



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

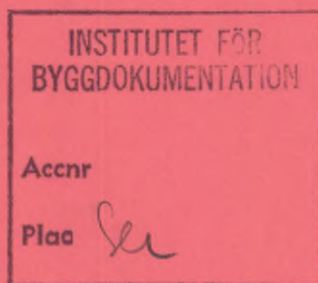
R135:1985

**Energiflöden i renoverad
solvärmeanläggning**

Ingelstad, kv Kvarngården

Bengt Drakenberg

*V
adr*



Byggeforskningsrådet

R135:1985

ENERGIFLÖDEN I RENOVERAD SOLVÄRMEANLÄGGNING

Ingelstad, kv Kvarngården

Bengt Drakenberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830877-6
från Statens råd för byggnadsforskning till AF-Energi-
konsult AB, Malmö.

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

R135:1985

ISBN 91-540-4494-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING	5
1.	INLEDNING	7
2.	ANLÄGGNINGEN	8
2.1	Byggnaden	8
2.2	Uppvärmningssystem	9
2.3	Olje- och elpannor	11
2.4	Solfångare	11
2.5	Akkumulator, värmeväxlare och inkoppling till radiatorsystemet	12
3.	MÄTMETODEN	13
3.1	Registrering av mätvärden	13
3.2	Värmemätare	13
3.3	Solinstrålning	14
3.4	Registrerade och beräknade storlekar	15
4.	ARSENERGIFLÖDEN	
4.1	Årsförbrukningar 1984	16
4.2	Årsenergiagrammet	16
4.3	Kvartalsdiagrammen	18
4.4	Solfångarnas verkningsgrader 1984	20
5.	ENERGIFLÖDEN UNDER UTVALDA DYGN	22
5.1	Dygnsdiagram	22
5.2	Energiflöden under ett vinterdygn	22
5.3	Energiflöden under ett vårdygn	24
5.4	Energiflöden under 2 sommarygn	26
5.5	Energiflöden under ett höstdygn	29
6.	SLUTSATSER	31
BILAGA 1	Journal över arbetsgång, ändringar och driftproblem	33
BILAGA 2	Anläggningsrapport om rekonstruktion av solvärmeanläggning	34
BILAGA 3	Avläsningsjournal	52
	LITTERATUR	53

SAMMANFATTNING

I Ingelstad ca 20 km söder om Växjö ligger kvarteret Kvarngården, ett bostadsområde, som uppfördes 1979 och ägs av Stiftelsen Värendshus. Området omfattar 7 huskroppar med 51 lägenheter och en del gemensamma utrymmen. Den totala uppvärmda ytan är 3836 m².

Till bostadsområdets värmecentral är en solvärmearläggning kopplad med 3 grupper solfångare och en ackumulator på 23 m³ för lagring av solenergi under kortare perioder. Efter upprepade läckage i solfångarna togs solvärmearläggningen ur drift 1982. I juni 1983 gjordes en rekonstruktion av anläggningen. Solfångarna byttes ut mot nya med en sammanlagd exponerad yta på 242 m². Varje solfångarkrets är sluten med värmeväxlare i ackumulatortank och glykolblandat vatten i kretsen. Det tidigare systemet var av dränerande typ. En del ändringar gjordes också i värmearläggningen för att den bättre skulle kunna utnyttja solenergin. Dessa arbeten har utförts av Scandinavian Solar AB i Göteborg.

AF Energikonsult har under 1983 och 1984 gjort mätningar för att bestämma energiflödena i den rekonstruerade anläggningen. Som underlag för beräkningarna i rapporten har använts mätvärden insamlade under 1984.

Insamling av mätvärden har skett genom manuell avläsning av värme-, kWh-, drifttids- och vattenmätare samt en del temperaturer. Avläsning har skett en gång/arbetsdag. Beräkning av mot solfångarna infallen solstrålning har gjorts med hjälp av SMHI:s uppgifter över globalinstrålningen från Växjö flygplats och framtagna omvandlingsfaktorer.

För uppvärmning åtgick under 1984 496 MWh eldningsolja och 173 MWh elenergi. Solvärmearläggningen tog upp 50 MWh av de 223 MWh solenergi som infallit mot solfångarna.

Av den tillförda energin, 719 MWh, har 395 gått till radiatorsystemet, 80 MWh till tappvarmvatten, 40 MWh till VVC förluster och 12 MWh till ett torkskåp i den gemensamma tvättstugan. Övriga förluster har då uppgått till 192 MWh. Anläggningens energibalans har sammanställts i form av ett s k Sankeydiagram.

Diagram har även tagits fram för utvalda vinter-, vår-, sommar- och höstdagar. Av praktiska skäl har mätarna avlästs endast 1 gång/dygn. Dygnsvärdena från vissa värmemätare har haft stora fel. Dygnsdiagrammen är därför något osäkra.

Solfångarnas årsverkningsgrader 1984 har varit 32, 13 och 23 %, med andra ord omotiverat stora skillnader, som troligtvis beror på problem med styrningen och lång ledningsdragning.

Av mätningarna kan man dra en del slutsatser.

När man gör mätningar för att utvärdera ett solvärmesystem med korttidslagring måste man ha tillgång till mätvärden med täta tidsintervaller, vilket man enklast samlar in med en mät dator istället för manuella avläsningar.

Om verkningsgraderna i två av de tre solfångarna kan förbättras kommer solenergin att kunna tillföra 70 MWh till värmesystemet.

Genom att förenkla tappvarmvattenberedningen något, kan förlusterna i ackumulatordelen minskas.

Vi vill tacka Evert Andersson och hans medarbetare på Stiftelsen Varendshus för deras medverkan med mätaravläsningarna.

1. INLEDNING

Kvarteret Kvarngården är ett bostadsområde i Ingelstad ca 20 km söder om Växjö, som uppfördes av Stiftelsen Varendshus 1979. Till områdets värmecentral är ett solvärmesystem kopplat med 3 grupper solfångare riktade åt öster, söder och väster. Dessa var ursprungligen av s k dränerande typ. Efter upprepade läckage i solfångarna då stora delar av deras yta var fränkopplad under långa tider, togs solvärmesystemet slutligen ur drift under 1982. Under juni 1983 rekonstruerades solvärmesystemet och har sedan dess fungerat utan större komplikationer. För att bestämma energiflödena i det nya solvärmesystemet har ÅF-Energikon-sult med hjälp från Stiftelsen Varendshus utfört mätningar från och med augusti 1983 till och med december 1984. Under 1981 och 1982 gjordes mätningar av Lunds Tekniska Högskola. Dessa avbröts i och med att solvärmesystemet togs ur drift. Från denna tidigare mätning fanns värmemätare inmonterade i anläggningen. I detta projekts förutsätt-ningar skulle dessa värmemätare utnyttjas för den nya mätningen. Detta har gjorts där så varit möjligt, men en del nödvändiga ändringar gjordes i samband med ombyggnaden och under hösten 1983 efter att stora mätfel uppdagades.

Som underlag för beräkningarna i rapporten har använts mätvärden, som insamlats från och med januari 1984 till och med december 1984.

En journal över mätprojektets arbetsgång, ändringar och driftproblem redovisas i bilaga 1.

2. ANLÄGGNINGEN

2.1 Byggnaden

Kv Kvarngården i Ingelstad ca 20 km söder om Växjö är ett flerbostads-
husområde med 51 lägenheter och en del gemensamma utrymmen för-
delat på 7 huskroppar (hus A1, A2, B1, B2, B3, B4 och D). Den totala
uppvärmda ytan är ca 3836 m². Bostadshusen är byggda som loftgångshus
i 2 plan.



Figur 2.1 Hus B3 med värmecentral och solfångare åt väster och öster



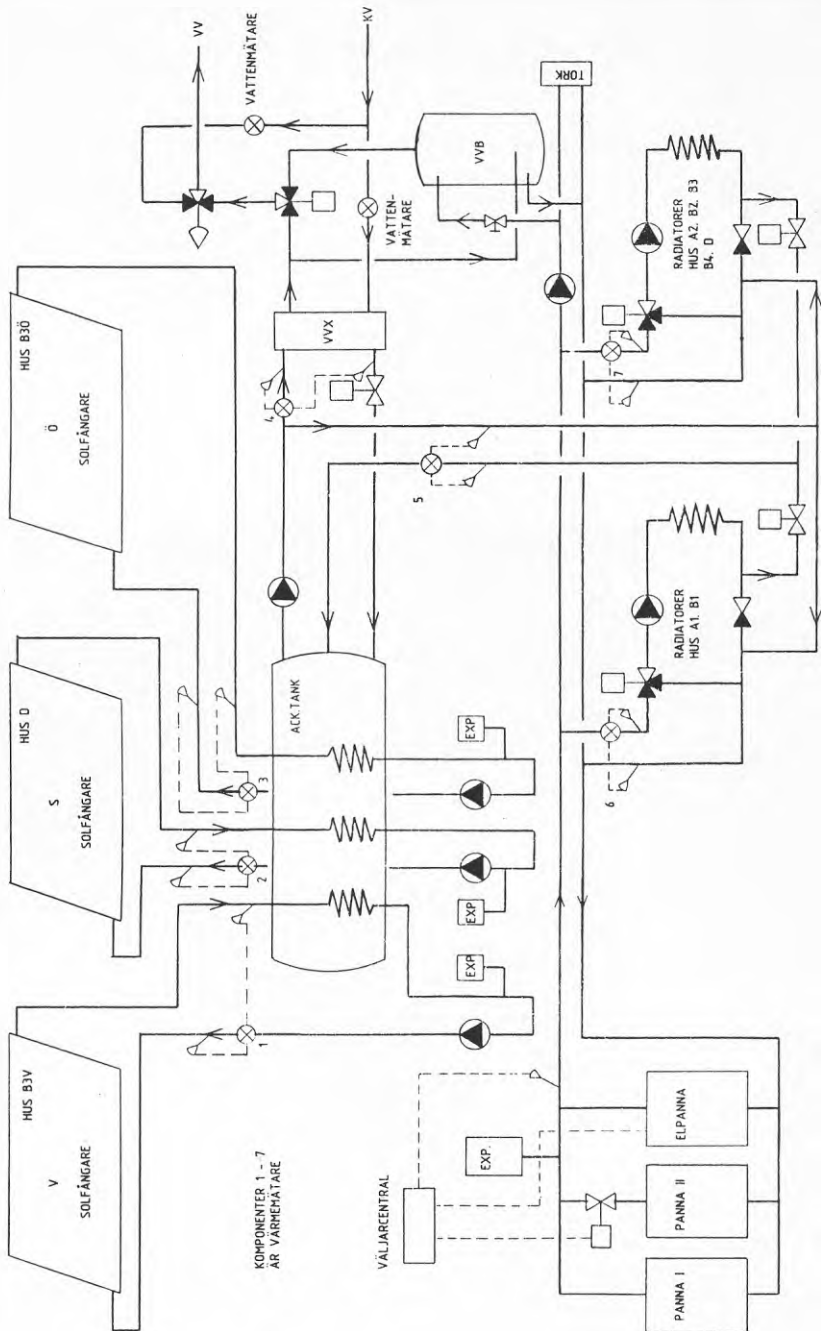
Figur 2.2 Hus D med solfångare åt söder

Den uppvärmda ytan fördelar sig på följande huskroppar:

		Anm
Hus A1	632 m ²	lågtempererat radiatorsystem
" A2	632 "	
" B1	595 "	lågtempererat radiatorsystem
" B2	595 "	
" B3	595 "	varav 164 m ² är tvättstuga, damfrisering och vaktmästarutrymmen
" B4	595 "	
" D	<u>192</u> "	Servicecentrum
Totalt	3836 "	

2.2 Uppvärmningssystem

Bostadsområdet värms med olja och el från en värmecentral kompletterad med en solenergianläggning. Värmecentralen och solenergisystemets ackumulator är belägen i källaren till B3 huset. Under juni och juli 1983 byttes solfångarna ut mot nya platsbyggda av fabrikat Scandinavian IT och en del ändringar gjordes i värmeanläggningen för att den bättre skulle kunna utnyttja solenergin. Dessa arbeten och systemets uppbyggnad är beskrivna i bilaga 2. Ett principalschema på anläggningen visas i figur 2.3 på nästa sida.

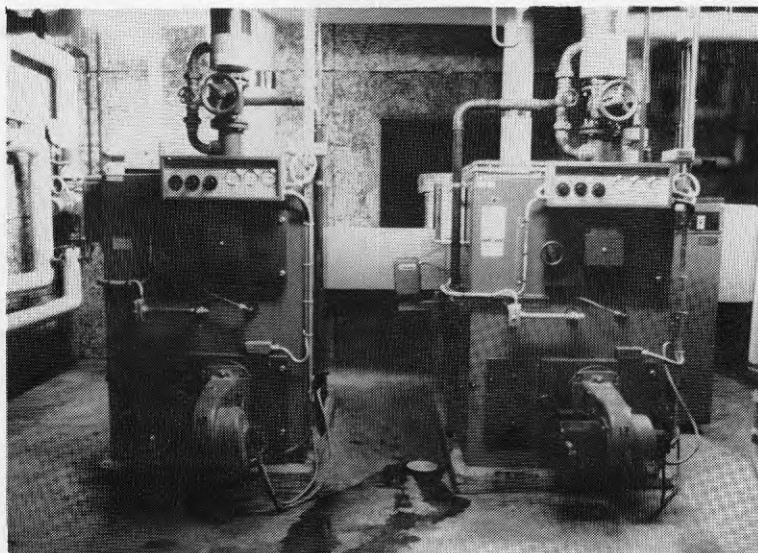


Figur 2.3 Principschema över värmeanläggningen och värmemätarnas placering

2.3 Olje- och elpannor

Oljepannorna är 2 st självdragspannor på vardera 185 kW märkeffekt. Med ledning av munstyckesstorlekarna och oljetryck har brännarnas avgivna bruttoeffekt beräknats till ca 150 kW i panna 1 och 140 kW i panna 2. Oljepannorna är försedda med dragregulatorer, som konstant håller undertrycket vid drift och stänger rökkanalerna vid stillestånd.

Elpannans maxeffekt är 45 kW. En väljarcentral styr de tre pannorna så att elabonnemanget utnyttjas optimalt och att den ena oljepannan är kallhållen så stor del av året som möjligt.



Figur 2.4 Oljepannor. Till höger, delvis skyrd syns elpannan.

2.4 Solfångare

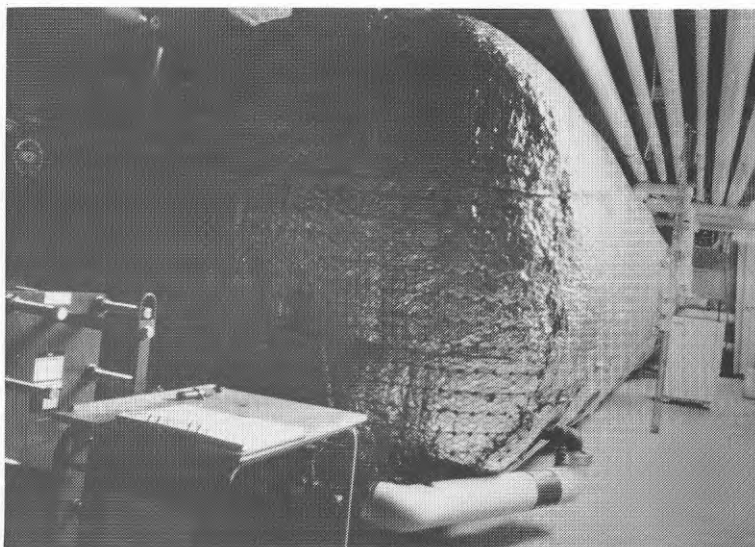
Solfångarna är orienterade i tre vädersträck. Deras lutning från horisontalplanet, orientering och aperturyta (exponerad solfångaryta) visas i tabellen nedan.

Solfångare	B3Ö	B3V	D
Lutning ($^{\circ}$)	22	22	27
Orientering ($^{\circ}$)	92	272	166
Aperturyta (m^2)	71	71	100

Som synes är solfångarnas lutning ganska liten. Detta är dikterat av att de är monterade direkt på husens yttentak. Optimal vinkel för sommartid är ca 45° , men avvikelserna ger endast 7-8 % sämre energitillgänglighet. Solfångarnas konstruktion beskrivs i bilaga 2.

2.5 Ackumulator, värmeväxlare för tappvarmvatten och inkoppling till radiatorsystemet.

Ackumulatortanken har en volym av 23 m^3 . Den är dimensionerad för att kunna lagra energi från dag till natt och till kortare mulna perioder. Solfångarnas värmeväxlarbatterier är monterade inuti tanken.



Figur 2.5 Ackumulatortanken

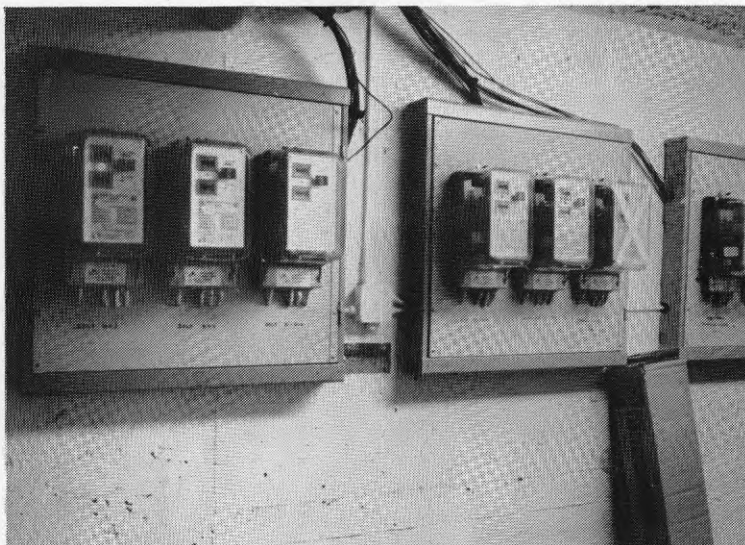
Tappvarmvattensystemet är kopplat så att allt varmvatten som förbrukas passerar en plattvärmeväxlare och förvärms av solvärmesystemet. Därefter går det antingen in i förrådsberedaren och värms till ca 70°C eller direkt till blandningsventilen som styr utgående varmvattentemperatur till ca 52°C . Plattvärmeväxlaren förses med värmevatten från ackumulatortanken av en pump som även matar radiatorsystemet. Denna pump har under största delen av året varit i drift kontinuerligt. Problem med att luft har läckt in i värmesystemet under vintern och våren har spårats till denna pump. Styrventilen för plattvärmeväxlaren har därför ställts för hand ungefär $2/3$ öppen. Systemet ändrades under hösten så att pumpen startade endast då det fanns energiöverskott i ackumulatortanken.

3. MÄTMETODEN

3.1 Registrering av mätvärden

Enligt önskemål från BFR skulle energiflödena bestämmas med hjälp av manuell registrering och den befintliga mätutrustningen skulle i möjligaste mån användas. Denna bestod i huvudsak av 9 st värmemätare. Av dessa har 7 st använts under mätperioden januari 84 -december 84. Kompletteringar har gjorts med 2 st kallvattenmätare, 3 st drifttidmätare, 1 st termometer samt en kWh-mätare för elpannan.

Avläsning och registrering av mätvärdena har utförts 1 gång/arbetsdag av personal vid Stiftelsen Värendshus. Avläsningsjournalerna har sedan skickats varje vecka till AF-Energikonsult i Malmö för utvärdering. En ifyllt journal visas i Bilaga 3.



Figur 3.1 Några av värmemätarnas integreringsverk

3.2 Värmemätare

I figur 2.3 visas var i anläggningen de använda värmemätarna är placerade.

Värmemätaren består av en hetvattenmätare med impulsgivare, två temperaturgivare placerade i tilllopps- respektive returledning och ett integreringsverk som kan beräkna integralen:

$$\int_{t_1}^{t_2} m \cdot c_p \cdot \Delta T dt$$

m	=	massflödet (kg/h)
c_p	=	vattnets värmekapacitet (kJ/kg°C)
ΔT	=	tilloppstemp. - returledningstemp. (°C)
t	=	drifttid (h)

Denna integral är det samma som energiflödet i kretsen från tidpunkten t_1 och t_2 .

3.3 Solinstrålning

Eftersom den befintliga mätutrustningen skulle användas utan omfattande kompletteringar, fanns inte möjligheten att mäta den infallna solstrålningen direkt vid solfångarna. För att ändå få en uppfattning om hur mycket som fallit in, har SMHI:s uppgifter över globalinstrålningen (direkt + diffus solstrålning) och dygnsmedeltemperaturer från Växjö flygplats använts. Flygplatsen är belägen ca 25 km nordväst om Ingelstad. Lokala skillnader i vädret mellan dessa båda platser förekommer naturligtvis.

Då SMHI:s globalinstrålningsvärden avser strålningen mot en horisontell yta, har det varit nödvändigt att ta fram omvandlingsfaktorer för förhållandet mellan instrålningen mot de tre solfångarna och en horisontell yta. Detta har gjorts genom att bestämma "medelinstrålningen mot fasta lutande plan" (Duffie & Beckman 1980).

I tabellen nedan visas dessa omvandlingsfaktorer (månadsmedelvärden), som beräknats för de tre solfångarna.

Månad	\bar{R}		
	Öster B3Ö	Väster B3V	Söder D
Jan	1.16	1.09	2.55
Feb	1.08	1.05	1.80
Mars	1.03	1.01	1.34
Apr	1.00	0.99	1.12
Maj	0.99	0.98	1.02
Jun	0.98	0.98	0.98
Juli	0.98	0.98	0.99
Aug	0.99	0.98	1.06
Sept	1.01	1.00	1.23
Okt	1.05	1.02	1.59
Nov	1.11	1.05	2.19
Dec	1.18	1.12	3.01
Solfångare	B3Ö	B3V	D
Lutning ($^{\circ}$)	22	22	27
Orientering ($^{\circ}$)	92	272	166
Aperturyta (m ²)	71	71	100

$$\bar{H}_T = \bar{R} \cdot \bar{H} \cdot A$$

\bar{H}_T = instrålningen mot solfångarna (kWh)

\bar{R} = omvandlingsfaktorn

\bar{H} = Globalinstrålning mot horisontell yta
(kWh/m²)

A = Solfångarytan (m²)

Noggrannheten är ca ± 10 %.

3.4 Registrerade och beräknade storheter

Förutom instrålningen mot solfångarna har följande storheter direkt uppmätts eller beräknats för att kunna bestämma energiflödena i anläggningen:

- Den upptagna och till ackumulatorn avgivna energin. Har registrerats av en värmemätare i respektive solfångarkrets.
- Energi från ackumulatorn till tappvarmvattenvärmning och till radiatorkretsarna. Har registrerats av 2 värmemätare.
- Elenergi till elpannan har registrerats av en kWh-mätare.
- Oljeenergin har beräknats genom att oljebrännarnas gångtider registrerats med drifttidsmätare. Den avgivna värmeeffekten från respektive brännare bestäms ur brännarmunstyckets storlek, oljetryck och oljans effektiva värmevärde. Energimängden fås genom att den avgivna effekten multipliceras med gångtiden för perioden.
- Rökgasförlusterna i pannorna har bestämts med rökgasanalys.
- Energin från panncentralen till radiatorerna har registrerats med 2 värmemätare i stamledningarna från pannorna till de 2 radiatorshuntgrupperna.
- Energin till tappvarmvattenberedning har beräknats ur temperaturskillnaden mellan inkommande och utgående vattentemperaturer och vattenmängden för perioden. Den energi som solvärmesystemet eventuellt tillfört har subtraherats.
- Varmvattencirkulationsförlusterna har beräknats genom att pumpflödet har uppmätts liksom temperaturdifferensen under de olika årstiderna.
- Energin till torkskåpet har bestämts med drifttidsmätare och kataloguppgift om avgiven värmeeffekt.

4. ARSENERGIFLÖDEN

4.1 Årsförbrukningar 1984

Under 1984 förbrukades i kv Kvarngården 49.6 m³ eldningsolja 1, 173 MWh el till elpannan och solvärmeanläggningen tog upp 50 MWh av de 223 MWh solenergi som infallit mot solfångarna. Den sammanlagda bruttoenergiåtgången var 719 MWh. Den specifika energianvändningen

$$\frac{\text{bruttoenergin}}{\text{uppvärmd lokal yta}} \text{ blir } \frac{719000}{3836} = 187 \text{ kWh/m}^2 \text{ uppv.yta.}$$

Med tanke på att kv Kvarngården är byggt 1979 är detta en aning hög siffra. Normalt borde den kunna ligga omkring 150 kWh/m².

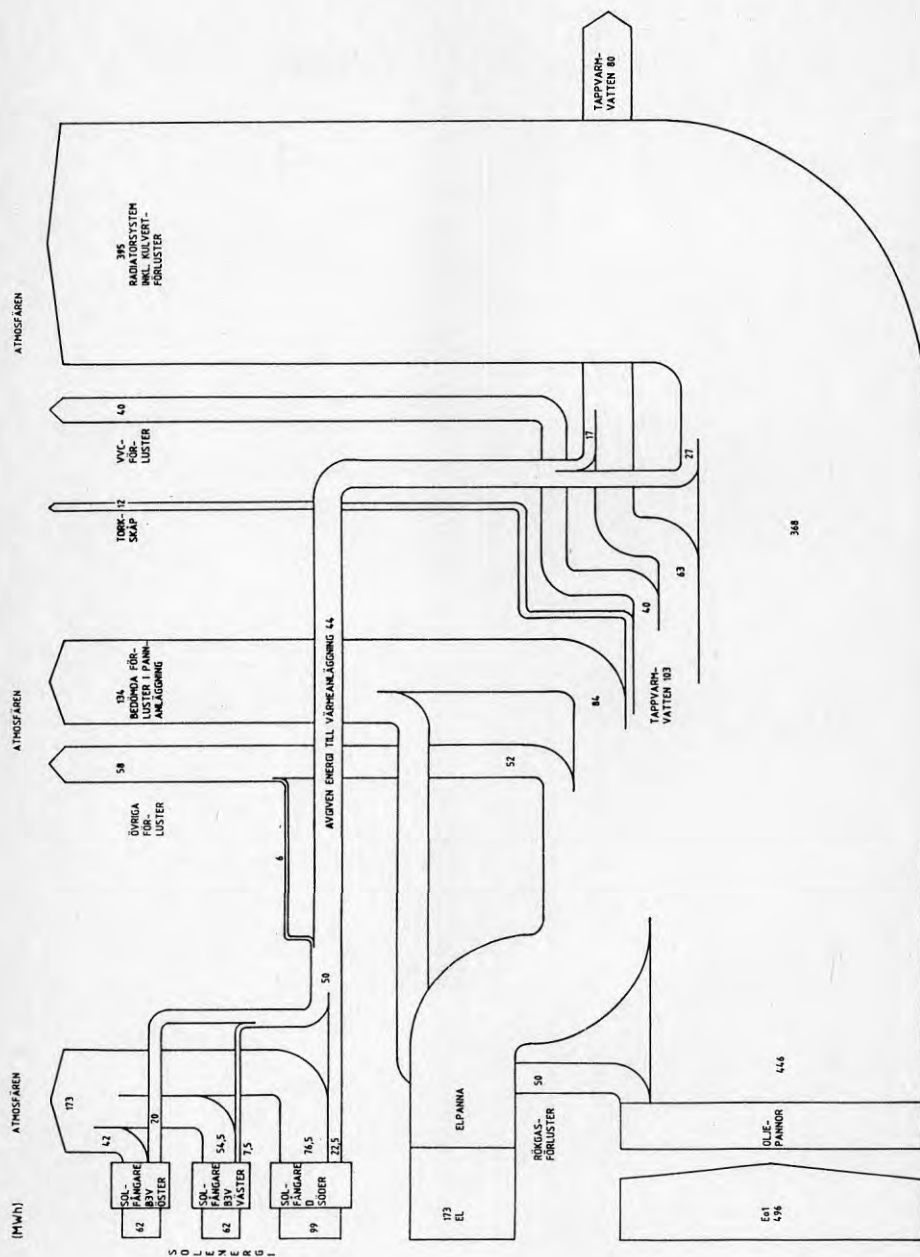
Vattenförbrukningen i området var 4056 m³ totalt varav 1615 m³ var varmvatten. Totalförbrukningen per lägenhet blir ca 80 m³ och varmvattenförbrukningen ca 32 m³.

4.2 Årsenergiagrammet

I Sankeydiagrammet över årsenergianvändningen har övriga förluster delats upp i två delar. Den ena är vad som kan antas vara rimliga förluster i en värmeanläggning av sådan typ som finns i kv Kvarngården. Dessa har bedömts till 134 MWh, dvs 80 % av el- och oljeenergin inklusive rökgasförluster.

Kvarstår då övriga förluster på 58 MWh. Av dessa är 6 MWh skillnaden mellan upptagen solenergi och till tappvarmvatten och radiatorer avgiven energi, dvs förluster från ackumulator. Detta kan anses som ganska rimligt. Resten 52 MWh kan inte karteras eller placeras under någon särskild rubrik.

Diagrammet visas på nästa sida.

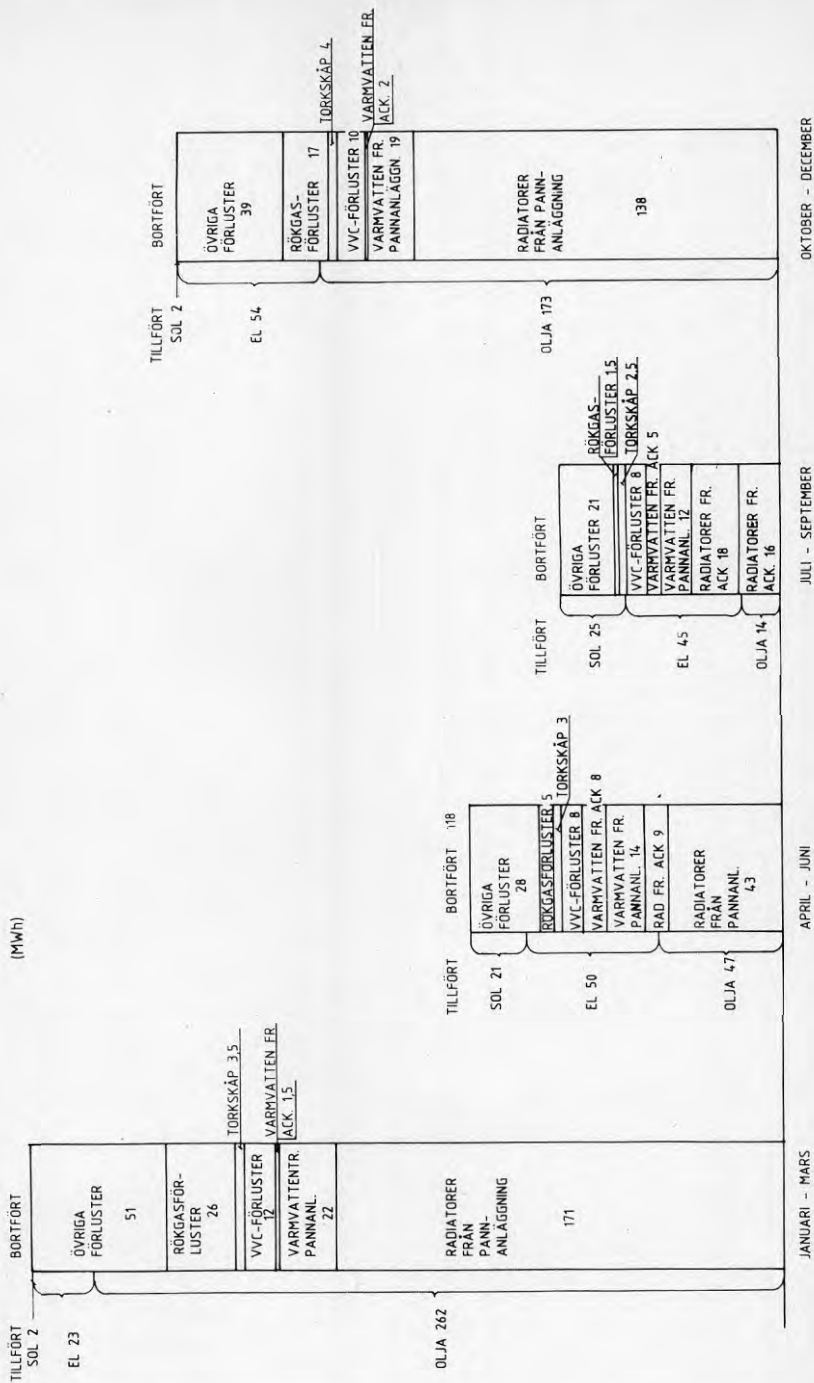


Figur 4.1 Sankeydiagram över årsenergianvändningen 1984 i MWh

4.3 Kvartalsdiagrammen

De sammanlagda energimängderna skiljer sig på vissa poster från årsenergiagrammet. Detta beror på att värdena avrundats.

Diagrammen visas på nästa sida.



Figur 4.2 Stapeldiagram över energianvändningen 1984 uppdelat kvartalsvis

4.4 Tabell över solfångarnas verkningsgrader 1984

	B3Ö 71 m ²			B3V 71 m ²			D 100 m ²			Global- instrålning, Wh/m ²
	In- fallen energi kWh	Upp- tagen energi kWh	η %	In- fallen energi kWh	Upp- tagen energi kWh	η %	In- fallen energi kWh	Upp- tagen energi kWh	η %	
Jan	884	0	-	830	0	-	2736	0	-	10728
Febr	1654	0	-	1607	0	-	3882	62	1.5	21568
Mars	5109	334	6.5	5010	296	6.0	9362	1452	15.5	69866
April	7847	2319	29.5	7769	738	9.5	12379	2427	19.5	110530
Maj	10003	3697	37.0	9902	1354	13.5	14515	3882	26.5	142308
Juni	8966	3537	39.5	8966	109	1.0*	12628	2848	22.5	128855
Juli	10327	4632	45.0	10327	2037	19.5	14693	3629	24.5	148415
Aug	9058	3531	39.0	8966	2085	23.5	13659	4203	31.0	128859
Sept	4412	1418	32.0	4368	859	19.5	7567	1891	25.0	61519
Okt	2509	534	21.5	2437	127	5.0	5351	896	16.5	33652
Nov	1093	52	5.0	1034	104	10.0	3037	384	12.5	13869
Dec	555	4	0.5	527	81	15.4	1994	89	4.5	6625
Σ	62417	20010		61743	7771		99340	22734		876794
	Årsverk- ningsgrad		32 %	Årsverk- ningsgrad		13 %	Årsverk- ningsgrad		23 %	

*) pumpen ur funktion.

Verkningsgraden i solfångare B3V är dålig. Orsaken till detta är sannolikt av mekanisk eller styrteknisk natur. Solinstrålningen är ungefär lika stor som mot solfångare B3Ö, vilken har en bra verkningsgrad. Genom att även vätskemängderna, som registrerats av värmemätarna har noterats vid de dagliga avläsningarna, kan man få fram temperaturskillnaden mellan solfångarnas tillopp och returledningar.

En solig sommardag som den 9/7 hade solfångare B3Ö en temperaturskillnad på 7.1°C, B3V 2.5°C och D 5.8°C. Medeltemperaturskillnaden över året var i B3Ö och D 4.3°C och i B3V endast 1.0°C.

Orsak till solfångare D:s något låga verkningsgrad kan vara den långa ledningsdragningen från hus D. Innan den uppvärmda brinen från solfångaren når ackumulatorn skall en vätskepelare på ca 60 liter först pumpas undan och kanske kyla ackumulatorn något. Under dagar med växlande molnighet och därmed många pumpstarter har detta betydelse.

5. ENERGIFLÖDEN UNDER UTVALDA DYGN

5.1 Dygnsdiagram

Eftersom solvärmesystemet är utformat med en ackumulator för korttidslagring av solenergin är det intressant att se energiflödena under några utvalda dygn. För vår- och höstdiagrammen har soliga dygn valts ut och för sommardiagrammen både ett soligt och ett molnigt dygn. Vinterdiagrammet är baserat på ett dygn med en medeltemperatur nära månadsmedelvärdet för februari.

I vår- och höstdiagrammen har inte det av värmemätaren registrerade energiflödet från pumpanläggningen till den större radiatorshuntgruppen använts på grund av att felvisningen varit orimligt stor. Den totala energin till radiatorerna har istället skattats med hjälp av avläsningar från energiflödet till den mindre shuntgruppen och förhållandet mellan de uppvärmda ytorna, som betjänas av respektive shuntgrupp.

Orsaken till felvisningen är att hetvattenmätaren överdimensionerats för att inte skapa för stort motstånd och då flödet från pannan varierar med värmebehovet "slirar" mätaren vid små flöden.

Under vår, sommar och höst används så liten del av årsenergin till radiatorer att då man studerar energiåtgången i radiatorkretsarna för hela året blir felvisningen obetydlig och avläsningarna har därför kunnat användas vid konstruktionen av årsdiagrammet.

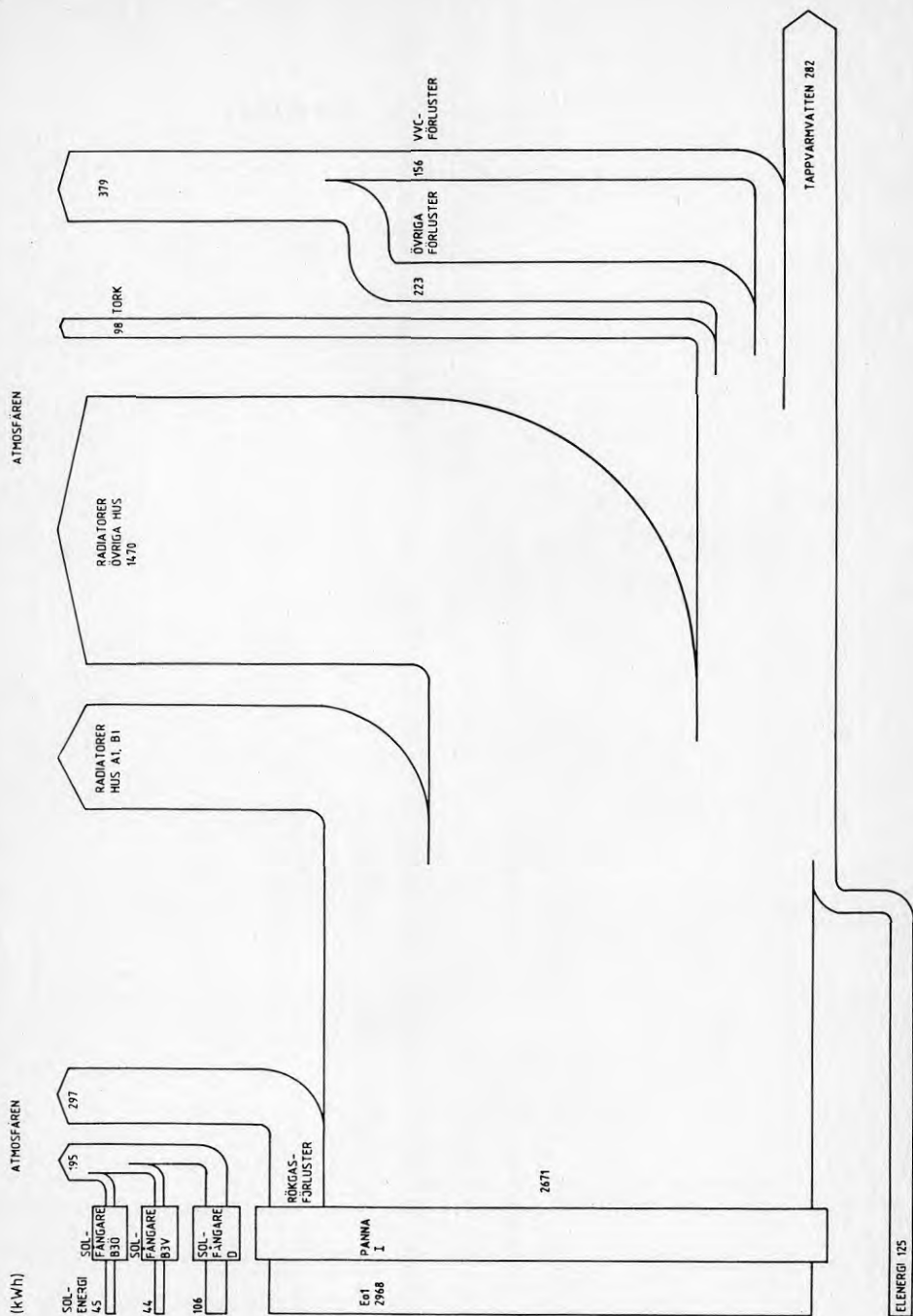
Ej heller har mätvärdena på energiflödena från ackumulatortill varmvatten och radiatorer använts i dygnsdiagrammen av ovan nämnda skäl.

Dygnsdiagrammen innehåller med andra ord större osäkerheter än vad årsenergidagrammet gör. Dessutom kan man inte bestämma när på dygnet som solenergin givit ett tillskott.

5.2 Energiflöden ett vinterdygn

Tidpunkt: 84-02-28 kl 7.30 till 84-02-29 kl 7.30.
Medeltemperatur -2.7°C . Mulet väder, 0 soltimmar.

Diagrammet visas på nästa sida.



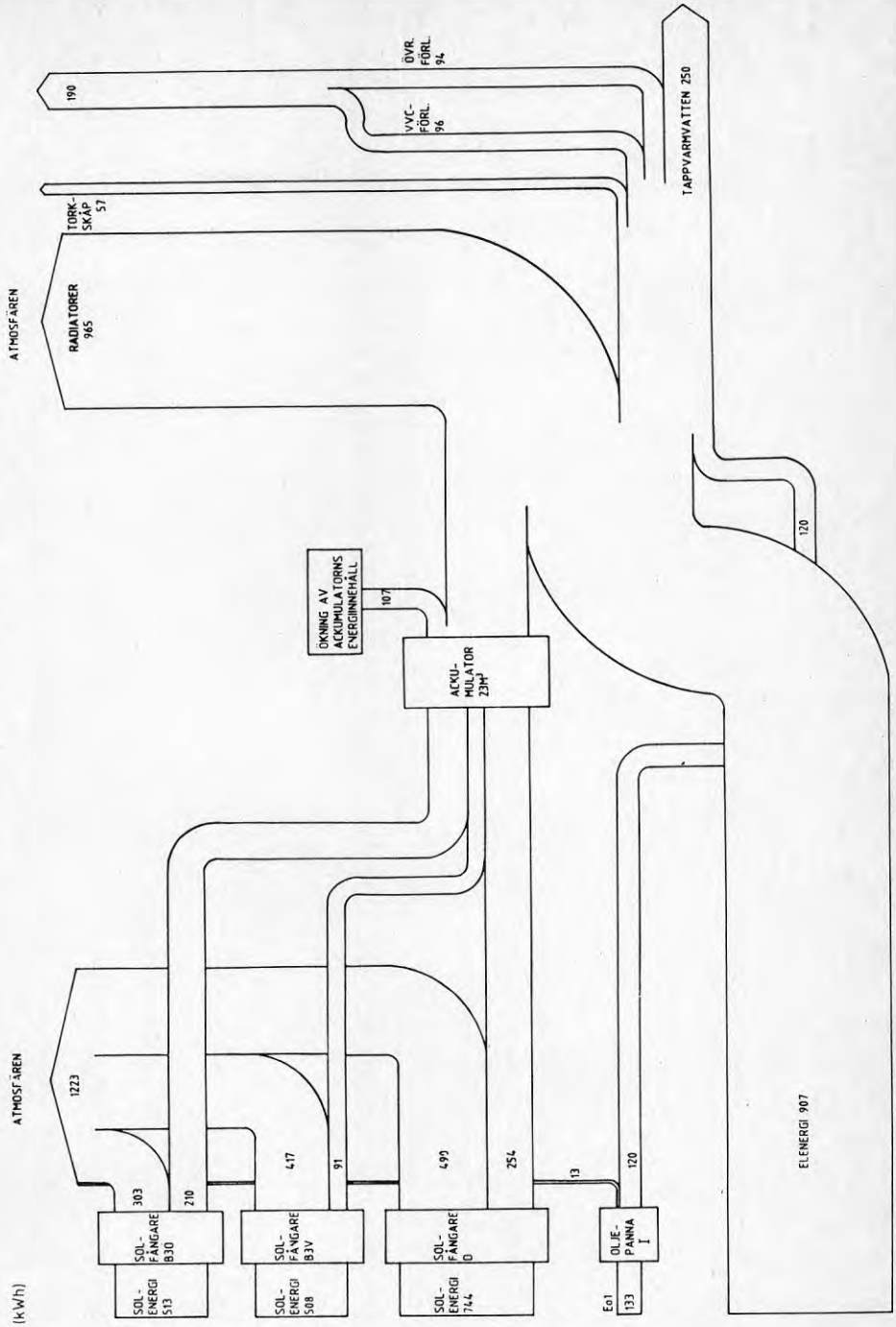
Figur 5.1 Sankeydiagram över energiflöden ett vinterdygn
84-02-28 - 84-02-29

5.3 Energiflöden ett värdegn

Tidpunkt: 84-05-11 kl 7.30 - 84-05-14 kl 7.30.

De redovisade energiflödena är dygnsmedelvärden av dessa tre dygn.
Medeltemperatur 6,4°C. Klart väder, 13,8 soltimmar.

Diagrammet visas på nästa sida.



Figur 5.2 Sankeydiagram över energiflöden ett världygn
 Dygnsmedelvärden från perioden 84-05-11 - 84-05-14

5.4 Energiflöden 2 sommardygn

Dygn med klart väder.

Tidpunkt: 84-07-09 kl 7.30 - 84-07-10 kl 7.30.

Medeltemperatur 18,1°C. Klart väder, 15,4 soltimmar.

Dygn med mulet väder.

Tidpunkt: 84-07-11 kl 7.30 - 84-07-12 kl 7.30.

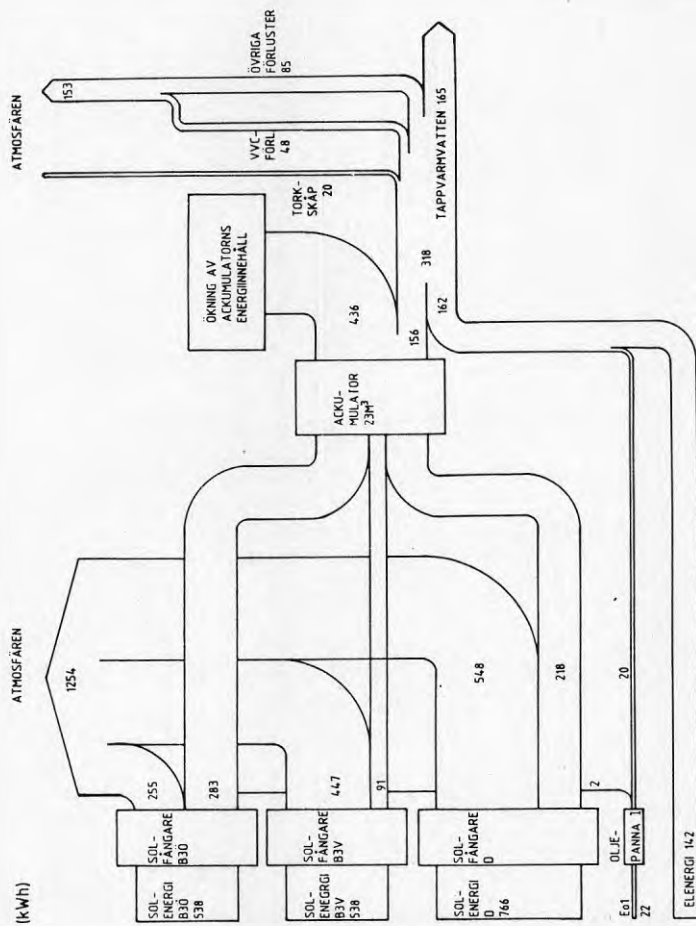
Medeltemperatur 16,6°C. Mulet väder, 1,8 soltimmar.

I diagrammen över de två sommardygnen syns ett fenomen, som är svårt att mäta.

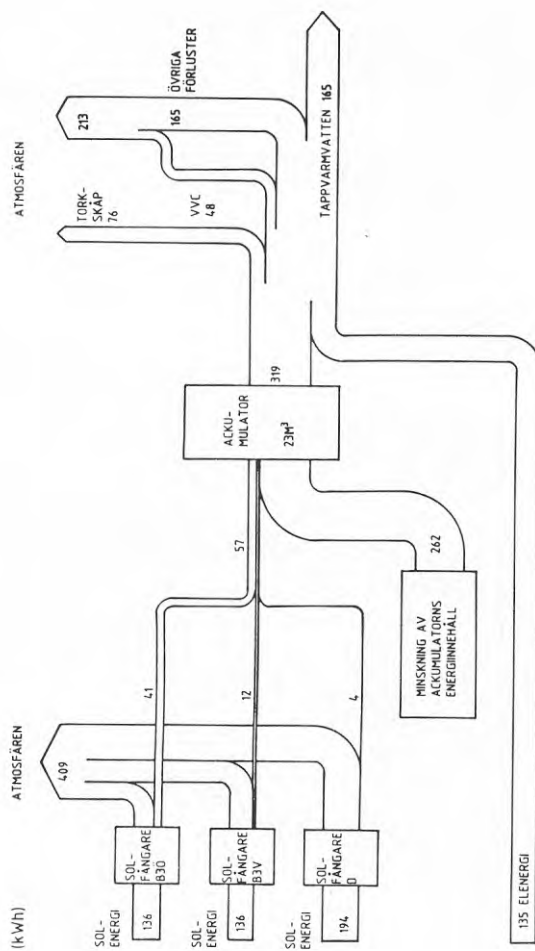
I diagrammet över dygnet med klart väder visas att ackumulatorn laddas. Energiinnehållet ökas med 436 kWh och restposten övriga förluster ligger på 85 kWh. Om man sedan jämför med diagrammet över dygnet med mulet väder, minskas energiinnehållet i ackumulatorn med 262 kWh och övriga förluster har nu ökat till hela 175 kWh. Skillnaden i synliga förluster förklaras av att tankens energiinnehåll bestäms genom att temperaturen i tanken avläses. När temperaturen ökar har först förlusterna i ackumulatorsystemet täckts upp av den tillförda energin och i fallet då temperaturen sjunker kommer dessa förluster med i restposten. Skillnaden i förlusten mellan ett klart och ett mulet dygn med ungefär samma utetemperatur kan sägas var förlusterna orsakade av ackumulatorsystemet.

När temperaturnivån i tanken ligger på 50-60°C är förlusterna 70-80 kWh/dygn.

Diagrammen visas på nästa 2 sidor.



Figur 5,3 Sankeydiagram över energiflöden ett klart sommardayn 84-07-09 - 84-07-10



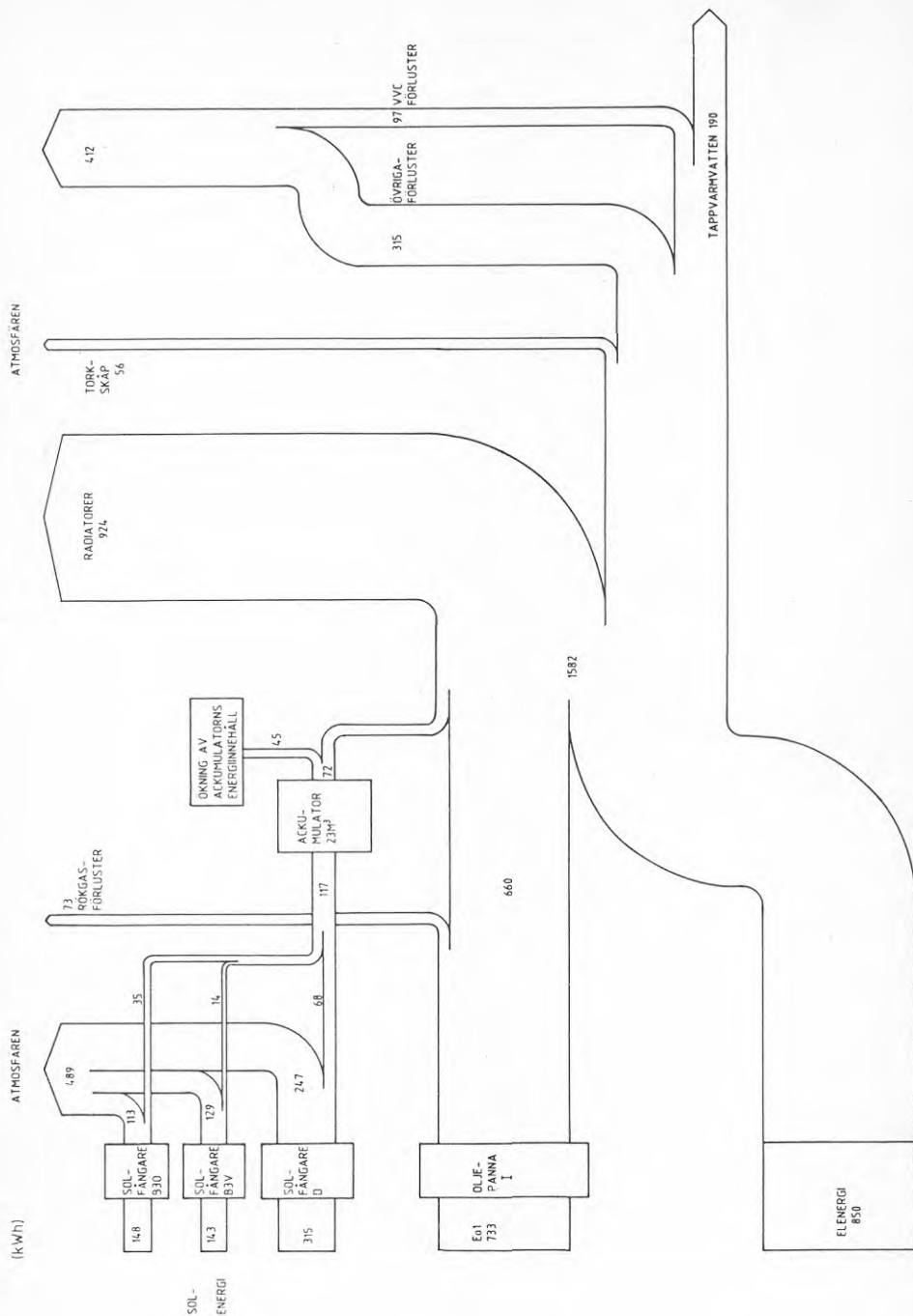
Figur 5.4 Sankeydiagram över energiflöden ett molnigt sommardayn 84-07-11 - 84-07-12

5.5 Energiflöden ett höstdygn

Tidpunkt 84-10-12 kl 7.30 - 84-10-15 kl 7.30

De redovisade energiflödena är dygnsmedelvärden av perioden.
Medeltemperatur 8,9°C. Halvklart väder, 8,0 soltimmar.

Diagrammet visas på nästa sida.



Figur 5.5 Sankeydiagrammen över energiflöden ett höstdygn
Dygnsnedelvärden från perioden 84-10-12 - 84-10-15

6. SLUTSATSER

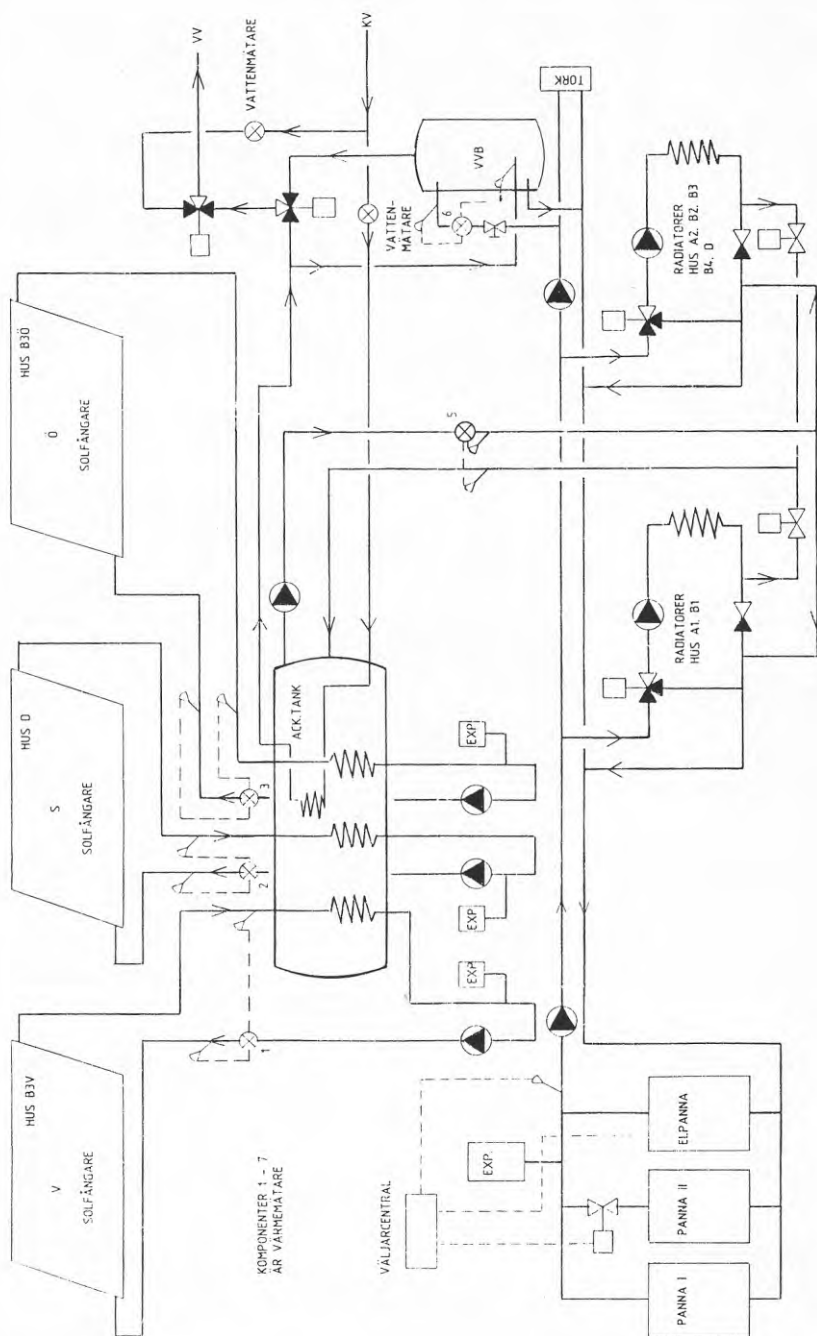
Under 1984 har solenergin tillfört värmesystemet 44 MWh. Med ett energipris på 0.35 kr/kWh motsvarar detta en energikostnadsbesparing på 15 400 kr.

Om verkningsgraderna i solfångarna B3V och D kan förbättras så att de ligger på samma nivå som B3Ö kommer solvärmesystemet kunna tillföra ca 70 MWh vilket skulle ge en energikostnadsbesparing på 25 000 kr/år med ovan nämnda energipris. Med en investering för den utförda ombyggnaden på ca 450 000 kr får lönsamheten anses vara mindre bra, särskilt då man inte kan utesluta att solvärmesystemet orsakar stor del av de förluster, som är rubricerade övriga förluster i diagrammen.

För att öka solfångarnas verkningsgrad och minska förlusterna kring överföringen av energi från ackumulatortill tappvarmvatten- och värmesystemet måste solvärmesystemet optimeras styrtekniskt och förenklas något. I figur 6.1 visas ett förslag, som skulle minska förlustproblemen. Det går ut på att kamrörsbatterier av liknande typ som solvärmekretsarna har, placeras inuti ackumulatortens övre del och värmer tappvarmvattnet direkt istället för plattvärmeväxlaren och systemet med pump och temperaturstyrning på primärsidan. Genom att värmevattnet inte behöver föras ut, minskas omröringen i ackumulatortens förlusterna i systemet. Pumpen, som för ut värmevattnet byts ut och dimensioneras för enbart radiatorsystemet och startas endast då värme kan tillföras dit från ackumulatortill.

Under 1984 var den högsta ackumulatortemperaturen 70°C. Det inträffade den 11/7. Redan fyra dagar senare hade temperaturen sjunkit till 36°C. Detta visar tydligt att ackumulatortill är dimensionerad för korttidslagring. När man skall utvärdera ett sådant system vill man få fram energiflödena timme för timme, uppladdnings- och urladdningstider och temperaturnivåer. Denna information är inte möjlig att insamla med värmemätare, som avläses en gång per arbetsdag. Istället bör en mät dator användas, som kan samla en stor mängd mätvärden samtidigt med täta intervaller till en rimlig kostnad. Utvärderingen förenklas av att beräkningarna utifrån mätvärdena kan göras på dator.

Däremot om det är energiflöden över ett längre tidsintervall man vill få fram, till exempel en vecka eller ett år, är värmemätaren ett utmärkt mätinstrument, förutsatt att man tar hänsyn till dess begränsningar när man bestämmer placeringen av dem.



Figur 6.1 Förslag till ändring av tappvarmvattenberedning

JOURNAL ÖVER ARBETSGANG, ÄNDRINGAR OCH DRIFTPROBLEM

- juni 1983 Solvärmeanläggningen byggs om.
Värmemätare renoveras och flyttas.
- aug 1983 Mätningen startar
- okt 1983 Stora fel i avlästa mätvärden upptäcks.
Flyttning av en värmemätare.
Planering av ombyggnad och komplettering av mät-systemet.
- nov 1983 Problem med luft i värmesystemet.
- dec 1983 Backventiler inmonteras i kretsar med värmemätare för att hindra att de går baklänges. Arbetet utförs i samband med reparation i ackumulatorn.
- jan 1984 Start av ny mätperiod.
- feb 1984 Fortfarande problem med luft i systemet troligen beroende på den kraftiga ackumulatorvattenpumpen. Värmeväxlarens styrventil ställs manuellt öppen för att lindra problemen. Skiktningen i ackumulatorn hindras på detta vis.
- nov 1984 Ackumulatorvattenpumpen utbytt till mindre och styrningen ändrad så att den startar först när någon krets kallar på värme.
- jan 1985 Mätperioden avslutad.

ANLÄGGNINGSRAPPORT

Rekonstruktion av solvärmeanläggning för kv Kvarngården,
Ingelstad.

Anders Bernestål
Bengt-Olov Johansson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	FÖRORD, SAMMANFATTNING
2	ENERGIBEHOV
3	BEFINTLIGT SYSTEM
4	NYTT FÖRESLAGET SYSTEM
4.1	Systemuppbyggnad
4.2	Solfångare
4.3	Lagringstank
4.4	Tappvarmvattenväxling
4.5	Värmesystem inkoppling
4.6	Styrsystem
4.7	Elpanna
5	KOSTNADER

1 FÖRORD, SAMMANFATTNING

I Ingelstad, cirka 20 km söder om Växjö, uppförde stiftelsen Varendshus ett bostadsområde under slutet av 1970-talet. De sex bostadshusen innehåller totalt 51 lägenheter.

Värmesystemet utfördes som ett konventionellt system kompletterat med en solfångaranläggning. Husen värmdes med radiatorer som erhöll sin energi från oljepannor. Två av de sex bostadshusen projekterades för lägre temperaturer på värmesidan. Tanken med detta var att använda solenergi till att täcka delar av denna energi.

De problem som uppstod (bl a läckage i solfångarna) medförde att solfångaranläggningen togs ur drift under 1982. Stiftelsen Varendshus gav bl a AB Andersson & Hultmark i Göteborg i uppdrag att utföra en projektering för en rekonstruktion av solanläggningen. Stiftelsen Varendshus beslöt att installera ett nytt system enligt Andersson & Hultmarks förslag och utsåg Scandinavian Solar AB i Göteborg till entreprenör.

Det nya systemet innebar att de gamla solfångarna nedmonterades. Nya solfångare av typ Scandinavian IT med en bruttoyta på 290 m² installerades på taken.

Solsystemet är avskiljt från det befintliga värmesystemet med värmeväxlare. System är odränerat och försett med glykolblandat vatten.

Energien från solfångarna överförs till såväl tappvarmvatten som till värmesystemet.

Kostnaden för ombyggnaden var 415 000 kr. Den energimängd som beräknas besparas är årligen 75 MWh.

Under de år den befintliga solanläggningen varit i drift har Lunds Tekniska Högskola utfört mätningar på flöden och temperaturer. Mätningarna har ej gjorts kontinuerligt då problem med anläggningen förekommit bl a har en läcka på kallvattenledningen gjort att uppmätta flöden ej varit representativa.

De mätningar som utförts visar på en energiförbrukning på 70 MWh för tappvarmvatten. Energibehovet blir 830 kWh per person och år eller 1370 kWh per lgh och år.

Årskallvattenförbrukningen är 3220 m^3 för de 51 lägenheterna som bebos av 84 personer (8212).

Förlusterna från varmvattenledningar har bedömts vara 50 MWh årligen. Den totala energiförbrukningen för tappvarmvattensystemet är således 120 MWh.

Under ett normalår har totalt 80 m^3 eldningsolja Eo1 använts. Med verkningsgraden 75% på oljepannan fås ett totalt årligt nettoenergibehov inkl. kulvertförluster på $80 \times 10 \times 0,75 = 600 \text{ MWh}$.

Energibehovet för uppvärmning blir med ovanstående antaganden 480 MWh motsvarande 9500 kWh per lägenhet.

Sammanställning:	Oljeförbrukning	80 m^3 Eo1
	Varmvattenförbrukning	70 MWh
	VVC-förluster	50 MWh
	Värmeenergiförbrukning	480 MWh

3 BEFINTLIGT SYSTEM

Det system som projekterades på hösten 1978 bestod totalt av 268 m² solfångare fördelade på tre hus, se bild 1-3. Takytorna är orienterade åt söder, väster och öster. För varje solfångargrupp fanns en pump samt reglerutrustning för start och stopp av pumpen.

Solfångarsystemet och värmesystemet var projekterat för att ha gemensam värmebärare. Detta innebar att solfångarsystemet utfördes dränerande.

Det fungerade aldrig att shunta värme från ackumulatortanken till värmesystemet och därför har ledningen mellan solfångarsystemet och värmesystemet stängts. Solenergin har alltså endast utnyttjats till tappvarmvattnet.

För att ackumulera solenergin från dag till natt samt under kortare mulna perioder hade en 23 m³ tank installerats.



Bild 1 Hus D, solfångare (gamla typen) mot söder.



Bild 2 Hus B, solfångare (gamla typen) mot väster.



Bild 3 Hus B, solfångare (gamla typen) mot öster.

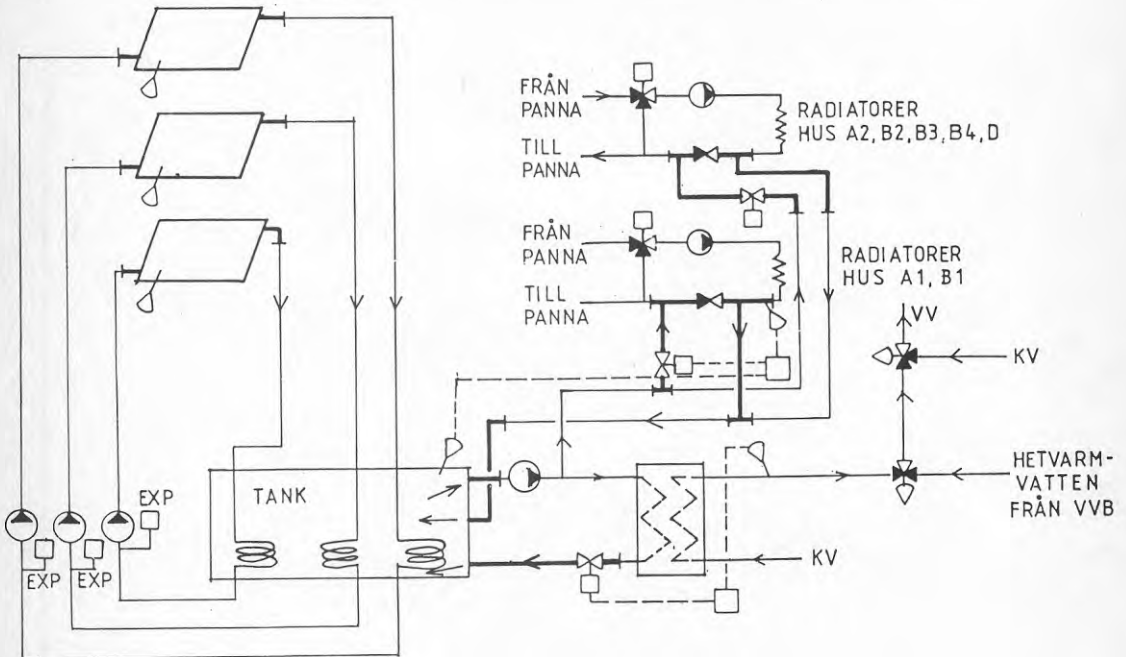
4 NYTT SOLFÅNGARSYSTEM

Det nya solfångarsystemet använder i möjligaste mån komponenter från det tidigare systemet. De gamla solfångarna är utbytta mot nya.

4.1 Systemuppbyggnad

Solfångarna arbetar i ett eget system som är skilt från lagringstanken och det övriga systemet.

Energi överförs från tanken till såväl värme- som tappvarmvattnet.



Figur 1 Systemuppbyggnad nytt solenergisystem

4.2 Solfångare

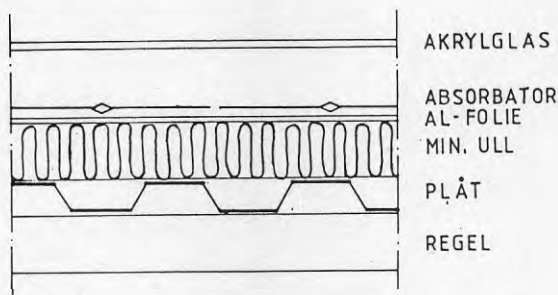
Genom att göra vissa omdisponeringar av takytorna har de nya solfångarna placerats på taken enligt följande.

Hus D (syd)	23 solfångarmoduler	totalt 126 m ²
Hus B (öst)	15 solfångarmoduler	totalt 82 m ²
Hus B (väster)	15 solfångarmoduler	totalt 82 m ²

Solfångarna är platsbyggda och de är en utveckling av den typ som byggts i olika projekt i bl a Kungsbacka kommun.

I solfångaren pumpas vätskan genom små kopparrör, som är invaldade i mitten på en aluminiumplåt som har selektiva egenskaper. Plåten vilar på en mineralullsmatta (40 mm) försedd med ett ytskikt av aluminiumfolie. Underst finns som bärare en TRP-plåt som dessutom tillser att solfångarens underbyggnad blir ordentligt genomluftad.

Ovanför denna konstruktion ligger en täckning av vågformiga akrylplastskivor.



Figur 2 Sektion genom solfångarkonstruktionen.

De nya solfångarna monterades enligt följande:

- 1) Nedmontering av gamla solfångare samt borttagning av taktegel på ytor där nya solfångare skall läggas.
- 2) Uppregling av taket med längsgående träreglar 50 x 100 mm, c/c-avstånd 895 mm.
- 3) Taktäckning. Solfångarytor belades med trapets-korrugerad aluminiumplåt. Övriga ytor (tidigare täckta med gamla solfångare) täcktes med taktegel.
- 4) Uppsättning av fästprofiler och spröjsprofiler ovan på aluminiumplåten.



Bild 4 Montering av fäst- och spröjsprofiler.

- 5) Montering av gummilister i spröjsprofilerna.
- 6) Utläggning av aluminiumbeklädd mineralullsmatta.



Bild 5 Utläggning av isolering.

- 7) Absorbatorn läggs ut ovanpå den aluminiumbeklädda mineralullen.



Bild 6 Absorbatorn lyfts på plats.

- 8) Akrylplastskivorna läggs upp på spröjsprofilerna. I takets längdriktning överlappar den övre akrylplastskivan den undre med ca 15 mm, så att regnvatten rinner ovanpå glaset.



Bild 7 Utläggning av glastäckning.

- 9) Glasskivorna infästs till spröjsprofilen med hjälp av en gummilist. Gummilisten fästs till spröjsprofilen med s k snäppkoppling.

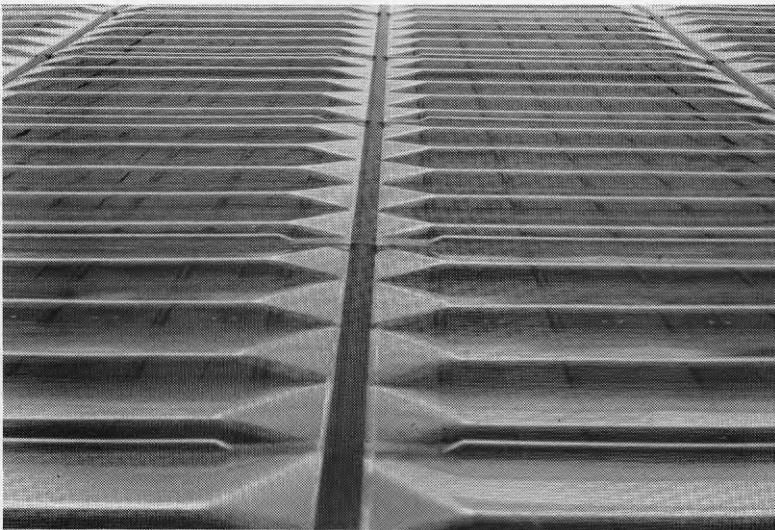


Bild 8 Akrylskivorna infästs med hjälp av en gummilist.

- 10) Absorbatorerna anslutes till samlingsrören. Till varje absorbator finns två anslutningsrör i koppar som löds fast till samlingsledningarna.

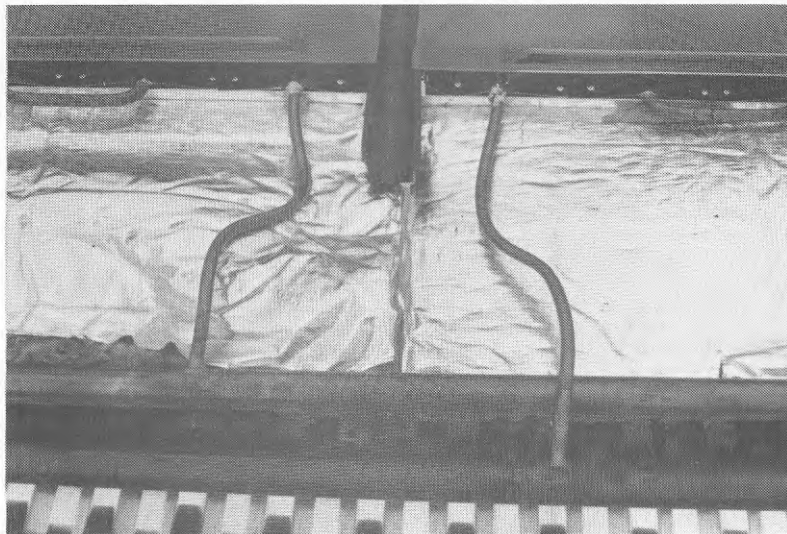


Bild 9 Anslutning absorbator - samlingsrör.

- 11) Plåtinklädnad av anslutningar mellan solfångare ochnock, vindskivor samt takfot.



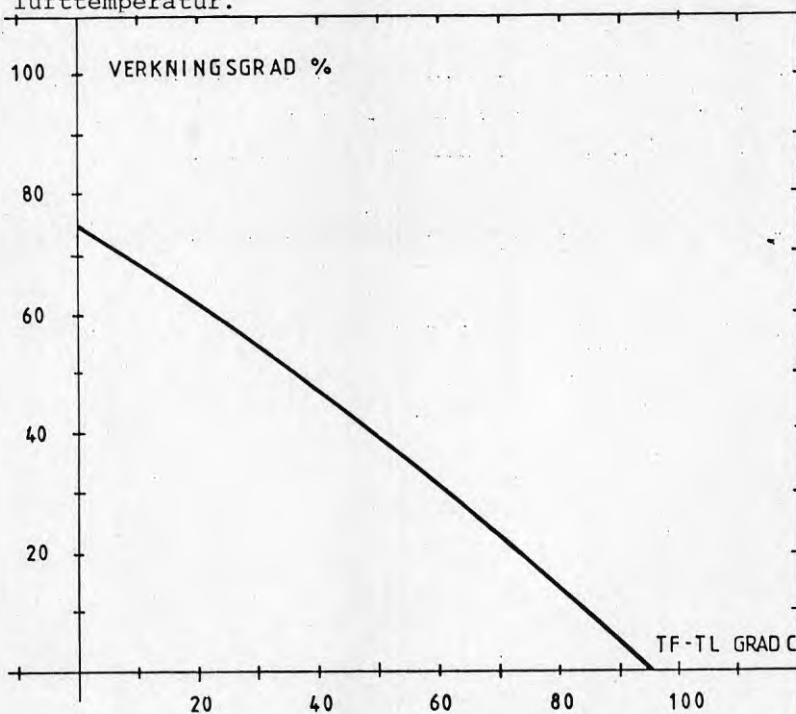
Bild 10 Färdigbyggd solfångare

Punkterna 5 - 10 utfördes fack för fack.

I taknock finns två samlingsledningar av koppar som är oisolerade. Rören är täckta med plåt som är isolerad på undersidan. Samlingsledningen är via befintliga (gamla) ledningar anslutna till lagringstanken.

Mediet som kyler solfångarna är en blandning av vatten och propylenglykol (50/50).

Verkningsgraden för denna typ av solfångare har beräknats och redovisas i nedanstående figur. På y-axeln anges verkningsgraden i % på x-axeln temperaturdifferensen mellan medeltemperaturen på kylmediet och omgivande lufttemperatur.



Figur 3 Verkningsgradskurva för solfångarna, $I=800\text{W/m}^2$.

4.3 Lagringstank

Den befintliga tanken används som lager i det nya systemet. För att utnyttja temperaturskiktning och öka utbytet i solfångarna har nya anslutningar utförts som möjliggör skiktning.

Värmeväxling mellan solfångarvattnet och värmevattnet görs i botten på tanken i nya batterier. De befintliga anslutningarna på tanken har använts men nya ledningar har dragits i tanken till batterierna.

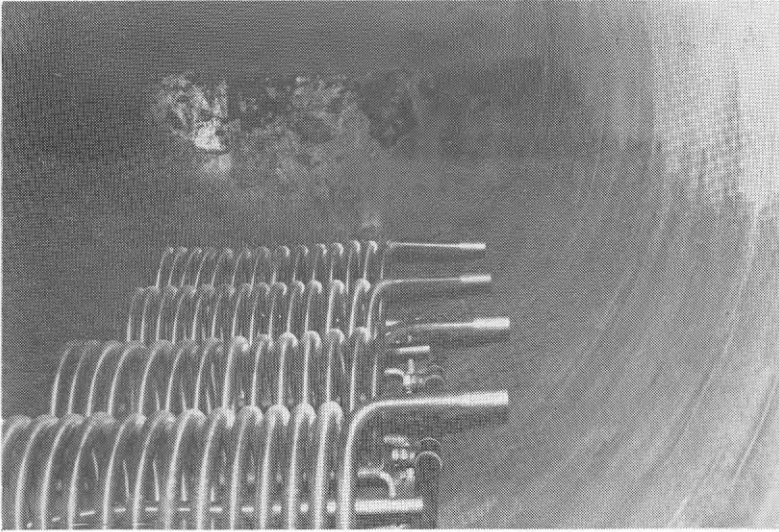


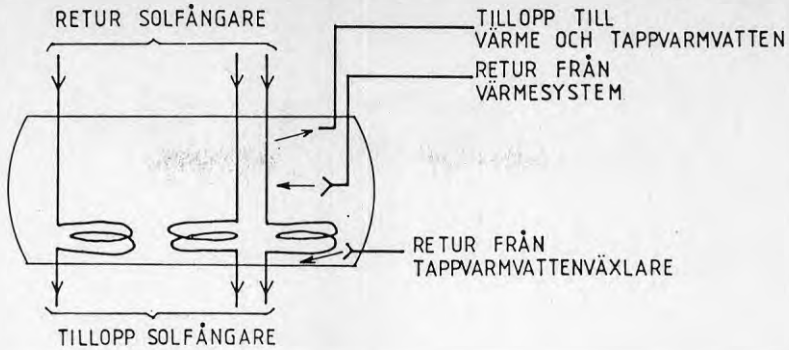
Bild 11 Nya batterier installeras i lagringstanken.

Returledningen från värmesystemet är ansluten i mittedelen av tanken. Temperaturen på returvattnet från värmesystemet överskrider $+20^{\circ}\text{C}$. Temperaturen på returvattnet från tappvarmvattenväxlaren är lägre (kring $+10^{\circ}\text{C}$). Returledningen är därför ansluten i botten på tanken.

Tilloppet till värme- och tappvarmvattensystemet tas från ovansidan tank för att högsta temperatur skall erhållas.



Bild 12 Tilloppsledning till värme- och tappvarmvattensystemen.



Figur 4 Tankanslutningar.

4.4 Tappvarmvattenväxling

De system som projekterades 1978 för tappvarmvattenuppvärmning innehöll två värmeväxlingar. Vid varmvattenbehov kommer kallvatten att först värmas av solvärt vatten från ackumulatortanken. I en blandningscentral kommer, om temperaturen inte räcker till, varmvatten från en 1000 l ackumulator att inblandas. Vattnet i den mindre ackumulatortanken värms av oljepannorna. I de fall temperaturen efter den första växlaren är för hög kommer kallvatten att inblandas så att inställd temperatur erhålles.

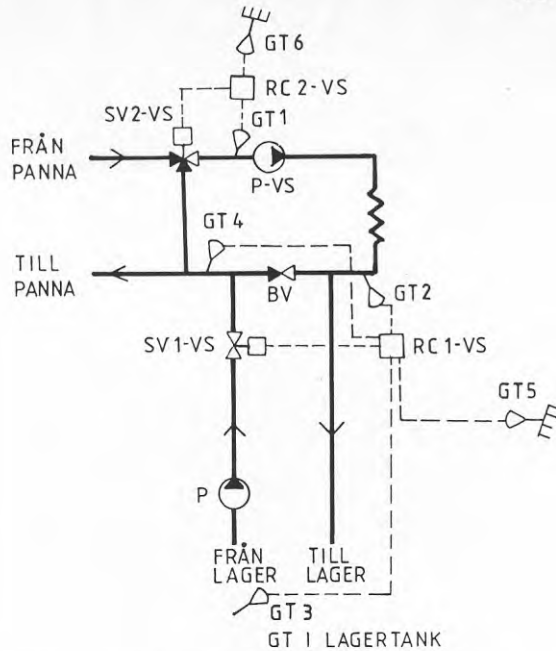
Även i framtiden kommer den ovan beskrivna utrustningen att användas. Det är dock viktigt att temperaturerna på varmvattnet inte ställs för högt; idag är temperaturen $+65^{\circ}\text{C}$ men bör sänkas till $+45^{\circ}\text{C}$ för att öka solfångarutnyttjandet samt minska VVC-förlusterna. En injustering av VVC-flödet bör övervägas.

4.5 Värmesystemet, inkoppling.

Den tidigare inkopplingen av solvärt vatten till värmesystemet för hus A1 och B1 ($+70^{\circ}\text{C}$ fram vid D.U.T.) har aldrig använts då reglerfunktionen ej fungerat.

För att utnyttja solenergi till värmesystemen har en helt ny utrustning installerats. I princip går returvattnet från radiatorsystemen till lagringstanken då temperaturen i toppen på lagringstanken är högre än returtemperaturen. I detta fall har båda värmesystemen kopplats in eftersom temperaturkraven vid D.U.T. är nästan lika för de båda värmesystemen. För att effektivt utnyttja solenergi till värmesystemen krävs att returledningstemperaturen kan hållas låg. Arbete med att pressa ner temperaturerna bör göras under vinterperioden av driftspersonalen.

Temperaturen på värmvattnet ut till radiatorerna från lagertanken styrs som funktion av utetemperatur.



Figur 5 Inkoppling av värmesystemen (2 st lika system).

Det är av största vikt att man förhindrar att höga returtemperaturer kommer in till tanken. För att utnyttja stor andel solenergi bör temperaturen på värmevattnet från pannan vara hög. Förhållandet mellan andelen pannvatten och andelen solvärt vatten blir mindre om temperaturen på pannvattnet ställs högre.

4.6 Styrssystem

Delar av den befintliga utrustningen har använts. Vissa viktiga förändringar har dock genomförts för att utnyttja tankens värmeackumulerande förmåga.

Styranläggningen delas upp på 3 olika system.

1. Solfångare, 3 lika styrsystem.

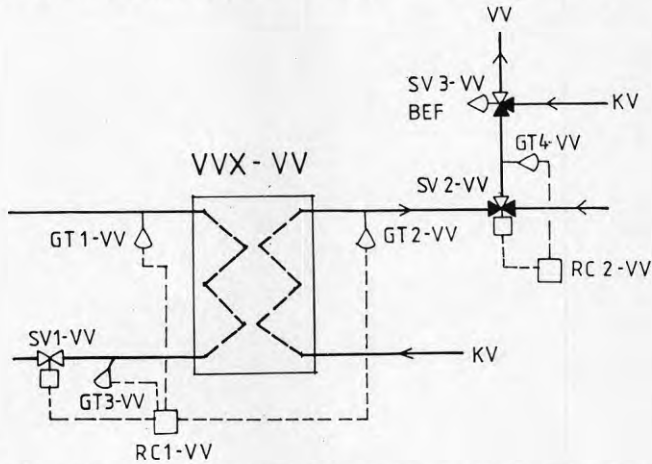
När temperaturen på solfångarplåten överskrider ackumulatorns botten temperatur med inställd temperaturdifferens (1°C) startar respektive pump.

Stopp av pump sker när temperaturdifferensen underskrider inställt värde (3°C).

2. Tappvarmvatten

För att förhindra att stora flöden förstör skiktningen i tanken har en två-vägs styrventil installerats i returledningen efter tappvarmvattenväxlaren. Ventilen styrs via reglercentralen så att varmvattentemperaturen underskrider inkommande värmevattentemperatur med inställt värde (5°C).

För att förhindra rundcirkulation av solvärmevatten nattetid skall styrventil stänga när temperaturen på värmevattnet efter VVX överskrider 35°C.



Figur 6 Styrning - tappvarmvatten, solfångarvatten.

När temperaturen på varmvattnet ej är tillräckligt hög tillförs hetvarmvatten från varmvattenberedaren. Det är på liknande sätt som för värmesystemet viktigt att temperaturen på det tillförda hetvarmvattnet är hög.

Temperaturen inställs på +45°C.

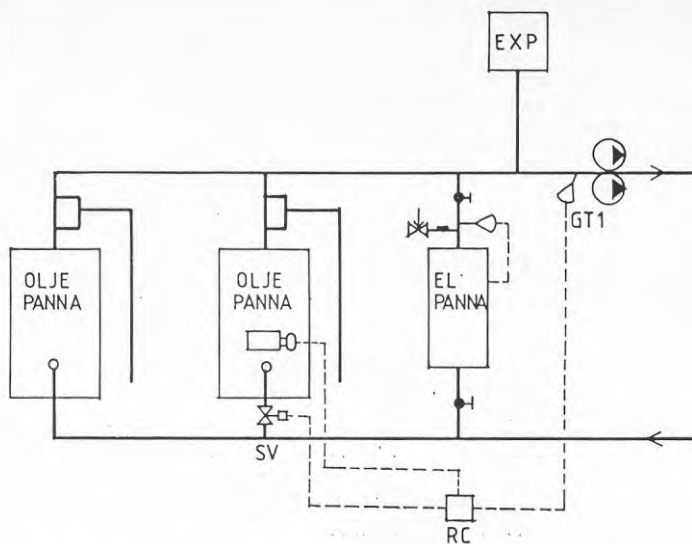
Är temperaturen för hög blandas kallvatten in i blandningsventilen.

3. Värmesystemet, 2 system

Den gamla styrutrustningen som anpassar framledningstemperaturen för radiatorsystem till rådande utetemperatur behålls. För att kunna höja returtemperaturen från radiatorerna med solvärt vatten har en ny styrutrustning installerats jmf. kap 4.5.

4.7 Elpanna

En ny elpanna har installerats parallellt med de befintliga oljepannorna. Detta har gjorts för att man skall kunna ställa av oljepannorna under vår, sommar och höst (15/4 - 15/10).



Figur 7 Inkoppling av elpanna.

5 KOSTNADER

För att finansiera ombyggnadsarbetet har Stiftelsen Värendshus sökt och erhållit lån från BFR. Den totala kostnaden för arbetet var 445.000 kronor i prisläge 83-04-01.

I priset ingår rivning av de gamla solfångarna, taktegel-täckning av en takyta samt installation av elpanna. För att få kostnaden uppdelad på de olika delarna i solfångarsystemet har underentreprenörernas kostnader delats upp på arbets- och materialkostnader enligt nedanstående tabell.

Solfångare (arbete, material, plåt- arbeten, inkl. inkoppling)	190.000 kr
Rörarbeten i apparatrum	120.000 kr
Styr- och reglerarbete	40.000 kr
Elpanna inkl. styr	25.000 kr
Rivning, demontering av solfångare	25.000 kr
Taktäckning av yta B3V Etablering m m (ställning, kran)	15.000 kr
Projektering	30.000 kr

I nybyggnation kommer kostnaden för ett solenergisystem för tappvarmvatten att bli ca 1.550 kr/m² inklusive tank, solfångare, styr- och rörkostnader. Kostnaden har beräknats för system i storleksordning 50 lägenheter. Från detta pris kan 100-150 kr/m² räknas bort då kostnaden för den vanliga taktäckningen avgår.

Byggtjörskningsrådet

MÄTAREAVLÄSNINGAR

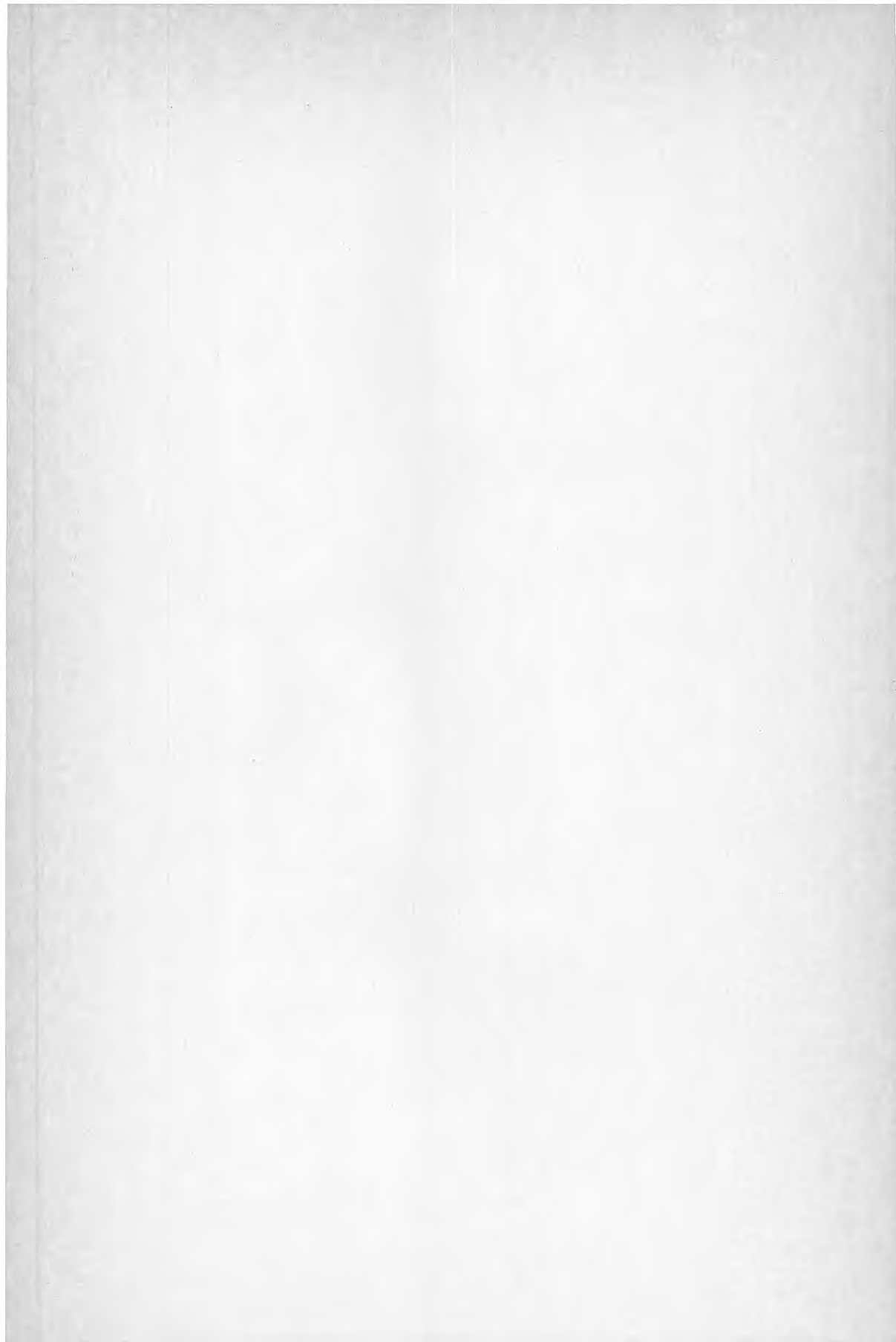
Vecka:

Dat	mån kl	tis kl	ons kl	tors kl	fre kl
1. Solfångarkrets (MWh) B3 Ö (m ³)					
2. Solfångarkrets (MWh) B3 V (m ³)					
3. Solfångarkrets (MWh) D (m ³)					
4. Ack-VVX (MWh) tapp VV (m ³)					
5. Ack-rad (MWh) system (m ³)					
6. Panna-VS2 (MWh) hus A1, B1					
7. Panna-VS2 (MWh) övriga hus (m ³)					
8. Elpanna (kWh)					
9. Kallvatten VX (m ³)					
10. Kallvatten blandn (m ³)					
11. Kallvatten huvudmät (m ³)					
12. Kallvattentemp (°C)					
13. Varmvattentemp (°C)					
14. Drifttid Panna I (timmar)					
15. Drifttid Panna II (timmar)					
16. Drifttid torkskåp (timmar)					
17. Cirk.temp. Ack (°C)					

Skriv observationer och påpekanden på baksidan

LITTERATUR:

- Isaksson P. Plana termiska solfångare.
En fysikalisk bakgrund. Byggeforskningens rapport R35 1978.
- Girdo V. Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien.
Beräkningsmetod, parameteranalys, effektivitet och optimering.
byggeforskningens rapport R108:1978.
- Duffie J A, Beckman W.A. Solar engineering of thermal processes.
1980.
- Dickinson W C, Cheremisinoff P.IV. Solar Energy Technology
Handbook. 1980.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830877-6
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-
konsult AB, Malmö.**

R135: 1985

ISBN 91-540-4494-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705135

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms