

LABORATORIET FOR VARMEISOLERING
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

STATUSRAPPORT OVER
SOLENERGIFORSKNINGSSAMARBEJDET
UNDER DET INTERNATIONALE ENERGIAGENTUR (IEA)

Ove Jørgensen – Hans Lund – Preben Nordgaard Hansen –

Kurt Kielsgaard Hansen – Svend Aage Svendsen – Peder Vejsig Pedersen

FORORD

Laboratoriet for Varmeisolering deltager på Energiministeriets vegne i solenergiforskningsprogrammet under det Internationale Energi Agentur (IEA).

Programmet omfatter i alt 8 projekter, hvoraf Danmark har valgt at deltage i 6. Nærværende rapport er en redegørelse for disse projekters formål, indhold, resultater samt status.

Rapporten er en opfølgning af en tidligere publiceret Statusrapport fra oktober 1978 ²⁾ men kan læses uafhængigt af denne, idet projektførløbene beskrives i deres helhed.

Seks af laboratoriets videnskabelige medarbejdere er involveret i arbejdet med disse projekter. Den daglige ledelse af projekterne forestås af cand.scient. Ove Jørgensen*, der desuden er Operating Agent for projekt I og kontaktperson i projekt II og VIII. Lektor Svend Aage Svendsen og civilingeniør Peder Vejsig Pedersen varetager deltagelsen i projekt III, lektor Hans Lund projekt V og lektor Preben Nordgård Hansen og civilingeniør Kurt Kielsgaard Hansen projekt VII. Ovennævnte medarbejdere har alle medvirket ved udarbejdelsen af denne rapport.

Februar 1982

Ove Jørgensen

* Dog er deltagelsen i projekt VII direkte underlagt EM-projektet Mindre Varmelagre.

INDHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	i
INTRODUKTION	1
SAMMENFATNING	4
Projekt I. UNDERSØGELSE AF FUNKTION OG YDEEVNE AF SOLOPVARMNINGS- OG SOLKØLINGSSYSTEMER	
SOLKØLINGSSYSTEMER	7
A. Modelopbygning og simulering	8
B. Måleprocedurer for solvarmesystemer	9
C. Rapporteringsformat	10
D. Optimering	11
E. Validering af simuleringsmodeller	12
F. Lavenergihuse med solvarme	17
Projekt II. KOORDINERING AF FORSKNING OG UDVIKLING AF KOMPONENTER TIL SOLOPVARMNINGS- OG SOLKØLINGSSYSTEMER	
SOLOPVARMNINGS- OG SOLKØLINGSSYSTEMER	19
A. Oversigt over solenergiforsknings- og udviklingsprojekter	20
B. Udveksling af solenergiforskningspersonel, -udstyr, og -materialer	20
C. Oversigt over og bedømmelse af eksisterende nationale forsknings- og udviklingsplaner	21
D. Oversigt over kommerialisering af og erfaringer med drift af solvarme- og -solkølingssystemer og komponenter	21
E. Afholdelse af workshops	22
Projekt III. PRØVNING AF SOLFANGERES YDELSE OG HOLDBARHED	
A. Standard prøvemethode for bestemmelse af termisk ydeevne	23
B. Udvikling af prøvemethoder til bestemmelse af driftsikkerhed og holdbarhed	25
C. Undersøgelse af anvendeligheden af solsimulatorer	37

Projekt V. UDNYTTELSE AF EKSISTERENDE METEOROLOGISK INFORMATION TIL SOL- ENERGIANVENDELSE	39
A. Fortegnelse over kilder (organisationer, opslagsværker) med strålingsdata og andre nødvendige meteorologiske data.	39
B. Håndbog over metoder til beregning af strålingsdata ud fra andre data.	39
C. Rekommandation for meteorologiske stationer.	39
D. Ensartet format for præsentation af data.	39
 Projekt VII CENTRALE SOLVARMEANLÆG MED SÆSONLAGRING	42
A. Systemstudier og optimering.	43
B. Solfangere	43
C. Varmelagring	44
D. Varmefordelingssystemer	45
E. Undersøgelse af placeringsmuligheder og foreløbig fastlæggelse af systemudformning	45
 Projekt VIII PASSIVE OG HYBRIDE LAVENERGIBYGNINGER	49
 DANSK UDBYTTE AF IEA-ARBEJDET	53
 REFERENCER	57

INTRODUKTION

I 1974 oprettedes det Internationale Energi Agentur (IEA) som en selvstændig underorganisation af "the Organization for Economic Co-operation and Development" (OECD) med det formål at iværksætte et internationalt energiprogram på 4 hovedområder:

- i) samarbejde imellem IEA-deltagerlandene*, med det formål at reducere afhængigheden af olie gennem energibesparelser, samt energiforskning og -udvikling inden for både kendte og nye energiteknologier
- ii) et informationssystem vedrørende det internationale oliemarked samt konsultation af olieselskaberne
- iii) samarbejde med både olieproducerende og andre olieforbrugende lande for at udvikle en stabil international energihandel og en rationel styring af forbruget af verdens energiressourcer i alle landes interesse
- iv) en plan som forbereder deltagerlandene imod risikoen for en større afbrydelse af olieforsyningerne og fordeler den tilgængelige olie i nødstilfælde.

Blandt de aktiviteter, der iværksattes under i) var en række forsknings-, demonstrations- og udviklingsprogrammer for forskellige energiteknologier, heriblandt solenergi. Ved udgangen af 1976 underskrev Danmark implementeringsaftalen for det vedtagne solenergiprogram "Cooperative Programme to develop and test solar heating and cooling systems", og Laboratoriet for Varmeisolering (LfV) på Danmarks Tekniske Højskole (DTH) påtog sig officielt ansvaret for den danske deltagelse i januar 1977.

* Australien, Belgien, Canada, Danmark, England, Grækenland, Holland, Irland, Italien, Japan, Luxembourg, New Zealand, Norge, Portugal, Spanien, Sverige, Schweiz, Tyrkiet, Tyskland, USA og Østrig

Programmet bestod indledningsvis af 5 projekter og er senere udvidet med 3. De 8 projekter er:

- I Undersøgelse af funktion og ydeevne af solopvarmnings- og solkølingssystemer
- II. Koordinering af forskning og udvikling af komponenter til solopvarmnings- og solkølingssystemer.
- III. Prøvning af solfangeres ydelse og holdbarhed.
- IV. Håndbog over Solstråling, og Udvikling af en Transportabel Målestation (afsluttet).
- V. Udnyttelse af eksisterende meteorologisk information til solenergianvendelse.
- VI. Evakuerede solfangere i solopvarmnings-, solkølings- og brugsvandssystemer.
- VII. Centrale solvarmeanlæg med sæsonlagring
- VIII. Passive og hybride lavenergibygninger.

Danmark har valgt at deltage i projekterne I, II, III, V, VII og VIII og har påtaget sig projektledelsen (Operating Agent) for projekt I.

I alle disse projekter bærer deltagerlandene selv deres egne udgifter i forbindelse med deltagelse i projekterne. Energiministeriet har indtil nu ialt bevilget 3,915 mio. kr. til Laboratoriet for Varmeisolering til dækning af disse udgifter. Fordelingen på projekterne er ca.: Task I: 1,5 mio. kr., Task II: 0,1 mio. kr., Task III: 1,6 mio. kr., Task V: 0,2 mio. kr. og Task VIII: 0,5 mio. kr. Som nævnt ovenfor er Projekt VII direkte underlagt

EM-projektet Mindre Varmelagre og finansieres derfor over dette projekts midler.

SAMMENFATNING

Laboratoriet for Varmeisolering på Danmarks Tekniske Højskole har varetaget Danmarks deltagelse i solenergiforskningssamarbejdet under det Internationale Energi Agentur (IEA) fra dets oprettelse i 1976.

Danmark deltager i 6 af i alt 8 projekter inden for programmet, se rapportens introduktion. For hver af disse projekter er status ganske kort beskrevet herunder.

Projekt I:

Består af i alt 6 delprojekter, hvoraf de 4 er afsluttede. Det femte forventes afsluttet i foråret 1982, og det sjette er overført til Projekt VIII.

Arbejdet har omfattet sammenligning af modeller til simulering af solvarmesystemer, både indbyrdes og med målte data. Desuden udarbejdelse af standard procedurer for måling, bearbejdning af måledata samt rapportering. Endvidere gennemgang af simple beregningsmetoder og økonomiske metoder til optimeringsformål.

Projekt II:

Ved første projektperiodes udløb forlængedes projektet i yderligere tre år fra juli 1981. Projektet er et rent informationsudvekslingsprojekt, der bl.a. er tænkt som en støttegruppe for Executive Committee, idet der indsamles oplysninger om status på solvarmeområdet i de deltagende lande både inden for forskning og udvikling og inden for markedsføring af produkter. Disse oplysninger er nødvendig baggrundsviden for planlægningsarbejdet i Executive Committee.

Projekt III:

Består af 3 delprojekter, der alle afsluttes med udgangen af 1982. Arbejdet omfatter standard prøvemethoder for bestemmelse af solfangeres effektivitet, driftsikkerhed og holdbarhed samt undersøgelse af anvendeligheden af solsimulatorer. Projektet regnes for et af de mest succesfulde, og det forventes, at arbejdet vil blive videreført efter 1982 enten ved en forlængelse af dette projekt eller ved iværksættelse af et nyt. Hovedvægten vil i fremtiden blive lagt på bestemmelse af driftsikkerhed og holdbarhed.

Projekt V:

Dette projekt er oprettet som en slags underleverandør til de øvrige projekter, idet arbejdet har været koncentreret om at tilvejebringe meteorologiske data til brug for disse. Projektet er opdelt i 4 delprojekter, der omfatter kildefortegnelser, håndbog over metoder til beregning af strålingsdata ud fra andre data, rekommandation for meteorologiske stationer samt udarbejdelse af format for præsentation af data. Projektet forventes afsluttet i april 1982, men en opfølgning af arbejdet er planlagt i et nyt projekt inden for samarbejdet (Projekt IX).

Projekt VII:

Er et af de nyere projekter inden for samarbejdet, idet det iværksattes i 1980. Et typisk træk for de nyere projekter (VI, VII og VIII) er, at de er specifikt systemorienterede. Dvs. i projekt VI beskæftiger man sig med systemer, der udnytter evakuerede solfangere, i projekt VIII fokuserer man på passive og hybride lavenergibygninger, og i dette projekt arbejdes med centrale solvarmeanlæg med sæsonlagring.

Projektet er struktureret efter de forskellige faser i et projekteringsforløb. Derved er det opdelt i 5 delprojekter, der dækker følgende emner: systemstudier og optimering, solfangere, varmelagring, varmfordelingssy-

stemer samt undersøgelse af placeringsmuligheder og foreløbig fastlæggelse af systemudformning. Projektet løber til udgangen af 1983.

Projekt VIII:

Arbejdet i dette projekt, der sigter mod en øget forståelse for samspillet mellem passiv og aktiv solenergiudnyttelse samt energibesparende foranstaltninger, blev iværksat i februar 1982. Arbejdet er delt op i 4 delprojekter, men er baseret på en stærk vekselvirkning mellem disse. En drivende kraft i projektet forventes at blive projekteringen og opførelsen af en aktuel bygning. De øvrige delprojekter er formuleret med henblik på at støtte denne projektering og samtidig forbedre status på de respektive områder, som er måling, simuleringsberegninger samt udvikling af simple beregningsmetoder. Arbejdet er planlagt for en 4-årig periode.

Som det fremgår af ovenstående dækker disse projekter et bredt udsnit af de arbejdsområder, som udgør det danske solenergiforskningsprogram. IEA-programmet er således godt integreret i det danske program, hvilket er en forudsætning for en frugtbar vekselvirkning. På trods af at det direkte udbytte af internationalt forskningssamarbejde kan være vanskeligt at dokumentere, fremgår det af rapportens sidste kapitel, at en stor del af resultaterne af dette samarbejde direkte har kunnet anvendes i det nationale arbejde.

PROJEKT I. UNDERSØGELSE AF FUNKTION OG YDEEVNE AF SOLOPVARMNINGS- OG
SOLKØLINGSSYSTEMER

Det overordnede formål for dette projekt er en forbedret økonomi for solopvarmnings- og solkølingssystemer. Den grundlæggende ide i projektet er, at dette formål bedst nås ved at tilvejebringe en øget forståelse for systemernes virkemåde.

Ved projektets start bestod det af 4 delprojekter:

- A. Modelopbygning og simulering
- B. Måleprocedurer for solvarmesystemer
- C. Rapporteringsformat
- og
- D. Optimering

Senere er det blevet udvidet 2 gange. Først i 1979 med delprojektet:

- E. Validering af simuleringsmodeller

og sidst i 1980 med delprojektet:

- F. Lavenergihuse med solvarme

Af disse i alt 6 delprojekter er de fire, der udgjorde det oprindelige projekt (A, B, C og D) nu alle afsluttet. Delprojekt E forventes afsluttet medio 1982. Aktiviteterne i delprojekt F vil blive ført videre i det nyoprettede projekt VIII Passive og hybride lavenergibygninger.

STATUS FOR OG BESKRIVELSE AF DELPROJEKTERNE:

A. Modelopbygning og simulering

I løbet af de sidste 8-10 år er der udviklet et stort antal EDB-modeller til simulering af solvarmesystemers virkemåde og til beregning af deres energiudbytte. Dette har naturligvis sin baggrund i modellernes fordele fremfor fysiske eksperimenter, såsom let ændring af systemparametre og systemopbygning.

Mange af disse modeller simulerer solvarmesystemer meget detaljeret og er som følge deraf relativt komplicerede. Der er derfor mange muligheder for fejl i programmerne. Desuden er programmerne opbygget efter forskellige principper og med forskellige mere eller mindre "grove" antagelser. Formålet med dette delprojekt var derfor at sammenligne beregningsresultater for de i deltagerlandene mest anvendte modeller, når disse blev anvendt til at simulere identiske systemer på identiske vejrdato.

Arbejdet indledtes med at definere to solvarmesystemer, et vædske- og et luftbaseret system, til beregningerne. Derefter distribueres på magnetbånd et års timeværdier af vejrdato for tre forskellige steder mod beregnet opvarmningsforbrug for et almindeligt enfamiliehus. Ved første sammenligning af resultater var der stor spredning. Det viste sig, at det var nødvendigt at redefinere visse parametre samt at anvende den samme algoritme for beregning af solindstrålingen på solfangeren. Herefter blev beregningerne foretaget påny, og de derefter fundne differencer mellem resultaterne kunne vurderes som rimelige, se fig. 1, som viser timeværdier for lagertemperaturen beregnet med 6 forskellige programmer.

