 2011.
- 9.1.2 Internationalt samarbejde om soldreven køling, Klaus Ellehauge, bringes i HVAC magasinet 2011.

### 9.2 Interne arbejdsmaterialer

- 9.2.1 Ønske om data for Skive rådhus, arbejdspapir, 27-09-2007, Ebbe Münster,
- 9.2.2 Simuleringer i TRNSYS af AC-Sun system, Klaus Ellehauge
- 9.2.3 Styringsfilosofi og ændringer på Skive Rådhus, Ebbe Münster (ikke vedlagt)

### 9.3 Input til task

- 9.3.1 Subtask C-Deliverable D-C1: New solar cooling developments for air-conditioning and refrigeration: components, processes and systems, Skema, 30-03-2007, Søren Minds, Klaus Ellehauge
- 9.3.2 Subtask C, WP C5: Hygienic Aspect of Small Wet Cooling Towers (input fra Lars Reinholdt)
- 9.3.3 Subtask C, WP C5: Heat rejection, DRAFT ver 05, Lars Reinholdt
- 9.3.4 Subtask D, WP D1: Market survey on conventional air-conditioning. Skema, 12-10-2007, Klaus Ellehauge, Søren Minds

## 9.4 Præsentationer på konferencer

- 9.4.1 The AC-Sun, a new concept for air conditioning, paper, Klaus Ellehauge, Søren Minds, Eurosun, Lissabon 2008,
- 9.4.2 The AC-Sun, a new concept for air conditioning, abstract, Klaus Ellehauge, Søren Minds, Eurosun Lissabon 2008 (ikke vedlagt)
- 9.4.3 The AC-Sun, a new concept for air conditioning, poster, Klaus Ellehauge, Søren Minds, Eurosun Lissabon 2008, bilag ja
- 9.4.4 AC-Sun Solar powered AC Søren Minds, Lissabon 2008
- 9.4.5 FFEM teamdag om sol og bioenergi (25. feb. 2009) AC Sun holdt også indlæg, Lars Reinholdt, Teknologisk Institut (ikke vedlagt)
- 9.4.6 Indlæg på temadag vedr. alternative teknologier ifm. brintbaserede systemer (2. apr. 2009) Lars Reinholdt, Teknologisk Institut (ikke vedlagt)
- 9.4.7 Task 38 temadag ifm. ASHRAEmøde i Orlando, Fl, USA (27. jan. 2010) Lars Reinholdt, Teknologisk Institut (ikke vedlagt)
- 9.4.8 Indlæg på Danske Køledag 2010 (4. marts 2010) Lars Reinholdt, Teknologisk Institut Lars Reinholdt, Teknologisk Institut (ikke vedlagt)

## 9.5 Presentationer på IEA38 møder og workshops

- 9.5.1 AC-Sun - cold air for free, Søren Minds, Aix-les Bains 2007
- 9.5.2 AC-Sun Presentation manuscript, Søren Minds, Aix-les Bains 2007
- 9.5.3 Liquid Sorption air conditioning unit- heat rejection Lars Reinholdt, Aix-les Bains 2007
- 9.5.4 AC-Sun Solar powered AC, Søren Minds, Wien 2008
- 9.5.5 Teknologisk Institut, Heat rejection , Lars Reinholdt, Wien 2008
- 9.5.6 AC-Sun Nyt koncept for klimaanlæg Søren Minds, Skive 2009
- 9.5.7 IEA SHC Task 38, Solar Air-Conditioning and Refrigeration, Klaus Ellehauge, Skive 2009
- 9.5.8 Soldrevet køling i Danmark og udlandet, Typer og teknologier, Lars Reinholdt, Skive 2009
- 9.5.9 Måleprogram Skive Rådhus, Registrering og optimering i forbindelse med IEA Task 38, Ebbe Münster, Skive 2009

- 9.5.10 Heat Rejection, Liquid Desiccant open Cycles and Machines and new technologies, Lars Reinholdt, Århus 2010
- 9.5.11 Future cooling towers, Lars Reinholdt Peter Schneider, Århus 2010
- 9.5.12 Skive Town Hall, Measurements and Control Strategy, Ebbe Münster, Århus 2010
- 9.5.13 AC-Sun a new concept for airconditioning, Søren Minds, Århus 2010