



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

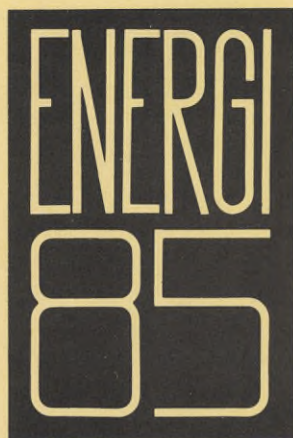
**R145:1984**

# Solvärmt tappvatten

**Folke Peterson  
Stefan Sandesten**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Sex

R  
GDA



**Byggeforskningsrådet**

R145:1984

SOLVÄRMT TAPPVATTEN

Folke Peterson  
Stefan Sandesten

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
820027-9 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Institutionen för uppvärmnings- och ventila-  
tionsteknik, Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R145:1984

ISBN 91-540-4214-3  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984



### Byggforskningsrådets förord.

Målet för forsknings- och utvecklingsinsatserna inom solvärmeområdet var enligt proposition 1978/79:115 och proposition 1980/81:90 att de från i huvudsak mitten av 1980-talet skulle kunna ge underlag i tekniskt och ekonomiskt hänseende för skilda beslut rörande införande av solvärme i olika systemlösningar och systemkombinationer. Inriktningen av eventuella fortsatta forsknings- och utvecklingsinsatser inom området samt möjligheterna att på sikt ersätta olja med solenergi - direkt eller indirekt (naturvärme) - ingick också i målsättningen. Metoder för värmelagring över långa tidsperioder är av stor betydelse för möjligheterna att utnyttja solvärme för byggnadsuppvärmning. Värmepumpar och olika typer av värmeavgivningssystem som är anpassade till låga temperaturer ingår i många systemlösningar. Oljeersättningsdelegationens arbetsgrupp för solvärme bedömde (Ds I 1980:10) att ett införande av solvärme, värmepumpar och energilager om 10 TWh netto år 1990 och 30-35 TWh netto år 2000 skulle kunna uppnås.

Industridepartementet har uppdragit åt statens råd för byggnadsforskning att göra en samlad utvärdering av insatserna inom solvärmeområdet. Arbetet med utvärderingen av den nya energitekniken har letts av en styrgrupp bestående av:

Ingrid Munro, föreståndare, BFR, ordförande; Leif Bernegård, avdelningsdirektör, statens naturvårdsverk; Ingvar Ö Andersson, avdelningsdirektör, statens energiverk (från 84-01-01); Enno Abel, professor, installationsteknik, CTH; Stefan Sandsten, avdelningsdirektör, Byggnadsstyrelsen; Lars Bern, VD, ÅF Energikonsult AB; Kirtland Mead, Ph.D., MAC Management Analysis Center; Ola Nyqvist, jur. Dr, BFRs vetenskapliga nämnd (adjungerad). Därutöver har professorerna Thore Berntsson, CTH, Bernt Bäckström, CTH, samt Lennart Thörnqvist, LTH, deltagit i styrgruppens arbete.

Denna rapport utgör en expertrapport som bildar underlag till huvudrapporten Energi 85 - Energianvändning i bebyggelse (G26:84).

Stockholm i augusti 1984

Byggforskningsrådet.



## INNEHÅLL

	FÖRRORD . . . . .	
1	Anläggningar för varmvattenberedning med solenergi . . . . .	
1.1	Anläggningstyper . . . . .	
1.2	Solfångare . . . . .	
1.3	Sammanfattning . . . . .	
1.4	Slutsatser av utförda prov . . . . .	
1.4.1	Verkningsgraden in situ . . . . .	
2	ANLÄGGNINGARS PRESTANDA . . . . .	
2.1	Anläggningar inom projektet "Varmvatten- beredning med solenergi" . . . . .	
2.1.1	Prestanda . . . . .	
2.1.2	Verkningsgraders sammanfattning . . . . .	
2.1.3	Ekonomi . . . . .	
2.2	Några svenska anläggningar utanför projek- tet "Solvärt tappvatten" . . . . .	
2.3	Danska anläggningar . . . . .	
2.3.1	Sammanfattning . . . . .	
2.4	Anläggningar i sydligare delar av Europa	
2.4.1	Sammanfattning . . . . .	
3	SOLFÅNGARES FRIFTSÄKERHET OCH LIVSLÅNGD .	
3.1	Inledning . . . . .	
3.2	Solfångarens påverkan . . . . .	
3.3	Vätskekanaler . . . . .	
3.4	Isolering . . . . .	
3.5	Glasningen . . . . .	
3.6	Sammanfattning . . . . .	
4	FRAMTIDA FORSKNING OCH UTVECKLING . . . .	
BILAGA 1	Projektering av anläggningar . . . . .	
BILAGA 2	Konstruktion och utförande av 10 svenska anläggningar . . . . .	
BILAGA 3	Konstruktion och utförande av danska anläggningar . . . . .	
BILAGA 4	Konstruktion av ett antal anläggning- ar i mellaneuropa . . . . .	
BILAGA 5	Litteraturförteckning . . . . .	



## FÖRORD

På uppdrag av Statens Råd för Byggnadsforskning har en sammanställning av kunskapsområdet SOLENERGI FÖR VARMVATTENBEREDNING gjorts. Sammanställningen bygger på två rapporter redan publicerade från Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilations-teknik:

- o Varmvattenberedning med solenergi - några synpunkter på projekteringsunderlaget i BFR-forskningen (A4 nr 79).

samt

- o Granskning av solrapporter (A4 nr 101)

vilka båda berör ett antal svenska projekt. I den första rapporten har underlagsredovisningen för projekt (s.k. förprojekt) granskats medan den andra av de båda rapporterna behandlar redovisning av resultaten från svenska solprojekt. Det kan tilläggas att de studerade projekten är sådana som behandlar varmvattenberedning med hjälp av solenergi.

I denna rapport sammanställd det ovan återopade materialet med tillägg för

- o nya projekt vilka redovisats efter det att A4 101 utgivits
- o en serie mindre och medelstora anläggningar studerade inom ramen för "varmvattenberedning med hjälp av solenergi" vid KTH
- o resultaten av ett antal utländska studier.

Då det gäller de senare är det en självklarhet att någon som helst grad av fullständighet ej kan nås. I Europa beräknas f.n. ca  $0,4 \cdot 10^6$  anläggningar för varmvattenberedning med solenergi vara i drift. I en studie som denna är det orimligt att behandla mer än 50-100 anläggningar.

Detta urval, vilket dessutom med nödvändighet blir skevt, kan synas allt för litet för att några bestämda slutsatser skall kunna dragas. Så är dock knappast fallet. De anläggningar som vi skall ta som utgångspunkt för denna rapport har redovisats på ett relativt uttömmande sätt även om brister i redovisningens omfattning finnes. Dessa brister är dock icke större än att nödvända data för beslut om fortsatt forskningsverksamhet och fortsatt satsning på solenergi kan dras.



## 1. ANLÄGGNINGAR FÖR VARMVATTENBEREDNING MED SOLENERGI

Anläggningar för varmvattenberedning med hjälp av solenergi har sedan 1975 blivit allt vanligare i Europa och i Skandinavien. En sådan utveckling förutspåddes redan i EKC (1977), se bild 1/1.

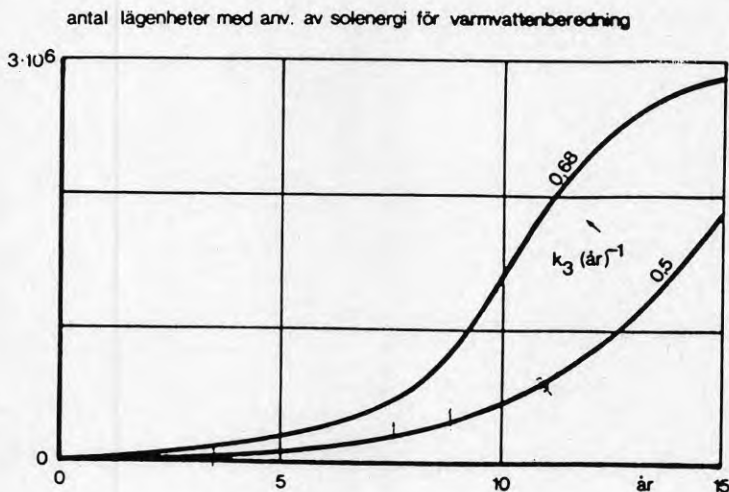


Bild 1/1. Spridning av solfångarteknik för varmvattenberedning i Sverige - exempel baserat på japanska data.

Utvecklingen har dock visat att antalet solenergianläggningar - i varje fall för Sveriges del - icke längre tillväxer på samma sätt som man kunde notera vid introducerandet av tekniken. Detta sammanhänger dels med att bidrag och lån för dylika anläggningar minskats dels med att för elektrisk energi sommartid sänkts. På den europeiska marknaden torde en liknande avmattning kunna noteras. Skälen härför är dock icke desamma som de vilka under 1960-talet påverkade den japanska solmarknaden. Här - se bild 1/2 - var det främsta skälet till en avmattning i användningen av solenergi för varmvattenberedning i första hand att man använde enkla billiga varmvattenberedningsanläggningar med plastmaterial. Dessa skadades vid kraftig solvärme och samtidigt felaktig antering och ifrågavarande system gav tekniken ett dåligt rykte.

På den europeiska marknaden har icke sådana skador medverkat till den nuvarande lägre anskaffningstakten. I stället har - som antytts ovan - den relativt sett minskade energipriserna i samband med den rådande ekonomiska situationen antagligen varit den största orsaken.

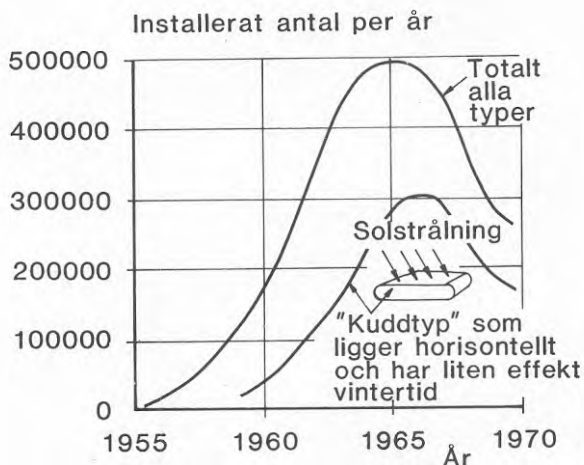


Bild 1/2. Försäljning av solfångare i Japan.

### 1.1 Anläggningstyper

Anläggningar för varmvattenberedning med hjälp av solenergi kan indelas efter flera grunder. En är efter vilken cirkulationsprincip anläggningen arbetar och man brukar skilja mellan anläggningar för självcirkulation, bild 1/3a, och sådana med pumpcirkulation, se bild 1/3b.

De flesta anläggningarna i Skandinavien är av den senare typen och detsamma gäller i stort sett för hela Europa. Exempel på anläggningar för självcirkulation visar dock, se t.ex. Auer (1981) att dessa kan arbeta utan större problem. Skälet till att anläggningar utförda i Skandinavien vanligen utförts för pumpdrift torde vara att man helt enkelt kopierat de sedvanliga värmeanläggningarnas utförande i hög grad. Detta är naturligt eftersom anläggningarna utförts av konsulter m.fl. med erfarenhet från sådana anläggningar.

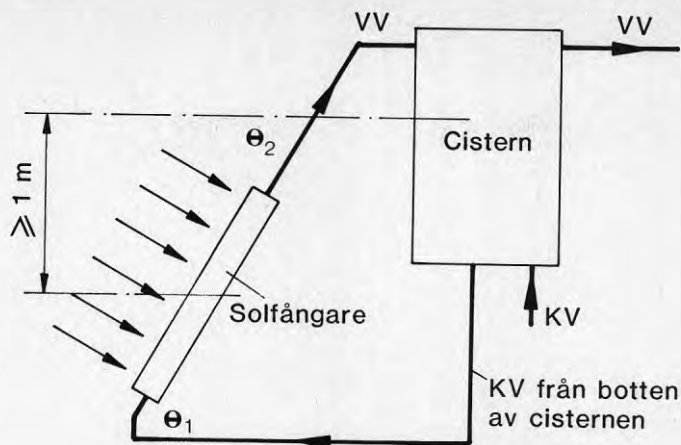


Bild 1/3a.

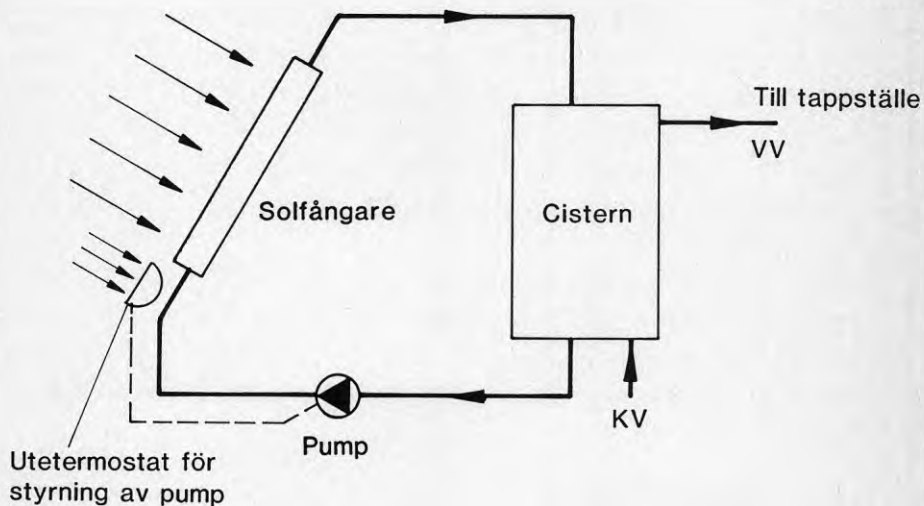


Bild 1/3b.

Andra indelningsgrunder än cirkulationsmetoder kan tänkas, se Peterson et al (1978). Självfallet kan antalet glas (1 eller 2) vara en sådan. Anläggningar utförda för förhållandevis kyliga klimat kan tänkas utförda med två glas eftersom man får bättre isolering av solfångaren med sådant utförande än med 1 glas - se bild 1/4 - men de är sällan ekonomiska. I Sverige har därför nästan uteslutande solfångare med 1 glas kommit till användning och samma är förhållandet i övriga skandinaviska länder.

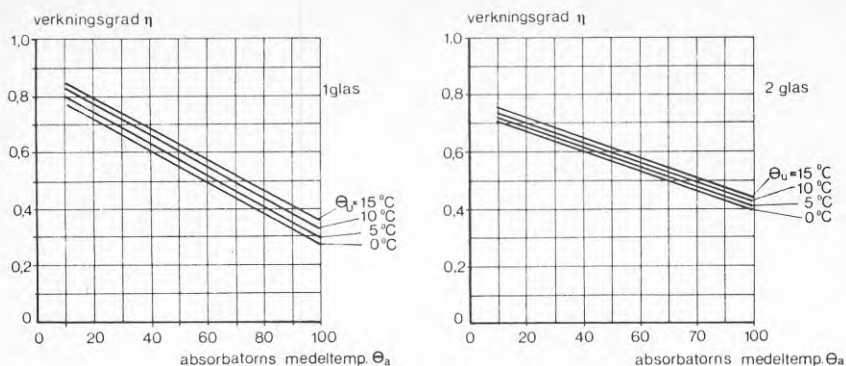


Bild 1/4. Verkningsgraden för en solfångare med 1 resp. 2 glas.  
Intensitet  $I_i = 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Utförandet som "fristående solfångare", bild 1/5, eller inbyggda i tak, bild 1/6, är en annan indelningsgrund. Det senare utförandet är ett sätt att minska kostnaden för solfångare (ställningsbygge, extra isolering för solfångaren m m bortfaller) men är av kostnadsmässigt skäl vanligen endast tillämpligt för nya byggnader. Solfångaren har emellertid en största marknad inom den äldre bebyggelsen. De har därför i det fall de utförts från fabriksfabricerade enheter varit avsedda för montering på tak eller i ställning. Endast då det gäller självbyggerier har man försökt integrera solfångarna med takkonstruktionen om ej man har att göra med ett nybygge. I det senare fallet finns flera exempel på solfångare för varmvattenberedning integrerade i byggnader.

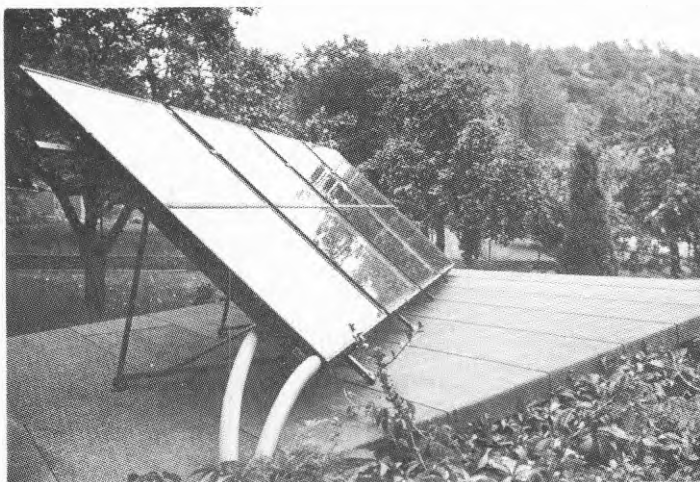


Bild 1/5.



Bild 1/6.

## 1.2 Solfångare

Konstruktionen av solfångarsystem framgår av bild 1/7. Vatten från ett lager förs till kollektorn. Den senare består av en absorberande del (vanligen en svart skiva) vilken stiger i temperatur vid solbestrålning. Det absorberade värmets överförs till en del till vattnet vilket strömmar i rör vilka står i termisk god kontakt med den solvärmda skivan, bild 1/8. För att undvika stora värmeförluster till omgivningen har absorbatoren placerats i ett skyddande hölje vars "baksida" är kraftigt isolerad. Normalt är isoleringen ca 5 cm.

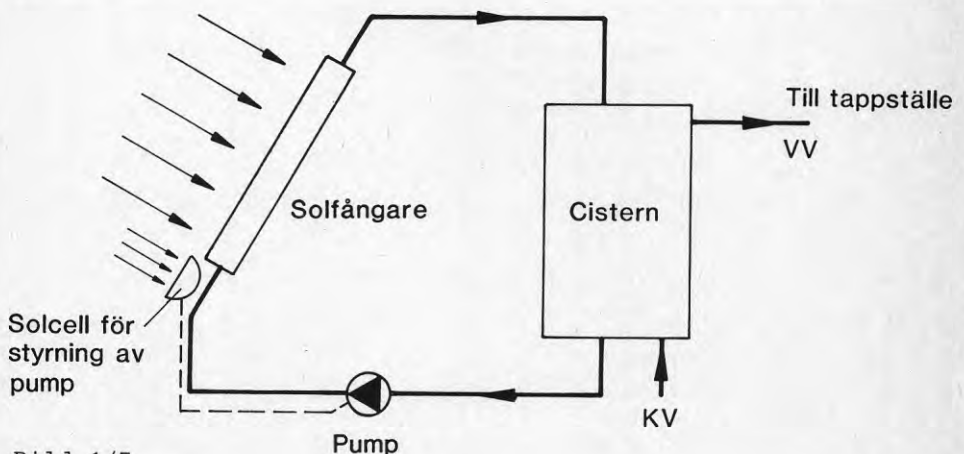


Bild 1/7.



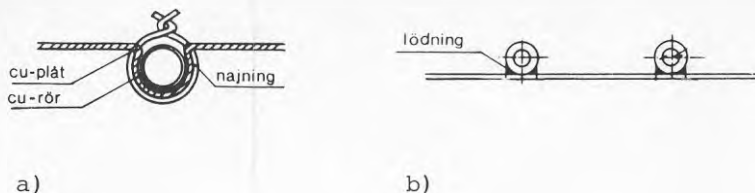


Bild 1/8. a) dålig termisk kontakt  
b) god termisk kontakt.

Höljets - bild 1/9 - främre del är isolerad genom en glasning, vanligen bestående av 1 glas. Liksom kollektorn kan glasningen utföras med speciella material för att öka solfångarens optiska verkningsgrad. Denna bestäms av glasets transmission och absorbatorns emissions- och absorptionskoefficienter.

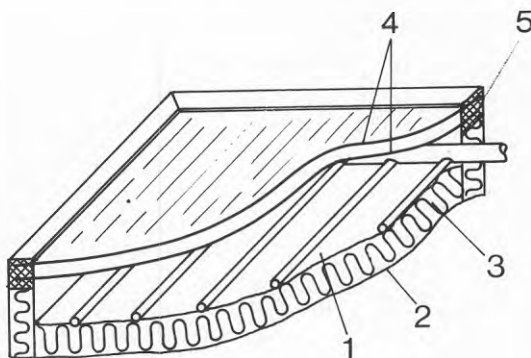


Bild 1/9. Plan solfångare - principupbyggnad.

- |                |                          |
|----------------|--------------------------|
| 1 = absorbator | 4 = glasrutor            |
| 2 = hölje      | 5 = elastiska packningar |
| 3 = isolering  |                          |

Solfångarna utförs vanligen som enheter, se bild 1/10. Dessa storlek bestäms med hänsyn till hanterbarhet, möjligheterna att placera enheterna på normalt utförda tak samt hållfasthet i övrigt. Enheternas form och storlek har emellertid också viss inverkan på anläggningens totala verkningsgrad.



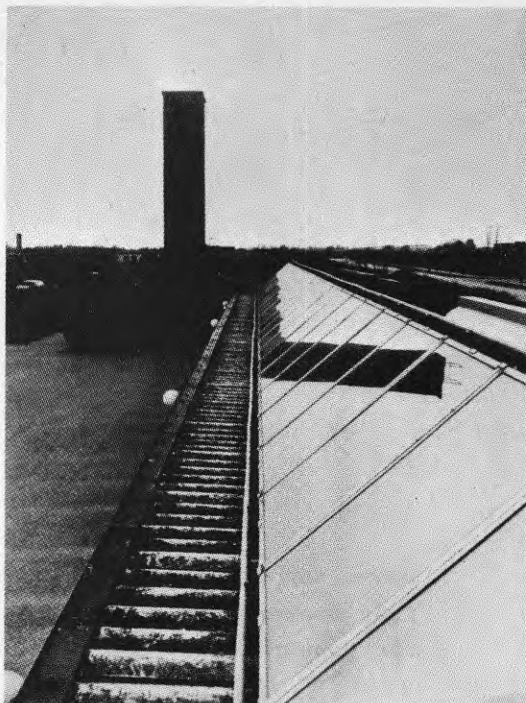


Bild 1/10.

För en varmvattenanläggning kan flera sådana enheter användas. Anläggningen utförs således för totala areor från 2 till 100-tals kvadratmeter, jämför bild 1/11 och bild 1/12. För enfamiljshus har i Sverige en area om  $8 \text{ m}^2$  glasad solfångaryta varit normgivande till stor del beroende på den låsning låne- och bidragsreglerna ger. Denna storlek hos absorbatoren kan i vissa fall vara mindre lämplig men i det stora hela passar den ganska väl för behovet hos en familj.

Vi skall senare återkomma till de förhållanden vilka bestämmer lämplig solfångararea. Låt oss här endast notera att man i länder med likartade solinstrålningsförhållanden har nära nog samma totala areaval för solfångarna, se bild 1/11-1/12, som i Sverige. Förutom att areavalen är ganska liten slås man av att så olika val förekommer. Framför allt är areavalet inom ett så begränsat område som Sverige, bild 1/11, eller Skandinavien, bild 1/13, relativt brett. Säkerligen är det här underlaget för beräkningarna som icke ger tillräckligt underlag för kons-

truktören och uppgiften att framtaga ett sådant underlag synes angelägen. Underlag som nu finnes, se t.ex. Bernard et al (1980), Winkler et al (1976) och Solvarme, Velledning i projektering og udførelse af anlaeg från Teknologisk Institut, Danmarks Tekniska Högskolan, är i stora stycken ej tillämplbart för svenska förhållanden.

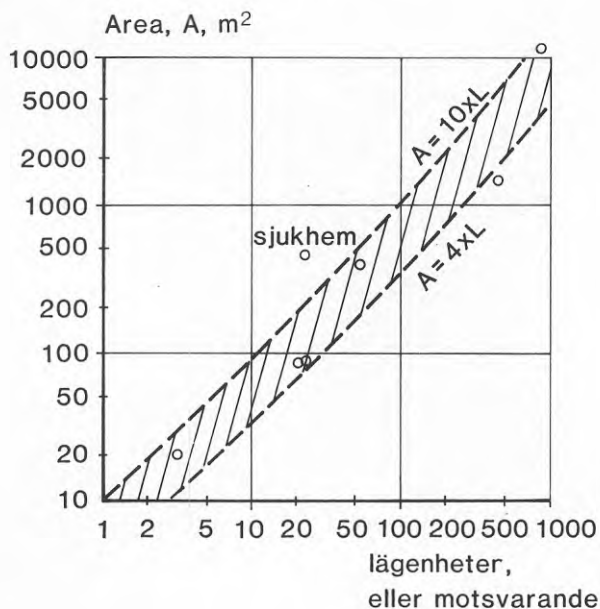


Bild 1/11. Area hos svenska projekt för solvärt tappvatten.

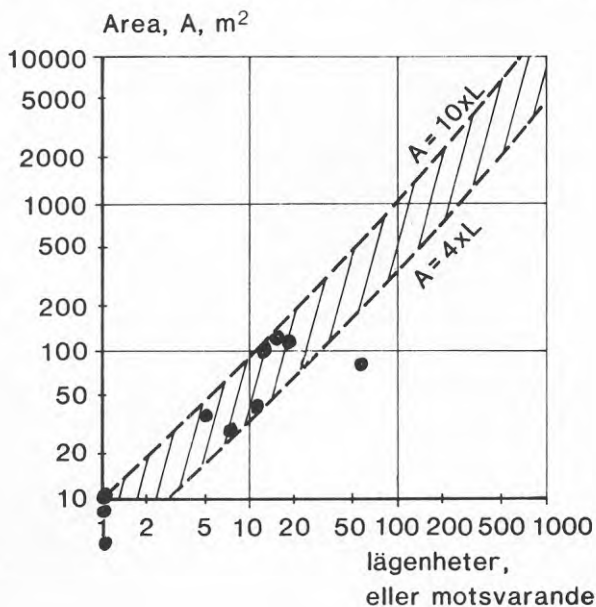


Bild 1/12.

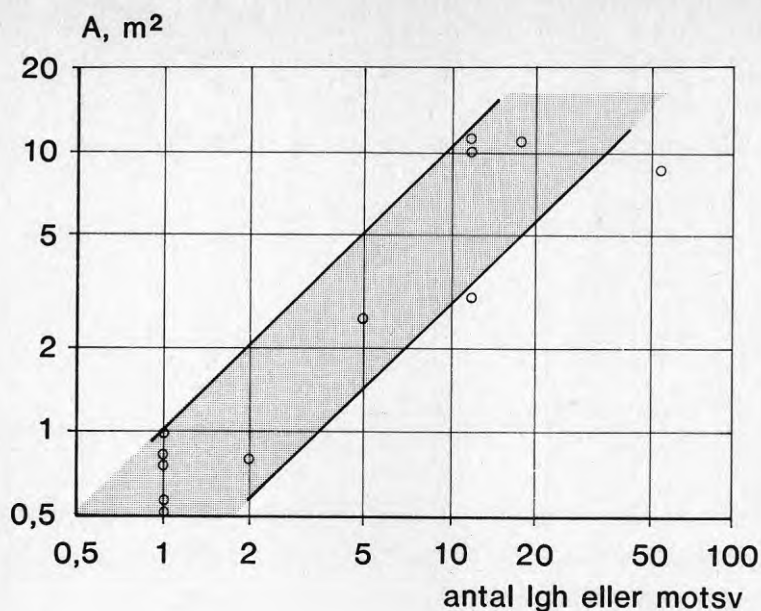


Bild 1/13.

Till anläggningen hör en cistern för lagring av varmvattnet från kollektorn. Tanken kan antingen vara utförd för lagring av förvämt vatten vilket vid användningen passerar en elektrisk vattenvärmare för att få sin slutliga temperatur före tappstället, se bild 1/14, eller också kan den vara utförd för lagring av det varma tappvattnet från solfångaren vilket eventuellt värms med hjälp av en värmepatron i cisternen. I det senare fallet, bild 1/15, kan man räkna med att värmeförlusterna blir något högre än i det förra, men i gengäld ställer sig utförandet billigare.

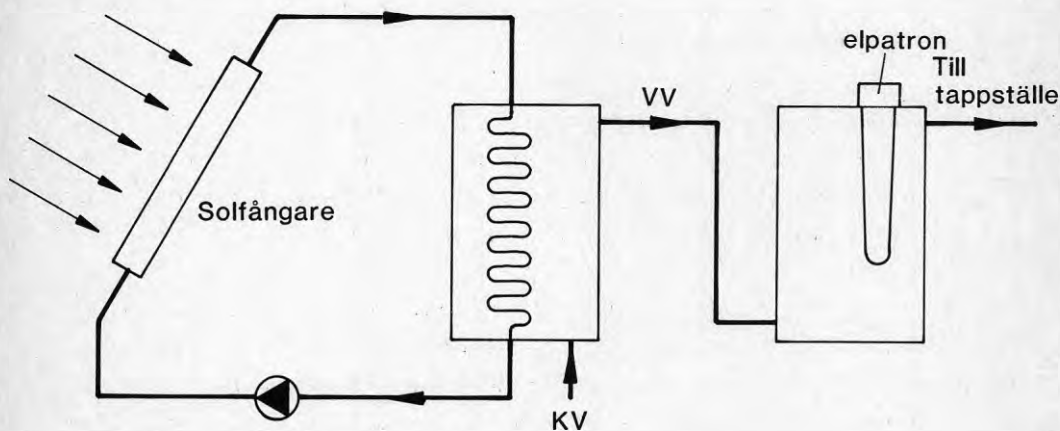


Bild 1/14. Pump

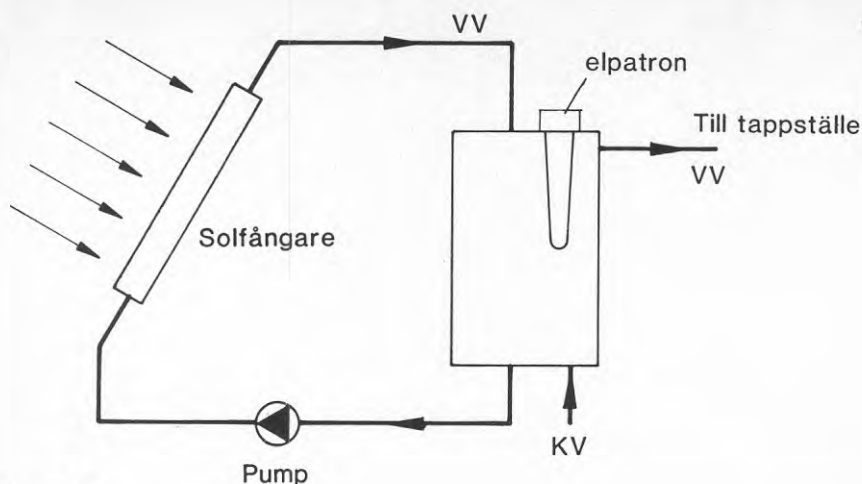


Bild 1/15.

Det senare fallet är det som till nära nog uteslutande del har kommit till användning i Sverige. För anläggningar avsedda för enfamiljshus har man därvid haft cisternvolymen om ca 300 liter. Utomlands har dock anläggningsvolymen varierat mellan 250 liter och 500 liter och det kan ej antas givet att den svenska cisternvolymen är optimal. I stället har det, som inledningsvis sagts varit de gällande lånereglerna som styrt anläggningsutförandet.

Cisternen är vanligtvis isolerade med minerallull eller stenull. Isolertjockleken varierar. Inom Europa förekommer tjocklekar mellan 5 och 10 cm vilket leder till värmeförluster för de små systemen om 0,5 - 5 W/K beroende på cisterform och cisternstorlek. För svenska förhållanden finns det anledning välja relativt kraftiga isolertjocklekar, närmare 10 cm än 5 cm.

För större system ger samma isoleringstjocklekar vida större förluster eftersom cisterareor (och i viss mån rörareor) är större. Relativt sett är de dock mindre och det finns därför anledning förmoda att cisternvolym och absorberarearea ej skall vara proportionella. Också samverkan mellan olika behov är sådant att man ej kan förvänta sig en proportionalitet mellan area och volym. Erfarenhetsmässigt föreligger ej heller någon sådan, se bild 1/16.