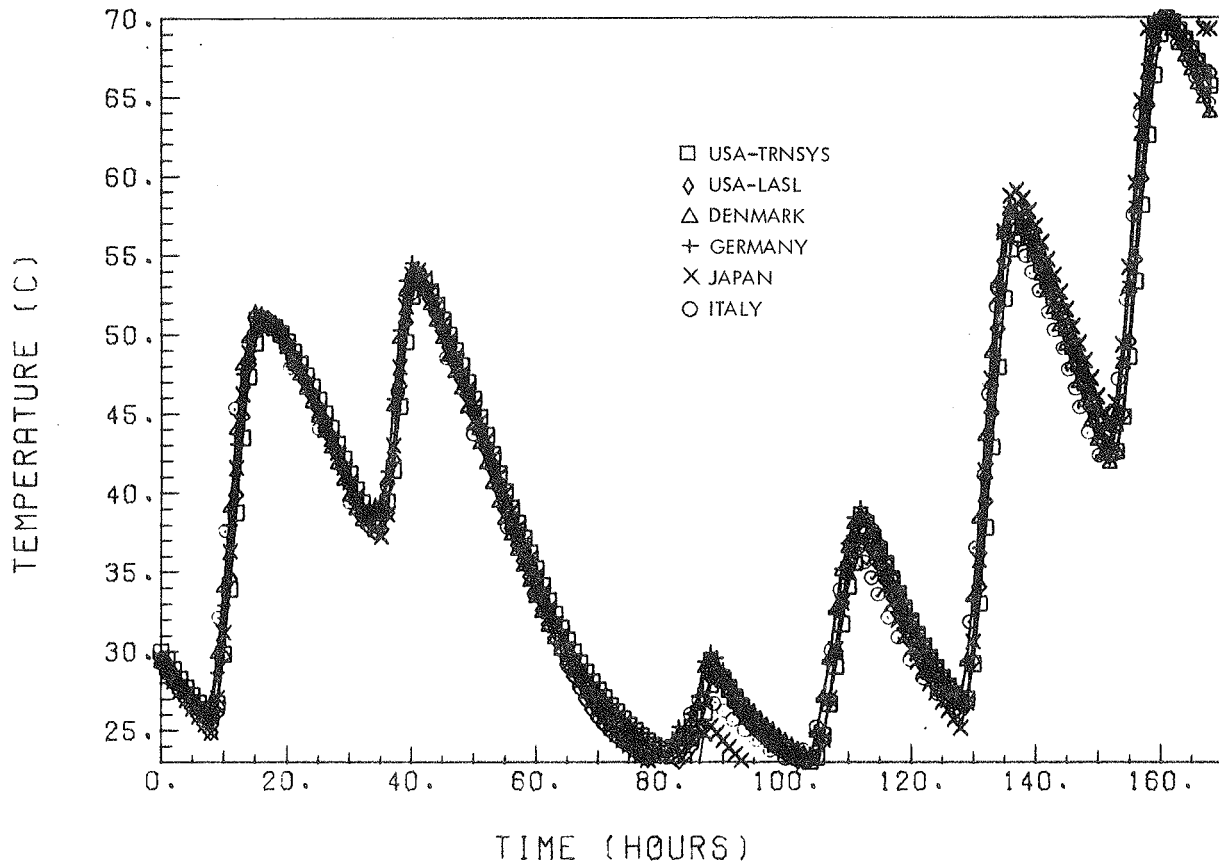


Fig. 1. Tanktemperaturen beregnet af 6 forskellige programmer i en uge, Madison vejrdato.

I alt blev der foretaget sammenligninger af 8 forskellige programmer fra 7 deltagerlande. Dækningsgraden for et solvarmesystem blev typisk beregnet inden for et interval på 3%. Arbejdet er udførligt dokumenteret i ref. (6).

B. Måleprocedurer for solvarmesystemer

På tidspunktet for projektets start var opbygning af solvarmesystemer og målesystemer på disse et ganske nyt område for mange forskningsinstitutioner. Formålet med delprojektet var derfor at udarbejde en rapport, der foreskriver hvilke størrelser, der skal måles samt målefrekvens og

-nøjagtighed. Endvidere angive hvorledes de målte data kan benyttes til beregning af karakteristiske data for systemet, samt bestemme dets funktion og ydelse.

Da man i USA allerede havde en rapport af en sådan art under udarbejdelse, valgte man at benytte den som udgangspunkt. Rapporten blev distribueret til medlemmerne, og det fremgik af kommentarerne, at den ved en simpel redigering samt indarbejdning af visse kommentarer kunne udgøre det ønskede dokument. Dette blev publiceret i august 1979, se ref. (7).

C. Rapporteringsformat

Dette delprojekt faldt stærkt i tråd med det netop beskrevne, idet begge sigtede mod opnåelse af maximalt udbytte af forsøgsresultater fra solvarmesystemer. I dette delprojekt var formålet at medvirke til en effektiv formidling af forsøgsresultaterne ved at udarbejde et rapporteringsformat, der som navnet angiver, skulle være en vejledning i korrekt rapportering af forsøgsresultater.

Tidligere udviklede rapporteringsformater blev grundigt analyseret, og dele af dem blev indarbejdet. Det gælder bl.a. for et rapporteringsformat udarbejdet af CCMS* solenergi pilotgruppen.

Det færdige dokument 8) beskriver kapitel for kapitel, hvorledes en forsøgsrapport kan udarbejdes med størst muligt udbytte for læseren. Da der er et udtømmeligt antal muligheder for udformning af projekter på dette område, er vejledningen holdt temmelig generel og kan derfor også opfattes blot som en udførlig liste over, hvad der bør være med i en rapport.

Rapporteringsformatet har vundet en del udbredelse, bl.a. forlanges det i vid udstrækning i Sverige, at statens forsøgsprojekter rapporteres efter det. I et andet af IEA-projekterne, Projekt VI, der drejer sig om udveksling af erfaringer med evakuerede solfangere i solenergisystemer, har man

* NATO Committee on the Challenges of Moderne Society

valgt at tage udgangspunkt i formatet og udarbejde nogle ekstra afsnit, som tilgodeser de specielle behov man har i dette projekt.

Det var hensigten, at rapporteringsformatet skulle benyttes i et par år, således at de indhøstede erfaringer kunne benyttes ved en evt. senere revision. I forbindelse med oprettelsen af delprojekt F (i dette projekt) blev man klar over, at det var påkrævet at ændre nogle sider i formatet for at tilpasse det til passive systemer. Disse ændringer er udarbejdet, og det vil blive overladt til det nye projekt VIII Passive og Hybride Lavenergi-bygninger at sørge for udarbejdelsen af en revideret udgave af formatet.

D. Optimering

En forudsætning, der normalt skal være opfyldt før en ny teknologi vinder indpas i større udstrækning, er, at den er privatøkonomisk konkurrencedygtig med eksisterende alternative teknologier. En optimering af et solopvarmningssystem er derfor ikke alene en optimering af teknisk art, men også af økonomisk. Man var derfor nødt til at arbejde på to fronter, dels på simplificerede beregningsmetoder for den termiske ydelse, og dels på økonomiske metoder og kriterier.

Ved projektets start var det hensigten at beregne et optimalt system for hvert af medlemslandene. Det var imidlertid ikke muligt for gruppen at nå til enighed om, hvilke metoder, der kunne benyttes, og man blev i stedet enige om at præsentere de forskellige modeller og ved hjælp af et regneeksempel illustrere betydningen af valget af økonomiske parametre, se fig. 2, som viser betydningen af olieprisernes inflation. En del af det danske bidrag til dette arbejde var en oversigtsartikel om forskellige økonomiske metoder, som kan anvendes ved optimering af solvarmesystemer. Oversat til dansk er denne artikel publiceret i ref. (29). Rapporten blev publiceret i juni 1981 (9).

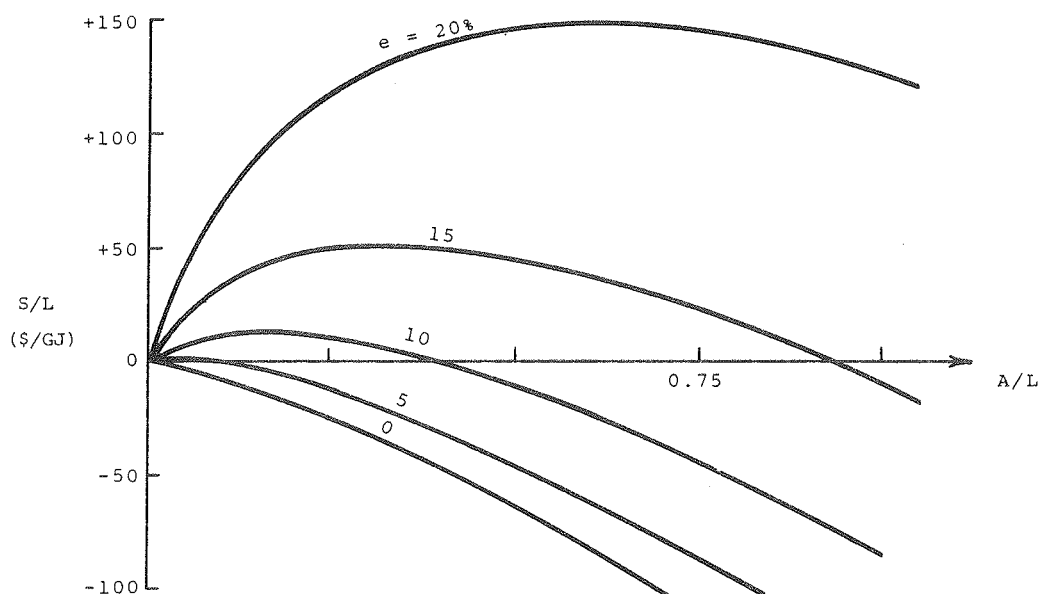


Fig. 2. Olieprisstigningens betydning for optimering af solfangerareal.

E. Validering af simuleringsmodeller

Dette delprojekt blev iværksat som en logisk opfølgning af model- og simuleringssarbejdet i delprojekt A, idet man, efter at have sammenlignet modellernes resultater indbyrdes, nu vedtog at foretage sammenligninger med målte data for derved at få mere at vide om modellernes egnethed til at simulere systemerne.

Ved opstarten af dette projekt var der meget få systemer i samtlige delta-gerlande, som havde produceret en tilstrækkelig mængde data af høj kvalitet, egnet til dette arbejde. Dette var et af hovedargumenterne for at iværksætte delprojektet, idet det gjorde det muligt for samtlige deltagere at få et sæt gode data at arbejde med. Det første system, der blev udset som egnet til formålet, var et solvarme- solkølesystem monteret på et bibliotek ved Los Alamos National Laboratory i USA. Der var flere grunde til, at valget faldt på netop det system: Dels blev det betragtet som et af de bedst udstyrede systemer mht. måleudstyr, dels var det ovre den første

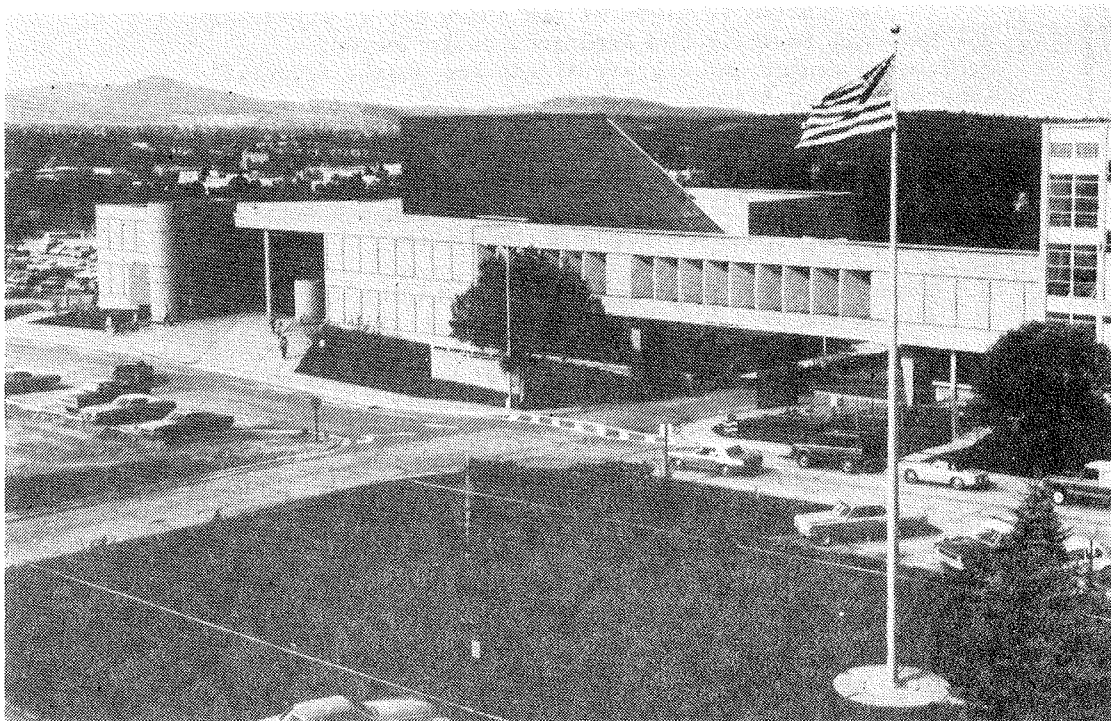


Fig. 3. Solvarmesystemet i Los Alamos.

indkøringsperiode, og endelig varetog en af delprojektets deltagere selv dataopsamlingen og -bearbejdningen fra systemet. Da det blev besluttet kun at betragte systemet, når det kørte som opvarmningssystem, mødte det også det sidste kriterium, nemlig at være relativt simpelt. Fig. 3 viser solvarmesystemet i Los Alamos.

Der blev udsendt data fra to forskellige 14-dages perioder til deltagerne i to omgange. Den anden periode indeholdt kun vejrdato, således at systemets funktion og ydelse var ukendte. I første omgang lykkedes det for samtlige deltagere at beregne en dækningsgrad for anlægget, som lå meget tæt på den målte (0,6 - 4,2 pct's afvigelse). Hensigten med anden runde var, at den blot skulle være en afprøvning af resultaterne fra første runde, idet programmerne skulle køres uændrede. Dette vanskeliggjordes imidlertid af, at der var sket en lille systemændring, samt at tanktabskoefficienten af uforklarlige grunde havde ændret sig endog meget betydeligt. Forskellen mellem

de endeligt beregnede dækningsgrader og den målte kom til at ligge mellem -2,2 og 4,3 pct., hvilket kunne vurderes som acceptabelt, når de mange usikkerhedsfaktorer blev taget i betragtning.

Der deltog 7 simuleringsprogrammer i dette arbejde, som er udførligt rapporteret i ref. (10). Ref. (11) er en rapport om arbejdet med det danske program SVS, udarbejdet af de danske deltagere. Fig. 4 er en illustration hentet fra ref. (11).

Efficiency of STC-collector, calculated and measured for day 357 from 9 to 15.

$$\eta_c = \frac{\text{heat from solar collector}}{\text{solar energy to collector}}$$

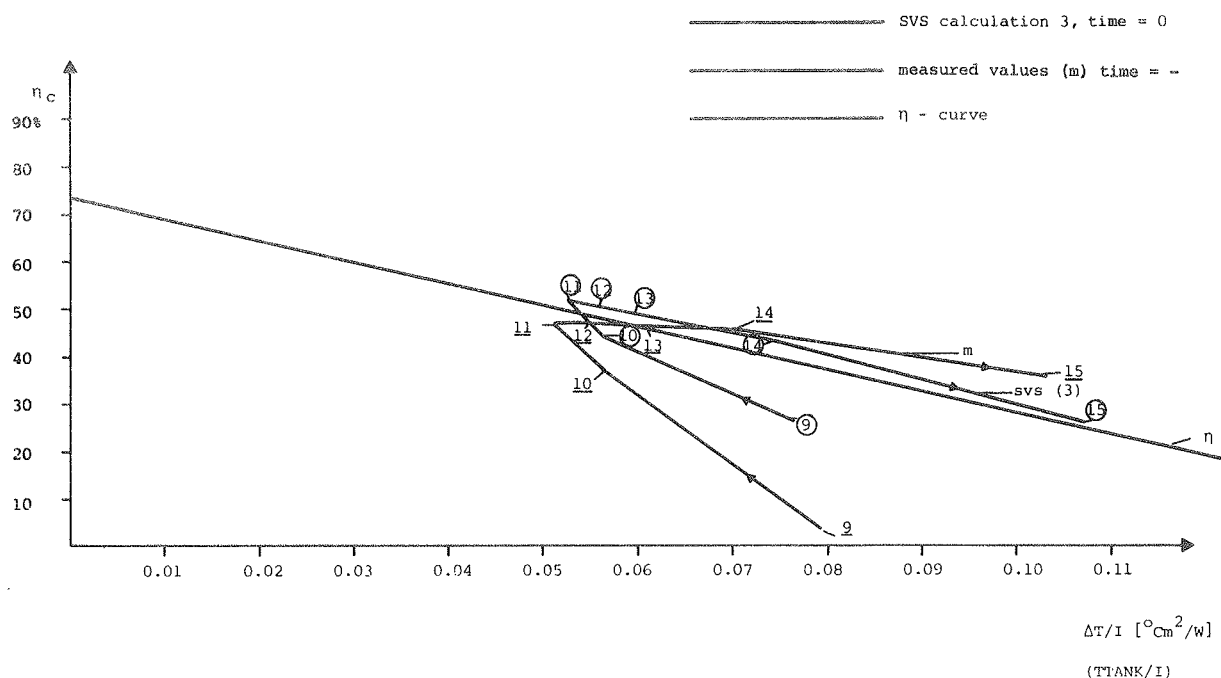


Fig. 4. Målt og beregnet effektivitet fra kl. 9.00 til kl. 15.00 på en udvalgt dag.

Efter afslutningen af arbejdet på dette meget store system i Los Alamos (716 m² solfanger) valgte man i gruppen at fortsætte arbejdet på data fra 4 brugsvandssystemer opstillet af og målt på af National Bureau of Standards i USA. De fire systemer er alle forskellige, idet der er tale om to systemer med to lagertanke og to med een lagertank. De to systemer af hver type er hhv. et direkte og et indirekte system (med varmeveksler), se fig. 5.

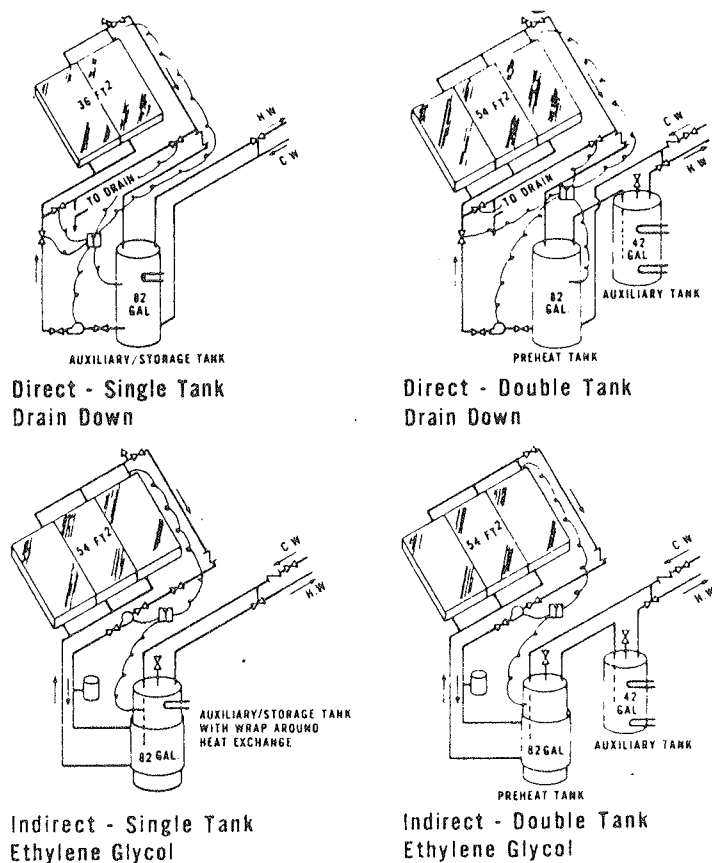


Fig. 5. Skematisk tegning af de 4 brugsvandssystemer på NBS.

Hver deltager fik tilsendt en detaljeret beskrivelse af alle systemerne samt et magnetbånd med 1 måneds 10 minutters værdier af vejrdato og driftsdata for systemerne. Udover at sammenligne simuleringsmodellernes resultater med de målte vedtog man desuden at foretage en enkel følsomhedsanalyse med nogle få parametre for et af systemerne for at se, om de "validerede" modeller reagerede ens på disse parameterændringer. Fig 6. viser en sammenligning af målte og beregnede lagertemperaturer foretaget af den danske deltager.

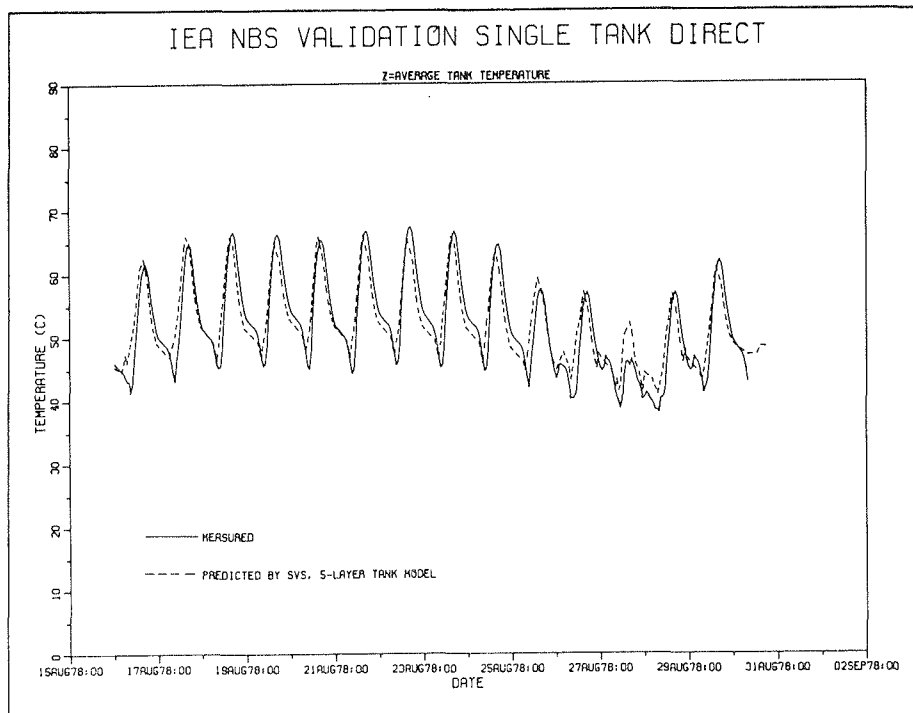


Fig. 6. Målte og beregnede lagertemperaturer.

Ved sammenligningen af resultaterne viste det sig, at der dels var temmelig store afvigelser mellem modellernes resultater og de beregnede, og dels store forskelle modellerne indbyrdes. Ved en nærmere analyse viste det sig, at det for en stor dels vedkommende skyldtes problemer med de målte data, såsom:

- .manglende dage
- .værdier var øjebliksværdier, ikke integrerede
- .strømningshastigheden i solfangerkredsen var ikke målt
- .den tilførte tilskudsvarme blev kun målt en gang om dagen og ikke med stor opløsning

Desuden var der problemer med systemspecifikationen, idet varmevekslerne var dårligt defineret. Endelig var der et specielt problem for systemerne uden varmeveksler, idet der ved hver tappeperiode, når pumpen i solfangerkredsen var i gang, skete det, at det kolde vand gik direkte i solfangerkredsen og medførte målte solfangereffektiviteter på over 100%. Alle disse

problemer medførte, at hver deltager måtte gøre sig sine egne antagelser, hvilket som nævnt medførte den store spredning i resultaterne. På et møde i Executive Committee blev der redegjort for disse forhold, og arbejdsgruppen blev anmodet om at afholde et ekstra møde for at drøfte problemerne igennem og tage beslutning om hvad der burde gøres.

På dette arbejds møde, der blev afholdt den 30. juni og 1. juli 1981, enedes man om at anmode NBS om endnu en uges data fra et af systemerne (enkelt-tankssystemet med varmeveksler), samt en bedre specifikation af systemet. Der blev desuden udarbejdet en arbejdsplan, ifølge hvilken en af deltagerne først skulle gennemteste de nye data for at undersøge, om de var fri for de problemer, der var med de første data. Dette arbejde er udført, og de øvrige deltagere arbejder nu med disse data. De første resultater er meget lovende, idet de beregnede dækningsgrader er inden for 2-3% af den målte. Ifølge arbejdsplanen skal samtlige deltagere have afsluttet arbejdet ved udgangen af 1981, hvorefter en rapport kan udarbejdes af Operating Agent i løbet af foråret 1982.

F. Lavenergihuse med solvarme

I begyndelsen af 1979 blev det på et møde i Executive Committee foreslået at starte et nyt projekt med titlen "Solar-Assisted Low-Energy Buildings" med det formål at forøge deltagernes forståelse for vekselvirkningerne mellem solvarmesystem og forskellige lavenergiteknikker, såsom øget isolering og passiv solenergiudnyttelse, og evt. nå frem til optimale kombinationer i de forskellige klimaer. Operating Agent for Task I blev anmodet om at foreslå et arbejdsgruppemøde for at definere projektet nærmere, samt i hvilke rammer projektet skulle foregå. Dette møde blev afholdt d. 18. og 19. oktober 1979 og resulterede i en komplet projektbeskrivelse og en foreløbig, temmelig detaljeret arbejdsplan. Desuden blev man enige om at anbefale, at projektet blev startet op som et delprojekt under Task I, idet det ville give en hurtigere og mere effektiv opstart. Disse forslag blev accepteret af Executive Committee, og arbejdet blev påbegyndt på et ekspertmøde i februar 1980 i Lausanne.

Arbejdet blev indledt på to fronter:

1. Opstilling af katalog over eksisterende bygninger, der efter deltagernes skøn tilhørte kategorien "Solar-assisted low-energy buildings", og som der blev foretaget målinger på af en sådan standard, at de evt. kunne anvendes ved validering af simuleringsmodeller.
2. Udarbejdelse af tilføjelse til IEA rapporteringsformatet, således at det også var velegnet til beskrivelse af passive systemer.

Arbejdet under 1 blev tilendebragt i løbet af 1980 og foreligger nu i form af en rapport, hvori der i et specielt udarbejdet rapporteringsskema er beskrevet 38 bygninger fra USA, Japan og Europa (12).

Også arbejdet under 2 er afsluttet, idet der blev udarbejdet nogle få sider til indsættelse i rapporteringsformatet, når dette revideres og genoptrykkes.

På et møde i Executive Committee i foråret 1981 foreslog USA imidlertid oprettelsen af et nyt projekt "Passive and Hybrid Solar Low Energy Buildings". Dette var begrundet med, at det hidtidige internationale samarbejde vedrørende passiv solvarme inden for CCMS var ophørt. Desuden ønskede man fra USA's side at lægge mere vægt på de passive systemer, end det var kommet til udtryk i det her omtalte delprojekt. Da dette forslag vakte gehør blandt de øvrige deltagere, og da det samtidig var mere omfattende og i store træk indeholdt dette delprojekt, vedtog Executive Committee, at de igangværende aktiviteter i delprojektet skulle afsluttes, og at de øvrige aktiviteter ikke skulle sættes i gang, men i stedet overgå til det nye projekt (se beskrivelsen af dette under Projekt VIII).

PROJEKT II. KOORDINERING AF FORSKNING OG UDVIKLING AF KOMPONENTER TIL SOL-
OPVARMNINGS- OG SOLKØLINGSSYSTEMER

Formålet med dette projekt er at forøge effektiviteten af de deltagende landes forsknings- og udviklingsaktiviteter vedrørende udviklingen af komponenter til solopvarmnings- og solkølingssystemer. Projektet var fra starten opdelt i tre delprojekter:

- A. Oversigt over solenergiforsknings- og -udviklingsprojekter.
- B. Udveksling af solenergiforskningspersonel, -udstyr og -materialer.
- C. Oversigt og bedømmelse af eksisterende nationale forsknings- og udviklingsplaner.

Ved et møde i Executive Committee afholdt i Wien i april 1981 vedtoges det at udvide projektet med yderligere to delprojekter:

- D. Oversigt over kommercialisering af og erfaringer med drift af solvarme- og solkølingssystemer og komponenter.
- E. Afholdelse af workshops.

Samtidig hermed forlængedes projektperioden frem til 30. juni 1984. På grund af manglende resultater i delprojekt B vedtog man at nedlægge dette.

STATUS FOR DE ENKELTE SUBTASKS.

A. Oversigt over solenergiforsknings- og udviklingsprojekter

I løbet af den første projektperiode (fra 1977 - 1980) er der i alt udarbejdet 4 samlinger af rapporter, der beskriver forskningsprojekter, som er helt eller delvist betalt af de deltagende landes regeringer. Rapporterne er udarbejdet i et vedtaget rapporteringsskema og indeholder summarisk de vigtigste oplysninger om projekterne, såsom titel, emne, ansvarlige personer, udkomne rapporter samt projektperioder og -budget. Endvidere er der en til to sider med oplysninger af mere teknisk art.

På basis af disse fire rapporter er der udarbejdet en officiel IEA rapport godkendt af Executive Committee. Denne rapport gengiver indholdet af den fjerde opsamlingsrapport og indeholder desuden en komplet liste over projekterne, rapporteret i de første tre samlinger. Endvidere er der udarbejdet en oversigt over projekterne, der giver et udmærket billede af på hvilke områder forskningsindsatsen koncentrerer sig i de forskellige lande.

I Danmark er der trykt et uddrag på ca. 60 sider. Dette uddrag er sendt ud ifølge laboratoriets (LfV) meddelelsesliste, således at interesserede kan danne sig et indtryk af rapportens indhold og evt. rekvirere kopier af visse af projektbeskrivelserne.

I den nye projektperiode (1981 - 84) vil man fortsætte med at rapportere om relevante projekter, men er blevet enige om et simplere rapporteringsformat, hvori skal indgå de vigtigste nøgleord for projekterne. Disse nøgleord tænkes anvendt ved EDB-søgning efter konkrete projekter i en databank.

B. Udveksling af solenergiforskningspersonel, -udstyr, og -materialer

På trods af en betydelig indsats med indsamling og distribution af information om ledige stillinger og interesserede forskere i medlemslandene kom der intet ud af dette arbejde.

Da der heller ikke havde fundet nogen udveksling af udstyr og materialer sted ved udløbet af den første projektperiode, enedes man om at dette delprojekt ikke skulle genoptages i den nye projektperiode.

C. Oversigt over og bedømmelse af eksisterende nationale forsknings- og udviklingsplaner

Ved hvert af de afholdte ekspertmøder har deltagerne informeret hinanden om nationale forsknings- og udviklingsplaner. Desuden er der to gange i løbet af perioden indsamlet informationer (ved hjælp af et rapporteringsformat) om nationale F&U tidsplaner og mål, regeringsincitamenter for investeringer i form af skattelettelser o.lign., statistiske oplysninger om solfangere og systemer, information om producenter og forskningsaktiviteter. Disse oplysninger blev første gang samlet og udgivet i 1978 (4) og sidste gang i 1981 (5). Sidstnævnte rapport indeholder ikke de udfyldte rapporteringsskemaer, men giver på baggrund af disse et overblik over status på disse områder i de deltagende lande.

I den kommende projektperiode vil man fortsætte med at udveksle information på disse områder i forbindelse med ekspertmøderne. Man er imidlertid blevet enige om ikke at rapportere efter et givet format, men mere frit redegøre for emnerne, idet dog visse centrale spørgsmål skal behandles. Til det formål udarbejdes en checkliste af Operating Agent.

D. Oversigt over kommerialisering af og erfaringer med drift af solvarme- og -solkølingssystemer og komponenter

Til brug for udarbejdelsen af denne oversigt skal Operating Agent udarbejde et spørgeskema, som skal være udarbejdet på en sådan måde, at der kan svares direkte og kortfattet, for at undgå at besvarelsen tager for meget tid. Spørgsmålene vil være af formen: Hvor mange virksomheder fremstiller solfangere? Hvilke typer solfangere produceres og hvor mange m² pr. år? Hvilke typer anlæg installeres? osv.

Den første oversigt på grundlag af de indsendte besvarelser skal være udarbejdet før næste ekspertmøde afholdes (oktober 1982).

E. Afholdelse af workshops

På møderne i Executive Committee er diskussionerne af mulige områder for oprettelse af nye projekter ofte endt med en beslutning om at afholde en workshop for at belyse spørgsmålet mere grundigt. I nogle tilfælde er disse workshops blevet afholdt inden for eksisterende projekter, hvorimod man i andre har savnet en passende ramme for afholdelsen. Dette delprojekt er oprettet med dette for øje, idet det herved er muligt at annoncere afholdelsen af en given workshop som en aktivitet under IEA projekt II. Der er endnu ikke taget beslutning om afholdelsen af workshops på dette grundlag.

PROJEKT III. PRØVNING AF SOLFANGERES YDELSE OG HOLDBARHED

Formålet med dette projekt er at udvikle og benytte standardiserede afprøvningsmetoder til vurdering af solfangeres ydeevne både hvad angår termisk ydeevne, driftsikkerhed og holdbarhed.

Projektet er opdelt i tre delprojekter:

A. Standard prøvemethode for bestemmelse af termisk ydeevne.

B. Udvikling af prøvemethoder til bestemmelse af driftsikkerhed og holdbarhed.

C. Undersøgelse af mulighederne i solsimulatorer.

Projektet blev forlænget med tre år i 1979, og denne status dækker derfor både dele af første og anden fase. Ansvar for projektet er delt imellem civilingeniør, lic.techn. Svend Svendsen, SAAS, der varetager deltagelsen i delprojekt A og C og civilingeniør Peder Vejsig Pedersen, PVP, som deltager i og koordinerer delprojekt B.

STATUS FOR OG BESKRIVELSE AF DELPROJEKTERNE:

A. Standard prøvemethode for bestemmelse af termisk ydeevne

Ialt 16 laboratorier fra 12 lande fremkom med data vedrørende prøvning af effektiviteten af de to solfangere, der benyttes i sammenligningen af prøvemethoder. Disse data blev samlet og vurderet i en rapport: "Results and Analysis of the IEA Round Robin Testing" (13). Rapporten blev godkendt af ekspertgruppen i oktober 1979 og er udsendt med eksekutiv komiteens godkendelse i 1980. Rapporten støtter både prøvningsproceduren foreslået i ASHRAE og af BSE, idet man opnår samme nøjagtighed ved begge procedurer. Dette gælder dog endnu kun plane solfangere med væske som varmebærende medium. Resultaterne af de mange prøvninger fremgår af fig. 7.

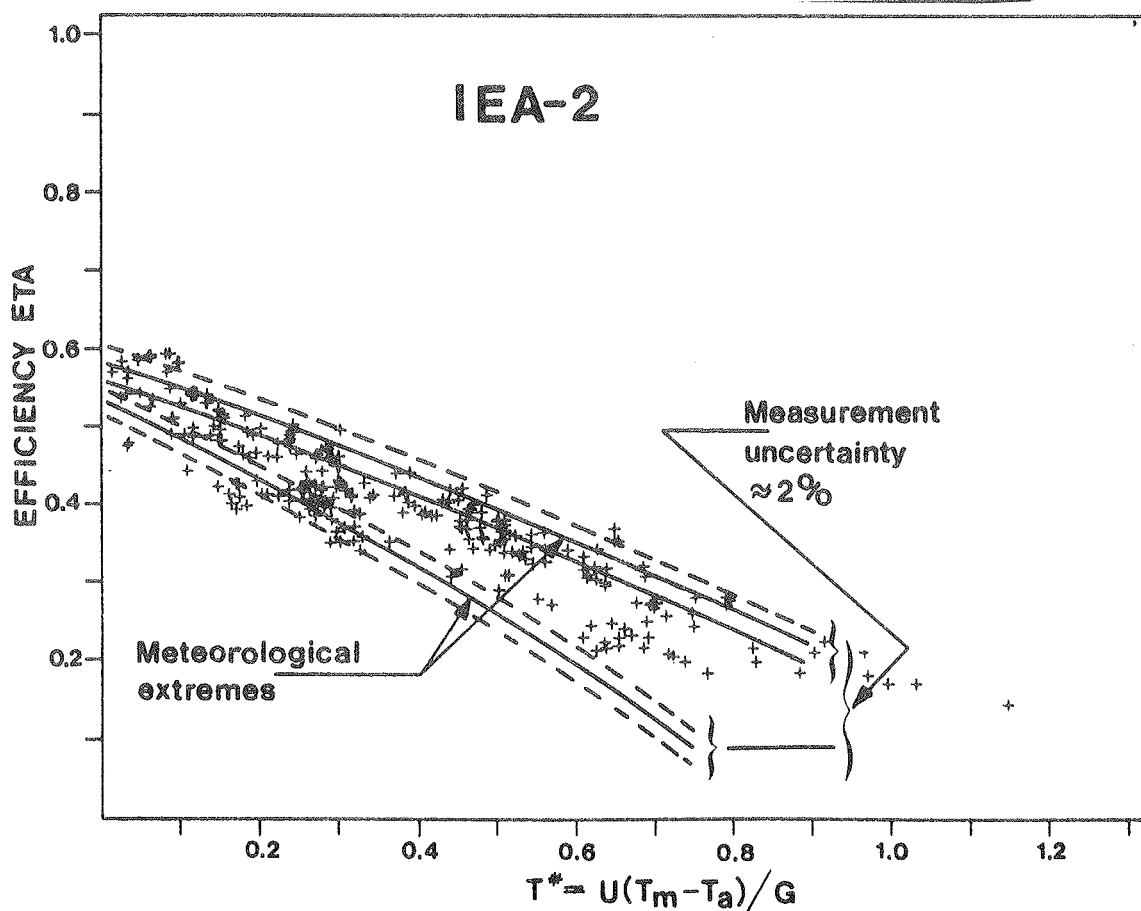
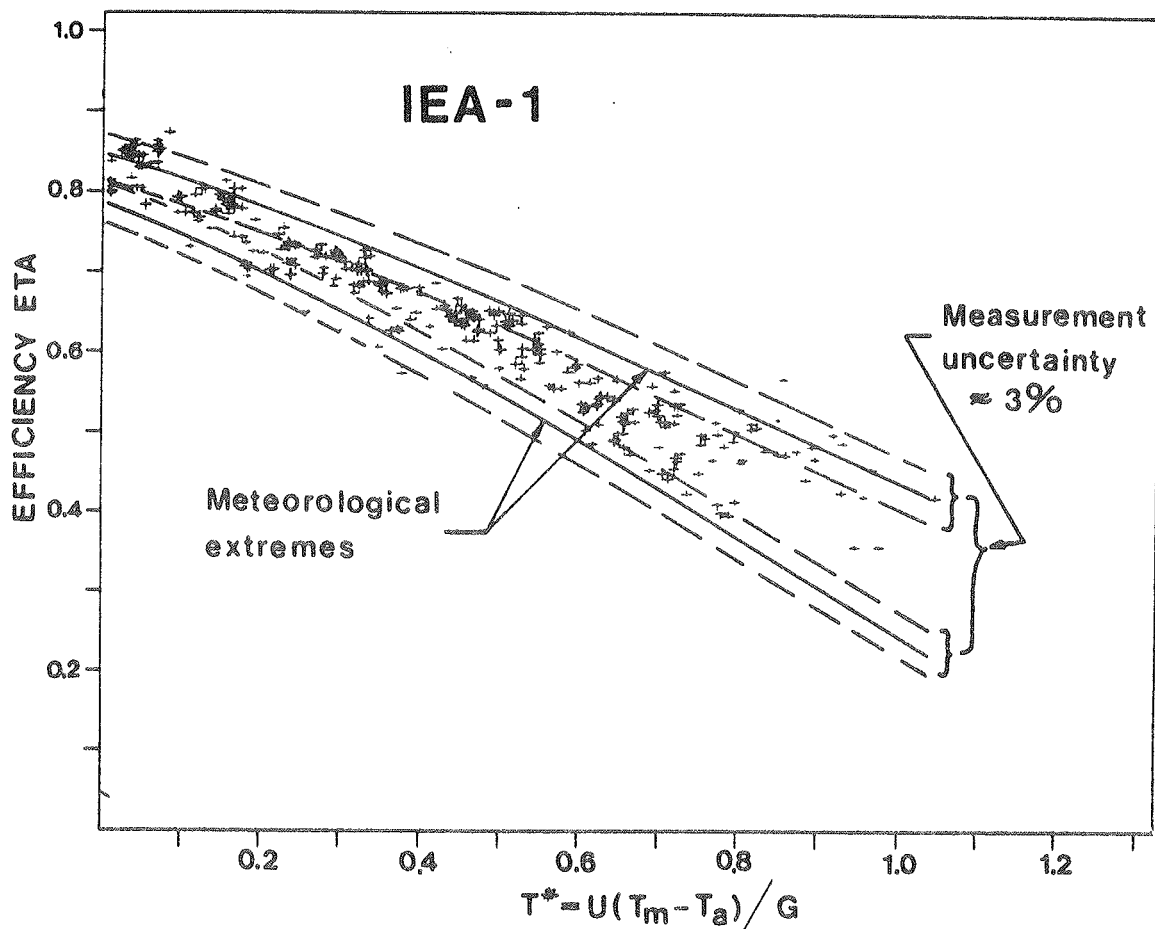


Fig. 7 Data og områdebegrænsninger svarende til ekstreme vejrforhold og måleunjagtigheder for de to anvendte solfangere.

De første erfaringer med prøvning af solfangere affødte en interesse i at undersøge varmetab fra solfangere i indendørs forsøg med anvendelse af en form for vindtunnel ved solfangerens forside. Forsøg af denne art er udført og rapporteret fra dansk side i rapport 80-18: "Heat Loss Measurements on the Chamberlain Collector" (14), men er endnu ikke behandlet samlet.

Tilsvarende understregede de første erfaringer med prøvning af solfangere vigtigheden af at udføre kalibreringer af måleudstyret. En række deltagere har udarbejdet vejledninger i at udføre kalibreringer af temperatur- og flow målinger. Arbejdet med kalibrering i Danmark er udført og beskrevet i Rapport 81-13: "Undersøgelse af målenøjagtigheden i solsimulatoropstillinger" (15).

Vedrørende måling af solintensitet er det blevet gjort helt klart, at der er store problemer med instrumenternes kalibrering. Der er iværksat omfattende arbejder på området, som forventes at give gode resultater i 1982. Dette er iøvrigt et felt, hvor IEA-samarbejdet har været af stor betydning, idet problemet er af international karakter, og på trods af at det er et overordentlig vanskeligt problem har man fået taget hul på det (og forventer også en løsning).

Prøvning af solfangere med evakuerede glasrør er udført, og resultaterne er under bearbejdning.

B. Udvikling af prøvemeter til bestemmelse af driftsikkerhed og holdbarhed

Solvarmesystemer skal være driftsikre og have en lang levetid, hvis de skal have mulighed for at blive konkurrencedygtige i forhold til andre varmesystemer. Solfangeren er den vigtigste og mest udsatte komponent i et solvarmesystem. Det er den der skal indfange solenergien samtidig med, at den bliver påvirket af vind, vejr og høje temperaturer.

Der er ikke stor erfaring med hensyn til konstruktion og installation af solfangere, fx i forhold til hvad der er tilfældet for normale opvarmnings-

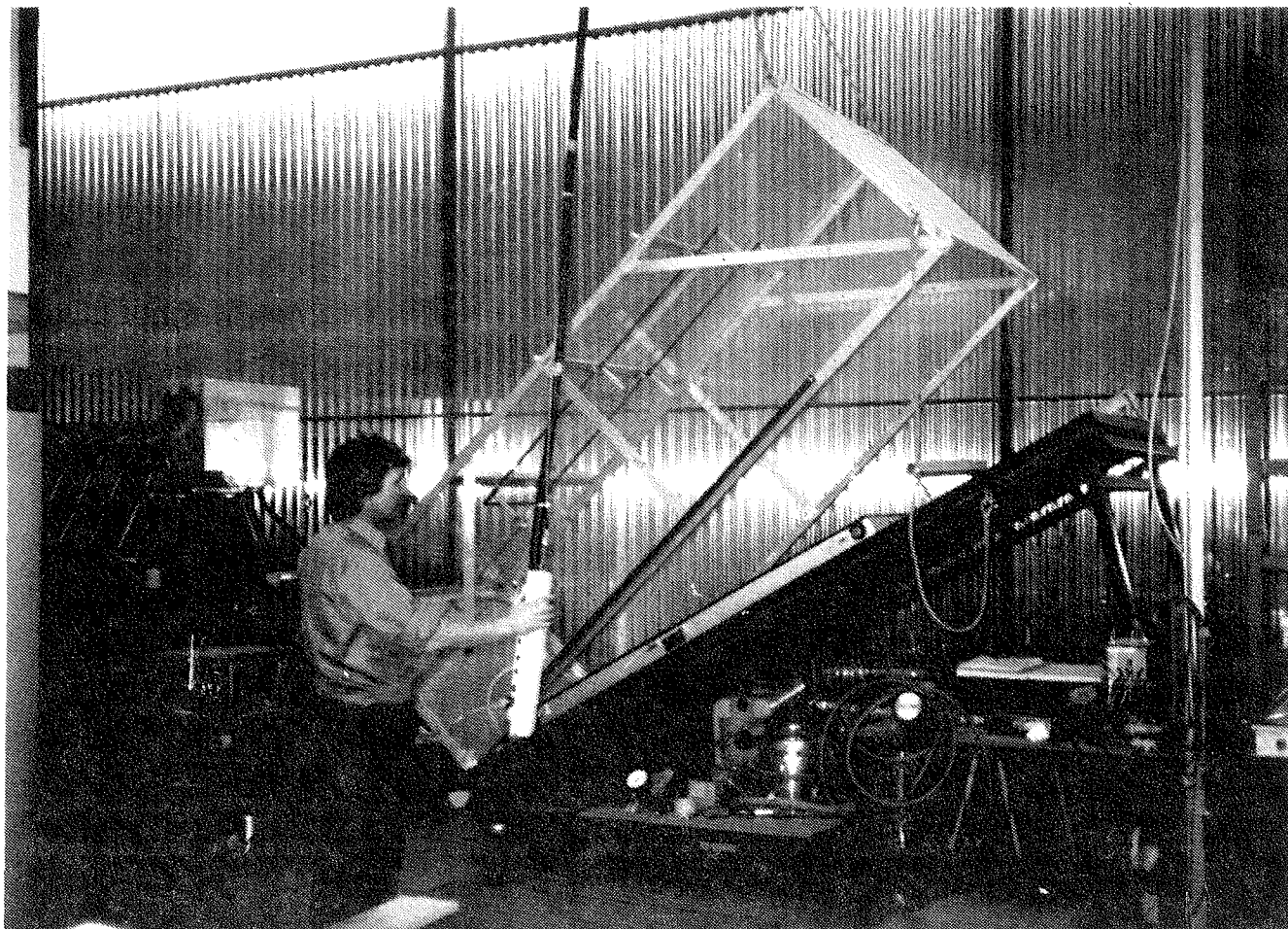


Fig. 8. Prøvning af regntæthed og simuleret vindbelastning foretages i en slagregnmaskine på Laboratoriet for Varmeisolering. Denne er udviklet specielt med henblik på prøvning af solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed.

systemer. Da der med solfangeren er tale om et relativt nyt produkt, findes der heller ikke klare normer for, hvad solfangeren skal kunne præstere med hensyn til effektivitet, driftsikkerhed og holdbarhed. Grundlaget for sådanne normer er en udarbejdelse af procedurer for prøvning af disse ting.

Formålet med det internationale samarbejde under dette delprojekt, er at få udviklet realistiske prøvningsprocedurer for driftsikkerheden og holdbarheden af solfangere. Det er målet, at det skal være prøvningsprocedurer, som man kan blive enige om at anbefale til brug i medlemslandene.

Det er blevet besluttet at dele dette arbejde op i 3 dele. Det er:

- Indsamling af erfaringer angående driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere i eksisterende solvarmesystemer.
- Udvikling af procedurer til prøvning af solfangermaterialer.
- Udvikling af procedurer til prøvning af driftssikkerhed og holdbarhed af hele solfangerkonstruktioner.

Indsamling af erfaringer angående driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere i eksisterende solvarmesystemer

Grundlaget for arbejdet med driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere i Danmark har været indhentning af erfaringer fra solfangere anvendt i praksis. Det er sket ved inspektion af solfangere i drift i eksisterende solvarmeanlæg, bl.a. i Greve, Gentofte, Valby, Solrød og på DTH.

Resultaterne fra inspektioner af solfangere i Danmark, såvel som i 7 andre lande, der deltager i IEA-samarbejdet om solfangerholdbarhed, er blevet samlet og evalueret af PVP i en IEA-rapport, "Failure modes of solar collectors" (18). En ny inspektionsrunde efter et forbedret inspektionsformat (19) skal efter planerne resultere i en rapport, som ud over at beskæftige sig med problemer og fejl for solfangere, også behandler gode solfangerdesign og anbefalelsesværdige konstruktionsdetaljer og materialevalg.

Det er vigtigt at understrege, at det er vores erfaring, at omhyggelige solfangerinspektioner er et både godt og nødvendigt værktøj til at få identificeret og evalueret problemer og fejl ved solfangere. En analyse af solfangere må nødvendigvis også baseres på detaljerede beskrivelser af solfangerkonstruktioner og materialevalg.

Udvikling af procedurer til prøvning af solfangermaterialer.

Samarbejdet inden for IEA Task III på dette område blev startet op i forbindelse med ekspertmødet i Borås, juni 1980. Det blev vedtaget, at den svenske deltager (som skulle koordinere arbejdet på dette område) skulle komme med forslag til et arbejdsprogram for prøvning af absorberes materialer og overfladebehandlinger. På ekspertmødet i Wien, februar 1981 blev vedtaget en række kombinationer af materialer og overflader, som skulle prøves af deltagende laboratorier efter individuelt foretrukne procedurer. Laboratoriet har tegnet kontrakt med Afdelingen for Overfladebehandling på Teknologisk Institut om at udføre dette arbejde og der er i den forbindelse lavet en aftale om prøvning af 9 overfladebehandlede absorbermaterialer, hvoraf en er blevet leveret til IEA-deltagere fra en engelsk fabrikant. De første resultater skulle foreligge i løbet af foråret 1982.

Indendørs prøvning af solfangere

I Danmark er den største indsats indtil idag sket i forbindelse med prøvning af komplette solfangermoduler. Siden oktober 1980 er der ved Laboratoriet for Varmeisolering under Energiministeriets solvarmeprogram gennemført et prøvningsprogram for indendørs prøvning af driftsikkerhed og holdbarhed af 27 forskellige solfangere, som sælges på det danske marked. Prøvningsprocedurerne, der er anvendt, er udviklet af PVP som led i arbejdet inden for IEA (16).

Det indendørs prøvningsprogram består i dag af følgende prøvninger:

1. Prøvning af solfangeres lufttæthed.
2. Solfangeren i stagnation ved høj temperatur, efterfulgt af absorberchok.
3. Tørkogning af solfanger efterfulgt af stagnation og dæklagschok.
4. Termisk cykling mellem høje og lave temperaturer.

5. Regntæthedsprøvning først uden og senere med simuleret vindbelastning.

6. Vindbelastningsprøvning.

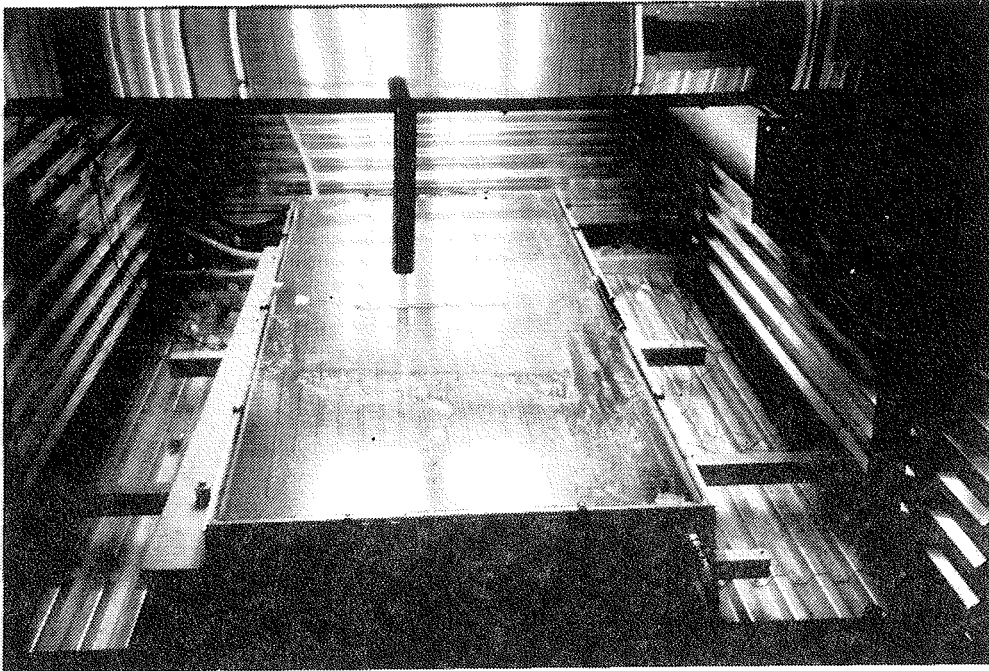


Fig. 9. Prøvning af solfanger i temperatur-prøvningssolsimulator.

Det har i flere tilfælde under prøvningerne været muligt at identificere problemer og fejl, som også har været observeret ved almindelig drift.

De indendørs prøvninger er nyttige, fordi de kan laves på kun 3 dage for en solfanger, fx samtidig med at den effektivitetsprøves. De kan give den nødvendige information om solfangeres evne til at modstå temperatur-, regn- og vindbelastninger.



Fig. 10. Problemer med kondens og udgasning i solfangere er ofte blevet observeret ved inspektion af solfangere i drift.

Andre mulige solfangerproblemer angående inddækninger, rørforbindelser, samlinger og installation og problemer med langtidsholdbarheden med hensyn til korrosion, ældning, snavs, frost og kondens må identificeres ved andre prøvninger og ved inspektion af solfangere i drift. Indendørs prøvning af

solfangermoduler skal diskuteres på de næste ekspertmøder inden for IEA og EF. Det vil i høj grad ske på grundlag af de danske erfaringer på området.

SOLFANGERES DRIFTSIKKERHED OG HOLDBARHED 5			
CHECKLISTE			
PROBLEMER OG FEJL FUNDET VED SOLFANGERINSPEKTION			
Brug venligst nedenstående checkliste ved rapportering af solfangerinspektion. Problemer og fejl ved solfangere, som erfaringsmæssigt kendes bl.a. ved tidligere inspektioner, er blevet listet her som en hjælp. OBERVERET, IKKE OBERVERET og IKKE MULIGT AT INSPICERE henvises der til med hhv. ✓, X og /. Antallet af paneler i en solfangerkonstruktion, som der er problemer med eller fejl ved skrives i den højre kolonne af checklisten.			
Reference-nummer	Problemer eller fejl ved solfangere	Observeret: ✓ Ikke observeret: X Ikke inspiceret: /	Antal solfangere med fejl eller problemer
1.	<u>Dæklag</u>		
1.1	Kondens på indersiden af dæklaget		
1.2	Udgasning, aflejring på indersiden af dæklag		
1.3	Snavs på dæklagets yderside		
1.4	Ældning (misfarvning, revner etc.)		
1.5	Brud eller kollaps for dæklag		
1.6	Rynket dæklag		
1.7 etc.	Andre (specificeres)		
2.	<u>Absorber</u>		
2.1	Snavs eller støv på absorber		
2.2	Korrosion på absorberoverflade		
2.3	Revner eller afskalning på absorberoverflade		
2.4	Læk i absorber		
2.5	Deformation af absorber		
2.6	Aflejring eller kondens på absorber		
2.7 etc.	Andre (specificeres)		
3.	<u>Dæklag/kasse samling (gummibånd og fuger)</u>		
3.1	Dæklag gået løs fra kassen		
3.2	Samlingen er utæt over for vand		
3.3	Nedbrydning af fugemateriale		
3.4 etc.	Andre (specifiseres)		

Fig. 11. Checkliste til inspektion af problemer og fejl med solfangere.

Udendørs accelereret prøvning af solfangeres langtidsholdbarhed

Et andet vigtigt led i prøvningsprogrammet for driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere er udendørs prøvning af solfangeres langtidsholdbarhed. Det sker på Laboratoriet for Varmeisolering, hvor en række solfangere er placeret udendørs på sydvendte stativer med 30° hældning fra vandret, således at de udsættes for stagnationstilstande gennem længere tid. Med hensyn til temperaturpåvirkning er dette en accelereret påvirkning i forhold til hvad solfangere udsættes for under almindelige driftsforhold. Der er her tale om en billig prøvemethode, hvor indflydelsen fra temperaturpåvirkninger kan studeres om sommeren, mens indflydelsen af længere tids regnpåvirkning og fugt kan konstateres i form af nedbrydning af solfangerens indre dele og et forøget fugtindhold i solfangeren, som bl.a. kan afsløres ved en forøget kondensdannelse.

Der er på Laboratoriet for Varmeisolering i IEA-regi sket løbende inspektioner igennem 2 1/2 år af 14 forskellige solfangere, som på den skitserede måde er opsat på et stativ på vores prøveareal og udsat for det naturlige vejrligs påvirkninger (20). Mange driftssikkerheds- og holdbarhedsproblemer er blevet observeret i løbet af denne tid. Sammenfaldende kan det konkluderes, at det allerede i løbet af det første år er muligt at afsløre mange problemer og fejl, og at en synlig påvirkning af absorberne i solfangere, som ikke var regntætte, er sket i løbet af de første to år.

Som led i et samarbejde mellem IEA-gruppen og Energiministeriets Solvarme-program, baseret på forslag til arbejdsprogram for driftssikkerhed og holdbarhed udarbejdet af PVP (21) (22), er der i løbet af foråret og sommeren 1981 placeret yderligere 20 solfangere, som alle har gennemgået indendørs effektivitetsprøvninger, på stativer udendørs. Der er blevet anbragt termofølere på solfangerabsorbernes bagside, og temperaturerne opsamles på et dataloggersystem. For samtlige solfangere gælder, at resultaterne fra den indendørs driftssikkerhedsprøvning for en tilsvarende solfanger foreligger. I forsøget indgår også 2 tagintegrerede solfangere, hvoraf den ene er anbragt i stagnation. Der skal ske en kontinuert opsamling af solfangernes stagnationstemperaturer og af de klimaparametre, de udsættes for i et år.

Ved hjælp af inspektioner og de nævnte data skal nedbrydningen af solfangere registreres med henblik på at vurdere deres langtidsholdbarhed. Det skal bl.a. gøres ved hjælp af en metode, som er foreslået af Birnbreier (23).

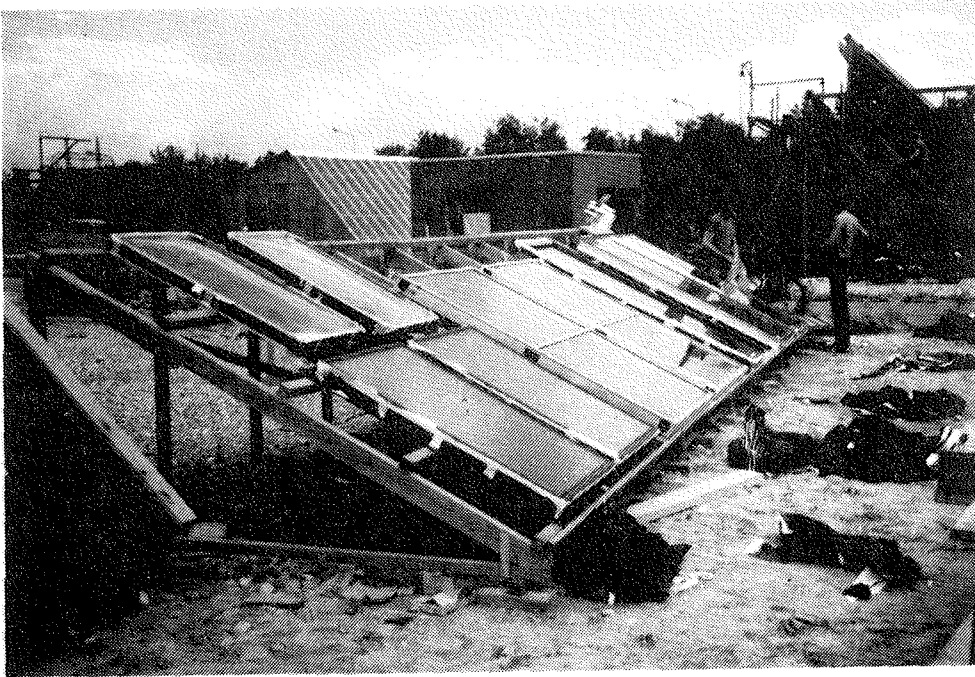


Fig. 12. Solfangere placeret utilsluttet i stagnationstilstande, hvor stagnationstemperaturer og klimaparametre måles kontinuert.

Det endelige resultat af disse prøvninger vil foreligge i løbet af 1983, men det kan allerede nu konkluderes, at de indendørs og udendørs prøvninger supplerer hinanden i et anvendeligt prøvningsprogram, og at det herved er muligt at afsløre problemer og fejl ved solfangere, som også er konstateret ved almindelig drift. Som et led i IEA-arbejdet indgår også arbejde med generelle holdbarhedsproblemer i forbindelse med solfangere. Her er det indtil videre hovedsagelig kondens- og udgasningsproblemer, der er blevet arbejdet med. Med hensyn til udgasning har vi fundet ud af, at udgasning fra plastskumisoleringsmaterialer sandsynligvis kan have en meget nedbrydende indflydelse på absorberoverfladen. Det kan ske ved at udgasningsprodukter opløses i kondens i fugtige perioder og drypper ned på absorberen.

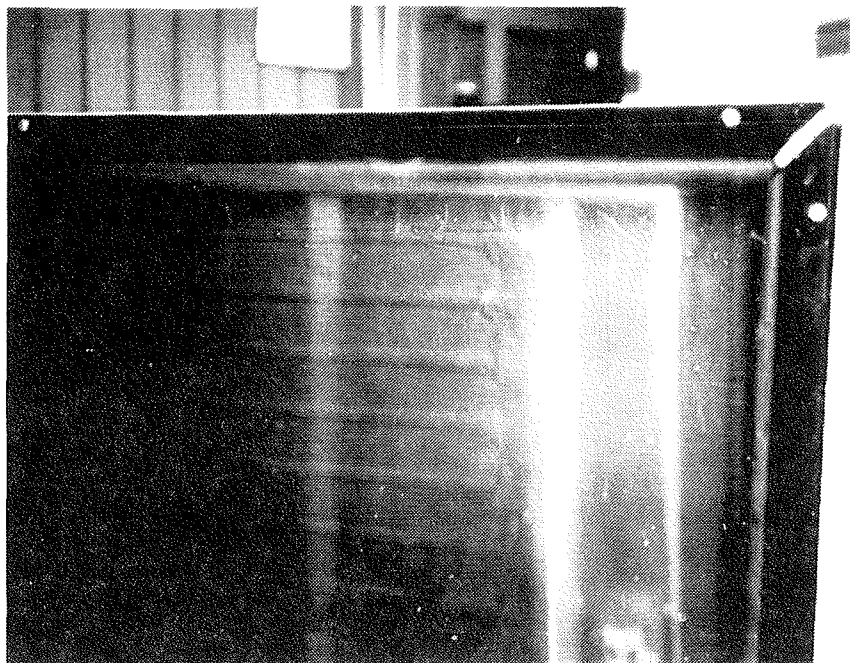


Fig. 13. Eksempel på solfanger med korrosionsangreb på absorberens overflade som følge af kraftig udgasning fra plastskumisolering.

Som led i de udendørs prøvninger måles fugtforholdene i en række solfangere. Når ventilationen af disse solfangere er kendt fra prøvninger, vil det være muligt at opstille en sammenhæng mellem ventilation og kondens i solfangerne. Undersøgelsen af disse forhold sker som et selvstændigt projekt under EM-sol i nært samarbejde med IEA-gruppen.

Information og samarbejde udadtil.

Arbejdet med udvikling og brug af de indendørs og udendørs prøvningsprocedurer sker som omtalt i et nært samarbejde med Energiministeriets solvarme-program (21) og (22). Indsatsen og brugen af ressourcer på Laboratoriet for Varmeisolering sker, således at IEA-gruppen principielt står for arbejdet med procedurerne og arbejdet med generelle erfaringer med solfangerholdbarhed. EM-sol har så ansvaret for, at prøvningerne bliver udført og rapporteret for en hel række danske solfangere. Det er hovedsagelig IEA-gruppen og laboratoriet som sådant, der har finansieret udstyret til de

indendørs prøvninger. For de udendørs prøvninger sørger EM-sol for opstilling og målinger af solfangere på sydvendte stativer, mens IEA-gruppen har bidraget med opbygning af de 2 højeffektive, på stedet byggede, tagintegrerede solfangere, hvor den ene er i drift, mens den anden er i stagnation.

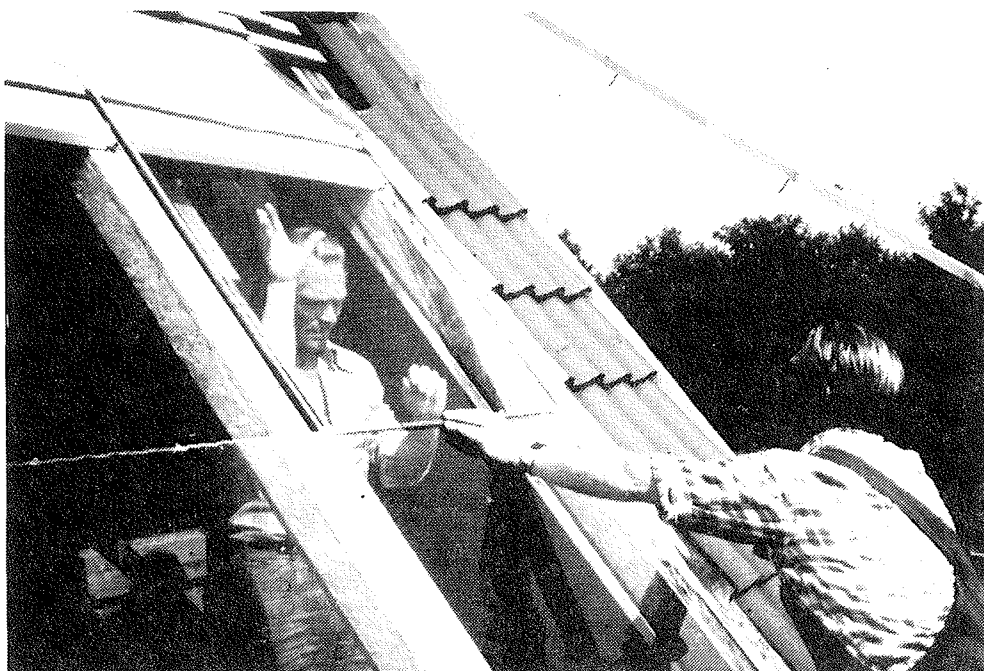


Fig. 14. Tagintegreret, på stedet bygget solfanger, hvor placering af dæklag og inddækning udføres før montagen af absorberdel inde fra tagrummet. Et forsøg på at opnå en driftsikker og holdbar løsning, som er nem at installere og let at vedligeholde og reparere.

Ud over samarbejde med EM-sol foregår der også andre slags samarbejde udadtil på området solfangerholdbarhed. Der deltages sideløbende med arbejdet for IEA også i EF-samarbejde og Nordisk samarbejde. Endvidere deltages i en dansk tværfaglig arbejdsgruppe angående driftsikkerhed og holdbarhed af solfangere. I denne deltager eksperter på forskellige relevante områder. Det er solfangerprøvning, byggeteknik, vindueskonstruktioner, korrosion, overfladebehandling og polymerteknologi. Viden om disse ting er vigtig, hvis bedre og mere driftsikre og holdbare solfangere skal udvikles.

Der er også blevet lagt vægt på informationsarbejde udadtil om arbejdet med solfangerholdbarhed. På ISES's internationale solenergikongres i Brighton i august 1981 deltog PVP med et paper og en poster om arbejdet med solfangeres holdbarhed i Danmark (24). Der er endvidere blevet holdt foredrag og udsendt information og rapporter til solfangerfabrikanter og forbrugere om prøvningsprogrammet, og om udenlandske erfaringer og vigtige resultater på området. For eksempel er det omtalte paper og IEA-inspektionsformat blevet oversat og udsendt.

Som et led i informationsarbejdet vil der også i fremtiden blive lagt vægt på at lave rapporter både på engelsk og dansk. Den omtalte rapport om solfanger-"Failure Modes" vil blive fulgt op med en rapportering på dansk. Ligesom rapporter om evaluering af prøvningsprocedurer og om integrerede solfangere vil komme både på engelsk og dansk.

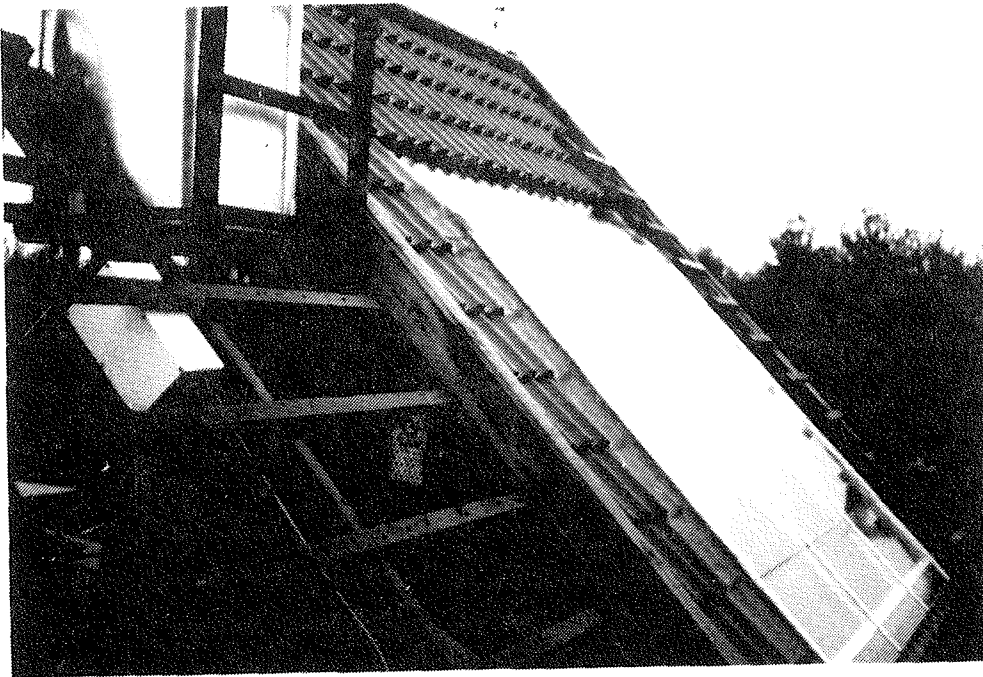


Fig. 15. Den tagintegrerede solfanger fungerer i dag i kombination med en højereliggende lagertank for brugsvand som højeffektivt, selvcirkulerende solvarmeanlæg. Detaljerede målinger på systemet vil give mere viden om denne form for solvarmeanlæg, som fungerer uden pumpe og styring. De første resultater fra foråret 1982 ser lovende ud og viser bl.a. en meget fin temperatur-lagdeling i lagertanken.

C. Undersøgelse af anvendeligheden af solsimulatorer.

Oversigter over solsimulatoropstillinger og sammenlignende prøvninger er sammenfattet i en rapport: "Survey of Solar Simulator Test Facilities and Initial Results of IEA Round Robin Tests Using Solar Simulators" der er udsendt i 1980 med eksekutiv komiteens godkendelse (25).

Deltagere, der har solsimulatorer, er i gang med at udføre undersøgelser af deres egenskaber. Dette arbejde er ikke endnu mundet ud i rapporter. Det er iøvrigt et felt hvor IEA-arbejdet har medvirket til at skabe udveksling af viden, idet de mange solsimulatorer, der er bygget i de seneste par år, i høj grad er baseret på erfaringer fra de solsimulatorer, der blev bygget tidligere af andre IEA-deltagere. Fra dansk side deltages der i aktiviteterne med laboratoriets solsimulatoropstilling som vist på fig. 16.

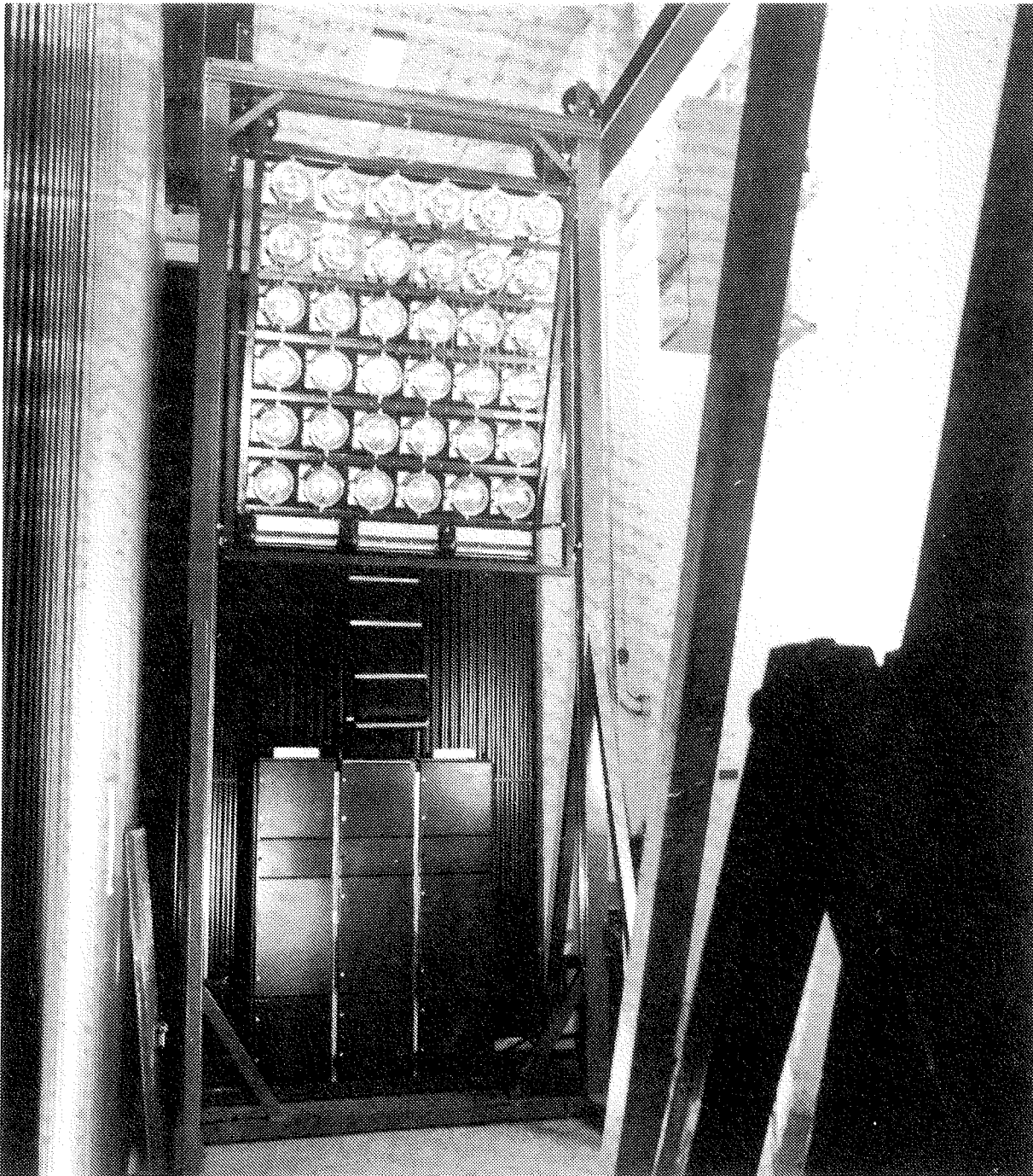


Fig. 16. Solsimulatoropstillingen ved Laboratoriet for Varmeisolering.

PROJEKT V. UDNYTTELSE AF EKSISTERENDE METEOROLOGISK INFORMATION TIL SOL-ENERGIANVENDELSE

I de seneste år er der sket en vældig udvidelse i mange lande af antallet og kvaliteten af målestationer for solstråling for at kunne dække det nye behov for data til solenergisystemer. Det vil imidlertid vare adskillige år, inden der er samlet tilstrækkeligt datamateriale m.h.t. tid og geografisk dækning for OECD-landene.

Der ligger derfor en væsentlig opgave i at gøre den eksisterende datamængde, indsamlet til helt andre formål, anvendelig for solenergiområdet.

Projektgruppen opfatter sig som en art underleverandør til de øvrige projekter inden for IEA programmet, dvs. at vi prøver at få disse gruppers ønsker vedrørende data og kommentarer til vore forslag frem.

Projektet består af 4 delprojekter:

- A. Fortegnelse over kilder (organisationer, opslagsværker) med strålingsdata og andre nødvendige meteorologiske data.
- B. Håndbog over metoder til beregning af strålingsdata ud fra andre data.
- C. Rekommandation for meteorologiske stationer.
- D. Ensartet format for præsentation af data.

STATUS FOR OG BESKRIVELSE AF DELPROJEKTERNE

Arbejdet har stået på siden 1976. Det har i perioder gået ret langsomt, bl.a. antagelig fordi den oprindelige implementeringsaftale ikke indeholdt klare angivelser af den arbejdsindsats, der forventes af de enkelte deltagere.

Arbejdet er imidlertid nu næsten afsluttet, og ved det nok sidste expertgruppemøde i Bracknell, England, 22/23 oktober 1981 kunne fremlægges afsluttende rapporter eller 1. udkast til sådanne for alle subtask.

Hovedmålene i arbejdet har været at:

- A. udnytte de eksisterende datamængder bedre, derunder at sprede oplysning om hvad der findes hvor, og hvordan potentielle brugere får fat i den. En rapport "Solar Radiation Data Source Catalogue" (Weine Josefsson og Marie Louise Westerberg) er udgivet af SMHI
- B. give vejledning i brug af strålingsdata. En håndbog "Handbook of Estimating Solar Radiation" ligger i manuskript til kritik, enkelte kapitler er færdigbehandlede. Den indeholder bl.a. en gennemgang af metoder for beregning af solindfald. Vi har ved Laboratoriet kompileret en datasamling til kontrol af sådanne metoder (McKay, Collingbourne, Won, Lund)
- C. udarbejde anbefalinger for meteorologiske stationers placering mht. data til solenergi. En rapport "Recommendation conc. meteorological networks for solar energy applications" (Won og Latimer) er udgivet.
- D. udarbejde en fortegnelse eller idebog over hvordan vejrdata kan præsenteres på forskellige måder til mange formål og mange forskellige brugere. Manuskript er udsendt til kritik. (Valko).

Alle dele forventes færdig april 1982.

Afsluttende har expertgruppen formuleret 3 nye forskningsopgaver, der tilsammen kan udgøre et nyt task under implementeringsaftalen:

- A. "Small Time Scale and Space Variability"
- B. "Pyranometer Characterization and Pyranometri Standardization for Solar Collector Testing"
- C. "Comparison of Solar Radiation Models"

"Operating Agent" for det nye task vil være D.C. McKay, Canada.

Arbejdsformen vil antagelig være sådan, at landene kan deltage som "participant" med arbejdsforpligtelse, eller som "observer" i de enkelte subtask. Vi har fra dansk side uforbindende og foreløbig ytret interesse for at deltage i C og være "observer" på B.

PROJEKT VII CENTRALE SOLVARMEANLÆG MED SÆSONLAGRING

Formålet med dette projekt er at bestemme de tekniske muligheder og kost-effektiviteten af storskala solenergisystemer med sæsonlagring til opvarmning af bygninger, at vurdere alternative storskala systemudformningers fortrin ved opsamling, lagring og anvendelse af solenergi og at forberede den detaljerede systemudformning for udvalgte beliggenheder i deltagerlandene.

Projektet er opdelt i fem underprojekter (subtasks):

- A. Systemstudier og optimering
(Systems studies and optimisation)
- B. Solfangere
(Solar collector subsystems)
- C. Varmelagring
(Heat storage)
- D. Varmefordelingssystemer (fjernvarmesystemer)
(Heat distribution systems)
- E. Undersøgelse af placeringsmuligheder og foreløbig fastlæggelse af systemudformning. (Site inventory and preliminary site specific system).

Sverige varetager projektledelsen (Operating Agent), mens ledelsen (lead country) af hver af fem underprojekter er Canada (A), USA (B), Schweiz (C), Sverige (D) og Sverige (E).

Det første arbejds møde vedrørende projektet blev holdt i Sverige i september 1980.

STATUS FOR OG BESKRIVELSE AF DELPROJEKTERNE

A. Systemstudier og optimering.

I dette underprojekt skal arbejdes med eksisterende modeller, der er anvendelige til analyse og optimering af storskala solvarmesystemer med sæsonlagring.

På det første arbejds møde blev det vedtaget, at programmet TRNSYS (USA) skal anvendes til simuleringer, mens MINSUN (Sverige) skal anvendes til optimeringsberegninger.

Canada (lead country) udsendte MINSUN version 1.0 i februar 1980 umiddelbart inden det andet arbejds møde i Schweiz. Det betød, at ikke alle deltagere nåede at gennemregne det medsendte eksempel (base case I), der anvendte data fra Lyckebo-projektet i Sverige.

Hen på foråret udsendte Canada den nyeste version af TRNSYS (version 11.1) samt en forbedret version af MINSUN (version 1.1). Inden det tredje arbejds møde i USA skulle de deltagende lande gennemregne base case II (Ingelstad-projektet), som deltagerne selv via litteraturen skulle finde inputdata til. I Ingelstadprojektet anvendes paraboliske, koncentrerende solfangere, der følger solens bane gennem dagen, og det blev gennem arbejdet klart, at MINSUN skulle forbedres lidt for at kunne gennemregne de mere specielle solfangertyper og de mere specielle lagertyper.

De fleste lande, deriblandt Danmark, havde dog beregningsresultater at fremvise på det tredje arbejds møde.

B. Solfangere

Hvert deltagende land vil udarbejde en oversigt over de solfangere, der er anvendelige til storskala systemer med sæsonlagring med hensyn til udbytte og kost-effektivitet.

For udvalgte solfangere udarbejdes optimerede modeller for anvendelse i underprojekt (a).

Det gælder følgende solfangertyper:

1. Alm. plane solfangere
2. Billige plane solfangere (fx solfangere uden dæklag, solfangere af plastic, soldamme o.lign.)
3. Stationært koncentrerende solfangere og evakuerede solfangere.
4. Parabolske koncentrerende solfangere, der følger solens bane.
5. Solkraftværker (central receivers)

C. Varmelagring

De teknologisk mulige varmelagringsmetoder for storskala systemer med sæsonlagring vil blive vurderet med hensyn til udbytte og kost-effektivitet.

For udvalgte varmelagringsmetoder udarbejdes optimerede modeller for anvendelse i underprojekt (a). Desuden vil deltagere i dette underprojekt diskutere samarbejde med deltagere i andre IEA-projekter angående en mulig koordinering af arbejdet inden for varmelagring.

De tre principielt forskellige modeller, der skal anvendes i (a) er:

1. Vandvolume-modeller (fx ståltanke, vandtanke på og i jord (pits og rock caverns) m.v.)
2. Jordlager-modeller (systemer med lodrette eller vandrette rør i jord eller klippe)
3. Aquiferlager-modeller

På det tredje arbejds møde blev det vedtaget at anvende tre forskellige modeller fra Lund (Sverige) til de tre lagertyper.

D. Varmefordelingssystemer

De teknologisk mulige varmfordelingssystemer for storskala systemer med sæsonlagring vil blive vurderet med hensyn til udbytte og kost-effektivitet.

Som en del af dette arbejde blev en foreløbig rapport over priser på ledningsnet og komponenter til distributionssystemer i de deltagende lande fremlagt på det tredje arbejds møde. Som det kunne ventes var der stor spredning på priserne fra land til land.

E. Undersøgelse af placeringsmuligheder og foreløbig fastlæggelse af systemudformning

Hvert deltagende land vil undersøge potentielle placeringsmuligheder for et storskala solvarmesystem med sæsonlagring. For en eller flere placeringer gennemarbejdes foreløbige systemudformninger, der optimeres udbyttømæssigt og økonomisk med de EDB-programmer, der er udviklet i underprojekt (a).

I det fortsatte arbejde er det hensigten i hvert deltagende land at udvælge en placering med tilhørende systemudformning, der detailprojekteres.

Opbygning, måling og rapportering af et storskala solvarmesystem med sæsonlagring ud fra de ovenfor fundne resultater vil måske blive et nyt projekt indenfor IEA.

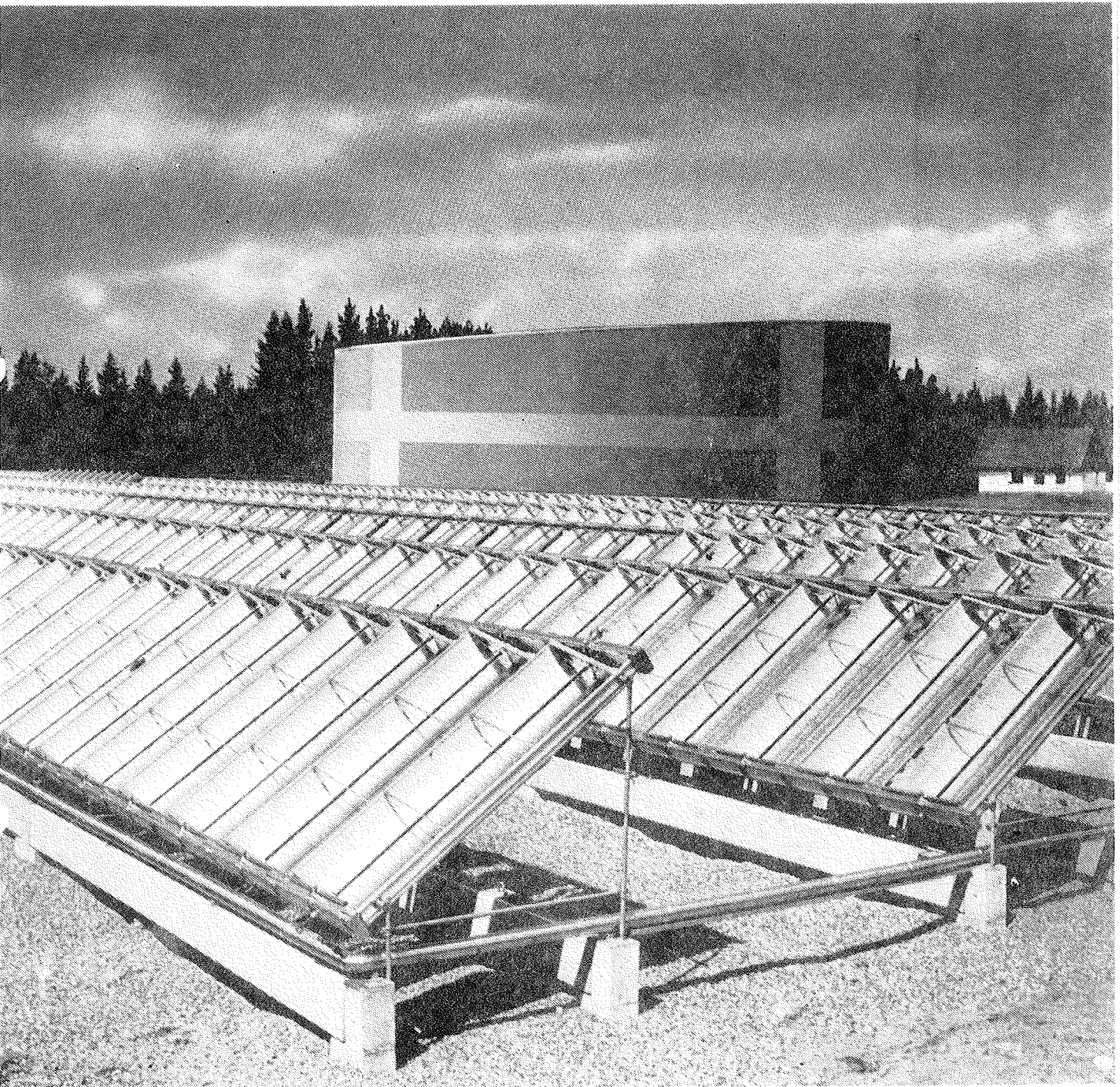
Tidsplanen for projektet er fire år, hvoraf de sidste 1 1/2 år forventes anvendt til detailprojekteringen. Projektet forventes således afsluttet med udgangen af 1983.

Figurer

På de efterfølgende figurer vises et eksempel på et svensk solvarmesystem med sæsonlagring.

Udkomne rapporter

I projektet forventes i alt ca. 16 rapporter at udkomme. På nuværende tidspunkt er rapporterne (26), (27) og (28) udkommet.



THE SOLAR HEATING PLANT IN VÄXJÖ

Fig. 17 Svensk solvarmesystem med sæsonlagring.

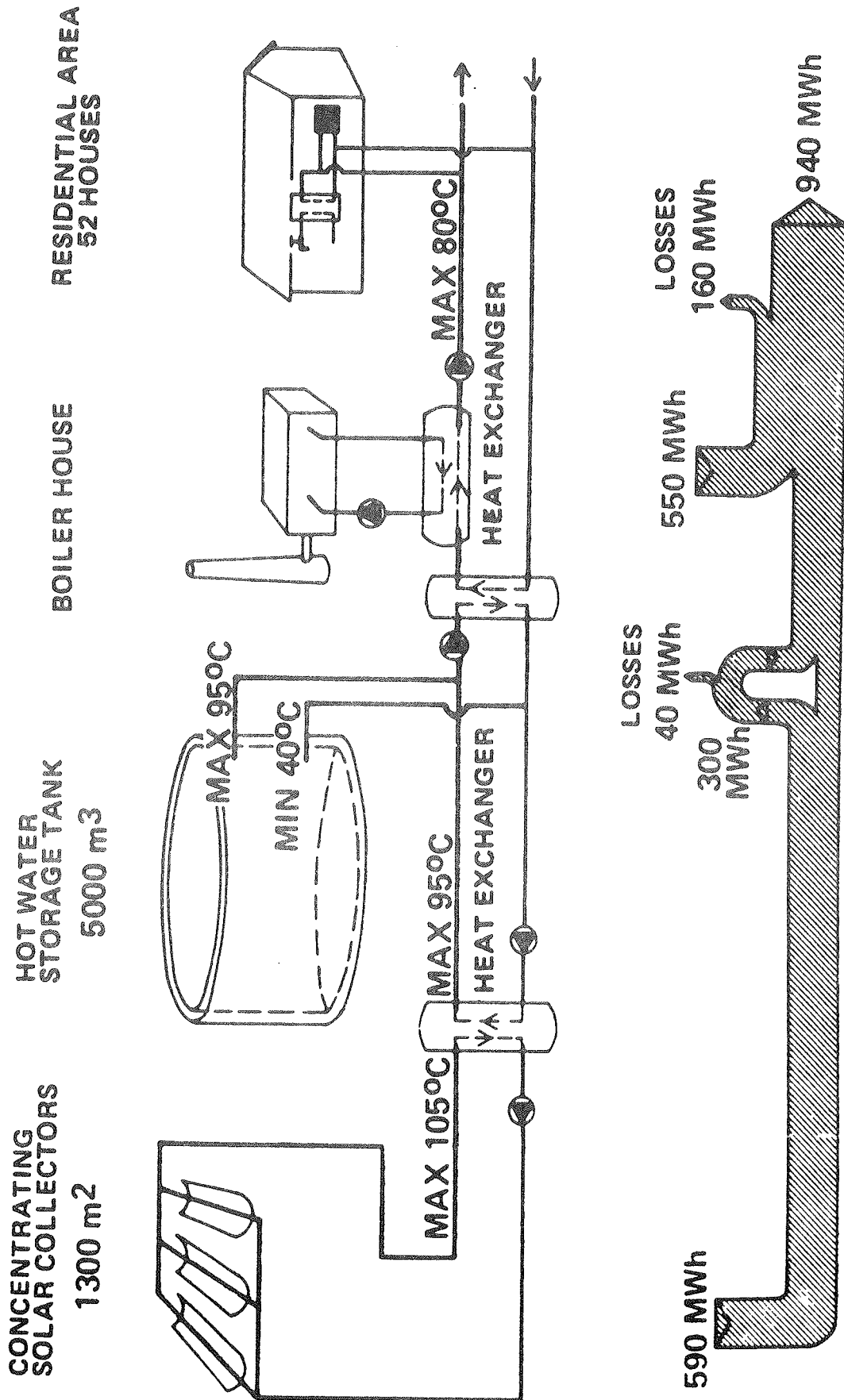


Fig. 18 Diagram over energistrømmene.

PROJEKT VIII PASSIVE OG HYBRIDE LAVENERGIBYGNINGER

Projektet sigter mod en øget forståelse for samspillet mellem passiv og aktiv solenergiudnyttelse samt energibesparende foranstaltninger i bygninger. Projektet er opdelt i 4 delprojekter:

- A. Måling og rapportering
- B. Modelopbygning og simulering
- C. Udvikling af simple beregningsmetoder
- D. Bygning

Projektet blev vedtaget på det sidst afholdte Executive Committee møde i oktober 1981 og kan således sættes igang, så snart deltagerlandene skriftligt har tilkendegivet deres deltagelse, hvilket forventes at ske i løbet af januar 1982.

KORT BESKRIVELSE AF PROJEKTET

Da projektet er meget omfattende, har man valgt en struktur svarende til projekt VII, dvs. med een Operating Agent (USA) og een delprojektleder for hvert af de fire delprojekter (Schweiz, Danmark, USA og Holland).

Først skaffes overblik over "the state of the art" med hensyn til simuleringsmetoder, design metoder samt tilgængelige og anvendelige data for undersøgelse af forskellige huse og systemers virkemåde. Derefter arbejdes der i ca. 2 år på i fællesskab at forbedre situationen, idet der fokuseres på at ende op med forbedrede design metoder. Når disse er tilvejebragt, skal de afprøves i aktuelle byggerier i samarbejde med byggeindustrien i de respektive lande. Ved hjælp af et måleprogram skal det derefter vises, hvorvidt de udviklede design metoder er gyldige. I hele projektperioden er et tæt samarbejde med folk fra byggeindustrien, arkitekter samt rådgivende ingeniører forudsat for at sikre arbejdets praktiske relevans.

PROJEKTET SET I RELATION TIL DET DANSKE ENERGIFORSKNINGSPROGRAM

Mens vi i Danmark internationalt set ligger på et højt niveau mht. forståelse af aktive solvarmesystemers virkemåde, samt anvendelse af energibesparende foranstaltninger i bygninger, har vi meget lidt erfaring i udformning af bygninger med henblik på optimal passiv solenergiudnyttelse, og en kombination af optimering af alle tre principper i samme bygning har vel aldrig fundet sted i Danmark. Projektet sigter netop mod en øget forståelse for udnyttelse af disse principper og især deres vekselvirkning i bygninger.

I visse af de øvrige IEA-lande, især USA og Schweiz, har man arbejdet med passiv udnyttelse af solvarme i nogle år og har således gjort nogle erfaringer, som vi kan drage nytte af gennem samarbejdet.

De erfaringer, der er gjort i andre lande, som vi kan bygge videre på, er både af praktisk og teoretisk art. Især på det sidste står vi herhjemme på relativt bar bund. Vi har ingen færdigudviklede EDB-programmer, der kan benyttes til analyse af diverse passive bygninger og slet ingen, der egner sig til dynamiske beregninger af hybride systemer. Ved opbygningen og afprøvningen af sådanne programmer er det nødvendigt at validere disse mod målte data. Igennem IEA-arbejdet vil vi få adgang til data fra et bredt spektrum af passive og "hybride" bygninger.

Udover de mere detaljerede metoder og analyse af målte data fra adskillige solhuse omfatter samarbejdet udvikling og udarbejdelse af projekteringsmetoder. På dette område er vi i Danmark på absolut bar bund, mens man fx i USA har fem års erfaring at bygge videre på. I projektet er der lagt op til, at disse projekteringsmetoder skal afprøves i praksis på huse, der skal opføres i medlemslandene og derefter opfølges med målinger, således at en efterfølgende evaluering er mulig.

Set samlet giver dette projekt således mulighed for at bygge videre på de erfaringer, der allerede er gjort i udlandet, og derefter igennem samarbejdet bringe os på niveau med de øvrige lande.

Relation til danske projekter

I EM-projektet "Mindre Varmelagre" har man intentioner om, i samarbejde med byggeindustrien, at bygge et hus med det formål at undersøge og øge forståelsen for udnyttelse af passiv solenergi. Dette passer udmærket ind i IEA-projektet, idet der kan ydes projekteringsassistance fra IEA-arbejdsgruppen. Senere kan måledata evalueres og benyttes i valideringsarbejdet.

I EM-solvarmeprojektet er der to aktiviteter, som begge har relation til IEA-samarbejdet. Projektet "Passiv solvarmevejledning i projektering" er kun et første skridt inden for dette område, da både den praktiske og teoretiske viden i Danmark er begrænset. Projektet er tæt knyttet til det, der i IEA-projektet kaldes "assessment of the state of the art", og en del af denne opgørelse af status på området, blandt andet mht. projekteringsmetoder, vil givet kunne anvendes i den danske håndbog. I IEA-projektet planlægges der med udgivelsen af en håndbog ved projektets slutning. Denne vil enten kunne oversættes til dansk eller benyttes som baggrund for en revision af den danske udgave.

Som omtalt ovenfor har man i visse af de øvrige IEA-lande allerede mange erfaringer med målinger på passive solhuse. Disse erfaringer vil det være muligt at trække på ved opbygningen af danske passive huse.

Samarbejde med industri m.v.

I projektet er der lagt op til (kræves) et tæt samarbejde med folk fra byggeindustrien, arkitekter samt rådgivende ingeniører. Da Danmark som ovenfor nævnt internationalt er på et højt niveau mht. energibesparelser, kan det forudses, at en effektiv inddragen af folk fra byggeindustrien kan resultere i nye markedsmuligheder for denne i udlandet. Dette samarbejde kan ligeledes medvirke til udvikling af nye bygningskomponenter, hvilket kan have uvurderlig betydning i den nuværende situation for byggeriet herhjemme.

TIDSPLAN FOR PROJEKTET

Projektet er planlagt til at vare 4 år (1982-83-84 og 85). Det første møde i projektets arbejdsgruppe afholdtes i februar d.å. På dette møde vedtoges en foreløbig arbejdsplan.

DANSK UDBYTTE AF IEA-ARBEJDET

Formålet med international forskning er et øget udbytte af de ressourcer, der anvendes i de nationale programmer. Således vil udbyttet af deltagelse i et internationalt forskningssamarbejde, på et område for hvilket der ikke via et nationalt program er opnået et vist niveau, blive meget ringe. På solvarmeområdet befinder Danmark sig på niveau med andre vestlige nationer (som fx Sverige og Vesttyskland), og et samarbejde med disse lande har derfor gode muligheder for at lykkes.

Et øget udbytte af det nationale forskningsprogram kan nås på flere områder:

- . Nemmere adgang til informationer fra andre lande
- . Personlige kontakter til udenlandske forskere, som kan betyde en udvikling af forskningsmiljøet
- . Fremmede forskere kan direkte benyttes som konsulenter (formelt eller oftest uformelt).
- . Den nationale forskningsindsats kan effektiviseres ved at benytte resultater fra andre lande
- . Muligheder for at iværksætte forskningsprojekter, som er for store for et enkelt land, enten økonomisk eller teknisk set.

En forudsætning for at sikre et øget udbytte af det nationale program på et af disse områder er at deltage helhjertet i projekterne. Det er ved at arbejde med i projekterne på lige fod med de andre deltagere, der kan høstes et udbytte. I den forløbne periode har Danmark haft gode muligheder for at spille en aktiv rolle i IEA-samarbejdet.

En væsentlig del af udbyttet af arbejdet er dokumenteret i de officielle rapporter fra projekterne (se denne rapports bagside). En anden væsentlig del af arbejdet er imidlertid af mere diffus karakter og derfor vanskelig at dokumentere. Det gælder informationsudvekslingen, der i stor udstrækning sker verbalt som personlig kommunikation. Endelig er der det konkrete udbytte af projekterne i form af "afsmitning" på det nationale program. Det gives der eksempler på herunder:

Arbejdet med vurdering og udvikling af simuleringsprogrammer til beregning af solvarmesystemer er sket parallelt med den nationale udvikling på dette område. Der har derfor været tale om en frugtbar udveksling af ideer og de internationalt udviklede metoder er blevet overført til nationalt plan.

Rapporterne vedrørende måleprocedurer og rapportering blive benyttet som vigtige referencedokumenter i det nationale arbejde. På Laboratoriet for Varmeisolering har de desuden fundet anvendelse i forbindelse med introduktion af nye medarbejdere til området.

Som anført har IEA-gruppen en fast medarbejder ved Laboratoriet for Varmeisolering, som beskæftiger sig med driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere og samtidig koordinerer IEA Task III-arbejdet på området. Dette sikrer Danmark en fremtrædende plads på dette nye område, som er ved at starte op i mange lande. Med baggrund i de udenlandske resultater giver det samtidig inspiration til, hvorledes det nationale arbejde med driftssikkerhed og holdbarhed af solfangere bedst kan tilrettelægges og gennemføres.

Det er vores erfaring, at man ud over en kontinuert indsats på vigtige områder opnår andre fordele af den måde arbejdet i IEA-gruppen er organiseret på. Der er i løbet af de år IEA-gruppen har eksisteret blevet opsamlet en stor mængde generel viden på de områder vi beskæftiger os med, og via de internationale kontakter bliver denne suppleret med de nyeste erfaringer. For eksempel har arbejdet med at lave en IEA-rapport om solfangeres-"Failure modes" givet en bred indsigt i det eksisterende teknologiske stade for solfangere, ikke bare herhjemme men også i udlandet. Den første resignation efter at have fået dokumenteret, at næsten alle rapporterede solfan-

gere har store problemer både med driftssikkerhed og holdbarhed, blev ret hurtigt afløst af en konstatering af, at der var et stort behov for at få opstillet en systematisk vurdering af, hvad almindelige problemer og fejl med solfangere skyldes og for at få udbredt kendskab til holdbare solfangerløsninger. Dette skete i erkendelse af, at det ikke nyttede isoleret at udvikle prøvningsprocedurer for solfangerholbarhed, når på den ene side hovedparten af alle solfangere ville få svært ved at klare prøvningerne, og på den anden side inspektioner havde vist, at problemer, fejl og dårlige løsninger knyttet til installation, inddækning, rørføring, styring, reparation og vedligeholdelse var lige så hyppigt forekommende som problemer og fejl med det enkelte solfangermodul.

Den indsigt i problemer og fejl med solfangere, som er skabt via en aktiv deltagelse i IEA-arbejdet, har også ført til, at vi har valgt at sætte aktivt ind med forslag til nye solfangerdesign, som vil reducere problemerne med driftssikkerhed og holdbarhed. For at skabe så få problemer som muligt, er det vigtigt at tænke på solfangeren som et bygningselement, der skal kunne indgå som en integreret del af en boligs overflade og samtidig være nem at installere og vedligeholde.

IEA-gruppen har i den forbindelse opført en på stedet bygget, tagintegreret solfanger, hvor solfangerens dæklag og inddækning udføres først, og absorberne lægges op og isoleres indefra bagefter. Herved opnås en driftssikker og holdbar løsning, der sikrer nem installation, vedligeholdelse og reparation. Samtidig har denne solfanger vist sig at have den højeste stagnationstemperatur af alle de solfangere, der er målt på. Der vil i løbet af 1982 komme en rapport om integrerede solfangere og resultater med dem i Danmark og i udlandet.

Via deltagelse i IEA-Task I har vi samtidig fået kendskab til meget fine resultater med brug af selvcirkulerende solvarmeanlæg til brugsvandopvarmning i USA under klimaforhold, der minder om danske. Da en selvcirkulerende systemløsning er både enkel og driftssikker, men samtidig dårligt undersøgt, valgte vi at forbinde den ene af de tagintegrerede solfangere med en højere placeret lodret forskydelig lagertank, så der kunne opnås

selvcirkulation. Målinger fra systemet kan danne grundlag for udvikling af en edb-model, der hvis systemet giver gode resultater ligesom arbejdet med prøvningsprocedurerne , kan danne et innovativt grundlag for projekter, som kan udføres under EM-sol.

REFERENCER

1. Annual report on Energy Research, Development and Demonstration "activities of the IEA 1980/1982, OECD.
2. Ove Jørgensen m.fl. (1978)
Statusrapport over samarbejdet indenfor solenergiforskning under det internationale Energi Agentur (IEA), Oktober 1978, Laboratoriet for Var-meisolering, DTH.
3. Survey of solar energy R&D projects for solar heating and cooling components, December 1980, IEA programme to develop and test solar heating and cooling systems, Task II.
4. Compilation of Summary Reports on National R&D Plans on Solar Heating and Cooling Components, Japan, March 1978 (ikke publiceret).
5. Survey and review of national R&D plans, IEA programme, Task II, June 1981.
6. Ove Jørgensen (1979)
Modelling and Simulation, IEA Programme, Task I, Denmark, October 1979.
7. Streed, E. (1979)
Data requirements and thermal performance evaluation procedures for solar Heating and Cooling Systems, IEA Programme, Task I, USA, August 1979.
8. Isakson, P. et al. (1980)
Reporting Format for thermal performance of solar heating and cooling systems in buildings, IEA Programme, Task I, Sverige februar 1980.
9. Freeman, T. (1981)
Optimization, IEA Programme, Task I, USA, June 1981.

10. Hedstrom, J. (1981)
Validation of simulation models using measured performance data from the Los Alamos Study Center, IEA programme, Task I, USA, September 1981.
11. Pedersen, Peder Vejsig og O. Jørgensen (1979)
Validation of the SVS Solar Heating System Simulation Code, LfV, DTH, September 1979.
12. Instrumented Facilities Survey for Solar Assisted Low Energy Buildings, IEA Programme, Task I, USA, February 1981.
13. Results and Analysis of the IEA Round Robin Testing.
14. Svendsen, Svend (1980)
Heat Loss Measurements on the Chamberlain Collector. LfV-rapport nr. 80-18.
15. Svendsen, Svend (1981)
Undersøgelse af målenøjagtigheden i solsimulatoropstillinger. LfV-rapport nr. 81-13.
16. Pedersen, Peder Vejsig (1980)
Solfangeres driftsikkerhed og holdbarhed - udstyr og procedurer til indendørs prøvning af driftsikkerhed og holdbarhed af hele solfangerkonstruktioner.
Laboratoriet for Varmeisolering. Meddelelse nr. 101.
17. Pedersen, Peder Vejsig (1980)
Reliability and Durability of Solar Collectors I
Report no. 80-16
18. Pedersen, Peder Vejsig (1981)
Failure modes of solar collectors. IEA Programme, Task III.
Laboratoriet for Varmeisolering, August 1981.

19. Pedersen, Peder Vejsig (1981)
IEA-Inspection Format - Reliability and durability of flatplate solar collectors. Findes på dansk: IEA-inspektionsformat - Driftsikkerhed og holdbarhed af solfangere.

20. Pedersen, Peder Vejsig (1980)
Reliability and Durability of solar collectors. - Outdoor test of reliability and durability of complete solar collectors, report no 80-17.
Laboratoriet for Varmeisolering

21. Pedersen, Peder Vejsig (1980)
Forskning i solfangeres holdbarhed.
Laboratoriet for Varmeisolering, rapport nr. 80-31, september 1980.

22. Energiministeriets solvarmeprogram (1980)
Projektforslag - Langtidsplanlægning. Rapport nr. 11, oktober 1980.
Afdelingen for Varmeteknik, Teknologisk Institut.

23. Birnbreier, H. (1980)
Procedure for long-term tests with solar collectors. Technical note.
Brown, Boveri & Cie. AG., Heidelberg, Germany

24. Pedersen, Peder Vejsig (1981)
Reliability and durability of solar collectors in Denmark.
Paper på ISES solenergikongres, Solar World Forum i Brighton, august 1981. (Findes også på dansk).

25. Ley, W. (1979)
Survey of Solar Simulator Test Facilities and Initial Results of IEA Round Robin Tests using Solar Simulators.
Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Federal Republic of Germany.

26. Håkonsson, Rune & Søren Rolandsson (1980)
MINSUN Manual
Studsvik Energiteknik AB. Sweden.

27. Bruce, Thomas (1981)

Basic design data for the heat distribution system.
Energikonsult. Sweden.

28. Berntsson, Thore & Bernt Bäckström (1981)

Basic design data for heat pumps.
Chalmers University of Technology. Sweden.

29. Jørgensen, Ove (1980)

Økonomisk optimering af solvarmesystemer, Varme, August 1980.