



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**

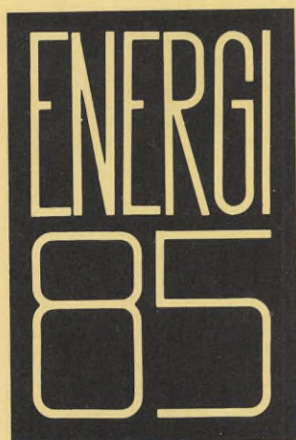
**R146:1984**

# **Solvärmesystem för uppvärmning och varmvattenberedning med korttidslager**

**Per Isakson  
Knut-Olof Lagerkvist m fl**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>Ser</i>

*R  
Ant*



**Byggeforskningsrådet**

R146:1984

SOLVÄRMESYSTEM FÖR UPPVÄRMNING OCH VARM-  
VATTENBEREDNING MED KORTTIDSLAGER

Per Isakson  
Knut-Olof Lagerkvist  
Peter Kjaerboe  
Poul-Erik Kristensen

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
820476-7 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Statens Provningsanstalt, Stockholm.

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

R146:1984

ISBN 91-540-4215-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

## Byggeforskningsrådets förord.

Målet för energisparverksamheten i byggnader är enligt riksdagsbesluten 1978 och 1981 att under tioårsperioden 1978-88 minska energianvändningen i byggnader med ca 48 TWh/år brutto (Prop 1980/81:133). I besluten ingick att en utvärdering av verksamheten skulle ske 1985.

Bostadsdepartementet har uppdragit åt Statens råd för Byggnadsforskning, Statens Planverk, Bostadsstyrelsen och Statens institut för Byggnadsforskning att utarbeta material som kan ligga till grund för en omprövning av gällande riktlinjer för energisparverksamheten i byggnader m m.

Byggeforskningsrådet har planerat och samordnat utvärderingsarbetet.

Ett antal expertgrupper har haft rådets uppdrag att ta fram underlag till utvärderingen. Gruppernas rapporter presenteras på baksidan av omslaget till denna rapport.

En styrgrupp har ansvarat för framtagning av nödvändiga underlag och genom seminarier och diskussioner följt expertgruppernas arbete och slutligen lagt synpunkter på deras resultat.

Dage Käberger, Gränges Aluminium och medlem av Byggeforskningsrådets styrelse har varit ordförande i styrgruppen. Övriga deltagare har varit Enno Abel, CTH, Bo Adamson, LTH, Gunnar Franzén, ABV, Bengt Hidemark, KTH, Lars Ranäng, Göteborgs Bostads AB och Stefan Sandesten, KBS.

Utvärderingen skall belysa energisparpotentialen och faktiska spar-effekter i befintlig bebyggelse och hur stor del av denna som kan hänföras till byggnader som kan komma att värmas med fjärrvärme. Rådet har valt att lägga tyngdpunkten i utvärderingen vid att dels bestämma energianvändning och energistatus och dess förändring för bostäder och lokaler perioden 1978-1983, dels beräkna de återstående energisparmöjligheterna.

Utvärderingen bygger på kunskaper hämtade från ett stort antal forsknings- och utvecklingsprojekt. Såväl nya som befintliga byggnader har behandlats och stor tyngd har lagts vid teknisk utveckling och genomförandefrågor. Erfarenheter har också hämtats från Bostadsstyrelsen, Byggeforskningsinstitutet och Planverket. Utvärderingen av energihushållningsverksamheten har samordnats med utvärderingen av Byggeforskningsrådets forsknings-, utvecklings- och experimentverksamhet rörande ny energiteknik, solvärmeteknik, värmepumpar och energilager (Sol-85).

Denna rapport är en av de nämnda expertrapporterna, som bildar underlag till rapporten Energi-85-Bebyggelsens energianvändning (G26:84), som är den sammanfattning av resultaten från hela utvärderingsarbetet, som redovisas för regeringen 1984-08-01.

Stockholm i juli 1984  
Byggeforskningsrådet.

## INNEHÅLL

### FÖRORD

SAMMANFATTNING	7	
1	INLEDNING	9
1.1	Lokala system med korttidslagring av värme	9
1.2	Historik	10
1.3	Utvärderingsgruppens arbete	12
2.	FYSISKA FÖRUTSÄTTNINGAR	14
2.1	Solstrålning och utetemperatur	14
2.2	Den potentiella marknaden	16
3.	KOMBINERADE SOLVÄRMESYSTEMS PRESTANDA	20
3.1	Beräkningsförutsättningar	22
3.1.1	Väderdata	22
3.1.2	Byggnader och värmeförbrukning	22
3.1.3	Solvärmeanläggning	23
3.2	Beräkningsresultat	23
3.3	Energibesparing	24
4.	FULLSKALEEXPERIMENT	28
4.1	Inledning	28
4.2	Utfall	28
5.	INTERNATIONELL ÖVERBLICK	36
5.1	De första pionjäråren	36
5.2	Stor aktivitet i slutet av 70-talet	36
6.	FRAMTIDEN FÖR KOMBINERADE SOLVÄRMESYSTEM	45
6.1	Nuläget	45
6.2	Framtidsmöjligheter	47
6.3	Energisparpotential	48
7.	FORSKNING OCH UTVECKLING	51
7.1	FoU-strategi	52
7.2	Solinstrålning	55

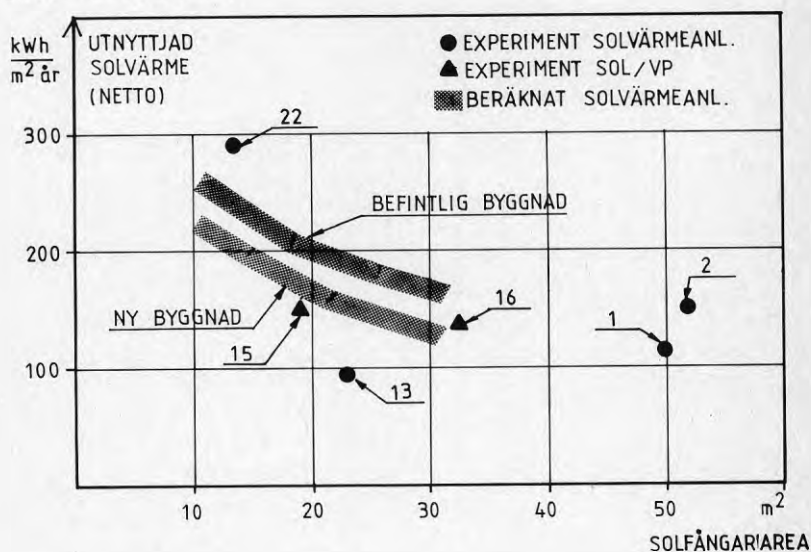
7.2.1	Förslag	56
7.3	Byggnadsbeståndet	56
7.3.1	Förslag	56
7.4	Beräkningsmetoder	57
7.4.1	Förenklade modeller	57
7.4.2	Simuleringsmodeller	58
7.5	Värmelager	
7.6	Fullskaleexperiment	61
7.6.1	Förslag	62
8.	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	63
9.	LITTERATURFÖRTECKNING	65
10.	BILAGOR	
	Bilaga 1. Kombinerade solvärme- systems prestanda	69
	Bilaga 2. Projektsammanfattningar	95





För snart tio år sedan byggdes med förebilder i USA de första 'solhusen' i Sverige. De följdes snabbt av flera, men snart upptäckte man att den tillgängliga tekniken var otillräcklig och intresset för 'solhus' försvann i slutet av 1970-talet utan att några större framsteg gjorts. Nu pågår en mer systematisk verksamhet kring 'solhusen' och vissa lovande resultat har rapporterats.

Denna rapport sammanfattar erfarenheterna från den genomförda FoU-verksamheten, beskriver nuläget och diskuterar framtiden för för området 'lokala solvärme-system med korttidslagring', som väsentligen utgörs av just 'solhusen'.



Figur 0.1 Prestanda för kombinerade solvärme-system i småhus. Mängden utnyttjad solvärme per solfångararea [kWh/(m²\*år)] visas som funktion av solfångararea. Data är hämtade från dels simuleringsberäkningar för ett nytt (ELAK-standard) och ett befintligt småhus dels ett antal genomförda fullskaleexperiment (siffrorna hänvisar till rapportreferaten i bilaga 2.).

'Energikrisen', strävan efter miljövänlig teknik och högt ställda förväntningar präglade 1970-talets satsning på solvärmetekniken. I förhoppning om att snabbt nå resultat hoppade man över flera steg i utvecklingskedjan genom att direkt bygga experimentanläggningar i full skala i bebodda hus. Solvärmetekniken, som hade så många attraktiva sidor, utsattes inte för en kritisk granskning. När problemen kom förbyttes den överdrivet positiva inställningen i en överdrivet negativ.

Solvärmebidraget i de första solvärmda husen var räknat per solfångararea i allmänhet litet, vilket främst berodde på att anläggningarna var överdimensionerade och förlorade mycket värme från värmelager, rör och kranar. I figur 0.1 är årsvärden från några projekt inlagda.

Det är möjligt att installera kombinerade solvärme-system, som levererar värme både till uppvärmning och beredning av varmvatten, i flertalet småhus samt i en begränsad del av flerfamiljshusen. Sådana system ersätter en tredjedel av den köpta energin. Energisparpotentialen för hela bostadsbeståndet uppgår till ca 4 TWh. Fastigheter anslutna till gruppcentraler och fjärrvärmenät är inte medräknade i denna potential.

Med dagens teknik och tillverkning i korta serier är kostnaden för solvärme från kombinerade solvärmesystem ungerfär dubbelt så hög som kostnaden för värme från en elpanna. Potentialen för kostnadsreduceringar är dock stor.

Beräkningar av kombinerade solvärmesystems prestanda har utförts med ett kvalificerat simuleringsprogram och med väderdata från SMHI's nya stationsnät. Några resultat visas i figur 0.1. Nettoutbytet av användningsbar värme från en solfångaranläggning är kraftigt beroende av värmeförbrukningens storlek och fördelning under året.

Utvärderingsgruppen anser att en målmedveten satsning på fortsatt FoU-verksamhet inom området är motiverad.

## 1 INLEDNING

Intresset för att utnyttja solvärmetekniken i stor skala väcktes under sjuttiotalet av de snabbt stigande oljepriserna. De tekniska problemen föreföll att vara små och FoU-program startades i förhoppning om att nå snabba resultat.

Med stöd från Statens råd för byggforskning byggdes under de följande åren flera experimenthus med solvärmeanläggningar för uppvärmning och tappvarmvattenberedning.

Denna rapport, som behandlar FoU-verksamheten, nuläget och potentialen inom området 'Lokala system med korttidslagring av solvärme', har på uppdrag av BFR utarbetats av en utvärderingsgrupp.

## 1.1 Lokala system med korttidslagring av solvärme

Detta område omfattar solvärmesystem, som karakteriseras av

- att systemet producerar värme för klimatisering av byggnader
- att systemet är placerat i eller invid den byggnad den levererar värme till - ett lokalt system
- att systemet har speciella solfångare för att samla in och omvandla solstrålning till värme
- att systemets värmelager högst har kapacitet att lagra värme motsvarande någon veckas förbrukning
- att systemet har en värmebärare, som drivs genom systemet med hjälp av tillförd mekanisk energi - ett aktivt system

Till denna systemtyp räknas däremot inte system, som utmärks av

- att systemet producerar värme uteslutande för tappvattenberedning
- att solstrålningen absorberas och lagras i själva byggnaden - ett passivt system
- att systemet har oglasade solfångare, som levererar värme till förångaren i en värmepump

Området består alltså främst av 'konventionella' solhus där solvärmen används både för uppvärmning och varmvattenberedning. I denna rapport kallar vi - med förebild i danskan - dessa system för kombinerade system och syftar då på att uppvärmning kombineras med varmvattenberedning.

## 1.2 Historik

I skuggan av oljeembargot 1973 spred sig intresset för att använda solvärme snabbt bland opinionsbildare, beslutsfattare, forskare och allmänhet.

Solvärmetekniken syntes ha en rad attraktiva sidor

- obegränsad och 'fri' tillgång till solstrålning
- enkel och känd teknik - solstrålning värmer en svart yta och värmen kan hanteras med konventionell VVS-teknik
- solvärmetekniken är lämplig för småskalig tillverkning och lokalt utnyttjande - den ger oberoende både nationellt och individuellt
- solvärmen är helt fri från miljöproblem och den har en mänsklig skala
- det är visserligen svårt att åstadkomma höga temperaturer, men halva vår energiförbrukning används för uppvärmning av byggnader och varmvatten och för detta behövs inga högtemperatur nivåer.
- solvärmetekniken var ett jungfruligt område där alla kunde medverka.

Solvärmeområdet kom tidigt att domineras av arkitekter, byggare, konsulter, akademiker och privatpersoner medan vvs-teknikerna i gemen var skeptiska.

Vägen från idé till fullskaleexperiment var kort och en rad fullskaleexperiment startades. Komponenterna var som regel inte tillräckligt utprovade i laboratorieskala och dimensionering och systemfunktion var sällan analyserade med simuleringsprogram.

Enfamiljshus med kombinerade solvärmesystem utnyttjades för de första fullskaleexperimenten inom solvärmeområdet i Sverige. Totalt har ca 25 BFR-stödda fullskaleexperiment med kombinerade solvärmesystem genomförts och i nästan ett dussin fall har byggnadsföretag varit drivande i sådana projekt (se tabell 4.2).

De tidiga experimenten hade i allmänhet flera syften bland vilka att demonstrera och utveckla kostnads-effektiva anläggningar för småhus kanske inte var de främsta.

Syftena var nog snarare

att visa att solvärme är tekniskt möjlig i vårt klimat

att experimentera med komponenter och systemlösningar, som i första hand var tänkta för andra typer av system och

att skaffa sig själv erfarenhet av solvärmetekniken

Skälen för att experimentera med kombinerade solvärme-system i just småhus var ofta

att förebilder fanns utomlands

att fullskaleexperiment i bebodda hus väcker stort intresse

att privatägda hus är lätta att finansiera

att småhus är hanterliga och experimenten därför kunde komma igång fort.

Resultaten från fullskaleexperimenten med kombinerade solvärmesystem var genomgående dåliga. Ofta levererade inte anläggningarna mer användbar solvärme räknat per solfångararea än 130 kWh/(m<sup>2</sup>\*år). Två vanliga orsaker var överdimensionering och värmeförluster från värmelager, rör och kranar.

De tidigt genomförda fullskaleexperimenten med små kombinerade solvärmesystem gav en ökad respekt och förståelse för de tekniska svårigheterna inte bara inom solvärmetekniken utan även inom den traditionella vvs-tekniken. Brister och ofullkomligheter, som inte betyder så mycket i vanliga värmeanläggningar, exponerades skoningslöst i solvärmeanläggningarna. Detta kom den fortsatta utvecklingen inte bara inom solvärmeområdet till nytta, men man måste samtidigt konstatera

att inga riktigt goda resultat har rapporterats

att värmen, som producerades i experimentanläggningarna, var dyr

att den 'beprovade' VVS-tekniken inte räckte till

att ingen organisation har genomfört ett andra fullskaleexperiment på grundval av erfarenheterna från sitt första experiment. (En grupp, som arbetade med värmepump i sitt system, är undantaget som bekräftar regeln.)

att endast ett fåtal experiment är noggrant rapporterade.

Information från de tidiga experimenten spreds till utomstående vid studiebesök och på möten men någon grundlig utvärdering och rapportering kom bara till stånd i något enda fall.

Mot slutet av sjuttioalet hade intresset för kombinerade solvärmesystem nästan försvunnit i Sverige. Det fanns dock några undantag. Ett par företagsgrupper fortsatte ytterligare ett par år med system, som även innehöll en värmepump och en grupp arbetade under en tid vidare med en experimentanläggning, som var uppbyggd kring luftkylda solfångare och smältvärmelager. Även dessa projekt lades senare ned. Dessutom fanns det några privatpersoner, som fortfarande hade intresset kvar.

Endast få och begränsade teoretiska arbeten med kombinerade solvärmesystem har utförts i Sverige. Bristande tillgång på goda solinstrålningsdata har varit ett problem. Girdo (1979) konstruerade en enkel beräkningsmetod och genomförde en omfattande parameterstudie för att belysa betydelsen av bl.a solfångarens, lagrets och värmebehovets storlek för mängden insamlad och utnyttjad solvärme. Inom ramen för en förstudie genomförde Isakson & Kellner (1981) en simuleringsberäkning med ett amerikanskt simuleringsprogram.

Intresset och förväntningarna inom detta område var alltså inledningsvis ganska stora och många fullskaleexperiment genomfördes, men resultaten var genomgående nedslående och arbetet inom området var nästan helt nedlagt i början av åttiotalet.

Någon marknad för kombinerade solvärmesystem uppstod aldrig.

Inom området pågår idag två BFR-stödda projekt, som inger vissa förhoppningar. Det första är ett fullskaleexperiment med en mindre och enklare solvärmeanläggning, som visserligen bara svarar för en tredjedel av det totala värmebehovet för uppvärmning och varmvattenberedning men som gör det till en mer rimlig kostnad (se projekt nr 22 i bilaga 2). Det andra är ett utvecklingsprojekt, som bedrivs i samarbete mellan en svensk tillverkare och ett danskt konsultföretag, som specialiserat sig inom området.

### 1.3 Utvärderingsgruppens arbete

Gruppens arbete har styrts av bristen på tillförlitliga forskningsresultat inom området.

Det finns alltså få goda rapporter, som behandlar kombinerade solvärmesystem i Sverige och många fullskaleprojekt är ofullständigt rapporterade. Det saknas vi-

dare tillförlitliga solinstrålningsdata grundade på beräkning av både hur mycket värme ett kombinerat solvärmesystem teoreriskt kan leverera och hur denna värmemängd beror av hustyp, brukarvanor, ort i Sverige och systemets utformning.

Erfarenheterna från fullskaleexperimenten är i stor utsträckning skingrad. Många av de personer, som var engagerade i experimenten, arbetar idag inom andra områden och det är svårt att samla in information, som kompletterar rapporterna.

Grundläggande fysiska förutsättningar för kombinerade solvärmesystem såsom klimat, värmebehov och egenskaper hos byggnadsbeståndet diskuteras i avsnitt 2.

För att skapa ett bättre underlag för denna utvärdering har en simuleringsberäkning, som belyser hur prestanda för ett kombinerat solvärmesystem beror av dimensionering och driftsförhållanden, utförts. Ett simuleringsprogram, som utvecklats och kontrollerats inom ramen för EG's solenergisamarbete, och tillförlitliga solinstrålningsdata från SMHI's nya stationsnät har använts. Beräkningarna har utförts av Ole Balslev-Olesen och Lars Olsen vid Danmarks Tekniska Högskola. Studiens resultat är sammanfattat i avsnitt 3 och redovisas utförligare i bilaga 1.

På grundval av rapporter och annan information har korta projektbeskrivningar sammanställts för samtliga (nästan i alla fall) genomförda fullskaleexperiment. Dessa beskrivningar, som samlats i bilaga 2. har varit värdefulla för utvärderingen och bör vara en informationskälla för det fortsatta arbetet inom området. I avsnitt 4 diskuteras resultaten från fullskaleexperimenten.

Avsnitt 5 är en kortfattad beskrivning av status för kombinerade solvärmesystem i Europa och andra områden med relevanta klimatförhållanden.

I avsnitt 6 försöker vi samtidigt skissera bästa möjliga kombinerade solvärmesystem och identifiera olösta tekniska problem.

Potentialen för kombinerade solvärmesystem diskuteras i avsnitt 7 och i avsnitt 8 skisserar vi behovet av forskningsinsatser inom området.

## 2 FYSISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

### 2.1 Solinstrålning och utetemperatur

Det är naturligtvis fundamentalt för funktionen hos solvärmesystem med begränsad lagringskapacitet att det samtidigt finns ett väsentligt värmebehov och en hyfsad solinstrålning.

Tack vare Golfströmmen är våra vintrar trots det nordliga läget milda samtidigt som de är de molniga och därmed solfattiga. Jämfört med solrika trakter med kalla vintrar, som inlandet i Kanada, inlandet i nordliga USA eller östra Europa sätter vårt klimat därför snäva gränser för kombinerade solvärmesystems prestanda. Utan värmelager är det bara under ett par månader på våren och ett par på hösten som vi samtidigt har så hög solinstrålning och så låg utetemperatur att det är möjligt att producera och använda nämnvärda mängder solvärme för uppvärmning.

Ju energisnålare en byggnad är desto ogynnsammare blir belastningen för solvärmesystemet ty 'gratisvärme' från belysning, apparater och brukare svarar för uppvärmningen under en längre period under tidig höst och sen vår - dvs under den tid då solvärmearläggningen ofta producerar värme i överflöd.

I vårt klimat är det alltså inte möjligt att täcka en stor del av uppvärmningsbehovet och samtidigt få ett rimligt utnyttjande av solfångararean. Dimensioneringen av en anläggning för byggnadsuppvärmning blir därför en kompromiss mellan försörjningsgrad och utnyttjandegrad, som alltså bägge på grund av fundamentala klimatförhållanden är begränsade till låga värden. En anläggning för enbart uppvärmning måste alltså vara mycket billig.

Eftersom den för uppvärmning användbara solvärmeproduktionen från en anläggning med för glasad solfångare i första hand begränsas av klimatet och inte av solfångarens verkningsgrad är det inte möjligt att på något avgörande sätt förbättra situationen genom att använda en värmepump för att höja verkningsgraden. Under själva vintern är instrålningen så liten att den insamlade värmemängden förblir liten även med 100% verkningsgrad. Under sommarhalvåret är värmebehovet litet, samtidigt som även solfångarna med låg verkningsgrad ofta samlar in tillräckligt med värme. Det är alltså bara tre till fyra månader då värmebehovet är mätligt som värmepumpen verkligen ökar mängden insamlad och utnyttjad solvärme. Om anläggningen istället betraktas som ett värmepumpsystem kan man konstatera att ett utlufts batteri - till lägre kostnad - ger systemet bättre prestanda under vinterhalvåret då det stora värmebehovet finns och nästan lika goda under resten av året.



Beträffande solvärmesystem för byggnadsuppvärmning medför alltså klimatförhållandena i sig

att andelen solvärme till uppvärmning blir låg

att utnyttjandet av solfångarna blir lågt

att utnyttjandet av solfångarna försämras då byggnaden görs energisnålare

att en värmepump i systemet inte nämnvärt förbättrar förhållandena

att systemet måste ha en låg kostnad

Värmeförbrukningen för varmvattenberedning har en mycket jämnare fördelning över året än den för uppvärmning och utgör därför ett bättre underlag för en solvärmeanläggning. En solvarmvattenanläggning för ett småhus är dock så liten att dess specifika kostnad av det skälet är ganska hög. Genom att kombinera tappvarmvattenberedning med viss byggnadsuppvärmning erhålles underlag för ett solvärmesystem, som ger mer solvärme och som bör kunna bli mer lönsamt än ett rent varmvattensystem.

Det kombinerade solvärmesystemet kan endast täcka en begränsad del av det totala värmebehovet och det ger inget bidrag då effektbehovet är som störst. Solvärmesystemet kan därför endast bli ett komplement till ett konventionellt uppvärmningssystem och för att minska kostnaden och värmeförlusterna bör de två systemen byggas samman till ett.

## 2.2 Den potentiella marknaden

Den potentiella marknaden för kombinerade solvärmeanläggningar har uppskattats såsom de byggnader, som dels har lämplig takyta för solfångare dels inte är anslutna till fjärrvärme eller gruppcentraler. Data bl a från Statistiska Centralbyrån har använts. Dessutom resonemang liknande de förda av Widegren (1978) och EK 81-underlaget, Bebyggelsens förändringar i Sverige år 1980-2000. Endast bostäder har diskuterats. Några data framgår av tabell 2:1.

Tabell 2.1

Hus-lägenhetstyp	Antal st	Specifik area m <sup>2</sup> /lgh	Total area m <sup>2</sup>
Bostäder, småhus	1 639 000	115	188,7
" flerfamiljshus	1 367 000	95	129,4
Fritidshus	628 000	51	32

Från totala antalet lägenheter - hus har sedan tillgänglig takyta uppskattats med följande hänsyn tagna:

- skuggning, reducerar antalet byggnader-lägenheter
- antal våningar, reducerar tillgänglig takyta
- taklutning leder till en skuggsida, men ger ett cosinusbidrag
- skorstenar, stegar, vindbrädor osv reducerar ytan.

Resultatet är därefter angivet i ett visst antal kvadratmeter takyta i relation till antalet lägenheter. En bedömning har vidare gjorts om andra ytor kan nyttjas såsom tak på andra byggnader, ekonomibyggnader, väggar eller markytor.

### Skuggning

Det har diskuterats om det finns klar ett samband mellan skuggning och byggnadstäthet. Vidare om det dessutom finns ett samband om om planinstitut som nyttjats i samband med byggnadslov och byggnadstäthet. I så fall konstateras i EK 81 följande:

Planinstitut	andel %
stadsplanebestämmelser upptogs	78
byggnadsplan	15
utan plan	4
avstyckningsplanebestämmelser	1
helt utan planbestämmelser	2

Att det finns ett samband har ej bedömts som säkert, varför en förenkling gjorts vilket innebär att indelningen stadsbebyggelse-täthusbebyggelse och gleshusbebyggelse har gjorts. Reduktionen för skuggning har därefter antagits så att antalet hus i

stadsbebyggelse reducerats med	20%,
täthusbebyggelse med	50% och i
glesbebyggelse med	33%

#### Våningsantal

Antal våningar reducerar självklart tillgänglig takyta så att denna yta fördelas på alla våningar. Enligt EK 81 var fördelningen enligt tabellen nedan.

Antal lägenheter i flerbostadshus 1950-79 med viss våningsfördelning

Totalt	1-2 vån	3	4	5-8	9
1 367 000	236 000	633 000	117 000	286 000	96 000
100%	18%	46%	9%	21%	7%

Beträffande enfamiljshus och fritidshus har antagits att alla består av 1,5 plan.

#### Andra hinder

Taklutningen har antagits ge en reduktion på genomsnittligt på 40%. Lutningen ger i sig ett tillskott då den mot solen projicerade ytan ökar beroende av vinkeln med mellan 10-30%. Dock uppkommer en skuggsida som reducerar med 50% och det återstår i storleksordningen 60%.

Skorstenar, takstegar, rör, vatten- och vindskivor har grovt antagits reducera tillgänglig yta med 3-4%.

#### Fasadyta

Beroende av våningshöjd och orientering begränsas givetvis tillgängliga fasadytor. En avvikelse från göder upp till 30° minskar utbytet med 16-23%. Vid 45° avvikelse minskar utbytet med 21-28% enligt bilaga 1. Dessa ytor har dock ej medräknats här.

#### Värmeförsörjning och värmesystem

Om områden försörjs med fjärrvärme- eller blockcentraler ingår de ej i denna rapport då endast byggnadsägna system behandlas. Därför reduceras bebyggelsean-

talet främst i tätorter. Antal byggnader anslutna har erhållits från Cordi (1984).

Beträffande värmesystemen antas i de fall vattenburna system föreligger inkoppling kunna ske utan problem avseende arbetstemperaturerna. Om värmning sker med direktel antas ett separat vattenburet system kompletteras endast för solvärmesystemet. Antalet elvärmda hus uppskattas till mindre än 5%. Någon reduktion för att utrymme ej skulle kunna finnas för värmelager har ej gjorts då dessa ej är besvärande stora, omkring 1,2 m<sup>3</sup>.

### Resultat

Tabellen 2.2 anger resulterande antal byggnader-lägenheter som kan kompletteras med solvärmesystemet. Därefter har den återstående takytan reucerats med avseende på nämnda hinder och tillgänglig takarea för de återstående lägenheterna erhålles.

Samvariationer, sålunda att fjärrvärmeanslutna områden även ligger i skugga har naturligtvis ej analyserats i denna bedömning.

Tabell 2.2 Uppskattning av totala antalet lägenheter i byggnader, som kan utrustas med solvärmeanläggningar

	Hustyp	Fritid	Enfamilj		Flerfamilj		Kommentarer
	Områdestyp	Gles	Tät	Gles	Stad	Tät	
Totalt antal lägenheter	1000-tal	628	790	885	820	547	Enligt EK 81
Reduceringsfaktor pga							
. skugga							
. orientering		0,66	0,50	0,66	0,80	0,66	Eget antagande
. anslutna till fjärrvärme och blockcentraler		1	0,95	1	0,00	0,20	
. befintligt värmesystem		0,3	1	1	1	1	
Återstår antal lägenheter	1000-tal	415	375	585	0	12	

Tabell 2.3 Uppskattning av takarea per lägenhet, som är tillgänglig för solfångarmontage

	Hustyp	Fritid	Enfamilj		Flerfamilj		Kommentarer
	Områdestyp	Gles	Tät	Gles	Stad	Tät	
Golv, specifik ( $m^2/lgh$ )		51	115	115	95	95	Från EK 81
Omräkning till takarea							
. tak, relativt våningsantal		0,66	0,50	0,50	0,20	0,50	1,5 plan upp till 9 plan
Reduceringsfaktor pga							
. lutning							
. skuggsida		0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	
. andra hinder, skorstenar m m							
Tillgänglig takarea specifik ( $m^2/lgh$ )		19,5	33,3	33,3	11,0	27,4	

För att skapa ett bättre underlag för bedömningen av kombinerade solvärmesystems energisparpotential har utvärderingsgruppen låtit genomföra en simuleringsberäkning med ett kvalificerat datorprogram och med solinstrålningsdata för 1983 från SMHIs nya stationsnät.

Studien är utförd i samarbete mellan tekn lic Per Isakson, Mätcentralen för energiforskning, KTH och akademiingenjör Poul E Kristensen, Esbensen och Korsgaard, rådgivande civilingenjörer samt av civilingenjörerna Lars Olsen och Ole Balslev-Olesen, Laboratoriet för värmeisolering, Danmarks tekniska högskola. Data-simuleringar av värmebehovet för byggnaderna är utförd av Lars Olsen med hjälp av BA4-modellen, Lund (1979). Databeräkningar för solvärmesystemets utbyte har utförts av Ole Baslev-Olesen med EM GP 2-modellen som är utvecklad inom EGs solvärmeprogram under ledning av prof Dutré, Universitetet i Leuven, Belgien.

De viktigaste beräkningsförutsättningarna och resultaten kommer att beskrivas här. I bilaga 1 ges en utförligare genomgång av förutsättningarna. Bilaga 1 baseras till stor del på arbeten utförda enligt Olsen (1984) där bl a databeräkningarna finns dokumenterade.

Få beräkningar av kombinerade solvärmesystems prestanda under svenska förhållanden har publicerats. Värdet av de publicerade beräkningsresultaten begränsas av en eller flera av följande orsaker:

- Osäkerheten hos använda solinstrålningsdata är stor. Alltför höga värden är t ex så vanliga i SMHIs data från Stockholm för 1971 under vinterhalvåret att simuleringsberäkningar av kombinerade solvärmesystems termiska prestanda ger missvisande resultat (Isakson, Kellner 1981).
- Osäkerheten i beräkningen av instrålningen mot lutande ytor är stor.
- Beräkningen avser endast en ort.
- Beräkningen avser endast södervända solfångare.
- En alltför idealiserad modell av anläggningen har använts.

Dessa begränsningar och problem finns inte i denna studie. Data från SMHIs nya stationsnät har använts, vilket undanröjer både osäkerheten i själva data och omräkningen till lutande ytor, eftersom den direkta strålningen vinkelrätt mot strålningsriktningen är uppmätt. Beräkningarna har utförts för Umeå, Stockholm och Lund och för olika orientering på solfångaren och en detaljerad modell av anläggningen har använts.

Denna studie har dock en allvarlig begränsning, nämligen att solinstrålningsdata är från ett år, som inte är helt representativt.

Ett komplett års data från SMH:s nya stationsnät finns endast för 1983, vars värde i hela landet var ganska dåligt ur solvärmesynpunkt. Resultatet från vår beräkning kan därför vad beträffar absolutvärden antas vara konservativt, medan värdena på prestandans variation med avseende på sådana variabler som solfångarens lutning, orientering och storlek, samt värmelagrets storlek och byggnadens energistatus trots det speciella året antas vara representativa.

Av praktiska skäl har det varit nödvändigt att begränsa dessa beräkningar till en systemtyp och de viktigaste frågeställningarna, vilka vi bedömt vara prestandans beroende av

- solfångarens orientering och lutning, vilket påverkar uppskattningen av hur stor del av byggnadsbeståndet som kan utrustas med solfångare.
- solfångarens storlek, vilket påverkar uppskattningen av hur stor begränsning tillgången på takytor utgör.
- värmelagrets storlek, eftersom utrymme för lagret är både begränsat och kostsamt.
- byggnadens energistatus, eftersom denna varierar så kraftigt inom byggnadsbeståndet.

Beräkningarna har utförts för ett kombinerat solvärmesystem, som innehåller effektiva vätskekylda solfångare och vatten såsom värmelagringsmedium. Solvärmesystemet är sammanbyggt med ett konventionellt uppvärmningssystem. Valet att endast inkludera effektiva solfångare i studien grundas på gruppens bedömning att dessa i denna tillämpning är och kommer att förbli mer kostnadseffektiva än enklare solfångare.

Solvärmesystem för enbart uppvärmning utestöts, eftersom de för det första har väsentligt lägre energisparpotential och för det andra bedöms ha mindre förutsättningar att bli konkurrenskraftiga än kombinerade system.

Solvärmesystem med luftkylda solfångare utestöts, eftersom effektiv varmvattenberedning är dyrare att integrera i ett sådant system samtidigt som vi inte ser några avgörande fördelar hos denna systemtyp.

### 3.1 Beräkningsförutsättningar

Simuleringsberäkningar av kombinerade solvärmesystems termiska prestanda har utförts. Följande parametrar har varierats:

- Solfångararea 12, 18 och 30 m<sup>2</sup>
- Ackumulatorvolym 0.9, 1.8 och 3.6 m<sup>3</sup>
- Solf. orientering 0, 30, 45 och 60 från syd
- Solf. lutning 15, 30, 45, 60 och 90°
- Byggnad Nytt resp befintligt småhus
- Väderdata Umeå, Stockholm, Lund 1983 och Stockholm 1971

Av praktiska skäl har beräkningar begränsats till de intressantaste fallen av alla de möjliga kombinationerna.

#### 3.1.1 Väderdata

Klimatdata för 1983 har använts. De är uppmätta av SMHI för orterna Lund, Stockholm och Umeå. Beträffande Stockholm och Umeå saknades dock data för november och december. Värmebehov och utbyte måste för dessa månader uppskattas. Det totala solfångarutbytet har endast angivits för de uppmätta månaderna och underskattas därför något. Dock är bidraget dessa månader litet.

#### 3.1.2 Byggnader och värmeförbrukning

Beräkningar har utförts för ett nytt och ett befintligt hus. Bägge har ett plan och 120 m<sup>2</sup> bostadsyta. Det nya huset är dimensionerat för att uppfylla ELAK-bestämmelserna och har alltså ett litet uppvärmningsbehov. Det befintliga huset, vars uppvärmningsbehov är något större än det hos ett SBN80-hus, skall representera både ett äldre tilläggsisolerat hus och ett 1970-talshus.

Värmebehovet för dessa två hustyper är för de tre orterna beräknat med datasimuleringsprogram. Värmebehovets storlek är avgörande för utbytet från solfångarsystemet genom att ett större värmebehov ger ett större utbyte och omvänt.

Tabell 3.1 Värmebehov för uppvärmning 1983, beräknat.

Hustyp	Lund kWh/år	Stockholm kWh/år	Umeå kWh/år
Ny	5 660	ca 7 000	ca 10 000
Bef	15 750	ca 19 000	ca 25 000

Avseende värme för tappvatten har antagits en vattenförbrukning om 140 l/dygn i juli till maximalt 210 l/dygn under oktober till april. Totalt nettovärmebehov för varmvattenberedning oräknat värmeförluster från varmvattenberedaren blir 3800 kWh/år, med förluster blir det 4700 kWh/år.



### 3.1.3 Solvärmeanläggning

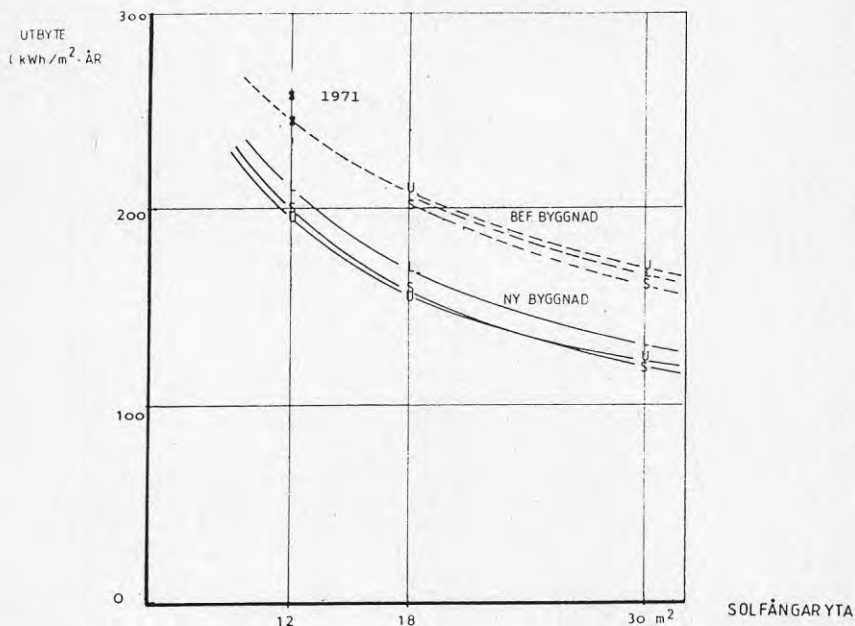
Solvärmesystemets uppbyggnad är redogjord för i bilaga 1. Här skall nämnas några viktiga karakteristika.

Solfångartyp: Vätskeyld, plan högeffektiv

Värmelager: 900 l vatten för 12 och 18 m<sup>2</sup> solfångare respektive 3600 l för 30 m<sup>2</sup> solfångare. Beräkningar visar viss följsamhet för värmelagrets storlek och 30 m<sup>2</sup> solfångarearea har i stort sett samma utbyte med ett lager om 3600 l som med ett lager med 1500 l.

### 3.2 Beräkningsresultat

I figur 3.1 framgår utbytet beroende av solfångarytan, av orten, och av byggnadstypen. Det framgår att utbytet (kWh/m<sup>2</sup> solfångaryta) är starkt beroende av solfångarytan. Det framgår även att ett högre utbyte erhålls i den befintliga byggnaden än i det nya huset. Detta förklaras av det större värmebehovet för uppvärmning i det befintliga huset. Det är anmärkningsvärt att utbytet i stort sett är oberoende av orten. Lägre solinstrålning uppvägs således av ett högre värmebehov.



Figur 3.1 Systemets utbyte för olika orter och byggnadstyp. Lagervolymen är 900 l för 12 och 28 m<sup>2</sup> solfångare respektive 3600 l för 30 m<sup>2</sup> solfångare. Klimatdata, 1983

Av tabell 3.2 framgår utbytet beroende av orientering och lutning för 18 m<sup>2</sup>-solfångarsystemet i ett befintligt hus. Största utbytet, 100% eller 208 kWh/m<sup>2</sup> solfångare, fås för en sydorienterad solfångare som lutar 45-60° från vågrätt. Utbytet för kombinationer av andra lutningar eller orienteringar anges i % av det största värdet.

Tabell 3.2 Utbytet från solvärmesystemet för olika orientering och lutning är relaterat till optimala värdet 100%. Avser Stockholm med ett system om 18 m<sup>2</sup> solfångare och 1983 års klimatdata

Orientering Avvikelse från söder, grader	Lutningsvinkel från vågrätt grader				
	15	30	45	60	90
0	89	96	100	100	87
30	87	94	97	97	83
45	86	91	93	92	79
60	84	87	88	86	73

Motsvarande beräkningar har gjorts för Lund och Umeå och resultatet, framgår av bilaga 1, är i stort det samma som i tabell 3.2. Två väsentliga förhållanden bör understrykas från siffrorna i tabell 3.2.

- Förutsatt en syväänd solfångare kan lutningen 15° till 90° accepteras.
- Ju större avvikelse från söder, desto större blir skillnanden mellan en vertikal solfångare och en med viss lutning.

Generellt kan man säga att det är viktigt att veta inom vilka gränser montering av solfångare kan accepteras med hänsyn till orientering och lutning.

### 3.3 Energibesparing

Det i avsnitt 3.2 angivna nettoutbytet av solfångarna anger hur stor energimängd som levereras till uppvärmning och till tappvattenvärmning. Under en del av sommarhalvåret täcker solfångarsystemet hela det totala värmebehovet. Under denna period kan det ordinarie värmesystemet helt stängas av. Den värmeförlust, tomgångsförlust, som detta system skulle ha haft under denna period ersätts då och solvärmesystemet kan tillskrivas ett bruttoutbyte som är lika med nettoutbytet plus de sparade tomgångsförlusterna. Det gäller också att ju större solvärmesystemet är, desto längre tid kan det ordinarie systemet hållas avstängt och desto mer sparas av tomgångsförlusterna. Om det ordinarie systemet består av direktelvärme med elvarmvattenberedare sparas dessutom tomgångsförlusterna från den senare. Om det är ett vattenburet värmesystem sparas tomgångsförlusterna från pannan.

Databeräkningarna från solfångarsystemets utbyte ger tiden för när täckningsgraden är 100%. Det ordinarie värmesystemet förutsätts vara avstängt under denna

period. Det kan då beräknas en besparing med följande antaganden:

- Förlusterna från varmvattenberedaren är 200 W
- Förlusterna från pannan är 300 W

Från detta är bruttoutbytet beräknat och resultatet framgår av tabell 3.3. Specifika värden respektive tabell 3.4, totalt infångade energimängder.

Tabell 3.3 Solfångarsystemets specifika bruttoutbyte, dvs nettoutbyte plus sparade tomgångsförluster. Enhet kWh/m<sup>2</sup>, år.

Hus- typ	Solf.- area	Luleå			Stockholm			Umeå		
		Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE
Ny	12	212	302	248	200	290	236	197	287	233
	18	171	251	203	160	240	192	159	219	183
	30	133	193	157	121	181	145	124	172	143
Bef	12	240	330	276	235	325	271	246	336	282
	18	207	267	231	205	265	229	209	269	233
	30	167	203	181	162	198	176	170	206	184

DE = byggnad med direktelvärmesystem

VS = byggnad med vattenburet system.

Klimatdata, 1983

Tabell 3.4 Solfångarsystemets specifika bruttoutbyte, dvs nettoutbyte plus sparade tomgångsförluster. Enhet kWh/m<sup>2</sup>, år.

Hus- typ	Solf.- area	Luleå			Stockholm			Umeå		
		Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE
Ny	12	2.54	3.62	2.98	2.40	3.48	2.83	2.36	3.44	2.80
	18	3.08	4.52	3.65	2.88	4.32	3.46	2.86	3.94	3.29
	30	3.99	5.79	4.71	3.63	5.43	4.35	3.72	5.16	4.29
Bef	12	2.88	3.96	3.31	2.82	3.90	3.25	2.95	4.03	3.38
	18	3.73	4.81	4.16	3.69	4.77	4.12	3.76	4.84	4.19
	30	5.01	6.09	5.43	4.86	5.94	5.28	5.10	6.18	5.52

VS = byggnad med vattenburet system.

Det framgår att sparade tomgångsförluster från det konventionella värmesystemet är betydande. Noteras bör dessutom att desto större tomgångsförluster, desto större bruttoutbyte och omvänt. Värmeförluster från panna och varmvattenberedare kan ofta vara större än förutsatt och bruttoutbytet då också större än som angivits i tabell 3.3.

värmsystemet förutsätts vara avstängt under denna period. Det kan då beräknas en besparing med följande antaganden:

- Förlusterna från varmvattenberedaren är 200 W
- Förlusterna från pannan är 300 W

Från detta är bruttoutbytet beräknat och resultatet framgår av tabell 3.3. Specifika värden respektive tabell 3.4, totalt infångade energimängder.

Tabell 3.3 Solfångarsystemets specifika bruttoutbyte, dvs nettoutbyte plus sparade tomgångsförluster. Enhet kWh/m<sup>2</sup>, år.

Hus- typ	Solf.- area	Luleå			Stockholm			Umeå		
		Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE
Ny	12	212	302	248	200	290	236	197	287	233
	18	171	251	203	160	240	192	159	219	183
	30	133	193	157	121	181	145	124	172	143
Bef	12	240	330	276	235	325	271	246	336	282
	18	207	267	231	205	265	229	209	269	233
	30	167	203	181	162	198	176	170	206	184

DE = byggnad med direktelvärmesystem

VS = byggnad med vattenburet system.

Klimatdata, 1983

period. Det kan då beräknas en besparing med följande antaganden:

- Förlusterna från varmvattenberedaren är 200 W
- Förlusterna från pannan är 300 W

Från detta är bruttoutbytet beräknat och resultatet framgår av tabell 3.3. Specifika värden respektive tabell 3.4, totalt infångade energimängder.

Tabell 3.3 Solfångarsystemets specifika bruttoutbyte, dvs nettoutbyte plus sparade tomgångsförluster. Enhet kWh/m<sup>2</sup> x år.

Hus- typ	Solf.- area	Luleå			Stockholm			Umeå		
		Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE
Ny	12	212	302	248	200	290	236	197	287	233
	18	171	251	203	160	240	192	159	219	183
	30	133	193	157	121	181	145	124	172	143
Bef	12	240	330	276	235	325	271	246	336	282
	18	207	267	231	205	265	229	209	269	233
	30	167	203	181	162	198	176	170	206	184

DE = byggnad med direktelvärmesystem

VS = byggnad med vattenburet system.

Klimatdata, 1983

Tabell 3.4 Solfångarsystemets specifika bruttoutbyte, dvs nettoutbyte plus sparade tomgångsförluster. Enhet MWh/(m<sup>2</sup> x år).

Hus- typ	Solf.- area	Luleå			Stockholm			Umeå		
		Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE	Netto	Brutto VS	DE
Ny	12	2.54	3.62	2.98	2.40	3.48	2.83	2.36	3.44	2.80
	18	3.08	4.52	3.65	2.88	4.32	3.46	2.86	3.94	3.29
	30	3.99	5.79	4.71	3.63	5.43	4.35	3.72	5.16	4.29
Bef	12	2.88	3.96	3.31	2.82	3.90	3.25	2.95	4.03	3.38
	18	3.73	4.81	4.16	3.69	4.77	4.12	3.76	4.84	4.19
	30	5.01	6.09	5.43	4.86	5.94	5.28	5.10	6.18	5.52

VS = byggnad med vattenburet system

DE = byggnad med direktelsystem

Det framgår att sparade tomgångsförluster från det konventionella värmesystemet är betydande. Noteras bör dessutom att desto större tomgångsförluster, desto större bruttoutbyte och omvänt. Värmeförluster från panna och varmvattenberedare kan ofta vara större än förutsatt och bruttoutbytet då också större än som angivits i tabell 3.3.

## 4 FULLSKALEEXPERIMENT

### 4.1 Inledning

Inom området solvärmeteknik har under perioden 1978 - 84 FoU-insatserna uppgått till totalt 74,2 Mkr (bidrag 45,3, lån 28,9 Mkr). Till fullskaleexperiment med kombinerade solvärmesystem har härav utgått totalt ca 5 Mkr (bidrag ca 2 Mkr, lån ca 3 Mkr). Antalet sådana fullskaleexperiment har uppgått till ca 30 st. Av dessa utnyttjar ungefär hälften solfångare i kombination med värmepump.

I bilaga 2 har sammanställts kortfattade beskrivningar av de projekt där rapporter finns. Dessa projekt samt andra projekt som har samröre med "kombinerade solvärmesystem" finns listade i tabell 4.1. I tabell 4.2 ges exempel på "industrier" (ej arkitekter, konsulter eller institutioner) som bedrivit ett utvecklingsarbete och som i de flesta fall nått så långt som fram till fullskaleexperiment. Här bör speciellt uppmärksammas att huvuddelen är byggnadsföretag.

Intresset och förväntningarna inom området var inledningsvis ganska stora och ett antal byggnadsföretag genomförde fullskaleexperiment under åren 1974-76. Resultaten var genomgående nedslående och deras intresse försvann nästan helt. Endast ett par företag fortsatte arbeta med solvärmeteknik efter sina inledande försök. Beträffande solvärmesystem, som inkluderar en värmepump är bilden något annorlunda. Ett par företagsgrupper fortsatte här utvecklingsarbetet under slutet av 70-talet, dock utan att lyckas ta fram konkurrenskraftiga systemlösningar.

Några forskningsinstitutioner har arbetat med solvärme för byggnadsuppvärmning. De har deltagit i utvärderingen av fullskaleexperiment, som genomförts av andra, och de har genomfört en del teoretiska studier, såsom översiktliga beräkningar av möjliga bidrag från solvärmesystem till uppvärmning (Girdo 1979). Endast en forskningsinstitution har genomfört ett fullskaleexperiment, som de kan kalla sitt eget (Ottosson 1983).

### 4.2 Utfall

De första fullskaleprojekten startades redan 1974 och var belägna i Linköping (ÖstgötaByggen) samt Limhamn (Euroc). Båda anläggningarna innehöll förhållandevis stor solfångararea, ca  $50 \text{ m}^2$ , och en akkumulatorvolym på 8 respektive  $1,7 \text{ m}^3$ . Utnyttjad solvärme uppgick till ca  $120 \text{ kWh/m}^2$  (15-20% av det totala värmebehovet) medan den totalt insamlade solvärmens uppgick till minst det dubbla. Utnyttjandegraden var alltså ganska låg.

TABELL 4.1

Projekttitel	Projektledare	Projekttid	Typ av projekt	Rapporter
Luftburen solvärme i småhus	Ingemar Wennström	76/79	sol	R92:1979
Erfarenheter från lagring i stenmagasin	Nils Dafgård			
Sun SEC, Kungsbacka	Gunnar Nordfeldt	78/83	sol/vp	R41:1981, Opubl delrapport
Nollenergihus väst, Bollebygd	Matti Mikkonen	78/80	sol/vp	
Täby-projektet	N-E Lindskoug	76/82	sol, sol/vp	R83:1979
Solhus i Linköping	Bertil Dättermark	75/76	sol	D8:1977
Kullingshemmet, Vårgårda	Thore Abrahamsson	79/82	sol/vp	
Luftburet solvärmesystem, Kungsbacka	Enno Abel	81/84	sol	
Tre soltyphus i Västsverige	Sten Jonsson	81/84	sol/vp	
Lundaskog	Sten Jonsson	78/81	sol/vp	R25:1981
Brämhult	Thore Abrahamsson	78/81	sol/vp	T25:1981
Solvärme för utvecklingsverkstad	Einar Swanström	81/81	sol	Två opubl rapporter, BFR, E Swanström, 1981, 1984
SCG-huset i Nacka	-		sol	
Skräddaren	Ib Möller	82/84	sol	
Hus i Partille	Göran Hultmark	83/84	sol	
Ytterhogdal	Backman		sol/vp	
Kv Kejsaren	Göran Werner		sol	
Solhus i Motala	Mats Larsson	81/82	sol	SV-SJL 1982:2 Vattenfall
Mekaniskt ventilerat tak	Bengt Bergqvist			
Akkumulatortsystem för småhus	Hilding Brosenius			
Termokemisk värmelagring	Kjell Backen			
Barndaghemmet Solen	Per Isaksson	77/78	sol/vp	
Termoroc-huset	Bengt Rosengren	75/77	sol	D9:1977

TABELL 4.1 forts

Projekttitel	Projektledare	Projekttid	Typ av projekt	Rapporter
Solvärmeanläggning Hammarö	Sven Jerrelid	78/81	sol/vp	Rapportblad daterat 1981-12-28
Solfångare av trapetskorru- gerad plåt	Christer Nordström	78/81	sol	Varis Bokalders: Energisnåla hus
Fjärås centrum - energispar- anläggning	Torbjörn Jilar	80/82	sol/vp	R8:1980
Värmeväxlare, värmegasinserande grund och enkla solfångare	Ingemar Larsson	78/79	sol	
Energisnålt småhus - växthus	Karl-Arvid Hamrin	78/81	sol	V Bokalders: Energisnåla hus
Sol och vedvärme för lands- bygds hus	Krister Lindkvist	78/79	sol	R75:1982
Lågenergihus med solvärme, SOLEKO	Lennart Sigurd	78/80	sol	V Bokalders: Energisnåla hus två delrapporter dat 781204 resp 800321
Luftburet värmesystem i två småhus	Hans Ottosson	79/82	sol	R40:1983
Solvärmeprojekt i Ålmhult	Gustav Perman	78/81		Internrapport Y8401-28, Sydkraft
Solenergi för tappvarmvatten och uppvärmning	Olle Bohlin/ Brandeker		sol	
Sol och vedvärme för fritids- hus	Tor Kihlman	78/81	sol	Interimsrapport F81-04 CTH - Byggnadsakustik
Solenergisystem - lågtemperatur	Sven Nilsson	78/80	sol	
Parabolisk solföljande sol- fångarprototyp	Bengt Granberg	78/81	sol	
Solvärmesystem för småhus med solfångare	Göran Johansson	79/81	sol	
Utvärdering av solvärmeprojekt för industrier	Lars Jensen	77/81	sol	R50:1981
Energitak - Broby testanlägg- ning	Mats Rentun	81/82	sol	Internrapport Y8212-04, Sydkraft
Solvärmt småhus	Hans Eek	78/81	sol/vp	R78:1981, T13:1978



TABELL 4.2 Industrier (ej arkitekter, konsulter eller institutioner)

Företag	År	Projektnamn	Systemtyp	Projektledare/Författare
SCG - Malmö	1974 1979 (rapp)	Luftburen solvärme i småhus, Eslöv	Tak som solfångare Grund utgör lager	Ingemar Wennström R92:1979
Kvissberg & Bäckström Byggnads AB	1977	Luftburet solenergisystem för småhus	Tak som solfångare Lager av sten alt järn	Hans Ottosson R40:1983
EUROC	1975	Termorochuset, Malmö		Morawetz, E Teknoterm D9:1977
Modulent				
BPA	1976	Forserum, värmeack	Solfångande vägg	Svennberg
HL Värmegrund AB	1978	Hässelby	Värmelagring i grund	Dafgård R124:1983
Solarec Läne-energiteknik AB	1978	Solvärme-och värmepump-projekt, Borås	Kombinerat sol- och värmepumpsystem med korttidslager	Sten Jonsson
ABV	1979-82	Soltyphus	Solfångare + värmepump Värmeåtervinning ur frånluft och grundvatten	Sten Jonsson R25:1981
John Mattsson Byggnads AB	1980	Korttidslagring i solvärmda byggnader	Vattenburna solfångare Magnetit, salthydrat resp vattenlager	Isakson, Kellner R21:1981
Östgötabyggen	1975	Solenergihus i Linköping	Vattenburet solvärmesystem med korttidslager	Bertil Dättermark D8:1977
A-Byggservice	1978	Sol- och vedvärme med korttidslagring för energisnåla hus		Krister Lindkvist R75:1982
Zanda AB	1979	Solhus i Motala	Luftsolfångare på tak bestående av Zanda pannor bl a	Utvärdering Mats Larsson Christer Brunström SV-SJL 1982:2

I dessa projekt och även många andra fullskaleprojekt utnyttjades möjligheten att i fältmässig miljö testa förutom solfångare även andra nya komponenter. Som tidigare nämnts var det byggnadsföretag som på detta sätt bedrev projekt för att lära sig och skaffa sig erfarenheter från ny teknik.

Vid en genomgång av projekten visar det sig att i ett tiotal fullskaleprojekt användes luft som värmebärare både i solfångar- och uppvärmningssystem. Luft- och värmeläckage samt reglerproblem tycks ha varit allmänt förekommande problem, varför den utnyttjade solvärmens har blivit väldigt låg, i de flesta projekt mindre än  $100 \text{ kWh/m}^2$ . Många av dessa problem får nog hänföras till bristen på kunskap och erfarenhet från luftbehandlingsinstallationer, problem som dagligdags förekommer även i dagens ventilationsanläggningar.

Oberoende om luft eller vätska användes som värmebärare saknas i de allra flesta fall tester i laboratoriemässig miljö innan beslut om fullskaleexperiment togs. Man fick problem med "oförstående" projektörer, entreprenörer samt brukare och fick aldrig möjligheten att under kontrollerade och påverkbara betingelser prova och ändra delar av systemet. I endast ett fullskaleexperiment (Ottosson 1983) har sådana inledande tester från laboratoriemiljö rapporterats.

Ett flertal experimentbyggnadsprojekt med solvärmeanläggningar som även innehåller en värmepump har genomförts. Genom att kombinera solfångare och värmepump förväntades ett större utnyttjande av solvärme samtidigt som både solfångarens och värmepumpens prestanda skulle förbättras.

Systemen som kombinerar solfångare med en värmepump kan grovt delas in i två typer:

- 1 värmepumpstödda solvärme system - system med stora ytor av glasade solfångare där värmepumpen spelar en mindre roll
- 2 solvärmestödda värmepumpssystem - system där solfångaren är en bland flera källor för lågtempererad värme. I denna systemtyp används ofta oglasade solfångare.

Erfarenheterna från genomförda fullskaleexperiment visar att när en värmepump införs i ett solvärmesystem ökar både kostnaden och komplexiteten, men utbytet från anläggningen förefaller inte öka i motsvarande grad.

Bland de första projekt som genomfördes uppstod stora problem med solfångarnas hållbarhet genom de låga driftstemperaturer som värmepumpen orsakade. I ett projekt rostade solfångarna så mycket att läckage uppstod redan under anläggningens första driftår.

Det finns ett par exempel på projekt, som har syftat till att ta fram kommersiella anläggningar, men dessa har avslutats utan att målet har uppnåtts.

Allmänt kan sägas om de genomförda fullskaleexperimenten att de i stort sett utan undantag blivit besvikelser. Den utnyttjade mängden solvärme räknat på solfångararean har varit liten, 100-150 kWh/(m<sup>2</sup> x år). Anläggningarna har så gott som samtliga varit feldimensionerade, för stora och alltför komplicerade både från drift- och underhållssynpunkt. Värmeförluster från rör, ventiler och värmelager har varit för stora - ofta flera gånger större än beräknat. Problemen uppmärksammandes och i de fullskaleprojekt som nu pågår tycks problemen åtminstone delvis ha lösts.

På följande delområden finns fortfarande väsentliga problem som är gemensamma med andra typer av solvärme- och värmepumpsystem.

- Reglerproblem. Vid klart väder och oavbruten drift överensstämmer storleken av värmeleveransen från solfångargruppen ofta med värden beräknade utifrån provningsdata. Vid molnigt väder och intermitterande drift är värmeleveransen ofta mycket lägre än beräknade värden, vilket till stor del beror på ofullkomligheten i regleringen. Sannolikt bidrar även över-skattningen i beräkningarna till diskrepansen.
- Temperaturskiktning i vattentankar är värdefullt och då speciellt i varmvattensystem. I flertalet experiment har detta fungerat dåligt och idag finns inga tillgängliga generella anvisningar för hur ett sådant lager kan konstrueras.

Under perioden 78/79--83/84 genomfördes ytterligare experimentbyggnadsprojekt med solvärmeanläggningar med korttidslagring för byggnadsuppvärmning och varmvattenberedning. Ett stort antal av dessa experiment har utförts av privatpersoner i deras eget hem.

Idag pågår ett fullskaleprojekt med mindre och enklare solvärmeanläggningar, som visserligen bara svarar för ca 35% av det totala värmebehovet för uppvärmning och varmvattenberedning, men som gör det till en mer rimlig kostnad. Anläggningarna innehåller betydligt mindre solfångararea (ca 15 m<sup>2</sup>) och även mindre lagringsvolym (0,5-1 m<sup>3</sup> vatten). Förutom att värmeförlusterna och komplexiteten i systemen har minskat har även solfångarnas prestanda ökat väsentligt. Utnyttjad solvärme uppgår i dessa projekt till ca 300 kWh/(m<sup>2</sup> x år), dvs en fördubbling jämfört med tidigare fullskaleprojekt.

I nedanstående diagram (figur 4.1) har utnyttjad solvärme plottats som funktion av totalt värmebehov för några genomförda fullskaleprojekt och simuleringsberäkningar. Båda storheterna har här angivits i förhållande till aktuell solfångararea. Numreringen av fullskaleprojekten hänför sig till projektbeskrivningarna i bilaga 2. Beräkningsresultaten har hämtats från Solveigprojektet (Isakson, Kellner, 1982) samt de i denna rapport redovisade beräkningarna för Lund, 1983.

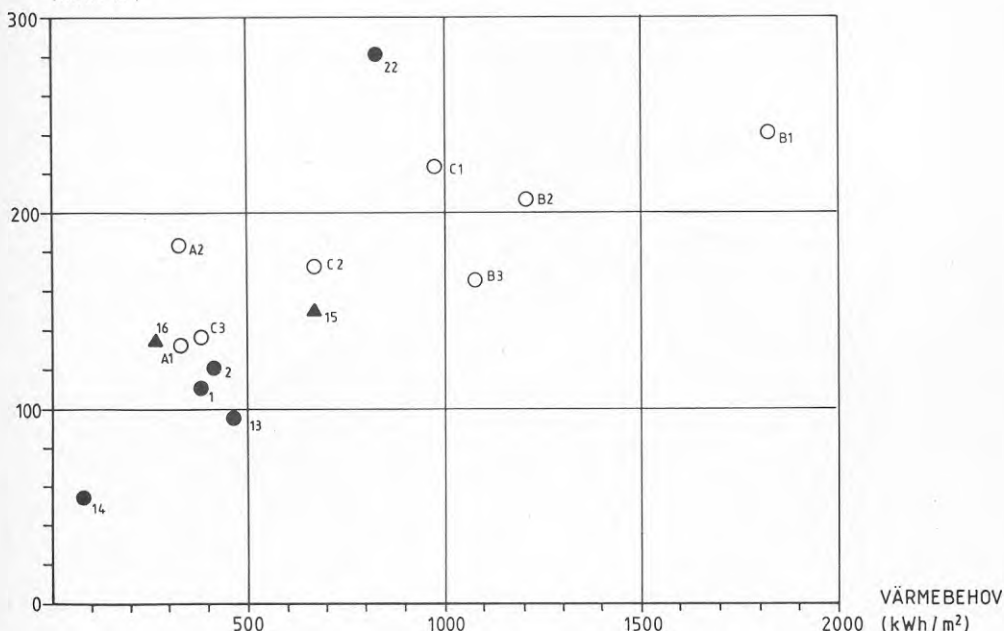
Som framgår av diagrammet dimensionerades de äldre fullskaleprojekten för ett värmebehov av ca 300 - 500 kWh/m<sup>2</sup> med avseende på solfångararean. Utnyttjad solvärme blev då ca 100 - 150 kWh/m<sup>2</sup>, vilket också erhållits vid simuleringsberäkningar. För projekt som utnyttjar solfångare

i kombination med värmepump (projekt nr 15 och 16) har inte utbytet ökat i någon nämnvärd grad.

Det senast genomförda fullskaleprojektet, nr 22 (Skrädaren), avviker i diagrammet markant från övriga genomförda fullskaleprojekt. Dels är anläggningen dimensionerad för cirka dubbelt så stort värmebehov per  $m^2$  solfångare och dels har utnyttjad solvärme stigit till drygt det dubbla.

Dimensioneringens inverkan framhävs ännu tydligare av denna rapportens beräkningsresultat där värmebehovet varierat från ca 400 - 1800  $kWh/m^2$ .

NYTTJAD SOLENERGI  
( $kWh/m^2$ )



Figur 4.1 Utnyttjad solvärme som funktion av värmebehov

- fullskale sol
- ▲ fullskale sol/VP
- simuleringsberäkning

A1 o A2 beräknade värden; Stockholm 1971 två olika solfångartyper (Isakson & Kellner 1981)

B1, B2 o B3 beräknade värden; nytt hus 12, 18 o 30  $m^2$  solfångararea (se bilaga 1)

C1, C2 o C3 beräknade värden; befintligt hus 12, 18 o 30  $m^2$  solfångararea (se bilaga 1)

Siffror hänvisar till rapportreferaten i bilaga 2.

Avslutningsvis bör påpekas hur svårt det har varit att dra generella slutsatser ur de genomförda experimenten och hur få sådana som dragits. Rapporterade resultat är i allmänhet störda av tillfälligheter och felfunktioner utan att detta är ordentligt behandlat i rapporterna. Det är endast sällan som resultat och slutsatser jämförs med motsvarande från tidigare experiment.

De dominerande intrycken vi har fått av de rapporterade resultaten från genomförda experiment är

- att svårigheterna att åstadkomma ett väl fungerande system underskattas
- att man avbrutit många fullskaleprojekt lång före mål, dvs man har aldrig lyckats få anläggningen att fungera väl
- att rapporteringen ofta är ytlig och ofullständig
- att det fortfarande kvarstår fundamentala kunskapsluckor, t ex reglering, värmelager.

## 5 INTERNATIONELL ÖVERBLICK

Här omnämns verksamhet inom EG, Europeiska Gemenskapen, och dess medlemsländer. Vidare något om utvecklingen i USA. Beträffande IEA-verksamheten, där Sverige aktivt deltar med frågor, hänvisas till separat dokumentation.

### 5.1 De första pionjäråren

Utvecklingen av solvärmeanläggningar tog fart i mitten av 70-talet med att det runt om i världen byggdes enstaka solvärmehus. Dessa utvecklades i universitetsmiljö och man ville bevisa fördelarna med detta nya sätt att tillvarata energi. Därför ville man genomgående uppnå en täckningsgrad på upp emot 100%.

Önskemålet om hög täckningsgrad hade till följd att relativt stora solvärmeanläggningar kom till stånd, anläggningar med solfångarareor på 40-60 m<sup>2</sup>. Anläggningarna hade ofta en förhållandevis komplicerad konstruktion, dels för att man önskade pröva olika teorier beträffande konstruktion, dels för att vissa anläggningar tjänade som rena försöksanläggningar.

Det är betecknande för dessa första solvärmeanläggningar i universitetsmiljö att det egentliga syftet var att göra några första inledande experiment med solvärmetekniken. Anläggningarna blev föremål för stort intresse och i slutet av 70-talet startades nationella solvärmeprogram och betydande medel avsattes till forskning och utveckling. De första solvärmeprogrammen i Västeuropa startade 1974/75 med Västtyskland och 1977/78 pågick program i all europeiska länder.

### 5.2 Stor aktivitet i slutet av 70-talet

Parallellt med att den stora FoU-insatsen startades uppstod också stort intresse för tillverkning av solfångare, värmelager o dyl.

Det är betecknande att den första generationens solvärmeanläggningar som installerades i stort antal omkring 1977/79 inte kunde sägas vara en direkt uppföljning av de första experimentshusen, då slutsatser inte dragits från erfarenheterna av de första experimentshusen. Anläggningarna var dimensionerade utifrån önskemålet om att uppnå stor täckningsgrad med solenergi och anläggningsstorleken var inte först och främst bestämd utifrån önskemålet om att uppnå största avkastning per investerad krona. Dessa krav på anläggningarna gav oftast nedslående resultat såväl vad beträffar driftsäkerhet som utbyte. Inom EG har i flera omgångar systematisk insamling av mätresultat från solvärmehus (se EG-rapporter från 1981). Från dessa rapporter kan nämnas typiska exempel på dessa tidiga solvärmehus.

Solvärmeanläggning i Greve, Danmark (uppförd 1977/78)

- En 50 m<sup>2</sup> solvärmeanläggning för ett nytt enfamiljs-hus.

Man förväntade sig 110 kWh/m<sup>2</sup>, år eller totalt 5500 kWh/år i utbyte.

En systematisk analys av resultaten avslöjade att samma utbyte kunde ha uppnåtts av en modern solfångarkonstruktion med bara 15 m<sup>2</sup> yta (som fanns från 1982/83) och en förbättrad systemut-formning.

Solvärmeanläggning i Zootemeer, Holland (uppförd 1978/79)

- 4 st solvärmeanläggningar byggdes på 4 radhus.

Anläggningarna varierade med hänsyn till om det gällde golvvärme, radiatorer eller luftuppvärmning. Alla husen hade 35 m<sup>2</sup> solfångare, tre av husen var försedda med vätskekylda solfångare och ett av husen med luftkylda solfångare. I samtliga fall utnyttjades värmelagring i vatten. Utbytet av anläggningarna varierade mellan 79 och 154 kWh/m<sup>2</sup>, år.

Resultat och drifterfarenheter från de första solvärme-husen i praktiken uppförda under 1977-1979 började komma i början av 80-talet. Vid denna tidpunkt började också ett direkt önskemål komma om solvärmeanläggningar med ett rimligt förhållande mellan utbyte och pris. Dessa första solvärmeanläggningar kunde nästan inte uppfylla något av de krav som man måste ställa i den riktningen.

I de olika länderna drog man varierande slutsatser av dessa i stort sett uteslutande negativa erfarenheter av solvärmesystem. I Västtyskland vidtog man på ett tidigt stadium nedprioritering av FoU rörande aktiva solvärmeanläggningar. Några år senare hände något liknande i Storbritannien och en generell dämpning av aktivitetsnivån blev förhärskande från 83-84 i de flesta västeuropeiska länderna.

Solvärmeprogrammet inom EG

Den första 4-årsperioden för solvärmeprogrammet inom EG pågick från 1975 till 1979. En väsentlig del av insatsen under denna period bestod av stöd till individuella FoU-projekt i de enskilda medlemsländerna.

Under den följande 4-årsperioden lades större vikt vid samarbetsprojekt ("Concerted Actions"). Dessa samarbetsprojekt omfattade följande grupper:

Performance Monitoring Group: Värdering av utbyte och drift av existerande solvärmeanläggningar

European Modelling Group:	Utveckling av EDB-modeller för simulering av solvärmeanläggningar
Solar Pilot Test Facilities:	Uppbyggnad av provanläggningar för test i full skala (en i varje medlemsland), test av anläggning och leverans av mätdata att användas i "Modelling Group" i arbetet med utvärdering av datasimuleringsmodeller.
Collector Testing Group:	Utveckling av testförfarande
Solar Storage Testing Group:	Utveckling av testförfarande
Passive Solar Working Group:	Samarbete i utvecklingen av simuleringsmodeller, utveckling av passiva solvärmekomponenter m m

I varje grupp deltog representanter för varje EG-land. Representanterna kom från FoU-grupper, som redan var djupt engagerade i de nationella solvärmeprogrammen. Samarbetet var huvudsakligen finansierat via EG, men för vissa grupper vidkommande finansierades det delvis av landet de representerade.

Samarbetet inom "Concerted Actions" kan sägas ha varit en succé, eftersom man uppnådde väsentliga framsteg inom solvärmetekniken på respektive områden. Ett par exempel kan nämnas:

- Ett simuleringsprogram för aktiva solvärmeanläggningar utvecklades (EM GP2-modellen). Programmet karakteriseras av sin flexibilitet (modulär uppbyggnad) och av att det är det första program som konsekvent har utvärderats och motsvarat uppställda måldata (från Solar Pilot Test Facilities).
- En analys gjordes av alla data beträffande utbytet av de inom EG-området existerande solvärmeanläggningarna. Dessa analyser är återgivna i EG-rapport (1981).

Analysen av utbytet och driften av solvärmanläggningarna medförde att ett projekt igångsattes inom Performance Monitoring Group för optimering och utveckling av utbytet av solvärmeanläggningarna. Det primära kravet formulerades som "största möjliga utbyte med minsta möjliga investering".

Arbetet genomfördes 1982-83 och 3 designgrupper tillsattes: en vid Danmarks Tekniska Högskola, en vid TNO/TPD i Delft och en vid Universitet i Grenoble. I



varje designgrupp deltog experter inom områdena: beräkning av utbytet av solvärmanläggningar, utveckling av solvärmeanläggningars uppbyggnad, tillverkning av solvärmeanläggningar (en tillverkare) och slutligen ett byggnadsföretag.

I varje designgrupp utvecklades en solvärmeanläggning för tappvarmvatten och en kombinerad anläggning för tappvarmvatten och rumsuppvärming. Anläggningarna utvecklades för montering i ett enfamiljshus av standardtyp (nyuppfört).

Här ges en kort resumé av karakteristiska data för de tre kombinerade anläggningarna:

- Danmark: Den danska anläggningen består av  $10 \text{ m}^2$  solfångare och ett värmelager på 500 l. Utbytet är 255 - 285 kWh/m<sup>2</sup> beroende på varmvattenbehovet. Bostadens värmebehov var så lågt som 7360 kWh/år.
- Holland: Solfångararean är  $11 \text{ m}^2$  och lagervolymen är 650 l. Anläggningens uppbyggnad är speciellt intressant, eftersom det handlar om en solvärmeanläggning med dränering (drainback) i stället för det traditionella frysskyddet med glykol.
- Frankrike: Solfångararean är  $11 \text{ m}^2$ . Värmelagring försiggår dels i en 300 l varmvattenbehållare, dels direkt i ett betonggolvs via golvvärmslingor.

Alla tre konstruktionerna beskrivs närmare i referens 8.

Förutom det primära önskemålet om ett stort utbyte till lågt pris har det också varit önskvärt med en enkel systemuppbyggnad. Det sistnämnda kravet synes till en del vara uppfyllt, speciellt är den franska anläggningen med direkt värmelagring i golvet intressant.

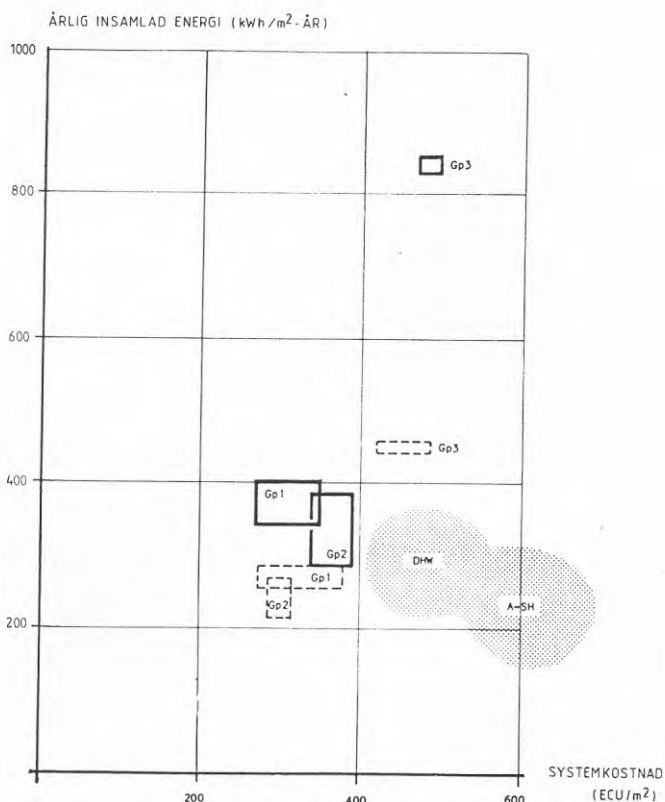
I förhållande till de hittills kända solvärmehusen har väsentliga förbättringar vad gäller specifik anläggningskostnad uppnåtts. De solvärmeanläggningar som hittills rapporterats (Ferraro et al 1981) hade en specifik anläggningskostnad på från 12 SEK/(kWh/år) till 160 SEK/(kWh/år). Medelvärde var ca 27 SEK/(kWh/år). De framtagna anläggningarna ligger med specifik anläggningskostnad om 6 SEK/(kWh/år) till 10 SEK/(kWh/år).

I figur 5.1 visas utbyte och pris för de framtagna anläggningarna tillsammans med mätresultaten för äldre anläggningar. Det skall poängteras att de i figuren skafflerade fälten motsvarar de bästa av de äldre anläggningarna, många av anläggningarna gav betydligt sämre utbyte än de angivna 200-300 kWh/m<sup>2</sup>. Utbyten på omkring 100 kWh/m<sup>2</sup> kan sägas vara typiska för anläggningar uppförda 1977-81.

Det kan nämnas att vissa av anläggningarna har ett pris-prestandaförhållande som är så bra att de är lön-

samma redan första året. Detta gäller de danska anläggningarna förutsatt tillstatsvärme sker i form av elvärme. Elvärme kostar i Danmark ca 0,70 Dkr per kWh.

Den generella slutsatsen är att det bästa pris-prestandaförhållandet för kombinerade solvärmeanläggningar för nybyggnation uppnås vid anläggningar med solfångarstorleken 10-15 m<sup>2</sup> per hus.



Figur 5.1 Utnyttjad solvärme per solfångararea och investeringskostnaden för solvärmeanläggningen beräknad såsom kostnadsskillnaden mellan en värmearläggning med solvärme och en utan. (EG-rapport 1983)

Beteckningar

1 ECU = 6.40 SEK

Gp1 = anläggning konstruerad av danska gruppen

Gp2 = anläggning konstruerad av holländska gruppen

Gp3 = anläggning konstruerad av franska gruppen

▭ Tappvarmvattenanläggning (DHW)

▭ Kombinerat solvärmesystem (A-SH)

De bättre av de anläggningar som rapporteras i EG-rapporterna (1981) och (1983)

## USA

### Insatser

Satsningen för sol-kylning och värmning var ifrån början inriktad på demonstration. Därefter inriktade man sig på mer marknadsinriktad satsning och den nu pågående satsningen fokuseras på kostnad och utveckling.

Under perioden 1974-75 skedde en expanderande satsning administrerad av ERDA, The Energy research and development administration senare DOE, Department of Energy. Från denna period dikterades aktiviteter av den s k 1974 års akt om ett demonstrationsprogram för solenergi-tillämpning för värmning och kylning. Målsättningen var inriktad på att undersöka tekniska och ekonomiska möjligheter för dessa system. Parallellt skedde en utveckling av komponenter som solfångare, lager, värmväxlare m m. Betydligt mindre insats lades ned på systemutveckling. Därefter koncentrerades intresset mer på marknadsutveckling. Regionala solenergicentra etablerades och några speciella aktiviteter var utbildning, utveckling av standarden och konsumentsäkerhet.

Perioden 1981-82 flyttades stödet över till nästan enbart forskning och utveckling. Pågående satsning är inriktad på långtids- högriskforskning samtidigt som ansvaret för produktutveckling och kommersialisering för över på den privata industrin.

### Resultat

Omkring 70 000 m<sup>2</sup> solfångare har installerats under en sexårsperiod i ca 200 system i kommersiella anläggningar och 1000 system i bostäder har installerats. Man bedömer att dessa har haft stor betydelse för den industriella utvecklingen. Dels har komponenter tagits fram som idag finns på marknaden, dels har modeller för simulering och projektering tagits fram, t ex TRNSYS, F-CHART, SOLCOST och DOE. De senare har kunnat jämföras med mätdata från demonstrationsanläggningarna.

### Nuvarande målsättning

Allmänt sett så är målsättningen från DOE att få fram effektiva, ekonomiskt livskraftiga och miljömässigt acceptabla soltekniker på marknaden genom att stödja forskning som industrin ej själv kan åstadkomma.

Två huvudsakliga inriktningar kan urskiljas:

- Signifikant kostnadssänkning och/eller höjning av prestanda för komponenter och system måste ske
- Förbättring av långtidsegenskaperna vad gäller såväl effektivitet som driftsäkerhet. Alltför stora skillnader mellan förutsatt och uppmätta verkningsgrader råder fortfarande.

Några nämnvärda forskningsprojekt kan vara:

- tunnfilmssolfångare av polymermaterial som kan ge förutsättningar för levande absorptionsytor, fogningstekniker med arbetstemperaturer hos färdig solfångare upp till 120°C (Brookhaven National Lab)
- CPC, parabolisk komponerad solfångare med effektivitet om 50% vid 190°C studeras vid University of Chicago.
- Ett flertal system där vätskeburna solfångare och lager av kompositser samt solfångare integrerade i tak studerats skall byggas
- Den så kallade NSDN eller National Solar Data Network, kommer fortsättningsvis insamla data från 12 anläggningar runt om i USA
- Totalt blev fram till 1983 ca 670 anläggningar färdiga under SFBP eller Solar infederal building program
- Standardtestmetoder stöds kontinuerligt dels för "traditionella" solvärmesystem men även för nya typer såsom termosifonsystem (själv-cirkulerande) system arbetande med köldmetoden och breadbox-system
- En studie avseende värdering av mest lovvärd teknologi slutfördes. Slutsatsen var att ett flertal system kan bli ekonomiska men på sikt, år 2000 eller senare. Alla tekniker fordrar dock en ordentlig effektivitetshöjning och kostnadsreduktion.

Satsningar nu

Solfångare

Främst satsas på material för solfångare arbetande upp till 80°C för varmvattenvärmning och även för kylning och för arbetstemperaturer upp till 200°C för absorptionskylning och kylning med Rankine-processer.

System

Simuleringar där alternativa tekniker kan beräknas, exempelvis TRNSYS och F-CHART, kommer att stödjas. Resultatet skall vägleda insatserna för nya speciella material, komponenter och system för uppvärmning och kylning.

Speciella system som skall studeras är lager där skiktning förekommer, avancerade reglersystem, stenlager och litiumkloridlager.

Vidare kommer man att

- göra tester där solfångare och material exponeras
- studera korrosionsmekanism i cirkulationskretsarna med varierande värmebärarmedier
- regleringsproblem skall studeras
- orsaker till varför skillnaden mellan förutsatt och erhållen effektivitet varit så stor
- framtida standard för givare i reglerutrustning för att förbättra säkerheten
- för att kunna medräkna säkerhet och underhåll vid analyser av system
- metod skall framtas för att kunna värdera säkerhet och underhållsaspekter vid systemdimensionering.

Mätning av effektivitet

Genom NSDN eller The National Solar Data Network, kommer enhetliga (och jämförbara) rapporter att författas, redovisande ett flertal projekt. Dessa väljs, liksom typ av mätdata, genom representanter bestående av forskare, tillverkare samt ingenjörer och projektörer (konsulter).

Statligt stöd

Det statliga direkta stödet till forskning har minskat väsentligt samtidigt som det som nämnts fått en annan inriktning. Som mest statsades ca 90 miljoner USD (1979). 1983 var siffran 6,7.

Det indirekta stödet - incitamentstödet - har dock hela tiden ökat. Det var 44 miljoner USD (1979) och 263 miljoner USD 1981. Som exempel på det senare stödet kan nämnas att genom skattereduktioner kan en köpare av ett solvärmesystem spara upp till 40% av godkänd installationskostnad, som är 32 000,- (1 US D = 8 SEK).

Rena stöd bedöms nödvändiga fram till att systemkostnaderna minskar eller priset på traditionella bränslen stiger. En förlängning av detta stöd har föreslagits fram till 1987 och är föremål för godkännande.

Ett annat stöd ges för tillfället från The Solar and Conservation Bank, som håller på att organiseras. Lån med låga räntor kommer att lämnas, bl a till system för rumsuppvärmning.

## Marknaden

Under perioden 1974-83 producerades årligen mellan 130 000 m<sup>2</sup> (1974) och 2 000 000 m<sup>2</sup> (1981), motsvarande 0,6 till 9 m<sup>2</sup>/1000 invånare.

Fördelningen av anläggningar var 1982 följande för

Varmvattenberedning	40%
Uppvärmning	13%
Bassänguppvärmning	37%
För industri och lantbruk osv	10%

## Potential

Uppskattningar har gjorts om hur mycket solvärmesystem bidrar med, dels idag, dels år 2000.

År 1982 bidrar solvärmesystemen med 3,8 TWh (13 x 10<sup>12</sup>) antaget 10,5 miljoner m<sup>2</sup> solfångare. Uppskattningsvis så är bidraget år 2000 ca 60 TWh antaget från DOE nationella energipolicy (NEPP 1983). Bidraget från passiv teknik uppskattas enligt samma källa till det dubbla eller 120 TWh.

## Framtiden

Billigare material kommer att studeras och integrerade konstruktioner.

## Kostnader

Målsättning är (1 US \$ = 8 SEK)

Plana solfångare	50% effektivitet vid 60°C	400-640,-/m <sup>2</sup>
Rör solfångare	60-70% " " 150°C	800,-/m
Lager (vatten		2-4000,-/m <sup>3</sup>

Solenergi producerad energi beräknas, år 2000, kosta 50% under dagens pris.

Så länge vi har tillgång till billig elektrisk energi under sommarhalvåret kommer kombinerade solvärmesystem knappast att få någon nämnvärd betydelse för Sveriges energiförsörjning. Därför skall potentialen för denna systemtyp bedömmas på längre sikt, vilket naturligtvis är förknippat med en avsevärd osäkerhet.

För att ge en bakgrund till följande diskussion kring framtidsutsikterna för kombinerade solvärmesystem summeras först teknikens nuläge i avsnitt 6.1. Därefter diskuteras sannolikheten för att dagens kombinerade solvärmesystem skall kunna vidareutvecklas så långt att de utan subventioner kan konkurrera med andra värmesystem. Till sist genomförs en överslagsmässig beräkning av hur många fastigheter, som lämpar sig för kombinerade solvärmesystem, hur fort dessa system kan introducers och hur mycket annan betald värme som kan ersättas med solvärme.

De lokala solvärmesystemen med korttidslagring av värme uppskattas ha en energisparpotential på totalt 4 TWh/år i bostadsbeståndet. Med tanke på takten i ny- och ombyggnad uppskattas att sådana solvärmeanläggningar kan installeras i en takt, som årligen tillför en energisparkapacitet av 0.18 TWh/år.

Motsvarande energisparkapacitet för övriga byggnader har inte uppskattats.

### 6.1 Nuläget

Nuläget för kombinerade solvärmesystem kan sammanfattas med följande

- solvärmern kan svara för en tredjedel av värmebehovet i ett modernt hus till en kostnad av storleksordningen 0.6 SEK/kWh. (Avskrivning 20 år, real ränta 5%)
- det finns inte och har inte funnits någon marknad för kombinerade solvärmesystem i Sverige - knappast heller i övriga världen
- ett antal fullskaleexperiment har genomförts. De flesta har rapporterat nedslående resultat, men ett projekt, som ännu pågår, rapporterar att anläggningen uppfyller höga förväntningar
- takintegrerade solfångare av lämplig typ har utvecklats för större tappvarmvattenanläggningar
- en målmedveten men begränsad utveckling av kombinerade solvärmesystem sker inom EG

-- hos ett svenskt företag pågår ett utvecklingsprojekt, som syftar till att ta fram en anläggning, som kan serieproduceras

Det är svårt att ange en relevant kostnad för anläggningar byggda med dagens teknik. De anläggningar, som byggts och från vilka det finns kostnadsuppgifter, är alla enstaka objekt av experimentkaraktär med alla de extra kostnader, som detta innebär.

Det har gjorts uppskattningar av lägsta anläggningskostnad, som kan nås med dagens teknik vid tillverkning i liten skala. Uppgifter från två källor, som avser likartade systemlösningar, visas i tabell 6.1 och tabell 6.2. Kostnaden avser skillnaden mellan kostnaden för den kompletta anläggningen och en konventionell anläggning. Solvärmeanläggningen är i dessa fall integrerad med övriga värmeanläggningen och varmvattenberedaren är inbyggd i värmelagret. På detta sätt begränsas både värmeförlusterna och kostnaderna genom att värmeavgivande ytor och antalet komponenter minimeras. Bägge lösningarna använder vätskekylda solfångare och värmelagring i vatten som samtidigt används i värmedistributionssystemet. Vidare tillförs tillsatsvärmern från en elkassett eller gaspanna direkt till värmelagret.

Tabell 6.1 Beräknad merkostnad (exkl. moms) för solvärmeanläggning i nybebyggelse enligt Kristensen (1983) Prisnivå januari 1983. (0.8 SEK = 1 DK.)

Anläggningsstorlek		Antal samtidigt byggda anläggningar		
Solf. m <sup>2</sup>	Lager m <sup>3</sup>	1 SEK/m <sup>2</sup>	100 SEK/m <sup>2</sup>	50 SEK/m <sup>2</sup>
20	1.0	1870a	1720a	
10	0.5		2220a	1744b

- a) baserat på offererade solfångarpriser  
b) uppskattat pris på solfångaren baserat på årlig tillverkning av 40.000 m<sup>2</sup>

Tabell 6.2 Beräknad merkostnad för solvärmeanläggning SEK/m<sup>2</sup> solfångararea.

Förbrukar- enhet	Källa	Solfångar- area m <sup>2</sup>	Bebyggelsens ålder	
			Ny	Bef.
Småhus	a	15	1600	2000
Småhus	b	18	1890	-
20 lgh	a	185	1335	-

- Källor a) (Aronsson och Hultmark 1984) (exkl. moms)  
b) SOL-85 (inkl. moms)



## 6.2 Framtidsmöjligheter

Förhållandet pris/prestanda för solvärmeanläggningar är alltså för högt för att solvärmen idag skall kunna konkurrera på bred front med andra energislag och därmed ge ett väsentligt bidrag till Sveriges energiförsörjning.

Simuleringsberäkningar med SOL-85 modellen spår att en kombinerad solvärmeanläggning med 18 m<sup>2</sup> solfångare, som levererar 5.600 kWh/år (310 kWh/(m<sup>2</sup>\*år) användbar värme och som kostar 20.500 SEK (1.130 SEK/m<sup>2</sup>) skulle installeras i var tredje nytt småhus 1990. En sådan anläggning ger en total värmekostnad på ca 0.40 SEK/kWh (realränta 6%, avskrivningstid 20 år samt årlig kostnad för drift och underhåll 2% av anläggningskostnaden).

Är det möjligt att utveckla en solvärmeteknik med ett sådant förhållande pris/prestanda? I stället för att försöka besvara den frågan fundera över följande fråga.

Är det lättare att utveckla konkurrenskraftiga fusionsreaktorer än att utveckla en plan solfångare, som per kvadratmeter väger 7 kg, på plats kostar 700 SEK och producerar 700 kWh/år vid 70 grC i vårt klimat? En sådan solfångare är ingen fysikalisk omöjlighet om ock den kräver en rad tekniska framsteg speciellt beträffande glasningsmaterialen.

Att frågan förefaller absurd säger en hel del om vår inställning till solvärmetekniken och dess möjligheter. En solfångare av det slaget skulle finna många användningsområden och kunna ge stora bidrag till energiförsörjningen hos oss och ännu mer i solrikare delar av världen.

Det är en vanlig uppfattning att solvärmetekniken inte fordrar någon väsentligt ny teknik för att bli ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot dagens energipriser. Det skulle vara tillräckligt att dels införa storskalig tillverkning och dels förbättra tekniken genom att kombinera och förfina tillgänglig teknik och kunskap från VVS-, bygg-, polymerteknik, optik, metrelogi och några andra områden. Detta är kanske riktigt för vissa tillämpningar men för kombinerade solvärmesystem i vårt klimat är det nog mindre troligt.

En sista retorisk fråga: är det inte troligare att det görs ett oväntat tekniskt framsteg, som får väsentlig betydelse för solvärmens konkurrenskraft, än att det inte görs något sådant framsteg under de närmaste åren? Trots alla genomförda FoU-program är det dock fortfarande relativt få kvalificerade ingenjörstimmar nedlagda i solvärmetekniken.

### 6.3 Energisparpotential

Lokala solvärmesystem med korttidslagring av värme, som årligen ersätter ca 4 TWh köpt energi, kan enligt nedanstående uppskattning totalt installeras i det svenska beståndet av fritids- och bostadshus.

Utbyggnaden skulle med hänsyn till renoverings- och nybyggnadstakten kunna ske med ett årligt tillskott av solvärmearläggningar, som tillsammans ersätter ca 180 GWh/år köpt energi.

En grov uppfattning om kombinerade solvärmesystems energisparpotential erhålls genom att sammanställa uppgifterna om byggnadsbeståndet i avsnitt 2.2 med uppgifterna om energibesparingen från avsnitt 3.3.

Den för solfångarmontage tillgängliga takarean utgör ingen nämnvärd begränsning utom för flerfamiljshus i stadsbebyggelse. Denna kategori har dock uteslutits ur den potentiella marknaden (se avsnitt 2.2) pga anslutning till fjärrvärme eller gruppcentraler.

Beträffande befintliga lägenheter (inkl småhus) för vilka kombinerade solvärmesystem kan installeras används värdena för antal och tillgänglig takarea ur tabellerna 2.3 och 2.4. Uppskattade värden för total nybyggnad, som är hämtade från Cordi (1984), har reducerats med samma faktorer som för befintlig bebyggelse, vilket ger antalet nya lägenheter till vilka kombinerade solvärmesystem kan anslutas. Tillgänglig takarea för respektive lägenhetstyp har antagits vara densamma för nytillkommande och befintlig bebyggelse.

Med ledning av beräkningsresultaten för kombinerade solvärmesystems prestanda och energibesparing i avsnitt 3.3 och bedömningar av energibehovet i nya byggnader (Anderlind m.fl 1984) har följande uppskattning gjorts av solvärmets tillskottet för olika lägenhetstyper i befintlig och nytillkommande bebyggelse.

Lägenhetstyp	Område	Bef MWh/år	Nytillkommande	
			1985-95 MWh/år	1995-2010 MWh/år
Fritidshus		1.0	1.0	1.0
Enfamiljshus		4.0	3.6	3.2
Flerfamiljshus	tät	4.0	3.2	3.0

Om kombinerade solvärmesystem installerades i samtliga befintliga byggnader där detta är tekniskt möjligt enligt bedömningen i avsnitt 2.3 skulle den sammanlagda

solvärmeproduktionen från dessa anläggningar årligen ersätta ca 4.5 TWh köpt energi. Merparten (ca 85%) av denna solvärmeproduktion skulle ske i enfamiljshus (se tabell 6.3). På sikt minskar denna energisparpotential något eftersom det totala byggnadsbeståndet ökar sakta samtidigt som det specifika energibehovet för uppvärmning och varmvatten minskar.

Widegren och Sandberg (1981) uppskattade energisparpotentialen för enbart tappvarmvattenberedning till 7.4 TWh/år. Detta värde förutsätter visserligen solvärmesanläggningar även på fjärrvärmda fastigheter men det synes oss ändå orealistisk stort.

Tabell 6.3 Befintliga byggnader. Uppskattning av den totala potentiella energisparkapaciteten i kombinerade solvärmesystem.

	Enhet	Fritids hus	Enfam. hus	Flerfam. hus
Antal potentiella lägenheter 1000-tal		415	960	72
Energisparkap. per anläggning	MWh/år	1	4	4
Total energi-energisparkap.	TWh/år	0.4	3.8	0.3

Tabell 6.4 Nya byggnader. Uppskattning av tillkommande årlig potentiell energisparkapacitet i kombinerade solvärmesystem under perioden 1986-95

	Enh.	Fritids hus	Enfam. hus	Flerfam. hus
Antal tillkommande lägenheter, 1000-tal		8a	16	19
Andel med solvärme		0.5a	0.6	0.1
Antal tillkommande solvärmesystem.		4	9.6	1.9
Energisparkap. per anläggning	MWh/år	1	3.5	3.0
Tillkommande energisparkap.	GWh/år	4	34	5.7

a) höftning

Utbyggnadstakten är kraftigt beroende av bostadsbyggandet samt ombyggnaden av äldre värmeanläggningar. Antag att kombinerade solvärmesystem installeras i drygt halva nyproduktionen och årligen i 3% av den del av det befintliga beståndet, som är lämpad för solvärme. Detta ger enligt tabellerna 6.4 och 6.5 ett årligt tillskott av solvärmeanläggningar med en total energisparkapacitet av 180 GWh/år.

I denna uppskattning av kombinerade systems energisparpotential har ingen hänsyn tagits till konkurrensen med rena soltappvarmvattensystem. Eftersom dessa två systemtyper utesluter varandra i en fastighet får inte oberoende uppskattningar av deras energisparpotential adderas.

Tabell 6.5 Befintliga byggnader. Uppskattning av tillkommande årlig potentiell energisparkapacitet i kombinerade solvärmeanläggningar under perioden 1986-95

	Enhet	Fritids hus	Enfam. hus	Flerfam. hus
Antal potentiella lägenheter 1000-tal		415	960	72
Årlig andel som installerar solv. %	%	3	3	3
Antal nya solvärmeanläggning. 1000-tal		12	29	2
Energisparkap. per anläggning	MWh/år	1	4	4
Tillkommande energisparkap.	GWh/år	12	116	8

## 7 FORSKNING OCH UTVECKLING

Solvärmetekniken i Sverige är inne i ett skede av snabb utveckling mot beständigare och mer kostnads-effektiva system. Kostnaden för solvärme börjar nu komma i närheten av kostnaden för värme från konventionella värmekällor. Denna kostnadssänkning har skett med en begränsad FoU-insats och utan stöd av tillverkning i stor skala.

Utvecklingen i Sverige av kombinerade solvärmesystem avstannade i det närmaste i början av 1980-talet som en följd av de nedslående resultaten från den första generationens vildvuxna experimenthus. Utvecklingsarbete i begränsad omfattning har upptagits och en del lovande resultat kan anas.

Idag är förutsättningarna för att konstruera kostnads-effektiva kombinerade solvärmesystem betydligt bättre ty

- det finns nu respekt för solvärmetekniken och dessutom bättre baskunskaper
- solfångarna har undergått en kraftig utveckling med avseende både på prestanda och beständighet
- tekniken att hantera lågtemperaturvärme har förbättrats
- det finns en insikt om att det fordras en noggrann dimensionering och en god systemutformning för att lyckas

Utvecklingen av kombinerade solvärmesystem måste ses på längre sikt, ty denna systemtyp kommer inte att kunna erövra någon nämnvärt marknad så länge det finns elektrisk energi, som är billig under sommarhalvåret. En fortsatt FoU-verksamhet är därför helt beroende av statligt stöd.

Kombinerade solvärmesystem har en energisparpotential av storleksordningen 4 TWh/år i enbart bostadsbeståndet. Det är sannolikt att tekniken genom fortsatt FoU och storskalig tillverkning blir konkurrenskraftig. Utvecklingen av solvärmetekniken kan delvis ses som en gardering inför en möjlig framtid där kostnaden för energiråvara och miljöeffekter är högre än idag.

Mot denna bakgrund rekommenderar utvärderingsgruppen att BFR stödjer en fortsatt FoU-verksamhet inom området 'lokala solvärmesystem med korttidslagring'.

Målet för de närmaste årens verksamhet bör vara att utveckla och demonstrera väl fungerande prototyper, som vid serieproduktion kan ge en konkurrenskraftig värmekostnad i sådana nya respektive befintliga byggnader, som erbjuder goda förutsättningar för solvärme.

Målet bör vidare vara att serietillverkade anläggningar, som är fastighetsekonomiskt motiverade utan subventioner, finns på marknaden i början av 1990-talet.

Den sammanlagda omfattningen inom detta och angränsande solvärmeområden måste vara tillräckligt stor för

att möjliggöra kontinuitet i arbetet

att möjliggöra existensen av minst en samarbetande grupp, som har solvärmestillämpningar i byggnader som sitt huvudintresse

att ge underlag för tillverkning och installation av några anläggningar per år

Grundläggande kunskaper och tekniker inom solvärmeområdet är till stor del gemensamma för flera delområden. Detta förslag på angelägna FoU-uppgifter koncentreras på det som är specifikt för 'Lokala solvärmesystem med korttidslager', men en viss överlappning med övriga delområden kan inte undvikas.

I detta avsnitt diskuteras först mål samt metoder och angreppssätt under rubriken 'FoU-strategi' och därefter följer diskussion och förslag för ett antal delområden.

Beträffande utvecklingen av solfångartekniken som sådan, vilken är fundamental för denna systemtyp liksom för samtliga andra typer av solvärmesystem, bör vi inte förlita oss helt på insatser i andra länder, ty dels ägnas de största och bästa resurserna inte åt den solfångarteknik, som idag synes mest lovande för våra tillämpningar - dvs stora plana effektiva solfångare - dels ställer Sveriges speciella klimatsituation särskilda krav på solfångarens väderbeständighet.

Utveckling av solfångartekniken måste alltså ingå i den svenska satsningen men behandlas inte i vidare här.

## 7.1 FoU-strategi

Målsättningen i sig är viktig, eftersom framgången i hög grad beror på vår vilja och tro att lyckas.

Målet skall alltså väljas mot bakgrund av

att kombinerade solvärmesystem kan bli ett intressant alternativ en bit in på 1990-talet, men knappast förr pga den goda tillgången på elektrisk energi

att det är tekniskt möjligt att årligen ersätta fyra TWh annan energi med solvärme från kombinerade system

att det synes fullt möjligt att utveckla kombinerade solvärmesystem, som producerar värme till en konkurrenskraftig kostnad

Att sätta upp själva målet är det första villkoret för att lyckas med att förverkliga den möjlighet, som kombinerade solvärmesystem representerar.

FoU-verksamheten måste främst inriktas på att konstruera anläggningar, som kan producera värme till lägre kostnad. I första hand är det nödvändigt att pressa ned anläggningskostnaden och i andra hand höja systemverkningsgraden.

FoU-arbetet måste ske metodiskt och långsiktigt, varför de begränsade forskningsanslagen bör koncentreras till ett fåtal grupper för att på så sätt skapa några celler med hög kompetens inom området. Utbildning och spridning av kompetens torde i dag vara av underordnad betydelse.

Goda idéer, systemtänkande, en vilja att arbeta långsiktigt samt kompetens och 'lite jävlar anamma' utöver det vanliga bör krävas av grupper, som skall arbeta inom området. Erfarenheten från 1970-talet visar att enstaka projekt, som genomförs av tillfälligt ihopsatta grupper, sällan ger resultat eller rapporter av något större värde.

Det finns dock ett problem här; nya grupper med nya idéer och angreppssätt får inte utestängas. Ansvar för här ligger på handläggaren, men vid bedömningen av det enskilda fallet kanske en kravlista i stil med ovanstående kan vara till hjälp.

Aktiv medverkan i internationella samarbetsgrupper är mycket stimulerande och innebär samtidigt en viss kvalitetskontroll av den egna verksamheten. Beträffande kombinerade solvärmesystem pågår uppenbarligen den intressantaste verksamheten inom EG's solvärmeprojekt och Sverige bör därför (förutsatt att en kontinuerlig FoU-verksamhet bedrivs i Sverige) försöka etablera ett närmare samarbete med detta samarbetsprojekt.

Idéer till nya lösningar skall i princip först analyseras med enkla beräkningar och/eller praktiska prov i liten skala samtidigt som en överslagsmässig bedömning av nyttan utförs; kan lösningen bidra till lägre kostnad för solvärmerna? En litteraturstudie bör i allmänhet också genomföras i ett tidigt skede. Först därefter bör omfattande simuleringsberäkningar och/eller laboratorieförsök genomföras. Ett fullskaleexperiment skall inte aktualiseras förrän möjligheterna hos beräkningar och försök i laboratorieskala är uttömda. Under 1970-talets experimentbyggande ägnades ofta för lite tid åt de tidigare skedena i denna process.

Ett problem här är möjligtvis att de tidiga skedena i många projekt skulle falla inom STU's område snarare än inom BFR's.

Rapportering i traditionella BFR-rapporter har en rad svagheter

- rapporterna kommer ofta mycket sent
- rapporterna från speciellt fullskaleexperiment är ofta för tjocka och spänner över ett alltför stort område, vilket medför en rad negativa konsekvenser
  - redovisningen av enskilda områden är alltför ytlig och drunknar i mängden,
  - behandlingens djup och kvalitet varierar ofta våldsamt inom en och samma rapport
  - intressant information kan bli förbisedd i litteratursökningar när rapportens titel och sökord inte täcker den speciella delen
  - läsningen tar för lång tid; rapporterna blir inte lästa
- rapportskrivningen tar för stor del av projektets resurser och alltför ofta rapporteras tunna resultat i tjocka skrifter.

Som vanligt är det lättare att peka på problem än att ange lösningar. Flera korta, till formen anspråkslösa, ämnesmässigt smala och i tiden utspridda uppsatser tillsammans med en översiktlig rapport, som beskriver projektet som helhet, vore kanske ett sätt att rapportera ett fullskaleprojekt, som löper över flera år. Eftersom det inte finns någon lämplig solvärmetidsskrift så återstår dock frågan hur uppsatserna skall spridas.

Det är inte självklart att ett generellt statligt stöd till fastighetsägare, som idag installerar kombinerade solvärmeanläggningar, är ett lämpligt sätt att stödja utvecklingen. De tusentals solvarmvattenanläggningar, som med statligt stöd installerades under några år i slutet av 1970-talet och början av 1980-talet, medverkade inte i någon nämnvärd grad till utvecklingen, de har säkert inte heller levererat några större värmemängder och de är som helhet ingen god propaganda för solvärme.

Industrins medverkan i FoU-arbetet under ett visst mått av konkurrens är absolut nödvändigt för att de praktiska och ekonomiska aspekterna inte skall skjutas i bakgrunden. Med tanke på marknadsutsikterna för kombinerade solvärmesystem under de närmaste åren fordras statligt stöd för industrins medverkan i FoU-arbetet.



Detta kan ske som direkt FoU-stöd, upphandling av anläggningar för fullskaleexperiment och såsom ett generellt stöd för installation av anläggningar. Dessa olika former av stöd hör samman med olika skeden i utvecklingsprocessen.

En modell för industrins medverkan i utvecklingen av kombinerade solvärmesystem bör under närmaste åren innehålla

- utveckling av prototypanläggningar
- tillverkning i begränsad skala
- realistiska installationer hos kunniga brukare, som önskar medverka i utvecklingen av solvärmetekniken

## 7.2 Solinstrålning

Den mängd värme, som ett solvärmesystem kan leverera, beror främst på solinstrålningens storlek. Tillförlitligheten hos en beräkning av ett solvärmesystems prestanda är därför helt beroende av kvaliteten hos de solinstrålningsdata man använder.

Bättre kunskap om strålningens egenskaper - dess storlek, dess fördelning på direkt och diffus och dess fördelning i rum och tid - är en förutsättning för att kunna genomföra noggranna teoretiska studier av olika systemkonstruktioner.

SMHI har kontinuerligt registrerat timvärden för solinstrålning på ett dussin platser under ca 25 år. Omfattande mätdata för 1959-1971 är publicerade och samtliga data är tillgängliga på magnetband. Bearbetningen och analys av detta material är dock eftersatt och få rapporter har publicerats.

Onoggrannheten hos dessa äldre mätningar är för vinterhalvåret så stort att resultaten från beräkningar av den nyttiga solvärmeproduktionen bara av denna orsak får onoggrannheter på flera tiotals procent. Detta har mindre betydelse för solvärmesystem, som främst är i drift under sommarhalvåret, med för system med korttidsvärmelagring, som levererar värme till byggnadsuppvärmning, är denna onoggrannhet otillfredställande. Noggrannheten hos de solstrålningsmätningar, som utförts i anslutning till fullskaleexperimenten är sannolikt i allmänhet inte bättre.

Sedan medio 1982 har SMHI nya och väsentligt bättre mätstationer i drift. Här mäts den direkta solinstrålningen med solföljande pyrheliometrar, vilket kraftigt reducerar problemen med omräkning av strålningen till ytor med olika orientering.

Det är angeläget att en databas av tillförlitlig solstrålningsstatistik byggs upp och därför måste driften av de nya mätstationerna pågå under ytterligare minst en tioårsperiod.

Eftersom mätdata från de äldre mätningarna för en lång tid kommer att vara den enda tillgängliga långtidsstatistiken är det viktigt att analysera vilka begränsningar dessa data har. Detta kan nu göras med stöd av mätningar, som gjorts parallellt med de nya och de gamla mätstationerna.

Mycket få mätningar och analyser har gjorts vad beträffar dels lokala variationer i solinstrålningen och dels korttidsvariationer på grund av växlande molnighet.

#### 7.2.1 Förslag

En 'solinstrålningsdatabok' med något om beräkningsmodeller och omfattande statistik från SMHI's mätningar bör publiceras. Data från nya stationsnätet skall ingå.

SMHI's nya stationsnät för solstrålningsmätningar bör drivas under minst en tioårsperiod för att skapa en tillförlitlig strålningsstatistik. Bearbetning och publicering av insamlade data skall ske kontinuerligt.

Dessutom bör studier utföras för att kartlägga dels lokala variationer dels korttidsvariationer i solinstrålningen.

#### 7.3 Byggnadsbeståndet

Värmebehovets storlek och fördelning i tiden tillsammans med erforderliga temperaturnivåer är viktiga parametervärden både när en specifik anläggning dimensioneras och då potentialen för tekniken skall bedömas på nationell nivå. Många dåliga resultat i fullskaleexperiment har sin grund i överdimensionering, som beror på brister i dimensioneringsunderlaget. För att bedöma potentialen korrekt är det viktigt att känna till inte bara medelvärden för hela beståndet utan även spridningen och tidsförlopp, ty solvärme kan vara väl motiverat i en del av beståndet trots att detta inte framgår av medelvärdena.

##### 7.3.1 Förslag

En 'värmeförbrukningsdatabok' bör sammanställas. Den skall innehålla förbrukningsstatistik för olika typer av förbrukning och brukare, t.ex olika slag av bostäder, skolor, sjukhus etc.

## 7.4 Beräkningsmetoder

De matematiska modeller, som används för beräkning av den termiska funktionen hos solvärmesystem kan delas in i två grupper

1. 'förenklade modeller', som behandlar månadsmedelvärden på värmebehov och väderdata
2. simuleringsmodeller, som behandlar kompletta tids-serier av väderdata med tidssteget en timme eller mindre.

Beräkningar med simuleringsmodeller utförs alltid med specialkonstruerade datorprogram. Vissa enkla modeller är ursprungligen anpassade för manuella beräkningar, men även dessa beräkningar utförs i allmänhet med hjälp av en dator.

### 7.4.1 Förenklade modeller

'Förenklade modeller' kan användas t.ex för

- översiktliga beräkningar av potentialen för solvärme i bestånd av byggnader
- dimensionering av anläggning av känd typ - alltså en typ för vilken det finns en relevant förenklad modell
- pedagogiskt hjälpmedel

I Sverige har ett antal 'förenklade modeller' utvecklats, men de har med få undantag endast använts inom den organisation där de utvecklats. Två skäl till detta är att modellerna inte verifierats mot mätresultat i tillräcklig omfattning och att de är otillräckligt dokumenterade.

Största svårigheten är beräkningen av instrålningen mot en godtyckligt orienterad yta ur månadsvärden för instrålningen mot en horisontell yta.

I den modell för utvecklingen av kombinerade solvärmesystem, som utvärderingsgruppen föreslår finns under de närmaste åren inget behov av 'förenklade modeller'.

Eftersom korrekt dimensionering är av avgörande betydelse för ett kombinerat solvärmesystems prestanda är det viktigt att goda dimensioneringsmetoder finns den dag sådana system skall installeras rutinmässigt. Till dess kan experimentanläggningar med fördel dimensioneras med hjälp av stora simuleringsprogram.

Det förefaller inte alls säkert att det är dagens 'förenklade modeller', som skall användas för dimensionering av solvärmesystem någon gång på 1990-talet. Då kommer t.ex inte datorresurserna att vara lika begränsade och dramatiken kring datorberäkningar har förhoppningsvis lagt sig.

#### Förslag

Utvecklingen av speciella dimensioneringshjälpmedel kan anstå några år.

Ett projekt för att ta fram ett datorprogram för dimensionering måste inledas med en noggrann analys av vilka funktioner, som behöver ingå i ett sådant program.

#### 7.4.2 Simuleringsmodeller

Simuleringsberäkningar har endast utförts i begränsad omfattning i Sverige. Sådana beräkningar bedöms i många fall vara ett effektivt hjälpmedel och därför är det önskvärt att de får en mer framträdande roll i utvecklingsarbetet.

Simuleringsberäkningar har flera användningsområden inom FoU-verksamheten:

- parameterstudier
- noggrann analys av funktionen hos nya oprövade systemlösningar
- planering av mätprogram och analys av mätresultat i fullskaleexperiment med unika systemlösningar.
- generalisering av resultat från fullskaleexperiment - t.ex omräkning av mätresultatet till normalår och standardiserade förbrukningstal.
- utveckling och kontroll av 'förenklade metoder'

Dessutom kan simuleringsmodeller ersätta 'förenklade metoder' till priset av omständligare handhavande och längre beräkningstid.

Exempel på studier, som borde utföras med ett lämpligt simuleringsprogram är

- betydelsen av temperaturskiktning i ackumulator-tankar vid in- och utmatning under olika driftsbetingelser. Det råder härvidlag fortfarande stor osäkerhet bland expertisen även om man är ense om att skiktning vid utmatning är värdefullt

- konflikten - om det finns någon - mellan aktiv och passiv solvärme för uppvärmning.
- jämförelse av prestanda mellan system med värme-lager av vatten respektive smältvärmelager
- betydelsen av solfångarens termiska massa för sys-temets prestanda. Ransmark (1982) har gjort en studie, som tyder på att detta beroende i vårt klimat är stort - till skillnad från förhållandena i USA

Några problem med själva simuleringsmetoderna är

- den begränsade tillgången till goda indata för i första hand solinstrålning och i andra hand värme-behov
- de stora praktiska svårigheterna att verifiera modellerna
- praktiska svårigheter att arbeta effektivt med datorprogrammen

Situationen är lite paradoxal. Flertalet, som arbetar inom området, skriver nog under på att simulering är en bra metod för att studera många frågeställningar inom solvärmeområdet, simuleringsprogram är tillgängliga, datorresurser finns, solinstrålningsdata (om än med vissa brister) finns men ändå utförs knappast några simuleringsberäkningar. De främsta skälen torde vara av praktisk natur. Forskarna saknar rutin att arbeta med stora datorprogram och utan datorvana fordras en ganska lång inlärningsperiod för att kunna utföra en god studie. Programmen tillhandahålls inte vid någon datorcentral, utan forskaren själv måste lösa de flesta dator tekniska problemen kring körningen av programmen. Dessa problem kan vara stora. Ett fenomen, som kanske delvis har sin grund i dessa problem, är att flera små datorprogram, som bygger på förenklade metoder, har konstruerats.

Det är sannolikt att en viss förbättring skulle kunna uppnås genom att underlätta och uppmuntra användningen av simuleringsprogram.

Men det finns flera skäl till att begränsa utveckling av nya simuleringsprogram och koncentrera resurserna till vidareutveckling av befintliga program

- det är dyrt och svårt att konstruera simulerings-program
- det har ett värde i sig att endast få program används, ty det befrämjar utbytet och förståelsen mellan 'forskare' genom att programmen därmed blir bättre kända

-- de få program, som används, kan på så sätt bli bättre; mer felfria, bättre dokumenterade, mer fullständigt 'verifierade', funktionellt både mer 'riktiga' och kompletta samt enkla att handha

Inget simuleringsprogram kan användas för att studera alla tänkbara frågeställningar. Innan ett nytt simuleringsprogram utvecklas skall dock behovet påvisas och en noggrann och detaljerad kravspecifikation upprättas.

#### Förslag

Standardprogram bör finnas i drift och underhållas på några allmänt tillgängliga datorer vid de högskolor där FoU-verksamhet inom området pågår. För de användare, som utnyttjar en av BFR's mätcentraler för mätning i fullskaleexperiment, vore det lämpligt att ha simuleringsprogram på mätcentralens dator eftersom mätdata finns där och de får viss vana vid det systemet.

En studie bör genomföras över hur potentialen för att använda kombinerade solvärmesystem beror av byggnadstyp och förbrukningsmönster.

Det vore säkert värdefullt att i ett projekt där simuleringsprogram används studera metoden i sig och speciellt rapportera om användningen av simuleringsprogrammet.

#### 7.5 Värmelager

Utvecklingen av värmelager med vatten som medium har varit eftersatt och bör intensifieras.

Ett sätt att uppnå god funktion till låg kostnad är sannolikt att på fabrik bygga en komplett värmecentral, som innehåller värmelager, ventiler, pumpar och reglerfunktion för solvärmesystemet samt vvb och tillsatsvärmekälla.

Temperaturskiktning särskilt vid uttag av värme är värdefullt för systemets prestanda. Det är de flesta ense om. Men hur stor betydelse har det och hur uppnår man det på billigaste sätt ?

Fortfarande vet man alltför lite om värdet av att använda smältvärmelager.

## 7.6 Fullskaleexperiment

Flertalet av alla välinstrumenterade fullskaleexperiment, som genomförts har givit ett alltför magert resultat. En sak är att anläggningarnas prestanda blev låga men det är svårare att överse med att det 'vetenskapliga' resultatet också blev magert. Resultaten analyserades inte tillräckligt noga och de kom inte 'forskarsamhället' till del i någon större utsträckning. Detta problem kan begränsas genom

att endast genomföra stora mät- och utvärderingsprogram då det verkligen är motiverat av ett FoU-behov

att ställa större krav på projektgruppen

att begränsa projekten till de centrala frågeställningarna. Det har funnits en tendens till att utvidga projektet med perifera frågeställningar i tron att det är enkelt när omfattande mätningar ändå skall genomföras

De är motiverat att driva två typer av fullskaleexperiment nämligen

- FoU-experiment i anläggningar, som representerar ett steg i utvecklingen och som alltså innehåller något väsentligt nytt
- enkel uppföljning av termiska funktionen hos anläggningar av en utprovad typ - ett slags nollserie

FoU-experiment skall vara noggrant förberedda genom t.ex. simuleringsstudier och experiment i laboriemiljö. I dessa experiment skall anläggningarnas funktion följas upp med omfattande mätningar och mätresultatet skall analyseras noga och ställas i relation till en teoretisk modell - ofta en simuleringsmodell. De intressantaste delarna av resultatet skall rapporteras noggrant. FoU-experimenten, som alltså i stort sett skall drivas enligt idealbilden för dagens fullskaleprojekt, är kostsamma och bör endast genomföras när det finns ett dokumenterat behov ur FoU-synpunkt av ett sådant experiment. Dvs när experimentet behövs för att komma vidare i utvecklingen av en lovande systemlösning.

Anläggningar, som bildar en nollserie av utprovad typ, behöver uppföras i begränsat antal innan detta kan motiveras rent ekonomiskt med värmeproduktionen. Skälen är

att skapa en liten marknad för att möjliggöra utvecklingsarbete inom industrin

att verifiera att tekniken fungerar under verkliga förhållanden

att skaffa erfarenhet beträffande drift och underhåll

att skaffa realistisk kostnadsinformation

att demonstrera att framsteg görs i utvecklingen

I ett större antal objekt ur sådana nollserier bör anläggningens termiska pretanda följas upp med begränsade mätningar - vecko- eller månadsvärden för ett par värmeflöden, några temperaturer och en drifttid. Rapporteringen bör ske i standardiserad form och gemensamt för flera anläggningar.

#### 7.6.1 Förslag

Fullskaleexperiment skall följa efter en framgångsrik utveckling av nya systemlösningar eller centrala komponenter. Omfattningen av fullskaleexperimenten bestäms därför i hög grad av omfånget och kvaliteten på FoU-arbetet i tidigare led.

För att nå målen

att prototyper till konkurrenskraftiga system skall vara demonstrerade i slutet på 1980-talet och

att serietillverkade anläggningar, som är lönsamma utan subventioner, skall finnas på marknaden i början på 1990-talet

fordras sannolikt

att minst 2 à 3 FoU-experiment i vardera av 2 à 3 utvecklingslinjer genomförs samt

att ytterligare ett par hundra anläggningar installeras.



FoU-verksamheten inom området 'lokala solvärmesystem med korttidslagring' har genomlöpt två skeden och är nu inne i ett tredje. Det första skedet präglades av entusiasm och otålighet, och det andra skedet av missmodighet och passivitet. Nu är inställningen mer nyanserad och det pågår ett par projekt, som rapporterar goda resultat.

FoU-verksamheten, som tog fart i mitten på 1970-talet, var osystematisk och splittrad på många grupper. Vägen från idé till fullskaleexperiment i bebodda småhus var kort och det byggdes tiotals solhus. Resultaten var nedslående och intresset försvann nästan helt.

Det är anmärkningsvärt både hur många olika byggnadsföretag och andra professionella organisationer, som deltog, och hur många idéer som föddes, prövades och förkastades under senare hälften av 1970-talet. De dåliga resultaten förklaras till stor del av överdimensionering, problem med otillräcklig vvs-teknik och värmeförluster från de stora och komplicerade anläggningarna.

Några slutsatser beträffande kombinerade solvärmesystems potentiella möjligheter skall inte dras från dessa tidiga resultat.

Under det skede som sedan följde skars FoU-verksamheten inom området ned mycket kraftigt.

Nu har verksamhet i begränsad tagits upp igen. Vissa teoretiska studier har genomförts bl.a i samband med denna utvärdering för SOL-85. Ett pågående fullskaleexperiment rapporterar resultat i nivå med teoretiskt beräknade och ett företag, som installerat några stora soltappvarmvattenanläggningar, utvecklar ett kombinerat solvärmesystem för småhus.

Även internationellt har FoU-insatserna inom detta område minskat kraftigt från en nivå, som under ett par tre år var hög. Inom EG pågår dock ett målmedvetet och jordnära FoU-arbete. De fördelaktiga skatteavdragen vid installation av solvärmeanläggningar finns kvar i USA, samtidigt som man inom FoU-området i begränsad omfattning satsar på mer avancerad teknik.

De viktigaste resultaten av det genomförda FoU-programmet kan sammanfattas i följande punkter

- Det mest kostnadseffektiva kombinerade solvärmesystemet idag innehåller plana vätskekylda solfångare och en ackumulatortank som rymmer ca 50 liter vatten per kvadratmeter solfångare. Det är sammanbyggt med ett konventionellt värmesystem och det ersätter en tredjedel av den köpta energin för uppvärmning och varmvattenberedning.

- Flertalet småhus och en begränsad del av flerfamiljshusen är lämpade för installation av kombinerade solvärmesystem, vilket representerar en sammanlagd energisparpotential av 4 TWh/år. Det är anslutning till fjärrvärmesystem eller gruppcentraler, som är skälet till att flertalet flerfamiljshus har uteslutits.
- Noggranna bedömningar av vilken kostnadsnivå, som är möjlig att nå vid storskalig tillverkning, saknas. Med dagens teknik och tillverkning i korta serier är kostnaden för kombinerade solvärmesystem ungefär två gånger för hög för att vara konkurrenskraftig gentemot en elpanna.
- Dimensionering av kombinerade solvärmesystem måste göras med omsorg och grundas på riktiga förbrukningsuppgifter enär överdimensionering är förödande för systemets prestanda.
- Det finns en konflikt mellan energihushållning och solvärme, vilket mer beror på att eldningsssäsongen förkortas än att energiförbrukningen minskar.
- Storleken på varmvattenförbrukningen överhuvudtaget och speciellt sommartid har stor betydelse för systemets prestanda. Sommarförbrukning är typiskt väsentligt lägre än vinterförbrukningen.

Det finns fortfarande stora kunskapsluckor; vi vet t.ex för lite om

- Betydelsen av god skiktning ackumulatortankar
- Konflikten - om det ens finns någon - mellan aktiv och passiv solvärme för uppvärmning
- Värdet av att använda smältvärmelager

Kombinerade solvärmesystem har alltså en energisparpotential av icke ringa storlek och saknar nämnvärda miljöproblem.

Solvärmetekniken i Sverige har kommit in i en andra andning och påtagliga framsteg har gjorts under de senaste åren.

Solvärmen från kombinerade system kostar idag bara dubbelt så mycket som värme från en elpanna.

Eftersom få (allt är relativt) kvalificerade ingenjörstimmar har ägnats åt denna teknik och tillverkningen fortfarande sker i liten skala så finns det rimligen en stor potential för kostnadssänkningar.

Mot denna bakgrund anser utvärderingsgruppen att ett seriös försök skall göras att förverkliga konkurrenskraftiga kombinerade solvärmearläggningar med hjälp av en målmedveten FoU-satsning.

- Abrahamsson, T: 1979, Energi från solvärmd vind. Beredning av varmvatten eller förvärmning av ventilationsluft. (Statensråd för byggnadsforskning).  
Rapport R12:1979, Stockholm
- Abrahamsson, T, Jonson, S, Lagerkvist, K-O: 1981, Värme ur sol och luft med lagring i vatten och is. Brämhultsprojektet i Borås. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport 25:1981, Stockholm
- Anderlind, G, Bankwall, C, Munther, K, 1984, Energibehov i byggnader. (Statens råd för byggnadsforskning)  
Rapport R140:1984, Stockholm
- Aronsson, S & Hultmark, G, 1984, Remissvar "SOL85", Solfångare vår/höst system, (Avd f Installationsteknik CTH.), Göteborg
- Bergqvist B m fl: Mekaniskt ventilerad takkonstruktion som värmväxlare och solfångare. (Statens råd för byggnadsforskning) BFR R111:1980
- Berndtsson L, Granstrand L och Lindgren S: Energisnålt varmvatten i bostadshus. BFR.T2:1982.
- Bokalders, V: 1981, Energisnåla hus. 30 hus med energisnåla lösningar: Solfångare, värmeåtervinning, växthus, braskamin, värmepump, passiva solhus, värmelager. (ICA bokförlag), Västerås
- Brosenius, H: 1981, Ackumulatorsystem för småhusuppvärmning. (VVS-tekniskaföreningen). VVS specialnummer 2:1981, Stockholm
- Carriere, D: Solar Houses for a Cold Climate. A detailed Study of twenty-six solarheated houses. (John Wiley & Sons), Canada, 1980
- Collins T, Leidner P och Åström B: Byggnadstradition i Stockholms skärgård. BFR T15:1978, Stockholm.
- Cordi, I, 1984, Energiprisscenarier och energistrategier, (Statens råd för byggnadsforskning.), Rapport R151:1984, Stockholm
- Dafgård, N, Werner, G: 1983, Erfarenheter från lagring av värme i stenmagasin. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R124:1983, Stockholm

- Dep of Housing and Urban development, HUD: Building the Solar Home. Some early lessons learned, USA, 1978
- Energiministeriet: Solvärmeanläggningar för uppvärmning. Rapport nr 15, aug 1981. Köpenhamn
- EG-rapport: Solar houses in Europe - How they have worked, Pergamon Press, 1981
- EG-rapport: Performance of solar heating systems in dwellings-executive summary and recommendations. Dec 1981
- EG-rapport: Solar water heating - an analysis of design and performance data from 28 systems. Dec 1981
- EG-rapport: Solar spaceheating - an analysis of design and performance data from 33 systems. Dec 1981
- Eek, H: 1981, Solvärt småhus. Utvärdering av ett solvärmesystem med luft som värmemedium. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R78:1981, Stockholm
- Ferraro, R och Godoy, R: Solar Heating Performance and cost improvement by design Nov 1983  
EG
- " Solar Heating Performance monitoring 1982-83 Executive summary and recommendations, EG, November 1983
- " Solar Heating Performance of recent systems, November 1983
- Fredlund, B: 1982, Energibesparing genom värmelagring i innertak med glaubersalt. Rapport R26:1982, Stockholm
- Girido, V, 1979, Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. (Statens råd för byggnadsforskning.), Rapport R108:1979. Stockholm
- Granström, Bo m fl: Solenergi för mejerier. Förstudie. Projekt 790586-6
- Hansson, K Jonsson, S, Lagerkvist, K-O: 1981, Soltyp-  
hus i Lundaskog. Erfarenheter från ett års mätningar. (Statens råd för byggnadsforskning).  
Rapport R25:1981, Stockholm
- Industridepartementet för 1981 års energikommité. Bebyggelsens förändringar i Sverige år 1980-2010, rapportserien "I stället för kärnkraft, energi efter år 2010". Ds 1983:14

- Isakson, P, Kellner, J: 1981, Solveig-projektet. Korttidslagring i solvärmda byggnader - förstudie av magnetit -vatten - och salhydrater. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R21:1981, Stockholm
- Jensen, L: 1981, Solvärme för industribyggnad i Kungsbäcka. Mätresultat och utvärdering. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R50:1981, Stockholm
- Johnsson, H och Stillesjö, S: Uppvärmning av ventilationsluft med hjälp av solfångare. R78:1979
- Josefsson, W: 1984, Översikt över strålning och temperaturförhållanden för år 1983. (Statens Meteorologiska och Hydrologiska Inst). Stencil, Norrköping
- Kristensen, P-E, 1983, A solar water and space heating system for northern Europe. (Thermal insulation laboratory, Technical university of Denmark.), Preprint, Copenhagen, Denmark.
- Larsson, B: Fasaden som solfångare - värme i luftspalt. CTH-A-MB 1978:6, Göteborg
- Larsson, M, Brunström, C: 1982, Zanda solhus i Motala. (Statens vattenfallsverk). SV-rapport SOL 1982:2
- Larsson, T: Försöksanordning för förvärmning och kylning av ventilationsluft. R36:1978
- Lindquist, K: 1982, Sol- och vedvärme med korttidslagring för energisnåla hus. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R75:1982
- Lindskoug, N-E: 1979, Täbyprojektet. Delredogörelse februari, (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R83:1979, Stockholm
- Lindskoug, N-E: 1984, Täbyprojektet. Energisnåla hus i Täby. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R13:1984, Stockholm
- Lund, H: Program BA4. Användarhandledning. Lab för värmeisolering DTH. Rapport nr 41, Köpenhamn 1979. (Engelsk)
- Nilsson, E: 1981, Energiflöden i Solfångare. Mätresultat och drifterfarenheter. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R46:1981, Stockholm

- Olsen, L och Balslev-Olesen, O: Beräkning av solvärme-system i Sverige med klimatdata från 1983 och 1971. Lab för värmeisolering. DTH Rapport 84-30. Köpenhamn aug 1984
- Ottosson, H: 1983, Solfångare och värmelager i ett system med luft som värmebärare. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R40:1983
- Ransmark, S-E, 1982, Solvärmeanläggningars prestanda i områden med växlande molnighet, (Institutionen för Värme- och kraftteknik, LTH), Lund.
- Wennström, I: 1979, Luftburen solvärme i småhus. Pilotprojekt, Eslöv. (Statens råd för byggnadsforskning). Rapport R92:1979, Stockholm
- Werner, G: Energisnåla nya flerbostadshus i Stockholm - delprojektaktintegrerad luftsolfångare och luftvärme i kv Kejsaren, BFR - ej ännu publicerad rapport
- Widegren, K: Möjlig användning av solfångare i befintlig stadsbebyggelse-en inventering. Rapport. Rapport R86:1577. Statens Råd för Byggnadsforskning, Stockholm.
- Widegren-Dafgård, K och Sandberg, M: Solenergianvändning i befintlig bebyggelse - möjligheter med hänsyn till utrymmesbehov. VVS-special nr 2 1980, Stockholm, VVS-tekniska föreningen, 1980
- Widegren-Dafgård, K: 1984, Värmedebitering och inomhus-temperatur. (VVS-tekniska föreningen) VVS och Energi, nr 1, 1984, Stockholm
- Vretblad, L m fl: Solenergi för Industribyggnader, förstudie. Projektnummer 771168-8

## PROJEKTSAMMANFATTNINGAR

Referat av projektrapporter från FULLSKALEEXPERIMENT  
inom området  
"LOKALA SOLVÄRMESYSTEM MED KORTTIDSLAGER"  
Genomförda under perioden 1975-1984

## INNEHÅLL Bilaga 1

1.	PARAMETERSTUDIE	71
1.1	Klimatdata	72
1.2	Byggnader och värmebehov	73
1.2.1	Beskrivning av byggnaderna	74
1.2.2	Beräknat värmebehov	75
1.2.3	Tappvattenbehov	77
1.3	Solfångarsystemets prestanda	77
1.3.1	Systemutformning	78
1.3.2	Beräkningsresultat	80
1.4	Reducering av förluster	85
1.4.1	Beräknad reduktion av förluster	86



## 1 PARAMETERSTUDIE

Solvärmsystem för varmvatten och uppvärmning har en utnyttjandegrad, som beror på följande parametrar:

- 1 Solinstrålningen
- 2 Solfångarnas lutning och orientering
- 3 Solfångarnas yta
- 4 Värmebehovet
- 5 Tappvarmvattenbehovet

Andra faktorer om än med mindre betydelse är systemlösningen, värmelagrets storlek och värmeangivande ytors storlek. Från forskararbeten, se exempelvis Energiministeriets solvärmeprogram (1981) och Ferraro R (1983), kan man få fram lämplig systemutformning och lämpliga dimensioner för att nå en optimal lösning. Här skall några databeräkningar presenteras där nämnda parametrar 1-5 varierats. För övriga variabler har antagits lämpliga optimala värden. Det har ej varit målsättningen att göra detaljerade systemstudier. Ett viktigt incitament för dessa beräkningar har varit att det nu finns bra solstrålningsdata, som ger säkrare värden på anläggningens prestanda. Speciellt värden för vintermånader, som resulterat i en omvärdering, se bl a Isakson (1981).

Här kommer resultatet från databeräkningarna att beskrivas. Beräkningarna redovisar med vilken täckningsgrad man klarar värmebehovet för varierande solfångarytor i kombinerade solvärmsystem på varierande orter i Sverige. Klimatdata är från 1983 för orterna: Lund, Stockholm och Umeå. Från dessa data har först värmebehovet för uppvärmning av två olika enfamiljshus beräknats, varav det ena är välisolerat nybyggt hus och det andra är ett befintligt, men tilläggsisolerat hus. Beräkningsresultatet framgår av avsnitt 1.2.

Från det beräknade värmebehovet samt en antagen varmvattenförbrukning beräknades solfångarnas täckningsgrad, vilket presenteras i avsnitt 1.3.

Datasimuleringen av solfångarsystemets täckningsgrad ger information om hur stor mängd solvärme som tillförs byggnaden för dels uppvärmning, dels varmvattenvärmning. Resterande behov täckes med ett konventionellt värmsystem som kan vara en olje- eller elpanna alternativt direktverkande el. Den mängd energi som solvärmsystemet sparar beror av det konventionella systemets effektivitet. Bruttovärmebehovet inklusive är givetvis större än det direkta värmebehovet, nettovärmebehovet. En installation av solvärmsystemet innebär att dessa förluster reduceras. Detta gäller då solfångarsystemet under några sommarmånader har en täckningsgrad nära 100%. Då är det möjligt att fränkoppla såväl befintlig panna och varmvattenberedare under dessa sommarmånader. En beräkning av totalt ersatt energi som uppås vid var tillfälle presenteras i avsnitt 1.4.

## 1.1 Klimatdata

Från SMHI har erhållits klimatdata från 1983 uppmätt vid stationerna i Lund, Stockholm och Umeå.

Data finns för följande timvärden

- global instrålning på horisontell yta
- direkt instrålning mot ett mot strålningen vinkelrätt plan
- solskenstid och
- utelufttemperatur

Ett komplett års data från nya stationsnätet finns endast för 1983, vars vår i hela landet var ganska dålig ur solvärme-synpunkt. Hur månadsvärdena för globalstrålning och utetemperatur under 1983 förhåller sig till motsvarande långtidsmedelvärden visas i tabellerna 1A och 1B som hämtats från Josefsson (1984).

Tabell 1A Globalstrålningsförhållanden 1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N. Norrll	+	N	N	-	N-	N	N	+	-	N+	+	N+
S. Norrll	+	N	-	-	--	-	N	N-	--	-	N	N
Sveal	N	+	-	-	-	N-	+	+	N-	N	+	N-
Götal	N	+	-	-	--	N-	+	N+	N-	N	N+	N

Tabell 1B Temperaturförhållandena 1983

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
N. Norrll	N+	N+	N	N+	+	N	N	N-	-	N+	-	N-
S. Norrll	+	N	N	N	N+	N	N	N-	N	N	N-	N-
Sveal	++	N	N+	N	N+	N	N+	N	N+	N+	N-	N
Götal	++	N	N+	N+	N	N	N+	N	N	N+	N-	N

## Beteckningar

--	mycket under normalt värde		$X < M - 2s$
-	under normalt värde	$M - 2s$	$< X < M - s$
N-	normalt värde	$M - s$	$< X < M - s/2$
N	normalt värde	$M - s/2$	$< X < M + s/2$
N+	normalt värde	$M + s/2$	$< X < M + s$
+	över normalt värde	$M + s$	$< X < M + 2s$
++	mycket över normalt värde	$M + 2s$	$< X <$

Nytt är direkstrålningsdata mot ett mot strålningen vinkelrätt plan. Tidigare beräknades denna strålning från den uppmätta horisontalinstrålningen och uppmätta diffusa strålningen.

Vid låga solhöjder, exempelvis vintertid, blir mätvärden från total instrålning osäkra och följaktligen även från detta beräknade värden.

Nämnas skall att det dessvärre ej varit möjligt att få data från 1983 månaderna november och december för Stockholm och Umeå. För dessa orter har därför solvärmesystemets prestanda beräknats för de övriga månaderna. Den möjliga täckningsgraden för november och december bedöms vara så liten att de generella beräkningarna ej behöver anses ge mindre värden än de verkliga.

Slutligen bör nämnas att vi gjort enstaka beräkningar med klimatdata från Stockholm 1971. Detta år har ofta använts som ett slags referensår med beräkningar av täckningsgrad. Väderdata från detta år lider av de tidigare nämnda bristerna med avseende på överskattad solinstrålning inder vintern, men beräkningarna är medtagna för att kunna relatera till beräkningarna med 1983 års klimatdata. Dessa tidigare beräkningar är utförda med hjälp av annat dataprogram än det här använda och med annan solfångareffektivitet och annan systemlösning. Data från Stockholm 1971 är korrigerade för några sannolika värden från beräknad normalstrålning. De kan dock säkert förväntas vara orimligt höga värden i dataregistret. Nämnda korrigeringar har utförts av Per Isakson, KTH-mätcentralen i Stockholm. Det levererade klimatdatabandet med korrigeringar är detsamma som Per Isakson tidigare använt för simuleringar.

## 1.2 Byggnader och värmebehov

Beräkningar av byggnadernas värmebehov är gjorda med programmet BA4, beskrivet av Lund (1979). Detta program medräknar timvis solinstrålning genom fönstren, värme från personer, ljus och andra installationer. Hänsyn tas även till byggnadens termiska massa, eller värmekapacitet, som till viss del medverkar till att

nyttiggöra passivt värmetilskott, såsom solinstrålning genom fönster.

Resultatet av BA4-beräkningarna ger byggnadens värmebehov timme för timme över hela året. Dessa värmebehov utgör en del i beräkningen av solfångarsystemets effektivitet som också görs med ett dataprogram där beräkningensintervall är en timme.

I avsnitt 1.2.1 summeras väsentliga förutsättningar som gjorts för husutformningen. En mer detaljerad redogörelse finns i Olsen och Balslev-Olesen (1984). I avsnitt 1.2.1 visas de beräknade värmebehoven månadsvis. Under 1.2.3 presenteras fördelningen över året av det förutsatta behovet av värme för varmvattenberedningen.

### 1.2.1 Beskrivning av byggnaderna

Antaget är ett enplanshus med  $120 \text{ m}^2$  bostadsyta. Fönsterytan antas till  $18 \text{ m}^2$ , varav 75% antas vara glas. 25% utgörs av ram, karm och spröjsar.

Viktiga data framgår av nedanstående tabell 2. Byggnad 1 representerar ett nybyggt hus som till vissa delar uppfyller ELAK-hubestämmelserna. Byggnad 2 representerar ett välisolerat, tilläggsisolerat befintligt hus.

Tabell 2 I beräkningarna antagen transmission och ventilation för nybyggt hus, byggnad 1, och befintligt hus, byggnad 2.

Byggnadsdel Transmission	Byggnad 1		Byggnad 2	
	K-värde $\text{W/m}^2 \text{ K}$	Area $\text{m}^2$	K-värde $\text{W/m}^2 \text{ K}$	Area $\text{m}^2$
Yttervägg	0,19		0,37	
Tak	0,13		0,31	
Golv yttre randfält	0,17		0,31	
övrigt	0,15		0,25	
Fönster mot söder	1,95	9	2,8	5,4
väster		3,6		4,5
öster		3,6		4,5
norr		1,8		3,6
Dörr	2	4	2	4
Ventilation	Luftflöde $\text{m}^3/\text{h}$		Luftflöde $\text{m}^3/\text{h}$	
Naturlig ventilation	30		60	
Mekanisk	144		200	
Värmeåtervinning	60%		0%	

I tabell 3 visas dimensionerade utetemperatur och värmebehov baserat på 21°C inomhustemperatur och marktemperatur om 8°C i alla tre fallen. Mark under yttre randfält antas ha utetemperatur.

Tabell 3 Dimensionerande utetemperaturer och värmebehov för tre orter

Ort	Dimensionerande utetemperatur °C	Byggnad 1 kW	Byggnad 2 kW
Lund	-12	3,83	7,78
Stockholm	-18	4,47	9,12
Umeå	-30	5,78	11,79

Om rumstemperaturen skulle överstiga 24°C på grund av det "passiva" värmeöverskottet antas ventilation ske.

Antaget är att värmertilskott från elapparater, belysning och från varmvattenssystemets förluster uppgår till 3000 kWh/år. Från personer antas avgivet 1900 kWh/år. Totalt blir detta 4900 kWh/år och detta antas jämnt fördelat under året, dvs 13.5 kWh/dygn avges. Under ett dygn antas en viss variation enligt Olsen (1984). Solinstrålningen genom fönster är gjort med en antagen horisontal avskärmning om 5 grader.

I övrigt finns ingen avskärmning såsom taköverhäng. Värmeackumuleringsförmågan är beräknad från en konstruktion som kan betecknas som lätt, dvs 12 mm gipsplattor på väggar och tak och ett mattbelagt brädgolv på regler som vilar på ett betongbjälklag.

#### 1.2.2 Beräknat värmebehov

Av tabell 4A framgår månatligt värmebehov för de båda husen på respektive ort. Som nämnts saknas klimatdata för Stockholm och Umeå under månaderna november och december. Kolumn "totalt" längst till höger representerar därför 10 månaders värmebehov för dessa orter.

I tabell 4B visas värmebehovet beräknat från klimatdata, Stockholm 1971. Dessutom är för jämförelsens skull, värmebehovet för det nybyggda huset, med klimatdata från det danska referensåret (Köpenhamn) visat.

Tabell 4A Beräknat värmebehov för uppvärmning, månadsvis, för Lund, Stockholm och Umeå och de två byggnadstyperna. Klimatdata från SMHI år 1983.

Månad	Lund		Stockholm		Umeå	
	Ny	Bef	Ny	Bef	Ny	Bef
Jan	950	2260	1170	2670	1750	3750
Feb	1010	2600	1140	2880	1520	3500
Mar	800	2150	1000	2590	1220	3090
Apr	450	1440	610	1740	730	2090
Maj	180	830	180	790	320	1130
Jun	20	210	20	270	70	480
Jul	0	40	0	130	20	290
Aug	0	50	10	130	80	450
Sep	40	390	160	710	280	930
Okt	310	1110	490	1520	860	2220
Nov	790	2050	-	-	-	-
Dec	1110	2610	-	-	-	-
Summa	5660	15750	4780	13420	6860	17930

Tabell 4B Beräknat uppvärmningsbehov, månadsvis, för respektive Köpenhamn och Stockholm, två hustyper. Klimatdata: Danska referensåret respektive SMHI 1971

Månad	Köpenhamn	Stockholm	
	Ny	Ny	Bef
Jan	1270	1310	3010
Feb	1020	1130	2700
Mar	800	1170	2950
Apr	360	560	1750
Maj	130	140	650
Jun	10	20	230
Jul	10	10	130
Aug	10	10	200
Sep	60	200	840
Okt	390	480	1520
Nov	740	1030	2550
Dec	1050	1160	2720
Summa	5850	7210	19260

Noteras bör att värmebehovet under juni, juli och augusti är mycket lågt i det nya huset i Lund och Stockholm. I de befintliga husen, som kan betecknas som välisolerade, finns ett visst värmebehov under sommarmånaderna, se speciellt Umeå. För denna ort utgör dock behovet under juni t o m augusti ca 5% av det årliga behovet som inklusive månaderna november och december skulle uppgå till ca 25000 kWh.

### 1.2.3 Tappvattenbehov

Tidigare antogs vid simuleringsberäkningen att behovet var konstant under året. Undersökningar visar att det finns en variation och i dessa beräkningar har antagits följande:

Månad	Dygnsförbrukning
Oktober t o m april	210 l/dygn
September och maj	180 "
Juni och augusti	160 "
Juli	140 "

Kallvattentemperaturen antages till  $9^{\circ}\text{C}$  varmvattentemperaturen har satts till  $55^{\circ}\text{C}$ . Nämnda förbrukningsvariationer och temperaturer ger en total förbrukning av  $69.6 \text{ m}^3$  vatten/år, motsvarande 3715 kWh/år. Här är ej medräknat värmeförluster från varmvattenberedare. I avsnitt 1.4. är den energi som solfångarsystemet ersätter beräknat och då är förutsatt en värmeförlust från beredaren om 200 W. Denna värmeförlust förutsätts dessutom vara onyttig eller ej täcka något värmebehov under tiden april t o m oktober.

Netto värmebehov	3715 kWh/år
Värmeförlust april t o m oktober	1008 kWh/år
Brutto värmebehov	4723 kWh/år eller
	4700

Om värmeförlusten från beredaren ej vore nyttig någon tid alls, stiger värmeförlusten till 1728 kWh/år och bruttovärmebehovet till 5400 kWh/år.

### 1.3 Solfångarsystemets prestanda

Energitillskottet från solfångarna är beräknat med en dynamiskt arbetande modell där ett intervall om timme användes. Modellen kallas EMG P2 (mars-versionen). Den är framtagen inom EGs solforskningsprogram under tiden 1981-1983 där bl a laboratoriet för värmeisolering, Danmarks tekniska högskola deltagit. För utveckling av programmet har professor L Dutré, universitetet i Leuven, Belgien, svarat.

EMG P2-modellen är kontrollerad genom jämförelse med uppmätta värden från system monterade i de sk systemprovriggarna, vilka byggts hos flertalet av EG-anslutna länder. Jämförelser visar en överensstämmelse som ligger inom mätnoggrannheten.

Indata består av timvärden för värmebehov, varmvattenbehov samt klimatdata. Programmet tar hänsyn till följande systemdata: solfångaryta, typ, värme- och lagervolym, geometri, värmeförlust från rör och värmelager samt värmekapacitet hos rörsystemet. Slutligen simuleras driften av ett uppvärmningssystem, radiatorer-konvektorer med angiven effektivitet. Förutsatta systemdata angivna i avsnitt 1.3.1 och i avsnitt 1.3.2. anger det beräknade utbytet där följande varierats: byggnadstyp, ort, solfångaryta, orientering, lutning och slutligen värmelagervolymen. Speciellt har studerats hur litet ett värmelager kunnat göras för att studera solvärmesystemets typiska utveckling. Ett värmelager om 500-1000 l kan i de flesta fall rymmas i byggnaderna.

### 1.3.1 Systemutformning

Beräkningarna är gjorda för en vätskeburen solfångare med vatten som värmväxlare och värmelager. Av figur 5 framgår systemets ingående delar, vilka dessutom motsvaras av de i beräkningsmodellen ingående delarna.

#### Solfångaren

En solfångarkarakteristik motsvarande den uppmätta, enligt Statens Provninganstalt i Borås, för typ Scandinavian Solar HT.

Den lyder:

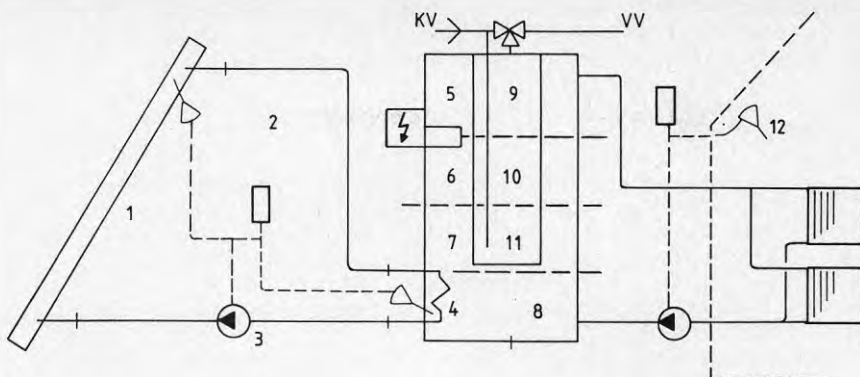
$$\eta = 0.75 - (3.74 + 0.0123 \times dT) dT/E, \text{ där}$$

$dT$  = solfångarens övertemperatur i relation till omgivningstemperaturen (K)

$$E = \text{Solinstrålningstäthet (W/m}^2\text{)}$$

Den angivna karakteristiken hör till de bästa som uppmätts för plana solfångare. Det kan i framtiden naturligtvis komma solfångare med bättre värden.





Figur 1 visar systemutformningen med de element som ingår i beräkningen. De är 1, solfångare med viss värmekapacitet, 2 och 3, rörförbindelser, 4, värmeväxlare, 5-8, sektioner av lagertank, 9-11, sektion av varmvattenberedare och 12, byggnadsmodell.

#### Primärkrets

Mellan solfångare och värmelager har antagits en rörlängd om 40 m. Isolering m m, se Olsen (1984).

#### Värmeväxlare

I värmelagrets botten (nedre fjärdedelen) är en värmväxlare inbyggd med värmeövergångskapaciteten  $40 \text{ W/K m}^2$  solfångare. Termisk effektivitet är lika med 0.73.

#### Värmelagret

Detta består av en enhet innehållande både varmvattenberedare och värmelager. Oavsett totalrymd så är dels höjden satt till max 2 m, dels inryms en cylindrisk varmvattenberedare med en höjd av 1.5 m och volym av 300 l. Behållaren är uppbyggd av rostfri plåt med tjockleken 1.5 mm. Den är trycklös. Varmvattenberedaren är byggd av samma material. I behållare av tjocka material, t ex 3 mm har det visat sig bli alltför betydande värmetransport mellan topp och botten varvid skiktningen snabbt störs med följd att mindre bidrag fås från solfångaren. Exempelvis så är värmeledningen i en 1 mm rostfri stålplåt endast 10% av värmeledningen i en 3 mm plåt av vanligt stål. Plast eller gummi i tankväggen ger även de låg ledningsförmåga motsvarande 1 mm rostfritt.

Värmelagrets tvärsnitt är kvadratisk och antas vara isolerat med 100 mm mineralull. Dessutom räknas med de förluster som erhålls genom ventiler m m.

### Värmesystemet

Värmen antas tillföras rummet via ett separat värmesystem. Detta kan bestå av en eller flera radiatorer eller motsvarande kopplat till värmelagret. Ofta är det tillräckligt med en radiator i vardagsrummet, Energiministeriets Solvärmeprogram (1981) och Kristensen (1983). Varmvatten kommer med en temperatur motsvarande topptemperaturen i lagret. Tillsatsvärme sker i en annan behållare som ej finns i figur 1. Tillsatsvärme för uppvärmning sker genom det befintliga värmesystemet oberoende av solfångarsystemet. Ett framtida solvärmesystem skulle kunna vara uppbyggt så att tillsatsvärme tillfördes toppen av lagertanken. Denna typ har ej varit möjlig att tillfredsställande simulera här. Ett system av denna typ borde dock vara intressant då exempelvis värmelagret kan användas för andra värmekällor. I Sverige är exempelvis lagring av billig elvärme nattetid intressant.

Det antagna separata värmesystemet har en angiven effekt av 6 kW vid 60°C framledningstemperatur.

### 1.3.2 Beräkningsresultat

I figur 2 framgår utbytet specifikt i kWh/m<sup>2</sup> solfångare beroende av ort, byggnadstyp samt solfångaryta, 12, 18 eller 30 m<sup>2</sup>. Inflytande av solfångarlutning, avvikelser från söder samt lagervolym beskrivs senare. Förutsättningarna för resultatet i figur 2 är:

Orientering: mot söder

Lutning: 45°

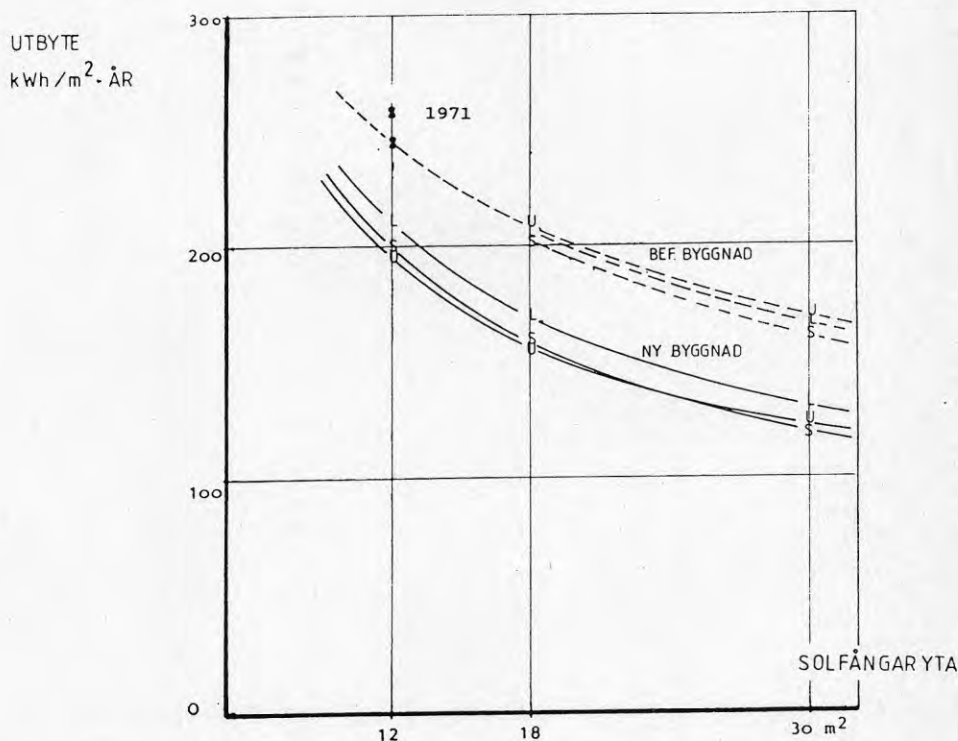
Värmelager: volym 900 l för solfångarytan 12 och 18 m<sup>2</sup>  
volym 3600 l för solfångarytan 30 m<sup>2</sup>

Senare visas att värmelagrets volym är av liten betydelse. Såväl systemet med 12 och 18 m<sup>2</sup> solfångare klarar sig med ett värmelager om 900 liter. Denna storlek synes vara den största volymen som kan installeras i form av en standardenhet i ett enplanshus.

Ett solvärmesystem om 30 m<sup>2</sup> kommer sannolikt endast ifråga i befintligt hus med stort värmebehov och med separat utrymme i exempelvis källare. Här kan ett värmelager om 3600 l placeras.

I figur 2 visas bl a utbytet från ett nytt hus, lokaliserat i Stockholm med klimatdata från 1971. Man ser att utbytet är väsentligt högre än beräknat för 1983. Denna skillnad beror av bl a det faktum att månaderna november och december ej finns med. För system med  $18 \text{ m}^2$  solfångare är utbytet beräknat från 1971 års data exklusive november och december.

För Stockholm och Umeå anges värden både med och utan november-decemberdata. I det senare är dessa data antagna.



Figur 2 Solfångarutbytet för ett system bestående av dels 900 l lager  $12 \text{ m}^2$  respektive  $18 \text{ m}^2$  solfångare, dels 3600 l lager och  $30 \text{ m}^2$  solfångare. L = Lund, S = Stockholm, U = Umeå respektive \* = Stockholm med 1971 års klimatdata. För Stockholm och Umeå är värdena angivna dels med dels utan november-decemberdata

Speciellt noteras att utbytet är av samma storleksordning i stort sett oavsett ort. Detta bör ses mot den bakgrunden att solinfallet är lägst i Umeå men istället är värmebehovet större. Solinstrålningen på en yta lutande  $45^\circ$  är således för:

Lund 1983	1045 kWh/år
Stockholm 1983	1001 "
Stockholm 1971	1191 "
Umeå 1983	930 "
Danska referensåret	1183 "

Värmebehovet för rumsuppvärmning i maj-september är således (jmf tabell 3):

Lund	hus 1	240 kWh	(4 % av årets värmebehov)
	hus 2	1520 "	(10% " )
Stockholm	hus 1	370 "	(ca 5% " )
	hus 2	2030 "	(ca 11% " )
Umeå	hus 1	770 "	(ca 8% " )
	hus 2	3280 "	(ca 13% " )

Tabell 5 visar värmebehov för månaderna maj t o m september

Det finns de som hävdar att värmebehovet sommartid ej finns, åtminstone i Lund och Stockholm, då man normalt stänger av värmesystemet under juni, juli och augusti. Om bidraget för uppvärmning av en anläggning med 18 m<sup>2</sup> för nytt hus, hus 1 uteslutas, då reduceras prestanda med:

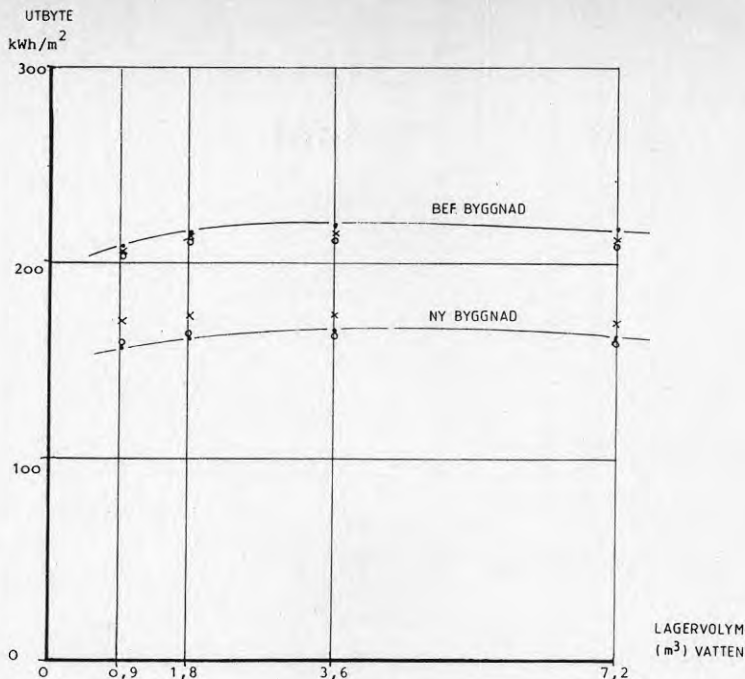
Lund	2 kWh/m <sup>2</sup> , år	eller 1% av 171 kWh/m <sup>2</sup> , år
Stockholm	3 "	2%
Umeå	13 "	8%

I det befintliga huset blir värdena för:

Lund	15 kWh/m <sup>2</sup>	eller 9% av 213
Stockholm	31	15%
Umeå	56	27%

Nämnda siffror understryker betydelsen av sommarvärmebehovet i Umeå, vilket också borde anses reellt och medräknas.

I figur 3 visas betydelsen av värmelagrets storlek. För ett system med 18 m<sup>2</sup> solfångare tyder beräkningarna på att en lagervolym om 900 l är tillräcklig. Detta motsvarar då en spicifik lagervolym om 50 l/m<sup>2</sup> solfångare. Det kan noteras att en volym mindre än 900 l ej kommer på fråga om lagret skall användas som ackumulator för elvärme med lågt pris under natt. Se vidare avsnitt 1.4.1.



Figur 3 Solvärmesystemets utbyte beroende av lager- och vattenvolym och ort. L = Lund, S = Stockholm, U = Umeå.

I figur 3 framgår att anläggningens utbyte har tenderat sjunka vid mycket stora volymer på lager. Detta förklaras av att värmeförlusterna ökar fortare än vad solfångarsystemets effektivitet gör genom den ökade lagringskapaciteten. Detta gäller om värmeförlusterna ej kommer rummet tillgodo.

Slutligen har undersökts vilket inflytande solfångarnas orientering och lutning har. Detta har beräknats för existerande byggnader där man kan förväntas vara bunden till givna ytor såsom takytor osv som ej är optimala. Resultatet av dessa beräkningar framgår av tabellerna 6 till 8. För var ort har utbytet relativt det optimala framräknats.

Tabell 6 Utbytet från solvärmesystemet, för olika orientering och lutning, är relaterat till optimala lutningen 100%. Avser Lund och ett system med 18 m<sup>2</sup> solfångare.

Orientering Avvikelse från söder, grader	Lutningsvinkel från vågrätt grader				
	15	30	45	60	90
0	88	96	100	100	88
30	87	93	93	96	84
45	85	90	92	91	79
60	83	86	86	84	71

Tabell 7 Som tabell 6 men avseende Stockholm

Orientering Avvikelse från söder, grader	Lutningsvinkel från vågrätt grader				
	15	30	45	60	90
0	89	96	100	100	87
30	87	94	97	97	83
45	86	91	93	92	79
60	84	87	88	86	73

Tabell 8 Som tabell 6 men avseende Umeå

Orientering Avvikelse från söder, grader	Lutningsvinkel från vågrätt grader				
	15	30	45	60	90
0	82	89	100	93	81
30	80	86	89	89	77
45	78	83	85	84	72
60	76	79	80	77	65

Tabellerna talar delvis för sig själv men några intressanta förhållanden bör nämnas:

- Att placera en solfångare vertikalt kan accepteras då utbytet endast är 12-19% lägre än vid lutningen  $45^\circ$ . Så länge solfångaren är sydvänd. Utbytet för en solfångare med  $15^\circ$  lutning och för  $90^\circ$  lutning är ungefär detsamma för en sydvänd. Men om solfångaren ej är sydvänd sjunker utbytet drastiskt för  $90^\circ$  lutning men mindre drastiskt för  $15^\circ$  lutning.
- Den optimala lutningen för ett system med  $18 \text{ m}^2$  solfångare i Umeå är mindre än den är för både Stockholm och Lund. Förklaringen till detta kan sägas vara att en stor del av Umeå-systemets utbyte sker under sommarmånaderna, jämför tidigare tabell 5 med tillhörande text.
- Lutningar på mellan  $15-90^\circ$  är acceptabelt så länge solfångaren är orienterad rakt åt söder. Detta ger upp till 19% reducering av utbytet.
- Om solfångaren är orienterad maximalt  $60^\circ$  från söder är lutningen på  $30^\circ$  till  $60^\circ$  acceptabla. Detta ger upp till 21% lägre utbyte i förhållande till optimalt.

#### 1.4 Reducering av förluster (Energiförträngning)

Det totala energibehovet i en byggnad, för att täcka värme- och varmvattenbehovet, kan beskrivas av följande:

Totalt netto-

$$\begin{aligned} \text{värmebehov } (Q_n) &= \text{nettobehov för varmvatten } (Q_{n,w}) \\ &+ \text{nettobehov för uppvärmning } (Q_{n,upv}) \end{aligned}$$

Byggnaden måste dessutom tillföras värme för att täcka förluster.  $Q_v$  från värmeproduktion och distributionsdelar. Det totala behovet blir således:

$$Q_{brt} = Q_n + Q_v$$

Värmeförluster från värmeproduktionsanläggningen består dels av värmeförluster från varmvattenberedaren och dels av värmeförlust från pannan och rörsystem till radiatorer om det är ett vattenburet system. Värmeförlust från produktionsanläggningen omfattar bara den förlust som ej nyttiggörs, dvs den värmeförlust som ej kan täcka ett samtidigt värmebehov.

I föregående avsnitt 1.3.2 har angivits hur stor solvärme anläggningens tillskott till nettovärmebehovet,  $Q_n$ , är. Solvärmesystemet kan under en period sommartid, täcka nettovärmebehovet med 100% och det konventionella värmesystemet kan kopplas av, dvs även värmeförluster från denna sparas under den tiden. Solvärmesystemet har då resulterat i en reduktion av värmebehovet totalt som kan uttryckas som:

$$\begin{aligned} \text{Reducering} &= \text{nettoenergi från solfångarsystemet} \\ &+ \text{sparade förluster från det konventionella systemet} \end{aligned}$$

Om det konventionella systemet vore elbaserat skulle reduktionen direkt uttryckas i sparade köpta kWh. Om systemet vore oljebaserat kan reduktioner i oljeförbrukningen beräknas med antagande av pannverkningsgrad. Denna ligger normalt kring 90° räknat på oljans bränslevärde.

Noteras bör att pannans och varmvattenberedarens värmeförluster till omgivningen redan ingår i  $Q_v$ . För att beräkna solvärmesystemets värmereducering är följande förutsatt:

Värmeförlust från varmvattenberedaren	= 200 W eller 144 kWh/mån
" " panna och rörsystem	= 300 W eller 216 "
Summa	= 500 W eller 360 "

Den totala värmeförlusten från ett vattenburet värmesystem antages således vara 500 W eller 300 kWh/månad. Om det är fråga om ett elbaserat värmesystem blir förlusten endast den från varmvattenberedaren, dvs 200 W eller 144 kWh/månad.

Värmeförlusten från panna, varmvattenberedaren och rörsystemet räknas som onyttiga under perioden april t o m oktober eller 7 månader. Under denna period sparas dessa förluster om solvärmesystemet täcker största delen av värmebehovet. Detta gäller om täckningsgraden månadsvis är större än 85%.

Förluster från värmesystemet antas lika i den nya byggnaden och i den befintliga. Äldre system i befintliga hus, har ofta större förluster än de antagna 500 W alternativt 200 W. Om det är så, då stiger anläggningens energibesparande effekt då dessa bortgår under sommarmånaderna.

Notera att värmeförluster från solvärmesystemets lager och rörsystem ej tillgodoräknas, ej heller under vintern.

#### 1.4.1 Beräknad reducering av förluster

Av tabell 9 framgår totalt årligt värmebehov (brutto) för de båda byggnadstyperna och för respektive ort. Dessa är beräknade med ovan nämnda förutsättningar angående värmeförluster från värmepannan. Behovet för Stockholm och Umeå är lite osäkra då klimatdata för november och december saknades och därför antagits.

Tabell 9 Netto- och bruttovärmebehov med 1983 års klimatdata kWh/år

Ort, hustyp	Uppvärmning	Värme för varmvatten	Värmeförlust under 7 månader		Bruttovärmebehov	
			Vattenburet system	Direktverkande el	Vattenburet system	Direktverkande el
Lund hus 1	5660	3715	2520	1008	11895	10383
hus 2	15750	"	"	"	21985	20473
Sthlm hus 1	7000	"	"	"	13200	11700
hus 2	18700	"	"	"	24900	23400
Umeå hus 1	10100	"	"	"	16300	14800
hus 2	25200	"	"	"	31400	29900

Datasimuleringarna av solvärmesystemets utbyte ger upplysning om den månadsvisa täckningsgraden. De månader då denna överstiger 85% antas att det konventionella systemet stänges av, dvs även förlusterna bortgår. Utifrån detta kan anläggningens utbyte eller värmereducerande effekt beräknas som angivet i följande tabeller 10 t o m 12.



Om bruttoutbytet, som längst till höger i tabellerna, divideras med solfångarytan, fås bruttoutbytet specifikt. Dessa värden anges i tabell 13 för den befintliga byggnaden och i tabell 14 för den nya. Utbytet beskrivet i detta avsnitt avser solfångare orienterade rakt åt söder med lutningen  $45^{\circ}$ . För andra orienteringar eller lutningar reduceras utbytet enligt tidigare tabeller, 6 t o m 8. De reducerade förlusterna antas vara desamma som anges i tabellerna 10 t o m 12.

Som nämnt blir de förluster som antagits från det konventionella systemet relativt små, åtminstone för det befintliga huset. Följaktligen är de redovisade siffrorna pessimistiska, dvs de är i verkligheten större. Den förutsatta värmeförlusten om 500 W från pannan och varmvattenberedaren kan i befintliga installationer vara uppemot 1000 W. Om pannan kan stängas under tre sommarmånader, kommer reduktionen av värmeförlusten att stiga från 360 kWh/mån  $\times$  3 = 1080 kWh till 2160 kWh. Om det är en anläggning med  $18 \text{ m}^2$  solfångare svarar detta mot en ökning från 60 kWh/m<sup>2</sup>, år till 120 kWh/m<sup>2</sup>, år.

Den totala reduktionen av värmebehovet stiger då för befintligt hus och för respektive ort:

Lund	från 231 till 291
Stockholm	från 229 till 289
Umeå	från 233 till 293

Ett högre utbyte uppnås då i befintliga hus där pannan går även under sommaren exempelvis för källaruppvärmning. Detta är ej ovanligt och medför en väsentlig ökning av utbytet.

Det bör slutligen påpekas att såväl befintliga som nya hus antas vara relativt värmeisolerade. Normalt isolerade byggnader med för högre värmebehov och därmed också högre utbyte från solfångarsystemet. Totalt sett kan de i tabellerna 13 och 14 angivna specifika utbytena anses vara försiktiga uppskattningar av vad som i praktiken kan uppnås.

Å andra sida måste det vara så att de förutsatta värmebehoven verkligen gäller, exempelvis att varmvattenbehovet är som förutsatt i avsnitt 1.2.3.

Om de förutsatta uppvärmningsbehovet under månaderna juni t o m augusti ej gäller blir dock utbytet ej väsentligt reducerat för Lund och Stockholm. För Umeå blir reduktionen större, jämför tabell 5.

Tabell 10 Årligt netto- och bruttoutbyte för Lund med 1983 års klimatdata

Hus	Netto	Utbyte	Täckningsgrad större än 85% gäller månad	Reducering pga förlust		Bruttoutbyte	
	Totalt kWh	Specifikt kWh/m <sup>2</sup>		Oljepanna kWh	El kWh	Oljepanna kWh	El kWh
Befintliga							
12 m <sup>2</sup>	2880	240	6, 7 och 8	1080	430	3960	3310
18 m <sup>2</sup>	3726	207	6, 7 och 8	1080	430	4806	4156
20 m <sup>2</sup>	5010	167	6, 7 och 8	1080	430	6090	5440
Nya							
12 m <sup>2</sup>	2544	212	6, 7 och 8	1080	430	3624	2974
18 m <sup>2</sup>	3078	171	6, 7 och 8	1440	580	4518	3658
30 m <sup>2</sup>	3990	133	5, 6, 7 och 8	1800	720	5790	4710

Tabell 11 Årligt netto- och bruttoutbyte för Stockholm med 1983 års klimatdata

Hus	Netto	Utbyte	Täckningsgrad större än 85% gäller månad	Reducering pga förlust		Bruttoutbyte	
	Totalt kWh	Specifikt kWh/m <sup>2</sup>		Oljepanna kWh	El kWh	Oljepanna kWh	El kWh
Befintliga							
12 m <sup>2</sup>	2820	235	6, 7 och 8	1080	430	3900	3250
18 m <sup>2</sup>	3690	205	6, 7 och 8	1080	430	4770	4120
20 m <sup>2</sup>	4860	162	6, 7 och 8	1080	430	5940	5290
Nya							
12 m <sup>2</sup>	2400	200	6, 7 och 8	1080	430	3480	2830
18 m <sup>2</sup>	2880	160	5, 6, 7 och 8	1440	580	4320	3460
30 m <sup>2</sup>	3630	121	5, 6, 7 och 8	1800	720	5430	4350

Tabell 12 Årligt netto- och bruttoutbyte för Umeå med 1983 års klimatdata

Hus	Netto	Utbyte	Täckningsgrad	Reducering	Bruttoutbyte		
	Totalt kWh	Specifikt kWh/m <sup>2</sup>	större än 85% gäller månad	pga förlust Oljepanna El kWh kWh	Oljepanna kWh	El kWh	El kWh
Befintliga							
12 m <sup>2</sup>	2952	246	0*	1080	430	4032	3382
18 m <sup>2</sup>	3762	209	0*	1080	430	4842	4192
20 m <sup>2</sup>	5100	170	6, 7 och 8	1080	430	6180	5530
Nya							
12 m <sup>2</sup>	2364	197	6, 7 och 8	1080	430	3444	2794
18 m <sup>2</sup>	2862	159	6, 7 och 8	1080	430	3942	3292
30 m <sup>2</sup>	3720	124	5, 6, 7 och 8	1440	580	5160	4300

\* Täckningsgraden är mindre än 85% för alla månader. Tillskottsvärme antas tillföras genom elslinga i värmelagret.

Tabell 13 Specifikt årligt netto- respektive bruttoutbyte i befintligt hus. kWh/m<sup>2</sup>, år.

Ort och solfångar- yta		Nettoutbyte	Bruttoutbyte	
			Vattenburet värmesystem	Direkt- elvärt
Lund	12	240	330	276
	18	207	267	231
	30	167	203	181
Sthlm	12	235	325	271
	18	205	265	229
	30	162	198	176
Umeå	12	246	336	282
	18	209	269	233
	30	170	206	184

Tabell 14 Specifikt årligt netto- respektive brutt-  
toutbyte i nytt hus. kWh/m<sup>2</sup>, år.

Ort och solfångar- yta		Nettoutbyte	Bruttoutbyte	
			Vattenburet värmesystem	Direkt- elvärt
Lund	12	212	302	248
	18	171	251	203
	30	133	193	157
Sthlm	12	200	290	236
	18	160	240	192
	30	121	181	145
Umeå	12	197	287	233
	18	159	219	183
	30	124	172	142

## 2 SOLVÄRME OCH NATTEL

Under vinterhalvåret fordras mindre värmelagringskapacitet. Behovet av värme är då så stort att den värme solfångarna genererar kan användas omgående utan lagring. Det ligger därför nära till hands att försöka använda lagret för annat än solvärme. Två möjligheter finns. Lagret kan utgöra buffert för en oljeeldad panna. Denna skulle då få långa periodiska gångtider med bättre effektivitet och driftekonomi. Detta speciellt om pannan tål att nedkylas under de långa stilleståndstiderna, mellan 10-20 timmar beroende av lagrets storlek så reduceras pannans värmeförluster väsentligt. Värmelagrets förlust, när det utgör buffert, kan uppgå till 150-200 W. En värmepanna inklusive varmvattenberedare har en förlust om 400-1000 W beroende av typ. Då antas att den i lagret inbyggda varmvattenberedaren helt ersätter den traditionella varmvattenberedaren.

Ett annat användningsalternativ för ackumulatören är att under vinterhalvåret nyttja den som ackumulator för billig elenergi nattetid eller "nattel". På många håll i landet har eltaxan differentierats så att priset varierar efter efterfrågan, dvs låga priser gäller nattetid. En värdering av detta alternativ följer nedan.

Den skisserade kombinationen innebär att hela värmebehovet, till både varmvatten och uppvärmning, eller största delen av detta täcks genom energi från värmelagret. Lagret behöver ju ej vara dimensionerat för 100% nattackumulering det kallaste dygnet. Under sommarhalvåret kommer solfångarna att täcka största delen av värmebehovet och under vinterhalvåret täcks största delen med nattel.

En närmare värdering av hur systemet med solvärme/natt-elackumulering skall byggas upp är inte gjord. Hittills finns inte heller någon datasimulering gjord av driften för ett sådant system. Här görs endast en översiktlig betraktelse som ej förväntas avvika alltför mycket från de slutsatser en mer ingående värdering av denna typ av anläggning skulle leda till.

Inlagring av värme från nattel bör styras så att endast den värmemängd genereras som kan förväntas användas nästkommande dag. Härigenom minimeras värmeförlusten från lagret och så ges utrymme för solvärme. Man kan föreställa sig en styrstrategi där inlagring sker från toppen av värmelagret och neråt vid en konstant vattentemperatur om 90°C. Beroende av utomhustemperaturen fyller en större eller mindre mängd vatten med 90°C temperatur, så att endast då utetemperaturen är mycket låg, värms även lagrets botten under natten.

Om lagret är konstruerat med hänsyn till skiktning bör det vara möjligt att upprätthålla en åtskillnad i temperaturen mellan det elvärmda vattnet överst i behållaren och det kalla solvärmvattnet underst, jämför principdiagrammet i figur 1 sidan . Värmeuttag för uppvärmning bör ske så att skiktningen upprätthålles, dvs en låg returtemperatur bör åstadkommas från värmesystemet. Om detta kan uppfyllas kan man förvänta att nattelvärmeeackumulering ej ska reducera lagrets effektivitet som solvärmelager. Den beskrivna strategin innebär att om lagret är uppladdat med nattelvärme så finns i botten fortfarande plats för inlagring av solenergi och då vid en tidpunkt då solfångarna kan förväntas bidra (exempelvis från kl 10.00 under vinterhalvåret).

En grov uppskattning har gjorts av den erforderliga lagervolymen om 100% nattelvärmeeackumulering fordras för de två byggnaderna.

Beräkningsförutsättningarna är:

- Under en natt med temperaturer i dimensionerande utetemperatur som var -12°C för Lund, -18°C för Stockholm och -30°C för Umeå så skall hela värmebehovet för nästa dag kunna lagras
- Perioden då elenergin är billig antas vara 10 h lång och vara mellan kl 20.00 och 06.00
- Inlagringstemperatur antas till 95°C
- Värmelagret antas kylas till följande medeltemperaturer dagen efter dimensionerande utetemperatur, 30°C i nya hus och 45°C i befintliga hus
- En rumstemperatur på 21°C antas
- Värmeförlusterna från värmelagret antas kunna nyttiggöras under vintern

- Ett konstant värmestillskott antas ske enligt kapitel 4.2.2, från:

$$\begin{aligned} \text{hushållsel m m} &= 3000 \text{ kWh/år} \\ \text{personvärme} &= \frac{1900}{4900} \text{ "} \\ &= 4900 \text{ kWh/år} \end{aligned}$$

vilket motsvarar 560 W året runt.

- Hela varmvattenbehovet, ca 11,2 kWh/dygn i oktober t o m april, antas förbrukas dagtid

Om byggnadens värmeförlust under dagtid betecknas  $Q_d$  kan erforderlig volym uttryckas som:

$$Q_{n\ddot{o}dv} = \frac{Q_d 14 \text{ h} + 11,2 \text{ kWh}}{1,16 \text{ kWh/m}^2 \text{ K x t}}$$

där  $t$  i detta fall är arbetsområdet för lagrat, dvs för nytt hus  $95^\circ\text{C}$  till  $30^\circ\text{C} = 65^\circ\text{C}$

för befintligt hus  $95^\circ\text{C}$  till  $45^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$

I tabell 15 redovisas de erforderliga lagervolymererna för respektive hus och ort vid 100% täckning.

Tabell 15

Ort, byggnadstyp	Dimensionerande effekt Pds kW	Pds -0,56* = Pda kW	Erforderligt värmelager volym m <sup>3</sup>
Lund nytt	3,83	3,27	0,8
bef	7,78	7,22	1,9
Sthlm nytt	4,47	3,91	0,9
bef	9,12	8,56	2,3
Umeå nytt	5,78	5,22	1,2
bef	11,79	11,23	2,9

\* 0,56 kW motsvarar värme från hushållsel och personvärme

För det nya huset är lagervolymen  $1 \text{ m}^3$  tillräcklig. För det befintliga huset fordras en volym mellan 2 och  $3 \text{ m}^3$ .

I det nya huset blir  $1 \text{ m}^3$  lager med hänsyn till ett solvärmesystem med solfångarytan upp till  $20 \text{ m}^2$ , jämför avsnitt 1.2 och figur 8.

Om man i det befintliga huset väljer en nattelvärmesackumulator på  $1 \text{ m}^3$  så kan 100% av behovet lagras ned till dess att utetemperaturer når ca  $-1^\circ\text{C}$  dygnsmedeltemperatur.

Om man önskar göra en uppskattning av besparingen som kan nås, om man installerar ett kombinerat system för solvärme och nattelvärmesackumulering, så skulle detta kunna göras med följande antaganden:

- Byggnadens totala bruttovärmebehov är som angivet i tabell 9
- Solvärmesystemets nettovärmebidrag i det nya huset är som tidigare angivits i tabell 10 t o m 12, kolumnen till vänster
- I jämförelse med ett konventionellt system kommer värmeförlusterna från värmelagret/nattelvärmelagret att vara reducerade i förhållande till värmeförluster i varmvattenberedaren samt eventuellt panna med rörsystem. Med utgångspunkt från solvärmesystemets täckningsgrad månadsvis under sommaren antas följande besparing av förluster i jämförelse med traditionellt system:

I förhållande till ett vattenburet system sparas	2400 kWh/år
--	-------------

I förhållande till direkt elvärme och elvarmvattenberedare sparas	900 kWh/år
---	------------

Samma antagande som tidigare gäller, dvs värmeförluster tillgodogörs ej under månaderna april t o m oktober, eller 7 månader. Under vintermånaderna antas alla förluster kunna användas. Totala värmeförluster från panna, rörsystem och varmvattenberedare är tidigare antaget till 360 kWh/månad eller totalt 2520 kWh under 7 sommarmånader.

Att besparingen på grund av reducerad värmeförlust uppgår till 2400 kWh/år beror på en ökad förlust från lagret under 7 sommarmånader och detta skall täckas med köpt energi. Motsvarande betraktelse gäller för det direkt elvärmda huset.

Ovan nämnda beräkningar av solvärmesystem i kombination med nattelvärmesackumulering gör ej anspråk på att vara uttömmande eller särskilt noggranna vad gäller besparing osv.

Det är grovt beskrivet hur ett sådant system kan byggas upp. Dock kan det anses vara klart att nämnda anläggningstyp måste betecknas som så intressant att man bör göra en studie och en analys över hur ett sådant kombinerat solvärmesystem/nattelvärmesystem kan byggas upp om de kan ingå i nya och befintliga hus.



## BILAGA 2

## KOMBINERADE SOLVÄRMESYSTEMS PRESTANDA

Poul-Erik Kristensen  
Esbensen & Korsgaard  
Per Isaksson, MCE-KTH

## Simuleringsberäkningar

Ole Balslev-Olesen  
Lars Olsen  
Laboratoriet för värmeisolering, DTH  
Danmarks Tekniska Högskola, Danmark


















## PROJEKTSAMMANFATTNINGAR

Nedan följer kortfattade beskrivningar av de projekt där rapporter finns.

Ett principalschema över systemet beskriver och bilder visar viktiga ingående komponenter. Beskrivningarna har gjorts kortfattade för att man snabbt skall identifiera speciella egenskaper. Vidare anges projektledare om ytterligare information önskas, dimensioneringsdata, drifterfarenheter, ekonomi och slutligen från vilken litteratur som informationen hämtats.

Ingen värdering av rapporterna och deras utformning har gjorts, utan endast resultat, så lång vi bedömt möjligt är redovisat. Givetvis kan ytterligare (många fler) slutsatser dras.

Följande symboler har använts i ritningarna

	Ledning för medium, strömningsriktning
	Luftkanal
	Elektriskt samband
	
	Begränsning
	Ventil
	Backventil
	Styrventil, manuell
	Styrventil, motoriserad
	Reglercentral
	Spjäll
	Fläkt
	Pump
	Värmare, luft
	Värmeväxlare
	Radiator-konvektor
	
	Solfångare
	Elvärmare
	Givare
	Termometer

## INNEHÅLL Bilaga 2

Projekttitel

1	Solhus i Linköping	98
2	Termoroc-huset, Limhamn	104
3	Täby-projektet	109
4	Lågenergihus med solvärme, Soleko	114
5	Luftburen solvärme i småhus	117
6	Brämhult	123
7	Förskola kv solen	130
8	Solvärmt småhus	134
9	Solfångare av trapetskorrugerad plåt	138
10	Mekaniskt ventilerat tak	141
11	Solvärmeanläggning Hammarö	143
12	Energisnål småhus - växthus	147
13	Sol och vedvärme för landsbygdshus	150
14	Solvärme för utvecklingsverkstad	154
15	Lundaskog	159
16	Sun SEC, Kungsbacka	163
17	Sol och vedvärme för fritidshus	168
18	Fjärås centrum - energisparanläggning	170
19	Kullingshemmet, Vårgårda	172
20	Solhus i Motala	173
21	Luftburet värmesystem i två småhus	177
22	Skräddaren	181
23	Luftburet solvärmesystem, Kungsbacka	189
24	Tre soltyphus i Västsverige	191
25	Värmeväxlare, värmemagasinerande grund och enkla solfångare	192
26	Nollenergihus väst, Bollebygd	193
27	Solenergisystem - lågtemperatur	194
28	Paraboliskt solföljande	195
29	Solvärmesystem i takkonstruktioner	196
30	Utvärdering av solvärmeprojekt för industrier	197
31	Sol för värme och VVB i Skövde	199
32	Erfarenheter från lagring i stenmagasin	200
33	Kv Kejsaren	201
34	SCG-huset i Nacka	202

SOLHUS, LINKÖPING, ÖSTGÖTA-BYGGEN

### Projektledare

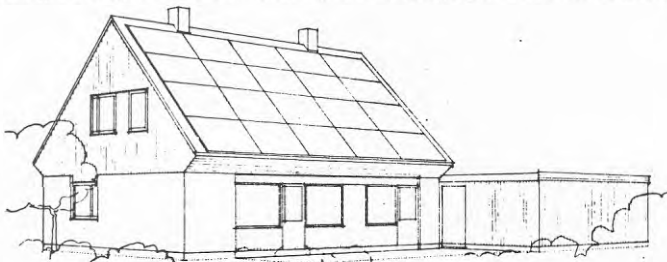
Erik Hedman Lövbergsvägen 36, 582 69 LINKÖPING

### Målsättning

Demonstrera ett system med 40 - 60% bidrag av solvärme.

Samla erfarenhet för att konstruera en solvärmecentral.

Ge underlag för att utveckla billigare och mer ändamåls-  
enliga komponenter såsom solfångare och värmelager.



### Beskrivning

#### Omgivning

##### Läge

Latitud	58°	22,5'	N
Longitud	15°	41,9'	E
Höjd över havet 67 m			

#### Typ av bebyggelse i omgivningen

Småhusbebyggelse i öppet slättlandskap.

#### Skuggande föremål framför anläggningen

En barrskogsridå, som är drygt 20 m hög, ligger 130 m söder om solhuset. Direkt solbestrålning avskärmas då solhöjden är mindre än 8°, vilket inträffar i december och januari.

#### Byggnad

##### Konstruktion

Typ	1 1/2-plans friliggande
Uppvärmd yta	150 m <sup>2</sup>
Grund	platta på mark
Stomme	trä

##### Isolering

Väggar	150 mm
Tak	220 mm
Sluttande takdel	120 mm

Täthet

Ett tätt utförande eftersträvades.

Fönster

Typ	3-glas
E	1,5 m <sup>2</sup>
S	7,5 m <sup>2</sup> varav 5,6 fasta
V	0,25 m <sup>2</sup>

Användning

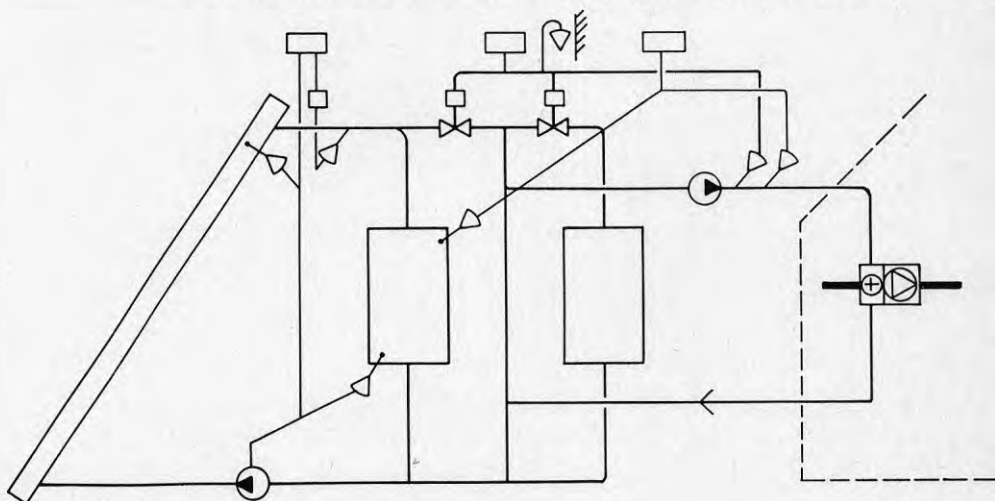
Bostad för familj med två barn.  
Inomhustemperatur 22°C.

Värmeanläggning

Värme tillförs två stora vattentankar från solfångare och patroner nattetid. Värme distribueras i huset med varmluft.

Värmesystemet består av

- o en solfångarkrets med 50 m<sup>2</sup> vattenkylda solfångare som dräneras vid icke-drift
- o en trycklös vattentank om 8 m<sup>3</sup> för lagring av solvärme
- o en trycklös vattentank om 3,2 m<sup>2</sup>, som värms elektriskt nattetid
- o luftbehandlingsaggregat med en vattenburen luftvärmare
- o en tappvarmvattenkrets, som innehåller en värmeväxlare där vattnet förvärms med solvärmevatten samt en växlare där vattnet eftervärms med elvärt vatten



Flödesschema

Styrning

Solfångar-, uppvärmnings- och tappvarmvattenkretsarna styrs separat.

Solfångarkretsen styrs med en differentialtermostat, vars ena givare,  $T_1$ , är placerad upptill i luftspalten på ett solfångarelement och vars andra givare,  $T_2$ , är placerad i botten på tanken. Start av cirkulationspumpen, P1, sker då temperaturen  $T_1 > T_2$ . Stopp sker efter viss tidsfördröjning då  $T_1 < T_2$ . Solfångaren dräneras omedelbart efter stopp. En temperaturvakt med givaren  $T_3$  stoppar pumpen P1 då  $T_3 < 5^\circ\text{C}$ . Ursprungligen dränerades solfångaren dock enbart vid frysrisk, men detta ändrades efter en kort tids drift för att minska avsvalningsförlusterna från solfångaren.

Värmevattentemperaturen till luftbehandlingsaggregatet styrs med avseende på utomhustemperaturen. Värmevatten från solvärm tanken utnyttjades när dess temperatur är tillräckligt hög, annars utnyttjas värmevatten från den elvärmade tanken.

Efter driftsättningen kompletterades styrningen med en separat termostat med givaren i återluftkanalen. Denna begränsar värmevattenflödet genom värmebatterier då returlufttemperaturen är hög och motverkar därmed övertemperatur på grund av intern värmeavgivning (gratisvärme).

SolfångarkretsenSolfångargrupp

Yta	50 m <sup>2</sup>
Fabrikat, typ	Special
Väderstreck	9 <sup>o</sup> väster om sydriktningen
Lutning	45 <sup>o</sup>

Solfångare (platsbyggd)

Antal täckskivor	2-glas isolerruta
Material täckskivor	Glas
Absorbator typ	Galvaniserat stål
Vätskevolym per m <sup>2</sup>	
Absorbatorbeläggning	Svart kromat
Isolering	150 mm mineralull

Solfångaren, som är integrerad i takkonstruktionen, består av en sammanhängande glasning och 50 st absorbatorelement. Isolerglasrutan är uppbyggd av två 5 mm tjocka glas och 15 mm luftspalt. Undetrycket i spalten är större än normalt för att förebygga sprickbildning vid höga temperaturer.

Grupper om tre seriekopplade absorbatorelement är parallellkopplade till fyra större grupper, som i sin tur är parallellkopplade.

Pump

Märkeffekt 0,55 kW

Värmebärare

Typ	Vatten
Flöde	25 75 l/(m <sup>2</sup> x h)
Korrosionsskydd	Vid dränering fylls absorbatoren med kvävgas
Frostskydd	Dränering

VärmelagerSolvärmetank

Max övertryck	20 kPa
Volym	8 m <sup>3</sup>
Lagringskapacitet	3,5 kWh/K
Isolering mineralull	200 mm

Systemet innehåller två separata trycklösa stältankar för lagring av värmevatten. I den större lagras värme från solfångaren och den mindre värms med elpatron.

Varmvatten

Varmvattentemperaturen är 42°C. Varmvattenkretsen innehåller två värmeväxlare och en vvc-krets. På primärsidan är värmeväxlarna anslutna med cirkulationskretsar till solvärme- respektive elvärmetanken.

Ventilations- och värmedistributionssystem

Värmen distribueras med varmluft genom don<sub>3</sub> under fönstren. Totala tilluftsflödet är 0,22 m<sup>3</sup>/s varav 0,067 m<sup>3</sup>/s är friskluft och resten återluft. Anläggningen är dimensionerad för att vid utomhustemperaturen 0°C ge en tillufttemperatur av 35°C och temperaturerna 45 - 35°C på värmevattensidan.

Driftresultat

Under första året i drift fungerade systemet väl. Inget egentligt underhåll har erfordrats. Reparationerna inskränker sig till ett utbyte (garanti) av en trasig differentialtermostat samt tätning och montering i nytt läge av två ventiler som skadats av frysning.

1975-07--09 Sommaren var ovanligt varm. Kokning förekom periodvis i solfångaren. Torrkokning och stagnation förekom i början av augusti, men inga synliga skador uppstod på glasningen. Olika reglerstrategier prövades.

- 1975-10--12      Bidraget från solvärmesystemet var litet.
- 1976-01--03      Under kalla perioder med klart väder förekom rimfrost på solfångaren som totalt förhindrade insamling av solvärme.
- Snön var ett mindre problem. När den gled nedför glasningen rengjordes ytan. Läckage uppstod i två ventiler som inte dränerades tillräckligt vid stopp. Ventilernas orientering ändrades.
- 1976-04--06      Solvärmen svarade för hela uppvärmningen förutom under två dagar.



Nedanstående tabell anger dels instrålad energimängd, tillvaratagen energi och tillsatsvärmebehov. Dessutom anges andelen sol av totalt erforderlig. Totalt infångades 5777 kWh eller 115 kWh/m<sup>2</sup> sol. Om reduktion sker för drivenergi-el som var 1682 kWh erhålles nettovärdet 4095 kWh motsvarande 21% av totala värmebehovet.

Månad	Energimängd (kWh)				Tillsats energi			Andel sol		
	Instr	Uppv	Varm- vatten	Tot	Uppv	Varm- vatten	Tot	Uppv	Varm- vatten	Tot
Jul-75	2051									
Aug	1221	0	235	235	0	0	0	-	100	100
Sep	685	0	236	236	0	0	0	-	100	100
Okt	630	376	254	630	861	0	861	30	100	42
Nov	109	0	109	109	1897	164	2061	0	40	5
Dec	99	0	99	99	2411	211	2622	0	32	4
Jan-76	211	0	211	211	3170	146	3316	0	59	6
Feb	498	164	334	498	2541	0	2541	6	100	16
Mar	1492	1130	362	1492	1732	0	1732	39	100	46
Apr	1573	1241	332	1573	511	0	511	71	100	75
Maj	1541	120	324	444	103	0	103	54	100	81
Jun	2296	0	250	250	0	0	0	-	100	100
Summa	12406	3031	2746	5777	13226	521	13747	19	84	30
Speci- fikt kWh/m <sup>2</sup>	248	61	55	115	-	-	-	-	-	-

### Litteratur

Bertil Ahlström mfl, Solar Energy Houses in Linköping,  
BFR D9:1977.

BFR projektnummer: 740330-8

## 2 TERMOROC - Huset, LIMHAMN

Projektledare

Bengt Rosengren  
f d Tekno Term Systems AB

Litteratur

Bengt Rosengren, The Termoroc House - an experimental low-energy house in Sweden, BFR D8:1977.

BFR projektnummer: 750486-3

Målsättning

- o att bygga ett lågenergihus vars förbrukning är ca 50% av förbrukningen i hus med liknande standard
- o att i praktiskt bruk testa nya komponenter för värmeåtervinning och energibesparing

BeskrivningOmgivning

Latitud 55,4° N  
Longitud 12,6° E  
Höjd över havet 3 m  
Typ av bebyggelse i området:

Småhusbebyggelse i öppet slättlandskap. Skuggande föremål framför anläggningen. Inga betydande problem med skuggning av solfångarytan förekommer.

ByggnadKonstruktion

Typ	1 1/2 plans friliggande
Uppvärmd yta	150 m <sup>2</sup> bostadsyta + 72 m <sup>2</sup> uppv källare

Isolering

Väggar	150 mm
Tak	200 mm

Täthet

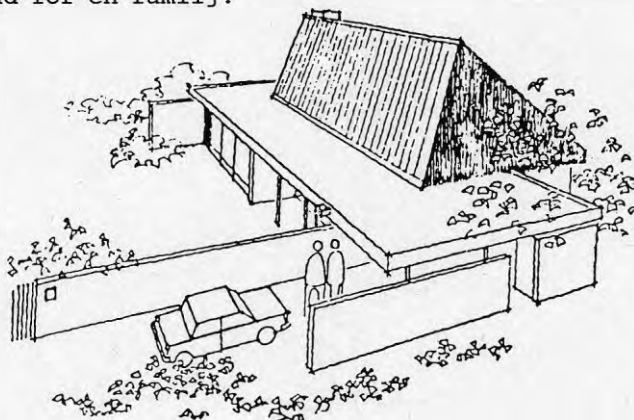
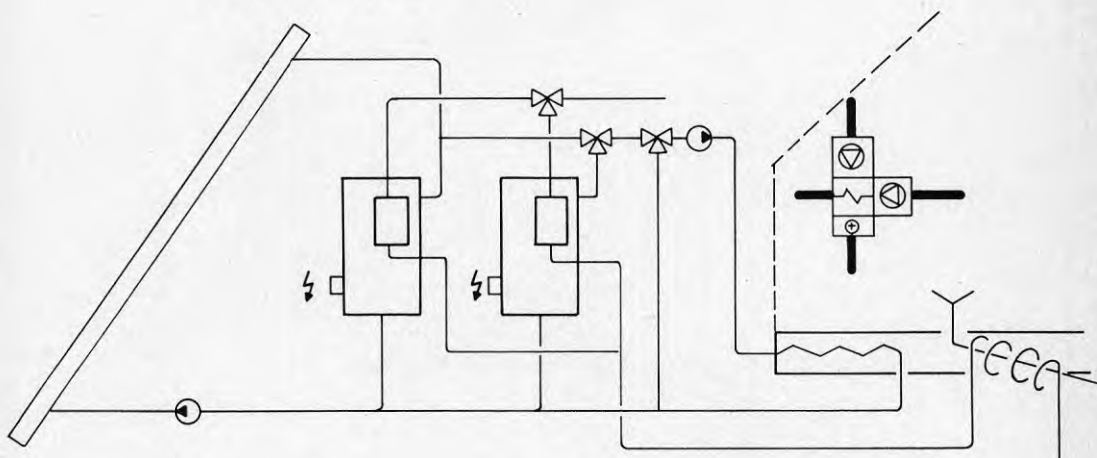
Mekanisk ventilation 0,5 luftomsättningar /h. Ofrivillig ventilation 0,2 luftomsättningar /h (spårgasmätning vid 0°C, 0,6 m/s).

Fönster

Typ	3-glas
E	0,3 m <sup>2</sup>
S	15,9 m <sup>2</sup>
V	3,5 m <sup>2</sup>
N	3,8 m <sup>2</sup>

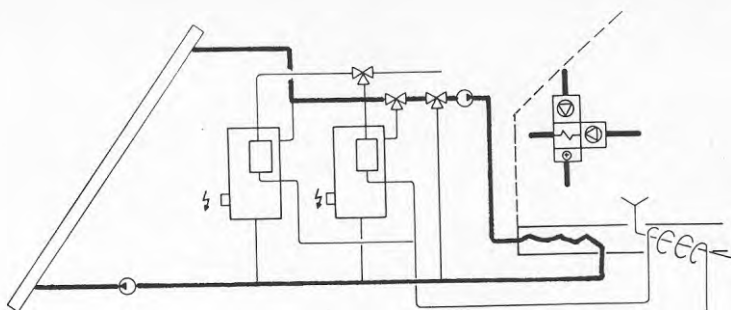
Användning

Bostad för en familj:

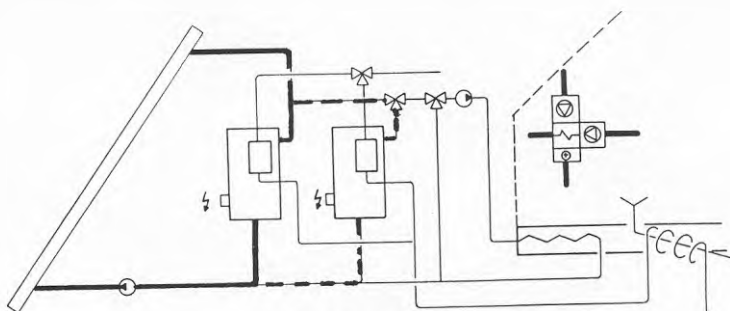
VärmeanläggningThermoroc-huset

Värme till huset distribueras från två vattentankar dels via ett golvvärmesystem dels via husets tillufts-system. Den ena tanken tillförs värme från solfångarsystemet medan den andra uppvärms med elpatroner.

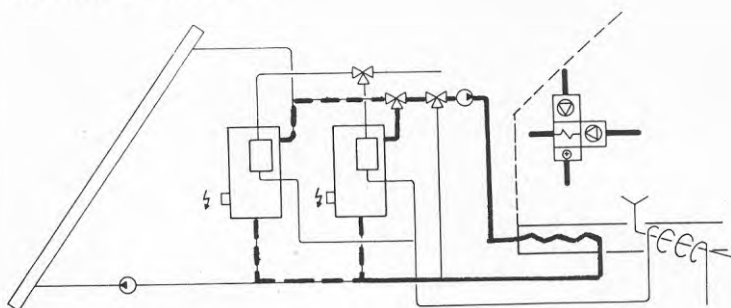
Värme avges till huset via ett golvvärmesystem, dimensionerat för en framledningstemperatur på 28°C vid utetemperaturen -10°C och +19°C vid utetemperaturen +10°C.



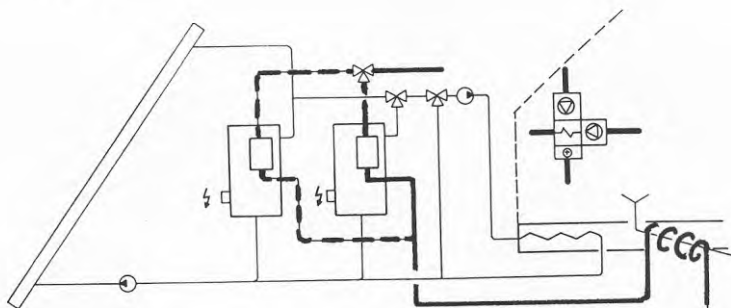
Värme nyttjas direkt



Solvärme inlagras



Uttag av värme från lagret



Värme för varmvattenberedning tas dels från lagret, dels från spillvattnet.

Huset ventileras med ett balanserat ill- och frånluftssystem, där värme ur frånluften tillförs tilluften via en värmeväxlare.

### Styrning

Solfångar-, uppvärmnings- och tappvarmvatten. Kretsarna styrs separat.

Solfångarkretsen styrs av en differenstermostat som startar och stoppar pumpen samt väljer lagringstank. Då cirkulationspumpen stoppas dräneras solfångarna automatiskt.

Uppvärmningssystemets framledningstemperatur regleras med hänsyn till utetemperaturen. Dessutom väljer reglerutrustningen den tank från vilken värme skall hämtas. Värmevattnet hämtas i första hand från den solvärmda tanken och i andra hand från den elvärmda tanken.

### Solfångarkretsen

Solfångargrupp:

Yta	52 m <sup>2</sup>
Fabrikat	Tekno Term
Väderstreck	Sydväst (12° väster om syd)

Solfångare:

Antal täckskivor	1
Material i täckskivan	glas
Absorbator	stålplåt
Absorbatorbeläggning	nattsvart färg
Isolering	mineralull (30 mm)
Värmebärare	vatten
Flöde	60 l/(h x m <sup>2</sup> )
Kokningsskydd	Då temperaturen från solfångarna är $\geq 95^{\circ}\text{C}$ stoppas cirkulationspumpen

Korrosionsskydd

Då pumpen stoppas dräneras solfångarna varefter de fylls med kvävgas. Inhibitor, Elemention, har blnadats i vattnet.

### Värmelager

Solvärmetank:

Volym	1,7 m <sup>3</sup>
Lagringskapacitet	3,65 kWh/K

Elvärmetank:

Volym	1,7 m <sup>3</sup>
Lagringskapacitet	3,65 kWh/K

Systemet innehåller två separata trycklösa ståltankar för lagring av värmevatten. I den ena lagras värme från solfångaren och den andra värms med elpatron. Under sommaren kan båda tankarna laddas av solfångarna och under extremt kalla perioder kan båda värmas med el.

### Varmvatten

Tappvarmvattnet förvärms först via ett fördröjt spillvattenutlopp och sedan i den solvärmda tanken. Vid behov eftervärms det i den solvärmda tanken. Vid behov eftervärms det i den eluppvärmda tanken. Distributions-temperaturen konstanthålls därefter med hjälp av en blandningsventil, som vid behov späder med kallvatten.

### Driftresultat

Nedan anges en tabell där månatliga värmeflöden framgår. Totalt uppgår besparingen till 3039 kWh inräknat drivenergi.

Månad	In- Utnyttjad Solenergi			Tillsats energi			Andel sol			
	Energi	Uppv	VV	Tot	Uppv	VV	Tot	Uppv	VV	Tot
Jul-75										
Aug										
Sep										
Okt	500	461	5	466	1438	15	1453	24	25	24
Nov	439	379	30	409	1690	98	1788	18	23	19
Dec	284	240	24	264	2686	220	2906	8	10	8
Jan	731	594	87	681	3580	157	3737	14	36	15
Feb	594	450	103	553	2547	271	2818	15	28	16
Mar	1225	894	247	1141	2247	256	2503	28	49	31
Apr	1380	1071	214	1285	926	131	1057	54	62	55
Maj	244	173	54	227	147	34	181	54	61	56
Jun										
Summa	5397	4262	764	5026	15261	1058	16319	22	42	31
Speci- fikt kWh/m <sup>2</sup>	129	102	18	120						

Energibesop: Utnyttjad solvärme (5026 kWh) minus  
Drivenergi (198 kWh) = 3039 kWh (14%)

### Litteratur

Bengt Rosengren, The Termoroc House - an experimental low-energy house in Sweden, BFR D8:1977.

BFR projektnummer: 750486-3

### 3. TÄBYPROJEKTET

Samordnad forskning om energisnåla småhus.  
BFR projektnummer 760756-3

---

#### PROJEKTLEDARE

Civ ing Nils-Eric Lindskoug  
Tyréns Företagsgrupp AB  
Fack  
103 04 STOCKHOLM

#### PROJEKTETS MÅL OCH OMFATTNING

Projektets främsta mål var att bestämma värmebalansen för småhus byggda enligt kraven i byggnormen SBN 75 samt att under likvärdiga betingelser jämföra kostnader och energibesparing för ett antal kommersiellt tillgängliga energisnåla uppvärmningssystem. Det var däremot inte ett mål i sig att vidareutveckla systemen inom projektet.

I projektet provades solvärmesystem, värmepumpar, värmeåtervinning, styrsystem, vatten- respektive luftburen värme samt direktverkande elektrisk uppvärmning. Var och ett av fem olika systemkombinationer installerades i vardera två grändhus och två radhus. En sjätte husgrupp, som endast är utrustad med direktverkande eluppvärmning tjänar som referens. I experimentet ingick dessutom ett enstaka hus, vars uppvärmningssystem innehöll solfångare, värmepump och värmeväxling mellan till- och frånluft.

Provhuset ligger i ett nybyggt småhusområde i Täby kyrkby två mil norr om Stockholm.

Byggnadsarbetena påbörjades i maj 1977 och inflyttningen skedde i omgångar från december 1977 till maj 1978. Mätssystemet installerades under 1978 och mätvärdesinsamling i full omfattning påbörjades i februari 1979 och pågick utan större avbrott till juni 1981.

En rad organisationer var engagerade i projektet. ABV byggde husen och Sv Fläktfabriken levererade de olika uppvärmningssystemen. Mätcentralen vid KTH ansvarade för de automatiska mätningarna samt för arkiveringen av mätdata. I utvärderingen medverkade Nils-Eric Lindskoug, Tyréns AB (övergripande och jämförande studier av samtliga system), samt från högskoleinstitutioner Ingemar Höglund, Byggnadsteknik, KTH (solvärme), Enno Abel, Installationsteknik, CTH (värmeåtervinning och täthet) och Eric Graneryd, Värmeteori och kylteknik, KTH (värmepumpar).

Detta rapportreferat behandlar i fortsättningen endast de fem experimenthus, som innehöll kombinerade solvärmesystem.

## BYGGNADERNA

Kombinerade solvärmesystem installerades i tre fri-  
liggande 1½-plans grändhus samt i två 2-plans radhus.  
Byggnaderna, som är tagna ur ABV's löpande produktion,  
är typiska standardprodukter från svensk småhusproduk-  
tion av år 1977. De uppfyller med viss marginal kraven  
i byggnormen SBN 75. Husen med solvärmeanläggningar  
utrustades med källare för att ge plats åt apparatrum  
och värmelager. Takfallet på radhusen anpassades för  
solfångarna.

## SOLVÄRMEANLÄGGNINGARNA

I experimentet ingick totalt fem kombinerade solvärme-  
anläggningar av två olika typer nämligen system S42,  
som är ett vanligt kombinerat solvärmesystem, och  
system S44, som strängt taget är ett komplicerat sol-  
värmestött värmepumpsystem. System S44 är Svenska  
Fläktfabrikens dåvarande 'Amplitermsystem'. I tabell 1  
anges några viktiga data för systemen och i tabell 2  
redovisas anläggningsdata i lite större detalj.

Tabell 1. Kombinerade solvärmesystem i Täbyprojektet

System	Antal	Hustyp	Beskrivning
S42	2	gränd- hus	24 m <sup>2</sup> vätskekyld solfångare, 10 m <sup>3</sup> trycksatt vattentank, luftvärmesystem med värme- återvinning
S42	2	radhus	20 m <sup>2</sup> vätskekyld solfångare, 7 m <sup>3</sup> trycksatt vattentank, luftvärmesystem med värme- återvinning
S44	1	gränd- hus	24 m <sup>2</sup> vätskekyld solfångare 10 m <sup>3</sup> trycksatt vattentank, värmepump (vätska/vätska), luftvärmesystem med värme- återvinning

## MÄTNING OCH UTVÄRDERING

Automatisk registrering av timvärden för ca 50 mät-  
storheter per hus genomfördes under perioden 79-02-01-  
-81-05-30. Några dagslånga registreringar av momentana  
5-minutersvärden genomfördes för de viktigaste drifts-  
fallen.

Mätresultatet från det enda huset med system S44 är  
bearbetade och rapporterade av Nyman (1982). Energi-  
besparingen för system S42 redovisas av Lindskoug  
(1984) och en noggrannare utvärdering av mätdata pågår.





SYSTEM S42Mätresultat

Lindskoug (1984) redovisar inte värmeleveransen från solvärmeanläggningarna separat. Energibesparingarna tack vare de olika installerade systemen bestämmer han istället genom att jämföra korrigerade värden på värmeförbrukning med motsvarande värden för referenshusen. System S42 innehåller förutom det kombinerade solvärmesystemet även värmeväxling mellan till- och frånluft, medan system S22 enbart innehåller sådan värmeväxling.

Resultaten är i vissa fall inte representativa eftersom de är påverkade av felfunktioner och driftsstörningar hos anläggningarna samt driftsstörningar hos mätsystemet.

Skillnaden i energibesparingen, som uppnåtts i de två radhusen med system S42, är stor, medan de två grandhusen uppvisar ungefär samma värde på energibesparing.

Med undantag för det ena radhuset är energibesparingen tack vare solvärmeanläggningen ca 3 MWh/år, vilket omräknat med avseende på solfångararea ger 125 kWh/(m<sup>2</sup>\*år).

Drifterfarenheter

Listan på driftsstörningar är lång och månadslånga driftsstopp för vitala delar av solvärmeanläggningarna har förekommit. Misstag vid installation och fel i reglersystemen var vanliga. Reglergivare har skadats av hög temperatur från solfångaren.

Sönderfrysning av solfångare har förekommit två gånger trots att värmebärarens glykolhalt var så hög att detta inte borde skett. Såsom trolig orsak anges att en vattenrikare fas urskiljts genom upprepad 'frysning /smältning' och att denna vattenrika fas till sist frusit med tillräcklig sprängverkan för att skada solfångaren.

SYSTEM S44

Anläggningen fungerade aldrig på avsett sätt under någon längre sammanhängande period och den ersattes därför av ett konventionellt värmningsystem sedan experimentet slutförts.

Energibesparingen tack vare solfångare och värmepump anges av Nyman (1982) till i genomsnitt 1.0 MWh/år respektive 0.9 MWh/år.

LITTERATUR

Lindskoug, N-E, 1979, Täbyprojektet. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R83:1979. Stockholm

Lindskoug, N-E, 1984, Täby-projektet. Energisnåla hus i Täby. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R13:1984. Stockholm

Nyman, B, 1979, Lågenergihus i Täby. (Institutionen för byggnadsteknik, Kungliga tekniska högskolan.) Arbetsrapport. Stockholm

Nyman, B, 1982, Värmebalans i småhus med kombinerat uppvärmningsystem - solfångare, värmepump, värmväxlare samt tidsstyrd värme och ventilation. (Institutionen för byggnadsteknik, Kungliga tekniska högskolan.) Arbetsrapport 1982:7. Stockholm

## 4 LÅGENERGIHUS MED SOLVÄRME, SOLEKO

Projektledare

Lennart Sigurd, tel 011-433 78 - 18 01 80  
 Ingeltorpsvägen 13, 605 90 NORRKÖPING  
 (Skogsvallavägen 1)

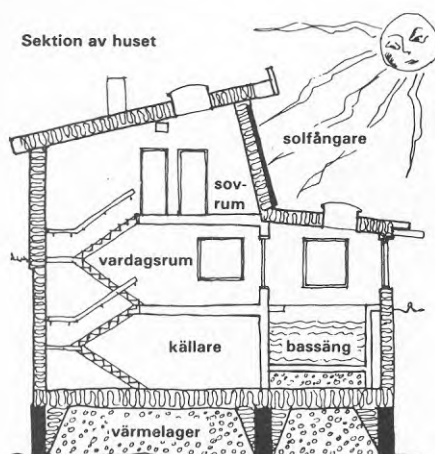
Målsättning

Ej olaja eller annat som reserv.  
 Regnvattenutnyttjande.  
 Formutrustningssystem.  
 Reningsystem för avloppsvatten för att ej ändra grundvattennivån.  
 Växtrum och möjlighet att säsongslagra odlade produkter.  
 Helt självförsörjande system som besparar kommunen "alla" försörjningskostnader.

Beskrivning

Huset består av källare 95 m<sup>2</sup>, markplan 146 m<sup>2</sup>, övervåning 95 m<sup>2</sup>. Plastgjuten högisolerande skumbetong gjuten i ett stycke, typ Cellax.

Tak 380 mm cellexisolerat  $k = 0.10 \text{ W/m}^2, \text{ K}$   
 Väggar 250 mm  $k = 0.15$   
 Fönster treglas  $k = 2.0$   
 Plan och sektion framgår av bild  
 Orientering åt söder, byggt i sydsluttning.



### Systemval

Luftvärmepump alternativt jordvärmepump bedömdes ej som bra då de fordrar el. Luftvärmepumpen har begränsad effekt vid viss lägsta utetemperatur. Jordvärmepumpens ekologiska konsekvenser ej tillräckligt utbredda.

Vattenburet solvärmesystem riskabelt med vatteskador som följd. Försäkringsbolagen kan komma att ifrågasätta.

Solfångare placeras på sydvägg.

Lågenergihus mycket täta och därför försedda med ventilationssystem som då kan användas som värmebärare.

### Värme

Värmeväxling. Braskamin typ Hugo Larsson. Beräknad årsförbrukning 17 600 kWh/år inklusive tappvattenberedning. Solvärme 80%, resten från vedkamin.

### Solfångare

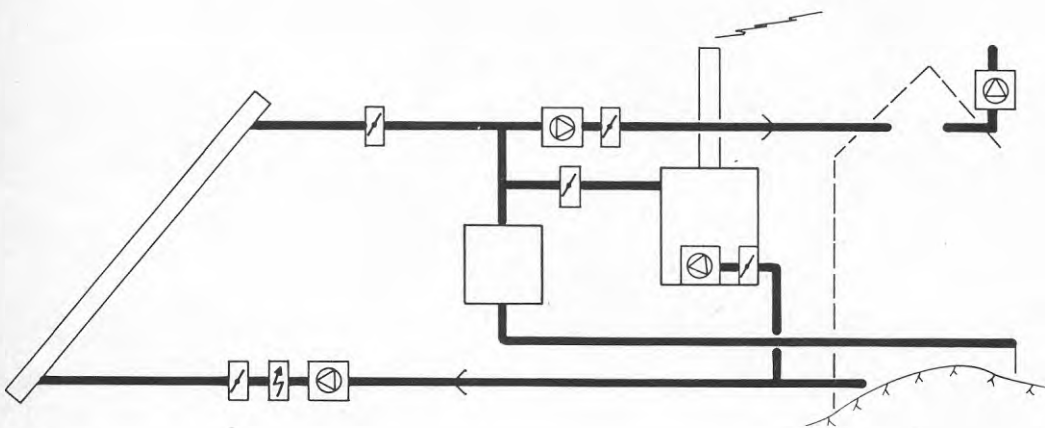
Absorbator typ Gränges aluminium.  
Englasförtäckning.  
Lutning  $76^{\circ}$ . Placering enligt bild.  
Yta  $11 \times 3 \text{ m}^2$ .  
Reflekterande tak framför.

### Lager

Sten 30 respektive  $100 \text{ m}^3$ .  
Vattenbassäng (badvatten)

## Värme - Ventilation

Tvårörsventilation med blandningsbox.  
 Temperaturer  $+15^{\circ}$  respektive  $+45^{\circ}$ .  
 Luft tas från växtrum alternativt hygienrum alternativt  
 trädgård.



### Reglering

Luft till solfångare variabelt efter solinstrålning.

### Besparing

### Drifterfarenheter

Måttillfälle.  
 Tilluft  $+1^{\circ}\text{C}$  vid uteluft  $-27^{\circ}\text{C}$ .  
 Skumbetongisolering "sjönk ihop" vid montering och  
 gav upphov till stora vattenskador. K-värden ej de  
 förväntade i dessa väggar.  
 Luftsolfångarna fungerade bra.

### Ekonomi

Tillsatssystemet totalkostnad 300 000.

### Litteratur

Delrapporter 1 och 2, 1978-12-04 respektive 1980-03-21.  
 Bokalders, V: Energisnåla hus.

BFR Projektnummer: 771055-8, 770499-1 (lån)

## 5 LUFTBUREN SOLVÄRME I SMÅHUS

Projektledare

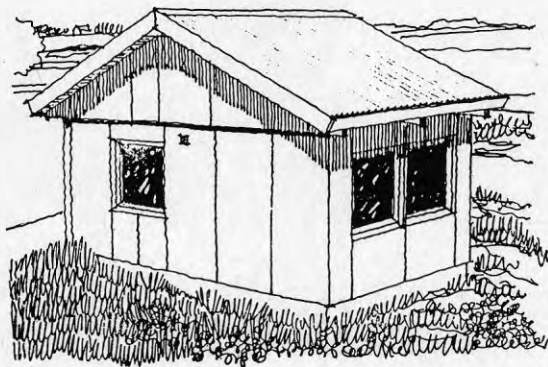
Ingemar Wennström  
SCG AB, MALMÖ

Bakgrund

År 1974 startade SCG en serie undersökningar vars syfte var att utprova system där förutom fönstren, i första hand taket, fungerar som solfångare. Som magasin för den värme som fångas i taket användes i detta projekt, en fyllning med sand under golvet. Avsikten var att göra så små estetiska och tekniska förändringar som möjligt i förhållande till ett hus utan solvärme och att, i möjligaste mån, använda sig av känd teknik och kända material. Därigenom skulle man kunna nå ett utnyttjande av solvärme utan större inverkan på miljö och byggkostnad. I detta första projekt skulle särskilt studeras vad in- och utstrålningen betyder för ett hus utan tillsatsvärme.

Systembeskrivning, flöde

Som försöksobjekt uppfördes en liten, enkel enplansbyggnad som var obebodd under försökstiden, figur 1.



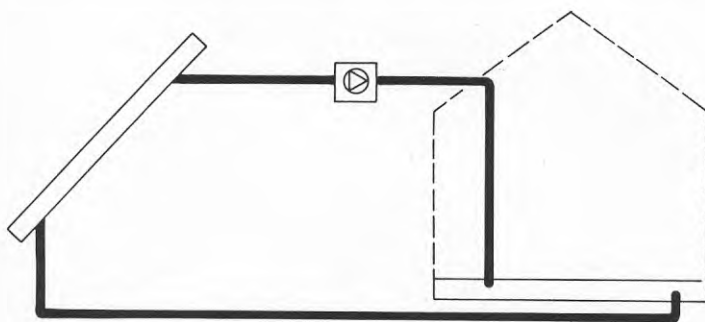
Figur 1 Försöksbyggnaden

Fönstren utfördes så att de skulle ge stort bidrag på passiv solvärme och taket utfördes som en enkel, luftkyld solfångare. Under golvet anordnades en ackumulator av sand direkt på marken. Luften från solfångaren sögs med en fläkt ner genom ett rörsystem i sanden.

Huset förlades till ett öppet, flackt industriområde i sydöstra delen av Eslöv. Mätplatsens position är 55° 50'N, 13° 19'O och höjden över havet 68 m. Huset är orienterat i nordsydlig riktning med en avvikelse av 13° mot NV-SO. Det innehåller ett rum med en golv-

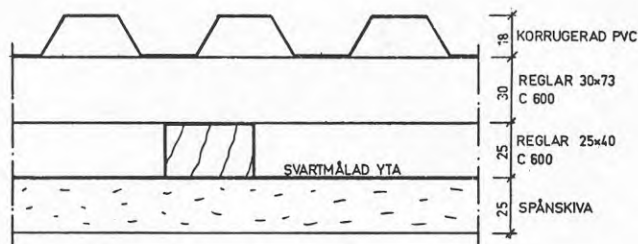
yta av  $21,3 \text{ m}^2$ . I söderfasaden finns två fönster och i den västra ett. Vardera har en glasyta av  $1,27 \text{ m}^2$  och är försedd med dubbelt, klart isolerglas.

Hela taket är utfört som en solfångare, vara yttre skikt framgår av figur 2. Under spånskivan finns 120 mm mineralullsisolering mellan reglar samt innerbeklädnad.



Flödesschema

Rörsystemet i ackumulatorn består av cirkulära plåtkanaler med diametern 102 mm.



Figur 2 Solfångaren

### Mätresultat

Efter inledande manuella mätningar sommaren 1974 vidtog kontinuerliga mätningar under perioden oktober 1974 - september 1975 av temperaturer, värmefflöde och solvärde. Under 1974 utfördes dessutom en enstaka mätning av fukthalten i ackumulatorn. Bestämning av luftflödet och kontroll av takplastens ljusgenomsläppighet utfördes 1977.



Temperaturen mättes i 22 punkter, värmeflödet i en punkt och solstrålningen mot horisontell yta i en punkt. Mätvärdena registrerades med punktskrivare på mätrullar.

Ur mätrullarna har framtagits en översikt av de mest intressanta värdena. Dessutom har vissa, särskilt intressanta dygn specialstuderats och resultaten har överförts till diagram och tabeller. Jämförelser har gjorts med statistik från SMHI.

Under mätningarnas gång gjordes två förändringar av solvärmesystemet. I början av mars 1975 stängdes solfångarens norra del och fr o m maj 1975 stängdes fläkten av under den mörka delen av dygnet.

### Resultat

Stora temperaturvariationer kunde uppmätas i solfångaren under klara dygn. Lägsta temperatur som noterades var  $-21,0^{\circ}\text{C}$ . Detta inträffade på morgonen 1975-02-16. Utetemperaturen var då  $-12^{\circ}\text{C}$ . Temperaturerna i solfångaren nådde toppvärdena mitt på dagen 1975-08-09 och 10. Högst var yttemperaturen med  $79,3^{\circ}$ . Högsta värdet på temperaturen efter solfångaren var  $66,8^{\circ}$ . En viss periodicitet i klimatet observerades.

Ur de uppmätta värdena kunde solfångarens termiska verkningsgrad beräknas till 4-7%. Det låga värdet på verkningsgraden beror dels på solfångarens enkla konstruktion, dels på att den installerade fläkten gav ett litet flöde. Värmeegenomgångskoefficienten för solfångarens utsida beräknades till  $9-11 \text{ W/m}^2\text{C}$ .

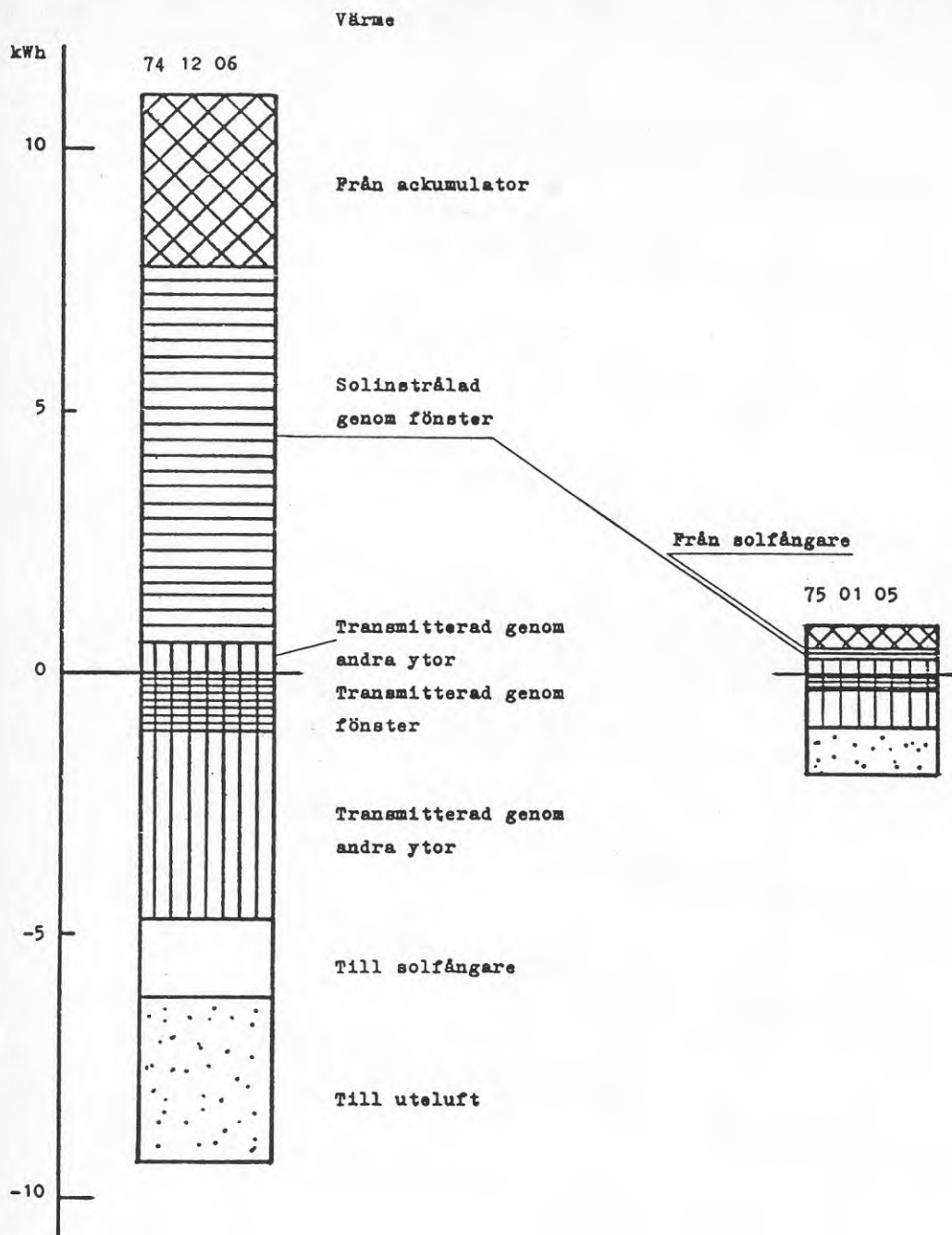
Häri innefattas även reflexion av solljus från den svarta ytan.

Med utgångspunkt från de erhållna värdena på verkningsgrad och förluster diskuteras olika förbättringar av solfångaren. Minskning av utstrålningen från solfångaren samt reglering och styrning av luftflödet framstår som särskilt betydelsefulla åtgärder.

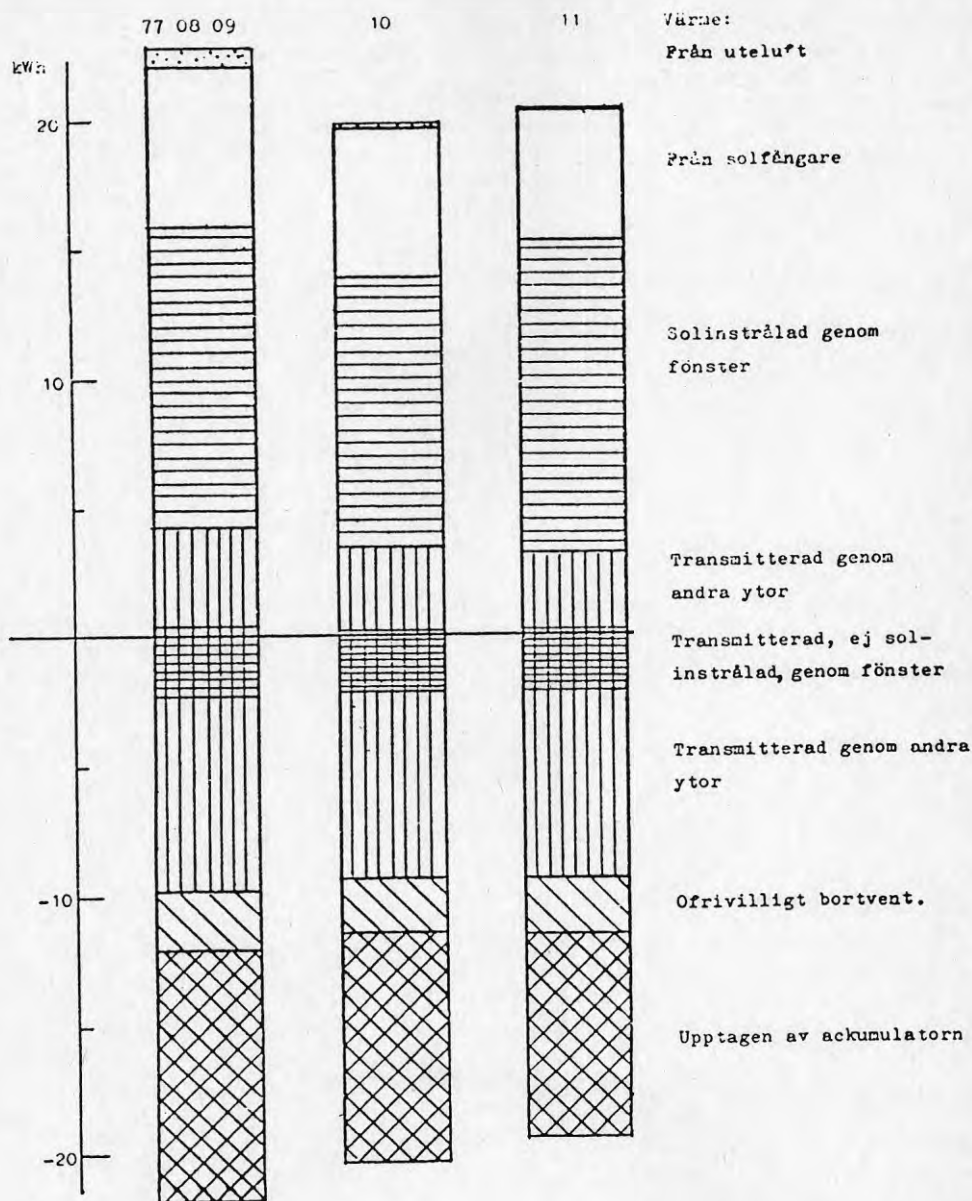
Akkumulatorns förmåga att ackumulera tillförd värme var god. Detta framgår bl a av stabiliteten i temperaturen hos den luft som kommer från ackumulatorn. Här till medverkar i högsta grad marken under sandlagret.

Förlusterna från ackumulatorn blir mycket stora tack vare att den är oisolerad mot marken. Det framgår som ofrånkomligt att en effektiv ackumulator måste vara väl isolerad mot mark. Ackumulatorns cirkulationssystem bör ändras så att motströmsprincipen kan användas.

Vid studium av anläggningens totala värmebalans för tre soliga dygn har fönstren stor betydelse. Bidraget från fönstren är dubbelt så stort som från takets södersida.



Figur Värmebalans för lokalen 1974-12-06 och 1975-01-05 inklusive cirkulationsluft



Figur            Värmebalans för lokalen 1977-08-09--11  
inklusive cirkulationsluft

### Ekonomi

Kostnaderna för att åstadkomma en enkel, luftkyld solfångare på ett tak är lpga. Trots den låga verkningsgraden blir kostnaden för själva solfångaren endast cirka en femtedel av motsvarande kostnad för en vattenkyld solfångare. En bedömning av kostnaderna för övriga delar av ett luftburet solvärmesystem får anstå till vidare erfarenheter vunnits.

### Slutsatser

Det framkommer av undersökningen att utstrålningen från husets ytor kan ha stor betydelse för värmebalansen. En intressant aspekt på detta är inverkan av ett taksprång på utstrålningen från fönster- och väggytor. En annan aspekt är utstrålningens betydelse för kondensbildning i konventionella takkonstruktioner.

### Litteratur

Wennström, I: Luftburen solvärme i småhus, pilotprojekt  
Eslöv, BFR R92:1979

BFR Projektnummer: 760999-7

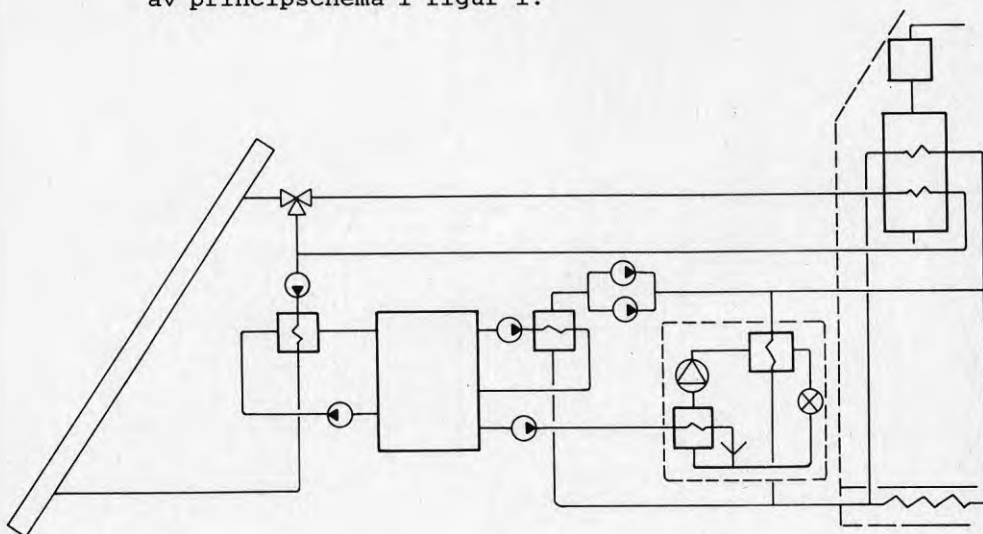
## 6 BRÄMHULTS PROJEKTET

Projektledare

Thore Abrahamsson  
 RNK Installationskonsult AB  
 Box 14046  
 40020 GÖTEBORG Tel 031-810460

Beskrivning

Huvudkomponenterna i energisystemet utgörs av solfångare, värmepump med en luftkylare och en vattenkylare utformad som ismaskin samt värmelager. Anläggningen som styrs av en mikrodator har en funktion som framgår av principschema i figur 1.

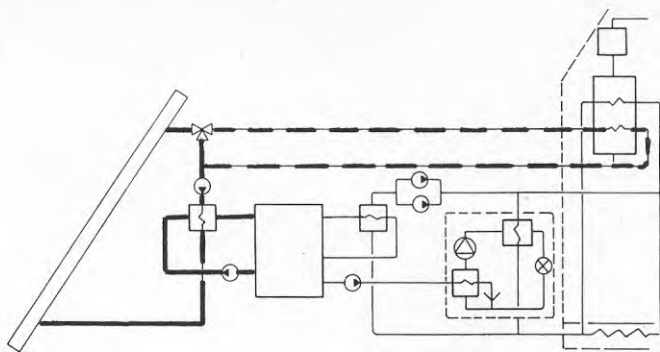


Figur 1 Principschema på energisystemet.

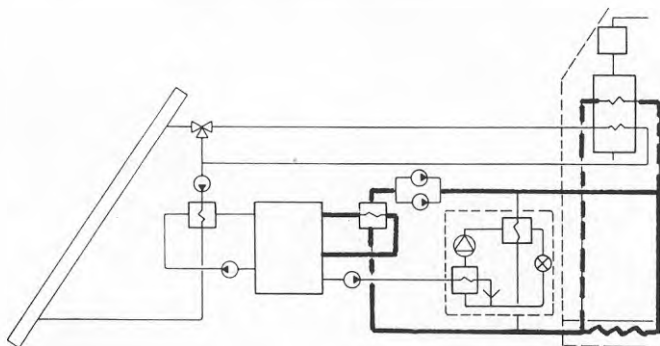
Solvärmecentralen och de sex centralanslutna husen har solfångare med en sammanlagd effektiv solfångararea av  $141,6 \text{ m}^2$ . Solfångarna är orienterade mot söder och har lutningen  $70^\circ$ .

Samtliga solfångare är via kulverledningar och en värmeväxlare anslutna till värmelagret i solvärmecentralen.

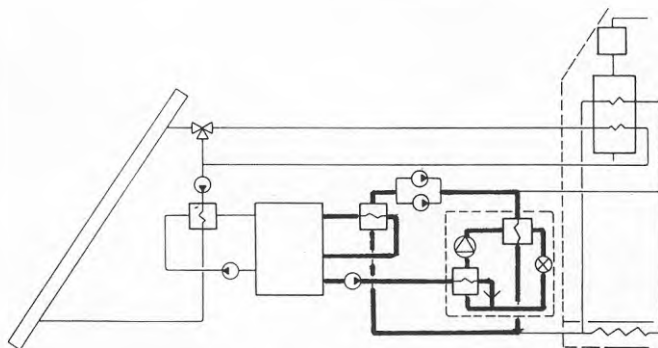
I vart och ett av de centralanslutna husen finns ett mindre lokalt värmelager på 300 liter för förvämt tappvarmvatten och en elektrisk eftervärmare på 150 liter. Värmelagret innehåller två värmeslingor för uppvärmning med solvärmevatten respektive med värmevatten från värmecentralen. Den insamlade solenergin på respektive hus nyttjas primärt för lokal beredning av tappvarmvatten, medan resterande och större delen av energin avleds via kulvertledningar och värmeväxlare till värmelagret i solvärmecentralen.



Värme inlagras i lager. Streckad del anger att förvärmning av tappvatten sker.



Värme uttas från lagret genom direkt värmeväxling



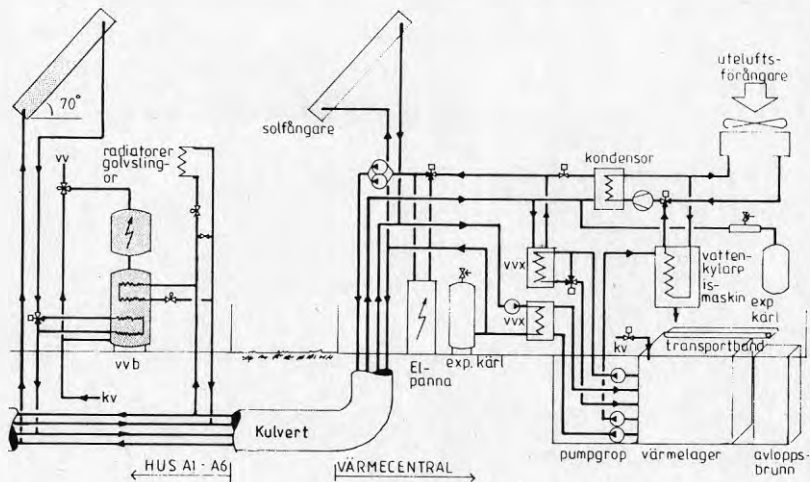
Skiktning av lagret sker med hjälp av värmepumpen

Solfångarsystemet är i funktion under hela året. Glykolblandat vatten nyttjas som värmebärare. Glykolen är av typ propylenglykol och uppgår till ca 50% i blandningen. Fryspunkten är då sänkt till betryggande nivå och i kombination med ett övertryck av 500 kPa har också kokpunkten höjts till ca +160°C. Solvärmecentralen innehåller ett större värmelager på ca 25 m<sup>3</sup>, en värmepump med två förångare, olika värmeväxlare, cirkulationspumpar etc samt en mikrodator för styrning av anläggningen. Värmepumpens ena förångare utgörs av en luftkylare placerad bakom en ljudskärm utanför själva byggnaden.

Den andra förångaren är en vattenkylare som är så utformad att den även fungerar som ismaskin. Anläggningen innehåller vidare en reservpanna, som av mättekniska skäl är en elpanna. I direkt anslutning till solvärmepumpcentralen finns vidare en avloppsbrunn för spillvatten till vilken is från värmepumpens vattenkylare tidvis kan avledas med hjälp av ett transportband.

Husens värmebehov tillgodoses från solvärmepumpcentralen via ett kulvertnät. Under perioder med relativt hög värmelagertemperatur kan värme överföras direkt från värmelagret till värmenätet via en värmeväxlare. Vid låg temperatur i värmelagret träder värmepumpen i funktion.

Beroende på temperaturförhållandet mellan värmelagret och uteluften vid varje enskilt tillfälle kan värmepumpen antingen nyttja värmelagret eller uteluften som primär värmekälla. Vid drift från värmelagret utvinns inledningsvis värme genom ren temperatursänkning av lagervattnet, men då temperaturen sjunkit till ca +2°C utvinns också isbildningsvärme, genom att vattenkylaren producerar is. Isen skall normalt återföras till värmelagret, men avleds tidvis till spillvattenbrunnen då temperaturen i brunnen så medger.



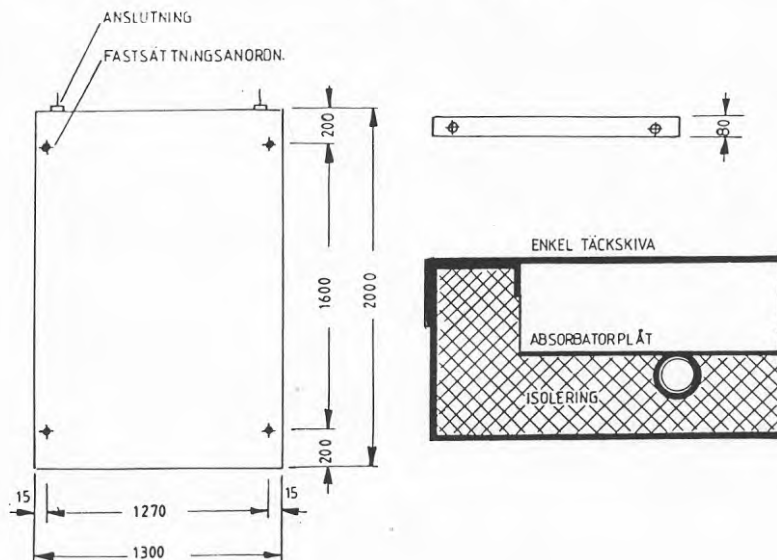
Solfångare

Solfångarna är av tyskt fabrikat (John & Co, Achern)

Tekniska data:

Längd	2 000 mm
Bredd	1 300 mm
Total solfångarearea per enhet	2,6 m <sup>2</sup>
Genomskinlig frontarea per enhet	2,4 m <sup>2</sup>
Specifikt vatteninnehåll	0,92 l/m <sup>2</sup>
Vatteninnehåll	2,20 l/enhet
Vikt	40 kg
Provtryck för värmeförande rör (SIS 2350)	25 000 kPa
Provtryck för solfångare	5 000 kPa
Temperaturbeständighet vid stillestånd	+ 180°C
Köldbändighet	-40°C
Tryckhållfasthet för täckskivan	1 800 kp/cm <sup>2</sup>
Slaghållfasthet för täckskivan	40-60 kp/cm <sup>2</sup>
Täckskivans transmission	80%
Absorbatoryta, absorption	94%
emission	78%

Rörregister	Rostfria stålrör
Absorbator	Aluminium
Isolering	Polyuretan (PUR)

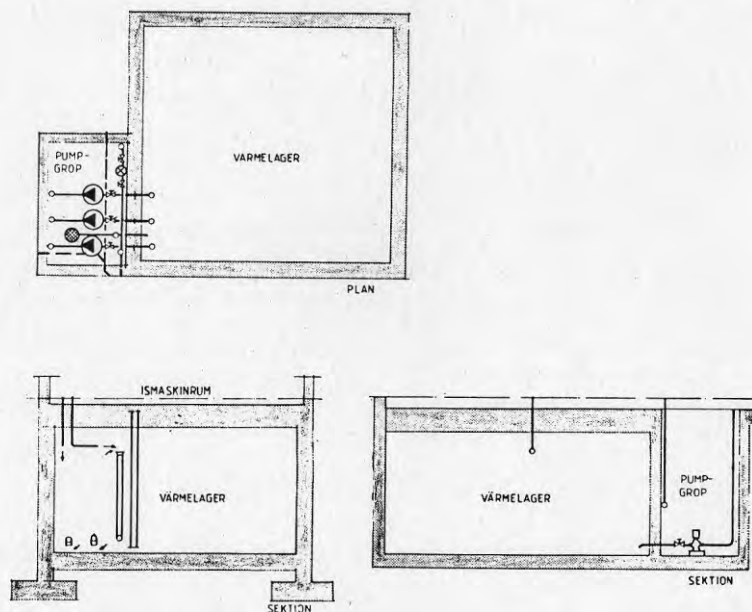


Figur 2 Måttskiss på solfångaren



### Värmelager

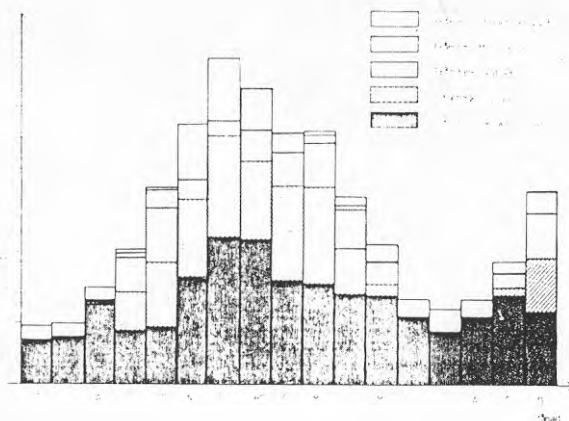
Värmelagret i solvärmecentralen är utförd av betong och placerad i marken direkt under centralen. Betongkonstruktionen har en invändig dimension av 1,8 x 4,30 x 2,3 m (L x B x H), med en nyttig volym av ca 25 m<sup>3</sup>. Värmelagret är oisolerat mot omgivande mark för att också nyttja markens ackumuleringsförmåga. Det står i öppen förbindelse med ovanförliggande ismaskinrum med hänsyn till istransporten.



Figur 3 Plan- och sektionsritning på värmelagret

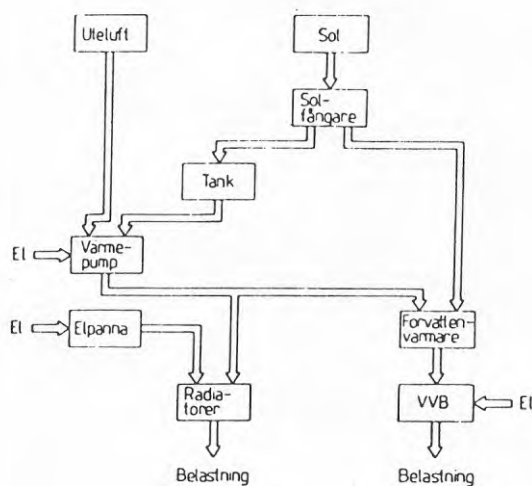
### Driftresultat

Energi har levererats till värmesystemet direkt från värmelagret och från värmepumpar via luftkylaren och vattenkylaren. I nedanstående figur 4 redovisas mätresultatet månadsvis. Under nov - jan är det uteluften som utgör primär värmekällan medan solen (vattenkylaren) dominerar dels under sept - okt dels under februari - april. I varje månad under hela perioden har energi levererats från elpannan i större eller mindre omfattning. Under vinterhalvåret har detta till väsentlig del föranletts av att transportbandet för isen ej fungerat tillfredsställande. Detta förhållande har tidvis blockerat ismaskinfunktionen, vilket i sin tur också omöjliggjort avfrostning av uteluftsförångaren, varför pannan fick träda i funktion. Sommartid har effektbehovet varit så litet att värmepumpen fått alltför korta och täta stopp och gångtider, varför pannan trätt i funktion för att spara värmepumpen. Egentligen skulle värmeförsörjningen kunna vara avstängd under sommaren.



Figur 4 Månadsvis redovisning av mätresultatet

Värmefaktorn för värmepumpen har för eldningsäsongen 79/80 i stort pendlat mellan 1,5 - 2,0 medan värmecentralens värmefaktor ligger omkring 1,4. Efter justering sommaren 1980 har värmefaktorn förbättrats till 2,7 för eldningsäsongen 80/81.



Figur 5 Bruttoenergiomsättning för referens- och solhus

Den totala elförbrukningen inom värmecentralen uppgår till 83,5 MWh, varav 36,8 MWh för värmepumpen med tillhörande utrustning, 42 MWh för elpannan och 4,7 MWh

för övrig utrustning (värmebärarpumpar för värmevatten och solkretsar).

Med ledning av ovanstående har konstaterats att elförbrukningen inom centralen uppgår till brutto 83,5 MWh. Detta motsvarar 14,2 MWh per hus. Härtill kommer i genomsnitt 2,9 MWh för varmvatteneftervärmning per hus, vilket ger totalt 17,1 MWh per hus och år för uppvärmning. Med avdrag för det "extra" värmestöskottet sommartid reduceras de senare värdena till ca 15,1 MWh, vilket skall jämföras med referenshusens 18,0 MWh. Besparingen per hus blir således 16% i förhållande till referenshusen under det gångna mätåret.

#### Litteratur

Thore Abrahamsson, mfl, Värme ur sol och luft med lagring i vatten och is, T25:1981

BFR Projektnummer: 771036-2

## 7 FÖRSKOLA KVARTERET SOLEN

Utvärdering av energiförbrukning  
BFR projektnummer 771165-1

---

### PROJEKTLEDARE

Husbyggnadschef Arne Esping  
Husbyggnadskontoret  
851 85 SUNDSVALL

### PROJEKTETS MÅL OCH OMFATTNING

Projektet omfattar intrimning och utvärdering av en värmepump-anläggning, som utnyttjar frånluft, uteluft och solvärme, som källor för lågtemperaturvärme.

Anläggningen svarar för uppvärmning och varmvattenberedning i en nybyggd förskola i Bodsvedjan, Sundsvall.

Projektets mål var i första hand att finna förmånligaste sättet att köra anläggningen samt att bestämma energiupptagningen från solfångare, uteluftkylare och frånluftkylare.

Anläggningen togs i drift under sensommaren 1977. Enkla mätningar påbörjades i mars 1979 och under perioden 81-11-0983-03-28 registrerades timvärden för ett 30-tal mätstorheter.

Mätcentralen för energiforskning vid KTH, har ansvarat för mätningarna och svarar tillsammans med Sten Olssons Ingenjörbyrå AB för analys och presentation av mätresultatet.

### BYGGNADEN

Byggnaden har en uppvärmd yta av ca 900 m<sup>2</sup> i ett plan. Väggar och tak är lätta och deras k-värden är 0.23 respektive 0.26 W/(m<sup>2</sup>\*K). Samtliga fasadrum är försedda med 4-glas frånluftsfönster samt tilluftsdon i tak såsom enda värmekälla.

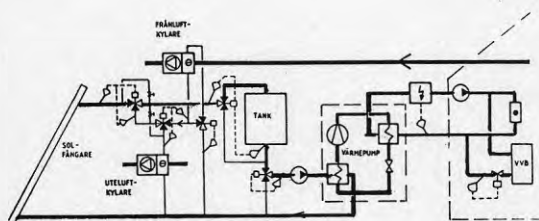
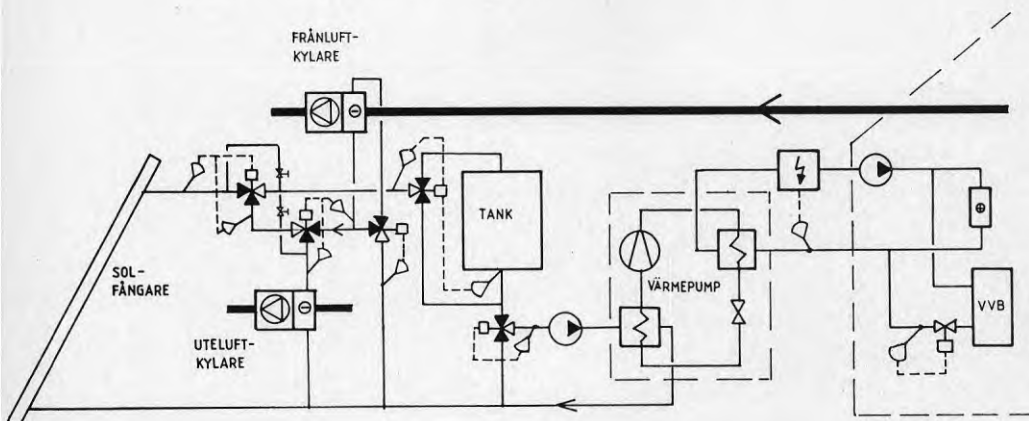
Byggnaden användes som förskola med plats för 55 barn. Inom byggnaden finns ett kök med en produktion av ca 75 portioner.

### VÄRMEANLÄGGNINGEN

Den principiella utformningen av värmeanläggningen framgår av figur 1. Anläggningen är uppdelad i två cirkulationskretsar; en värmeupptagande krets med solfångare, kylare i från- och uteluft och en ackumu-

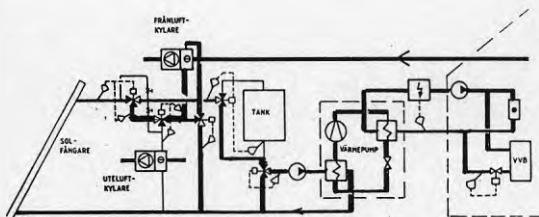
latortank samt en värmeavgivande krets med varmvattenberedare, ett centralaggregat samt eftervärmare i kanaler till vissa zoner av byggnaden. Kretsarna är sammankopplade med en värmepump i serie med en elpanna. I tabell 1 är anläggningsdata samlade.

Styrningen av värmebärrarflödet i den värmeupptagande kretsen sker med fyra proportionellt reglerade trevägsventiler. Trevägsventilen före ackumulatortanken har tvålägesfunktion.



#### Sommarfallet

Ute- och frånluftskylare ej i drift.  
Solfångaren i drift  
Värmepumpen i drift  
Elpannan ej i drift



#### Vinterfallet

Frånluftskylare i drift  
Uteluftskylare ej i drift  
Solfångarkretsen i drift  
Elpanna i drift

Figur 1. Principschema över dels värmesystemet dels två ofta använda driftfall. Driftfallen är benämnda efter de årstider då de oftast används.

#### MÄTNING OCH UTVÄRDERING

Under perioden 79-08-22--83-03-28 har sex värmemängdsmätare, tre graddagmätare tre drifttidmätare och en solarimeterintegrator lästs av två à tre gånger i

Tabell 1. Anläggningsdata

**Solfångare**

Fabrikat	Teknoterm
Typ	Sun Unit 1
Area	60 m <sup>2</sup>
Lutning	50°
Orientering	17° väst från syd
Värmebärare	vatten/glykol

**Akkumulatortank**

Typ	Stående cylindrisk ståltank. Trycksatt.
Medium	30% etylenglykol + vatten
Volym	4 m <sup>3</sup>
Tankhöjd	3.5 m
Isolering	70 mm mineralull

**Värmepump**

Fabrikat	Stal Refrigeration
Typ	VMQ 4
Köldmedium	R12
Värmeeffekt	60 kW
Utgående värme- bärartemperatur	60 °C
Utgående köld- bärartemperatur	9 °C
Värmebärrflöde	6 m <sup>3</sup> /h
Köldbärrflöde	6 m <sup>3</sup> /h
Reglering	Steglös
Hetgaskylare	Ej ansluten

**Elpanna**

Effekt	90 kW
--------	-------

**Varmvattenbredare**

Typ	Thermia 18S
Volym	1.2 m <sup>3</sup>

---

veckan. Under perioden 81-11-09--83-03-28 har värden från dessa instrument samt ett antal termometrar registrerats automatiskt varje timme. Endast de manuellt avlästa värdena från värmemängdsmätarna har genomgående tillfredställande noggrannhet. Övriga registrerande

instrument var alltför känsliga för störningar från det elektriska nätet.

Utvärderingen pågår fortfarande och ingen rapport är tillgänglig (oktober 1984).

#### DRIFTSERFARENHETER

Värmeanläggningen har i huvudsak fungerat tillfredsställande och några driftsavbrott, som påverkat husets användning som förskola har inte förekommit. Elpannan har svarat för värmeleveransen då den värmepumpen eller den värmeupptagande kretsen varit ur drift.

Här följer en kortfattad beskrivning av de allvarligaste störningarna.

Efter ett års drift var absorlatorerna i solfångarna allvarligt angripna av utvändig rost. Under sommaren 1979 byttes samtliga solfångare ut mot nya. En bidragande orsak till det kraftiga rostangreppet var att solfångarens drifttemperatur ofta var lägre än utelufttemperaturen, vilket medför kondens.

Under hösten 1979 installerades ett torkaggregat (Munthers), som blåste torr luft in i bakkant på solfångarnas inbyggnad. När detta togs bort våren 1982 kunde man inte konstatera några rostskador på absorlatorerna.

Regn- och smältvatten har vid flera tillfällen läckt in i byggnaden på grund av dålig tätning mellan solfångare och byggnad. Vid bytet av solfångare förbättrades tätningen samtidigt som en uppsamlingsränna installerades på vinden. Inga ytterligare problem med läckage har rapporterats.

Svårigheter har förelegat att justera vissa värmebärarflöden i den värmeupptagande kretsen. En strypventil i förångarens shunt har stängts på grund av vibrationer, vilket dels har sänkt förångartemperaturen dels har begränsat totalflödet i kretsen. Testflödena, som alltid går genom solfångare och uteluftkylare, har haft en tendens att öka och förorsaka icke försumbara värmeförluster.

En månads stillestånd för värmepumpen förorsakades av ett lagerbyte.

Uteluftkylaren har endast levererat försumbara energimängder.

## 8 SOLVÄRMT SMÅHUS

Projektledare

Hans Eek, tel 031-17 84 60  
 EFEM Arkitektkontor  
 Brogatan 2, 413 01 GÖTEBORG

Beskrivning

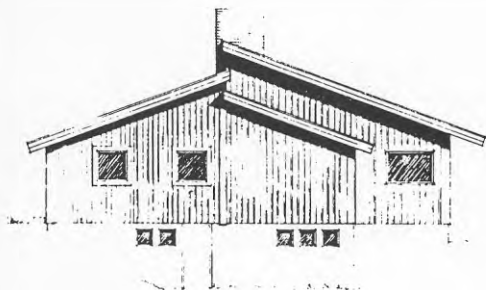
Solfångare integrerade i tak, värmeluft som distribueras till ett stenvärmelager i grunden. Genom ett luftburet värmesystem tas värme dels från stenlagret direkt respektive via värmepump. Elvärme eller vedkamin kopplas in vid behov. Tilluft tas genom markplacerad ventilationskanal. Luften uppvärms vintertid respektive kyler sommartid. Byggnaden är belägen vid Marbogårdens fritidsområde, något söder om Lidköping. Rak sydlig orientering.

Dimensioneringsdata

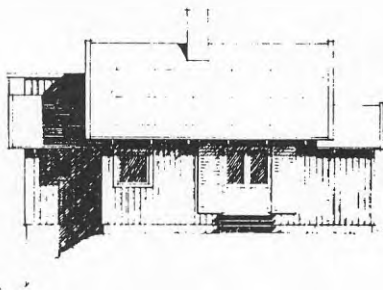
Byggnadsyta  $93 \text{ m}^2$ , tre rum och kök.

Isolering väggar 24 cm, golv 29 cm och tak 35 cm. Tre vindtäta skikt. Treglasfönster. Värmebehovet blir 90 kWh årligen. Solfångare består av svart kurrugerad plåt täckt med 4 mm glas, härdat. Totalyta  $42 \text{ m}^2$ . Lutning  $20^\circ$ . Platsbyggd.

Lagervolym ca  $50 \text{ m}^3$ , ca 80 ton decimeterstora stenar. Maxtemperatur ca  $60^\circ\text{C}$ . Isolering uppåt och åt sidorna. Tilluftkanaler, från solfångarna, från sidan och från luft i mitten.



FASAD MOT VÄSTER

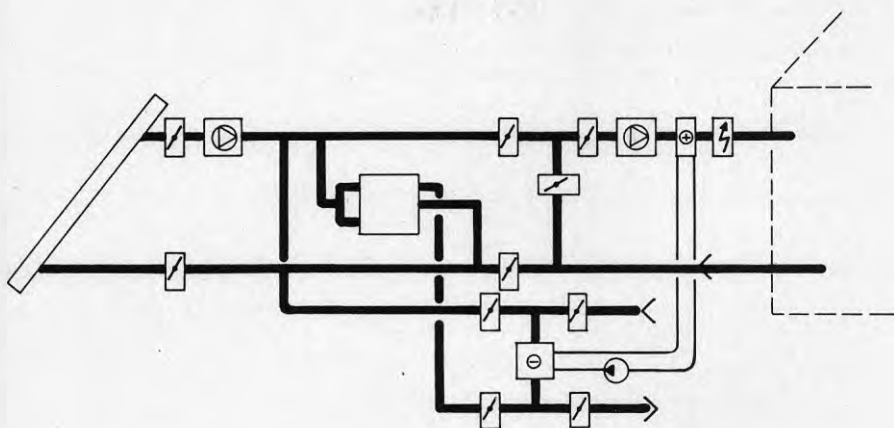


FASAD MOT SÖDER



### Flödesschema

Detta visar systemets slutliga uppbyggnad.



Flödesschema

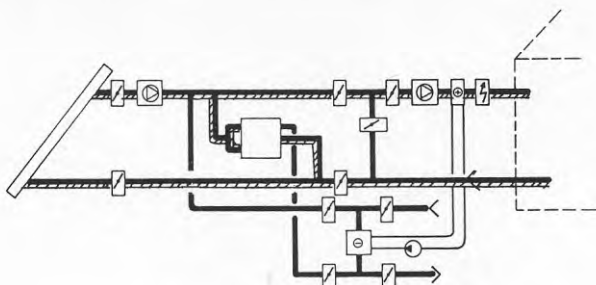
### Driftstrategi

Solvärme nyttjas direkt i första hand. Överskott regleras i stenlagret. Finns ingen värme töms lagret. Är temperaturen ej tillräddlig i lagret nyttjas värmepump. Denna tar värme dels från lagret, dels från luften.

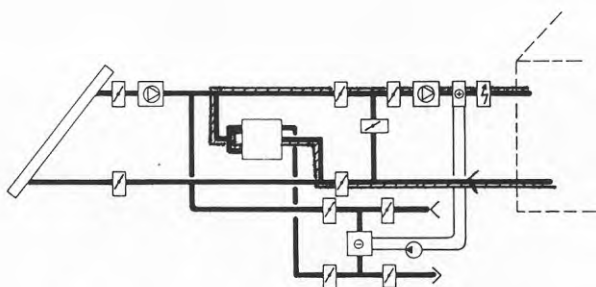
### Besparing

#### Drifterfarenheter

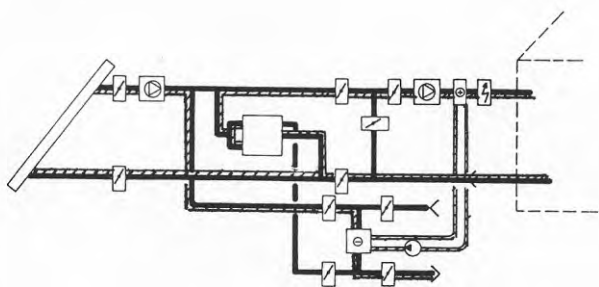
- Lagret har stora transportförluster mot berggrunden då det ej är isolerat.
- Spjäll i luftvärmesystemet otäta.
- Reglerautomatiken var väl känslig och samtidigt så komplicerad att utomstående ej kunde följa den funktion. Den bör kunna kopplas till manuellt läge.
- Solfångarnas lutning  $20^{\circ}$  borde varit större för att hålla snöfritt.
- Svårt mäta energimängder då temperaturdifferenserna är små.
- Slutna system bör eftersträvas, dva de bör vara isolerade var för sig genom värmväxlare. Annars är det svårt att lokalisera otätheter m fl tänkbara fel.



Inlagring av värme. Samtidigt uppvärmningsbehov.



Uttag av värme från lagret



Värme tas dels från lagret, dels från solfångarna via värmepump.

- Ojämn temperaturfördelning i lagret. Dock uppstår en skiktning med en varm och en kall sida, dvs inlagring, urlagring bör ske genom att flödesriktningen ändras.
- Formen på lagret skulle vara så nära kubens som möjligt.  
  
Värmepumpen tillhörde marknadens mönstermodell. Den föreföll ej ha efterfrågad effektfaktor, värmefaktor.
- Genomgång bör ske med husägaren om värmesystemets handhavande.

#### Ekonomi

Merkostnad för solvärmesystem uppskattas till 55 000,-.  
Solfångare 250,-/m<sup>2</sup>.

#### Litteratur

Eek, Hans: Solvärt småhus - Utvärdering av ett solvärmesystem med luft som värmemedium. BFR R78:1981.

Bokalders, V: Energisnåla hua. ICA-förlaget, Västerås, 1981

BFR T13:1978

BFR Projektnummer: 771192-8

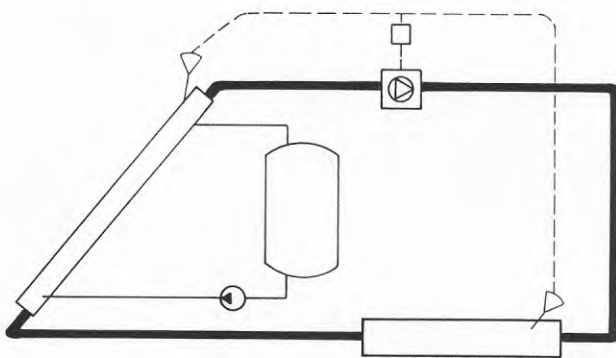
Projektledare

Christer Nordström, tel 031-28 28 64  
Åsstigen 14, ASKIM

Beskrivning

Solfångare i takkonstruktionen. Luftburet värmesystem.  
Värme lagras i salt, heat pac. Värme tillförs rum dels  
konvektivt, dels genom strålning. Flöde framgår av  
figur 1.

Konventionella byggnadsmaterial.



Figur 1 Flödesschema

### Huset

Detta är byggt på samma plats som en tidigare nedbrunnen lada stått. Samma stomme och utseende. Växthus på framsidan fungerar även som förstuga. Isolering tak, hänger i takplåt på punktsvetsade stöd.

### Dimensioneringsdata

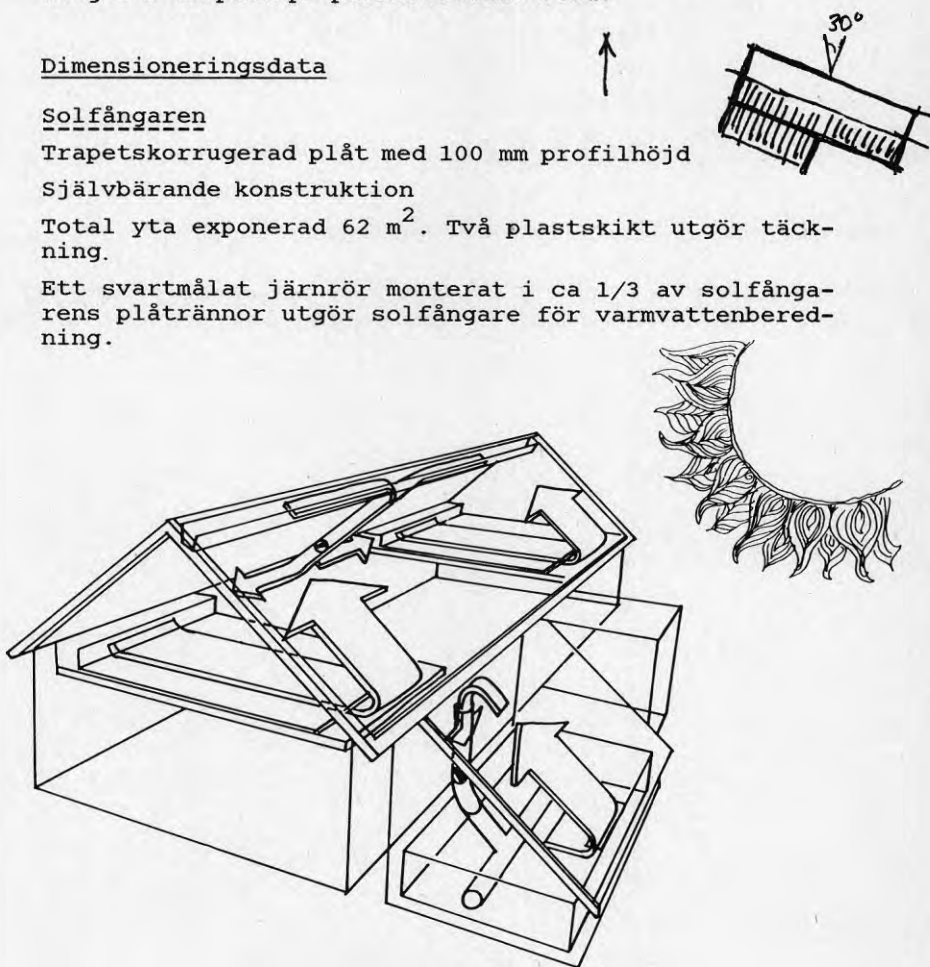
#### Solfångaren

Trapetskorrugerad plåt med 100 mm profilhöjd

Självbärande konstruktion

Total yta exponerad 62 m<sup>2</sup>. Två plastskikt utgör täckning.

Ett svartmålat järnrör monterat i ca 1/3 av solfångarens plåtrännor utgör solfångare för varmvattenberedning.



Figur 2 Den solvärmda luften cirkulerar i kanalsystemet och värmen lagras i saltpåsar i mellanbjälklaget

### Lagret

Påsar av plastad metallfolie är placerade i ett mellanbjälklag också av trapetskorrugerad plåt. Lagermedia är i huvudsak glaubersalt men även borax, koksalt, vatten med förtjockningsmedel.

## Funktion

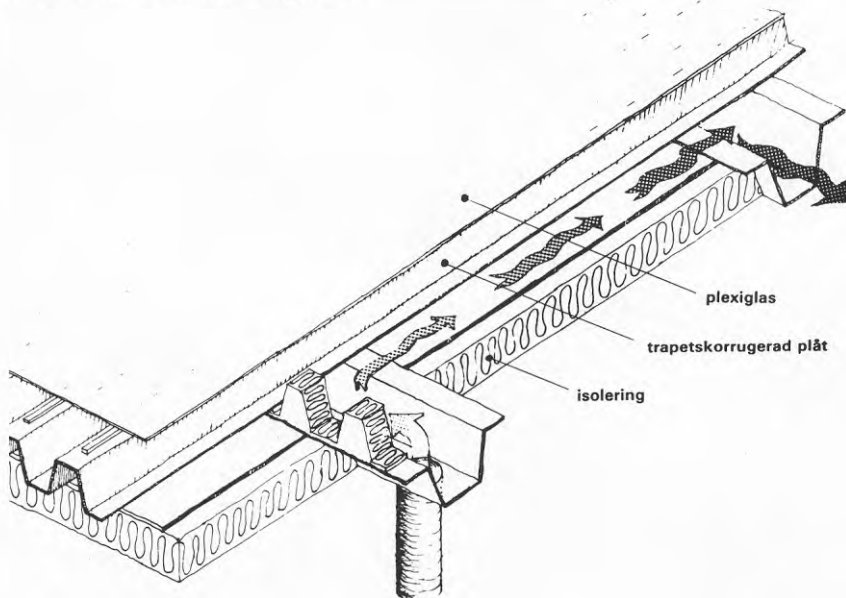
### Sommar

Fläkt suger värmd luft från solfångare till värmelager.

Cirkulationspump cirkulerar glykolblandat vatten mellan järnrör och varmvattenberedare.

Växthuset ventileras genom kanaler på taket.

Luftflöden enligt figur 2.



Figur 3 Luftflöden genom solfångarkanaler och saltvärmelager

## Dimensioneringsdata

Solfångaryta ca 62 m<sup>2</sup>.

Lagrets smälttemperatur är något över rumstemperatur.

## Drifterfarenheter

Ombyggnad under arbetets gång.

Viktigt att täta luftkanaler. Tätlistor och tätningsmassa.

Järnmalmslager diskuterades först. Välisolerad tillbyggnad.

Integrering solfångare byggnadskonstruktion viktig för ekonomin.

## Litteratur

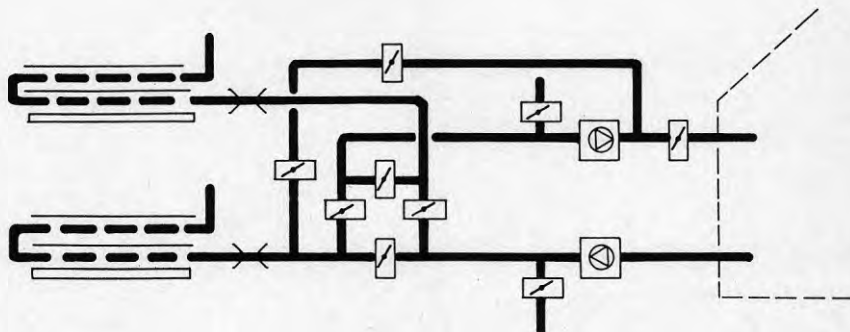
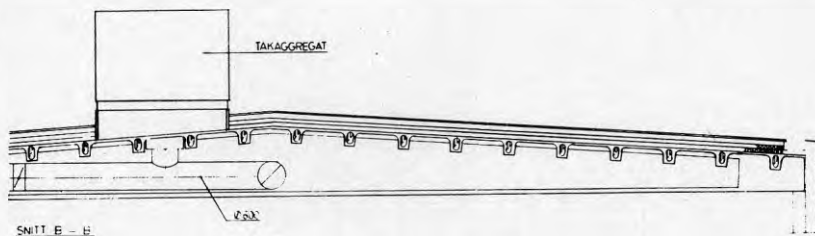
Varis Bokalders: Energisnåla hus  
780161-4, 801503-6 och 781051-2 (lån)

Projektledare

Bengt Bergqvist  
 Strängbetong, Box 30036, 104 25 STOCKHOLM.  
 Tfn 08-13 20 90

Beskrivning

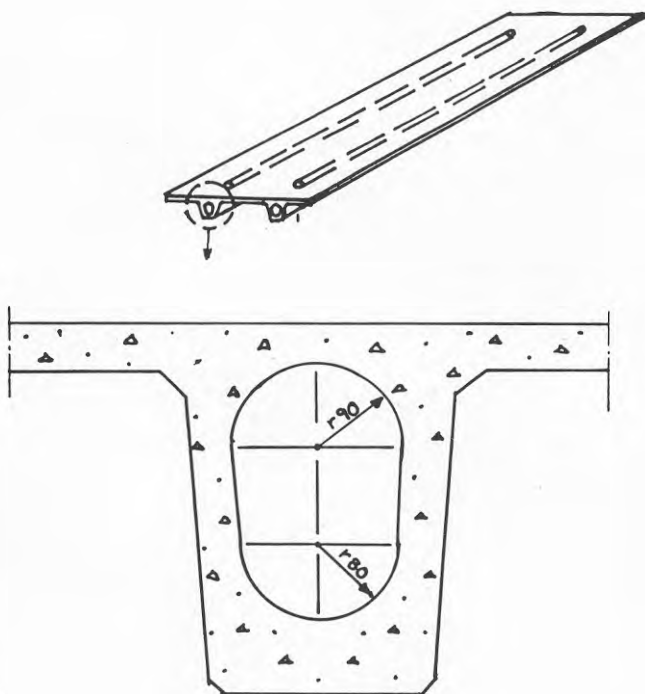
Egentlig målsättning var att förbättra energihushållningen i industriella hallbyggnader, se figur 1, genom att nyttja hålbjälklag av betong, figur 2, vilken genomströmmas av endera uteluft eller omväxlande uteluft-frånluft.

Flödesschema

Figur 1 Sektion av hallbyggnad

Genom detta kan

- taktätskikt och luftspalten nyttjas som solfångare och värme kan lagras i hålbjälklaget
- bjälklaget kan dessutom fungera som en motströms regenerativ värmväxlare för värmeåtervinning ut från luft till tilluft
- bjälklaget kan förvärme tilluft genom den värme som konvektivt transmittteras genom tak
- billig kyleffekt erhålls genom att bjälklaget ventileras nattetid.



Figur 2

### Litteratur

Bergqvist B mf lf: Mekaniskt ventilerad takkonstruktion som värmväxlare och solfångare. BFR R111:1980.



## 11 SOLVÄRMEANLÄGGNING I HAMMARÖ

Projektledare

Sven Jerrelid, tel 054-271 34  
Folkungavägen 14, 663 00 SKOGHALL

Beskrivning

Solfångare på tak och värmelager med vatten samt värmepump finns i systemet.

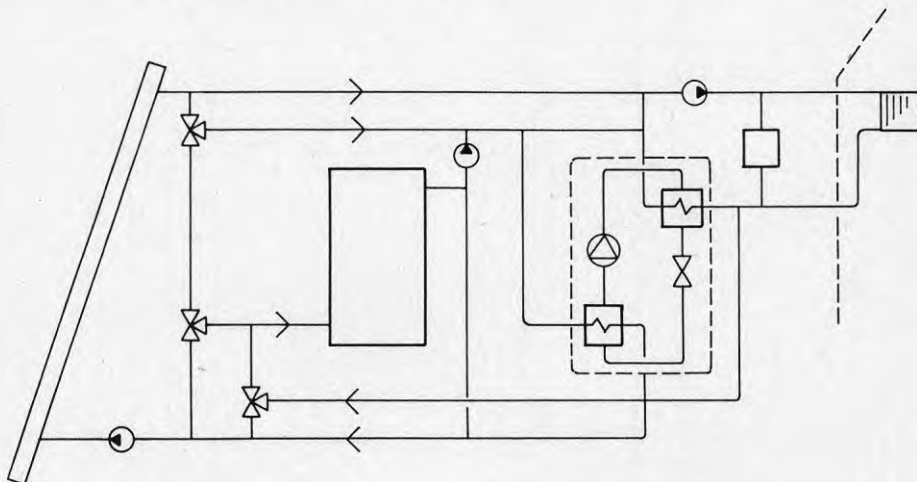
Som komplement finns en oljeeldad värmepanna.

Kopplingsschema framgår av figur 1.

Byggnaden tilläggsisolerats i samband med installation av solvärmesystemet även med 100 mm mineralull.

Målsättningen med försöket var att få svar på följande frågor:

- . Vid vilken temperatur på solfångaren minskar dess bidrag så att ackumulatorn måste inkopplas?
- . Kan ackumulatorn "fyllas" sommartid med den solfångaryta som är antagen?
- . Täcker systemet 100% av värmebehovet?
- . Solfångarnas absorbatör kan förbättras genom att ett metalliskt skikt appliceras mellan absorbatör och vattenrör. Hur mycket?
- . Anläggningens skötsel. Hur omfattande? Formuleras?
- . Är värmeväxlarna i värmepumpen rätt dimensionerade?
- . Fördelningsventilerna - hur fungerar dessa?



Figur 1 Flödesschema

### Driftfall

#### Strömningsschema

Fördelningsventil 1 styr vattnet till befintlig värme-panna om temperaturen där är under vattentemperaturen från absorbatörerna och från pannan mot tanken, varvid F3 släpper fram till tanken om tanktemperaturen är lägre, om inte, tillbaka till absorbatörn. Om F1 har styrt vattnet mot F2 och temperaturen i tanken är högre, åter till absorbatörerna.

#### Strömningsschema

Värmepumpen inkopplad. När pannan uppnått på termostaten inställd temperatur, stoppas cirkulationspump 2 och magnetventil 2 stänger samtidigt som cirkulationspump 3 startar och öppnar. Termostaten fränkopplas om tankens temperatur är över vad som kan uppnås av värmepumpen. Magnetventilerna skall vara av typ som är öppna i strömlöst läge.

#### Strömningsschema

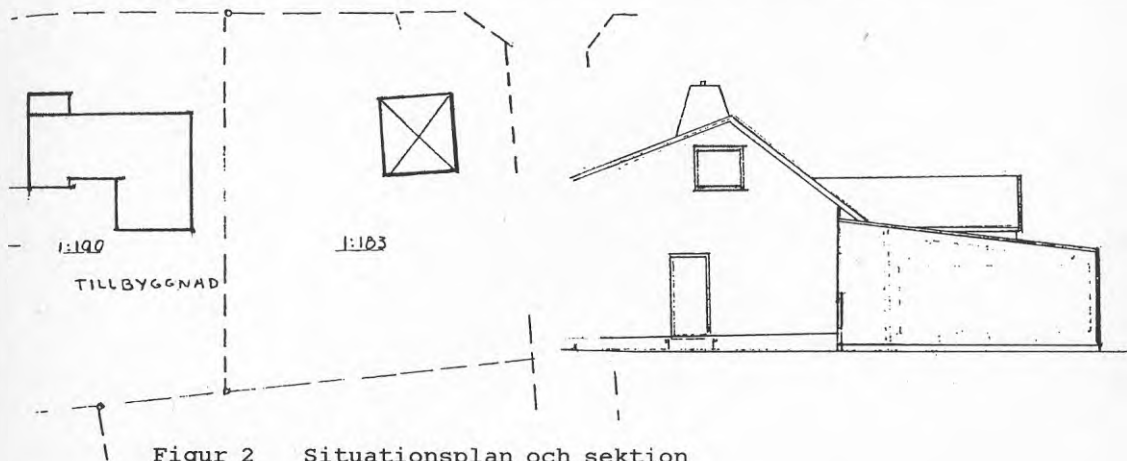
När värmetankens temperatur ligger över ca 65°C och absorbatörerna ej ger tillräckligt med värme för att värmepumpen skall kunna utnyttjas, överförs värme från tanken direkt till pannan.

#### Strömningsschema

Tankens temperatur under 65°C: lika föregående men med skillnad att värmepumpen är inkopplad.

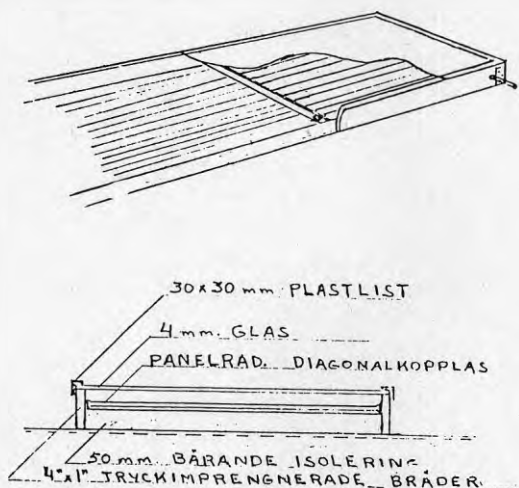
### Dimensioneringsdata

Byggnadens orientering framgår av figur 2. Boytan är 125 m<sup>2</sup>.



Figur 2 Situationsplan och sektion

Solfångarytan är  $36 \text{ m}^2$ . Utformning enligt figur 3.  
Vikt  $35.5 \text{ kg/m}^2$ .



Figur 3 Solfångarnas uppbyggnad

Värmeackumulator består av vattentank som är 15 000 l isolerad med 200 mm mineralull. Denna är placerad på en armerad betongplatta och är dessutom inbyggd.

Värmepumpen har en motoreffekt om 3 hk motsvarande 2,3 kW. Typ: Frigidaire AD2. Värmefaktorn antas till 2,8.

Glykolhalten är 40% i värmebärarsystemet.

Byggnadens värmebehov före tilläggsisolering är beräknat till 14 250 kcal/h eller 16 550 W.

Speciella fördelningsventiler har använts som är helt mekaniska och fungerar på grund av en gas temperaturtryckberoende.

### Besparing

Oljeförbrukningen har minskat väsentligt. Under 1981 förbrukades 70% mindre än 1979 enligt tidigare oljeräkningar. Se tabell.

Oljeförbrukning	
Period	Mängd
781215 - 791218	4 312 m <sup>3</sup>
- 801212	3 484 "
- 811225	1 181 "

Elförbrukning	
Period	Energi
78 - 79	4 702 kWh
- 80	5 342 "
- 81	7 018 "

### Drifterfarenheter

Radiatoryta utökas? Värmepumpens kompressor fick bytas ut. Den nya värmepumpen har en motoreffekt om 2,5 hk eller 1,85 kW. Utgående temperatur är max 45°C när utetemperaturen är +5°C vid mulet väder och -5°C vid soligt väder.

### Ekonomi

Kostnaden (självkostnad) för solfångaren uppgår till 270.2/m<sup>2</sup> eller för 36 m<sup>2</sup> 9 720.-.

Kostnader för övriga installationer uppgår till

för ackumulator om 15 000 l med isole-ring	6 600.-
värmepump (begagnad)	1 000.-
bottenplatta och inbyggnad	14 000.-
värmepump begagnad	1 000.-
värmeväxlare 2 st, 2000 cirkulations-pumpar 750	2 750.-
övrig VVS 7270.-, oförutsett 3660.-, moms 4000.-	<u>14 930.-</u>
Summa	50 000.-

### Litteratur och projektnummer

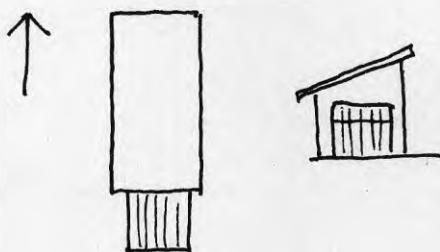
Rapportblad, daterat 1981-12-28  
780521-9 och 780534-7 (lån)

Projektledare

Karl-Arvid Hamrin, tel 0227-11020, 10438, 10436  
Södra Kyrkogatan 1, 736 00 KUNGSÖR

Beskrivning

Orientering framgår av figur 1.

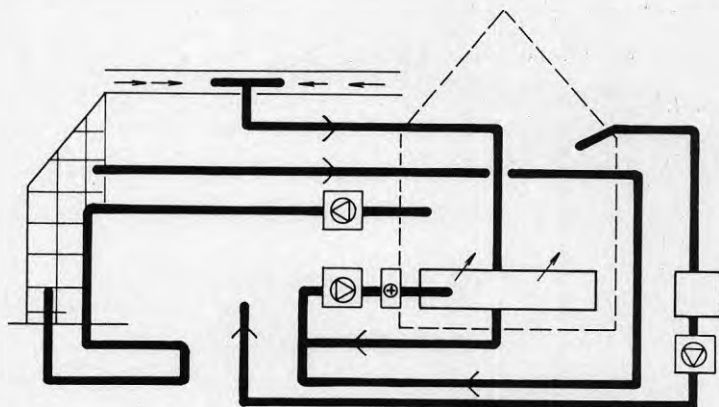


Figur 1 Orientering

Sommarbostad där värmesystemet består av vedkamin och solvärme.

Boyta 130 m<sup>2</sup>. Figur 2 visar perspektiv.

Väggar tilläggsisolerades med 250 mm mineralull.



Flödesschema

Tak

Svart plåt över befintlig isolering. Luft från detta tas tillvara.

Växthus

Dubbla tätade glas  
Solfångare i växthus

Tillsatsvärme

Braskamin typ Hugo Larsson och vedpanna med värmelager enligt bild.

Grund

Torpargrund, tätad och isolerad, fungerar som luftkanal och värmelager.

Ventilation

Frånluft kök, bad till multrum, vidare genom kanal under huset. Tilluft från växthus alternativt från tak.

Solfångare

Integrerad i tak

Värmelager

Se figur 3

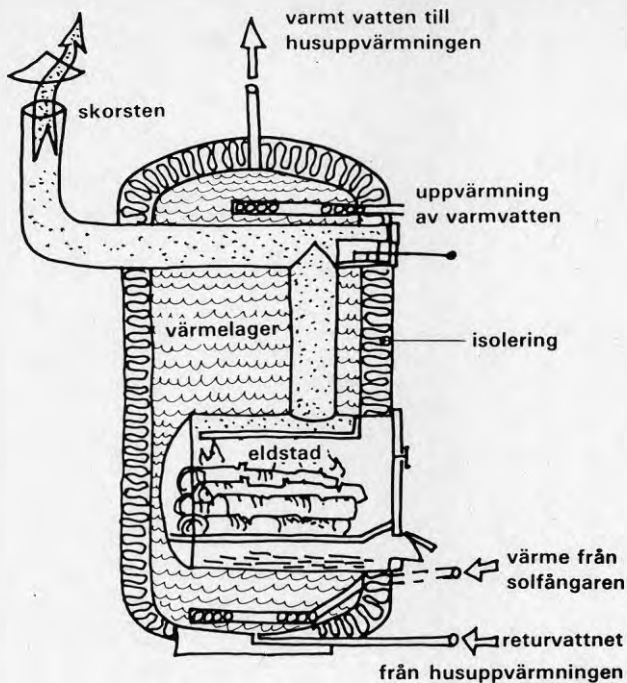
Funktion

Varmluft från växthus, plåttak, solfångare, leds genom kanaler till torpargrunden och därefter till huset. Reglering sker så att luft tas från varmaste plats.

Solfångare i växthus kan ytterligare värma tilluft.

Växthuset hålls frostfritt genom frånluft-fläktsystem.

Värme växlas i markförlagda rör.



Figur 3 Värme, lager och vedpanna

### Besparing

Uppges till ca 2/3 av det totala uppvärmningsbehovet.

### Drifterfarenheter

Vid t ute  $-20^{\circ}\text{C}$  var tilluft före värmebatteri  $7^{\circ}\text{C}$ .

Värmeförluster genom golv minskar.

Kall vinterdag eldas 4-5 brasor/dag.

Ägaren tror på ett solfångarsystem som värmer både luft och vatten.

### Ekonomi

Låg kostnad på grund av att systemet är uppbyggt av enkel och välkänd teknik.

### Litteratur

Bokalders, V: Energisnåla hus. 1981.

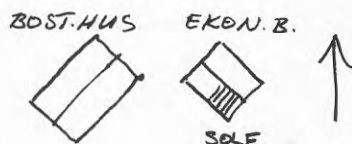
780739-8  
780740-0 (lån)  
800370-1

Projektledare

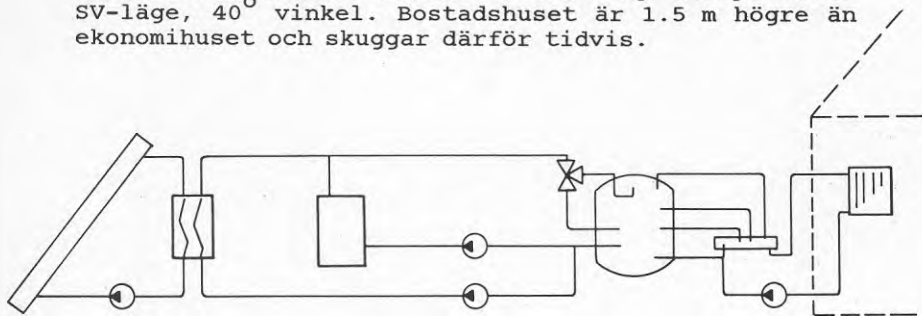
Krister Lindkvist  
A-byggservice, Ryssby

Beskrivning

Titel ändrad till "Sol- och vedvärme med korttidslagring för energisnåla hus". Systemet består av solfångare kopplad till vedpanna och värmelager, vattentank och vedlager.

Läge

Angshult, Ljungby kommun. Orientering enligt bild. SV-läge, 40° vinkel. Bostadshuset är 1.5 m högre än ekonomihuset och skuggar därför tidvis.



Figur 1 Flödesschema

DimensioneringsdataSolfångare

Byggnads värmebehov

Värmebehov

normalt antal gradtimmar

118 000°C

Beräknad transmission

90 W/°

Beräknad ventilation

volym 375 m<sup>3</sup>

Beräknad ofrivillig

0.1 x 375 = 37.5 ger 12 W/°C

Beräknad mekanisk

0.4

50

Beräknad återvinning

60°C

-30

Summa 32 W/°C



### Systemet

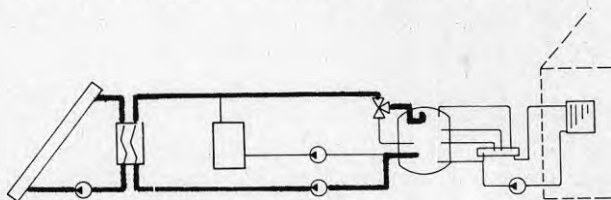
Värmebärare vatten, 16 liter, med blandning av 45% etylenglykol. Flöde 0.47 l/min.

Värmeväxlare Alfa-Laval CB 25. Vedpanna EGOR V25, bränslevolym 128 l, vattenvolym 380 l. Ackumulator tank cylindrisk 3000 l, förskummad med PUR, se figur 2.

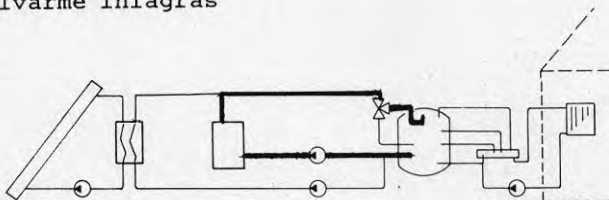
Kopplingsschema, se figur 1.

### Driftstrategi

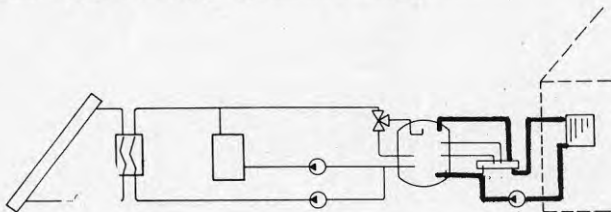
Differensrelä styr cirkulationspumpar primär- och sekundärkretsar. Gemensam cirkulationspump i primärkrets för solfångardelarna finns. Cirkulationspump i sekundärkrets har dessutom tidsfördröjd start.



Solvärme inlagras



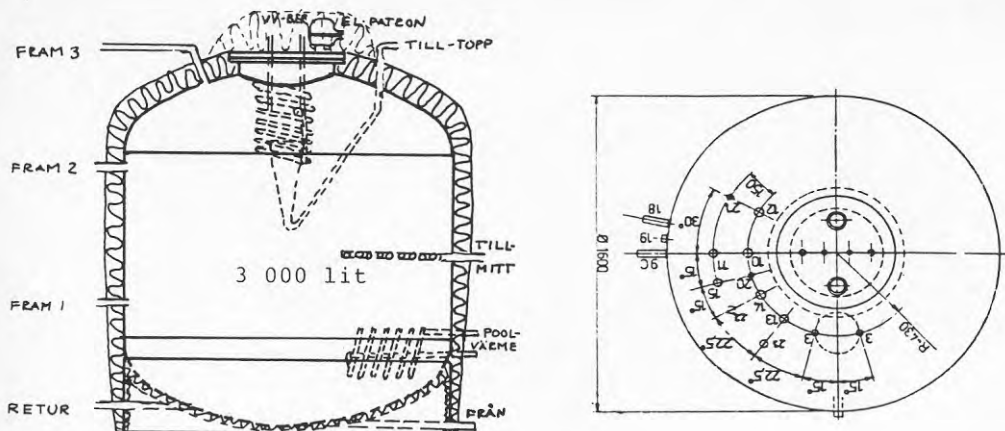
Värme lagras från tillsatsvärmepanna



Värme t från lagertanken

### Besparing

Solinstrålning, data från CTH - Ingelstad har använts. Energibalansen framgår av figurer 3 och 4.



Figur 2 Lagertanken. Observera tilltagen isolering och tilloppsledning i mitten

### Redovisning av mätvärden

Mätvärden från kWh-mätarna för vattenburen energi och elenergi har sammaställts i energibalanser figur 4.

e1-VV	500	e1-VV	500
ved	10 100	ved	19 000
sol	4 900		
ackum.förl.	3 300	varmvatten	3 100
översk.pool	1 000		
varmvatten	3 100	värme	16 400
värme	8 100		

Kombination energislag, aktivt tillförd energi  
 Anghultsmodellen Referenshus  
 15 500 kWh 19 500 kWh  
 (11 200 kWh till bostad)

VV-ber	3 100	VV-ber	3 100
värme	8 100	värme	16 400
nyttig spill el gratisenergi	7 200	nyttig spill el gratisenergi	7 800
vent	4 600	vent	8 800
transmission	10 800	transmission	15 500
avlopp	3 000	avlopp	3 000

Energibalanser årsvärden  
 Anghultsmodellen  
 18 400 kWh

Referenshus  
 27 300 kWh

### Drifterfarenheter

Skiktningen i ack bedöms mycket väsentlig för att klara tappvarmvattenbehovet. Viktigare än lågtemperatursystem för värme.

Automatisk cirkulationspumpstopp borde alltid formas. Nattsänkning nackdel då övereffekt fordras för att uppnå komfort efter perioden.

Lägre tappvarmvattenförbrukning än normalt enligt litteratur. Elförbrukande utrustning också låg förbrukning jämfört med normalt.

Systemet bedöms idag vara ekonomiskt realistiskt under förutsättning att ingående delar kan massproduceras.

### Ekonomi

En uppdelning för gjord i faktiska kostnader, A, och uppskattade vid serietillverkning, B.

Del	A	B
Akkumulator 3 m <sup>3</sup> med isolering	9	7
Solfångare 23 m <sup>2</sup>	22	16
VVS-detaljer - material	31	8
Reglerutrustning	19	7
Elutrustning	<u>3</u>	<u>2</u>
	84	40
Egen arbetstid 400 h à 75:-	<u>30</u>	
	114	

Akkumulatören antas tillhöra vedeldningssystemet då lönsamheten diskuteras i rapporten.

### Litteratur

BFR R 75:1982

Kompletteringsrapport utkom april 1984 och avser mätresultat och utvärdering.

## FOLKSAM AUTO

Solvärme för utvecklingsverkstad i VäxjöSAMMANFATTNING

En solvärmeanläggning, som innehåller 200 m<sup>2</sup> vätskekylda solfångare och en 8 m<sup>3</sup> vattentank och som levererar värme till varmvattenberedning och uppvärmning av lokaler och torkboxar, installerades 1980 på Folksam Auto's verkstad i Växjö.

Anläggningen levererade i genomsnitt ca 11 MWh (dvs 55 kWh/(m<sup>2</sup>\*år)) nyttigvärme under 1981 och 1982. Detta låga värde förklaras till del av

att tappvarmvattenförbrukningen endast var ca en tredjedel av det värde som dimensioneringen grundades på.

att värme inte utnyttjats för uppvärmning av lokaler och torkboxar när tillräckligt höga temperaturer i ackumulatortanken inte uppnåddes.

att styrningen av solfångarkretsen fungerat dåligt.

PROJEKTBESKRIVNING

Ett specifikt mål för projektet, som uttalats av Folksam, är att skaffa erfarenhet av solvärmeanläggningar som försäkringsgivare.

Projektet omfattar projektering, installation, drift och uppföljning av en solvärmeanläggningen, som är placerad i Folksam Auto's utvecklingsverkstad för krockskadade bilar i västra industriområdet i Växjö. Anläggningen levererar värme i första hand till varmvattenberedning och i andra hand till uppvärmning av lokaler samt sprut- och torkboxar.

Anläggningen färdigställdes under hösten 1980 och togs i drift inför våren 1981. Den rapporterade uppföljningen omfattar perioden fram till slutet av september 1982.

Einar Swanström, F. Larssons Konstruktionsbyrå AB i Växjö, projekterade anläggningen och var ledare för projektet. Mätcentralen för energiforskning vid KTH i Stockholm svarade för mätningarna samt för analysen och presentationen av mätresultatet.

Ett anslag på 110.000 SEK för uppföljningen och experimentbyggnadslån på 400.000 SEK för anläggningen erhöles från BFR.

Projektet är beskrivet i två opublicerade rapporter

Swanström, E, 1981, Solvärme för utvecklingsverkstad i Växjö - erfarenheter från projektering, upphandling, uppbyggnad och provdrift 1979-1981.

Swanström, E, 1984

### SOLVÄRMEANLÄGGNINGEN

Som underlag för dimensioneringen av anläggningen användes följande uppskattning av det årliga behoven av värme

Varmvattenberedning	70 MWh
Uppvärmning	254 MWh
Tork- och sprutboxar	190 MWh
Summa	<u>847 MWh</u>

Dygnsförbrukningen av varmvatten bedömdes med ledning av foerbrukningssiffror från Folksam Auto's tidigare verkstad vara

Högsta dygnsförbrukning	5.8 m3
Dygnsmedelförbrukning	4.0 m3
Lägsta dygnsförbrukning	1.9 m3

Anläggningen, som visas i figur 1., är uppbyggd kring 200 m<sup>2</sup> plana solfångare, som är monterade på verkstadens plana tak, och en ackumulatortank, vars volym är 8 m<sup>3</sup>.

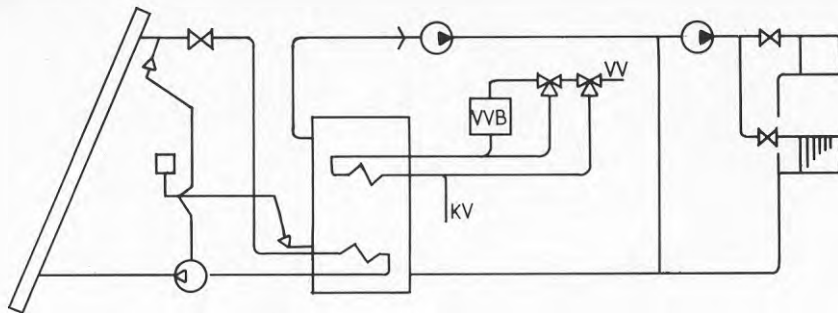
### Solfångarkretsen

Solfångarfältet, som visas i figur 2., är uppdelade i fyra parallellkopplade grupper om vardera ca 50 m<sup>2</sup>. Varje grupp består i sin tur av ca tre parallellkopplade grupper, i vilka fyra (eller i något fall två) parallellkopplade solfångarelement (4m<sup>2</sup>) ingår.

Solfångarna levererades och monterades av Svenska Fläktfabriken och rörarbetet utfördes av Calor & Celsius.

### Värmelager

Värmelagret är placerat i ett speciellt apparatrum för solvärmeanläggningen. Värme från solfångarkretsen tillförs genom ett kamrörsbatteri i tankens nedre del och förvärmning av varmvattnet sker i ett kamrörsbatteri i tankens övre del. Värmevatten till uppvärmning samt sprut- och torkboxar hämtas i tankens topp och återförs till tankens botten. Bägge anslutningarna är försedda med diffusorer.



Figur 1 Flödesschema

## Data för solfångarkretsen

-----  
Solfångarfältet

Solfångartyp	Sunterm 4m2	Svenska Fläkt
Glasad area	200 m2	
Resning	55 grader	
Orientering	Söder	
Glasning	1 skiva glasfiberarmerad polyester	
Absorbator	kopparplåt med en pålödd rørslinga	
Absorbatoryta	svartkromat	
Isolering baksida	50 mm mineralull	

## Värmekrets

Värmebärare Vatten med 30% glykol.

Värmebärarflöde 10 m3/h (50 l/(h\*m2))

Rör ovan tak ca 200 m, volym 80 l,  
kA-värde 60 W/K (beräknat)Rör under tak ca 100 m, volym 200 l,  
kA-värde 70 W/K (beräknat)

Rörisolering 50 mm mineralull

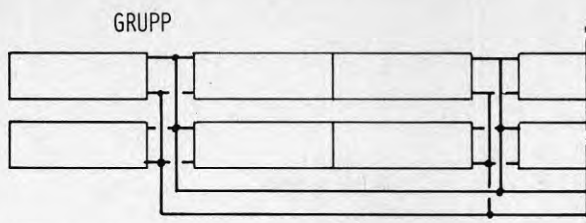
Expansionskärl Slutet 50 l.

Batteri i tank kamrörsbatteri  
kA-värde 3 kW/K (uppmätt)

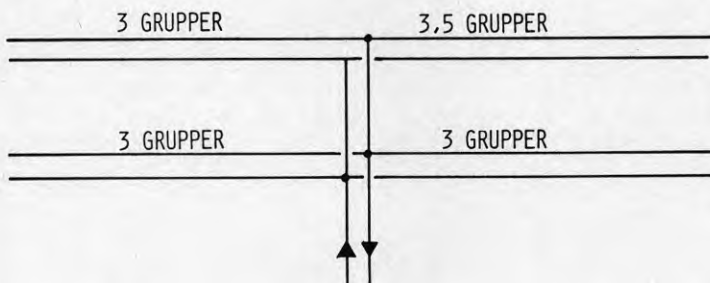
Reglering differntialtermostat

Givarplacering i mätfickor  
givare hög i utloppsror efter solfångare  
givare låg i ackumulatortank invid batteri

-----



DETALJ ÖVER INKOPPLING AV SOLFANGARELEMENT



Figur 2 Inkoppling av solfångarelement och samlingsrör

Data för värmelager

Typ	Stålackumulator ASSB, Nibeveren
Dimensioner	Volym 8.00 m <sup>3</sup> , höjd 2.1 m, dia 1.9 m
Medium	Värmemvatten
Isolering	100 mm mineralull
Manluckor	2 st, diameter ca 0.6 m, oisolerade
kA-värde	60 W/K (uppmätt), 20 W/K (beräknat)
Batterier	2 st kamrörsbatterier
kA-värde	3 kW/K (uppmätt)

Projekterad funktion

Flödet i solfångarkretsen styrs till/från av en differentialtermostat, som jämför temperaturen i solfångarens utloppsrör med vattentemperaturen invid batteriet i ackumulatortankens nedre del. Kallvatten på väg till den ordinarie varmvattenberedaren förvärms i batteriet i ackumulatortankens övre del.

Under vår och höst då temperaturen i tankens topp överstiger erforderlig framledningstemperatur skall solvärme bidra till uppvärmningen av verkstaden.

Under sommaren då temperaturen i tankens topp stiger mot 80 grdC skall värmemvatten från tanken matas in i returledningen till pannan.

## MÄTNING OCH UTVÄDERING

Automatisk insamling av timvärden för ca 35 mätstorheter genomfördes med ett par korta avbrott under perioden 81-08-19--82-09-17. Under två korta perioder i september 1982 registrerades momentana värden varje minut.

### Utnyttjad solvärme

Solfångarkretsen har under perioden 810423 - 820831 levererat ca 30 MWh värme till ackumulatortanken varav 13.4 MWh har utnyttjats för varmvattenberedning. Räknat på solfångarytan erhålls 150 kWh/m<sup>2</sup> respektive 67 kWh/m<sup>2</sup>. Under de 12 månaderna 810901 - 820831 var den insamlade solvärmemängden 20 MWh, vilket utslaget på solfångarytan ger 100 kWh/(m<sup>2</sup>\*år). Solvärmens svarade då för 11 MWh värme till varmvattenberedningen, vilket motsvarade ca 60% av den totala värmen till varmvattenberedningen under perioden. Dessa låga värden på insamlad och utnyttjad värme beror i första hand på

- att den totala varmvattenförbrukningen har varit mindre än en tredjedel av den i förhand beräknade.
  - att värmeleveransen till uppvärmning samt tork- och sprutboxar har varit försumbar främst enär erforderlig tanktemperatur sällan uppnåtts.
  - att stagnationstemperaturen för solfångarfältet är låg. Endast vid ett partillfällen i maj och juni 1982 översteg medeltemperaturen i tanken 80 grdC.
  - att styrningen av pumpen i solfångarkretsen har fungerat dåligt, vilket medfört korta drifttider; ofta bara ett par timmar även under vackra dagar. Under september 1983 uppnåddes en väsentlig förbättring för solfångarkretsens prestanda genom att flytta in den ena av differentialtermostatens givare till utloppsrörets absorbatranslutning inuti ett solfångarelement.
  - att värmebatteriet i solfångarkretsen är underdimensionerat; batteriets temperaturverkningsgrad har varit ca 0.3.
- och i andra hand på
- att temperaturskiktningen mellan batterierna i tanken brutits ned både vid tillförsel av värme och förvärmning av tappvarmvatten.
  - att tankens värmeförluster har varit stora; värmeförlusttalet har uppmätts till  $kA = 60 \text{ W/K}$ .



Projektledare

Sten Jonsson  
 Solarec Lågenergiteknik AB  
 Södra Strandgatan 5  
 502 30 BORÅS  
 Tel 033-100420

Beskrivning

1½-plans trähus med assymetrisk takkonstruktion som gett utrymme för solfångare på 70°-gradigt<sub>2</sub> takplan riktat mot söder. Anläggningen omfattar 19 m<sup>2</sup> solfångare, en värmepump, en solvärmeackumulator à 3 m<sup>3</sup> samt en ackumulator à 300 liter för förvärmning av förbrukningsvarmvatten. Rumsuppvärmningen sker via radiatorer dimensionerade för 50/43°C. En elpanna à 9 kW är installerad som reserv.

Solfångare

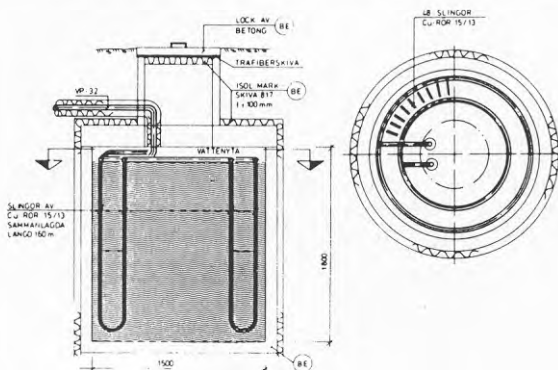
Solfångarna är av tyskt fabrikat (John & Co, Achern) och består av 8 st enheter, med yttermåtten 2,00 x 1,30 m<sup>2</sup>. Absorptionsytan består av en aluminiumplatta med svart färg som ytbehandling och försänkta rörslingor av rostfritt stål.

## Tekniska data från fabrikanten

Längd	2000 mm
Bredd	1300 mm
Total solfångararea	2,6 m <sup>2</sup>
Genomskinlig frontarea	2,4 m <sup>2</sup>
Specifik vatteninnehåll	0,92 l(m <sup>2</sup> )
Vatteninnehåll	2,20 l
Vikt	20 kg
Provtryck för värmeförande rör (SIS 2350)	25000 kPa
Provtryck för kollektor	5000 kPa
Temperaturbeständighet vid stillestånd	+180°C
Köldbeständighet	-40°C
Tryckhållfasthet för täckskivan	1800 kp/cm <sup>2</sup>
Slaghållfasthet för täckskivan	40-60 kp/cm <sup>2</sup>
Täckskivans transmission	80%
Absorbatorytan, absorption	94%
" emission	78%
Anslutningsfärdig med R 1/2" invändig gänga	
Täckskiva	Glasfiberarmerad polyester
Rörregister	Rostfria stålrör
Absorbator	Aluminium
Isolering	Polyuretan (PUR)

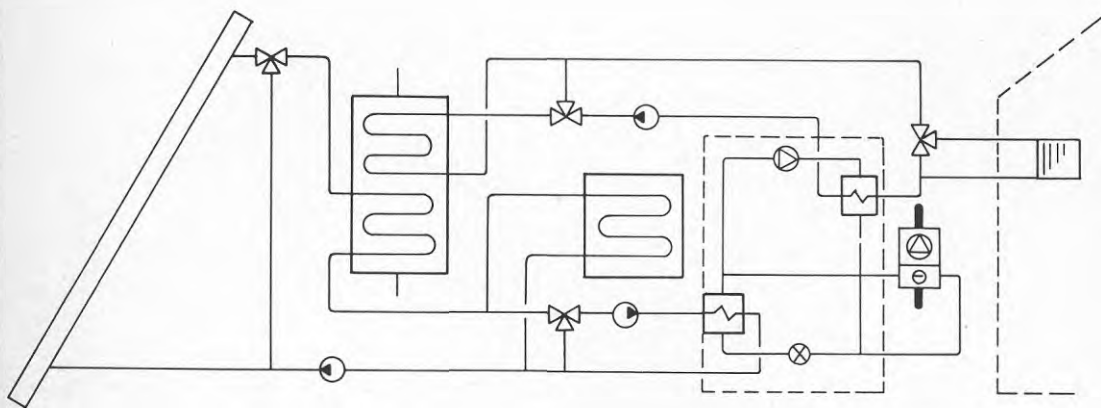
### Värmelager

Värmelagret utgörs av tre st brunnringar nedgrävda i mark och utförda med täta skarvar. Volymen är ca 3 m<sup>3</sup>. Lock och mantels övre del är isolerad för att reducera värmeförlusterna. Brunnen är fylld med vatten och innehåller 160 m kopparrör med dimension 15/13 mm.



Figur 1 Värmelager - konstruktionsritning

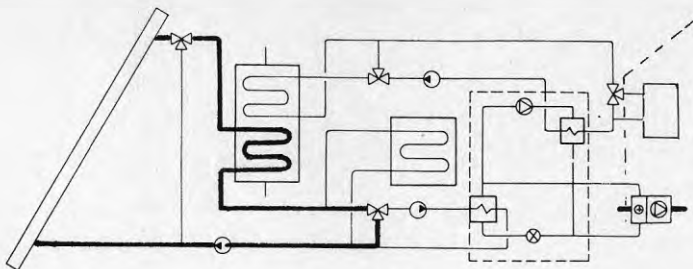
### System



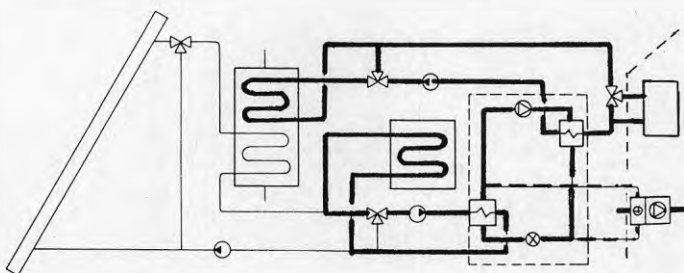
Figur 2 Principschema för SOLAREC-systemet

Funktionen är följande: Den ur solfångarna insamlade solenergin överförs i första hand till förbrukningsvarmvattenackumulatoren (högtemperaturackumulatör) och därefter transporteras resterande energi till lågtemperaturackumulatoren. Se figur 3.

Kretsens cirkulationspump styrs på impuls av differensen mellan två temperaturgivare.



Inlagring av värme till högtemperaturlagret

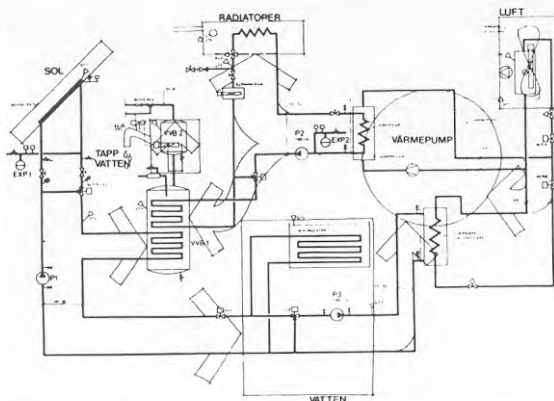


Uttag av värme sker dels från den vänstra, högtemperaturlagret, dels från lågtemperaturlagret. I denna senare krets tas värme via värmepumpen.

Värmepumpen arbetar antingen med uteluften eller lågtemperaturackumulatören som värmekälla beroende på rådande temperaturförhållanden. Om ackumulatortemperaturen är högre än utetemperaturen startas cirkulationspumpen i ifrågavarande glykolvattenkrets samtidigt som värmepumpen omkopplas för drift från vattenkylaren. Vid omvänt temperaturförhållande stoppas cirkulationspumpen och värmepumpen omkopplas för drift från uteluftskylaren där fläktarna startas. Avfrostning av uteluftförångaren sker med elvärme och under avfrostningsfasen arbetar värmepumpen från ackumulatören.

Värmepumpens kondensorvärme avges till radiatorer och i större eller mindre omfattning till förbrukningsvarmvattenackumulatören.

Vid behov inkopplas eleftervärme för förbrukningsvarmvattnet respektive värmevattnet.



Figur 3 Energiflödesschema

## Driftresultat

Year	Month	No. Days Data	Average Temperature		Solar Energy						Heat Pump		Auxiliary Energy			Heat Recovery		Summary										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Units			°C		MEGA JOULES													MJ/m <sup>2</sup>										
J	31	20.7	-1.8	7	41	4.241	1.616	0		2.012	1.613	2.981		972	2.069		529	3.041				4.654	50	35	38			
F	26	20.6	-0.6	10	95	6.383	2.142	0		1.962	1.904	2.833		871	1.610		469	2.481				4.385	59	43	30			
M	30	21.2	1.3	17	187	8.705	3.064	-36		2.948	2.862	4.072		1.123	426		433	1.549				4.411	88	65	33			
A	28	17.4	4.9	42	426	15.142	3.139	792		727	3.226	1.045		318	0		314	318				3.945	100	81	21			
M	30	22.5	15.2	48	512	14.008	2.189	278		274	1.285	473		196	0		309	196				1.481	40	87	9			
J	27	22.4	13.8	45	415	10.066	1.163	17		280	464	508		229	0		252	229				693	14	67	5			
J	31	23.8	15.7	49	480	12.168	1.631	0		46	173	123		78	0		220	78				251	5	69	1			
A	31	24.0		44	353	10.940	954	0		256	857	382		126	0		240	126				983	26	87	8			
S	30	23.0	13.1	43	244	10.260	1.548	0		270	457	407		137	0		259	137				594	14	77	4			
O	29	21.8	6.8	25	129	7.308	1.242	410		868	1.674	1.295		428	882		323	1.310				2.984	52	56	23			
N	30	21.4	1.8	14	58	5.328	954	68		1.116	900	1.723		612	2.569		353	3.188				4.081	28	22	17			
D	31	20.8	1.3	5	22	1.872	490	0		990	601	1.674		684	2.838		467	3.522				4.123	19	15	32			
Total					2.963	105.919	20.131	1.529		11.752	16.016	17.528		5.775	10.394		4.168	16.168					32.184	494				
Average					SYSTEM COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) = (COL 11/17)																							

Uppmått energibesparing under mätperioden 39%  
 Uppmått årsverkningsgrad hos solvärmesystemet 30%  
 Uppmått årsvärmefaktor hos värmepumpen 1.8  
 Uppmått årsvärmefaktor för hela uppvärmnings-  
 systemet 1,6

## Litteratur

Kaj Hansson m fl, Soltyphus i Lundaskog, BFR R25:1981.

BFR Projektnummer: 780946-7

16

## SUN-SEC PROJEKTET

Projektledare

Gunnar Nordfeldt  
 Inst för projekteringsmetodik  
 CTH  
 412 96 GÖTEBORG  
 Tel 031-810100

BeskrivningOmgivning

Latitud  $57^{\circ} 24' N$   
 Longitud  $12^{\circ} 10' E$

Typ av bebyggelse i omgivningen

Småhusbebyggelse i öppet slättlandskap. Inga betydande problem med skuggning av solfångarytan förekommer.

Byggnad

Typ enplans friliggande  
 Uppvärmd yta  $160 m^2$

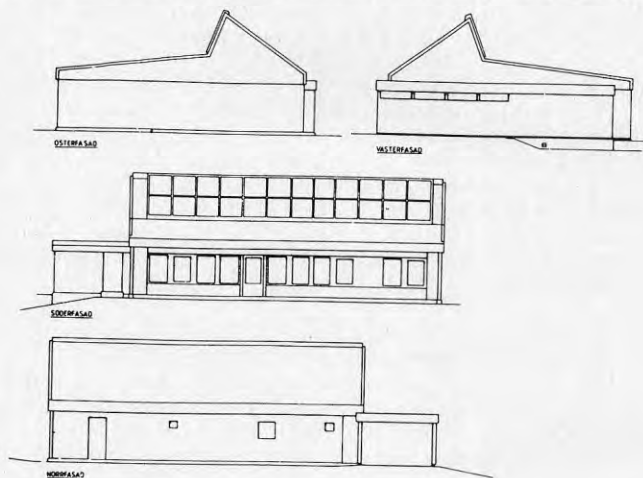
Balanserad ventilation 0,6 luftoms/H med värmeåtervinning.

Fönster:

Typ	3-glas
E	$0 m^2$
S	$15,1 m^2$
V	$2,7 m^2$
N	$1,6 m^2$

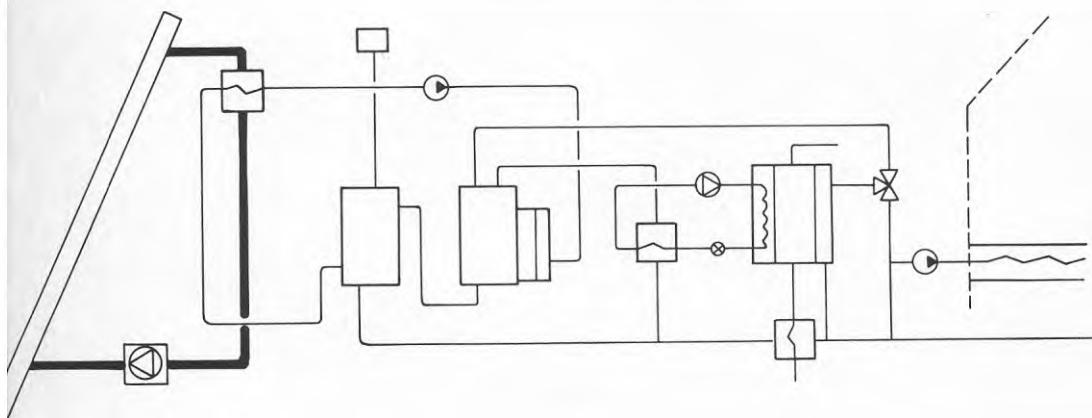
Användning:

Bostad för en familj bestående av tre personer.



Figur 1 Fasader SUN-Sec-huset

## Värmeanläggning



Figur 2 Systemskiss

Solenergin tas under sommar, höst och vår, när tillräcklig energi finns tillgänglig direkt in i uppvärmningssystemet i form av varmt vatten från luft-vatten-växlaren bakom solfångarna. När det finns mer solenergi tillgänglig än byggnaden förbrukar, lagras överskottet i lagringstankar. När dessa är fulladdade stoppas energitillförseln från solfångarna för att inte kokning och därmed övertryck skall uppstå i systemet.

Under mörka, mulna dagar under höst och vår uttages värme från lagringstankarna. När lagringstankarnas vattentemperatur genom uttag av energi för tappvarmvatten och uppvärmningsvatten sjunker under den direkt användbara startar värmepumpen och håller genom sitt arbete vattentemperaturen på förbrukningssidan tillräckligt hög. Samtidigt frånskiljes förbrukningssidans direktkoppling till lagringstankar och solfångare genom automatiska ventiler.

Värmepumpen kommer om energiuttaget fortsätter utan motsvarande energitillskott från solfångarna att successivt kyla ned lagringstankarna. Nedkylningen av tankarna gör att vatten med allt lägre temperaturer från solfångarna kommer att vara varmare än vattnet i tankarna och därför kan fortsätta att tillföra energi till dessa.

## Funktionsbeskrivning systemet

Systemet består i huvudsak av solkollektorer, ackumuleringsstankar för värmelagring, värmepump, elektrisk tillstasvärme samt reglerutrustning.

Uppvärmning av huset sker med hjälp av ett golvvärme-system. Följande data har uppmätts på en nära nog identisk golvvärme-konstruktion.

### Ingångsdata

Framloppstemperatur	ca 40°C
Avkylning över golvet	2°C vid rumstemp 20°C
Ytskiktstemperaturen	27°C

### Angiven effekt vid

Heltäckningsmatta	43 W/m <sup>2</sup>
Nålfiltmatta	57 W/m <sup>2</sup>
Linoleum (3,2 mm)	75 W/m <sup>2</sup>

### Styrning

Solfångar-, uppvärmnings- och tappvarmvattenkretsarna styres separat. Solfångarkretsen styrs av differenstermostat.

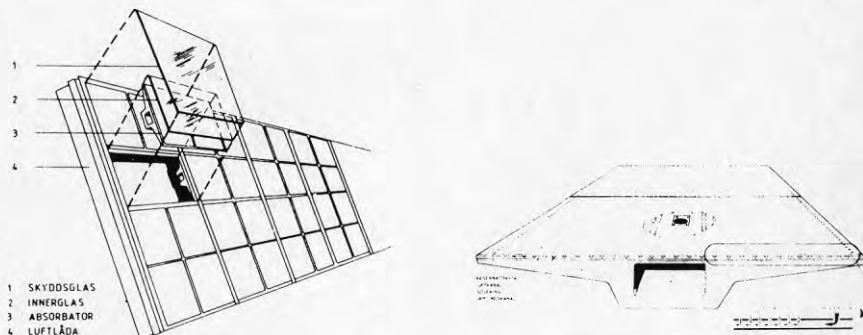
Uppvärmningssystemets framledningstemperatur styrs med en s k selektiv referensrums-reglering, som reglerar framledningstemperaturen edfter de mest belastade rummens värmebehov. I detta fall jämföres de två mest belastade rummen med ett normalrum. Övriga rum regleras med egna termostater.

### Solfångarkretsen

Solfångargrupp:

Yta	32,4 m <sup>2</sup>
Fabrikat	AGA DFP
Väderstreck	Syd (70° lutn)

Solfångare:



Figur 3 Principfigur av AGAs luftsolfångare

Antal täckskivor	2
Material i täckskiva	glas
Absorbator	aluminium
Absorbatorbeläggning	selektiv (black-nickel)
Värmebärare	luft

#### Värmelager

Volym	2 x 1,5 m <sup>3</sup>
Lagringskapacitet	13 MJ/K
Isolering	200 mm mineralull

Systemet består i huvudsak av solfångare, ackumulerings-tankar för värmelagring, värmepump, elektrisk tillsatsvärme samt reglerutrustning. Värmesköldar 6 kW för montering på värmepump avsett som tillsatsvärme.

Solfångarna arbetar med luft som värmebärare. En fläkt transporterar luften till en värmeväxlare placerad under solfångarna, där växling av värmen från luft till vatten sker.

Värmen magasineras i två ackumulatortankar fyllda med vatten. Dessa tankar är kopplade till golvvärmesystemet, vattenvärmaren och värmepumpens förångarsida. Golvvärmesystemet matas med antingen direkt solvärme, värme från värmepump eller direkt elvärme beroende på tillgänglig energi och temperaturbehov.

I systemet ingår en värmeväxlare i returledningen från golvvärmesystemet som förvärmer inkommande kallvatten.

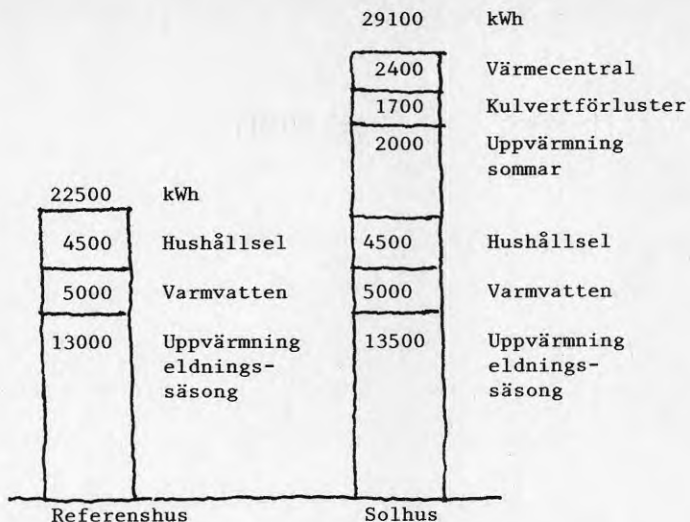
Fläkt och pump startar då temperaturen i solfångarna är ca 10° högre än ackumulatortank 2. Vattnet från värmeväxlaren tillföres ackumulatortank 1 genom ett fördelningsrör. Vattnet i detta fördelningsrör stiger uppåt om detta är varmare än vattnet i tanken och laddning sker från övre delen av tanken. Om vattnet i fördelningsröret är kallare än vattnet i utloppet i tank 1 går det via botten av tank 1 till inloppet i tank 2.

#### Driftresultat

Värmeförlusterna från tankarna var från början relativt höga men har reducerats genom bättre utförd isolering.

Även problem med styrningen (givarplaceringar) uppstod i initialskedet men dessa är nu åtgärdade.





### Litteratur

Gunnar Nordfeldt m fl, SUN-SEC: Serieanpassat Solhus. Förstudie till energi-experiment, BFR R41:1980

Bilaga till ansökan 810705-5. Mätresultat.

BRF Projektnummer: 770359-5  
780086-2  
780087-7

## 17 SOL OCH VEDVÄRME FÖR FRITIDSHUS

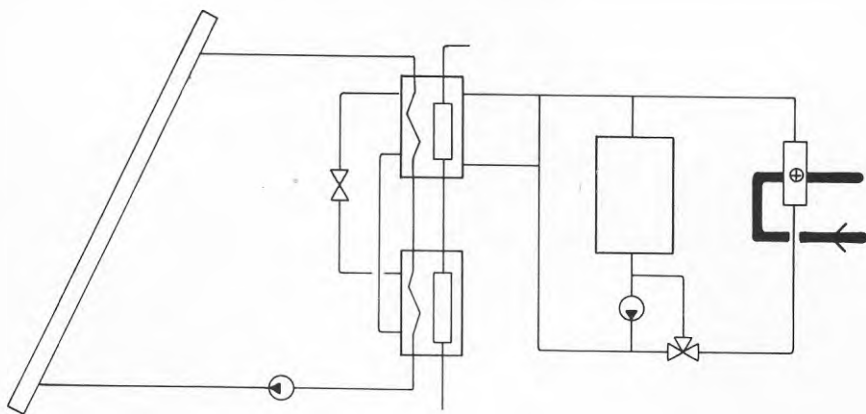
Projektledare

Tor Kihlman, tel 031-21 22 20  
 Skillnadsgatan 26, 416 56 GÖTEBORG  
 Flackevik, HÄLLEVIKSSTRAND

Enno Abel, CTH - Installationsteknik

Beskrivning

Systemet skall hålla fritidshus frostfritt vintertid och bereda varmvatten sommartid. Det består av solfångare typ Theta solvärmesystem, ackumulator 1200 l, luftvärmepanna samt en vedeldad panna.



Flödesschema

DimensioneringsdataSolfångare

Area 12 m<sup>2</sup>.  
 Typ Theta  
 Säljes av Brüel, Schiöler & Jensen.  
 Värmebärare olja.  
 Undertryck skapas i systemet för att undvika läckage.  
 Absorbator två aluminiumfolier. Lätt konstruktion med liten termisk tröghet.  
 Skumplastkassett utgör hölje isolering med mineralullsskiva samt två glas.  
 Solfångarlutning brant.  
 Ackumulator, vatten 2 x 600 l.  
 Isolering 2 x 100 mm mineralullsskiva med densiteten 200 kg/m<sup>3</sup>.  
 I vattentankarna finns vardera en 125 l varmvattenberedare.

Vedeldad panna typ Teknoterm.

Euronom.

Luftvärmare typ Teknisk utveckling, Göteborg.

Separata 100 mm kanaler för varje rum.

Lufttemperatur ca 15-20°C över den efterfrågade rumstemperaturen.

Två elkassetter, vardera 2.2 kW, håller respektive värme ackumulator och värmepannan frostfri.

Ytterligare elkasset om 6 kW klarar värmebehovet.

Reglering solsystem, värmning till 75°C alternativt omför varm kylning nattetid till denna temperatur.

#### Drifterfarenheter

PEX-rör i solfångarsystemet fick bytas mot järnrör p g a lågt tryck i kombination med för hög temperatur.

Vacuumventilation monterades.

Temperaturgivare fungerade tidvis.

#### Solfångarna

Absorbatorer tålde först ej undertryck.

Pumpenhet, kompressor för undertryck och avluftning, antogs vara för lågt monterad.

Vid tillfällena med stagnationstemperatur, då cirkulationen avstannat, uppstod avgasning av isolering på glas.

#### Varmvattenberedare

Dessa var ej kopparklädda, så tappvattnet blev rostfärgat.

#### Kostnader

Solfångare	15 800:-
Varmluftssystem med kanaler	15 000:-
Rör, ventiler, koppling av värmepanna elpatroner, expansionskärl, el och cirkulationspump	10 850:-
Ändringar resp byte VVB luftningsanordning	2 550:-
Resekostnader	<u>1 100:-</u>
Summa	45 150:-
 Tid - eget arbete	 610 tim

#### Litteratur

Kihlman, T: Interimsrapport. Sol- och vedvärme som komplement till elvärme, speciellt för att hålla ett fritidshus frostfritt vintertid. Juni 1981, Rapport F81-04, CTH-Byggnadsakustik.

BFR Projektnummer: 781261-7, 781263-8 (lån)



Total värmeproduktion, d v s värme levererat till nätet  
från oljepanna och VP sammantaget: 962 MWh

$$\frac{\text{Kondensor}}{\text{Värmeprod}} = \frac{210,3}{962} \quad 22\%$$

$$\frac{\text{Förångare}}{\text{Värmeprod}} = \frac{124,8}{962} \quad 13\%$$

Litteratur och projektnummer

BFR 8:1980  
781414-3 och 780052-7 (lån

19

KULLINGSHEMMET

Projektledare

Tore Abrahamsson, tfn 031-81 04 60  
RNK Installationskonsult AB, Box 14046, 400 20 GÖTEBORG

Beskrivning

I tre byggnader i ett ålderdomshem förvärmes tilluft genom att denna tas in i vindsutrymme. Detta är tätat och inloppshål finns i taknock så att luft passerar och förvärmes genom tegelpannor i taket. Ett av systemen är kompletterat med en värmepump.

Litteratur

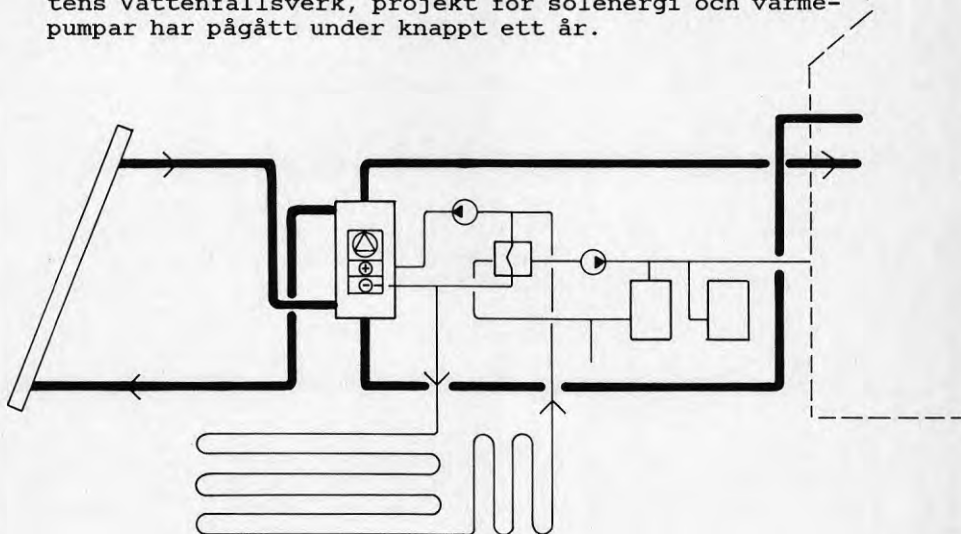
Abrahamsson, T: Energi från solvärmd vind, BFR R12:1979

Projektledare

Mats Larsson, Christer Brunström  
Statens Vattenfallsverk, 162 87 VÄLLINGBY

Beskrivning

Solfångare bestående av tegelpannor på tak förvärmer genom ett luftdistributionssystem, tappvarmvatten, tilluft och överskottsvärme lagras i mark. Ett provhus har byggts i Motala. Mätningar har skett i regi av Statens Vattenfallsverk, projekt för solenergi och värmepumpar har pågått under knappt ett år.

FlödesschemaDimensioneringsdata

Solfångare, ca  $40 \text{ m}^2$ , består av Zanda takpannor täckta med plastskiva. Luft strömmar på båda sidor. Se även detalj på figur 1.

Vikt  $45 \text{ kg/m}^2$ . Värmekapacitet  $920 \text{ J/kgK}$ .

Verkningsgrad vid  $800 \text{ W/m}^2$  instrålning

Förlustfaktor  $5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$ .

$\eta = 0,7$ .

Lagret består av grusbädd under byggnadens bottenplatta. Plastslang genom vilken solvärt vatten cirkulerar är nergrävd i grusbädden.

Besparing

Mätsystemet är uppbyggt kring en ABC80. Mätning sker av total energibalans och balans hos enskilda delar.

Timmedelvärden registreras från 52 mätgivare och 17 reglergivare.

En heltidsarbetande och en hemmavarande vuxen samt tre barn bor i huset.

En sammanställning av mätresultat som beskriver energiförbrukningen för tiden 1981-01-01--09-30 redovisas nedan.

Period	El* värme (kWh)	El varm- vatten (kWh)	Sol- värme (kWh)	Sol- varm- vatten (kWh)	Total värme (kWh)	Totalt varm- vatten (kWh)
1981						
0101-0331	5152	879	400	260	5552	1139
0401-0630	631	352	0	620	631	972
0701-0930	346	297	0	529	346	826
Summa	6129	1528	400	1409	6529	2937

Tabell 1 Sammanställning av energiförbrukningen

\* El till värme är summan av fläktarnas och värmebatteriets elförbrukning.

Under perioden 1981-01-01--09-30 infångades ca 5450 kWh med solfångarna, varav 400 kWh nyttjades för uppvärmning, 1400 kWh för tappvarmvattenberedning och 3650 kWh för inlagring i ackumulator.

Under perioden 1981-01-01 till 1981-06-30 (en del av ovanstående) infångades 2335 kWh, varav nyttjades 620 kWh för värmning av varmvatten och 1715 kWh för uppladdning av lager.

Genom nattsänkning ca  $4^{\circ}\text{C}$  erhöles det största värmebehovet mellan kl 03.00 och 08.00, vilket lett till att solfångarbidraget för värmning varit ringa. Lagret var första säsongen inne i en uppladdningsfas, nådde ca  $17^{\circ}\text{C}$  och har således ej bidragit till uppvärmningen.

Under en period mättes solfångarnas effektivitet som funktion av luftflöde. En väsentlig skillnad med dessa solfångare jämfört med en där aluminium används i absorbatoren är den högre värmekapaciteten. Värmekapaciteten  $m \cdot c_p$  blir för Zanda solfångaren = ca  $41 \text{ kJ/m}^2 \text{ K}$  och för = ca  $2,4 \text{ kJ/m}^2 \text{ K}$ . En fördröjning om ca 2 h noteras både vid start och stopp enligt rapporten.

Figur 1 visar temperaturer i några punkter i solfångarna under ett dygn.

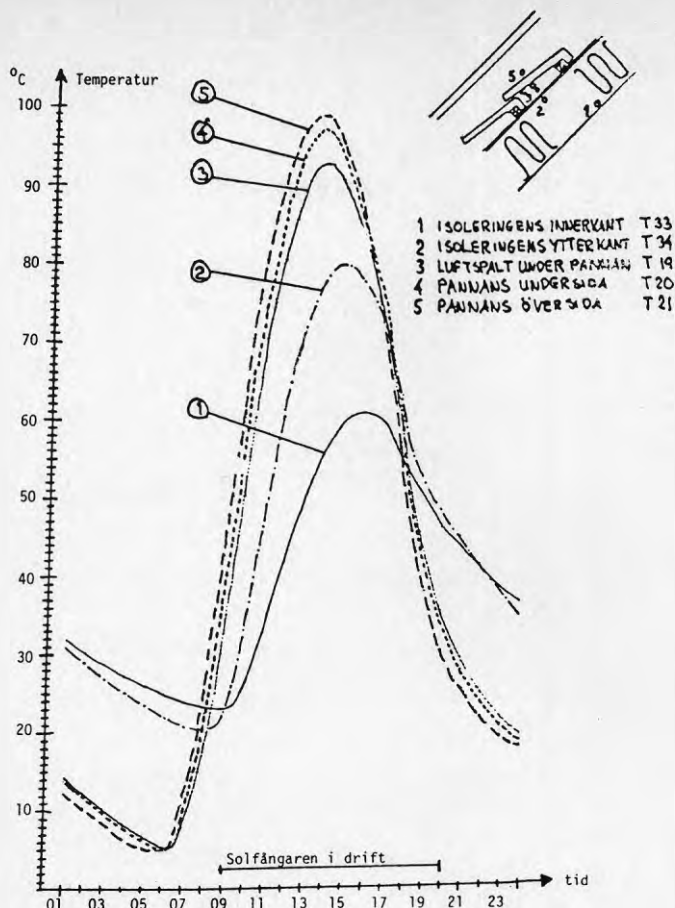
### Drifterfarenheter

#### Solfångare

Fukthalten mättes och man konstaterade hög absolut fukthalt resulterande i kondensering nattetid på

och dagtid på isolering mot svala utrymmen. Se även figur 2.





Figur 1 Temperaturens variation i ett snitt genom taket under solfångaren. Dag 1981-04-26.

Inga allvarliga tecken på åldring märktes.

### Lager

Stora förluster antogs ske i lagret. Av inlagrade från solfångarna ca 1700 kWh, tiden 1981-04-01--06-30 uppskattas 300 kWh ha tillförts lagret och resten, 80%, ha förlorats.

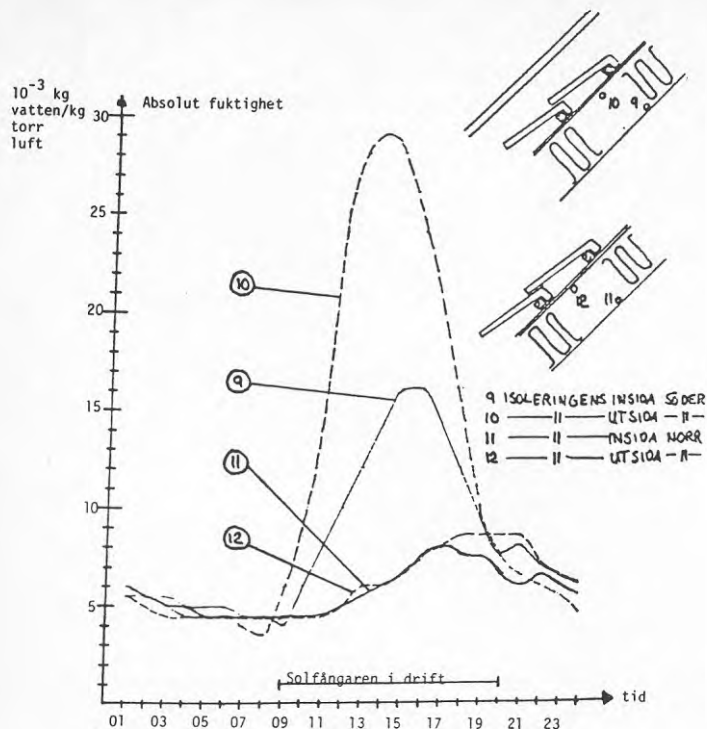
### Värmesystemet

Först efter cirka fem månader fungerade detta som planerat.

### Slutsats

- Husets uppvärmningssystem förmår ej nyttja solfångarna - solinstrålningen optimalt.

Ca 65% av VVB-energin täcktes under perioden april t o m september.



Figur 2 Absoluta fuktighetens variation i södra och norra takfallet. Dag 1981-04-26

- Marklagret gjorde ingen märkbar nytta. Systemlösningen ej bra. Solfångarnas termiska tröghet gör att korta solglimtar exempelvis vid varierande molnighet ej tas tillvara. (Detta bevisas dock ej.)

En så stor solfångaryta,  $40 \text{ m}^2$ , fordrar ett långtidslager för att nyttja mer av instrålad energi. Lagringstid längre än ett par dagar fordras. Då får förlusterna ej vara alltför stora, såsom de är i detta experiment.

Ett bättre system skulle erhållas om solfångarytan var  $10 \times 20 \text{ m}^2$  och ett korttidsvärmelager om ca  $1,5 \text{ m}^3$  vatten nyttjades. "Ideal"-värmelagret skulle bestå av en dubbelmantlad vattentank om  $1,5 \text{ m}^3$ . Här skulle både lagring av överskottsvärme och förvärmning av tappvatten ske.

#### Kommentarer

Fuktproblemen är väsentliga och bör utredas.

#### Litteratur

Rapport SV-SJL 1982:2.

### Projektledare

Hans Ottosson, tel 013-11 17 00  
Kvissberg & Bäckström Byggnads AB, 581 10 LINKÖPING,  
tel 013-10 21 40

### Målsättning

Ekonomiskt uppvärmningssystem med luftsolångare.

Moderna täta hus fordrar mekanisk ventilation som i sin rut utgör förutsättning för luftsolångarsystem.

Låga temperaturer kan med fördel nyttjas med luftsystem, d v s billiga solångare.

### Beskrivning

Tre system, tre hus, ett fjärrvärmeuppvärmt och vattenburet system, ett elvärmevärm med saltlager, ca  $C_{12}$  x 6  $H_2O$ , och luftburet system och ett sol- och elvärm med saltlager och luftburet system.

### Dimensioneringsdata

#### Solfångaren

Plåtkassett med mått enligt bild.

Låg produktionskostnad och god täthet viktigt.

12 kassetter/hus ger 29  $m^2$ .

Flöde 1350  $m^3/h$ .

Täckglasen i små element ledade med silikongummi.

#### Saltlager

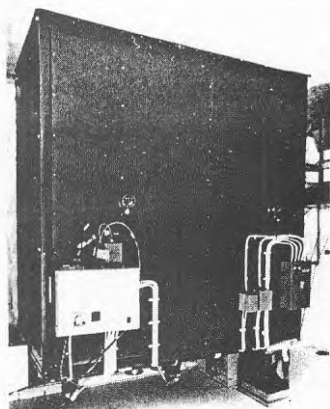
70 st stående cylindrar med måtten 1800 x 88,  
L x diameter. Vikt 16 kg, varav  $CaC_{12}$  14 kg.

Värme kapacitet 2680 kJ/rör.

Beteckning Termol 81.

### System

Konstant cirkulationsflöde gav ett för utrymmeskrävande system. Mycket arbete lades ned på att få ett kompakt system.



Figur 2 Värmemodulen med samtliga systemkomponenter inrymda i lagerlådan

All cirkulationskraft till huset styrs nu av driftläget för fläkt F1 och inget separat spjäll erfordras.

Även reglersystemet har utvecklats under stor arbetsinsats.

### Lokalisering

Orientering framgår av figur 1.

### Husen

K-värden

Tak	0.16
Yttervägg	0.20
Grund	0.30 betong på lös leca 0.4 m
Fönster	treglas

Transmission och ventilation vid  $-20^{\circ}\text{C}$  ute.

Effekt 3960 W.

Under året åtgår 11 730 kWh för transmission och 5000 kWh för ventilation.

## Drifterfarenheter

### Solfångarförsök

Läckage i solfångares ramverk gav upphov till försmutsning. Korrugering för att erhålla turbulens, tripolering m m gav små vinster framför allt sett mot merkostnaderna.

Solfångarkassetterna torderade vid höga temperaturer.

(Termisk tröghet uppmättes till  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$  vid  $800 \text{ W}/\text{m}^2$  instrålning.) Medelverkningsgrad 60%.

### Stenlager

Generellt: Alltför stora volymer, Utvalda stenar ej krossten. Tvättning av sten. Bör konstrueras upprättstående för att skiktningen skall utnyttjas. Fukt, leder till mögel som besvärar i dessa system. Även risk för silikos.

### Saltlager

Denna typ var mer energität och kunde därför byggas in i en modul vilket reducerade priset betydligt.

### Värmesystem

Ventilationskanaler skrymmande. Dock visade systemet på fördelar då traditionella värmare vid fönstren ej erfordrades.

## Ekonomi

### Uppvärmningssystem

Luftsystemet fordrar täta hus. Ofrivillig ventilation uppgick till alltför höga värden.

### Solfångare

Ej tillräcklig lönsamhet.

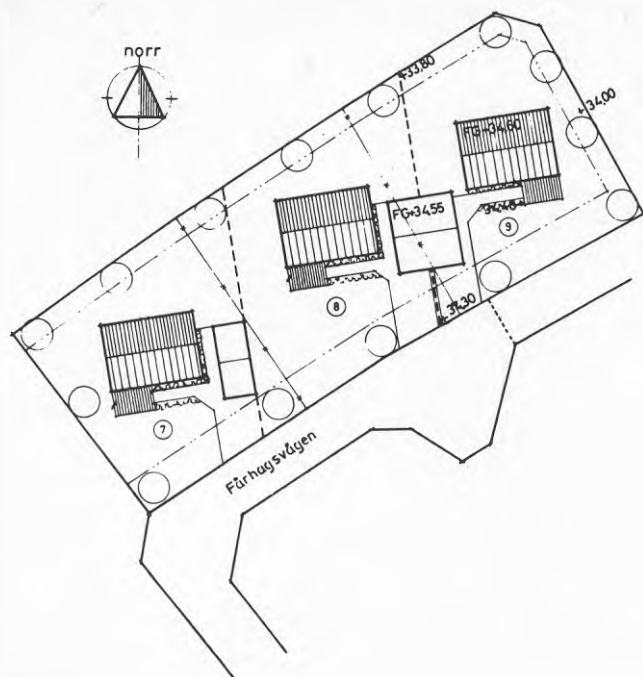
### Energilager

Driftkostnadsbesparingen kunde ej försvara de ökade installationskostnaderna.

## Kommentarer

Olika solfångare, tvärsnitt, har tidigare testats, se referenser.

Försök har tidigare gjorts med stenmagasin.



Figur 1 Lokalisering av försökshuset

### Litteratur

BFR R40:1983

Projektnummer 790658-8 och 790659-3 (lån)

SKRÄDDAREN 26

Solvärme för uppvärmning och varmvatten i ett tilläggsisolerat småhus från 40-talet.

PROJEKTS MÅL OCH OMFATTNING

Projektet omfattar projektering, installation, drift och uppföljning av en solvärmeanläggning i ett småhus i Stockholm.

Målet för projektet är främst att minska oljeberoendet och öka värmestandarden i huset, men också att visa att en solvärmeanläggning kan passa bra i ett tilläggsisolerat hus med källare.

Anläggningen färdigställdes och togs i drift i september 1982. Översiktliga mätningar påbörjades i november 1982 och mer detaljerade mätningar har skett under tiden april 1983 till juli 1984.

Husägaren, Ib Möller (arkitekt SAR), är projektledare och har själv utfört en stor del av projektarbetet. Han har projekterat anläggningen med visst stöd av specialister och han har byggt i egen regi med anlitande av entreprenörer för bl.a el-, rör- och plåtarbeten.

Mätcentralen för energiforskning vid KTH, har genomfört mätningarna och ansvarar för utvärderingen, som utförts i nära samarbete med Ib Möller.

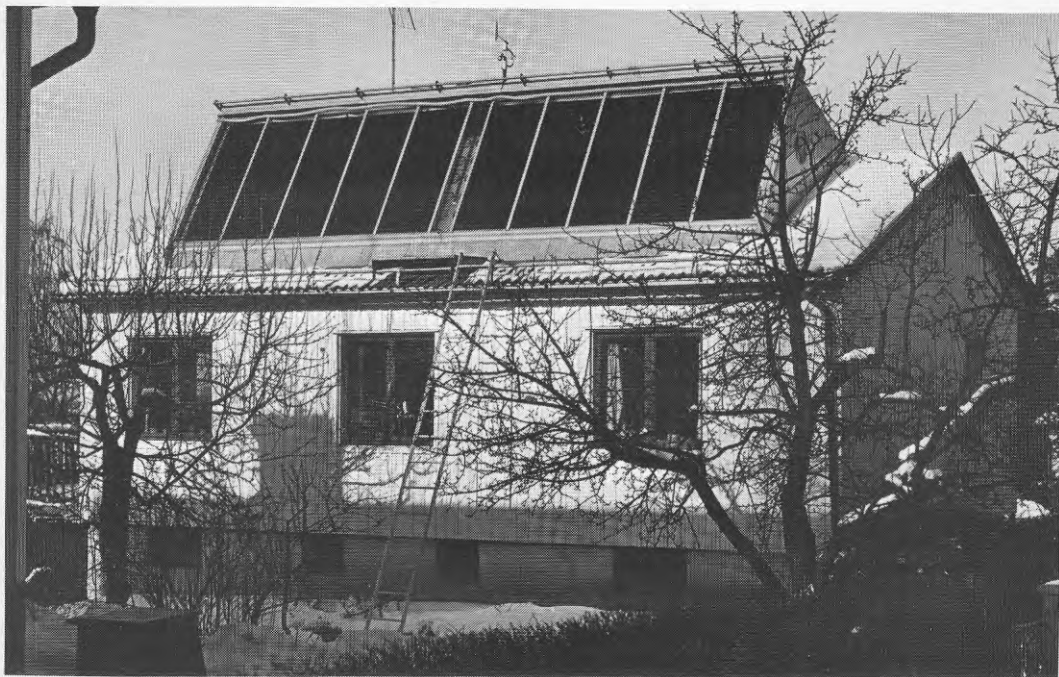
Solvärmeanläggningen har bekostats dels med egna medel (14.000 kr) och dels med ett statligt energilån (12.000 kr). För mätningar och rapportering har mätcentralen vid KTH erhållit ett anslag från BFR om 164.000 kr.

BYGGNADEN

Byggnaden är ett litet enplans trähus med hel källare, som till stor del är nedsprängd i berg. Huset är byggt 1945.

Ett flertal energisparåtgärder - tätning, tilläggsisolering, en tredje ruta etc. - tillsammans med energisnåla brukarvanor har nedbringat den totala årliga energiförbrukningen till 1.3 m<sup>3</sup> olja, 0.5 m<sup>3</sup> ved och 2.5 MWh hushållsel.

Källaren, som bl.a innehåller badrum, vävkammare och hobbyrum, fordrar uppvärmning under sommaren. Med pannan helt avstängd sommartid blev temperaturen obehagligt låg i badrummet - ofta mellan 15 och 18 gr<sup>d</sup>C - och den typiska källarlukten började märkas i källaren.



Figur 1. Vinterbild av Skräddarens solfångare.

Radiatorsystemet, som byggts för självциркуlation, har blivit ett utpräglat lågtemperatursystem. Med självциркуlation räcker framledningstemperaturer mellan 30 och 50 grdC vid utetemperaturer mellan 10 och -20 grdC. Returledningstemperaturen är under dessa förhållanden endast obetydligt högre än rumstemperaturen.

#### SOLVÄRMEANLÄGGNINGEN

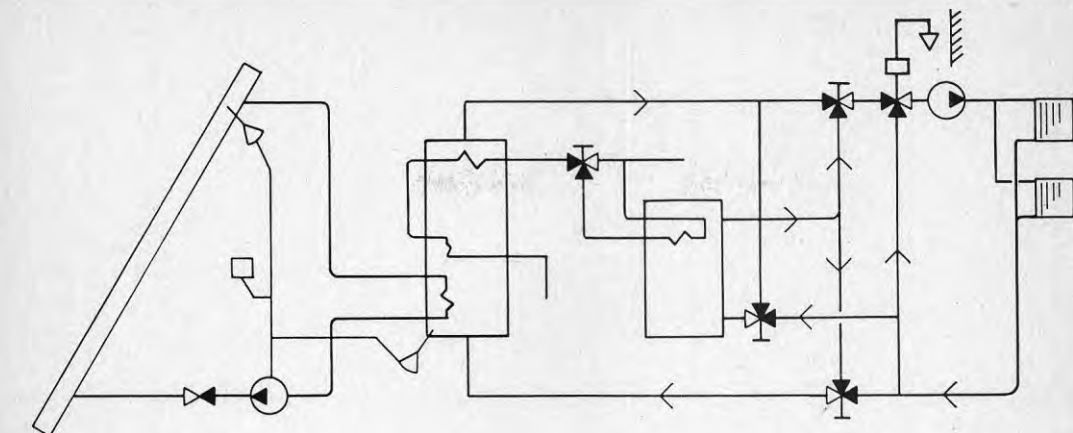
Anläggningen, som visas i figur 2, är uppbyggd kring ett solfångarfält på 13.6 m<sup>2</sup> och en vattenfylld stålackumulator på 0.75 m<sup>3</sup> i pannrummet.

Vattnet i ackumulatortanken cirkuleras genom radiatorsystem och oljepannans vattenförråd utan värmeväxling. Pannans vattenvolym kan då pannan är avstängd utnyttjas för att öka lagringskapaciteten. Ackumulatortanken kan utnyttjas som värmelager vid intermitterent eldning med ved i pannan.

#### Solfångarkretsen

Solfångarkretsen består av en vätskekyld enkelglasad solfångare med selektiv absorber, fabriksisolerade 22 mm kopparrör, en pump med tre hastigheter samt två seriekopplade kamrörsbatterier i ackumulatortanken.





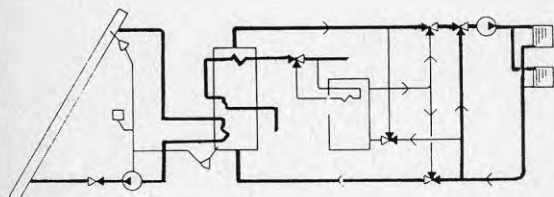
#### Sommarfallet

Pannan avstängd.

Solfångarkretsen i drift

Uppvärmning från tanken

Tappvarmvattnet bereds i tankens batterier.



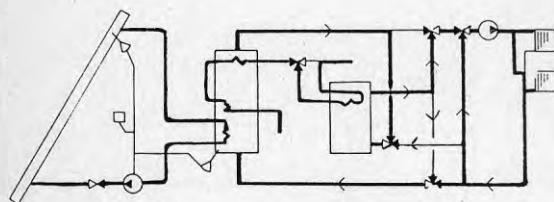
#### Vår/höst-fallet

Pannan i drift.

Solfångarkretsen i drift

Uppvärmning från tank i serie med panna

Tappvarmvattnet bereds i tankens batterier i serie med panna



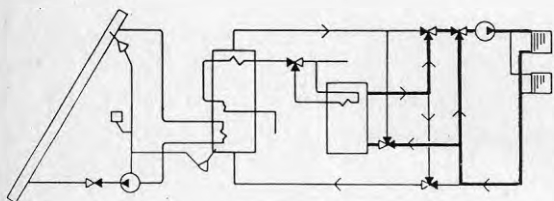
#### Vinterfallet

Pannan i drift

Solfångarkretsen avstängd

Uppvärmning från panna

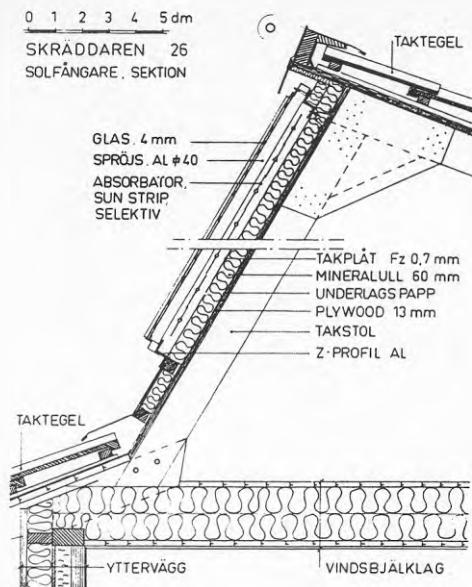
Tappvarmvattenberedning i panna



Figur 2. Principsschemor över dels solvärmeanläggningen dels tre ofta använda driftfall. Driftfallen är benämnda efter de årstider då de oftast används. Överföring av värme från panna till lager sker via rörledningar, som inte är utritade.

Solfångaren, som utgör en sammanhängande låda, är platsbyggd så att takkonstruktionen utnyttjas som stomme och baksida (se figur 3.).

Absorbatorn består av två parallellkopplade slingor med vardera 50 m Sun-Strip absorbator.



Figur 3. Vertikal-  
 snitt genom sol-  
 fångare och vinds-  
 bjälklag.

Data för solfångarkretsen

Solfångarfält

Typ	Platsbyggd, enkelglasad, vätskekyld
Area	13.6 m <sup>2</sup> (absorbatorarea - spröjsarea) 16.0 m <sup>2</sup> brutto area
Lutning	60° från horisontalplanet
Orientering	7° väst om syd
Absorbator	Sun-Strip, Gränges Aluminium
Absorbatoryta	Selektivt svart
Täckskiva	1 skikt av 4 mm fönsterglas
Baksidesisolering	60 mm hård mineralull

Solfångarkrets

Stamledningar	ca 30m 22 mm fabriksisolerade koppar- rör (15mm cellpolyeten)
Pump	Grundfoss UPS 20-60, tre hastigheter
Värmebärare	Blandning av 2 volymdelar vatten och 1 volymdel etylenglykol
Värmeväxling	Kamrörsbatterier i ackumulatortanken innanför baffelplåt 1 st 28 mm längd 11.5 m i serie med 2 st parallellkopplade 19 mm längd 2x2 m.
Expansionskärl	Öppet kärl ca 4 l.

Styrning

Reglercentral	Specialbyggd differentialtermostat med givare av halvledartyp
---------------	--

### Värmelager

Värme lagras i en välisolerad vattenfylld stående cylindrisk ståltank, som är placerad i ett hörn av pannrummet.

För att förbättra skiktningen är tanken försedd med speciella anordningar kring värmebatterierna. De två kamrörsbatterierna i solfångarkretsen är omgivna av en baffelplåt, som skall tvinga det uppvärmda vattnet att stiga till rätt nivå. Förvärmningen av varmvatten sker i två seriekopplade kamrörsbatterier; det första är placerat innanför baffelplåten tillsammans med solfångarkretsens batterier och det andra upptill omgivet av en 'tratt', som skall leda ned avkyllt vatten mot tankens botten och på sätt förhindra omblandning med hett vatten i toppen. Värmevatten till radiatorkretsen tas ut ett stycke under tanktoppen och returvattnet återförs nära botten innanför baffelplåten.

### Data för värmelagret

Typ	Stående cylindrisk ståltank med vatten
Volym	0.750 m <sup>3</sup>
Mått	Diameter 750 mm, höjd 1805 mm
Expansionskärl	Slutet kärl 80 liter.
Varmvattenberedare	2 st 22 mm kamrörsbatterier längd 2x9.5 m.
Isolering	100-300 mm mineralull

### Projekterad funktion

Flödet i solfångarkretsen styrs till/från av en differentialtermostat, som jämför medeltemperaturen för två parallellkopplade givare, som är monterade en på vardera absorbtorslinga vid dess utlopp med temperaturen för en givare i tanken invid nedre batteriet.

Det viktigaste driftsfallen är beskrivna i figur 2.

### MÄTNING OCH UTVÄRDERING

Automatisk insamling av timvärden för ca 70 mätstorheter har med undantag för några korta avbrott utförts under perioderna 83-04-15--11-30 och 84-02-01--07-14.

Olika driftsfall och förhållanden har kartlagts med hjälp av ett tjugotal dagslånga registreringar av momentana minutvärden för olika kombinationer omfattande ca 30 mätstorheter.

Dagbok över driften har förts kontinuerligt.

Mätvärden har presenterats och analyserats löpande under projektet.

Utvärderingen och rapportskrivning är ej avslutade (oktober 1984) varför denna rapport grundas på delvis preliminära resultat.

#### MÄTRESULTAT

Resultatet för de tolv månaderna juni 1983 tom maj 1984 visas i tabell 1. Under denna tid har solvärmeanläggningen svarat för 31% av värmen till uppvärmningen och 67% av värmen till varmvattenberedningen eller sammantaget 35% av totala värmebehovet.

Tabell 1. Driftsresultat för tiden 83-06-01--84-05-31  
Samtliga siffror avser nettoleverans till varmvattenberedning och uppvärmning.

Mätstorhet	Totalt MWh	Specifikt kWh/m <sup>2</sup>
Instrålning mot solfångare	13.7	1000
Insamlad solvärme	4.9	360
Total värme till varmvattenberedning	1.2	88
Total värme till uppvärmning	10.0	735
Solvärme till varmvattenberedning	0.8	60
Solvärme till uppvärmning	3.1	230
Överskott av solvärme	1.0	74

Månadsvärden för de viktigaste storheterna visas i figur 4.

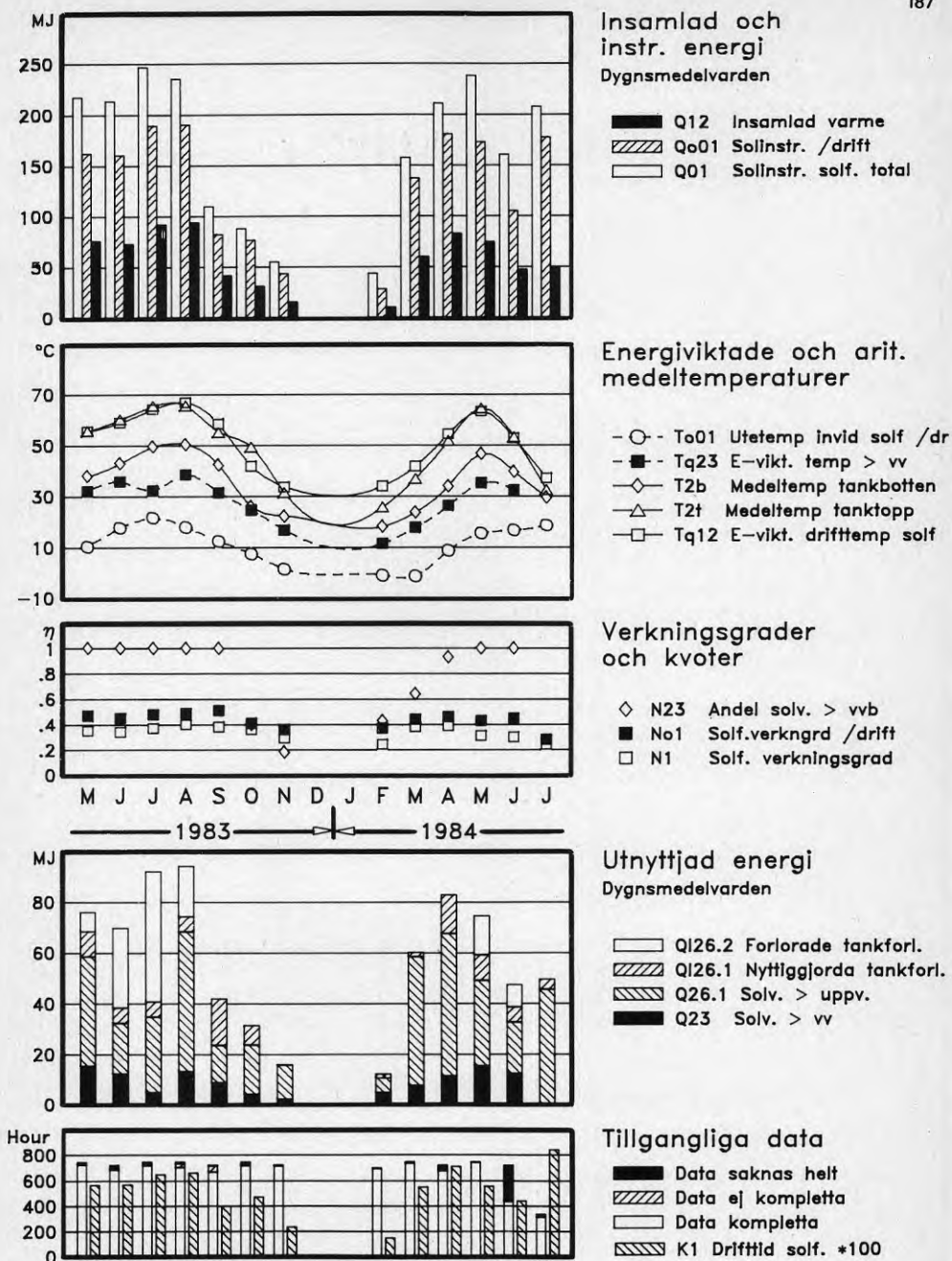
Detta anmärkningsvärt goda resultat beror förutom på anläggningens goda funktion på

att huset uppvärmningsbehov har ett för solvärme gynnsamt årstidsberoende eftersom transmissionsförlusterna från källaren, som bestäms av marktemperaturen, svarar för en nämnvärd del av husets värmeförluster.

att varmvattenförbrukningen i någon mån anpassats till tillgången på solvärme

att oljepannan var helt avstängd under tiden 83-04-14-83-10-04

att anläggning ofta kopplats om till uppvärmning med enbart solvärme då temperaturnivåen tillätit detta.



Figur 4. Månadsvärden för solvärmeanläggningen i Skräddaren. Några förtydliganden: '/drift' värdet avser endast den tid då solfångarkretsen varit i drift, 'Energiviktat medelvärde', Tq, definieras av

$$Tq = \frac{S[Q \cdot (T_{ut} + T_{in})/2]}{S[Q]}$$

där S[X] är summa av X.  $T_{in}$  och  $T_{ut}$  är in- resp utloppstemperatur för batterier eller solfångaren. Q är upptagen eller avgiven värme.

att radiatorkretsen arbetat med mycket låga temperaturer både på fram- och returledning.

Det bör samtidigt understrykas att den mycket låga varmvattenförbrukningen varit till nackdel för solvärmeanläggningens prestanda.

#### DRIFTSERFARENHETER

Solvärmeanläggningen har efter intrimning och mindre justeringar, som utfördes under första driftåret, fungerat väl.

Exakta placeringen av reglergivaren vid solfångarens utlopp är kritisk. Systemets tröghet minskades radikalt genom att flytta givaren från ett grovt samlingsrör inuti solfångaren till absorATORYtan vid utloppet.

Inga skador har uppstått på någon del av anläggningen.

Solfångaren kokade vid ett tillfälle när automatiken hade kopplats ur av misstag. Ca 5 liter värmebärare pressades ut i ett uppsamlingskärl utan att någon skada uppstod.

Inga problem med frysning har konstaterats.

Snö på solfångaren glider lätt av och har därför inte nämvärt förhindrat driften.

Skiktningen i tanken fungerar väl vid värmning av varmvatten och uttag av värme till radiatorkretsen, men den bryts trots baffelplåten ned vid tillförsel av värme från solfångarkretsen.

Mycket god skiktning erhålls i ackumulatortanken då den laddas från pannan genom självcirkulation (de utnyttjade rörledningarna är ej inritad i figur 2.).

Projektledare

Torbjörn Jilar. CTH-Installationsteknik  
412 96 Göteborg. Tfn 031-81 01 00.

Beskrivning

Två småhus värms med luft. Solfångare som helt är luftkylda bidrar med värme. Fördelar med luftburna solfångare i kombination med luftvärmesystem som även motiverar projektet, anges vara:

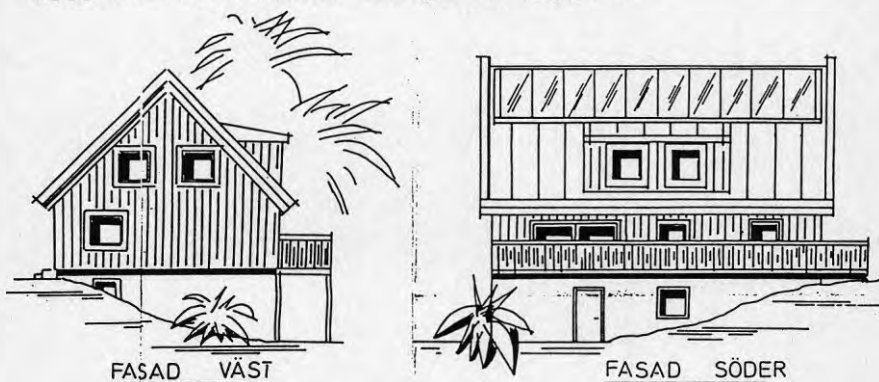
- inga frys-, koknings- eller korrosionsproblem i solfångare
- liten termisk tröghet i solfångare
- låg solfångartemperatur möjlig
- jämn rumstemperaturfördelning ger hög komfort
- lätt reglerbar friskluftomsättning och rumstemperatur
- enkel värmeåtervinning
- låg tillufttemperatur möjlig.

Låga temperaturer medger att värme från värmepumpar och från fjärrvärmenet nyttjas effektivare.

Problem med luft är

- läckagerisk
- lager utsätts för syresättning och mögelbildning
- luftdistribution ger skiktning och därmed ojämn värmeöverföring om stenlager och liknande används.

Byggnadernas utseende framgår av figur 1.



Figur 1 Byggnader, fasader och plan

### Dimensioneringsdata

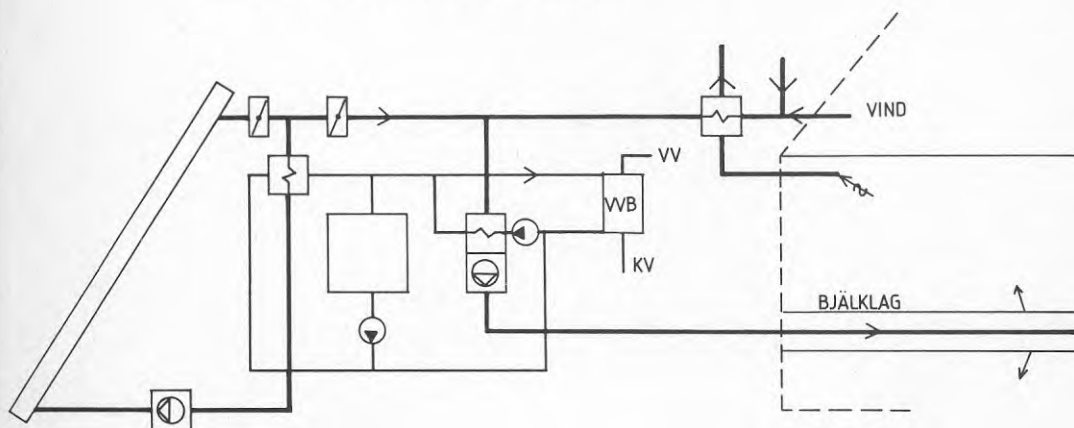
#### Byggnad

Isolertjocklek 25-30 cm och 4-glasfönster ger värmebehovet 90 W/K för transmission och ca 20 W/K för ventilation.

Årsenergibehovet blir 15 000 kWh varav behovet för tappvattenvärmning utgör 5 000 kWh.

#### Solfångare

Area 30 m<sup>2</sup>. Lutning 45°. Söderläge.  
Inkoppling framgår av figur 2.



Figur 2 Flödesschema

#### Lager

Värmesystemet består av centralt aggregat som via luftförande betongbjälklag, värmelager, tillför luft under fönster. Betongbjälklaget motsvarar det som finns i Studsviks kontorshus.

Värmevatten produceras av och tillsatsvärme avges från ett elbatteri.

Luftflöden mellan två och tre oms/h bedöms tillräckligt. Temperatur på inblåsningsluft kommer sällan att överstiga 30°C.

### Resultat

Mätningar och utvärdering pågår.



Projektet utgör fortsättning på nr 15, Lundaskog

#### Projektledare

Sten Jonsson, Tfn 033 - 10 84 20  
Contecton, Södra Strandgatan 5, Borås

#### Beskrivning

Tre enfamiljshus är försedda med solfångare och värmepump. Värme tas från spillvattentank. Solfångare värmer dessutom detta vatten.

#### Dimensioneringsdata

Solfångaryta och typ, 15 m<sup>2</sup> typ Elektra. Denna är försedd med enhetsglas. Värmepumpens kompressor har mäteffekten 1,5 kW. Vid förångnings/kondenseringstemperaturer +5°C/+50°C anges avgiven effekt till 5 kW. Köldmedium R12.

#### Litteratur

BFR-rapport under utarbetande.

BFR-rapport, Werner, G

25 VÄRMEVÄXLARE, VÄRMEMAGASINERANDE GRUND OCH  
ENKLA SOLFÅNGARE

### Projektledare

Ingemar Larsson, tel 033-13 47 55, 10 45 70  
Glimmerplan 9, 502 63 BORÅS

### Beskrivning

Luftsystem. Tilluft via vindsutrymme ned under källarbjälklag. Värmeväxling till betongbjälklag och till frånluft.

Distributionen därefter till byggnaden.

Soliga dagar. Tilluft värms av solfångare på tak och genom passage av fönster.

Vedpanna ger tillskottsvärme. Öppen spis producerar tappvarmvatten. Överskottsvärme vid eldning lagras i varmvattenmagasin av betongringar under hus. Tillsats under "mellanperioden" med elpanna.

Enkel teknik. Värmetrögt.

Mätning av bränsleåtgång och vissa energiflöden.

Utvärdering:

- . Betydelse av grunden och bjälklagets värmetröghet
- . Energitillskott från fönster respektive från solfångare på tak
- . Varmvattenmagasinets funktion.

### Projektnummer

780525-1 och 780539-4 (lån)

26

NOLLENERGIHUS VÄST, BOLLEBYGD

Projektledare

Matti Mikkonen, tfn 033-845 55  
Möb. v. 5, 517 00 BOLLEBYGD

Beskrivning

Enfamiljshus värmes med solfångare. Värme lagras delvis i bjälklag. En värmepump tömmer bjälklaget på värmeenergi.

Litteratur

Poul-Erik Kristensen

27

SOLENERGISYSTEM - LÅGTEMPERATUR

Projektledare

Sven Nilsson  
Nilcon Engineering AB  
KÄLLERED

Beskrivning

Luftburet solvärmesystem. Varmluft i betongbjälklag.  
T-luft under fönster.

Projektnummer

781505-0

Projektledare

Bengt Granberg, tel 0243-33731  
Gunnar Sahlin, tel 019-23825 Sveden 1, 781 00 BORLÅNGE

Beskrivning

Solfångarsystemet är kompletterad med en vedpanna och ett värmelager om ca 40 m<sup>3</sup> vatten.

Följare består av ljuskänslökroppar och servomotorer.

Dubbelväggigt glasrör med silikonolja som absorbator.

Reflektor av elektropolerad, eloxerad aluminiumplåt på stomme av glasfiber.

Projektnummer

790292-0 och 790293-5 (lån)

29 SOLVÄRMESYSTEM FÖR SMÅHUS MED SOLFÅNGARE  
INTEGRERAD I TAKKONSTRUKTION

Projektledare

Göran Johansson, tel 0121-13172  
Örkällan, 614 00 SÖDERKÖPING

Beskrivning

Solfångare med absorbator av typ Gränges aluminium, ca  $41 \text{ m}^2$ , är anslutna till värmelager bestående av vatten med volymen  $3,5 \text{ m}^3$ .

Solfångaren täckt med 4 mm glas. Inbyggnad i takkonstruktionen.

Projektnummer

790805-0 och 790806-6.

30.       UTVÄRDERING AV SOLVÄRMEPROJEKT  
          FÖR INDUSTRIBYGGNAD

BFR projektnummer 771357-5

---

PROJEKTLEDARE

Leif Andersson (1978-79)  
Lars Jensen     (1980-81)  
Institutionen för byggnadskonstruktionslära  
Lunds Tekniska Högskola  
LUND

PROJEKTETS MÅL OCH OMFATTNING

Projektet omfattar mätning och utvärdering av funktionen hos en solvärmeanläggning för en industribyggnad.

Automatiska mätningar pågick under 1979 och större delen av första halvåret 1980.

Tabell 1. Anläggningsdata

---

**Solfångarna**

Fabrikat	Teknoterm
Typ	Sun Unit 1
Area	336 m <sup>2</sup>
Lutning	90°
Orientering	20° öster om söder
Sammankoppling av fältet	Fältet var uppdelat på 4 parallellkopplade grupper, vilka var och en bestod av 12 parallellkopplade grupper, som i sin tur bestod av 7 parallellkopplade solfångarmoduler.
Värmebärare	Vatten
Frysskydd	Dränering av solfångarna
Värmebärrflöde	0.023 m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )

**Värmelager**

Typ	Sensibel värmelagring
Medium	Vatten
Behållare	Liggande cylindrisk ståltank.
Volym	42.5 m <sup>3</sup>
Isolering	200 mm mineralull

---

### SOLVÄRMEANLÄGGNINGEN

Solvärmeanläggningen var uppbyggd kring 336 m<sup>2</sup> solfångare och en liggande cylindrisk ståltank med volymen 42.5 m<sup>3</sup>. Anläggningen var avsedd att leverera värme för uppvärmning och varmvattenberedning. Några data för anläggningen visas i tabell 1.

### DRIFTSERFARENHETER

Anläggningen fungerade dåligt. Under 1979 var solfångaren i drift endast 124 timmar och samlade in 8 MWh värme, vilket räknat per solfångararea endast är 24 kWh/m<sup>2</sup>. Resultatet var inte bättre under 1980. Två förhållanden, som delvis förorsakat den korta drifttiden är hög arbetstemperatur (värmens utnyttjades inte) och dålig reglerfunktion (givaren, som skulle känna solfångarens utloppstemperatur var monterad utanför solfångaren och påverkades av utelufttemperaturen).

Uppmätta värden för fältets 'momentana' effektverkningsgrad var lägre än värden beräknade på grundval av provningsresultat från Statens Provningsanstalt. Detta antas bero bl.a på flödesobalans inom gruppen om 7 solfångarelement.

### LITTERATUR

Jensen, L, 1981, Solvärme för industribyggnad i Kungsbacka. Mätresultat och utvärdering. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R50:1981. Stockholm



## 31 SOL FÖR VÄRME OCH VARMVATTENBEREDNING I SKÖVDE

Kontaktperson

Olov Bolin, Skövde kommun, tfn 0500-680 00  
Box 86, 541 22 SKÖVDE

Beskrivning

Enfamiljshus värmes av solfångare, ca 15 m<sup>2</sup>, av Nyby-Uddeholms-typ. Ett värmelager om ca 1000 l vatten. Solfångarna är vertikalt placerade på vägg.

Projektledare

Nils Dafgård, Tfn 08-744 00 00  
K-Konsult, Liljeholmstorget 7, 117 80 Stockholm

Beskrivning

Flera byggda och värderade projekt redovisas De är bl a följande

<u>Projektnamn/ledning</u>	<u>Beskrivning</u>
Forserumprojektet HL Värmegrund BPA Teknikutveckling	Makadamgrund värmdes med moståndskablar -el. Ventilationsluft tilläts passera och värmdes. Ca 25 hus byggdes.
Värmegrundhus i Hässelby BPA	Lika de ovan nämnda. Två hus.
Enfamiljshus i Genève Ramas Teknik AB	Solfångare och elbatteri värmer ett stenmagasin i ett separat utrymme om ca 40 m <sup>3</sup> .

Vidare diskuteras i rapporten

- flödesfördelning
- tryckfall i kornformigt material
- värmeövergång och lagring i stensbäddar
- beräkningsmetoder
- värmeledning i stenar

Litteratur

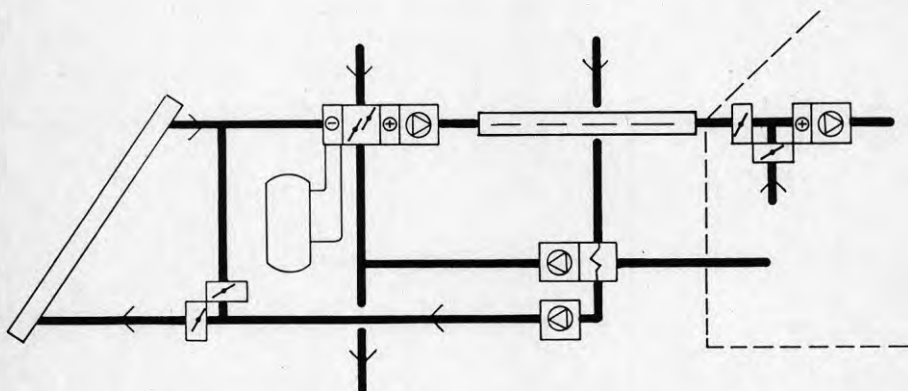
Dafgård, N och Werner, G: Erfarenheter från lagring av värme i stenmagasin, BFR R124:1983

Projektledare

Göran Werner, Tfn 08 - 744 00 00

K-Konsult, Liljeholmstorget 7, 117 80 Stockholm

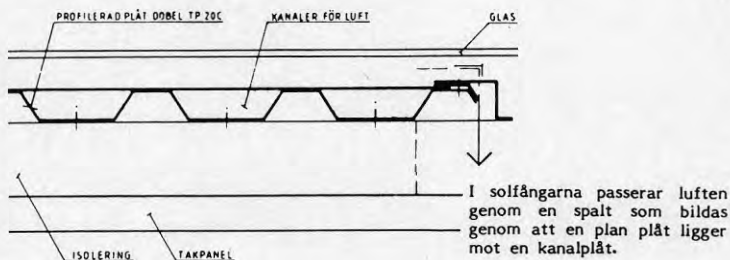
Solfångare bestående av profilerad stålplåt, täckta med glas, förvärmer tilluft. Överskottsvärme inlagras i bjälklag av betong där luftkanaler ingjutits. Värme-systemet är helt luftburet.



Flödesschema

Dimensioneringsdata

Värmd bostadsarea	1000 m <sup>2</sup>
Solfångararea	100 m <sup>2</sup>
Dimensioner	1 x 6 m (parallellkopplade)



Tvärsnitt solfångare

Tilluftstemperatur	45° C vid DUT
Uteluftflöde	ca 0,5 oms/h

Besparing

Mätningar utförs av Mätcentralen, KTH.

Projektledare

Kurt Källblad, tfn 046-10 70 00  
Lunds Tekniska Högskola, Box 1703, 220 01 LUND

Beskrivning

Ett enfamiljshus värmes med solfångare arbetande med luft som värmebärare. Area ca 50 m<sup>2</sup>. Ett plastskikt täcker absorbatoren. En värmepump ingår även i systemet.

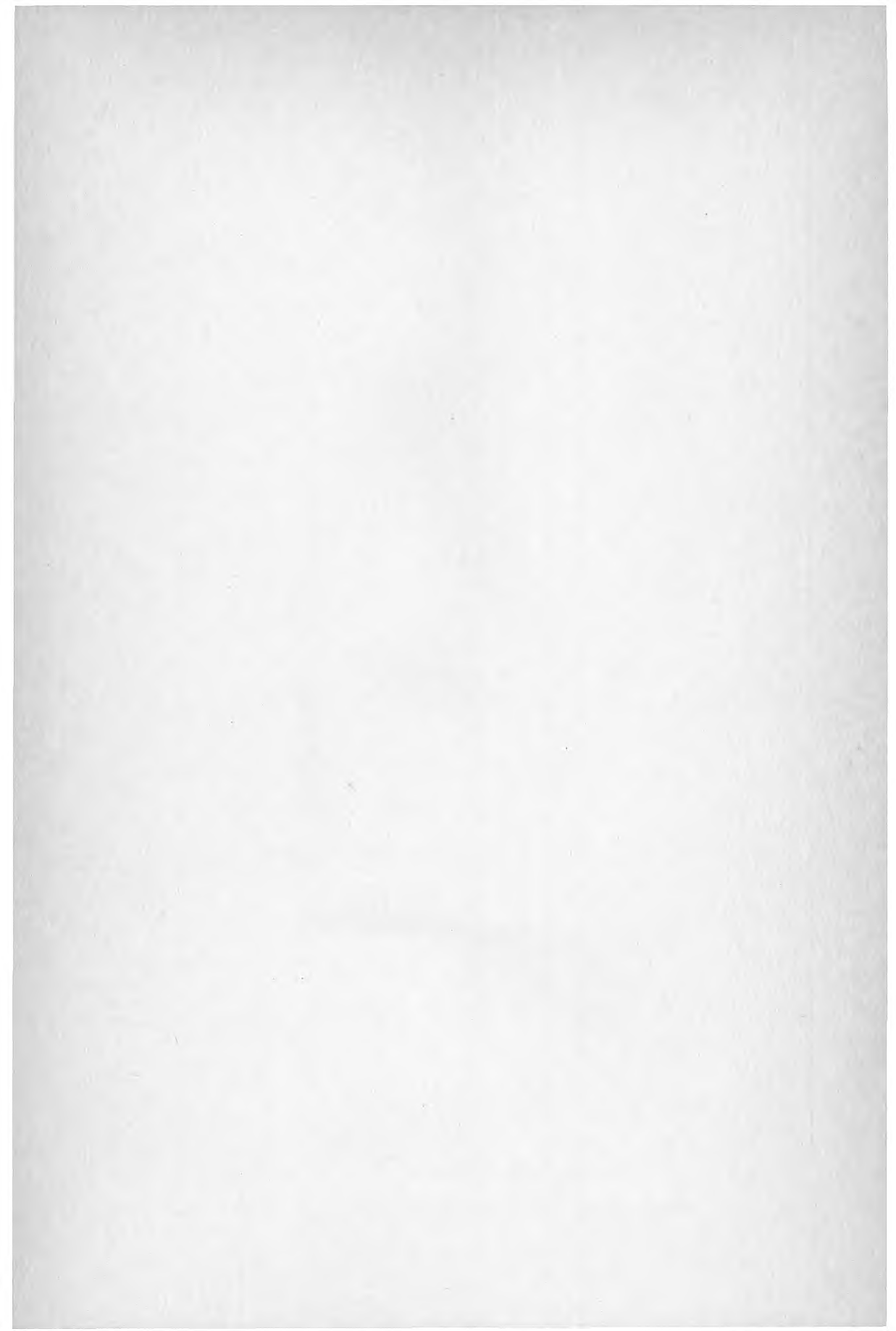














Byggforskningsrådet har av regeringen fått i uppdrag att ta fram underlagsmaterial inför omprövning av gällande riktlinjer för energipolitiken och energisparverksamheten i byggnader.

Resultatet av detta arbete redovisas i Byggforskningsrådets 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 byggforskningsrådet, 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 modellering**
- 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: 6704146**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirkapris: 55 kr exkl moms**

**R146: 1984**

**ISBN 91-540-4215-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**