Ett studium av utförda anläggningar visar på att skillnaderna ej är systematiskt beroende av t.ex. arean utan mer eller mindre slumpvisa och troligen har sin grund i bristande underlag vid beräkningarna, eventuellt i att valet av cistern varit mer eller mindre slumpmässigt, se bild 1/17.

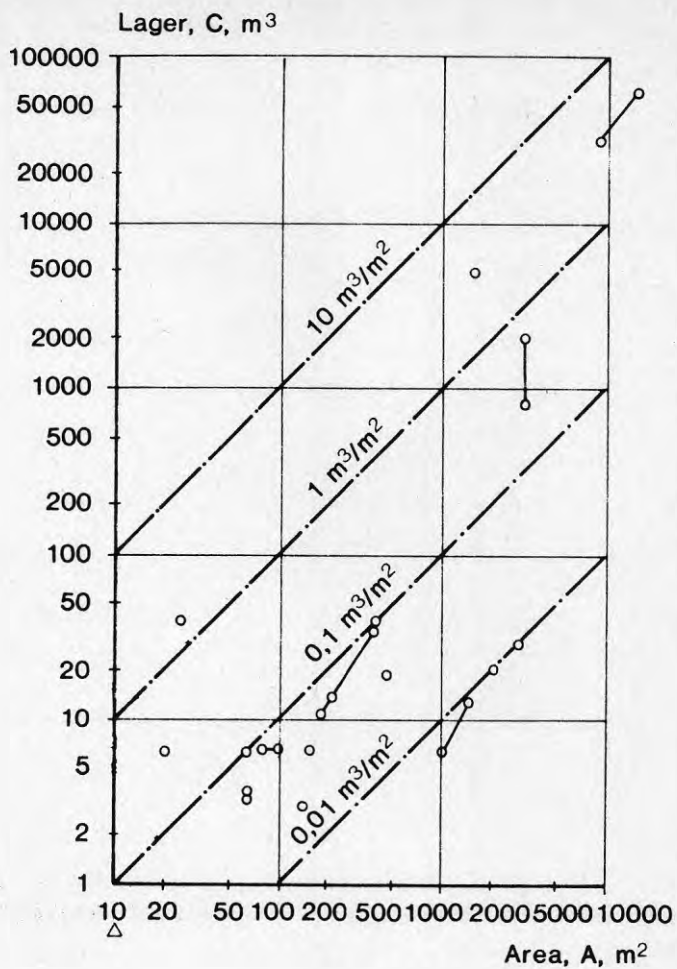


Bild 1/16. Lagervolym som funktion av arean hos solfångare.  
Svenska anläggningar.

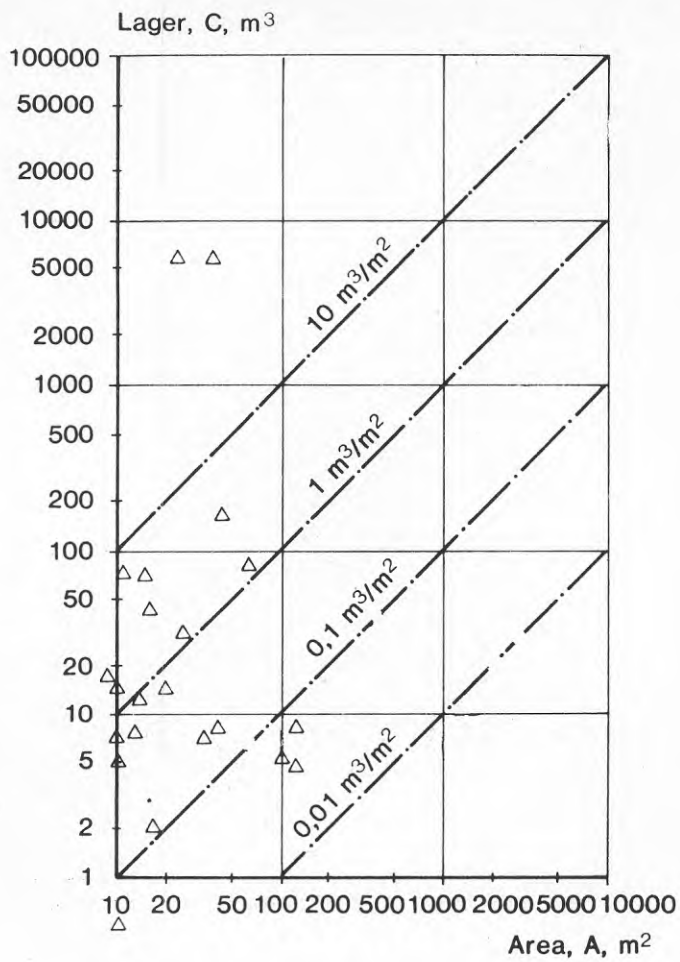


Bild 1/17. Lagervolym som funktion av area hos solfångare.  
Europeiska anläggningar.



Förhållandet mellan solfångarens glasade area och lagervolymen är en intressant storhet. Den uttrycker i viss mån den överdimensionering man haft oberoende av hur man dimensionerat behovet av varmvatten (om bara användningsprofilen\* är densamma). I bild 1/18 visas hur denna kvot fördelar sig för danska anläggningar företrädesvis avsedda för klimat liknande det svenska\*\*.

I bild 1/19 visas dessutom hur europeiska anläggningar utanför Skandinavien har dimensionerats med avseende på storheten V/A. För de svenska anläggningarna har redan data framgått av bild 1/16. Ser vi först till de utländska underlagen finner vi att fördelningen är kraftigt skev, bild 1/18. Medelvärdet rör sig kring 80 liter/m<sup>2</sup> men många anläggningar har vida större lager resp. långt mindre. Standardavvikelsen ligger (om vi bortser från anläggningar vilka synes vara helt feldimensionerade) vara av storleksordningen 20 liter/m<sup>2</sup>. Detta innebär att lagervolymen i allmänhet satts till 80 ± 20 liter/m<sup>2</sup> (2/3 av alla anläggningar rör sig inom detta spann). De sydeuropeiska anläggningarna uppvisar - bild 1/19 - medelvärdet 60 l/m<sup>2</sup> och standardavvikelsen 20 l/m<sup>2</sup>.

I bild 1/16 har de svenska anläggningarna redovisats. Flertalet anläggningar faller här vad gäller kvoten V/A omkring 50-60 liter/m<sup>2</sup> men som framgår av bilden finns det anläggningar som dimensionerats för 10 liter/m<sup>2</sup> resp. 7000 liter/m<sup>2</sup>! De svenska anläggningarna uppvisar således genomsnittligt liknande data som de utländska. I samtliga fall kan man notera att beräkningsunderlaget dock synes bristfälligt och i varje fall en enhetligt. *Stora vinster* torde kunna nås genom att en optimal lagervolym bestämdes. Genom att investeringskostnaderna för lagret är betydande kan en minskning i lagerkostnad leda till en väsentligt billigare anläggning. Dessutom minskar energiförlusterna från lagret med minskande volym och detta medför ytterligare mindre lager.

---

\* Med användningsprofilen förstås här fördelningen av varmvattenbehov över dagen.

\*\* Resultat från bland annat danska anläggningar bilder en stor del av underlaget för bild 1/19.

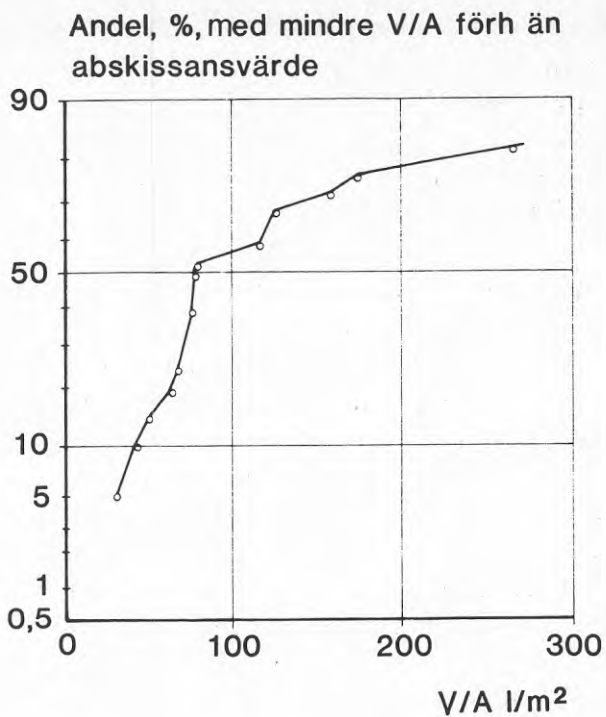


Bild 1/18.

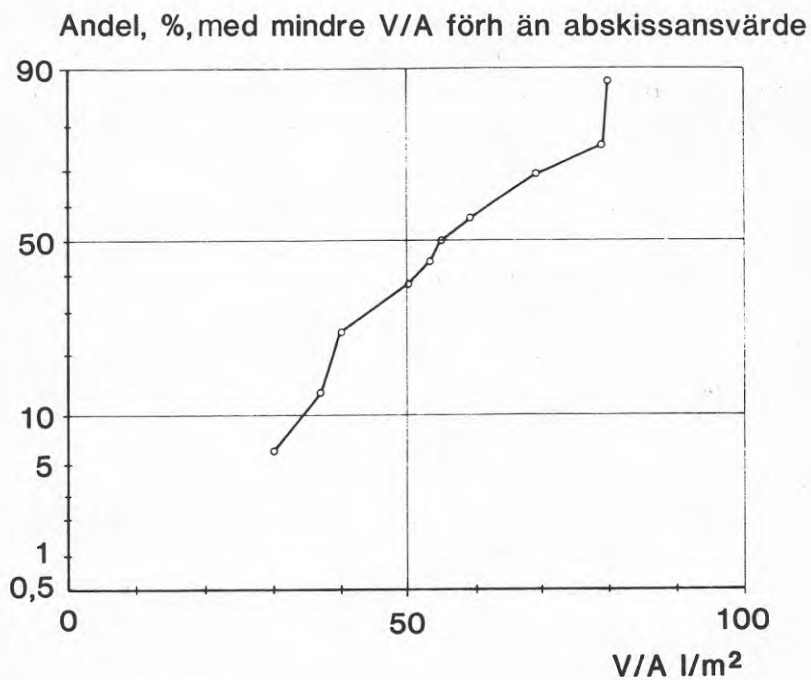


Bild 1/19.

En motsvarande undersökning över solfångarnas vatteninnehåll vilket har betydelse för absorbatorns "snabbhet" vad gäller att uppta energi under kortvariga perioder visar att de solfångare som finns på marknaden uppvisar mycket stora skillnader, se bild 1/20 och 1/21. Även här är det av stor vikt att man enas om en konstruktion med goda värmeupptagande egenskaper. Volymen av solfångarna har också betydelse för deras kostnad och en *minskad vattenvolym kan medföra vissa materialbesparingar*. Givetvis måste här en balansering visavi kostnaderna för pumparbete göras men normalt spelar tryckfallet i solfångarna ringa eller ingen roll för pumparbete.

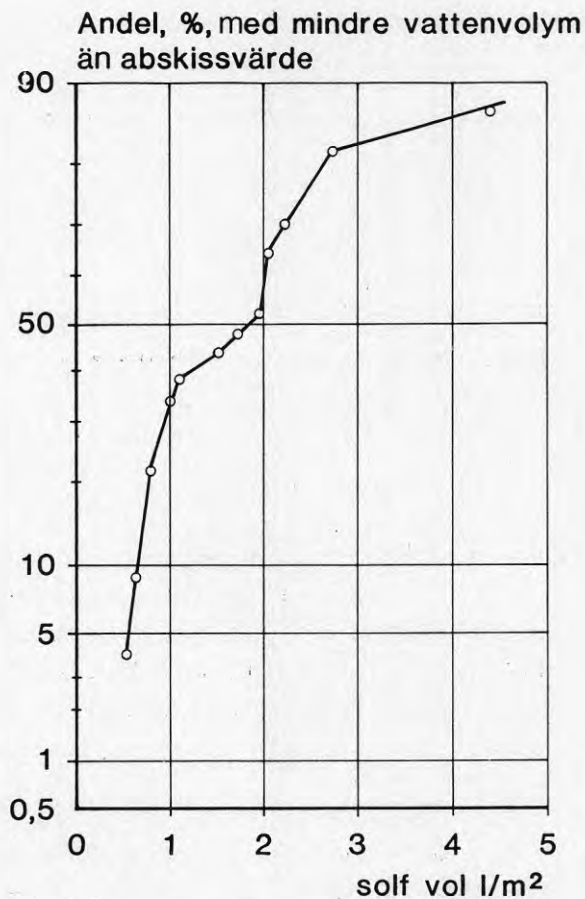


Bild 1/20.

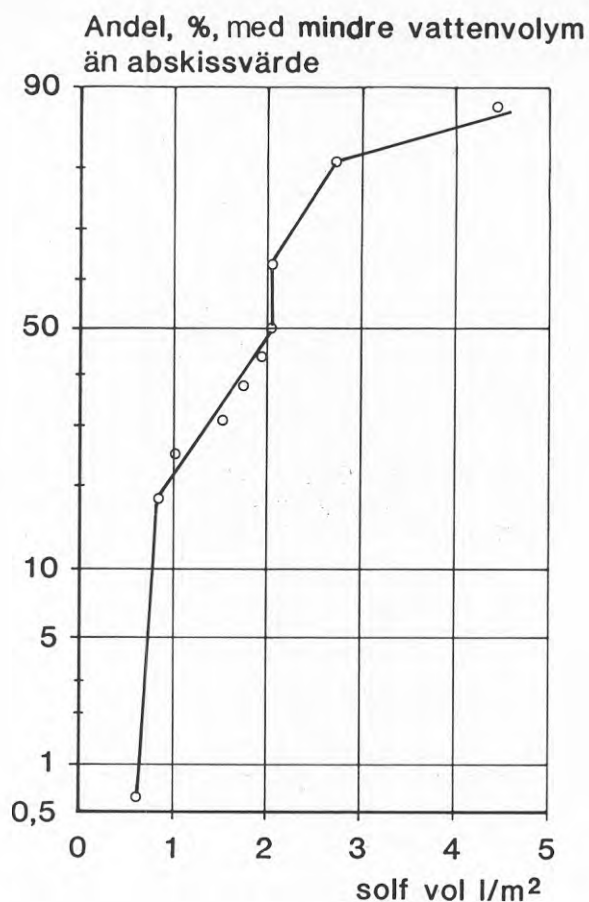


Bild 1/21.

När vi talar om solfångarnas vattenvolym är det också av intresse att se något närmare på det genomströmmande flödet. Här har i olika sammanhang värden om 300 liter per m<sup>2</sup> och timme använts men också värden upp till 3000 liter/m<sup>2</sup>h! För mindre anläggningar ligger ofta flödena kring 0,01-0,025 liter per m<sup>2</sup>/s.

Även här är det uppenbart att man i många fall använt flöden vilka ej varit relevanta utan mer bestämda från överslagsvärden än verkliga optimeringar. Det är därför väsentligt att en optimering av flödena genomförs. En sådan optimering bör ta sikte på att ge solfångaren en hög verkningsgrad vid normaldrift.

Ytterligare synpunkter skulle kunna ges på olika anläggningar. Då det gäller svenska anläggningar har driftsresultat m m redovisats i enlighet med tabell 1-1. I tabell 1-2 ges exempel på danska anläggningar och i tabell 1-3 anläggningar från övriga Europa.

Tabell 1-1. Exempel på svenska anläggningar för varmvattenberedning med sol.

Solfångarfabrikat	Ort	Solfångararea m <sup>2</sup>	Redovisad i A4 nr
TEKNOTERM	Limhamn	6	57
SEAB	Kävlinge	31	61
LORDAN	Kåhög	7,6	68
LENNOX	Mölnlycke	4,3	71
LORDAN	Alingsås	7,6	75
LORDAN	Lidköping	ca 8	78
Svenska Fläktfabriken	Nyköping	8	85
Självbyggeri	Fagersta	6	88
BUCHER	Linköping	5,5	91
Självbyggeri	Fagersta	12,5	92

Tabell 1-2. Exempel på danska anläggningar för varmvattenberedning med sol.

Anläggning vid	Solfångararea m <sup>2</sup>	Redovisad i
Laboratoriet för Varmeisolering	5,4	Rapport 12 från Energi- ministeriet Solvärme- program
Teknologisk Institut	5,4	do, samt nr 16
Herfølge	100	Rapport nr 5
Julsminde	48	Rapport nr 9
Blovstrød	10	Rapport nr 14
Gentofte	28	Rapport nr 3

Tabell 1-3. Exempel på europeiska anläggningar för varmvattenberedning med sol.

Anläggning vid	Solfångararea m <sup>2</sup>	Redovisad i
a. La Rochelle	86	Bilaga IV
b. Kandern-Wollbach	33	
c. Freiburg	33	
d. Walldorf	5,6	
e. Wahlstet	5,6	
f. Dublin	5,2	
g. Lombardiet	19	

Observeras bör att anläggningarna i tabell 1-1 redovisats samstämmigt och så att driftresultaten lätt kan följas. De innehåller också synpunkter på anläggningsutförandet av intresse här. Det skall noteras att ytterligare rapporter från svenska anläggningar finnes, se litteraturförteckningen, men att man vid redovisningen av dessa anläggningar ej genomfört denna så att man lätt får en överblick av anläggningsutförandet m m.

Bland de faktorer vilka tas upp i de ovannämnda redovisningarna är reglersystemet. Rapporter över funktionen hos dessa anordningar pekar mot att ca 50 % av alla regleranordningar uppvisar brister, antingen genom sin funktion eller genom att känselkroppar m m placerats felaktigt. Även här kan det finnas anledning att inom ramen för den fortsatta forskningen närmare penetrera dessa brister.

### 1.3 Sammanfattning

En studie över solfångaranläggningar avsedda för varmvattenberedning har presenterats. Studien behandlar frågor om solfångararea, cisternvolym, solfångarnas vattenvolym m m.



Sammanfattningsvis uppvisar studien att - såväl i Sverige som i Skandinavien och i södra och mellersta Europa - ett stort antal anläggningar har utförts. De har, i de berörda avseendena, brister vilka kan hänföras till beräkningsunderlaget.

Bristerna ger med stor sannolikhet anledning till förhöjda kostnader för anläggningarna både vad avser installationskostnader, materialkostnader och driftskostnader. Det synes därför föreligga ett stort behov av ett genomgripande dimensioneringsunderlag vilket icke bör baseras på överslagsvärden och tumregler. Det bör istället baseras på moderna simuleringsmetoder vilka kopplas till uppmätta data. Ovanstående sammanställning visar att data från verkliga anläggningar finnes och kan läggas till grund för en närmare undersökning av anläggningarnas prestanda visavi den man bedömt vid projekteringen.

#### 1.4 Slutsatser av utförda prov

Funktionen och ekonomin för en solfångaranläggning kan relativt säkert uppskattas om man känner följande storheter

- o solfångarens verkningsgrad som funktion av instrålning, lufttemperatur, vattentemperatur
- o användningen av varmvatten
- o förluster m m för anläggnings olika delar (rör, cistern etc)
- o anläggningens skötsel (se Peterson (1984)).

Vissa av dessa storheter kan bestämmas först sedan man känner anläggningens uppbyggnad förhållandevis detaljerat. Hit hör t.ex. förluster från cistern etc. Andra storheter måste provas, t.ex. är det lämpligt att fastlägga verkningsgraden genom provning även om man genom beräkningar kan nå förhållandevis här tillförlitlighet i verkningsgradsdata.

Provningar av verkningsgraden kommer att ge olika resultat beroende på hur provningen utförts. Som exempel härpå visas i bild 2/4 data för en solfångare dels enligt fabrikantens egna mätningar, dels enligt mätningar utförda vid Statens Provningsanstalt. Skillnaderna är som synes stora och leder lätt till att anläggningen blir feldimensionerad.

Ser vi sedan till de verkligen uppmätta verkningsgraderna, bild 2/4, får vi ytterligare en bild av förhållandena. Verkningsgradsvärdena visar här en betydande spridning och ligger dessutom under såväl fabrikantens som provningsanstaltens data.

Skälen till diskrepanserna kan vara flera:

- o fabrikantens data ligger högt beroende på att man utgått från mätningar utförda för annat klimat än det svenska eller beroende på att man erhållit data genom beräkningar och använt gynnsamma instrålningsdata m m.
- o Provningsanstaltens värden svarar mot sämre omgivningsdata och är beroende av hur solfångaren monterats, vilka flöden den provats med osv.
- o I realiteten kommer en rad tidigare ej behandlade faktorer att spela roll; solfångaren utsätts för vind i högre grad än vad som antagits vara fallet i de föregående fallen, den får en större del av solinstrålningen i form av diffus strålning för vilken transmissionen ligger lägre än för den direkta, flödena har ej injusterats till de önskade och inflytandet från otätheter m m kan bli stort. Vidare får man naturligtvis ett inflytande av åldring i vissa fall. Skador till följd av bristande täthet i hölje och vid skarvning mot glas kan även betyda en hel del för verkningsgraden. I bilaga I har detta närmare berörts.

I realiteten kommer verkningsgraden att ligga under den beräknade och den man avsett anläggningen skall ha. Detta kan i vissa fall leda till större brister än enbart en verkningsgrads-sänkning. Speciellt är detta fallet om temperaturen i vattnet från solfångaren blir oacceptabelt låg.

Det skall slutligen påpekas - vilket framgår av Peterson (1984) - att brister i isolering m m kan ge allvarliga förändringar av verkningsgraden.

#### 1.4.1 *Verkningsgraden in situ*

Verkningsgraden vid verkligen använda anläggningar är - vilket torde framgå av det föregående - av stor betydelse för projekteringen. Sker projekteringen med utgångspunkt från orealistiskt höga verkningsgrader kan solfångaranläggningen få en betydligt för liten area eller kan ej alls användas vissa dagar.

Mätningar in situ har icke gjorts systematiskt. Här skall redovisas en del mätserier vilka kan läggas till grund för en bedömning av solfångarteknikens nuvarande status men också vara en utgångspunkt för bedömningar över fortsatta arbeten.

## 2. ANLÄGGNINGARS PRESTANDA

En solfångaranläggning för varmvattenberedning kan karakteriseras av en rad olika storheter. Dess prestanda, mätt som t.ex. infångad solenergi per  $m^2$  solfångararea eller som mängden varmvatten,  $m$ , av en viss temperatur, beror bland annat av väderleken under den tid anläggningen provas. Denna storhet är därför ej konstant som t.ex. är med en värmepannas prestanda. I stället varierar solfångarnas egenskaper med väderleken och en redovisning av icke normaliserade data kan därför bli orättvisande. En möjlighet att redovisa prestanda vore att redovisa verkningsgraden vid *in situ* mätningar. Denna skiljer sig kraftigt från den vid laboratoriemätningar, se bilaga I och bild 2/4 .

I det följande skall resultaten för några solfångaranläggningar redovisas och diskuteras. Dels kommer ett antal svenska anläggningar att beröras - det rör sig om anläggningar inom ett projekt för varmvattenberedning med solenergi och därvid uteslutande om *in situ* mätningar - dels kommer anläggningar från olika länder, däribland Danmark, med liknande konstruktioner som de svenska, att tas upp för diskussion. Syftet är att redovisa:

- o prestanda under olika väderlekstyper m m
- o prestanda vid olika installationssätt.

### 2.1 Anläggningar inom projektet "Varmvattenberedning med solenergi"

De anläggningar som i det följande skall redovisas är samtliga belägna i Sverige. Deras storlek och geografiska belägenhet framgår av tabell 2-1.

I bild 2/1 visas den geografiska spridningen av anläggningarna.

Tabell 2-1.

Anläggning nr	Geografisk belägenhet	Solfångararea m <sup>2</sup>
1	Limhamn	6
2	Kävlinge	31
3	Kåhög	7,6
4	Mölnlycke	4,3
5	Alingsås	7,6
6	Lidköping	ca 8
7	Nyköping	8
8	Fagersta	6
9	Linköping	5,5
10	Fagersta	12,5



Bild 2/1.

Samtliga anläggningar har konventionell uppbyggnad. I bilaga II ges några exempel på kopplingsschema varav uppbyggnaden framgår.

Anläggningarna har olika ålder alltifrån 3 år till nära 5 år, se tabell 2-2.

Tabell 2-2. De undersökta anläggningarnas ålder.

Anläggning nr	Uppförd år	Ålder år	Anm.
1	1980	4½	
2	1980	4½	
3	1980	4½	
4	1980	4½	
5	1980	4	
6	1981	3	
7	1982	3	
8	1980	4	Ombyggd, se bil. II
9	1979	4	Drift från 1980
10	1982	2	

De mätningar som i det följande skall studeras omfattar dock ej hela anläggningars livslängd, se tabell 2-3.

Tabell 2-3.

Anläggningar nr	Mätperiodens längd mån.
1	9
2,3,4	8
5,6,7	12
8	17
9	10+12
10	12



### 2.1.1 *Prestanda*

Som inledningsvis nämndes finns det anledning ge prestanda i form av normaliserade värden. Som exempel på sådana kan nämnas

- o solfångarnas verkningsgrad, dvs den del av den instrålade solenergin som upptagits av vattnet och förs bort från solfångarna
- o systemets verkningsgrad, dvs den energi som kvarblir hos vattnet efter förluster från rörledningar, cisterner m m.

Då det gäller dessa verkningsgrader kan de beräknas som genomsnittsvärden över olika långa tidsrymder. I det följande redovisas de dels som dygnsverkningsgrader, dels som systemverkningsgrader.

Anläggning 1 har en dygnsverkningsgrad som är relativt låg för dagar med mindre solinfall än vad som motsvarar 5 kWh/dygn, se bild 2/2 och för soligare dagar en något högre, se bild 2/3.

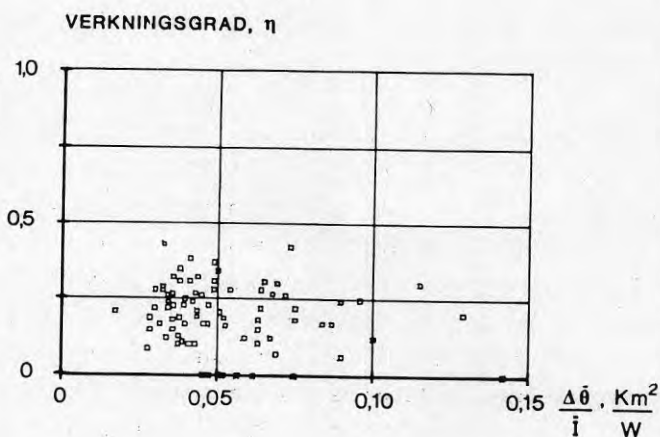


Bild 2/2. Dygnsverkningsgraden för dygn med mindre än 5 kWh infångad energi.

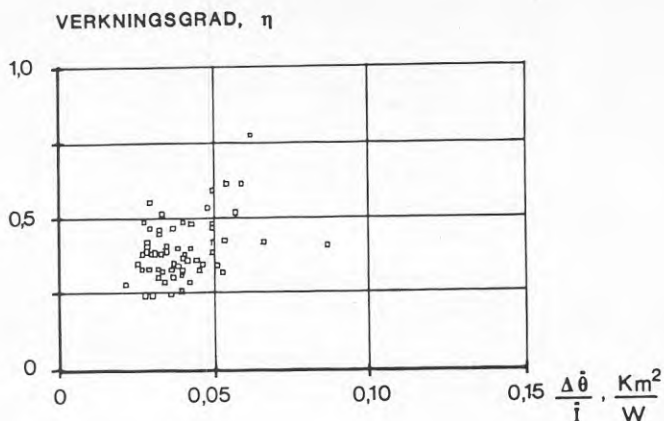


Bild 2/3. Dygnsverkningsgraden för dygn med mer än 5 kWh infångad energi.

Som framgår av bild 2/4 ligger de i paritet med vad som uppmätts vid Statens Provningsanstalt (SP) samt med fabrikantens data (TT 200 och TT 1000) och KTH-mätningar.

Anläggningens totala utbyte blev dock litet eftersom man vid projekteringen ej beaktat skuggförhållandena speciellt bra! Som framgår av bild 2/5 och 2/6 var skuggtiden för anläggningen synnerligen stor.

Anläggning 2 var på det sistnämnda sättet vida bättre projekterad, se bild 2/7. Här blev därför utbytet som infångade kWh/m<sup>2</sup> större. Denna anläggning hade dock en låg verkningsgrad! Den genom laboriemätningar bedömda verkningsgraden framgår av bild 2/8. Det projekterade verkningsgraden månad för månad framgår av bild 2/9 varvid hänsyn tagits till att solfångaren försågs med kallvatten under stor del av driftstiden. Genom att solfångarsystemet underdimensionerades fick man dock helt andra verkningsgrader, se bild 2/10. En ökning av solfångarytan med en faktor 2 skulle leda till väsentligt bättre resultat.



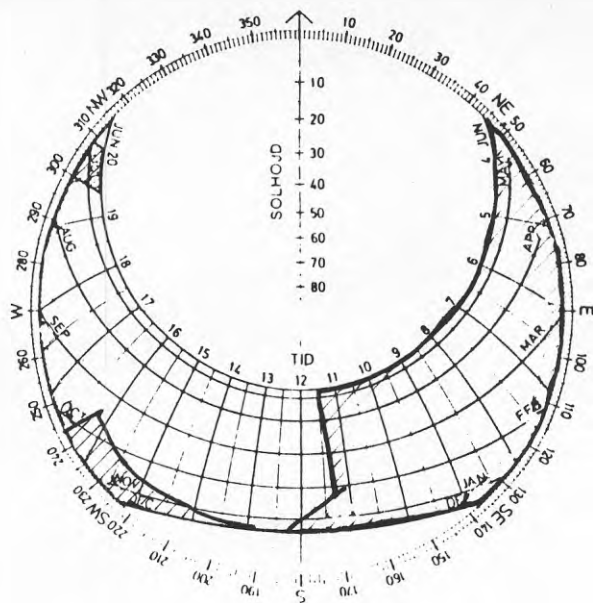


Bild 2/6. Skuggkarta för solfångare.

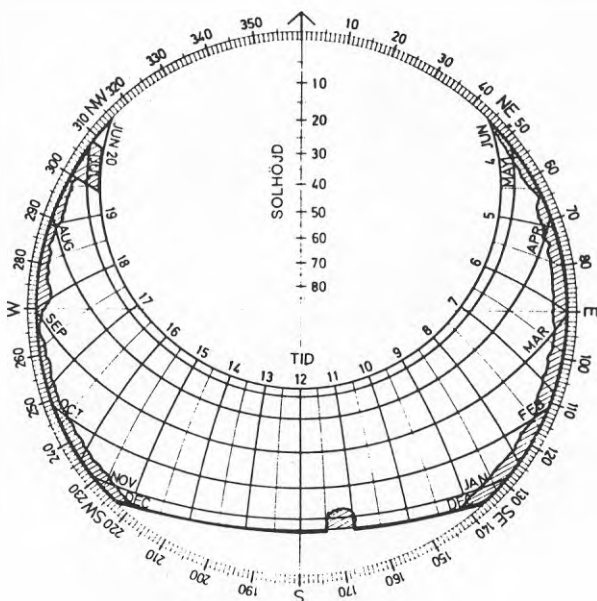


Bild 2/7. Skuggkarta för solfångarna.

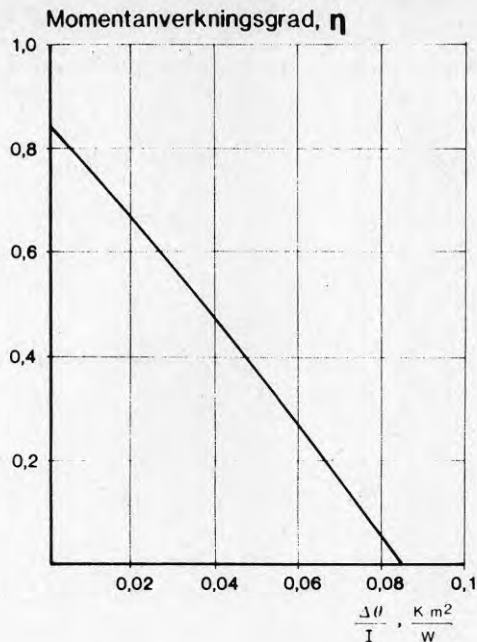


Bild 2/8. Momentanverkningsgrad för solfångarna som funktion av  $\Delta\theta/I$ , där  $\Delta\theta$  är absorbatorns övertemperatur gentemot den omgivande luften och  $I$  avser instrålningsintensiteten. Diagrammet är upprättat efter mätningar utförda av Statens Provningsanstalt i Borås och gäller för en instrålning på  $800 \text{ W/m}^2$ . Ur Konsumentverkets rapport (1981).

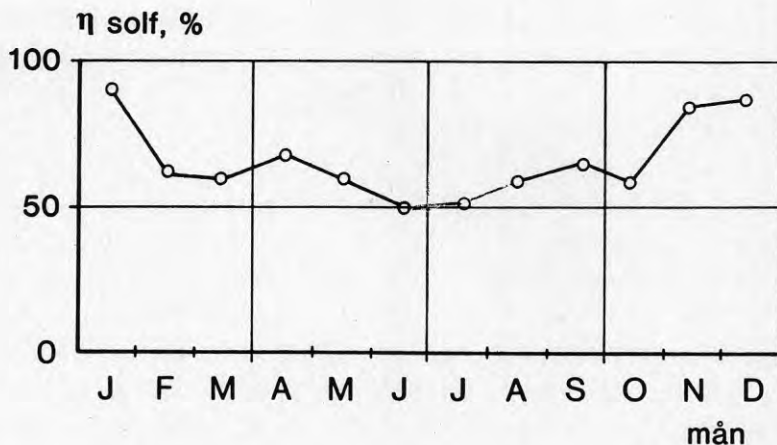


Bild 2/9. Projekterad dygnsverkningsgrad.

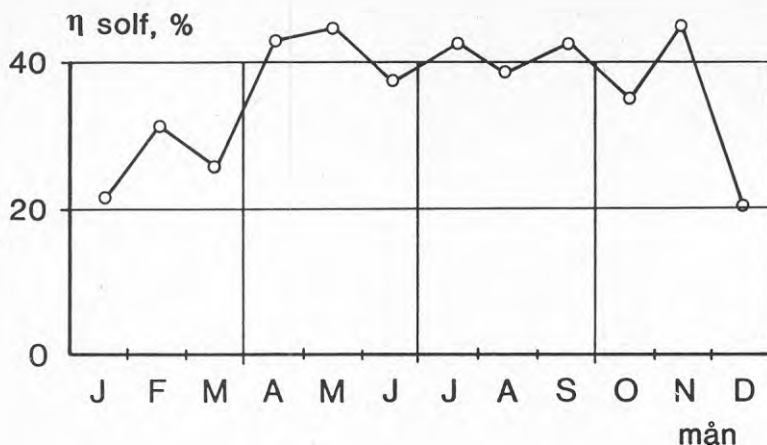


Bild 2/10. Uppnådd dygnsverkningsgrad.

Vid anläggning 3 var skuggförhållandena sådana som man i genomsnitt kan räkna med vid villabebyggelse, se bild 2/11. Solfångarna hade en momentanverkningsgrad enligt bild 2/12 enligt de mätningar Konsumentverket låtit genomföra. Deras årsverkningsgrader under de två försöksåren föll betydligt under laborativvärdena, se bild 2/13 och detsamma gäller dygnsverkningsgraden. Här kan en del av diskrepansen skyllas på att man använt sig av felaktiga data för vattenförbrukningen vid dimensioneringen.

Anläggning 4 kan ses som ett exempel på anläggningar där man ej alls beaktat skuggförhållandena, jämför Peterson 1980. I bild 2/14 visas skuggdiagrammet för anläggningen. Solfångarnas verkningsgrad sådan den uppmätts av SP på Konsumentverkets begäran anges i bild 2/15.

Denna verkningsgrad innehölls ej vid proven. Dygnsverkningsgraden för solfångarna anges i bild 2/16 vilken bild approximativt visar systemverkningsgraden. I detta fall - liksom vid anläggning 2 - erhöles "gratisenergi" från det pannrum i vilket lagercisternen var placerad.

Anläggning 5 uppvisar "genomsnittliga skuggförhållanden, se bild 2/17. I bild 2/14 har tidigare verkningsgradskurvan för solfångarna visats. Kurvan avser som nämnts laborativvärden.



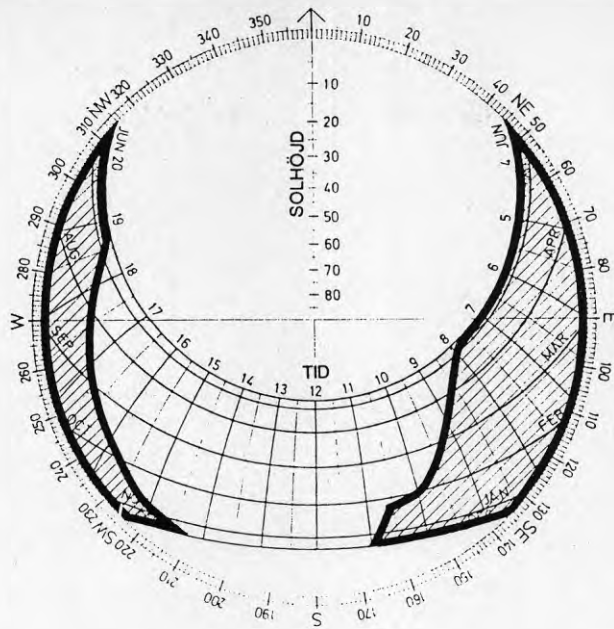


Bild 2/11. Skuggkarta för solfångarna.

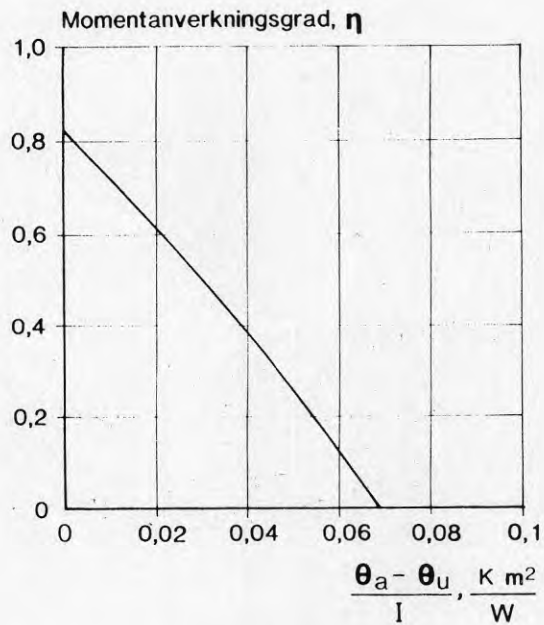


Bild 2/12. Solfångarens momentanverkningsgrad. Efter Konsumentverkets rapport (1981).

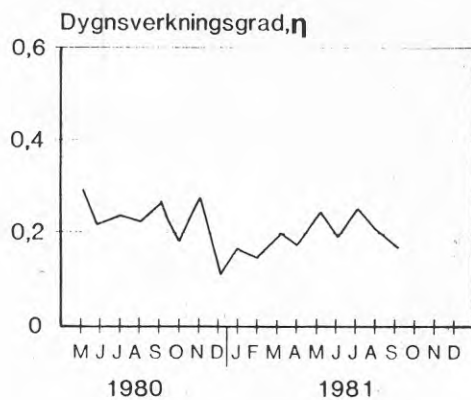


Bild 2/13. Solfångarnas dygnsverkningsgrad under mätperioden.

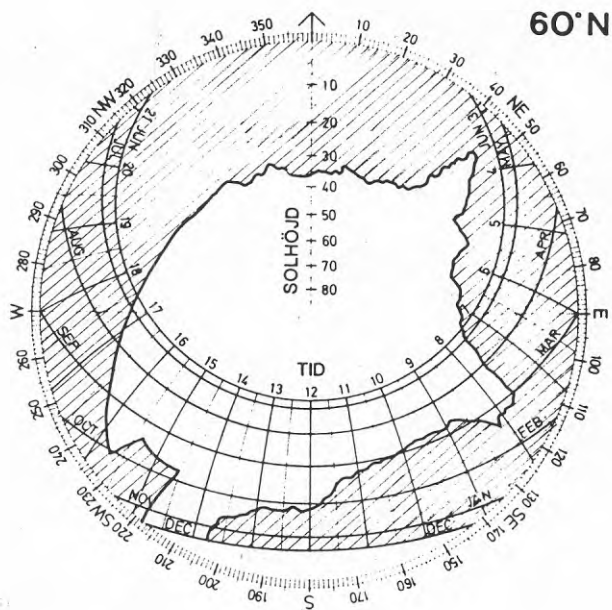


Bild 2/14. Skuggkarta för solfångarna.

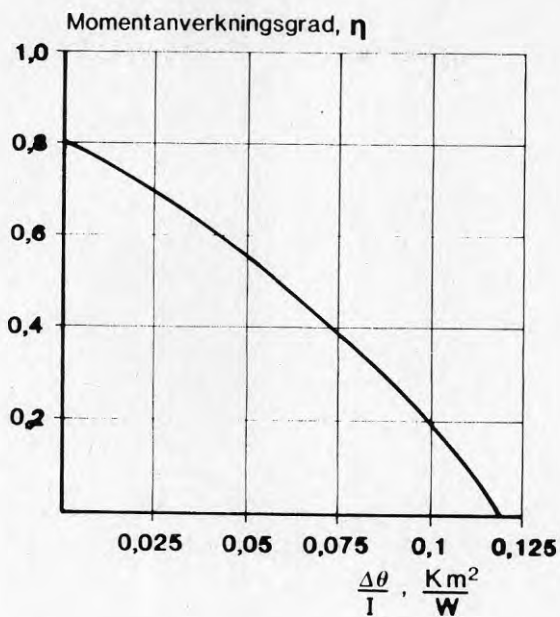


Bild 2/15. Solfångarens momentanverkningsgrad. Efter Konsumentverkets rapport (1981).



Bild 2/16. Solfångarnas dygnsverkningsgrad under mätperioden.

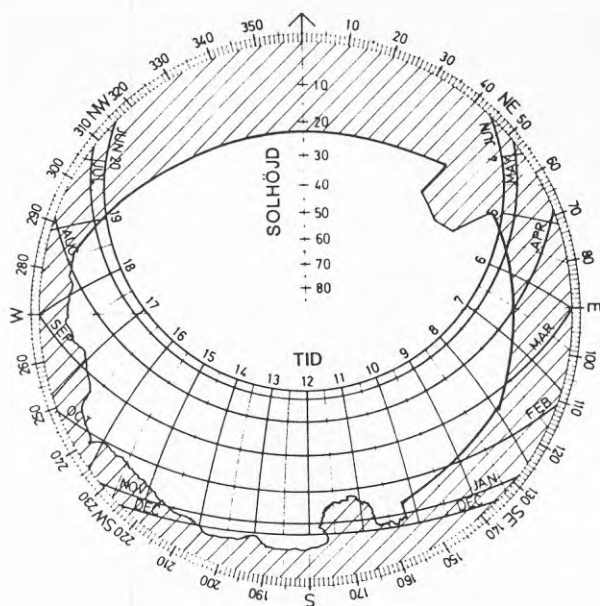


Bild 2/17. Skuggkarta för solfångarna.

Dygnsverkningsgraden för solfångarna ligger vid ca 20 %, se bild 2/18 enligt de mätningar som gjorts.

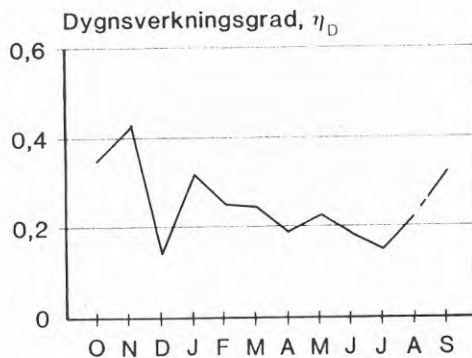


Bild 2/18. Solfångarnas dygnsverkningsgrad under året.

Vid anläggning 6 hade man något bättre skuggförhållanden, se bild 2/19. Här användes återigen en solfångare med den i bild 2/14 visade verkningsgradskurvan.

Uppmätta värden på dygnsverkningsgraden anges i bild 2/20. De ligger vid (i bästa fall) 20 %. Systemverkningsgradens ligger ännu lägre, nämligen vid ca 11 %. Skälen härtill är i stort sett de vilka berörs i bilaga I.

För anläggning 7 var skuggförhållandena mycket gynnsamma, se bild 2/21. Absorbatorn som hade en verkningsgrad enligt bild 2/22 borde ge bättre reell verkningsgrad än de tidigare visade resultaten. Detta var också fallet, se bild 2/23 där dygnsverkningsgraden anges (ca 25 %). I bilden ges också den s.k. operativa verkningsgraden (dvs den verkningsgrad som erhålls *under drift*). Denna ligger vid ca 35 %. Systemverkningsgraden var ca 15 %. Förlusterna från systemet ger således stora negativa verkningar på driftsekonomin.

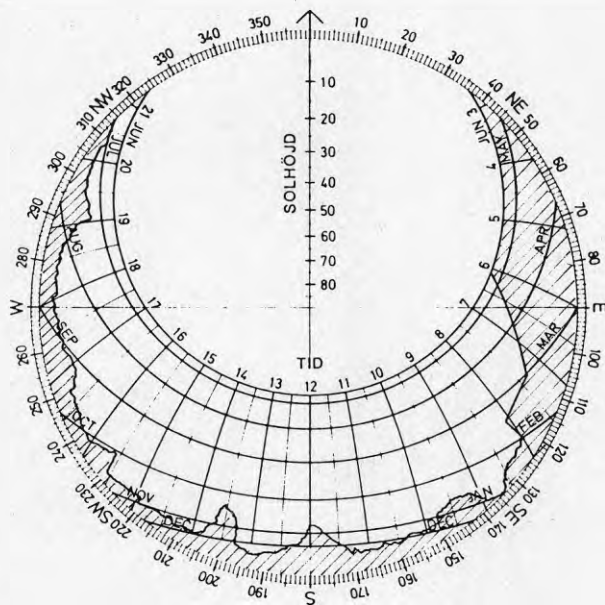


Bild 2/19. Skuggkarta för solfångarna.

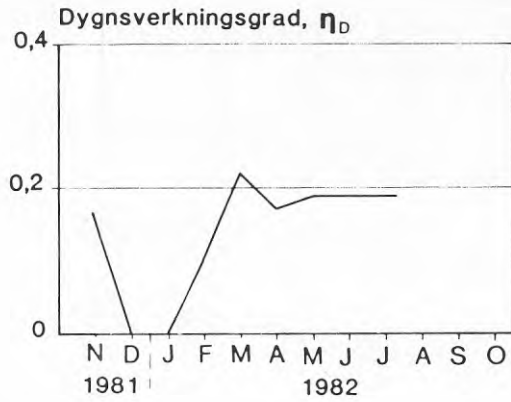


Bild 2/20. Solfångarnas dygnsverkningsgrad under året.

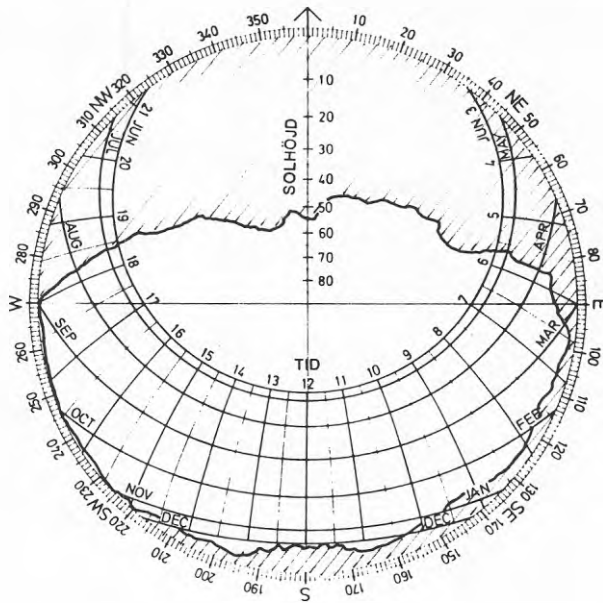


Bild 2/21. Skuggkarta för solfångarna.



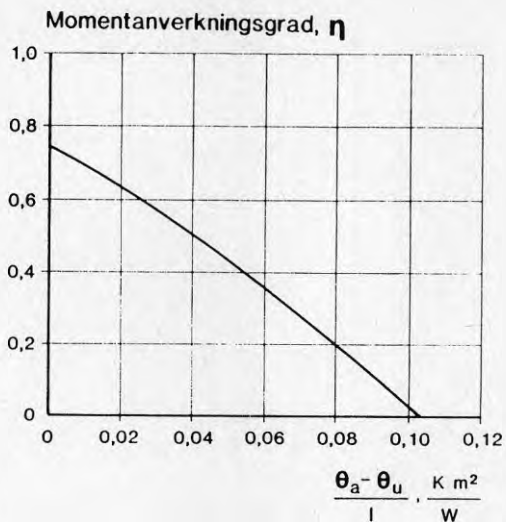


Bild 2/22. Solfångarens momentanverkningsgrad. Efter Konsumentverkets rapport (1981).

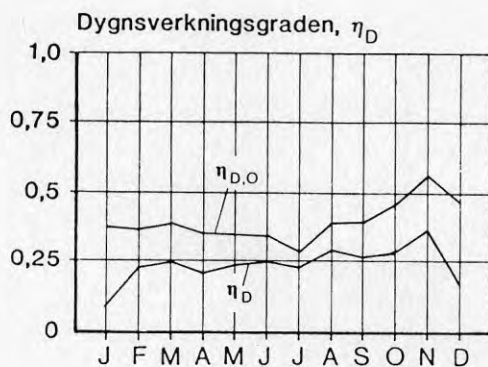


Bild 2/23. Solfångarnas dygnsverkningsgrad under året.

Anläggning 8 hade genomsnittliga skuggdata, se bild 2/24. Den var av självbyggartyp och den har ej underkastats någon verkningsgradsprovning. En beräkning av verkningsgraden har dock gjorts av Brandeker (1984) och anges i bild 2/25. De olika

möjligheter bilden visar hänför sig till två beräkningsmodeller med viss smärre skillnad.

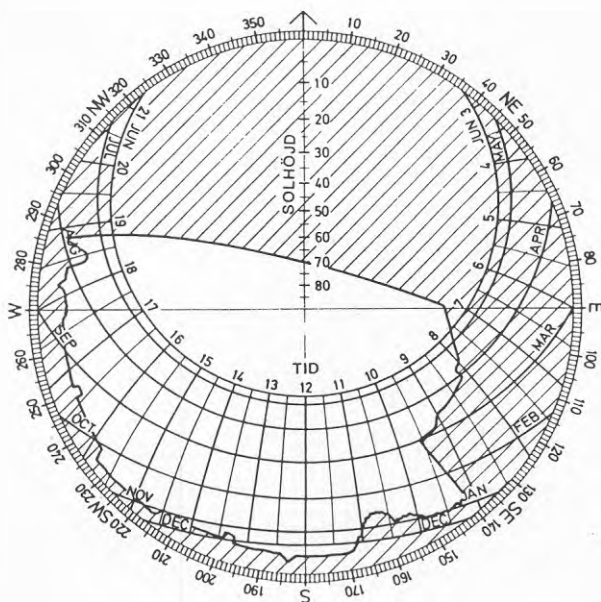


Bild 2/24. Skuggkarta för solfångarnas mittpunkt.

Ser vi till verkningsgraden vid denna anläggning kommer den att variera mellan 0 och maximalt 30 % enligt bild 2/26. Anläggningen är således i sommar drift lika bar som de kommersiella, se ovan.

Anläggning 9 har återigen genomsnittliga skuggförhållanden, se bild 2/27. Dess uppmätta verkningsgrad anges i bild 2/28 och skall jämföras med den från tillverkaren och från Statens Provningsanstalts uppmätta, bild 2/29.

I bild 2/30 visas skuggdiagrammet för anläggning 10. Det är återigen en självbyggerianläggning och bedömda verkningsgrader anges i bild 2/31. Dessa ligger högre än de verkliga och också högre än systemverkningsgraden som är ca 8 %.

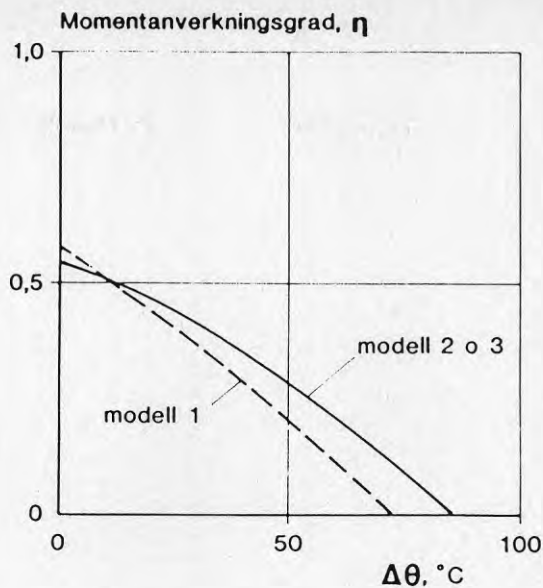


Bild 2/25. Solfångarkonstruktionens momentanverkningsgrad enligt modell 2 och 3. Resultaten enligt modell 1 representeras av den streckade linjen.

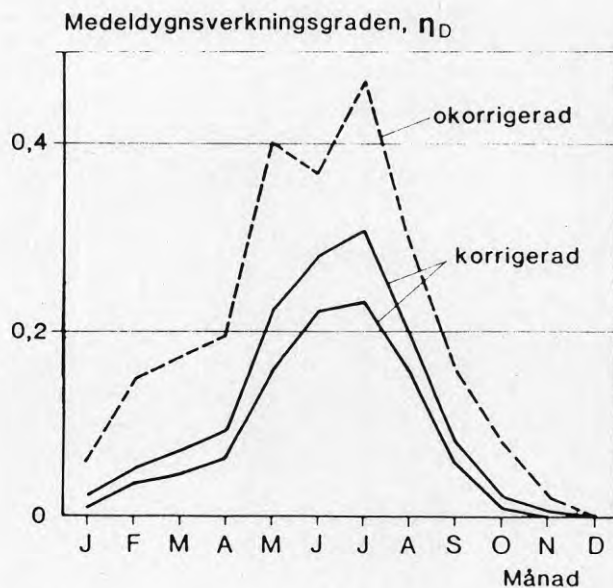


Bild 2/26. Solfångarnas medeldygnsverkningsgrad under mätåret, dels enligt mätningar och dels med korrekationer enligt ovan.

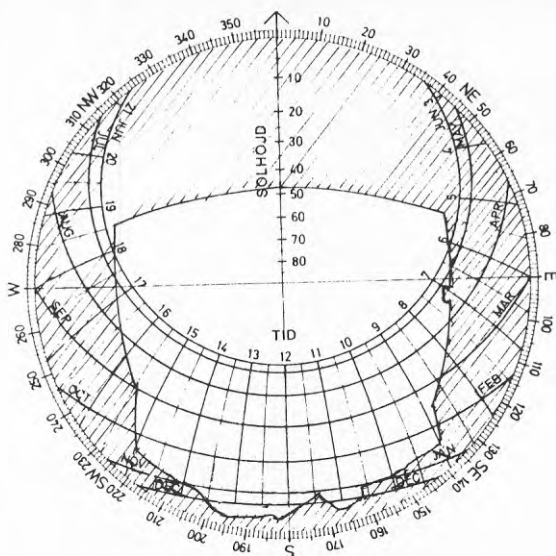


Bild 2/27. Skuggkarta för solfångarens mittpunkt.

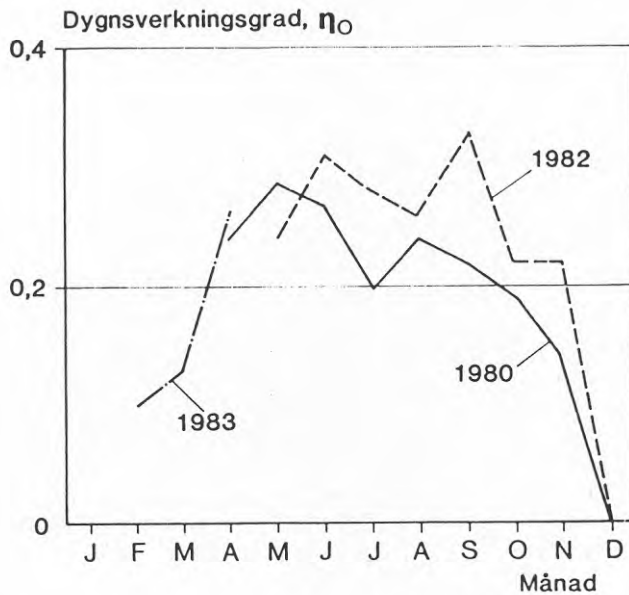


Bild 2/28. Solfångarens dygnsverkningsgrad under mätperioden.

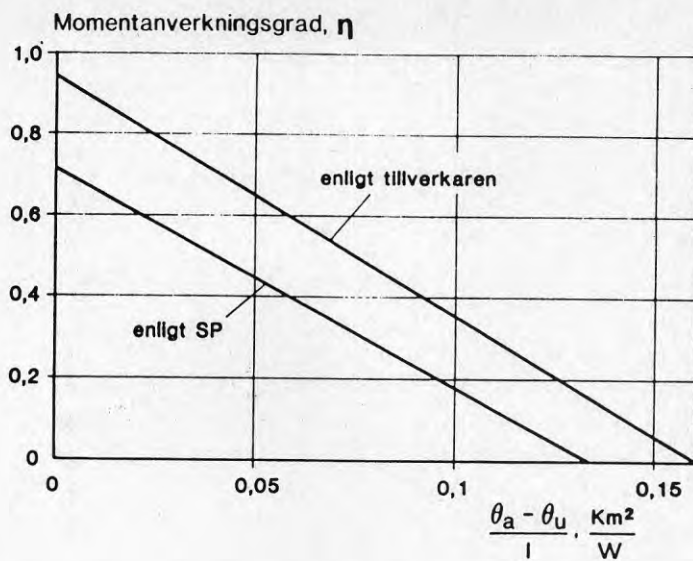


Bild 2/29. Solfångarnas momentanverkningsgrad. Efter Ekström (1982). I bilden har även den av tillverkaren angivna verkningsgradskurvan angetts.

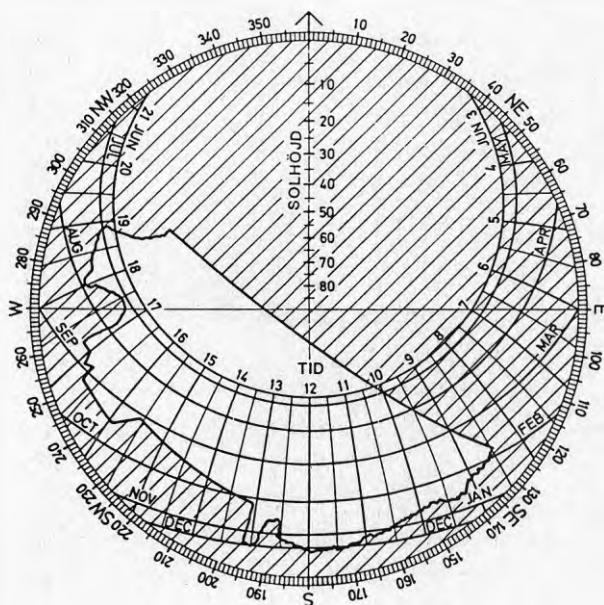


Bild 2/30. Skuggdiagram för solfångarna.

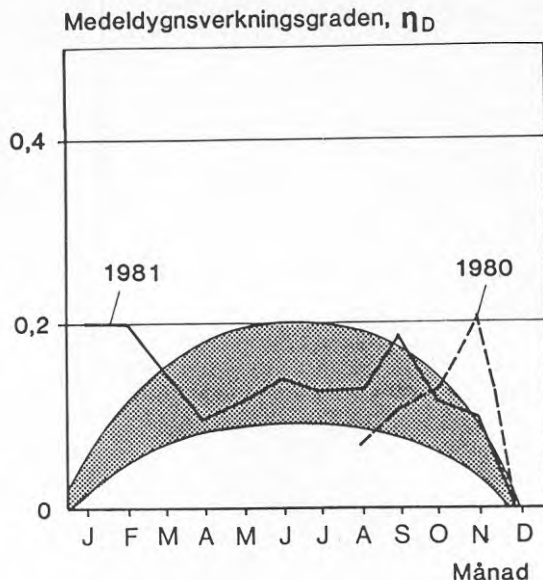


Bild 2/31. Solfångarens medeldygnsverkningsgrad under mätperioden. Då tidvis fel i de angivna mätvärdena kan misstänkas, har även den förväntade verkningsgradens variation under året angetts (det skuggade området).

### 2.1.2 Verkningsgraders sammanfattning

Den genomgång av ett antal solfångaranläggningar av den aktuella typen som gjorts visar att

- o projekteringen ofta uppvisar stora brister vad gäller
  - val av placering - skuggförhållanden beaktas sällan något som Sandesten et al (1983) pekat på
  - dimensioneringen av arean är ofta ej lämplig för behovet, se bild 1/16
  - stora brister råder då det gäller anläggningarnas isolering och förluster från systemet. De anläggningar som undersökts har genomsnittliga verkningsgrader vad gäller solfångaren (månadmedelverkningsgrad) och systemverkningsgrad enligt tabell 2-4.

Tabell 2-4.

Anläggning	Dygnsverkningsgrad under sommarmånader för solfångaren	Systemverkningsgrad
	%	%
1	27	25
2	40	40
3	20	20
4	35	35
5	20	< 20
6	20	ca 10
7	25	15
8	20	10
9	25	15
10	13	8

o I de fall man har systemverkningsgrader som ligger lika högt som solfångarens dygnsverkningsgrad har man haft värmertilskott från varma utrymmen, se ovan.

Man kan avslutningsvis konstatera att de anläggningar som provats i stort sett skulle ha givit kanske det dubbla utbytet om projekteringen skett på ett bättre sätt. Detta skulle ha påverkat ekonomin för anläggningarna och väsentligt nedbringat återbetalningstiden för dem.

### 2.1.3 Ekonomi

De anläggningar som studerats har underkastats vissa ekonomiska analyser. Sammanfattningsvis har dessa återgivits i tabell 2-5.

Anläggningarna 2, 3 och 6 uppvisar således i detta sammanhang goda återbetalningstider. En bättre projektering kunde i dessa fall ytterligare förbättrat förhållandena.



Tabell 2-5.

Anläggning nr	Investering kkr	Återbetalningstid år	Anm.
1	13	15	65 % skatteeffekt
2	85	8	
3	11	6	
4	23	-	
5	10	19	
6	10	8	
7	18	18	
8	6	19	
9	8	13	
10	7	8	

## 2.2 Några svenska anläggningar utanför projektet "Solvärmt tappvatten"

De anläggningar vars prestanda redovisats ovan svarar endast för en liten del av de anläggningar som installerats i Sverige. Inom ramen för BFRs forskningsarbete har en rad andra anläggningar för bland annat varmvattenberedning uppförts och studerats. Sandsten et al (1983) redovisar egenskaperna hos dessa dels enligt projekteringsvärden, dels enligt de mätningar som utförts<sup>1)</sup>.

Som framgår av analysen föreligger det stora brister i den rapportering som skett. Denna följer bland annat ej några av de förslag till rapportering som utkommit, bland annat med stöd av BFR medel. Detta gör att en samlad redovisning av anläggningarnas prestanda blir nära nog omöjlig vilket som följd fått att de i 2.1 redovisade anläggningarna i stort sett svarar för den redovisning som är möjlig.

1) De anläggningsrapporter vilka studerats framgår av bilaga V.

En granskning av de rapporter som avgivits visar dock på

- o att verkningsgraderna ligger i stort sett vid de värden man erhållit enligt redovisningen i tabell 2-4
- o att anläggningarnas isolering m m (vilket bidrar till att öka anläggningsförlusterna) har samma brister som de vilka påpekats i avsnitt 2.1.2
- o att projekteringen skett slentrianmässigt och att bristerna vid den svarar för en stor del av de dåliga resultat anläggningarna visar.

Det är återigen projekteringen som visar sig vara dålig, se Sandesten et al (1983). I bilaga I och hos Sandesten et al (1983) visas detta närmare.

### 2.3 Danska anläggningar

I detta avsnitt skall ett antal danska anläggningar tas upp vad gäller verkningsgrad m m. Det rör sig främst om anläggningar ingående i de studier Teknologisk Institut gjort för Energiministeriet. Anläggningarna beskrives i bilaga III samt i tabell 1-2.

Samtliga anläggningar har en förhållandevis konventionell uppbyggnad. Man har i några fall använd sig av solenergin för både uppvärmning och varmvattenberedning. Detta påverkar givetvis systemverkningsgraden men knappast absorbatörverkningsgraden. I bilaga III redovisas detaljer från anläggningarna.

De undersökta anläggningarna har varit i drift under väsentligt olika tider, se tabell 2-6.

Det skall noteras att dessa anläggningar är långt ifrån alla som redovisats inom ramen för Energiministeriets Solvarmeprogram. De skall dock här få representera det danska solprogrammet då det gäller tappvarmvatten. Ytterligare data har redovisats i avsnitt 1.

Tabell 2-6. De undersökta anläggningarnas ålder och mätperiodernas längd.

Anläggning	Uppförd	Mätperiodens längd	Anm.
	år	mån	
Laboratoriet för Varmeisolering	1980	4	Två redo- visningar
		12	
Teknologisk Institut	1980	4	
		12	
Herfølge	1979	6	
Juelsmide	1977	36	
Blovstrød	1978	30	
Gentofte	1978	12	längre mät- serier finnes

Den äldsta av anläggningarna är den i Juelsmide. Den är belägen vid en campingplats vilken får varmvattengenom anläggningen i fråga. Dess konstruktion framgår av bilaga III. Resultaten från anläggningen redovisas i tabell 2-7.

Tabell 2-7. Resultat från anläggning i Juelsmide.

Storhet	Laboratorie- mätning	Beräknat värde	In situ erh. värde
$T_a$ <sup>1)</sup>	0,68	0,78	0,65
$k$ <sup>1)</sup>	6,04	6,9	6,4

$$1) \eta = T_a - k \frac{\Delta\theta}{I}$$

Anläggningarna i Blovstrød och Gentofte är de näst äldsta. De uppfördes för 6 år sedan. De - liksom anläggningen i Juelsmide - har varit underkastade provning under förhållandevis lång tid. Bild 2/32 och 2/33 ger data från dem. Utförandet framgår av bilaga III.

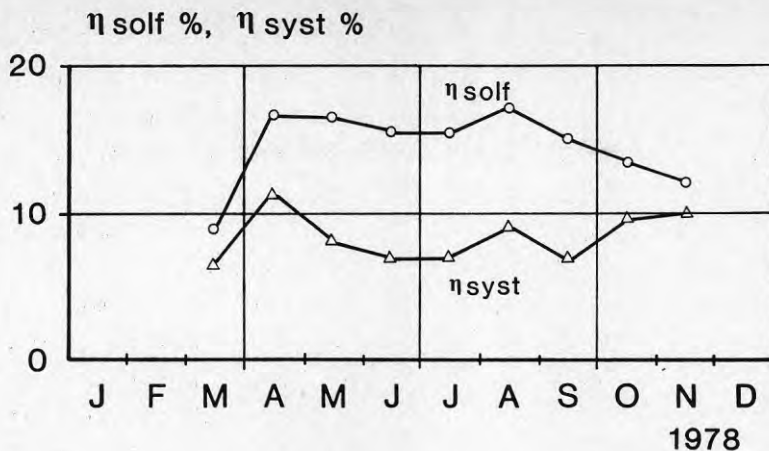


Bild 2/32.

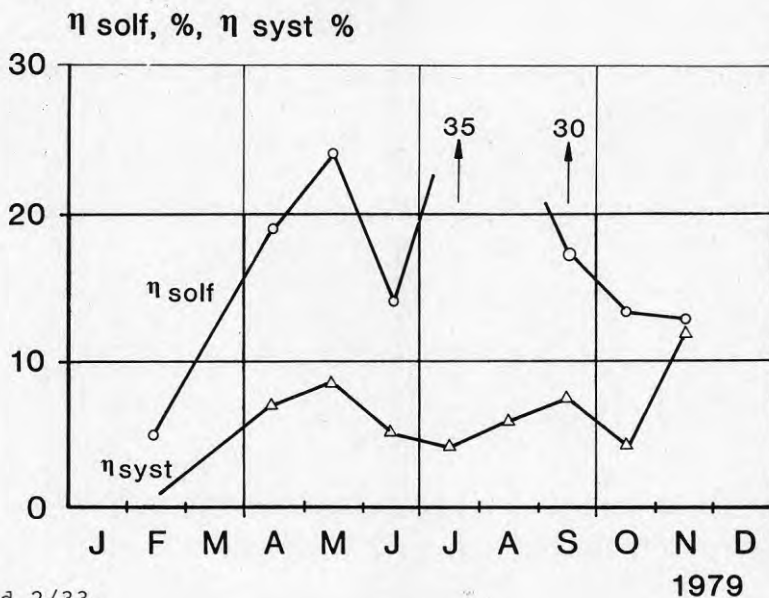


Bild 2/33.

Av bilderna framgår

- o anläggningen i Blovstrød har en solfångarverkningsgrad som är förhållandevis låg. Detta sammanhänger med en kraftig kondens i solfångaren samt att solfångarens absorbtoryta ej har helt nöjaktig fogning till vattentuberna, se Bøhm et al (1981).
- o Systemverkningsgraden är låg - lägre än för de svenska anläggningar som redovisats i avsnitt 2.1 men i paritet

med vissa av de anläggningar som nämns i avsnitt 2.2 och i bilaga IV. Under en första del av driftsperioden hade elmontören lämnat anläggningen utan att notera om styrningen till pumpen fungerade, backventilen i anläggningen fungerade ej (men utbyttes sommaren 78) utan tillätt själv-cirkulation i absorbatoren. Smuts i anläggningen uppsamlades ej i ett filter.

- o Den låga verkningsgraden kan också relateras till att förlusterna från cistern och rörinstallationer blev dubbelt så stora som man ursprungligen räknat med, se Bøhm et al (1981) samt att det verkliga varmvattenbehovet låg långt under vad man från början räknat med. Detta ger upphov till betydande verkningsgradsför-sämring, se bild 2/34 vad gäller solfångaren.

Anläggningen i Gentofte har rapporterats i olika sammanhang. Vi skall här se på resultaten sådana rapporterades 1980, se Mikkelsen et al (1980). Resultaten har angivits i tabellform, se tabell 2-8.

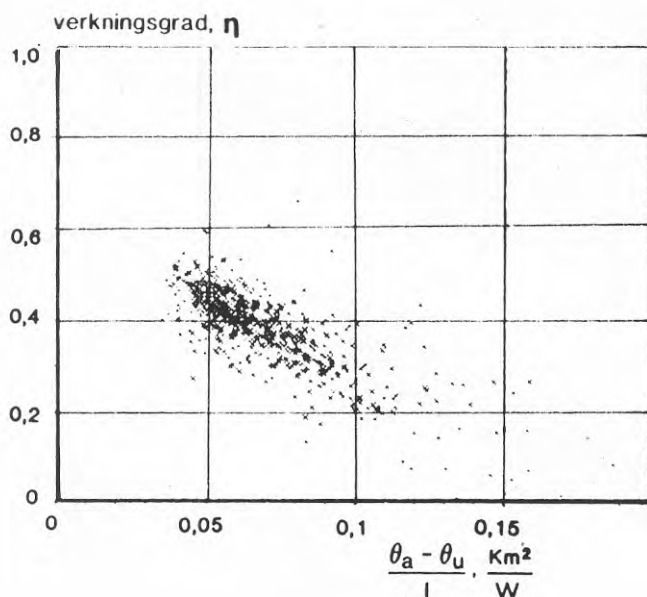


Bild 2/34.

Tabell 2-8.

	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Sum/medelvärde
Mättid, %	100	100	68	88	99	100	75	94	99	99	97	98	
Total solinstrålning, kWh	615	295	424	1245	1815	2830	3770	4091	3205	3527	2488	2298	2660~947 kWh/m <sup>2</sup>
Diffus solinstrålning % av total	46	42	50	39	57	44	46	43	55	47	47	29	46 %
Total solinstrålning under driftstid, kWh	341	140	120	702	809	1807	2320	1894	1476	1941	1910	1785	1524~543 kWh/m <sup>2</sup>
Diffus solinstrålning under driftstid i % av driftstiden	28	16	13	17	37	29	34	32	35	36	40	23	32 %
Driftstid, h	34	15	10	45	49	91	123	103	88	111	161	119	949 h
Energi från solfångare, kWh	123	41	35	274	302	672	882	712	579	750	622	612	5604 kWh
Verkningsgrad för solfångare, %	20	14	8	22	17	24	23	17	18	21	25	27	21 %
Verkningsgrad under driftstiden, %	36	30	29	39	38	37	38	38	39	39	32	34	37 %
Förluster från rör till cistern, kWh	10	0	1	27	33	67	114	130	101	121	83	66	753 kWh
Förluster från lager, kWh	43	21	20	81	144	200	317	321	261	319	196	186	2109 kWh
Förluster från förvärmare, kWh	79	59	34	88	167	172	261	250	165	269	180	183	1918 kWh
Förluster från eftervärmare, kWh	165	177	182	110	107	31	0	0	0	0	24	77	873 kWh



Som framgår av tabellen ligger solfångarens verkningsgrad vid ca 20 %, dvs bättre än för anläggningen i Blovstrød. Mätt som timvärden får solfångaren dock verkningsgraden som ligger i paritet med de man uppmätt för anläggningarna i 2.1. Dessa verkningsgrader hänför sig till den tid solfångaren är i drift och då infallsförhållandena är sådana att man kan förvänta sig en någorlunda hög verkningsgrad för en fast solfångare. Som antyds i bild 2/34 ligger verkningsgradens timmedelvärden i området kring 40 % för soliga tillfällena.

Detta motsvarar också ungefär de månadsmedelvärden under driftstid som bild 2/35 ger.

Då det gäller systemverkningsgraden faller den på samma sätt som för de svenska anläggningarna. Orsaken härtill är de stora värmeförlusterna från rör och cisterner, se tabell 2-8. Bristerna i isoleringen uppstod till följd av olämpligt utförande, vilket i sin tur sammanföll med att t.ex. cisternen var så uppställd att montören ej kunde isolera den speciellt bra! Återigen finner man således att bristerna i projektering och arbetsutförande är avgörande för anläggningens funktion.

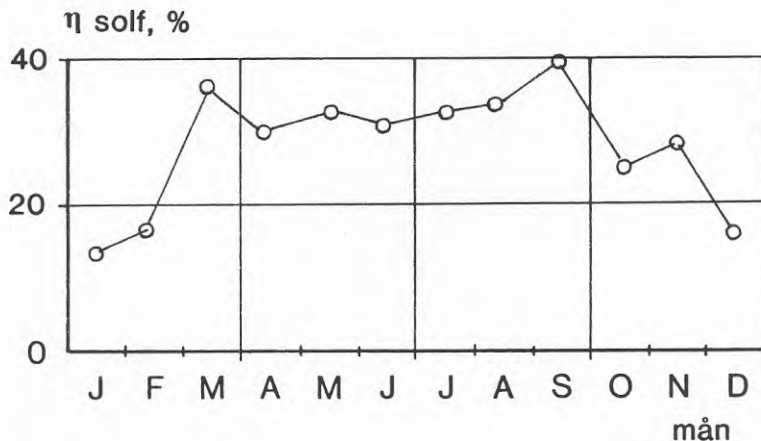


Bild 2/35.



Anläggningen i Herfølge har rapporterats av Paulsen (1980) redan efter 4 månaders drift. De resultat Paulsen ger visar på att man nått en verkningsgrad av ca 21 % varvid förlusterna i rörledningar från solfångaren och till cisternen inräknats. Anläggningen har isolerats ganska bra och ytterligare förluster ger en systemverkningsgrad relativt nära den verkningsgrad man funnit för solfångaren nämligen 17 %. Då resultaten avser 6 månader anger Paulsen (1980) att man kan förvänta sig bättre värden för längre tidsdrift. Detta är dock tveksamt eftersom mätperioden avser april-september!

För den anläggning som enligt tabell 1-2 finnes vid Laboratoriet för Varmeisolering har verkningsgrader enligt bild 2/36 uppmätts efter 4 månaders drift. Verkningsgraden ligger här högre än för andra solfångare beroende på att det avtappade vattnet ej förutsattes ha någon speciell temperatur vid drift. Man tappade således vatten med temperatur ned till 25°C vilket ger hög verkningsgrad men mindre användbart vatten utan eftervärmning.

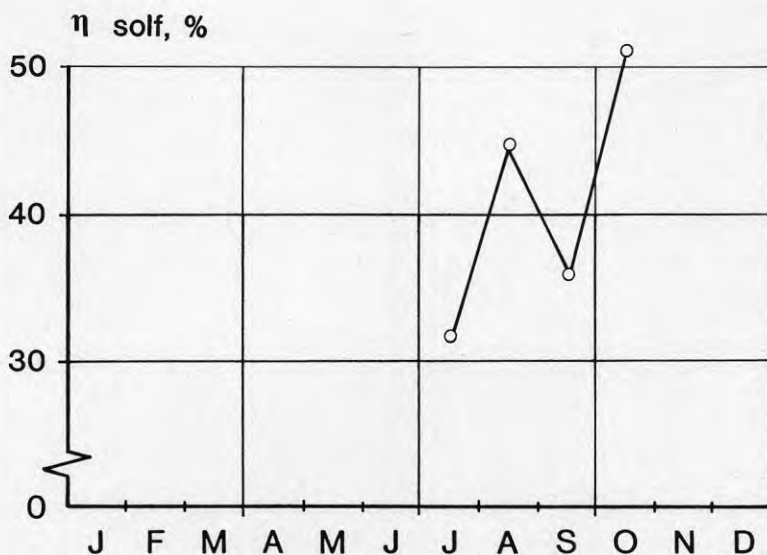


Bild 2/36.

Fortsatta försök redovisas i bild 2/38. Det framgår av bilderna att såväl under 1980 som 1981 har höga verkningsgrader nåtts. De ligger i paritet med de som uppmättes vid anläggningarna enligt avsnitt 2.1.

Anläggningen vid Teknologisk Institut har under samma period givit verkningsgrader enligt bild 2/37 respektive bild 2/39. Även här har man höga verkningsgrader för solfångarna men låga vattentemperaturer.

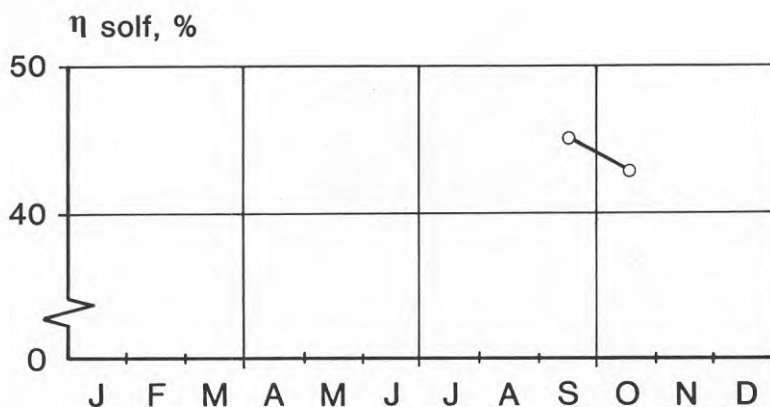


Bild 2/37.

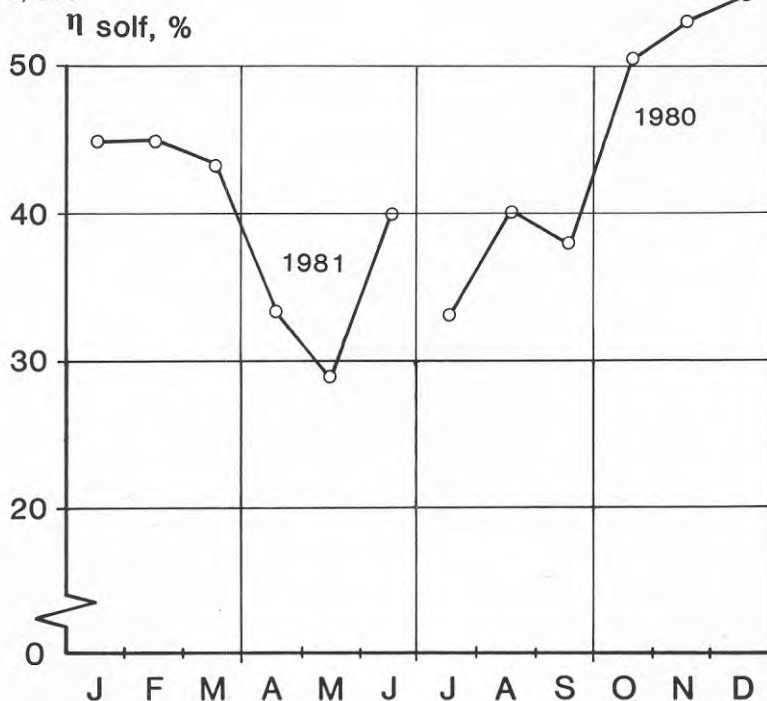


Bild 2/38.

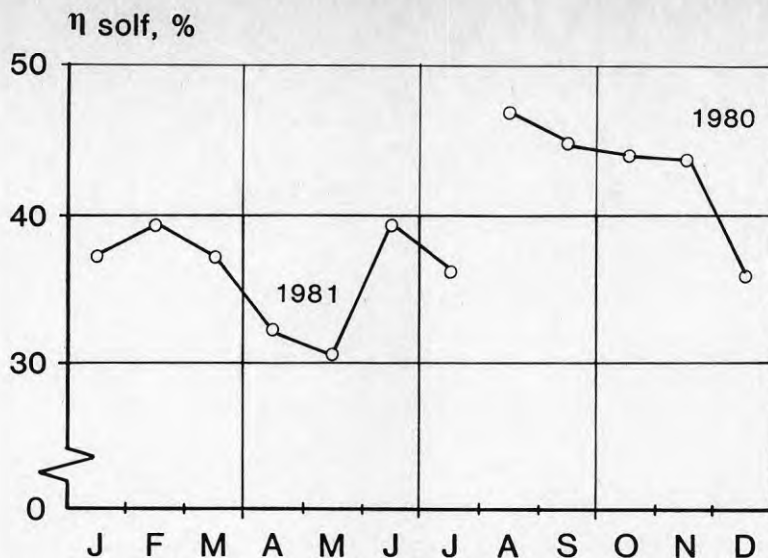


Bild 2/39.

### 2.3.1 Sammanfattning

De danska erfarenheterna visar att

- o förlusterna från rör och cisterner är avgörande för anläggningens funktion
- o arbetsutförandet vad gäller isolering m m är utomordentligt viktigt
- o anläggningarna kan ge höga verkningsgrader om låga vattentemperaturer accepteras. *Detta kan mycket väl ske om anläggningen kombineras med elvärme även för sommar drift och med de eltariffer som f.n. tillämpas i Sverige*
- o verkningsgraderna som uppmätts visar på att de man funnit vid svenska anläggningar icke är speciellt ofördelaktiga. Detta gäller framför allt vid anläggningar som används för verklig drift.

### 2.4 Anläggningar i sydligare delar av Europa

I det följande skall resultatet vid några anläggningar i mellaneuropa studeras. Dessa har redan i avsnitt 1 lagt till grund för en diskussion om val av solfångararea, lagercistern m m. De beskrivs närmare i bilaga IV.

I det följande redovisningen ges prestanda för anläggningarna.

Anläggningen i La Rochelle (anläggning a) kan anses typisk för möjligheterna att använda solenergi i soliga delar av Frankrike. Anläggningens månadsverkningsgrader framgår av bild 2/40.

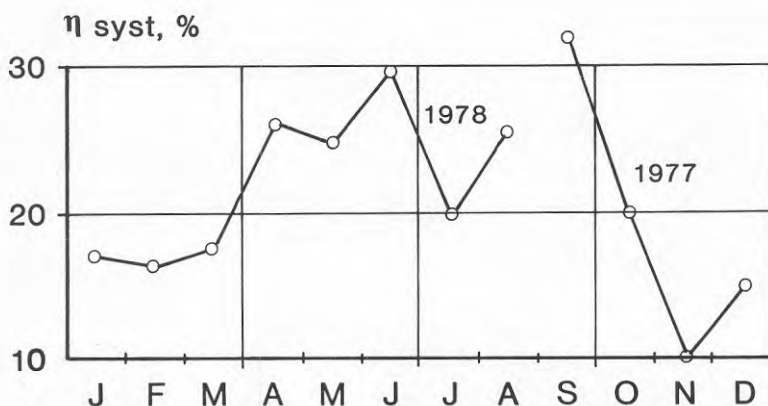


Bild 2/40.

Som framgår av bilden har man här nått en systemverkningsgrad som ligger vid ca 20 % under vissa månader över. Detta kan synas bra men man skall här ta i beaktande dels att omgivningstemperaturerna är betydligt högre än i Sverige (vilket förbättrar möjligheterna att ha en hög systemverkningsgrad), dels att isoleringen av cistern m m är knapp (vilket minskar möjligheterna att ha en hög systemverkningsgrad).

Anläggningen i Kandern-Wollbach (anläggning b) har förhållanden vilka kan anses typiska för Tyskland. Den har en mycket hög månadsmedelverkningsgrad både vad avser solfångarna, bild 2-41 som systemet, bild 2/42.

Som framgår av bilden har man här sommartid ca 50 % solfångarverkningsgrad vilket sammanhänger med att man använder evakuerade solfångare, se bilaga IV.

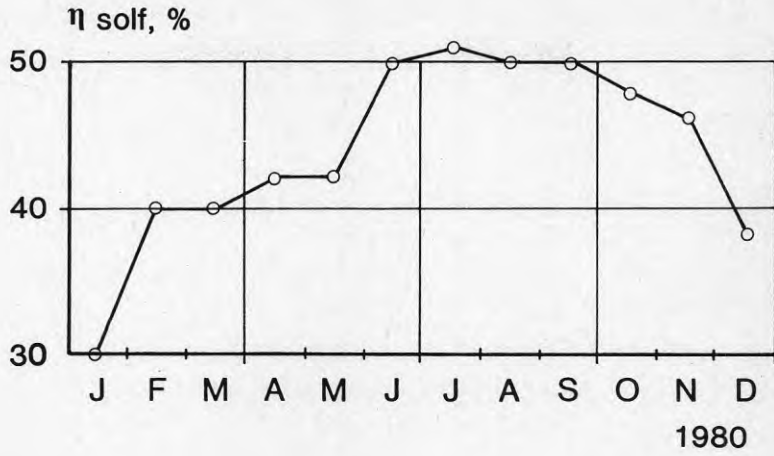


Bild 2/41.

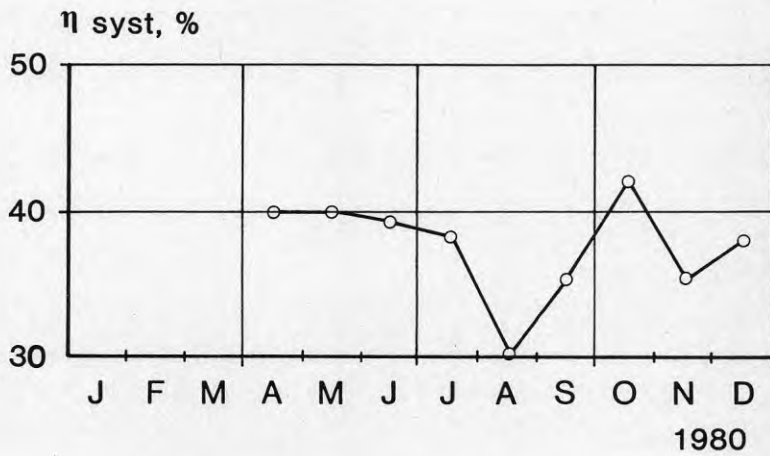


Bild 2/42.

### Anläggningen i Freiburg (anläggning c)

Anläggningen i Freiburg, se bilaga IV, har solfångarverkningsgrader av samma storleksordning som anläggning b, möjligen något bättre. Den är försedd med Philips solfångare vilket medverkar i den höga verkningsgraden, se bild 2/43 och 2/44. Anläggningsutförandet kan anses mycket gott. Det rör sig om en experimentanläggning.

Som framgår av bilderna ligger solfångarnas verkningsgrad vid ca 50 % och systemverkningsgraden vid ca 40 %. Man når här icke högre än vid de bästa solfångarna av plan typ, se avsnitt 2.2. Det skall också tilläggas att för denna anläggning liksom för den föregående bör en viss korrigerig av resultatet göras med hänsyn till att tryckfallet genom solfångarna är större än vid en plan typ. Detta medför att upptoffrat pumparbetet kan bli betydande. Den korrigerade verkningsgraden ligger helt i paritet med vad välkonstruerade plana solfångare ger, se Peterson (1984).

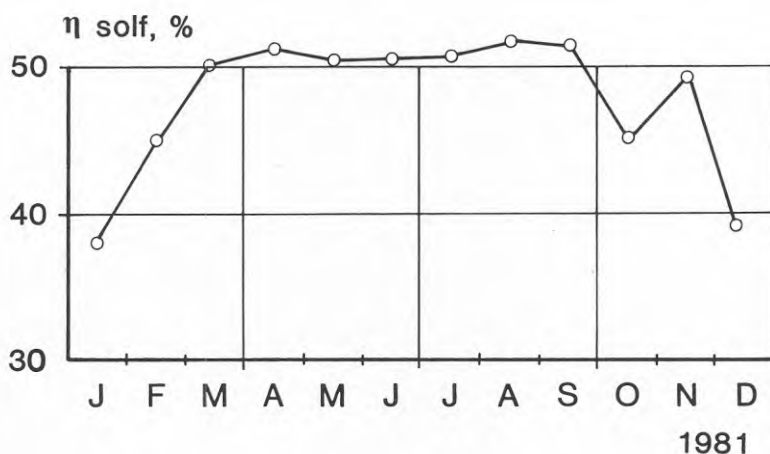


Bild 2/43.

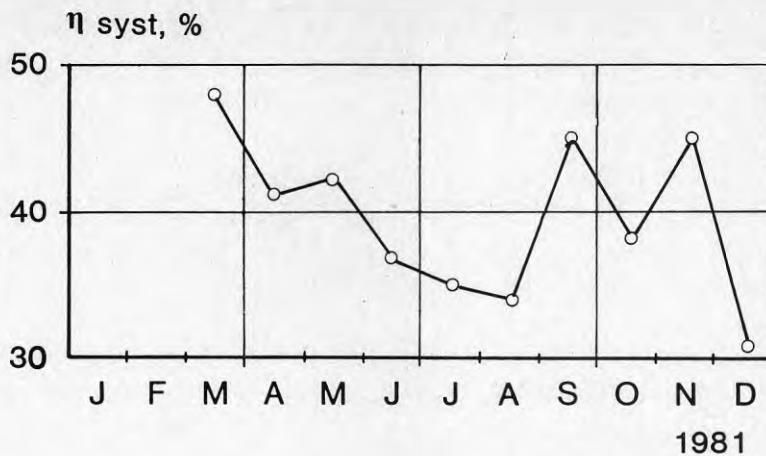


Bild 2/44.

BBC-huset, Walldorf (anläggning d)

Anläggningen vid det s.k. BBC-huset har en systemverkningsgrad enligt bild 2/45.

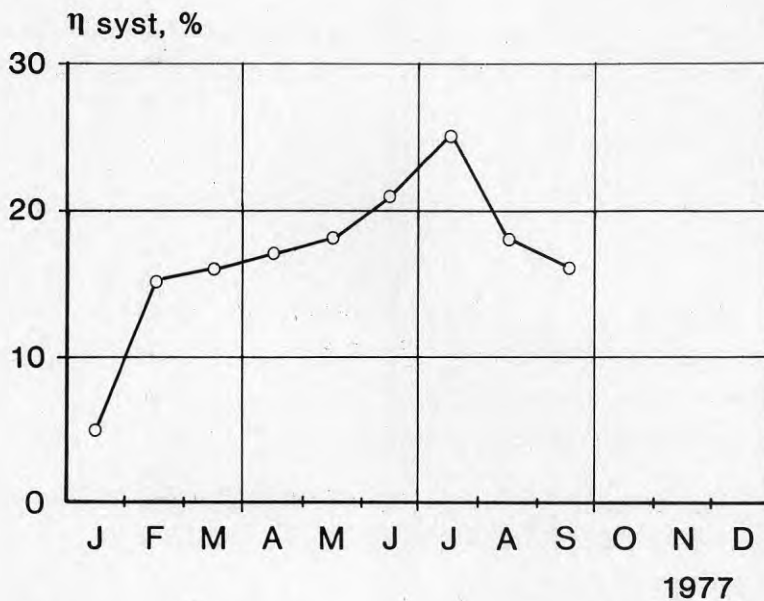


Bild 2/45.



Systemverkningsgraden når således upp till knappa 20 %. Skälet för den låga verkningsgraden är framför allt att solfångarna har ett dåligt utförande.

#### Anläggningen i Wahlstedt (anläggning e)

Anläggningen i Wahlstedt ger något sämre data än anläggningen i Walldorf, se bild 2/46.

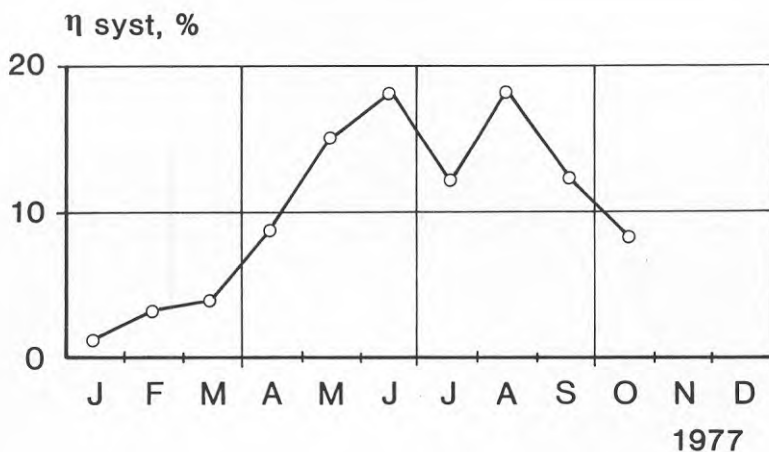


Bild 2/46.

Bristerna är här desamma - dålig isolering hos solfångaren och i övrigt brister hos denna.

#### Anläggning i Dublin (anläggning f)

Verkningsgraden hos anläggningen i Dublin (Irland) framgår av bild 2/47.

För den viktiga årstiden är systemverkningsgraden ca 25 % vilket ligger i paritet med svenska anläggningar av samma typ.

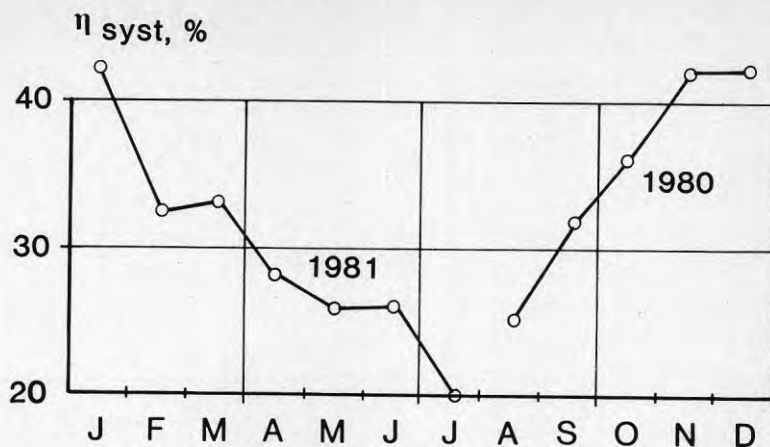


Bild 2/47.

Anläggning i Lombardiet (anläggning g)

Anläggningen i Lombardiet har utförts i två steg med olika systemverkningsgrader, se bild 2/48 och 2/49.

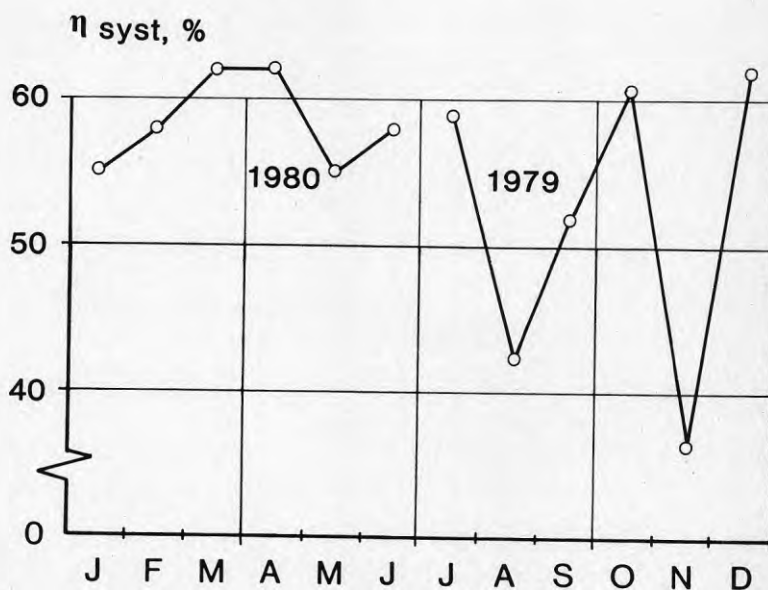


Bild 2/48.

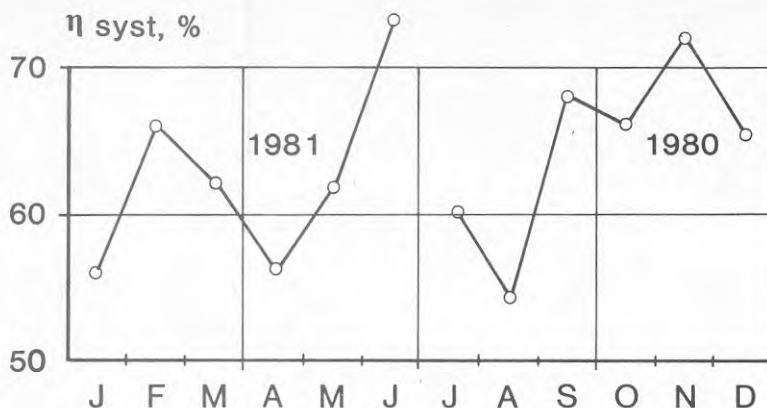


Bild 2/49.

Den första visar förhållandena vid användning av en solfångare med målad yta den andra förhållandena vid användning av delvis selektiv yta. Som framgår av bilden skedde en viss förbättring vilken dock till del måste tillskrivas andra förhållanden än enbart ytastrukturen. Systemverkningsgraden är mycket hög, delvis beroende på den ganska goda isolering som använts men till stor del beroende på omgivningsförhållandena.

#### 2.4.1 Sammanfattning

Resultat för ett antal anläggningar belägna i mellaneuropa och på hög höjd har redovisats. Det visar sig att anläggningarna i stort sett har

- o samma resultat som man når vid svenska anläggningar dock med viss förbättring till följd av bättre klimatiska förutsättningar
- o anläggningarnas verkningsgrad skulle kunna höjas väsentligt över de erhållna om bättre systemuppbyggnader och isolering användes
- o vissa typer av solfångare når mycket höga verkningsgrader men att viss elanvändning därvid ökar.

### 3. SOLFÅNGARES DRIFTSÄKERHET OCH LIVSLÄNGD

#### 3.1 Inledning

Solfångares driftsäkerhet och livslängd har undersökts i ett antal svenska och utländska försök. Statens Provningsanstalt, se Lagerkvist (1982), har angivit regler för provning av några intressanta egenskaper i sammanhanget. Dessa ansluter sig väl till de normer vilka utarbetats i bland annat USA.

I en större undersökninga har provningsanstalten också undersökt de skador som vanligast förekommer på solfångare och noterat att dessa är orsakade av

- o *kondens* vilket uppstår till följd av otätheter, inneslutet vatten och av kylningen genom strålning mot kall natthimmel. Kondensutfällningar ger
  - påverkan på absorbator och dess ytbehandling
  - korrosion
  - försämring av värmeisoleringen
- o *avgasning* vilken uppstår bland annat av att isoleringen genom överhettning avger gaser antingen från inneslutna gaser eller genom att bindemedel avgasas. Avgasningen kan ge betydande minskning av transmissionsförmågan hos solfångarens glasning men också skador på målning m m.
- o *korrosion genom inläckande vatten* kan uppstå om solfångaren har otäta röranslutningar. Även snöindrivning vintertid förekommer och man kan räkna med att sådana inläckning kan leda till snabb korrosionsbildning i solfångaren liksom till genomdränkning av delar av isoleringen.

Ytterligare skador kan uppräknas men de ovan angivna synes vara de mest vanliga och samtidigt de mest skadliga för solfångarens verkningsgrad, se Peterson (1984).

Bland de påverkningar som minskar en solfångares verkningsgrad finner man även

- o försmutsning av glasningen, se Peterson et al (1978),

Peterson (1978) samt Peterson (1984). Försmutsningen leder till en allvarlig minskning av transmissionsförmågan hos solfångaren och därmed till försämrad funktion. För de flesta fall krävs en någon speciell rengöring men i många fall kan detta vara nödvändigt, se t.ex. Paulsen (1980).

o bristande funktion vad gäller

- backventilens arbetssätt, se t.ex. Bøhm et al (1981)
- placering av styrorgan, se Mikkelsen et al (1980) kan ge betydande förluster. I vissa fall kan själv-cirkulation ge bättre verkningsgrad än pumpcirkulation, se Ellehaug (1981) rörande funktion av anläggning vid Laboratoriet för Värmeisolering, bild III/10
- start och stoppdifferens vid pumpanläggningar, se Mikkelsen et al (1980) måste väljas korrekt. Man kan ej finna ett lämpligt tidsintervall för alla förhållanden
- lagerbehållarens storlek i förhållande till solfångararea m m har behandlats i Sandesten et al (1983) liksom optimal isolering av behållaren, se Peterson (1978).

Den senare storheten kan hänföras till konstruktionsproblemen, se avsnitt 1.

### 3.2 Solfångarens påverkan

Solfångaren och de yttre rörledningarna till ett solfångarsystem är de delar som påverkas kraftigt av väder och vind. Den inverkan otämlig eller vanligtvis förekommande väderlek har på solfångaren har studerats i ett antal fall, se 4.1, men endast i ett fåtal fall vid kontrollerade förhållanden. De redovisningar som anförts ovan skall här fördjupas något.

Man finner då det gäller glasningen och solfångarens ytskikt att

- o otätheter och *brister i kittning* vid glasningen kan ge betydande skador. Detta leder i allmänhet till förstörd isolering, se Hansen et al (1980)

- o kittning m m synes bli förstörd förhållandevis lätt medan silikontätningar har bättre hållbarhet
- o solfångarnas ytebehandling kan ta allvarlig skada av vattenintag, se ovan
- o nedbrytningen av ytskikten i solfångarens låda avhänger starkt av miljön i lådan. Denna bör därför utföras med en viss ventilation, se Peterson et al (1979) och Hansen et al (1980).

### 3.3 Vätskekanaler

Vätskekanalerna i solfångarens absorbatör kan misstänkas få beläggningar av olika slag. Problemet med att man har smuts som avsätter sig har redan behandlats, se ovan.

Också användningen av membranförsedda expansionsbehållare kan leda till avsättningsproblem i det fall membranen ej har tillräckligt kraftigt diffusionsmotstånd för syret i expansionskärlet.

I det fall att syre kan diffundera in i systemet kan man förutse en ökad korrosion.

Vätskan i solfångarna kan också ha ett förhållandevis lågt pH-värde. Detta bör snarare ligga i storleksordningen 10 än vid 7 i det fall man använder nitritbaserade inhibitorer. Vissa inhibitorer kan också ge upphov till slam (t.ex. som calciumfosfat, se Hansen et al (1980)). De bör användas med försiktighet och det är i vanliga fall ej nödvändigt att använda inhibitorer vid solfångare för varmvattenberedning annat än om dessa är av aluminium.

### 3.4 Isolering

Isoleringens påverkan har tagits upp ovan. Här skall blott noteras att antalet fall där isoleringen konstaterats ha stor fukthalt är förvånansvärt stort. Detta innebär att man vid sedvanliga konstruktioner ej löst täthetsproblemet speciellt väl. En stor del av de låga verkningsgrader som konstaterats kan hänföras till fuktig isolering, se Peterson (1984).



### 3.5 Glasningen

Besiktning av glasytor, se Hansen et al (1980) har visat att

- o intorkningen från kondensdroppar kan vara besvärande jämför bild 3/1

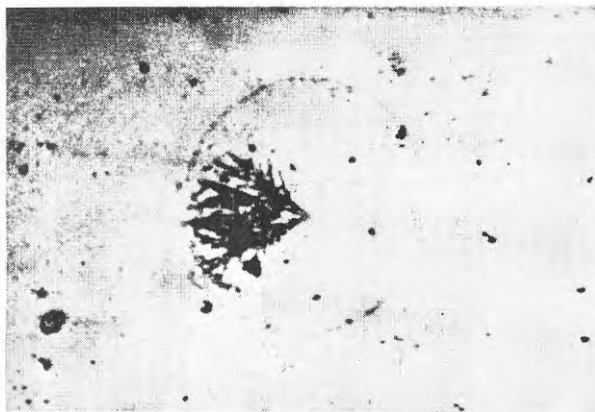


Bild 3/1.

- o kristalltillväxter förekommer i samband med intorkningar, se bild 3/2 efter Hansen et al (1980)

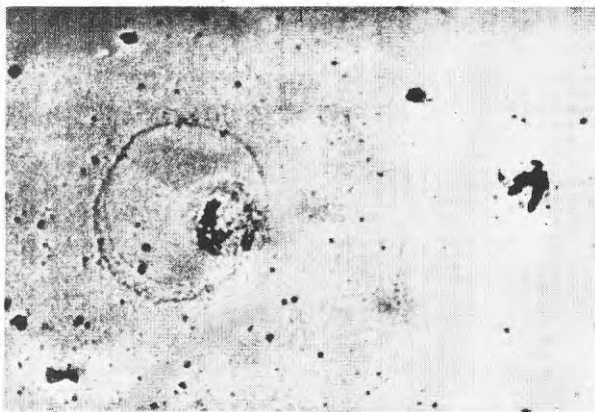


Bild 3/2.



### 3.6 Sammanfattning

Danska och svenska undersökningar visar i samma riktning vad avser skador hos solfångare och orsaker till minskningar i verkningsgrader. Som visats i Peterson (1984) kan dessa påverkningar på att avgörande sätt minska en solfångarens verkningsgrad. Detta är så mycket mer förhållandet i det fall att en skada är en följd av en annan, t.ex. kondens på solfångarens glasning en följd av att isoleringen genombliöts vid vatteninläpp. Det framstår klart av denna undersökning att man då det gäller solfångarens praktiska utformning har en del olösta problem.

#### 4. FRAMTIDA FORSKNING OCH UTVECKLING

Det synas klart av den gjorda sammanställningen av svenska och utländska försök att

- o solfångaranläggningar för varmvattenberedning kan nå förhållandevis höga verkningsgrader
- o solfångaranläggningar för varmvattenberedning vid samverkan med billig elvärme sommartid kan ge icke obetydliga tillskott till byggnaders energibehov
- o solfångarutförandet kan förbättras, se avsnitt 3
- o underlaget för projektering m m bör förbättras.

Då det gäller utvecklingen av solfångare bör man - förutom den kostnadsmässiga förbättringen - se till att skadeverknin-  
ningar genom inflytande från väderlek m m minskas. Detta kan framför allt ske genom att kondens och därmed i viss mån korrosionsproblemet minskas. Avgasningsproblemet har tagits upp i olika sammanhang men verkar mindre än vad som framgår av litteraturen i Sverige.

Då det gäller dimensioneringsunderlaget bör en enkel handbok för dimensioneringen framtas. Detta projekt har startats inom ramen för BFR forskningen men ej fullföljts.

De svenska anläggningarna har visat sig väl jämförbara med de som förts i andra länder. De visar trots detta knappast några exceptionella goda data främst beroende på

- o dimensioneringsbrister
- o brister vad gäller solfångares täthet m m
- o brister i praktiskt utförande.

Den verkningsgrad som torde vara uppnåerlig inom ramen för planans solfångare ligger runt 40 % räknat under sommaren. Denna verkningsgrad avser systemets totalverkningsgrad och (approximativt) solfångarnas verkningsgrad räknad som dygnsvärden för den verkliga driftstiden. Verkningsgrader av denna storleksordning har uppnåtts vid vissa anläggningar. Det finns därför all anledning att studera de förhållanden som medfört

att anläggningar med lägre verkningsgrad ej nått den ovan-  
nämnda "optimala" verkningsgraden. Några av dessa orsaker  
har berörts i olika avsnitt i undersökningen, några anges  
i Peterson (1984).

## BILAGA I

## PROJEKTERING AV ANLÄGGNINGAR

Projekteringen av värmetekniska anläggningar har under de senaste femtio åren underkastats vissa principiella och tekniska förändringar. De principiella skillnaderna vid projektering av en anläggning förr och nu karakteriseras framför allt av att

- o *katalogkunskaper* för 50 år sedan hade ingen eller liten betydelse; de flesta anläggningar "skräddarsyddes".
- o *beräkningsarbetet* - och då beräkningar av storheter som nu ofta framhålls som betydelselösa - ofta *var mer framträdande*
- o "*standard*" användes i liten omfattning (framför allt eftersom industrin knappt höll med standarddetaljer inom VVS-tekniken).

Det inflytandet dessa karakteristiska förhållanden hade på projekteringsarbetet kan naturligtvis diskuteras. I många stycken var deras inverkan negativ; *projekteringen blev onödigt dyr* genom detaljkonstruerandet, bristen på standarddetaljer och det "onödiga" räknandet. Men i andra avseenden var den avgjort positiv; *konstruktören tvingades att sätta sig in i detaljer, tänka igenom systemens funktion och konstruera detaljer på ett sätt som nu inte sker*. Härigenom fick man säkert *på bekostnad av tid*, en förhållandevis djup inblick än de nuvarande metoderna (vilka i stort kan sägas vara att *komponera system med hjälp av kataloguppgifter*) möjliggör.

Då det gäller att introducera ny teknik - t.ex. *solvärmeteknik* - är kataloguppgifter och lathundar i form av tabeller och diagram *ännu ej utvecklade*. Det framhålls därför ofta att konstruktioner inom detta område är svåra och ligger nära forskning eller i varje fall prototyp- och demonstrationsprojekt. En satsning på *upplärning av konstruktörskåren*

inom området har därför genomförts på så sätt att konstruktören får (med ekonomiskt stöd utöver det kunden är villig att ge) möjlighet att *detaljstudera ett projekt och sammanställa komponenter* som ej på förhand är sammansatta till ett färdigt aggregat men också *tid och möjligheter* att studera systemfunktionen. Sådana möjligheter ges i hög grad genom s.k. alternativprojektering vilken understödsform får anses väl motiverad mot den ovan givna bakgrunden.

Denna metod synes knappast ha använts på ett relevant sätt, se Sandsten et al (1983). Projekteringen kan kritiseras på så sätt att projektanterna icke synes ha tillvaratagit de möjligheter bidragen givit. Sällan har samarbete med högskolor eller liknande tagits. De erfarenheter som kan hämtas från anläggningar utförda i utlandet m m har därför ej kommit den svenska solenergitekniken tillgodo. Dessutom synes icke projekteringsgången ha varit speciellt systematiskt organiserad. Ett exempel på sådan systematisk projektering är

- o fastlägg varmvattenbehovet och energibehovet för uppvärmning av vattnet. Fastlägg tidsperiod för driften
- o studera tappningssekvenser och tappningsfrekvenser
- o gör klart vilka risker konsumenten är benägen att ta vad gäller brist på varmvatten
- o studera strålningsförhållandena för den ort där anläggningen skall uppföras
- o med hänsyn till varmvattenbehov och strålningsförhållanden, fatta beslut om storlek och placering av solfångare samt storlek av lagercistern (ekonomisk optimering)
- o besluta om tillsatsvärmesystem m m (kan ske i samband med föregående punkt)
- o slutför projekteringen bl.a. genom val av reglerutrustning (om nödvändig), frysskydd m m
- o planera montage, idriftstagning m m
- o planera funktionsprovning och kontroll samt ge driftsinstruktioner

o upprätta eventuellt en kontrollplan för verkningsgrader, funktion m m.

Då det gäller en väsentlig fråga för dimensionering, nämligen varmvattenbehovet per lägenhet uppvisar dock det svenska projekteringsmaterialet en stark konsekvens, se Sandesten et al (1983). Man har i detta avseende följt de data för varmvattenbehov som framtagits i olika sammanhang utan att beakta möjligheterna till att de som har en solenergianläggning kan tänkas ha ett annat varmvattenbehov. En sådan möjlighet synes dock viktig att behandla.

Varmvattenbehovet och dess tillgodoseende under året är givetvis en fråga om hur länge man skall anse att en solfångaranläggning bör användas för att ensam kunna uppfylla kravet. Ej heller denna fråga har behandlats speciellt i litteraturen men bör underkastas en granskning.

## BILAGA II

## KONSTRUKTION OCH UTFÖRANDE AV 10 SVENSKA ANLÄGGNINGAR

De anläggningar vars konstruktion närmare visas i denna bilaga ingår samtliga i projektet "Solvärmt tappvatten" vid Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. I bilagan visas på skillnader mellan anläggningarna. Dessa skillnader har betydelse för driften m m och i avsnitt 2 i huvudrapporten anges några konsekvenser av de olika utföranden.

Anläggning 1 (littera hänför sig till tabell 2-1 i avsnitt 2)

Anläggningen är av märket Teknoterm med en kollektorarea om  $6 \text{ m}^2$ , typ Sun Unit 1. Dess funktion och tekniska data beskrivs närmare nedan.

Teknoterms solvärmesystem för uppvärmning av tappvarmvatten består av följande komponenter, se bild II/1

- o solfångare (1)
- o expansions- och dräneringskärl (2)
- o ackumulatortank (3)
- o reglerutrustning (4)
- o cirkulationspump (5)
- o rörledningar + monteringsdetaljer.

Till detta kommer en äldre varmvattenberedare (6).

Solfångarna är av typ Sun Unit 1. De har yttermått 2100 x 503 x 56 mm och väger 33 kg per enhet. Vattenvolymer i kollektorerna är ca 2 liter per enhet.



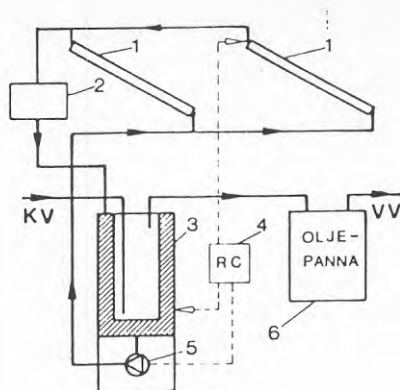


Bild II/1. Solfångaranläggningens principiella uppbyggnad.

Dränerings- och expansionskärlet innehåller gasfälla och har anslutning för säkerhetsventil. Dess volym är 75,5 liter, vikten 30 kg.

Kärlet fungerar som frostskydd då vattnet rinner ner i detta när pumpen stannar. En förutsättning är att vattnet kan passera baklänges genom pumpen. Då pumpen startar, transporteras vattnet upp i solfångarna igen och vattennivån sänks i kärlet. Kärlet skall monteras under underkant solfångarna och över överkant ackumulatortanken. För att frysskydd skall erhållas, måste det isoleras och placeras frostfritt. Kärlet kan även fungera som kokningsskydd.

Akkumulatortanken består av yttre kärl för vattnet från solfångarkretsen och ett inre kärl för förbrukningsvattnet. Det yttre kärlet är tillverkat av stålplåt, det inre av kopparplåt. Vattnet i den yttre behållaren värmer förbrukningsvattnet. Vattenvolymen är 160 liter för förrådsberedaren (det inre kärlet) och 100 liter för solfångarkretsen. Tanken är isolerad med 50 mm mineralull och utvändigt täckt med brännlackerad beklädningsplåt.

Reglersystemet består av en elektronisk reglercentral och två temperaturgivare. Temperaturkännaren vid solfångarna är fäst på utloppsriöret på sista solfångaren i gruppen med en slangklämma och isolerad. Temperaturkännaren vid tanken är fäst på utsidan under isoleringen ca 20 cm från botten.

Reglercentralen startar pumpen när vattentemperaturen vid solfångarnas utlopp överstiger värmemagasinetns temperatur med ca 3°C (inställbart värde). Pumpen stannar när vattnet från solfångarna inte är varmare än det vatten som finns i tanken.

I den aktuella anläggningen är rören till största delen förlagda utomhus. Den från ackumulatortanken utgående rörledningen är utförd i plastbelagt kopparrör SMS 1890 med en inre diameter av 13 mm.

## Anläggning 2

Föreliggande varmvattenanläggning förvärms tappvattnet medelst ett solvärmesystem för att sedan tillföras en konventionell varmvattenberedare ansluten till oljeeldad panna, se bild II/2.

Solfångarna består av en ram i rostfritt stål med en täckning (en 5 mm tjock glasskiva) och en isolering (30 mm polyurethan-skum). Baksidan av kollektorn skyddas av en aluminiumfolie som är fäst vid isoleringen. Absorbatorn är utförd i aluminiumplåt med ett skikt av svart färg.

Vätskemängden är 0,7 liter per kollektor. Som vätska används en *specialvätska* av typ PKL 60/40 med en steltnadspunkt på -40°C samt en övre gräns för temperaturbeständighet på 146°C.

Solfångarna har monterats på ett garagetak i anslutning till panncentralen med hjälp av en ställning bestående av aluminiumprofiler som är fastskruvade på tryckimpregnerade träreglar. Placeringen av solfångarna medför att dessa är så gott som skuggfria under största delen av året. I december och januari skuggas en del av solfångarna under middagstiden. Under juni-juli skuggas de närmast panncentralen belägna kollektorerna från sena eftermiddagen.

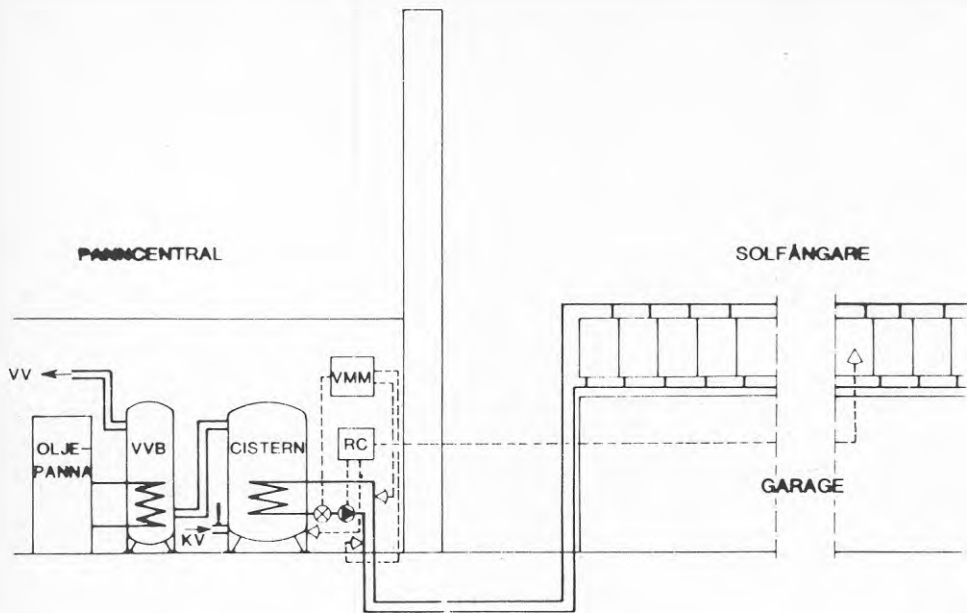


Bild II/2. Ritning över solvärmesystemet med till denna ansluten värmemängdsmätare (VMM).

Från solfångarna har rör dragits till panncentralen. De består av kopparrör med en utvändig diameter på 22 mm, isolerade med 10 mm tjock skumplast. Rörledningen mellan garaget och panncentralen är förlagd i marken. Från kulverten är rören till resp. från solfångarna dragna på utsidan av garaget. I panncentralen följer rördragningen ena ytterväggen fram till ackumulatortanken.

Rörledningarna från resp. till solfångarna är anslutna till ett värmeväxlarbatteri med  $5,5 \text{ m}^2$  värmeöverföringsyta placerad i en standardtank på  $2 \text{ m}^3$  vatteninnehåll.

Dennas mantal och ovsida är isolerade med 45 mm mineralull med utvändigt beklädnad av träpanel. Undersidan är oisolerad.

Kallvattnet som skall värmas tas in i tanken nedtill och lämnar denna förvärm� upptill för att ledas vidare till den befintliga varmvattenberedaren, där uppvärmning sker till önskad temperatur.

Reglerutrustningen är elektronisk och består av själva reglercentralen och två därtill anslutna temperaturgivare. Den ena av dessa är monterad på absorbatorn till den mitt i raden sig befinnande kollektorn. Den andra givaren är placerad på nedre delen av lagringstanken. Reglerutrustningens funktion är sådan att där temperaturen på kollektorgivaren överstiger tankgivarens temperatur med en viss valbar differens sätts solfångarkretsens cirkulationspump igång från reglercentralen. När temperaturdifferensen har sjunkit under det inställda värdet stoppas pumpen.

Förutom ovannämnda reglerfunktion innehåller reglerutrustningen även en drifttidsmätare för pumpen samt lysdioder som indikerar drifttillståndet.

### Anläggning 3

I denna varmvattenanläggning är den från början oljeeldade varmvattenberedaren kompletterad med en anläggning för utnyttjande av solenergi.

Solenergianläggningen uppfördes som komplement till den befintliga oljeeldade varmvattenberedaren. Man har därför behållit den gamla delen som består av en oljepanna med integrerad varmvattenberedare. Till denna har man kopplat ett solenergisystem enligt bild II/3.

Under vinterhalvåret körs det konventionella systemet i serie med solvärmesystemet varvid tappvattnet förvärms i solenergianläggningen för att sedan tillföras oljepannans varmvattenberedare för höjning av temperaturen till det önskade värdet.

Under sommarhalvåret kopplas varmvattenberedaren bort och det av solen värmda tappvattnet matas direkt in i förbrukningskretsen.

Solfångarna är av märket LORDAN och består av fyra enheter med  $1,9 \text{ m}^2$  absorbatoryta vardera, tillsammans  $7,6 \text{ m}^2$ . De är monterade på ett garagetak i närheten av huset.

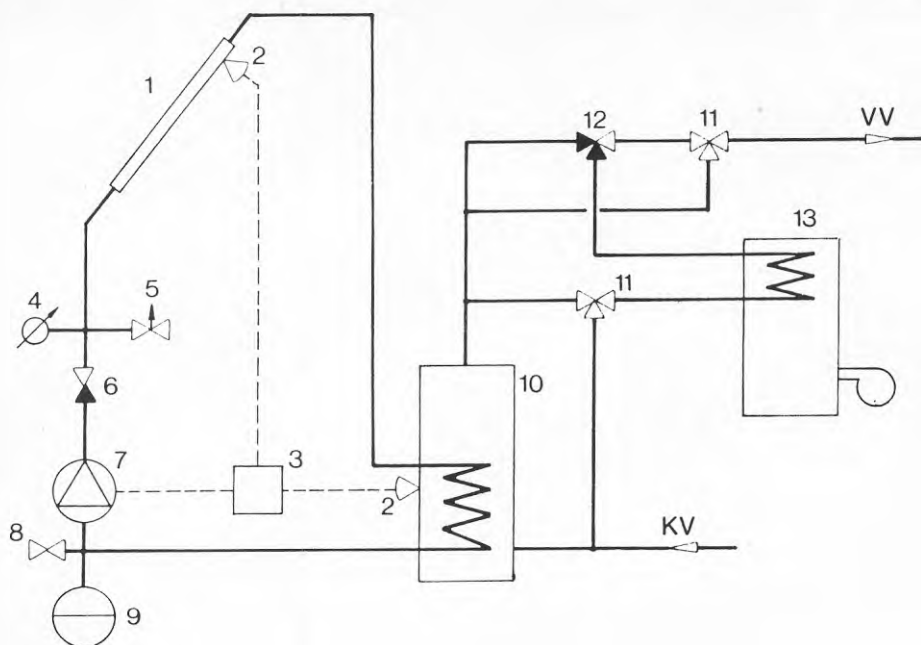


Bild II/3. Ritning över solenergisystemet.

1. Solfångarna
2. Temperaturgivare
3. Reglercentral
4. Manometer
5. Säkerhetsventil
6. Backventil
7. Cirkulationspump
8. Påfyllningsventil
9. Expansionskärl
10. Ackumulatortank
11. Trevägsventil
12. Termostatstyrd blandningsventil
13. Oljepanna med varmvattenberedare.

Absorbatorns vätskeinhåll är 1,6 liter; som värmebärare rekommenderas vatten/glykolblandning.

Absorbatorerna är provtryckta av fabrikanterna med ett tryck på 2000 kPa.

Den av fabrikanten uppgivna förväntade livslängden för solfångarna är 30 år.

Flänsarnas utformning har valts för att enligt tillverkaren dels möjliggöra multipel reflektion av solstrålarna in mot solfångarna samt att förhindra reflektion utåt, dels för att minska konvektionsförlusterna i solfångarna.

Solfångarna är fästa vid en ställning gjord av stålrör som har placerats på ett garagetak. Lutningen mot horisontalplanet kan enkelt ändras till tre valbara lägen för att möjliggöra anpassning till de gynnsammaste instrålningsförhållandena. Dessa vinklar har här valts till  $65^{\circ}$  från horisontalplanet för vinterdrift,  $55^{\circ}$  under vår och höst samt  $40^{\circ}$  sommartid.

Från garagetaket, vars baksida på grund av läget i en sluttning avslutas i marknivå, har en kulvert grävts till huset. I denna har två PVC-rör med 75 mm diameter förlagts på 0,5 m djup. I dessa befinner sig solfångarnas till- resp. frånledning (retur- resp. framledning) bestående av 22 x 3 mm polyetenrör. Ledningarna är utvändigt isolerade med polyetencellplast med dimensionen 15 x 52 mm (tjocklek 15 mm, yttre diameter 52 mm). Vid huset har genomföringar gjorts för ledningarna. Dessa går genom en tvättstuga in till pannrummet där de ansluts till ackumulatortankens värmeväxlingslinga.

Akkumulatortanken består av en behållare med 300 liter vätskeinhåll, isolerat med ca 20 mm tjockt påsprutad polyuretanskum. Undersidan är dock oisolerad. I behållaren finns en värmeväxlingslinga genom vilken solfångarkretsens medium cirkulerar.

Tanken har placerats i pannrummet i husets källarvåning.

För att åstadkomma det önskade flödet i solfångarkretsen används en cirkulationspump av märket Grundfos, typ VPS 20 - 45. Den är inkopplad i ledningen till solfångarna. Pumpen startas och stannas av reglercentralen.



Flödet genom solfångarna har justerats så att det är 0,125 l/s.

Solfångarkretsen är utförd som en sluten krets med värmeväxling i tanken. Systemet står under 100 kPa övertryck.

För att kunna ta upp mediets volymökning på grund av temperaturhöjningen finns ett expansionskärl av membrantyp kopplat till kretsen.

Eftersom anläggningen är utformad som ett slutet system har en säkerhetsventil installerats som löser ut när systemets övertryck överstiger 200 kPa.

En termostatstyrd blandningsventil förhindrar skällning genom att kallvatten blandas in i tappkretsen då temperaturen på vattnet överstiger ett förinställt värde. Värdet är inställningsbart mellan 38 - 65°C. Här har man valt ett börvärde på 45°C.

Styrning av cirkulationspumpen skedde fram till 81-05-25 medelst s.k. on-off-reglering. Den ersattes sedan med en experimentell uppsättning med varvtalsreglering av pumpen.

On-off-regleringen består av en elektronikenhet med tillhörande temperaturgivare. Den ena av dessa givare är monterad vid solfångarnas utlopp, den andra är placerad i tankens mitt. Då temperaturen i solfångargivaren överstiger den av tankgivaren uppmätta temperaturen med en viss, valbar, temperaturdifferens  $\Delta\theta_1$  startas pumpen av elektronikenheten. När en likaså valbar andra temperaturdifferens  $\Delta\theta_2$  underskrids stannas pumpen.

I den experimentella uppsättningen har samma temperaturgivare som ovan använts. De har dock kopplats till en annan elektronikenhet som möjliggör varvtalsreglering av pumpen. Detta innebär att flödet genom solfångarna kan minskas vilket medför större temperaturhöjning på mediet. Man kan då ha igång pumpen längre tid än vid endast on-off-reglering och därmed utnyttja anläggningen bättre.



För att kunna driva anläggningen även då det föreligger frysrisk har som medium för solfångarkretsen en blandning av vatten/glykol valts. Glykolhalten har satts till 40 volymprocent. Detta ger en fryspunkt för mediet på ca  $-21^{\circ}\text{C}$ .

#### Anläggning 4

I föreliggande varmvattenanläggning förvärms tappvattnet medelst ett solvärmesystem för att sedan tillföras en konventionell varmvattenberedare ansluten till oljeeldad panna.

Solenergianläggningen i Mölnlycke är levererad av Parca Norrahammar och har en systembyggnad enligt bild II/4. Anläggningen består av följande delar:

- o solfångare (1)
- o expansionskärl (2)
- o ackumulator (3)
- o reglercentral med tillhörande givare (4)
- o cirkulationspump (5)
- o rörledningar, div. ventiler, monteringsdetaljer.

Solvärmesystemet är ansluten till en oljeeldad varmvattenberedare (7) för värmning av vattnet till önskad temperatur.

I systemet ingår 3 st. solfångare av märket LENNOX, typ LSC 18-1S om  $1,43 \text{ m}^2$  absorbatoryta vardera. Solfångarna består av en absorbatörplåt i stål (1) som är bockat runt kopparröret (2) genom vilka solfångarmediet cirkulerar. Plåten är belagt med ett selektivt skikt av svart krom. Absorbatorn är upphängd i silikongummistöd (3) i solfångarens sidoväggar.

Höljet (4) består av galvaniserat och målat stålplåt. Solfångarens glasning (5) består av en 3 mm tjock, specialhårdad och antireflexbehandlad glasskiva som hålls på plats av karm-lister (6) i aluminium. Mellan absorbatorn och höljets baksida har en isolering (7), som består av en 75 mm tjock mineralullsmatta, lagts.

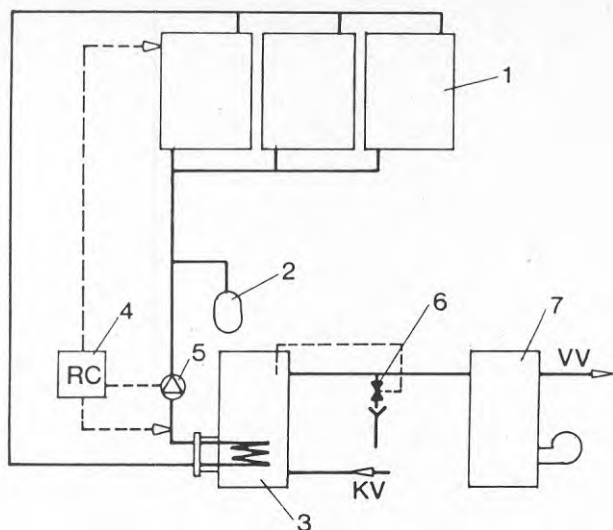


Bild II/4. Systemskiss över solfångaranläggningen i Mölnlycke.

Varje solfångarelement väger 53 kg och har ett vätskeinhåll på 1 liter. Solfångarelementens yttermått är 0,91 x 1,82 x 0,15 m.

Eftersom solfångarsystemet är utfört som sluten krets har ett expansionskärl med en volym på 8 liter anslutits till kretsen. Till detta är även en säkerhetsventil, som löser ut vid 150 kPa övertryck, samt en manometer ansluten.

Lagringstanken är av märket Parca Norrahammar, Parcatherm, med en volym på 300 l. Den är utförd som tryckkärl i kopparfodrad stålplåt. I tankens nedre del är en värmeväxlingslinga monterad genom vilken solfångarmediet cirkulerar.

Manteln och tanktoppen är isolerade med 40 mm tjock mineralullsmatta med utvändigt beklädnad av fiberförstärkt platts respektive en polystyrenavel på toppen. Tankbotten är oisolerad och försedd med en fotring för stående montage.

För styrning av solfångarpumpen har en reglerutrustning av märket Landis & Gyr, typ RSA 22 installerats. Den består av en elektronisk differensstemperaturtermostat och två till denna kopplade temperaturgivare, se bild II/4.

Funktionen är följande: när temperaturen i givaren vid solfångaren överstiger den av tankgivaren uppmätta temperaturen med en inställbar differens (här valt till 2-5°C), startas cirkulationspumpen. När differensen underskrids stannas pumpen igen.

Cirkulationspumpen är av fabrikat Myson, typ LC-5200. Den transporterar solfångarmediet från tankbotten till solfångarna där det värms och leds tillbaka till batteriet i ackumulatortanken.

För att omöjliggöra kokning i ackumulatortanken har en termisk temperaturbegränsare monterats i tappvattenkretsen. Dess funktion är följande:

då temperaturen i tanken närmar sig kokpunkten (vid ca 95°C) löser en temperaturgivare i tanken ut en ventil i varmvattenledningen som släpper ut varmvatten i avloppet. Samtidigt fylls tanken med kallvatten, varvid temperaturen i tanken sjunker och ventilen åter stänges.

Systemets rörledningar är på solfångarsidan utförda i 15 mm kopparrör, väggtjocklek 1 cm, och isolerade med 20 mm tjock mineralull.

Ledningarna är till största delen förlagda inom bostaden samt delvis även på vinden.

Rörledningarna mellan tanken och pannan är utförda i 22 mm kopparrör och isolerade med mineralull.

För att förhindra frysning i solfångarna och i rörledningarna används en vatten/glykol-blandning i solfångaranläggningen. Blandningsförhållandet är ca 1:1. Fryspunkten för denna blandning blir ca -35°C.

## Anläggning 5

Denna solenergianläggning är avsedd för värmning av tappvatten i kombination med en elektrisk varmvattenberedare.

Solenergisystemets uppbyggnad framgår ur bild II/5. Det består av följande komponenter:

- o solfångarna
- o rörledningar
- o ackumulatortank
- o cirkulationspump
- o expansionskärl
- o säkerhetsutrustning
- o reglerutrustning
- o tillsatsenergi.

Solfångarna är av märket LORDAN och tillverkade i Israel.

Glasningen består av en täckskiva av 3 mm tjock maskinglas som omslutes av en EPDM-gummlist. Den genomskinliga arean är 1,87 m<sup>2</sup>.

Solfångarpanelens ram består av varmgalvaniserad stålprofil som dessutom är målad på utsidan. I ramen har glasningens täcklister skruvats fast. Även dessa består av galvaniserad och målad stålprofil.

Absorbatorn består av kopparrör med fastklämda aluminiumflänsar med speciell profil. Rören och flänsarna är svartmålade.

Isoleringen består av skummad polyisocyanurat och är 22 mm tjockt bakom absorbatorn samt 19 mm tjockt i sidorna. Isoleringen utgör även solfångarens täckning bakåt.

Absorbatorns vätskeinhåll är 1,6 l; som värmebärare rekommenderas vatten/glykolblandning.

Absorbatorerna är provtryckta av fabrikanten med ett tryck på 2000 kPa.

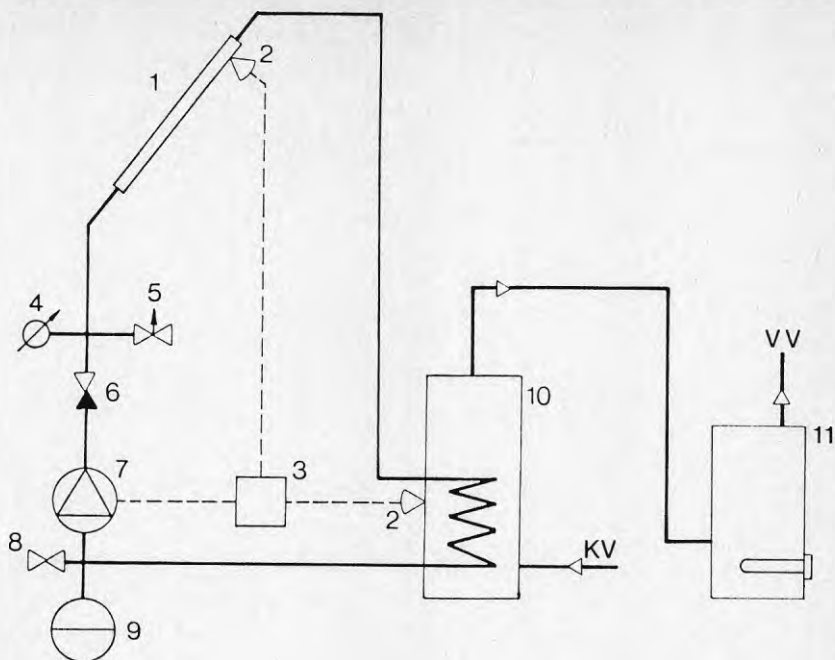


Bild II/5. Ritning över solenergisystemet.

1. Solfångarna
2. Temperaturgivare
3. Reglercentral
4. Manometer
5. Säkerhetsventil
6. Backventil
7. Cirkulationspump
8. Påfyllningsventil
9. Expansionskärl
10. Ackumulatortank
11. Varmvattenledare

Den av fabrikanter uppgivna förväntade livslängden för solfångarna är 30 år.

Fyra sådana solfångarpaneler har sammanfogats till en enhet. De har därvid fått ersätta taktäckningen.

Ledningarna från solfångarna har dragits genom vinden till en oanvänd skorsten, genom vilken de går vidare till ett källarutrymme där tanken står.

Rörledningen består av förnätade polyetenrör med 22 mm yttre diameter och 3 mm tjocklek. Isoleringen är utförd i polyeten-cellplast med en yttre diameter om 52 mm och en isolertjocklek på 15 mm.

Akkumulatortanken av märket AUTOTHERM är placerad i ett uppvärmt källarutrymme.

Den består av en trycktank med 300 l vätskeinhåll, isolerad med ca 40 mm mineralull. Undersidan är oisolerad. Genom en värmeväxlingsring i tanken cirkuleras solfångarmediet.

Temperaturen i cisternrummet varierar från ca 9°C vintertid till ca 15°C sommartid.

Varmvattnet tappas av i tankens topp och leds därifrån vidare till varmvattenberedaren. Kallvattentillförseln sker från det kommunala nätet; anslutningen är gjord i tankbotten.

För att åstadkomma det önskade flödet i solfångarkretsen har en cirkulationspump av märket SMC, typ Commodore 180, monterats. Pumpen startas och stannas av reglercentralen.

Flödet genom solfångarna har injusterats och är ca 0,13 l/s.

Solfångarkretsen är utförd som en sluten krets med värmeväxling i tanken. Systemet står under 100 kPa övertryck.

För att kunna ta upp mediets volymökning på grund av temperaturhöjningen finns ett expansionskärl av membrantyp kopplat till kretsen.

Eftersom anläggningen är utformad som ett slutet system har en säkerhetsventil installerats som löser ut när systemets övertryck överstiger 200 kPa.

För att kunna tappa ur resp. fylla på solfångarkretsen finns diverse tapp- och avstängningsventiler monterade.



Styrning av cirkulationspumper sker medelst s.k. on-off-reglering med hjälp av en elektronisk differenstermostat.

On-off-regleringen består av en elektronikenhet med tillhörande temperaturgivare. Den ena av dessa givare är monterad vid solfångarnas utlopp, den andra är placerad i tankens mitt. Då temperaturen i solfångargivaren överstiger den av tankgivaren uppmätta temperaturen med en viss, valbar, temperaturdifferens  $\Delta\theta_1$  startas pumpen av elektronikenheten. När en likaså valbar andra temperaturdifferens  $\Delta\theta_2$  underskrids stannas pumpen.

För att kunna driva anläggningen även då det föreligger frysrisk har som medium för solfångarkretsen en blandning av vatten/glykol valts. Glykolhalten har satts till 40 volymprocent. Detta ger en fryspunkt för mediet på ca  $-21^{\circ}\text{C}$ .

Eventuell skiktning av vatten/glykolblandningen elimineras genom att anläggningen är igång även vintertid. Pumpen sätts därför igång då solinstrålningen är tillräckligt hög varvid mediet blandas om och förhindrar skiktning.

### Anläggning 6

Tappvattenanläggning där ett solvärmesystem kombineras med en konventionell, oljeeldad varmvattenberedare och där man även får visst tillskott genom vedeldning.

I bild II/6 visas hur solvärmesystemet och det till detta kopplade tillsatsvärmesystemet är uppbyggt. De viktigaste komponenterna är:

- o solfångare
- o rörledningar
- o ackumulatortank
- o cirkulationspump
- o reglerutrustning
- o säkerhetsutrustning
- o insats i öppen spis för nyttjande av vedenergi som tillsatsvärme
- o oljepanna.



I det följande beskrivs dessa komponenters uppbyggnad och funktion.

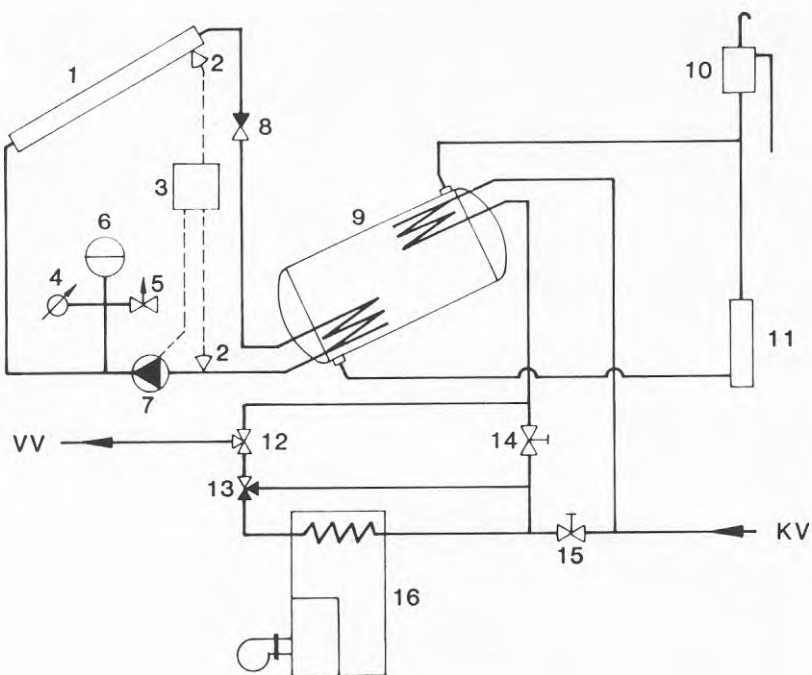


Bild II/6. Ritning över solenergisystemet och den därtill kopplade braskaminen med värmväxlarinsats.

1. Solfångarna
2. Temperaturgivare
3. Reglercentral
4. Manometer
5. Säkerhetsventil
6. expansionskärl
7. Cirkulationspump
8. Backventil
9. Ackumulatortank
10. Expansionskärl för braskaminen
11. Värmväxlarinsats i braskaminen
12. Trevägsventil (sommar/vinteromkoppling)
13. Termostatstyrd blandningsventil
14. Avstängningsventil
15. Avstängningsventil
16. Oljepanna

Solfångarna är av märket LORDAN och tillverkade i Israel.

Deras uppbyggnad framgår av beskrivningen för anläggning 5.

Från solfångarna har rör dragits till ackumulatortanken. Ledningarna är utförda i kopparrör med 15 mm yttre diameter och med 1 mm vägg tjocklek. De är isolerade med ca 15 mm mineralull respektive cellplast på några ställen.

Rörledningen från solfångarna till tanken är 4,5 m lång och den från tanken till solfångarna är 3,5 m lång.

För värmelagring har en ackumulatortank av märket CTC installerats. Den rymmer en vätskemängd om 610 l. Som framgår av bild II/6 har tanken inmonterats lutande. Tanken är mycket väl isolerad; isolertjockleken är mellan 15 och 30 cm. Isoleringen är utförd i mineralull.

Tanken har byggts in i ett utrymme på vinden.

Inkoppling av solfångaren - och av tappvattenkretsen - sker via värmeväxlare, utförda som kamflänsbatterier och inmonterade i tankens botten respektive topp.

För att få önskat flöde i solfångarkretsen är systemet försett med en cirkulationspump av märket SMC, typ Commadore 180. Flödet har justerats in så att det uppgår till 0,09 l/s; pumpens effektutveckling är härvid ca 70 W.

Solfångarkretsen är utförd som en sluten krets med värmeväxling i tanken. Systemet står under 100 kPa övertryck.

För att kunna ta upp mediets volymökning på grund av temperaturhöjningen finns ett slutet expansionskärl av membrantyp kopplat till kretsen.

Eftersom anläggningen är utformad som ett slutet system har en säkerhetsventil installerats som löser ut när systemets övertryck överstiger 200 kPa.

För att kunna tappa ur respektive fylla på solfångarkretsen finns diverse tapp- och avstängningsventiler monterade.

Styrning av cirkulationspumpen sker medelst s.k. on-off-reglering, se anläggning 5.

Den ena av dess givare är monterad vid solfångarens utlopp, den andra är placerad i tankens mitt. Då temperaturen i solfångargivaren överstiger den av tankgivaren uppmätta temperaturen med en viss, valbar, temperaturdifferens  $\Delta\theta_1$  startas pumpen av elektronikenheten. När en likaså valbar andra temperaturdifferens  $\Delta\theta_2$  underskrids, stannas pumpen.

För att kunna driva anläggningen även då det föreligger frysrisk har som medium för solfångarkretsen en blandning av vatten/glykol valts, se anläggning 5.

#### Anläggning 7

Solenergianläggning för beredning av varmvatten i kombination med en elektrisk varmvattenberedare.

I bild II/7 visas den schematiska uppbyggnaden av solvärmesystemet. Komponenterna är (siffrorna hänför sig till bild II/7):

1. Solfångarna
2. Temperaturgivare
3. Reglercentral
4. Manometer
5. Säkerhetsventil
6. Expansionskärl
7. Cirkulationspump
8. Backventil
9. Ackumulatortank
10. Varmvattenberedare
11. Elpatron
12. Div. avstängningsventiler.

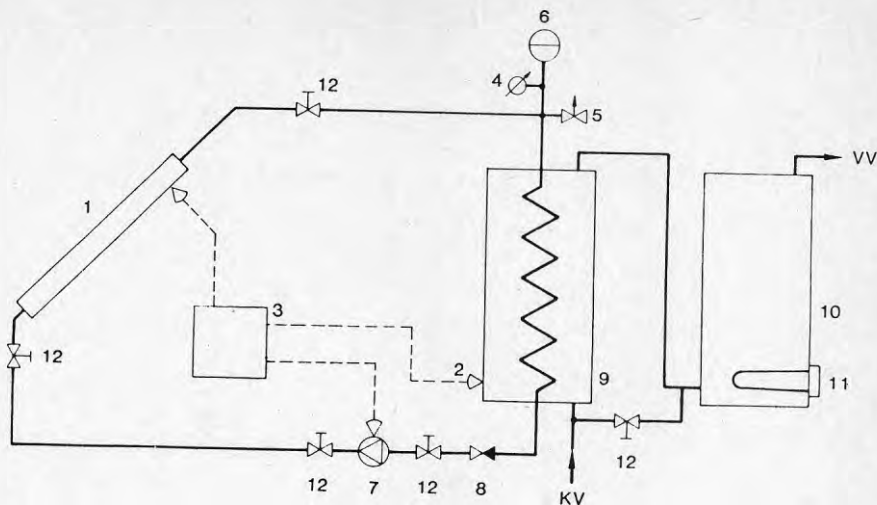


Bild II/7. Solfångarsystemet.

Solfångarna är av märket SVENSKA FLÄKTFABRIKEN, typ Sunterm.

Absorbatorns storlek är  $4 \text{ m}^2$  per enhet, dess vätskeinhåll är ca  $1 \text{ l/m}^2$ .

Täckningen består av glasfiberförstärkt polyester med en tjocklek av 2 mm. Materialet är belagt med ett ytskikt som skall skydda mot ultraviolett strålning och därmed enligt fabrikanterna se till att transmissionsegenskaperna för täckningen bibehålls oförändrade under minst 20 år.

Kollektorns ramverk är utfört i varmförzinkad och målad plåt; baksidan består av galvaniserad plåt.

Absorbatornplåten utgörs av en 0,25 mm tjock kopparrör, vars ovansida har belagts med ett ytskikt med selektiva egenskaper, dvs. skiktet har hög absorptionskoefficient för solstrålning men låg emissionskoefficient för värmestrålning. Det selektiva skiktet minskar därmed strålningsförlusterna från absorbatorn. Skiktet består av s.k. "svartkrom".

På absorbatorns baksida har en rörslinga lösts fast. Slingan består av kopparrör med en yttre diameter på 1/2 tum.

Utrymmet bakom absorbatoren har fyllts med en 50 mm tjock mineralullsmatta. För att motverka fukt i isoleringen är utrymmet tätat i skarverna.

Anslutningarna på in- och utlopp består av kopparrör med en yttre diameter på 12 mm och en vägg tjocklek på 1 mm.

Absorbatorns vätskeinhåll är ca  $1 \text{ l/m}^2$  absorbatoryta. Som värmebärare rekommenderas en vatten/glykolblandning, där glykolhalten uppgår till 35 %.

Absorbatoren är provtryckta av tillverkaren med ett tryck av 600 kPa. Det maximala drifttrycket anges till 300 kPa, den maximala drifttemperaturen till  $140^{\circ}\text{C}$ .

Från solfångarna har ledningar dragits genom en ventilationstrumma ned till tvättstugan, där ackumulatortanken är uppställd.

Rörledningarna är utförda i kopparrör med en yttre diameter på 22 mm och en vägg tjocklek på 1 mm. De är isolerade med cellplast med en tjocklek av  $1/2$  tum.

Akkumulatortanken består av en cylindrisk stålbehållare med invändig kopparbeklädnad. Vattenvolymen är 300 l. Tanken är utvändigt isolerad med ett ca 30 mm tjockt lager polyuretanskum. Tankbotten är dock isolerad. Cylindern är fastsatt på ett skelett av stålprofiler och har ett yttre hölje av emaljerad stålplåt.

Genom en värmväxlingsring i tanken, bestående av kamflänsrör utförda i koppar, cirkuleras solfångarmediet. Slingan går genom hela tanken; dess anslutningar är gjorda i tankens topp.

Varmvattnet tappas av i tankens topp och tillförs den konventionella elektriska varmvattenberedare för eventuell uppvärmning. Kallvattentillförseln sker i tankens bottendel. Tanken är godkänd för ett högsta drifttryck av 900 kPa.

Cirkulationspumpen har till uppgift att åstadkomma önskat flöde i solfångarkretsen. Pumpen är av märket GRUNDFOS och har en effektopptagning på 40 W. Flödet genom solfångarna har injusterats till ca 0,125 l/s, dvs. ca 0,016 l/s,m<sup>2</sup> absorbatoryta.

Solfångarkretsen är utförd som en sluten krets med värmeväxling i tanken. Systemet står under 150 kPa övertryck.

För att kunna ta upp solfångarmediets volymökning till följd av temperaturhöjning i solfångarna, finns ett expansionskärl av membrantyp kopplat till kretsen.

Eftersom anläggningen är utformad som ett slutet system har en säkerhetsventil installerats som utlöser när systemets övertryck överstiger 300 kPa.

Styrning av solfångarkretsens cirkulationspump sker medelst en elektronisk differenstermostat. Den består av en elektronikenhet med tillhörande temperaturgivare, se bild II/7. En givare är monterad vid utloppet av den ena solfångarpanelen, den andra givaren är placerad i tankens mitt. När temperaturen på kollektorgivaren överstiger tankgivarens temperatur med ett visst, valbart, värde startas cirkulationspumpen för att stängas av igen när temperaturskillnaden mellan givarna underskrider ett annat, valbart värde.

För att kunna driva anläggningen även då det föreligger frysrisk har som medium för solfångarkretsen en blandning av vatten/glykol valts, se anläggning 5. Detta ger en fryspunkt för mediet på ca -21°C, se bild II/11.

### Anläggning 8

Solenergianläggning för tappvattenberedning, kombinerad med såväl konventionell oljeeldning som med elektrisk varmvattenberedning.



Systemets principiella uppbyggnad visas i bild II/8, där de viktigaste komponenterna är:

- o solfångare
- o rörledningar
- o ackumulatortank
- o cirkulationspump
- o reglerutrustning
- o säkerhetsutrustning
- o tillsatsvärme.

I det följande beskrivs komponenternas uppbyggnad och funktion.

Solfångarna i anläggningen är "självbyggeri". Höljets konstruktion och utförandet av den bakre isoleringen visas i bild II/9.

Glasningen utgörs av en 3 mm tjock maskinglasskiva, som är elastiskt infäst vid kanterna.

Den strålningsabsorberande delen i solfångaren består av två komponenter, dels en svartmålad mineralullsskiva med en tjocklek av 15 mm och dels på denna fastklamrade kopparrör med diametern 18 mm. Rörens delningsförhållande är 50 mm. De är förlagda horisontellt och seriekopplade i ändarna.

Absorbatorkonstruktionen medför att den mellan rören infallande strålningen ej tillförs solfångarmediet direkt utan i stället värmer mineralullsskivan och utrymmet mellan skivan och täckglaset. Genom konvektion och strålning överförs dock en del av värmen till rören, se nedan.

Baksidans isolering är mycket väl tilltagen. Den består av i tur och ordning från absorbatoren räknat:

- mineralullsskiva, 15 mm
- aluminiumhölje för solfångaren, 0,9 mm
- aluminiumfolierat kraftpapper, 0,15 mm
- mineralullsskiva, 15 mm
- aluminiumfolierat kraftpapper, 0,15 mm
- polystyrencellplastskiva, 40 mm



- spontat virke, ca 12,5 mm.

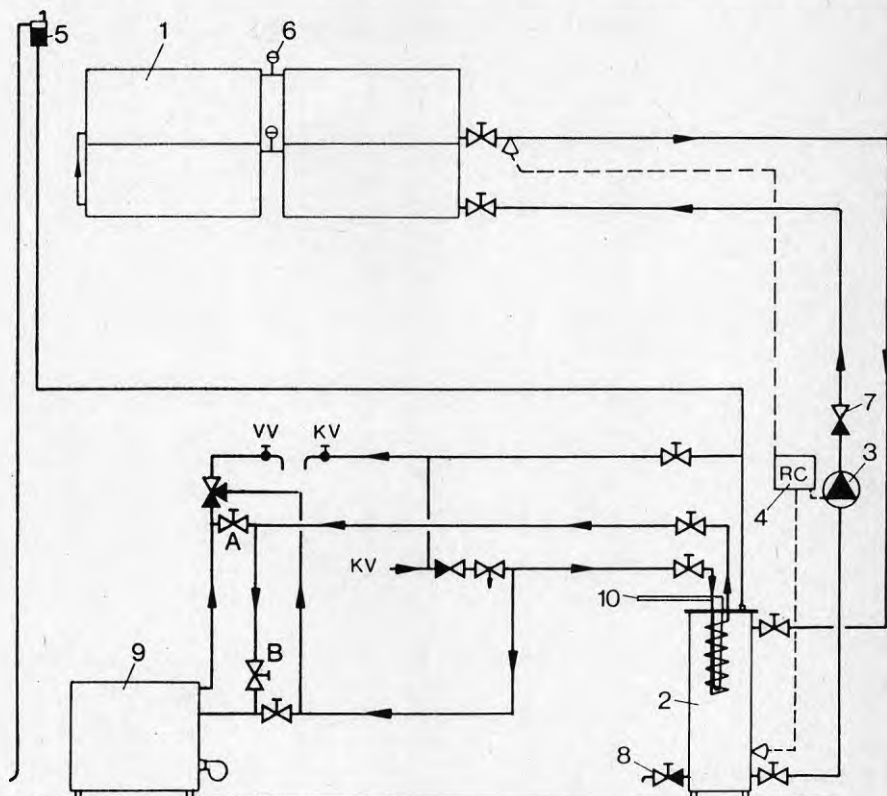


Bild II/8. Ritning över solenergisystemet före ändringen.  
Siffrorna hänför sig till:

1. Solfångare
2. Ackumulatortank
3. Cirkulationspump
4. Reglercentral
5. Expansionskärl
6. Luftningsventil
7. Backventil
8. Avtappningsventil
9. Oljepanna
10. Elpatron
11. Termostatstyrd blandningsventil.

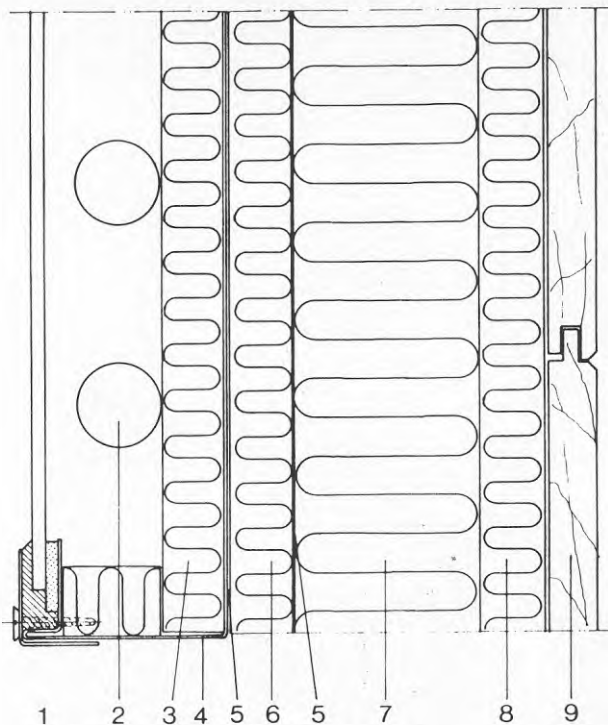


Bild II/9. Solfångarens principiella uppbyggnad. Siffrorna hänför sig till:

1. Maskinglas, 3 mm
2. Svartmålad kopparrör, 18 x 1 mm
3. Svartmålad mineralullsmatta, 15 mm
4. Aluminiumplåt, 0,9 mm
5. Aluminiumfolierad kraftpapper, 0,15 mm
6. Mineralullsskiva, 15 mm
7. Polystyrencellplast, 40 mm
8. Mineralullsskiva, 15 mm
9. Spontat virke, 1/2".

Solfångarna är uppsatta på en ställning på ett garagetak i anslutning till huset. Solfångaren består av 4 enheter om ca  $1,5 \text{ m}^2$  vardera.

Absorbatorrörens vätskeinhåll är ca  $4 \text{ l/m}^2$ . Som värmeöverförande medium används en vatten/glykolblandning.

Systemet har under mätningarnas gång modifierats något. Före september 1980 var anläggningen uppkopplad enligt bild II/8. Senare har systemet i stället sett ut som schemat i bild II/10 visar.

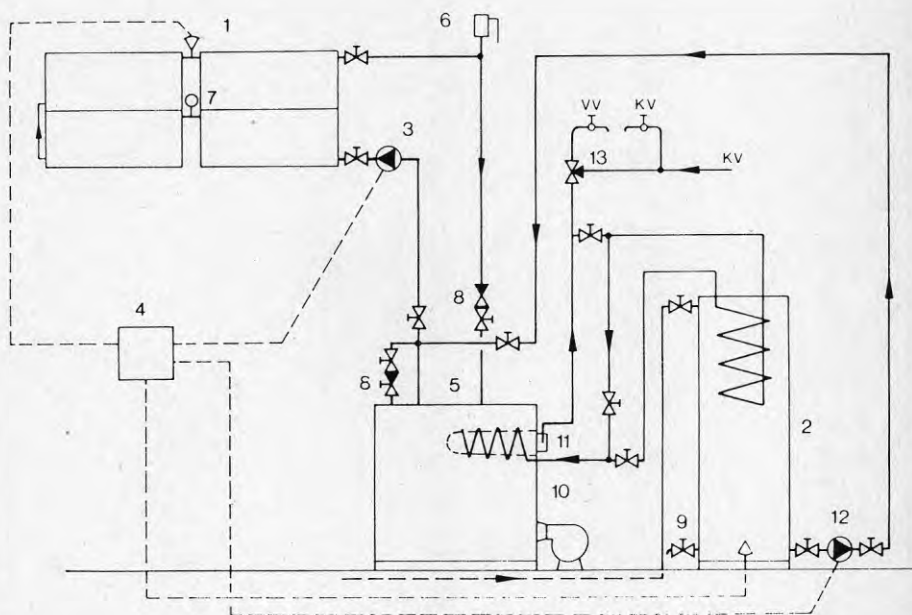


Bild II/10. Ritning av solfångarsystemet efter modifieringen.

Siffrorna hänför sig till:

1. Solfångare
2. Ackumulatortank
3. Cirkulationspump för solfångarmediet
4. Reglerventil
5. Värmeväxlarenhet
6. Expansionskärl
7. Luftningsventil
8. Avtappningsventil
9. Avtappningsventil
10. Oljepanna
11. Elpatron
12. Cirkulationspump för lagringdmediet
13. Termostatstyrd blandningsventil.

Rörledningen består av polyeten- och kopparrör, isolerade med 50 mm mineralull. I systemets första utläggning cirkulerade vätskan direkt från tankbotten till solfångarna och leddes efter passage genom dessa vidare till tanktoppen.

Efter systemets ombyggnad tillförs solfångarmediet i stället en koaxialväxlare, utförd helt i koppar. Koaxialväxlarens andra ledning är ihopkopplad med ackumulatortankens bottendel på ingående sidan; växlarens utgående ledning går till pannans toppdel. Från pannans bottendel förs pannvattnet vidare till ackumulatortankstoppen.

Akkumulatortanken består av ett rostfritt rör med en diameter av 0,5 m och en längd av ca 1,9 m som har försetts med påsvetsade gavlar.

Isoleringen består av polystyrencellplast i kombination med mineralull; ytterst sitter en beklädnad av galvaniserad och lackerad plåt. Den sammanlagda isolertjockleken varierar mellan 10 och 20 cm längs med manteln. Tankens topp har en isolertjocklek av ca 16 cm.

Tanken är försedd med anslutningsmuffar för cirkulationsledningarna. Genom tanktoppens gavel har en värmeväxlar slinga i koppar, som värmer tappvattnet, förts in. Dessutom var före ändringen av systemet en elpatron monterad i tanktoppen. Tanken har ett vätskeinhåll av 373 l.

I systemet fanns ursprungligen bara en pump installerad, se bild II/8. Den ombesörjer cirkulation av solfångarmediet. Den är av märket SMC, typ Commadore 180-60, och har en märkeeffekt på mellan 140 och 185 W, beroende på inställning (fem valbara steg).

Vid ändring av systemet har ytterligare en pump installerats. Pannvattnet pumpas mellan tank, värmeväxlare och oljepannans varmvattenberedare, se även bild II/10.

För att kunna uppta det värmeöverförande mediets volymökning vid temperaturökning, har ett öppet expansionskärl monterats.

Då systemen i båda fallen är öppna, står de under atmosfärstryck och någon säkerhetsanordning mot övertryck är ej behövlig.

Styrning av cirkulationspumpen sker medelst s.k. on-off-reglering med hjälp av en elektronisk differenstermostat, se t.ex. anläggning 6.

För att undvika frysning i anläggningen har systemet försetts med värmeöverförande media av typ vatten/glykol-blandning, i detta fall med 40 % glykolinblandning före modifieringen och 80 % efter modifieringen av systemet.

En vatten/glykol-blandnings fryspunkt varierar med blandningsförhållandet så som visas i bild II/11. Av bilden framgår att den kritiska temperaturen för anläggningen var ca  $-20^{\circ}\text{C}$ , för att efter modifieringen vara ca  $-45^{\circ}\text{C}$ .

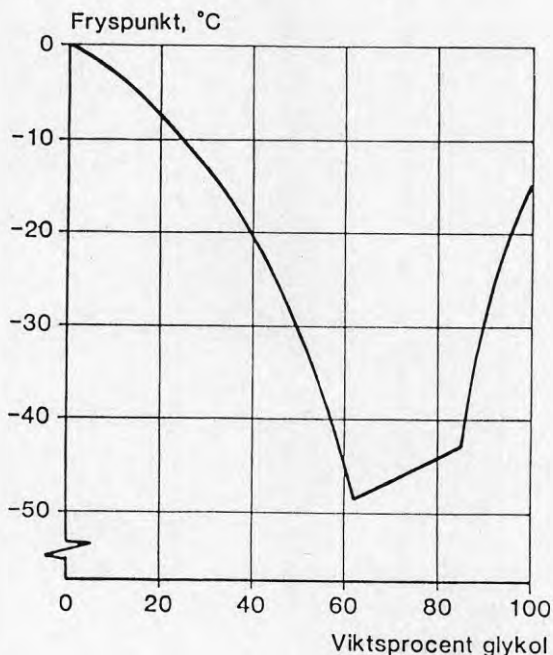


Bild II/11. Fryspunkt för en vatten/glykol-blandning. Efter Peterson & Ringblom (1978).

## Anläggning 9

Solenergianläggning för beredning av tappvatten, kombinerad med elektrisk tillsatsvärme.

Den principiella uppbyggnaden av solvärmesystemet visas i bild II/12. De viktigaste komponenterna i systemet är:

- o solfångarna
- o rörledningar
- o ackumulatortank
- o cirkulationspump
- o expansionskärl
- o säkerhetsutrustning
- o reglerutrustning
- o tillsatsenergi

Solfångarnas absorbatörer är av märket BUCHER. Absorbatorn består av två formpressade plåtar i rostfritt stål, som genom pressningen och punktsvetsning i beröringspunkterna bildar kanaler genom vilka solfångarmediet kan strömma.

Den strålningsmottagande ytan har fått en selektiv beläggning, som enligt fabrikanten har en absorptivitet  $a > 0,90$  och en emissivitet  $\epsilon < 0,18$ . Absorbatorns strålningsmottagande yta är ca  $1,38 \text{ m}^2$ . Vätskeinnhållet är ca  $1,44 \text{ l per m}^2$  absorbatoryta.

Absorbatorerna har placerats i en platsbyggd ramkonstruktion av aluminiumplåt. Ramverket har som bottenplåt försetts med korrugerad takplåt av standardutförande. Ramverksplåtarna kantpressades i Z-profil och nitades mot den underliggande bottenplåten. Absorbatorerna isolerades bakåt med 100 mm mineralull, bestående av två lager om vardera 50 mm.

Absorbatorerna vilar mot isolerskiktet. Distansen mot den nedersta ramprofilen erhålls genom att tryckimpregnerade trälistor placerats mellan absorbatörplåten och ramen.

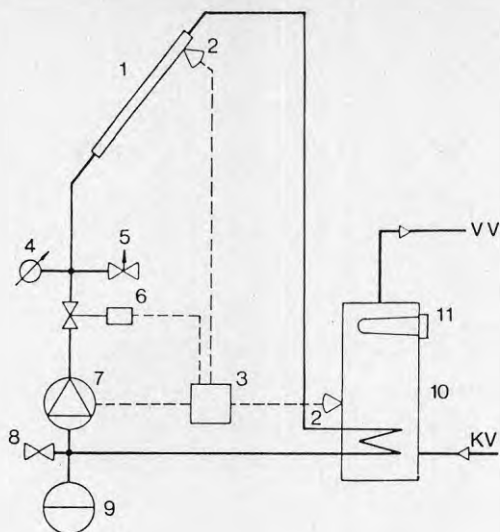


Bild II/12. Ritning över solenergisystemet.

1. Solfångarna
2. Temperaturgivare
3. Reglercentral
4. Manometer
5. Säkerhetsventil
6. Backventil
7. Cirkulationspump
8. Påfyllningsventil
9. Expansionskärl
10. Ackumulatortank
11. Elpatron

Solfångarnas täckskena utgörs av en glasfiberförstärkt polyester-skiva av märket SUNLITE. Skivan har belagts med en yta som motverkar åldring genom inverkan av UV-ljus.

Systemets rörledning är utförda i stålror, dimension 3/4". Isoleringen består utomhus av rörskålar i mineralull med en tjocklek av ca 50 mm och som är försedda med ett hölje i tunn aluminiumplåt. De inomhus dragna ledningarna är oisolerade.



Systemets cistern är av märket NIBE. Den är utförd som en kopparfodrad, cylindrisk tryckbehållare i stålplåt. Tanken rymmer ca 300 l. Behållarens mantelyta och tanktoppen har isolerats med ca 30 mm påsprutad polyuretancellplast, dess bottendel är oisolerad. Cisternen är fastsatt på ett stativ av ihopsvetsade stålprofiler och den har en utvändig beklädnad av brännlackerad stålplåt.

I cisternens bottendel har en värmeväxlarlinga, bestående av ett 8,5 m långt kamflänsrör i koppar, med en värmeöverförande area av  $2,1 \text{ m}^2$ , monterats. Värmeväxlaren överför det av solfångarmediet upptagna värmets till vattnet i tanken.

Alla röranslutningar till tanken finns i tankbotten.

Cisternen är via ett ventilrör ansluten till det kommunala vattennätet, varför tanken står under vattenledningstryck. Vattentrycket utnyttjas då varmvatten skall ledas från tanktoppen till tappningsställena.

Solvärmesystemet är försett med en cirkulationspump av märket Grundfos, typ VPS 21-45. Pumpen har en i två steg valbar ineffekt på 75 respektive 105 W. Systemet har injusterats så att flödet genom anläggningen blir 0,2 l/s i läge 1 respektive 0,23 l/s i läge 2.

Pumpen startas och stannas av reglercentralen.

Då mediet värms i solfångarna, kommer dess volym att öka. För att kunna ta upp volymökningen och förhindra att trycket i systemet ökar nämnvärt, har ett slutet expansionskärl av membrantyp installerats.

Då systemet är utformat som ett slutet system och det trots expansionskärl finns viss risk för uppträdande av för höga tryck, har anläggningen försetts med en säkerhetsventil som öppnas då ett visst övertryck har uppnåtts.

En termostatstyrd blandningsventil förhindrar skällning genom att kallvatten blandas in i tappkretsen då temperaturen på

vattnet överstiger ett förinställt värde. Värdet är inställningsbart mellan 38-65°C. Här har man valt ett börvärde på 50°C.

Styrning av cirkulationspumpen sker medelst en elektrisk differenstermostat. Den består av en reglercentral och två till denna kopplade temperaturgivare. När temperaturen i den ena givaren, som sitter vid utloppet till en av solfångarna, överstiger temperaturen i den andra givaren, som är placerad invid cisternens bottendel, med en viss, valbar temperaturdifferens, startas pumpen för att stannas när en annan, lika så valbar, temperaturdifferens underskrids.

Reglerutrustningen används även för att öppna respektive stänga en motorventil som skall förhindra oönskad själv-cirkulation i systemet och som ersätter den backventil som från början satt i systemet.

För att undvika att det slutna systemet, som alltid innehåller vätska i rörledningarna, skall riskera sönderfrysning, har frostskyddsmedel tillsatts vattnet. Som frostskyddsmedel har man valt ethylenglykol, som har blandats med vattnet så att en glykolhalt på ca 30 % uppnåtts. Som framgår av bild II/11 fås en fryspunkt för mediet som är ca -13°C.

#### Anläggning 10

Solenergianläggning för tappvattenberedning, kombinerad med såväl konventionell oljeeldning som med elektrisk varmvattenberedning.

De installerade solfångarna har konstruerats och byggts av ägaren själv i nära samarbete med ägaren till anläggning 8. Systemutformningen kom dock att bli något olika.

Systemets principiella uppbyggnad visas i bild II/13, där de viktigaste komponenterna är:

- o solfångare
- o rörledningar

- o ackumulatortank
- o cirkulationspump
- o reglerutrustning
- o säkerhetsutrustning
- o tillsatsvärme

I det följande beskrivs komponenternas uppbyggnad och funktion.

Glasningen utgörs av en 3 mm tjock maskinglasskiva, som är elastiskt infäst vid kanterna.

Den strålningsabsorberande delen i solfångaren består av två komponenter, dels en svartmålad mineralullsskiva med en tjocklek av 15 mm och dels på denna fastklamrade kopparrör med diametern 10 mm. Rörens delningsförhållande är 45 mm. De är förlagda horisontellt och seriekopplade i ändarna.

Absorbatorkonstruktionen medför att den mellan rören infallande strålningen ej tillförs solfångarmediet direkt utan i stället värmer mineralullsskivan och luftskiktet mellan skivan och täckglasat. Genom konvektion och strålning överförs dock en del av värmen till rören, se nedan.

Baksidans isolering är mycket väl tilltagen. Den består av i tur och ordning från absorbatoren räknat:

- o mineralullsskiva, 15 mm
- o polystyrencellplastskiva, 50 mm
- o husväggen.

Solfångaren är monterad på en husvägg. Den är byggd i två enheter, vardera 8 m lång och 0,8 m bred, och har en sammanlagd absorbflyta på  $12,5 \text{ m}^2$ .

Absorbatorrörens vätskeinhåll är ca  $1 \text{ l/m}^2$ . Som värmeöverförande medium används en vatten/glykolblandning.

Rörledningarna i systemet är utförda i kopparrör och i polyetenrör av varierande dimensioner. Rören är till största delen

förlagda i en ränna under källartaket och mycket välisolerade. Från solfångarna (nr 1 i bild II/13) leds rören genom källaren till värmeväxlaren (8). Denna är utförd som en koaxialrörväxlare, där den yttre ledningen består av ett 8 m långt polyetenrör med en yttre diameter av 30 mm, i vilket ett kopparrör med 12 mm yttre diameter har förlagts. Solfångarmediet cirkuleras genom det inre röret; i det yttre röret cirkuleras vatten från oljepannans (2) bottendel, varifrån det leds genom en 25 m lång polyetenrörslinga (9) i ackumulatortanken innan det via värmeväxlaren tillförs pannans toppdel.

Akkumulatortanken är utförd i galvaniserad plåt. Vattnet i tanken cirkuleras ej utan används endast för värmelagring. Eftersom tanken är öppen, har den ej behövt utföras som trycktank.

I tanken har två rörslingor, bestående av vardera 25 m förnätade polyetenrör med 22 mm yttre diameter förlagts. Den ena slingan används för förvärmning respektive värmning av tappvattnet (10), i den andra slingan cirkuleras mediet som överför värmnet mellan värmeväxlare (8), panna och ackumulatortank.

Tanken är placerad i ett hörn i husets pannrum. Mellan rummets väggar och tanken har en isolering bestående av två mineralullsskivor à 15 mm tjocklek lagts. Sidorna mot rummet är isolerade med polystyrencellplastskivor med en tjocklek på 10 cm och en utvändigt beklädnad i form av en mineralullsskiva.

För att åstadkomma önskat flöde i systemet finns två cirkulationspumpar monterade.

Den ena pumpen sitter i solfångarkretsen och den andra sörjer för cirkulationen av pannvattnet mellan tank, värmeväxlare och panna. Solfångarkretsens pump är av märket SMC, typ Commodore 125 SE med en upptagen effekt av 130-190 W, beroende på valet av varvtal. Den andra pumpen är av typen Commodore 180-45. Dess märkeffekt är 70-130 W, beroende på valt varvtal.

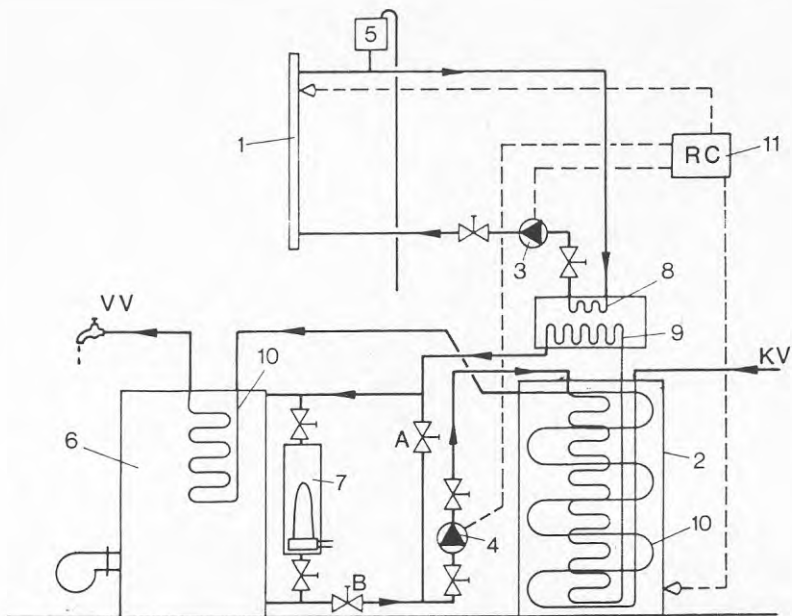


Bild II/13. Ritning över solenergisystemet. Siffrorna hänför sig till:

1. Solfångare
2. Ackumulatortank
3. Cirkulationspump för solfångarkretsen
4. Cirkulationspump för varmvattnet
5. Expansionskärl
6. Oljepanna
7. Elkassett
8. Värmeväxlare för solfångarsidan
9. Värmeväxlare för pannvattnet
10. Värmeväxlare för varmvattnet
11. Reglercentral

Pumpen i pannkretsen är endast igång då solvärmesystemet är kopplat för sommar drift, se bild II/13, då även pannans varmvattenberedarvolym utnyttjas för solvärmelagring.



För att kunna uppta det värmeöverförande mediets volymökning vid temperaturökning har ett öppet expansionskärl monterats, se bild II/13.

Då systemet är öppet, står det under atmosfärtryck och någon säkerhetsanordning mot övertryck är ej behövlig.

Styrning av cirkulationspumpen sker medelst s.k. on-off-reglering med hjälp av en elektronisk differenstermostat.

On-off-regleringen består av en elektronikenhet med tillhörande temperaturgivare.

Den ena av dessa givare är monterad vid solfångarens utlopp, den andra är placerad i tankens mitt. Då temperaturen i solfångargivaren överstiger den av tankgivaren uppmätta temperaturen med en viss, valbar, temperaturdifferens  $\Delta\theta_1$ , startas pumpen av elektronikenheten. När en likaså valbar andra temperaturdifferens  $\Delta\theta_2$  underskrids, stannas pumpen.

För anläggningen gäller att såväl solfångarkretsens pump som pannvattenkretsens pump startas och stoppas samtidigt av reglerutrustningen.

För att undvika frysning i anläggningen har systemet försetts med värmeöverförande media av typ vatten/glykolblandning, i detta fall med 40 % glykolinblandning före modifieringen och 80 % efter modifieringen av systemet.

En vatten/glykolblandnings fryspunkt varierar med blandningsförhållandet så som visas i bild II/11. Av bilden framgår den kritiska temperaturen för anläggningen.

Risken för skiktning av vatten/glykolblandningen har minskats genom att anläggningarna är igång även vintertid. Pumparna sätts därför igång då solinstrålningen är tillräckligt hög, varvid mediet blandas om och förhindrar skiktning.

## BILAGA III

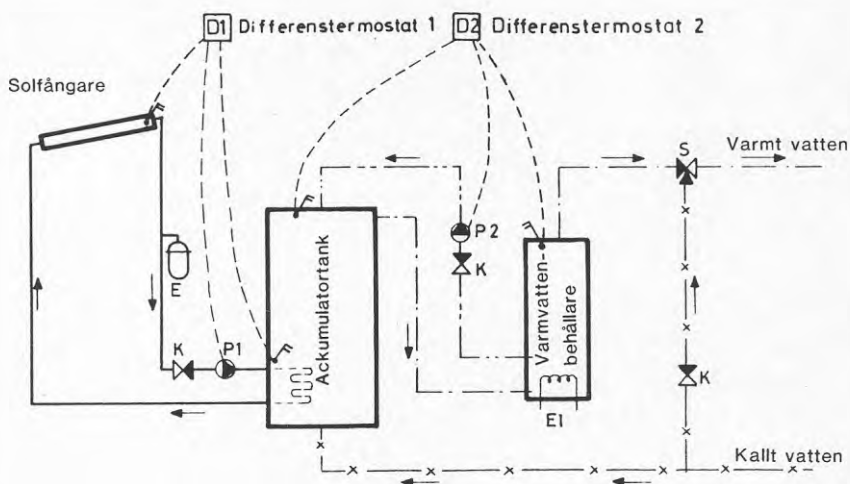
## KONSTRUKTION OCH UTFÖRANDE AV DANSKA ANLÄGGNINGAR

De danska anläggningar som skall redovisas nedan har förtecknats i tabell 1-2. Deras utförande framgår av en rad rapporter avgivna inom ramen för det danska Energiministeriets Solvärmeprogram, se litteraturförteckningen.

Anläggningar i Juelsminde

Anläggningen i Juelsminde är på 48 m<sup>2</sup> absorberyta och dess konstruktion framgår av bild III/1.

Solfångarnas verkningsgrad framgår av bild III/2.



## SYMBOLER

- E - Expansionskärl
- K - Backventil
- P - Pump
- S - Skållningsskydd

Bild III/1.



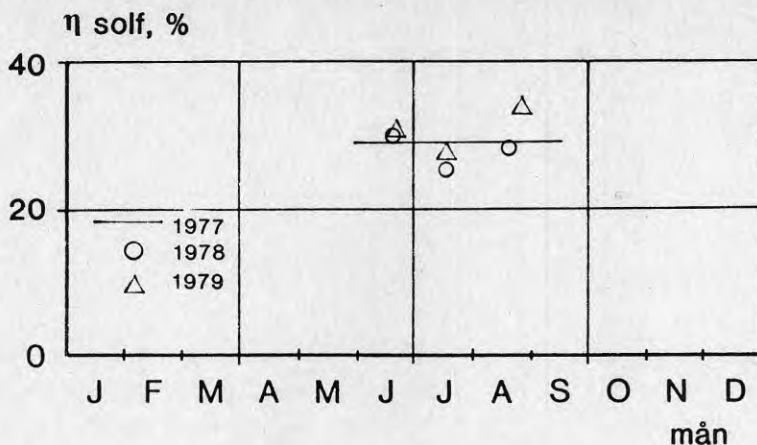


Bild III/2.

Anläggningen arbetar med vatten under en första period (1977) men senare med en frostskyddsvätska. Denna var i en första period giftig (glykol) men utbyttes - sedan man fått förbud mot glykol i denna typ av system - senare mot en icke giftig vätska. Paulsen (1980) uppger ej typen av vätska. Däremot meddelas att den nedsättning av verkningsgraden som kan förväntas bli följden av att vatten ej används rent ej kunnat mätas.

Till solfångaresystemet hör ett lager om  $3 \text{ m}^3$ , jämför bild 1/17 i avsnitt 1.2. Där får förbrukningsvatten förvärmas enligt bild III/1.

#### Anläggning i Herfølge

Anläggningen i Herfølge svarar för varmvattenberedning för 25 lägenheter och har en sammantagen solfångararea om  $100 \text{ m}^2$ . Den är placerad på taket av ett gemensamt hus. Solfångaren är av israeliskt fabrikat. Vattnet från solfångaren lagras i en cistern om  $5 \text{ m}^3$ , jämför bild 1/17 i avsnitt 1.2 med isole-ring motsvarande en förlust av  $6 \text{ kW/K}$  (eller  $60 \text{ W/Km}^2$  solfångaryta). Vätskeflödet genom solfångarkretsen, se bild III/3 är 100 liter/min.

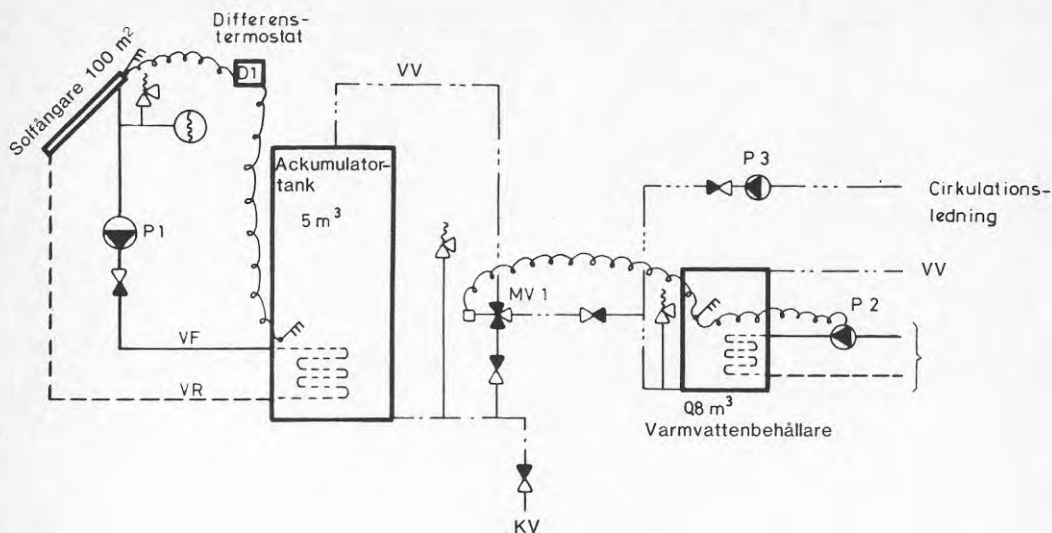


Bild III/3.

Som frysskyddsvätska användes inhibiterad propylenglykol med en inblandning som gav frostsäker vattenblädning till  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Funktionssättet är likartat det som beskrivit i bilaga II för de svenska anläggningar. Erfarenheterna från driften av anläggningen skall genomgå i avsnitt 4.

#### Anläggningen i Blovstrød

Den i Blovstrød uppförda anläggningen är om  $10\text{ m}^2$ . Den producerar varmvatten för en familj om 2 personer men var från början avsedd för 4 personers hushåll. Solfångarna är placerade på ett bostadshus och närmare bestämt på takets sydvända yta ( $10^{\circ}$  avvikelse från syd). Enligt Bøhm et al (1981) skuggas ej solfångaren. Bild III/4 ger uppbyggnaden och i bild III/5 ses ett kopplingsschema över anläggningen.

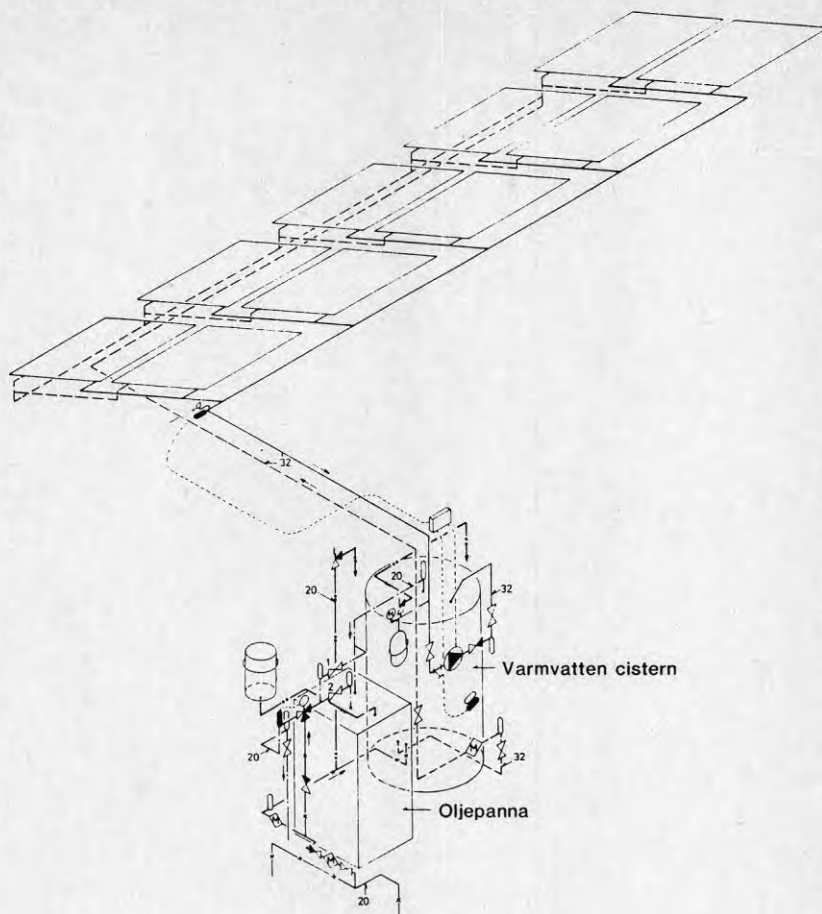


Bild III/4.

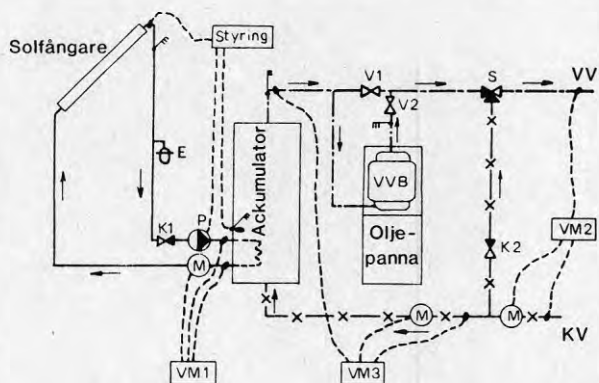


Bild III/5.

Cisternen för lagring av det varma vattnet är om 500 liter (jämför bild 1/21) och är isolerad med 80 mm mineralull. Tanken är placerad på 3 rörstöd för att minimera förlusterna till golvet. Trots den goda isoleringen och det ovan anförda utförandet av stöden har förlusterna från cisternen uppmätts till det dubbla mot vad som beräknats! Tanken är försedd med en värmeväxlare för överföring av energin till förbrukningsvattnet.

I solfångarkretsen har vatten/glykolblandning använts som värmebärarmedium. 35 % etylenglykol har använts, jämför bild II/11. Senare har vätskan bytts ut mot en icke giftig vätska.

Flödet genom solfångarna har varit 1,2 - 1,4 liter/min  $m^2$ .

#### Anläggningen i Gentofte

Uppbyggnaden av anläggningen i Gentofte framgår av bild III/6.

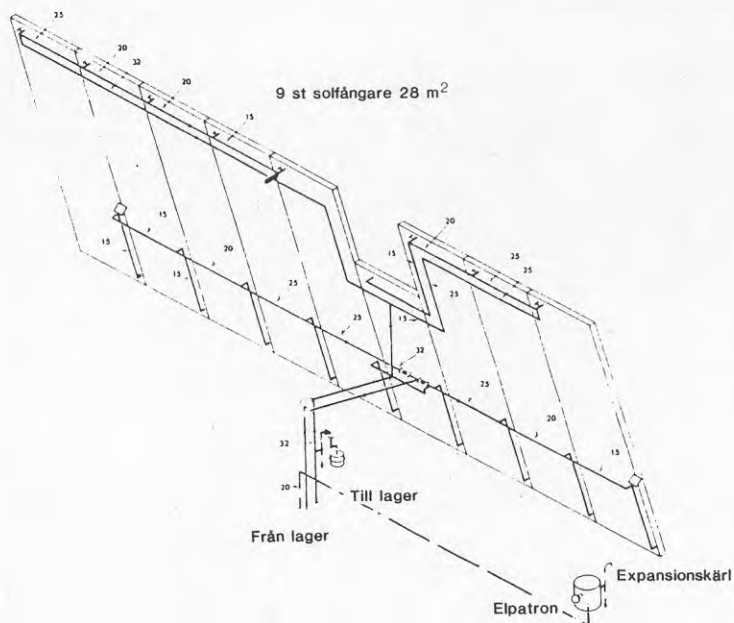


Bild III/6.

Dess solfångande area är ca  $30 \text{ m}^2$  och den tillhörande lagerbehållaren är om  $2 \text{ m}^3$ , jämför bild III/6.

Lagercisternen har en isolering med 200 mm tjocklek, dvs väsentligt mer än någon annan isolering för lager angiven i denna rapport. Lagerbehållaren står på stöd av svetsade bandjärn.

I bild III/7 visas schematiskt anläggningen med dess komponenter.

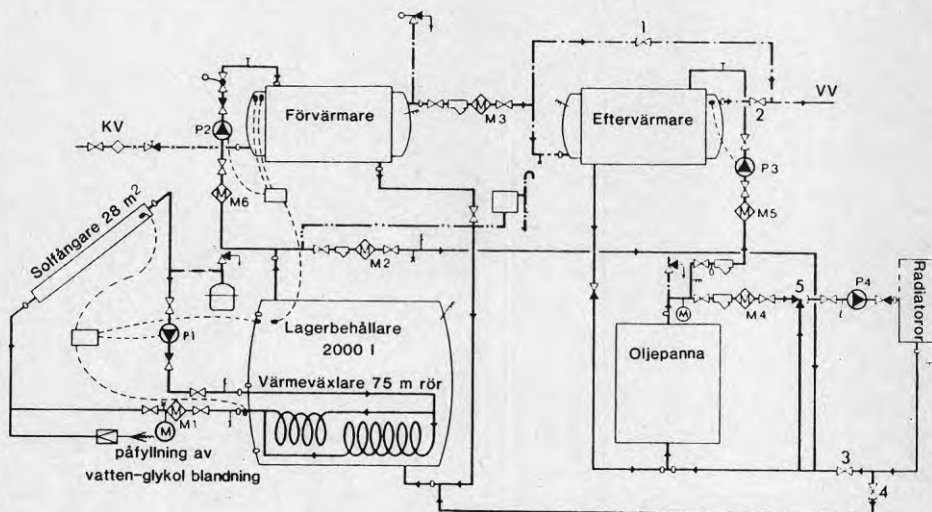


Bild III/7.

Den används dels för varmvattenberedning dels för rumsuppvärmning. Bidraget till det senare behovet har varit nära nog försumbart, se Mikkelsen et al (1980).

Solfångararean är ca  $28 \text{ m}^2$  och anläggningen har en lagercistern om  $2 \text{ m}^3$  jämte två mindre varmvattenbehållare om vardera 200 liter. Man använder sig av en vattenetylen-

blandning med en fryspunkt om  $-15^{\circ}\text{C}$ , se bild II/11. Anläggningens funktion och uppbyggnad är i övrigt lika de vilka redan redovisats i bilaga II.

### Anläggning vid Teknologisk Institut

Anläggningen vid Teknologisk Institut är uppbyggd enligt bild III/8.

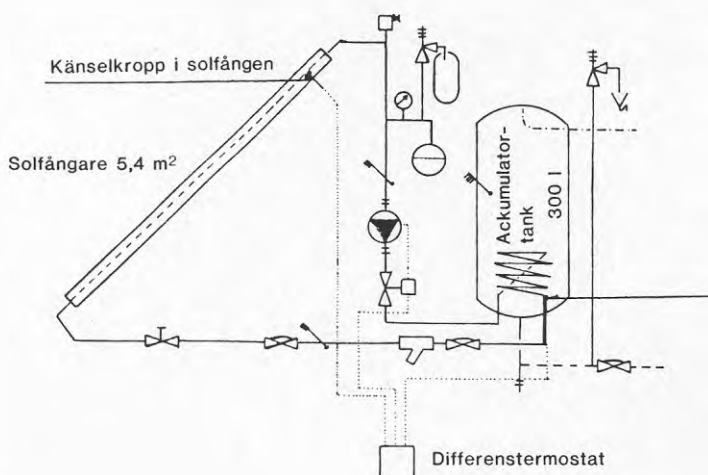


Bild III/8.

Solfångararean är  $5,4 \text{ m}^2$  och anläggningen liknar därmed de kommersiella anläggningar som provats i Sverige, se bilaga II och avsnitt 2.1. Solfångarna har en effektivitet som framgår av bild III/9 vilken avser förhållandena vid en instrålning av  $800 \text{ W/m}^2$  och för små infallsvinklar ( $< 30^{\circ}$ ).

Man har ett lager om 300 liter i anläggningen. Lagret har isolerats utomordentligt väl och köldbryggor genom stöd i botten av behållaren har minskats så långt möjligt. Lagret är försett med en värmeväxlare för vattnet från absorbatoren. Denna värme-



växlare är förlagt till botten av cisternen för att medge bästa temperaturfördelning<sup>1)</sup>. I övrigt är lagret utfört med 100 mm mineralull.

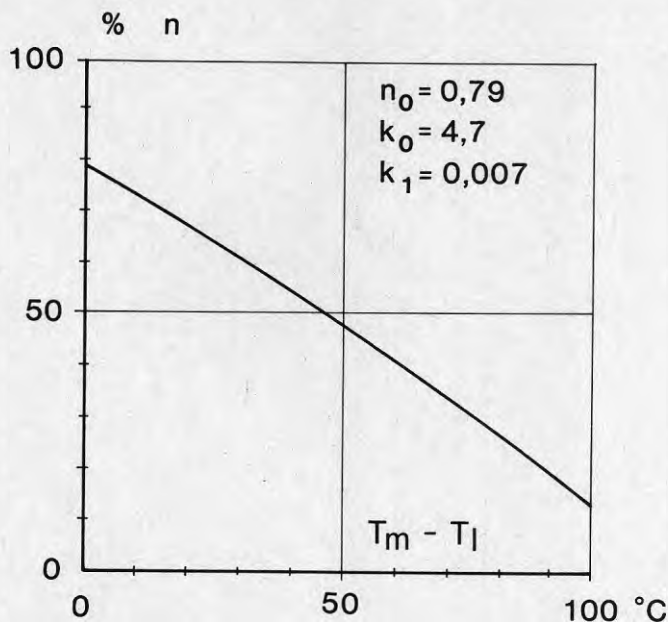


Bild III/9.

#### Anläggningen vid Laboratoriet for Varmeisolering

Anläggningen vid Laboratoriet for Varmeisolering, se bild III/10 är relativt lika den vid Teknologisk Institut. De har också ungefär samma effektivitet, se avsnitt 2.3.

Solfångarens verkningsgrad är lika den som använts vid den senare anläggningen, se bild III/9. Vid denna anläggning har man använt sig av vätskeflödet 1,3 liter/min m<sup>2</sup>.

1) Genom att behållaren valts hög och smal har man fått en god fördelningsfunktion. Vätskeflödet är 1,7 - 1,0 liter/min m<sup>2</sup>.

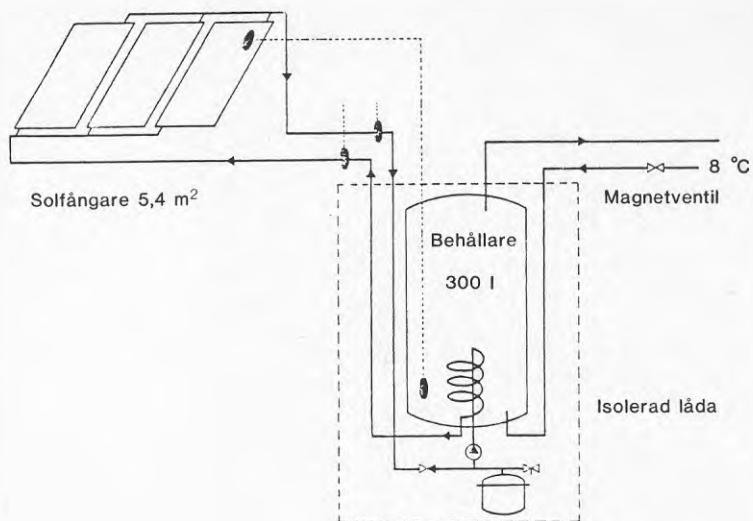


Bild III/10.

Även denna anläggning är välisolerad. Här liksom vid Teknologisk Institut har man accepterat vatten av ganska låg temperatur och detta - tillsammans med den goda värmeisoleringen - har givit höga verkningsgrader, se avsnitt 3.2.

## BILAGA IV

## KONSTRUKTION AV ETT ANTAL ANLÄGGNINGAR I MELLANEUROPA

I det följande skall redovisas - kortfattat - konstruktionen hos ett antal anläggningar i Europa. Följande anläggningar har tagits upp

- a. en anläggning i La Rochelle avseende varmvattenberedning
- b. en anläggning i närheten av Stuttgart för varmvattenberedning till ett flerbostadshus
- c. en mindre anläggning i Freiburg
- d. BBC-huset i Walldorf (Tyskland)
- e. BBC-huset i Wahlstet (Tyskland)
- f. en anläggning i Dublin
- g. en anläggning i Lombardiet.

Anläggning a

Anläggningen i La Rochelle är avsedd för varmvattenberedning. Varmvattenbehovet har satts till 5500 liter/dygn och anläggningen är på 86 m<sup>2</sup> absorbatoryta. Absorbatorn har för svenska förhållanden klen isolering (35 mm skummad polyerutan). Två lager förekommer, se bild IV/1 vardera om 3 m<sup>3</sup>.

Anläggningen ger vatten med ca 55°C temperatur. Man har kunnat konstatera att konstruktionen uppvisar vissa brister. Hit hör

- o temperaturen från solfångarna är för låg beroende på felaktigt val av flöde
- o värmväxlarytan har projekterats för knappt
- o stål visade sig ej vara bra som konstruktionsmaterial
- o bättre lagring och stratifiering var önskvärd (jämför bilaga II)
- o som tillsatsvärme användes en oljepanna med låg verkningsgrad.

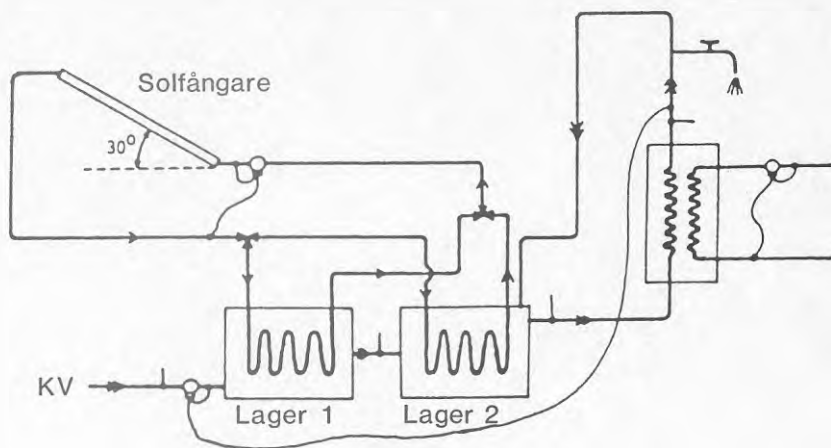


Bild IV/1.

Anläggning b

En anläggning för 12 familjer belägen i Kandern-Wollbach (nära Stuttgart). Anläggningen har  $33 \text{ m}^2$  solfångare och är försedd med ett lager om  $1,5 + 1 \text{ m}^3$ . Dess konstruktion framgår av bild IV/2.

Solfångarna är uppbyggda av evakuerade tuber vilket höjer verkningsgraden avsevärt, se avsnitt 2.4 trots att de orienterats med ganska stor avvikelse från syd. Som frostskyddsvätska har glykol använts. Utförandet av pumpar m m framgår av bilden och skall här ej närmare kommenteras. I stort liknar anläggningen de tidigare (bilaga II) visade svenska anläggningarna men utförandet verkar mer gediget. Detta har lett till mycket höga verkningsgrader, se avsnitt 2.4.

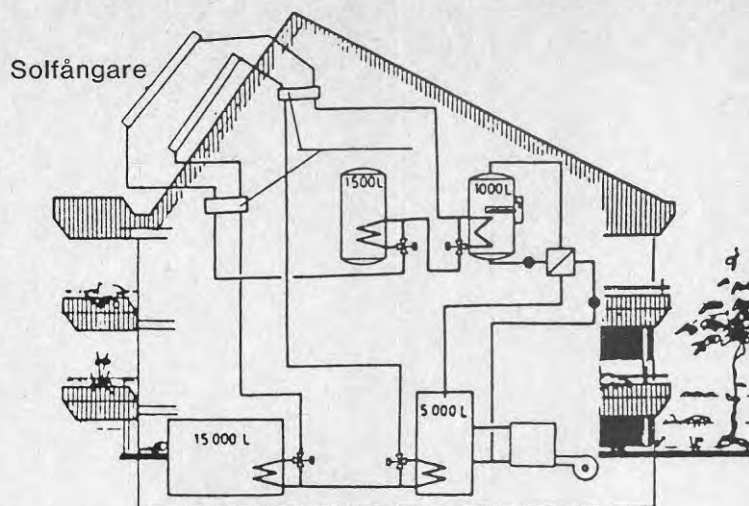


Bild IV/2.

Anläggning c

Anläggning c är belägen i Freiburg och förser ett antal lägenheter med varmvatten. Anläggningens utformning framgår av schemat i bild IV/3.

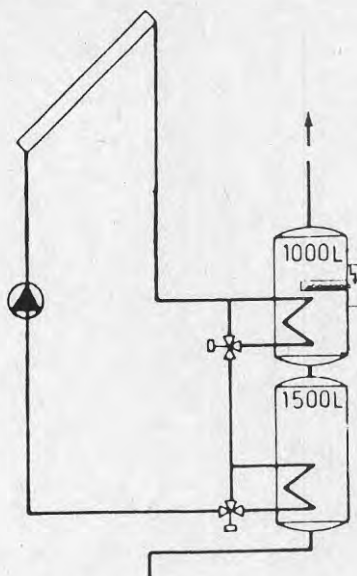


Bild IV/3.

Anläggningen har två cisterner för lagring av varmvatten om 1 respektive 1,5 m<sup>3</sup>. Solfångararean är 33 m<sup>2</sup>.

#### Anläggning d

Anläggning d tillhör Brown Boverie & Cie och är avsedd för varmvattenberedning. Absorbatorerna är av aluminium och har en total area av 5,6 m<sup>2</sup>. Anläggningen motsvarar således ganska väl de små anläggningar som redovisats i avsnitt 2.1 och bilaga II. Den är försedd med en cistern om 380 liter, se bild IV/4.

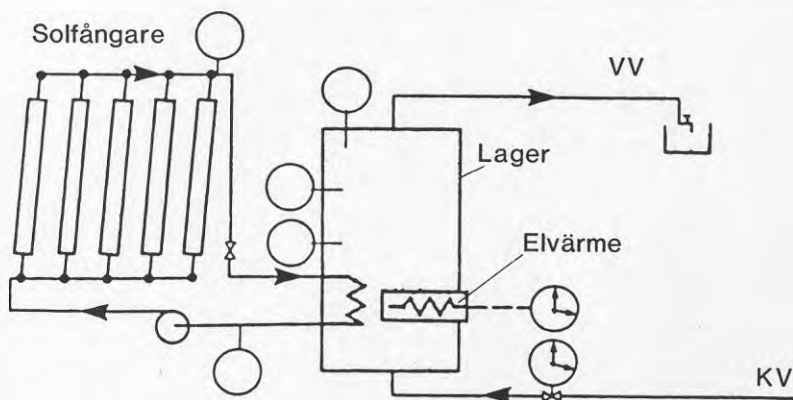


Bild IV/4.

Dess funktion sammanfaller med den för motsvarande anläggningar enligt bilaga II.

#### Anläggning e

Anläggning e tillhör även Brown Boverie & Cie och har samma utförande som anläggning d.



## Anläggning f

Anläggning f tillhör Electric Supply Board och är belägen i Dublin. Den har  $5,2 \text{ m}^2$  solfångararea och tillhör således typen "enfamiljanläggningar". Dess lagercistern har volymen 230 liter. Flödet har hållits vid  $0,42 \text{ liter/min m}^2$  och solfångaren är isolerad med 60 mm polyerutan. Anläggningens uppbyggnad framgår av bild IV/5.

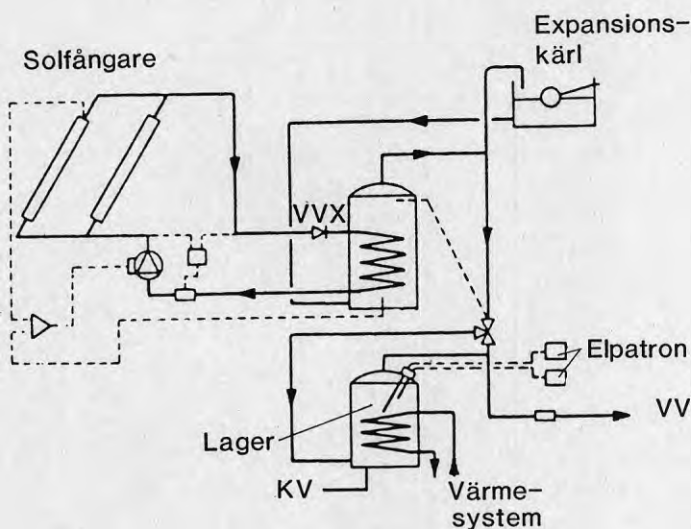


Bild IV/5.

Den är utförd som ett öppet system. Det ursprungliga utförandet gav låg verkningsgrad men en tilläggsisolering av systemet ökade verkningsgraden drastiskt, se avsnitt 2.4.

Några iakttagelser av betydelse för funktionen var

- o start och stopp regleringen fungerade dåligt
- o backventilen förbättrades för att nå högre verkningsgrad

### Anläggning g

Anläggning g tillhör National Electric Board i Lombardiet. Den har en absorbtoryta om ca  $19 \text{ m}^2$  med delvis selektiv absorbtoryta. Lagercisternen, se bild IV/6 är om ca  $2 \text{ m}^3$ .

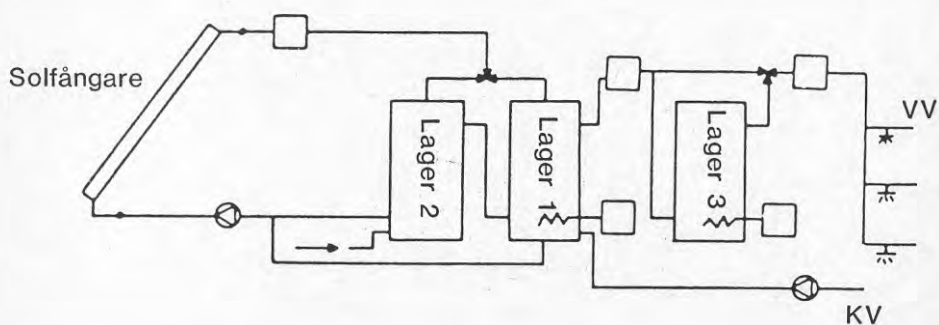


Bild IV/6.

Den ursprungliga anläggningen hade en solfångare med svart färg senare kompletterades anläggningen med en del med selektiv yta (kopparoxid).

Isoleringen av solfångarna är polyerutan om 37 mm. Lagret har 70 mm isolering av mineralull.

## BILAGA V

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Abrahamsson, T.: Energi från solvärmd vind. BFR, rapport nr R12:1979.
- Abrahamsson, M., Abrahamsson, T., Ankargren, S.: Solvärt tappvatten till sjukhem. BFR, rapport nr R28:1980.
- Abrahamsson, M., Axenborg, P., Norin, F.: Solvärme för befinnlig bebyggelse. BFR, rapport nr R83:1980.
- Andersson, F., Länsberg, M.: Fjärås centrum. BFR, rapport nr R8:1980.
- Auer, F.: Performance of a solar water heater with thermosiphon circulation under central European climatic conditions. Battelle Institute, Frankfurt, Germany. Proceedings of solar world forum, Brighton, 1981.
- Axel, S.: Lågenergihus i Mullsjö. BFR, rapport nr R93:1981.
- Barett, M., Everett, R.: Cost effectiveness of grouped solar heating schemes. Built environment research group polytechnic of central London and Energy consultative unit Milton Keynes development corporation. London 1977.
- Barvir, E.J., Doak, L.G., Waterman, R.E., Gervasio, C.: Hourly use profiles for domestic hot water heaters in the National Solar Data Network. Vitro Laboratories. Silver Spring, Maryland 20910.
- Bergqvist, B. et al: Mekaniskt ventilerad takkonstruktion som värmväxlare och solfångare. BFR, rapport nr R111:1980.
- Bernard, R., Menguy, G., Schwartz, M.: Le rayonnement solaire - conversion thermique et applications. Editions Technique & Documentation. Paris, 1980.
- Berndtsson, L., Lindgren, S.: Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. BFR, rapport nr R7:1979.
- Berndtsson, L. et al: Solvärmeförsörjning till fjärrvärmenät. BFR, rapport nr R91:1979.
- Berndtsson, L., Lindgren, S.: Solvärmesystem för tappvarmvatten i flerbostadshus. BFR, rapport nr R118:1979.

Berndtsson, L., Nordlander, I., Udd, B.: Solvärmesystem för tappvatten vid nyproduktion av sjukvårdsbyggnader. BFR, rapport nr R140:1980.

Berndtsson, L., Jönsson, A., Nordlander, I.: Solvärme- och värmepumpsystem för sjukvårdsbyggnader. BFR, rapport nr R79:1981.

Brandeker, B.: Solvärt tappvarmvatten - 1. Resultat från en anläggning i Limhamn. A4 nr 57. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1981.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 2. Resultat från en anläggning i Kvälinge. A4 nr 61. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1982.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 3. Resultat från en anläggning i Kåhög. A4 nr 68. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1982.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 4. Resultat från en anläggning i Mölnlycke. A4 nr 71. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1982.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 5. Resultat från en anläggning i Alingsås. A4 nr 75. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1982.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 6. Resultat från en anläggning i Lidköping. A4 nr 78. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1983.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 7. Resultat från en anläggning i Nyköping. A4 nr 85. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1983.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 8. Resultat från en anläggning i Fagersta. A4 nr 88. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1984.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 9. Resultat från en anläggning i Linköping. A4 nr 91. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1984.

Brandeker, B.: Solvärt tappvatten - 10. Resultat från en anläggning i Fagersta. A4 nr 92. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1984.

- Bruce, T. et al: Solvärmecentral för ca 500 lägenheter - förstudie. BFR, rapport nr R28:1981.
- Buresten, R. et al: Solvärme som komplement till oljeeldad värmecentral. BFR, rapport nr R53:1979.
- Bøhm, B., Steensen, P.: Solvarmeanlaeg i Blovstrød. Energi- ministeriets solvarmeprogram, rapport nr 14. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolan. 1981.
- Dafgård, N., Rydén, B., Werner, G.: Solvärmecentral för Hög- landsområdet i Örnköldsvik. BFR, rapport nr R161:1980.
- Eck, H., Solbräcke, B.: Sol, tyngd och värme - passivt sol- hus med tung vägg. BFR, rapport nr T7:1982.
- Industridepartementet Energikommissionen: Energibehov för bebyggelse, hushållningsmöjligheter. Sektorrapport från Expertgruppen för energihushållning. Rapport nr Ds I1977:13.
- Ekström, L., Ottosson, H.: Polypropylen-solfångare för bas- sänguppvärmning. BFR, rapport nr R48:1978.
- Ekström, L.: Polypropylensolfångare för bassänguppvärmning - del 2. BFR, rapport nr R54:1980.
- Ekström, L.: Termiska prestanda för solfångare. Tre års utom- husexponering av 11 olika fabrikat. Statens Provningsanstalt, Laboratoriet för fysikalisk mätteknik. Teknisk rapport nr SP 1982:18.
- Eléten, G.: Solvärmeväxlare och ytjordvärme - Östersund. BFR, rapport nr R71:1981.
- Ellehaug, K.: To solvarmeanlaeg til varmt brugsvand. Energi- ministeriets solvarmeprogram, rapport nr 12. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolan. 1980.
- Ellehaug, K.: Solvarmeprogram til varmt brugsvand. Energi- ministeriets solvarmeprogram rapport nr 16. Teknologisk Ins- titut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Dan- marks Tekniske Højskolan. 1981.
- Finn, L.: Solvärmeverk Ingelstad i Växjö. BFR, rapport nr R82:1979.



- Gabrielsson, E. et al: Solvärmecentraler i Studsvik och Ingelstad. Sammanfattande erfarenheter fram till årskiftet 1980/81. BFR, rapport nr R53:1981.
- Hansen, T.V., Madsen, G., Mikkelsen, E.: Solfangeres langtidsholdbarhed. Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr 7. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolan. 1980.
- Hansson, K. et al: Soltyphus i Lundaskog - erfarenheter från ett års mätningar. BFR, rapport nr R25:1981.
- Holmberg, J., Kjaerboe, P.: Solvärmda kommunala utomhusbad. BFR, rapport nr R39:1979.
- Isaksson, P.: Plana termiska solfångare - en fysikalisk bakgrund. BFR, rapport nr R35:1978.
- Isaksson, P., Kellner, J. m.fl.: Solveig-projektet. BFR, rapport nr R21:1981.
- Jensen, L.: Solvärme för industribyggnad i Kungsbacka - mätresultat och utvärdering. BFR, rapport nr R50:1981.
- Jönsson, A., Lindgren, S.: Mätningar av energiförbrukningen för tappvarmvatten i flerbostadshus. BFR, rapport nr R79:1982.
- Konsumentverket: Provning av solfångare. Tekniska byrån 1981.
- Lagerkvist, K.O.: Metoder för provning av solfångares hållbarhet. BFR, rapport nr R160:1980.
- Lagerqvist, K.O.: The durability of solar collectors. BFR, rapport nr D1:1982.
- Lilja, J. et al: Placering av stor solvärmecentral. BFR, rapport nr R10:1979.
- Matsson, L.O.: Solvärt tappvatten för flerbostadshus. BFR, rapport nr R100:1979.
- Matsson, L.O.: Solvärt tappvatten för renhållningsstation i Göteborg. BFR, rapport nr R41:1981.
- Matsson, L.O.: Solvärme för Larsbergsområdet på Lidingö. BFR, rapport nr R48:1981.



- Mikkelsen, S.E., Sønderskov Jørgensen, L., Kristensen, P.E.: Solvarmeanlæg i Gentofte. Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr 3. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolen, 1980.
- Nilsson, E.: Energiflöden i solfångare - mätresultat och drifterfarenheter. BFR, rapport nr R46:1981.
- Nordfeldt, G., Pettersson, R., Karlsson, Y.: SUN-SEC: Serieanpassat solhus. BFR, rapport nr R41:1980.
- Paulsen, O.: Solvarmeanlæg i Herfølge - ½ års målinger. Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr 5. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolen, 1980.
- Paulsen, O.: Solvarmeanlæg i Juelsminde campingplads - 3 års målinger. Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr 9. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolen, 1980.
- Pedersen, P.V.: Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed. Meddelelse nr 101. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolen, 1980.
- Pedersen, P.V., Mikkelsen, S.E.: Solfangeres driftssikkerhed og holdbarhed. Rapport nr 20. Laboratoriet for varmeisolering. Danmarks Tekniske Højskolen, 1983.
- Perers, B., Roseen, R.: Solvarmcentralen i Studsvik. Resultat 1980. BFR, rapport nr R59:1981.
- Persson, P.O.: Naturhuset - systemanalys av ett resurssnålt boende. BFR, rapport nr R28:1979.
- Persson, N.: Soluppvärmd villa på värmemagasin. BFR, rapport nr R37:1980.
- Peterson, F.: Lågeffekthusen i Knivsta - försmutsning av plana solfångare. A4 nr 16. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1978.
- Peterson, F.: Varmvattenberedning med solenergi - några synpunkter på projektering. VVS special, Solvärme, nr 2:1980. VVS-Tekniske Föreningen. Stockholm 1980.

- Peterson, F.: Skötsel och drift av solenergianläggningar.  
Kommer att publiceras i A4-serien 1984. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1984.
- Peterson, F., Ringblom, L.: Varmvattenberedning med hjälp av solenergi - förutsättningar och kostnader. BFR, rapport nr R83:1978.
- Reiss, H., Reusch, H.P., Schmidt, H., Heidtmann, U.: Measuring program for hot water supply in prefabricated houses using solar energy. Brown Boveri and Cie AG. Research Report ET 4091A. Oktober 1979.
- Sahlberg, B.: Kommunal planering med hänsyn till förnyelsebara energikällor. BFR, rapport nr R13:1979.
- Sandesten, S., Peterson, F.: Varmvattenberedning med solenergi - några synpunkter på projekteringsunderlaget i BFR-forskningen. A4 nr 79. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik. KTH. Stockholm 1983.
- Sandesten, S., Peterson, F.: Granskning av solrapporter. A4 nr 101. Institutionen för Uppvärmnings- och Ventilations- teknik. KTH. Stockholm 1984.
- Schnittger, J.R.: Tillförlitlighetsteknik hos solvärmecentra- ler. BFR, rapport nr R117:1979.
- Solar heating of domestic hot water. A report prepared for the Energy Technology Support Unit. Harwell. Atkins. Research and Development. November 1979.
- Solar houses in Europe. How they have worked. Edited by W. Palz and T.C. Steemers. Pergamon Press. Eur-7109, 1981.
- Solar water heating. Commission of the European communities. Edited by D. Turrent, R. Godoy and R. Ferraro. London 1981.
- Solar water heating trials in 75 houses. Building Research Establishment (unpublished).
- Solvarme. Vejledning i projektering og udførelse af anlæg. Teknologisk Institut. Varmeteknik. Danmarks Tekniske Hög- skolan. 1978.
- Solvärmt tappvatten. Underlag för BFR's programplan 1981-1984. Rapport nr G35:1980.

Willman, H., Willman, H.: Ackumulatortsystem för soluppvärmning av mindre byggnader med tillskottsvärme från fasta inhemska bränslen. BFR, rapport nr R117:1980.

Winkler, J-P. et al: Sonnenenergi in Theorie und Praxis. Kälte - Wärme - Klima - Aktuell, Band 15. Verlag C.F. Müller. Karlsruhe, 1976.

Yding, F.: Korrosion i solfangereabsorbere. Energiministeriets solvarmeprogram, rapport nr 18. Korrosionscentralen. Glostrup. Danmark, 1982.





Byggeforskningsrådet har av regeringen fått i uppdrag att ta fram underlagsmaterial inför omprövning av gällande riktlinjer för energipolitiken och energisparverksamheten i byggnader.

Resultatet av detta arbete redovisas i Byggeforskningsrådets skrift G26:1984 — ENERGI 85. Energianvändning i bebyggelse. I arbetet har ett antal expertgrupper varit verksamma. Deras resultat, som utgör ett viktigt underlag för ENERGI 85, redovisas i följande rapporter:

- M84:8 Nikolay Tolstoy, Christer Sjöström & Tommy Waller — **Bostäder och lokaler från energisynpunkt** (Utgivet som Meddelande från Statens institut för byggnadsforskning, Gävle)
- R131:84 Lee Schipper — **Internationell jämförelse av bostädernas energiförbrukning**
- R132:84 Lars-Göran Carlsson — **Energianvändningen i bostäder och lokaler 1970—82**
- R133:84 Hans Erik Forsell & Jan Nöid — **Energisparande i statliga myndigheter m fl**
- R134:84 Bostadsstyrelsen — **Bostadsstyrelsens lån- och bidragsgivning till energisparåtgärder i bostäder m m**
- R135:84 Statens planverk — **Utvärdering av bestämmelserna om energihushållning i svensk byggnorm — effekterna på nya byggnader**
- R136:84 Sten-Ivan Bylund & Jan Lindelöf — **Energisparinformation från byggeforskningsrådet, bostadsstyrelsen och planverket 1978—84**
- R137:84 Ulf Lillengren & Folke Peterson — **Effektiva uppvärmningssystem**
- R138:84 Lennart Thörnqvist & Bo I Olsson — **Energisparande inom fjärrvärmda områden**
- R139:84 Tore Hansson, Anders Nilson & Claes-Göran Stadler — **Energisparteknik i befintlig bebyggelse**
- R140:84 Gunnar Anderlind, Claes Bankvall & Karl Munther — **Energibehov i nya byggnader**
- R141:84 Gunnar Essunger & Håkan Andersson — **Förutsättningar för genomförande av energisparåtgärder i befintlig bebyggelse**
- R142:84 Hans Alfredson — **Kunskap om energisparåtgärder**
- R143:84 Anders Nilson, Lars Bäck, Magnus Fischer & Claes-Göran Stadler — **Energisparmöjligheter i befintlig bebyggelse**
- R144:84 John Gajland — **Energisparande vid alternativa förutsättningar**
- R145:84 Folke Peterson, Stefan Sandsten — **Solvärmt tappvatten**
- R146:84 Per Isakson, Knut-Olof Lagerkvist — **Solsystem för uppvärmning och varmvatten med korttidslager**
- R147:84 Erik Wahlman m fl — **Sol till fjärrvärme och gruppcentraler**
- R148:84 Enno Abel — **Solvärmesystem med årslagring**
- R149:84 Kjell Larsson m fl — **Gruppcentraler — nuläge och utvecklingsmöjligheter**
- R150:84 Carl Mattsson m fl — **Energisystem behandlade i SOL-85 modellen**
- R151:84 Ilja Cordi, Göran Lundgren — **Strategier och scenarios använda i SOL-85 modellen**
- R152:84 Anders Göransson, Peter Wennerhag m fl — **Bebyggelsedata för energiplaneringen — Underlagsrapporter**
- D21:84 Kirtland Mead et al — **SOLAR 85. Simulation modelling**
- D22:84 Anthony Hardacre — **Solar energy research outside Sweden**

Dessa rapporter beställs genom Svensk Byggtjänst, Box 7853, 103 99 Stockholm, tel 08/730 51 00.

Art.nr: 6704145

Abonnementsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirkapris: 45 kr exkl moms

R145: 1984

ISBN 91-540-4214-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm