



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

R70:1990

**Långa platsbyggda solfångare,
Storbygärdet Malung**

Utvärdering

Sven-Erik Persson

Gunnar Wilson

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135470

Byggeforskningsrådet

R70:1990

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

LÅNGA PLATSBYGGDA SOLFÅNGARE
STORBYGÅRDET, MALUNG

Utvärdering

Sven-Erik Persson
Gunnar Wilson

Denna rapport hänför sig till forsknings-
anslag 870673-2 från Statens råd för
byggnadsforskning till S E Persson
VVS-planering, Falun.

REFERAT

Långa platsbyggda solfångare, (eng LGB = long ground based) är ett koncept för storskalig tillverkning av en ny generation solfångare av lågflödestyp. Solfångarna har utvecklats av Gunnar Wilson i Finspång, vilken även svarar för det kapitel i rapporten som behandlar utveckling och tillverkning av solfångare.

Stiftelsen Malungshem är byggherre för projektet på Storbygdgården i Malung, där sammanlagt 600 m² solfångare är anslutna till en befintlig värmecentral med en 10 kV elektrodpanna och en 100 m³ ackumulator <120 grC. Anläggningen har varit i drift sedan månads-skiftet sept/okt -87 med endast något enstaka driftavbrott. Mätdata som insamlats under nära två år redovisas i tabeller och diagram i rapporten.

Värmecentralen där solfångarna inkopplats försörjer 128 lägenheter med värme. Det har visat sig att solfångarna ensamma kan klara värmeförsörjningen varma perioder under sommarmånaderna. Tillverkaren har kalkylerat med att solfångarna skulle ge 330 kWh/m², år vid en medeltemperatur på 55 grC och globalstrålningen 970 kWh/m², år. Den insamlade värmemängden under -88 resp -89 från solfångarna är 362 resp 316 kWh/m² vid globalstrålningen 931 resp 946 kWh/m².

Driftproblem har varit få, vilket visar att solfångarna har lämnat experimentstadiet, men vid några läckage i expansionslyror har stora mängder propylenglykol läckt ut. Drifttemperaturen i Malung har tyvärr varit upp emot 130 grC på utgående värmemedium, vilket försämrar utbytet och ger stora påfrestningar på materialet. Orsaken är framförallt den otillräckliga ackumulatorkapaciteten.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R70:1990

ISBN 91-540-5227-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	4
STORHETER	5
SAMMANFATTNING	7
1 SOLSVERIGE	
1.1 Miljövänligt energisystem	13
1.2 Många om budet	14
1.3 Solprojekten	15
1.4 Solstrålningen	16
2 PROJEKT STORBYGÅRDET	
2.1 Modernt	19
2.2 Malunghem	19
2.3 Två identiska värmecentraler	21
2.4 Undercentraler	28
2.5 Kostnader	29
2.6 Parter	30
2.7 Drifftagning i augusti 1987	31
3 LÅNGA PLATSBYGGDA SOLFÅNGARE	
3.1 Mångårigt utvecklingsarbete	33
3.2 Nya material prövas	34
3.3 Markförankring	37
3.4 Stomme	38
3.5 Isolering	41
3.6 Absorbator	42
3.7 Glasning i Malung	49
3.8 Glasning i andra projekt	52
4 INSTALLATION AV SOLFÅNGARE	
4.1 Planfrågor	57
4.2 Inkoppling i befintligt system	59
4.3 Kravspecifikation solfångare	61
4.4 Tekniska data	63
5 UTVÄRDERING AV SOLFÅNGARE	
5.1 Mätutrustning, mätprogram	65
5.2 Klimatdata	69
5.3 Verkningsgrad	71
5.4 Årssammanställning	90
6 SOLFÅNGARERFARENHETER	
6.1 Upphandling	95
6.2 Tillverkning och material	95
6.3 Installation	95
6.4 Drifterfarenheter	95
6.5 Beständighet	96
6.6 Höga drifttemperaturer	98
6.7 Snöerfarenheter	99
6.8 Komplicerat styrsystem	102
6.9 Större värmelager	102
6.10 Skötsel, underhåll, energiutbyte	102
LITTERATUR	104

BETECKNINGAR

Apparater, system

ACK	Akkumulator
EP	Elektrodpanna
P	Cirkulationspump
EXP	Expansionskärl
VVX	Värmeväxlare
VM	Värmemängdsmätare
RC	Reglercentral
HR	Hjälpelä
GT	Givare för temperatur
SV	Styrventil

Medier

FJV	Fjärrvärme, SBG
VV	Tappvarmvatten
VVC	Tappvarmvatten cirkulation
KV	Tappkallvatten

Mätpunkter i tabeller och diagram

T001	Utetemperatur
T004	Utetemperatur, solfångare i drift
T100	Medeltemperatur, solfångare
T101	Temperatur <i>till</i> solfångare
T102	Temperatur <i>från</i> solfångare
W112	Flöde primärt (solfångare)
W212	Flöde sekundärt
W312	Flöde FJV-nät
Q105	Värmemängd primärsida, korr glykol
Q112	Värmemängd primärsida, enl VM10
Q212	Värmemängd sekundärsida, enl VM20
Q312	Värmemängd bostäder, enl VM30
H100	Solstrålning mot solfångarplan
H101	Solstrålning H100 under drift
H110	Globalstrålning horisontell yta
H111	Globalstrålning H110 under drift
Anm	Se definition under STORHETER

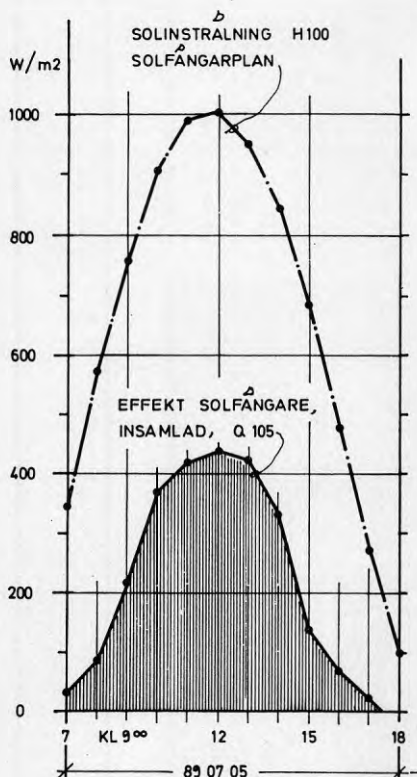
STORHETER

<i>Symbol</i>	<i>Definition</i>
I	Direkt solstrålning, är solstrålning enbart från den rymdvinkel som upp-tas av solskivan och mot en yta som är vinkelrätt mot strålningen.
D	Diffus solstrålning är den nedåt-riktade spridda och reflekterade solstrålning som infaller mot en given plan yta från en rymdvinkel av 2 PI steradianer exklusive den direkta solstrålningen.
G	Global solstrålning är summan av den direkta och den diffusa sol-strålningen som infaller mot en given plan yta från en rymdvinkel av 2 PI steradianer.
S	Solskenstid, den tid då den direkta solstrålningen överskrider ett bestämt värde. WMO-CIMO har rekomen-derat 120 W/m^2 som tröskelvärde (WMO-CIMO VIII, Recom no 10, WMO - no 590, Geneva 1982) för att uppnå bästa överensstämmelse med äldre mätmetoder. MCE som svarar för mätningarna på Storbygdgården använder värdet 200 W/m^2 medan SMHI använder värdet 120 W/m^2 .
H100	Summa direkt (I) och diffus (D) solstrålning mot en yta med samma lutning som solfångarna dvs 45° mot horisontalplanet.
H110	Globalstrålning, (G) enl defini-tionen ovan.
P	Effekt enl SI (energi/tid), grund-enhet watt, $1\text{W} = 1 \text{ J/s}$.
E	Energi uttrycks i flertalet fall i denna rapport med avvikelse från SI i vattsekunder, $1\text{Ws} = 1\text{J}$, eller vanligare multipelenheten kilowatttimmar, $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$.

SAMMANFATTNING

Förr eller senare

De sk fossila energikällorna gas, olja, kol och ev torv är ändliga och måste således ersättas med andra energiformer.



Solstrålningen i Sverige är inte så mycket lägre än i sydligare länder, som man skulle kunna förmoda. Dock är den mera koncentrerad till sommarmånaderna, ju längre norrut man kommer.

Vidstående figur visar solstrålningen för ett normalt dygn i Malung kombinerat med den insamlade solenergin.

Solstrålningens effekt går upp över 1000 W/m² vilket på en kvadratkilometers yta motsvarar effekten 1000 MW eller 1 GW! Solstrålningen ger under sommarmånaderna i medeltal 6 kWh/m² och dygn eller ca 1100 kWh/m² och år.

Det betyder också, att på en yta av bara två kvadratmil motsvarar solstrålningen hela Sveriges årliga energibehov för uppvärmning av byggnader, ca 165 TWh 1986. Förr eller senare måste vi således ta till vara och lagra denna rena energiform, både av ekonomiska och miljömässiga skäl.

Storbygärdet

Storbygärdet är ett bostadsområde väster om Dalälven i Malung, som ägs och förvaltas av Stiftelsen Malungshem. Området erhåller värme från två identiska värmecentraler vardera bestyckade med en 10 kV elektropanna och 100 m³ ackumulatör. Solfångarna har byggts vid den central som kallas "norr", vilken försörjer 128 lägenheter i moderna tvåvåningshus.

Platsbyggda

Signifikativt för Finsun-solfångare som installerats i Malungsprojektet är, att de byggs på plats. Solfångarnas totala yta är 600 m² i Malung och avsikten är att så småningom bygga ut fältet till 4000 m². Det förutsätter då, att ett årsvärmelager i form av gropmagasin om 6200 m³ också byggs på Storbygdet.

Den nu uppförda etappen består av solfångare i fyra rader, grundlagda på platsgjutna sulor och plintar. Solfångarna tillverkas med ramverk av förzinkade profiler och liggande på plintarna tills de är helt färdiga.

Absorbatorn utvecklades ursprungligen av Gränges Aluminium och består av en selektiv, värmeupptagande absorbatorplåt med ett invalsat kopparrör.



När bottenplåt och isolering monterats, rullas (!) absorbatorerna ut, vilket visas på bilden.

Efter utrullning sätts röret under tryck, varigenom röret blåses upp till ursprunglig area. Solfångarna färdigställs sedan med aluminiumprofiler, teflonfilm och glas, varefter de med en vinsch i princip kan resas upp av en person.

Delad ackumulator

Den befintliga ackumulatoren är byggd för 120 grC, med vatten avpassat till den ledningsförmåga som elektrodpannan kräver. Solfångarna har inkopplats i befintligt system så, att solfångarna via värmeväxlare får ladda den nedre halvan av ackumulatoren sommartid eller så länge det finns behov av ackumulering. Den tillgängliga ackumulatorvolymen blir då 50 m³, och det har visat sig vara i minsta laget.

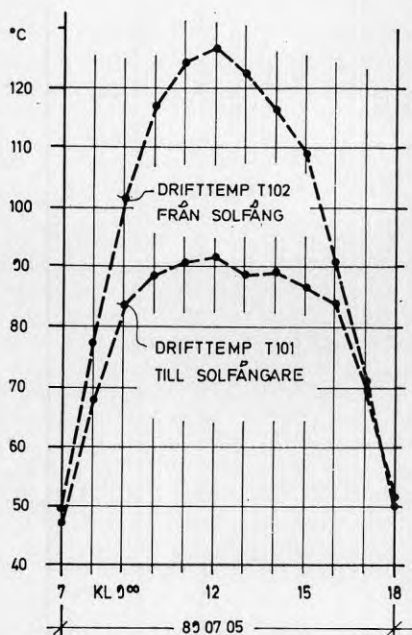
Distributionsnätet för värmen har en mycket gynnsam temperaturnivå, med en returtemperatur som i praktiken aldrig överstiger 40 grC.

Värdefulla erfarenheter

Arbetet med att bygga solfångarna fungerade mycket bra. Tillverkningen och de förbättringar som där är möjliga har noga dokumenterats av tillverkaren. För att dokumentera driften har ett datoriserat mätsystem med ca 60 mätpunkter installerats av MätCentralen för Energiforskning vid KTH i Stockholm.

Anläggningen togs i drift i september 1987 och har i huvudsak fungerat enligt planerna. Eftersom ackumulatorvolymen är så begränsad, kunde man befara kokning och torrläggning av solfångarna, men detta har inte inträffat någon gång.

Solfångare av lågflödestyp



Arbetstemperaturen är för hög i Malung. Bra dagar, dvs soliga dagar stiger temperaturen till nära 130 grC på samlingstemperaturen T102 ut från solfångarna, vilket framgår av vidstående figur. Problemet mera markant under -89 än under -88.

Solfångarna är av lågflödestyp med en beräknad temperaturdifferens av ca 40 K vid 100-110 grC utgående temperatur. De höga temperaturer som nu uppmätts beror inte på solfångarna, utan är naturligtvis ett systemfel.



Snön i Malung

I Malung kan snödjupet bli avsevärt. Den snö som rasar av solfångarna bygger ytterligare på snön i solfångarnas framkant. Problemet är dock inte unikt för Finsunsolfångare, utan är ett resultat av avvägningen mellan kostnader för högre plintar i relation till vad solen kan ge i mars-april om solfångaren är snöfri.

Små problem

Distanser har i Malung limmats vid rutan för att säkerställa luftspalten mellan glas och teflonfilm. De har egentligen ingen funktion och har dessutom börjat ramla bort, varför de kommer att demonteras.

Teflonfilmen har släppt från aluminiumlisten i några av modulerna. Med rätt lim och rätt metod bör detta problem kunna undvikas.

Stripshållare kallas de små plåtbitar som skall hålla absorbatörerna på plats då de expanderar vid uppvärmning. Om absorbatörn inte glider lätt i dessa hållare kommer den att vid expansion böja sig upp mot teflonfilm och glas i stället. I vissa punkter har den bockat upp sig mot en spröjs och där legat och nött mot spröjsen, i ett fall med läckage som följd.

Styr- och reglersystemet är inte optimalt. Cirkulationspumpen på värmeväxlarens sekundärsida belastas av en mängd till- och frånslag, upp till 10 000 per månad. Systemlösningen förutsätter dessutom omkopplingar mellan olika driftfall flera gånger per år, vilket kan vara svårt att passa in i en drifrutin.

Värmeväxlaren mellan det glykolblandade solfångarsystemet och värmecentralen borde ha ett bättre temperaturprogram med lägre exergiförlust, speciellt som ackumulatorvolymen är så begränsad.

Energiutbyte och verkningsgrad

Som sammanfattning kan konstateras att solfångarna i systemet motsvarat förväntningarna. Den insamlade värmemängden i solfångarfältet är 362 kWh/m² 1988 och 316 kWh/m² 1989. Den uppmätta globalstrålningen är då ca 931 kWh/m² 1988 resp 946 kWh/m² 1989.

Resultatet är således aningen sämre -89 än -88 och det borde till största delen bero på den högre drifttemperaturen under -89. Verkningsgraden är dock tillfredsställande mot bakgrund av drifttemperaturen, och ger lika gott utbyte som i de mera laboratoriemässiga anläggningar där Finsun-solfångare tidigare provats. Verkningsgraden är omkring 35% över sommar-månaderna -88 och knappt 30% motsvarande period -89.

Denna anläggning skulle både samla in mera solenergi och fungera bättre med lägre drifttemperaturer, om ackumulatorvolymen vore större. Studsvik, som levererat hela anläggningen, har i detta projekt kalkylerat med ett årsutbyte av 330 kWh/m² vid en medeltemperatur på 55 grC och globalstrålningen 970 kWh/m² och år mot horisontell yta.

1 SOLSVERIGE

1.1 Miljövänligt energisystem

Trots allt tal om Sveriges sårbarhet på energiområdet och ett framtida uthålligt miljövänligt energisystem, har solenergin inte fått någon plats i energistatistiken. Den energi som produceras direkt med solen som energikälla är visserligen till stora delar uppmätt, men den syns inte i några diagram över Sveriges energiförbrukning.

Allt sedan kärnkraftomröstningen 1980 har alla (?) känt till, att kärnkraftverken skall avvecklas med början under 90-talet. I SBN 1980 dvs Statens planverks författningssamling anges i kap 39:

"Småhus för stadigvarande bruk avsedda för annat ändamål än fritidsändamål får inte utföras med ett uppvärmningssystem med direktelvärmes om det inte finns särskilda skäl".

Trots detta fortsätter ökningen av elvärmda bostadslägenheter.

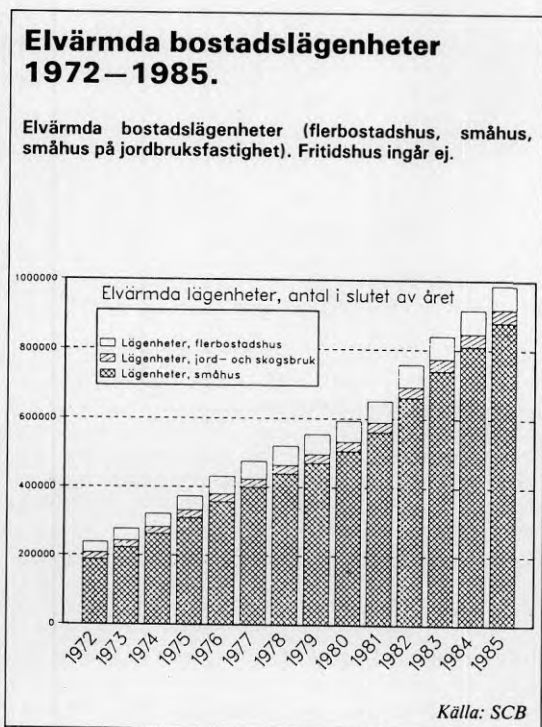


Fig 1.1 Eluppvärmda bostadslägenheter i Sverige 1972-1985.

Även om solvärme i Sverige har den ekonomiskt största potentialen i större anläggningar, är denna ökning av direktelvärm i bostäder olycklig men fullt förståelig. Det är ekonomiska faktorer som styr valet av uppvärmningsform och då oftast faktorer i ett kort perspektiv.

Den utveckling som visas i fig 1.2 är minst sagt förvånande med tanke på beslutet om kärnkraftavveckling.

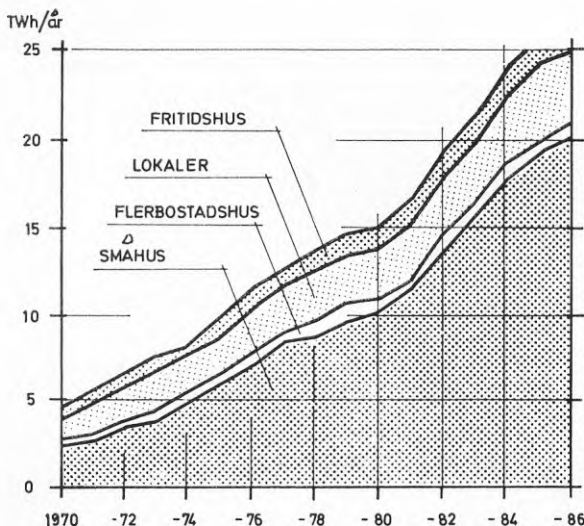


Fig 1.2
Temperatur-
korrigerad
brutto el-
användning
för uppvärm-
ning och
varmvatten-
beredning
Källa: BFR
G6:1988

1.2 Många om budet

Solenergi för värmeproduktion är utan tvivel en möjlighet i en framtid, men den kan vara avlägsen. I och med att investeringskostnaden dominerar så totalt i kalkylerna, blir tveksamheten hos förbrukarna större än för de energisystem som skrivs av relativt snabbt. Ett årslager kan nyttjas under mycket lång tid minst 40 år, varför kostnaden för detta lager kommer att bli helt beroende av den effektiva räntan. Energifrisets utveckling kan bara inte förutses - trots att många försöker.

Om man nu - som i Malung - skulle försöka ersätta en del av den elenergi som åtgår för uppvärmningsändamål med annan energi, är det många energiformer som vill konkurrera. Gasol, naturgas och bioenergi utkämpar ett eget krig om vilken energiform som skall etableras i mellansverige.

1.3 Solprojekten

Det finns inte så många stora solfångaranläggningar i drift i Sverige, och de flesta som är i drift kan betraktas som experimentanläggningar.

	Solfångar- area, m ²	Lager- volym, m ³
Idrifttagna anläggningar		
1. Ingelstad Ia	1 300	5 000 isolerad betongtank
2. Lambohov	2 700	10 000 isolerad grop i berg
3. Torvalla	1 800	-
4. Lyckebo	4 300	105 000 oisolerat bergtrum
5. Ingelstad Ib	1 400	5 000 isolerad betongtank
6. Nykvam	4 000	1 500 isolerad ståltank
Förprojekterade anläggningar		
7. Ingelstad II	6 000	16 000 isolerad grop i mark
8. Kungälv	120 000	400 000 oisolerat bergtrum

Tabell 1.1

Huvuddata för idrifttagna och förprojekterade solvärmeanläggningar.

Källa: BFR

Kostnaden för solfångare har halverats och verkningsgraden ökat avsevärt men ändå är kostnaden den springande punkten.

Diagrammet nedan visar energikostnader för de viktigaste experimentbyggnadsprojekten på solfångarområdet. Energifkostnaden beräknad i 1985 års priser med 4% effektiv ränta, 20 års livslängd för solfångare och 40 år för värmelager. Kostnaden för skötsel och underhåll är inräknade.

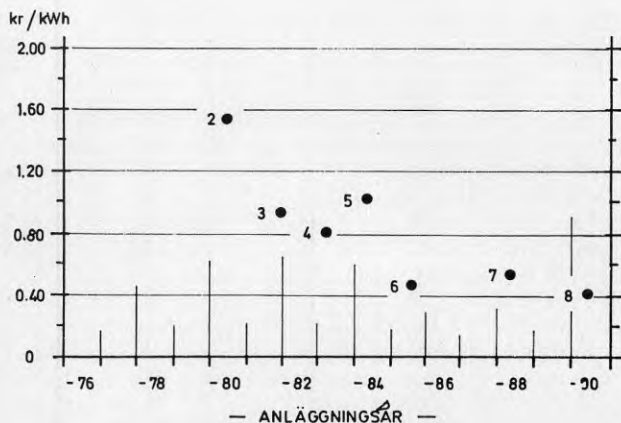


Fig 1.3 Beräknad energikostnad för experimentbyggnadsprojekten enl tabell 1.1 Källa: BFR.

Om planerade miljöavgifter införs i Sverige och successivt höjs, kommer den helt rena solenergin att kunna konkurrera med alla andra energiformer. Malungs-projektet visar att solfångaranläggningarna har lämnat experimentstadiet och blivit fullvärdiga energiproducenter, men det är utan tvekan miljö- och energidepartementen som styr utvecklingen.

1.4 Solstrålningen

Solstrålningen i Sverige är numera ganska väl dokumenterad av t ex Girdo, 1978 [6] och Josefsson 1987 [5].

Girdo behandlar solstrålningen som förutsättning för uppvärmning av byggnader, och de tekniska lösningar som är möjliga, medan Josefsson uteslutande behandlar solstrålningen som företeelse.

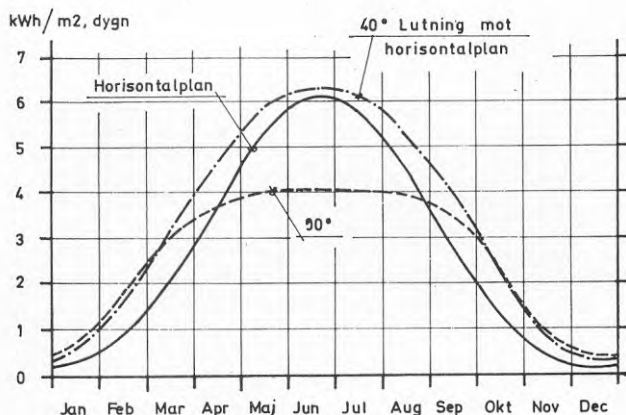


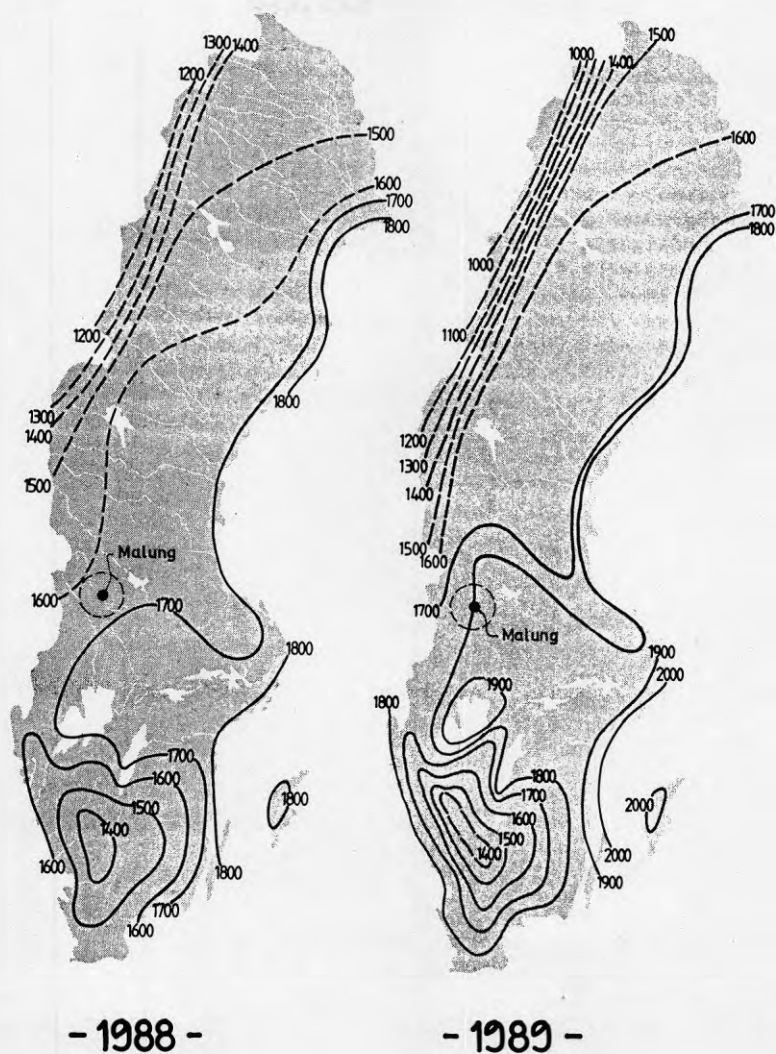
Fig 1.4 Beräknad medelinstrålning per dygn i Stockholm mot olika orienterade ytor.
Källa: Girdo 1978 [6].

I rapport R112-1987, Josefsson 1987, redovisas i tabellform globalstrålning och solskenstid för olika orter och olika perioder. Ett omfattande kartmaterial redovisar förväntad globalstrålning under årets månader för klar, växlande resp mulen dag. Globalstrålningen redovisas även för olika lutningar mot horisontalplanet vid olika väderförhållanden.

SMHI mäter numera solstrålningen på tretton platser i Sverige och dessa mätningar publiceras t ex månadsvis i Väder och Vatten [3]. Man kan räkna med att solstrålningen är 950-1000 kWh/m² och år i mellansverige. Det innebär att på en yta av endast två kvadratmil motsvarar solstrålningen hela Sveriges årliga energibehov för uppvärmning av byggnader, ca 165 TWh 1986.

Fig 1.5 Solskenstid i Sverige 1988 resp 1989
enl SMHI. Källa: Väder och Vatten.

Solskenstid i timmar



2 PROJEKT STORBYGÅRDET

2.1 Modernt

Bostadsområdet Storbygården är ett modernt område med tvåvånings källarlösa hus och insprängda kvartersgårdar för gemensamma utrymmen. Området exploaterades under åren 1975 t o m 1979 av Stiftelsen Malungshem i Malung, som också äger och förvaltar dessa bostäder med hyresrätt.



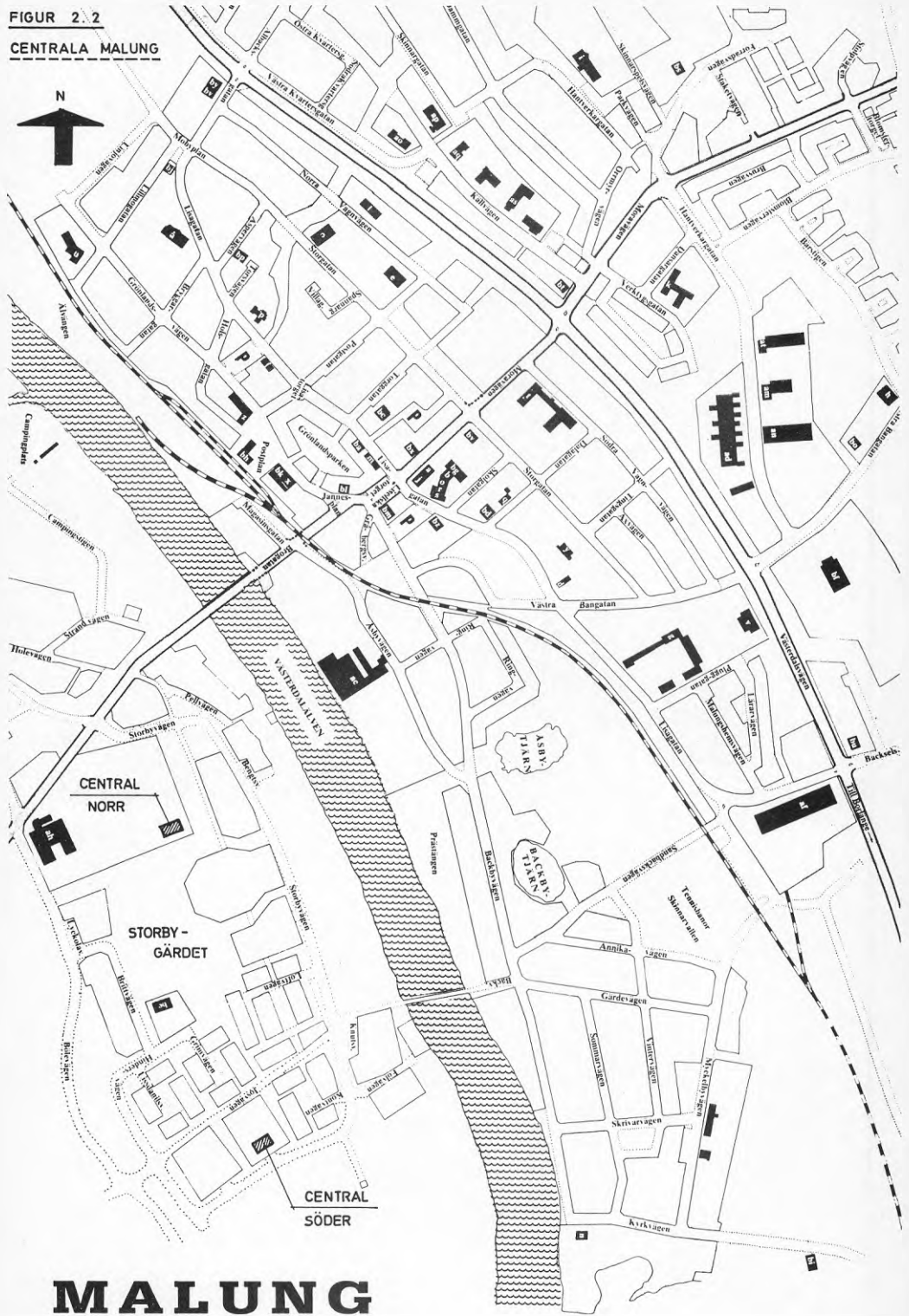
Fig 2.1 Storbygården består bl a av tvåvånings bostadshus insprängda i en äldre bebyggelse av landsbygdskaraktär.

2.2 Malungshem

Stiftelsen Malungshem är en av Malungs kommun helägd stiftelse vilken förvaltar ca 950 lägenheter i egna fastigheter med totalt ca 59 000 m² ly och ca 3 700 m² övriga lokaler. Stiftelsen förvaltar också kommunens egna lägenheter ca 230 st.

Malungshem har under många år arbetat aktivt för att spara energi och introducera nya energikällor i fastighetsbeståndet. En stor del av expansionen sker numera i vintersportorterna Sälen/Tandådalen.

FIGUR 2.2
CENTRALA MALUNG



2.3 Två identiska värmecentraler

Storbygärdet erhåller värme från två identiska värmecentraler vardera bestyckade med en högspännings (10 kV) elektropanna, och en ackumulator för dygnsackumulering. Den ena centralen kallad Söder ligger helt under mark, medan den andra som kallas Norr, ligger närmast centrum och är placerad i markplanet. Solfångarfältet är uppfört i anslutning till den norra centralen.

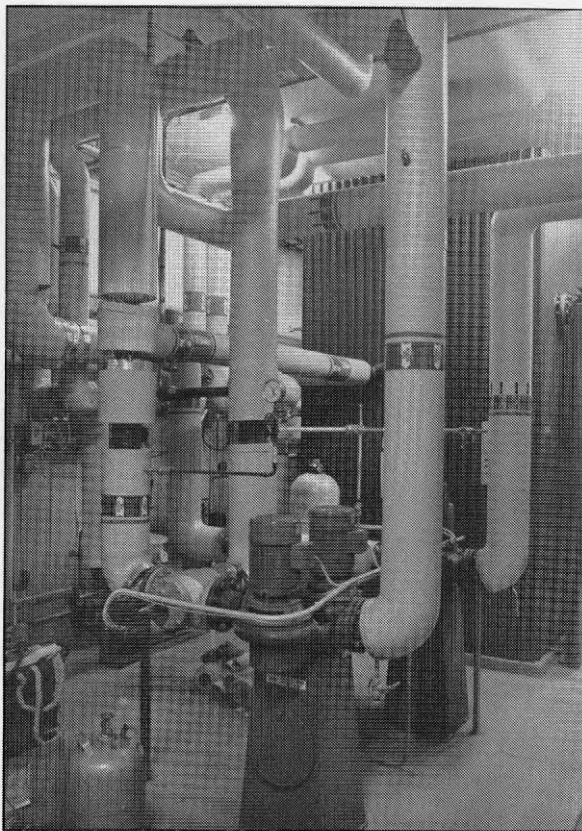


Fig 2.3

Värmecentralen är utrustad med dubbel-pumpar för både laddning och distr av värmevatten.

Driftdata värmecentral Norr

I fig 2.4 redovisas i diagramform driftdata för värmecentralen under extrema sommarförhållanden då hela värmebehovet täcks av solfångare. Värmeenergi från solfångare är uppmätt på värmväxlarens sekundärsida (förbrukarsida).

FIG 2. 4 TIMVÄRDEN FÖR VÄRMECENTRAL NORR (128 LÄG)
UNDER FYRA VARMA DYGN AUG -88.

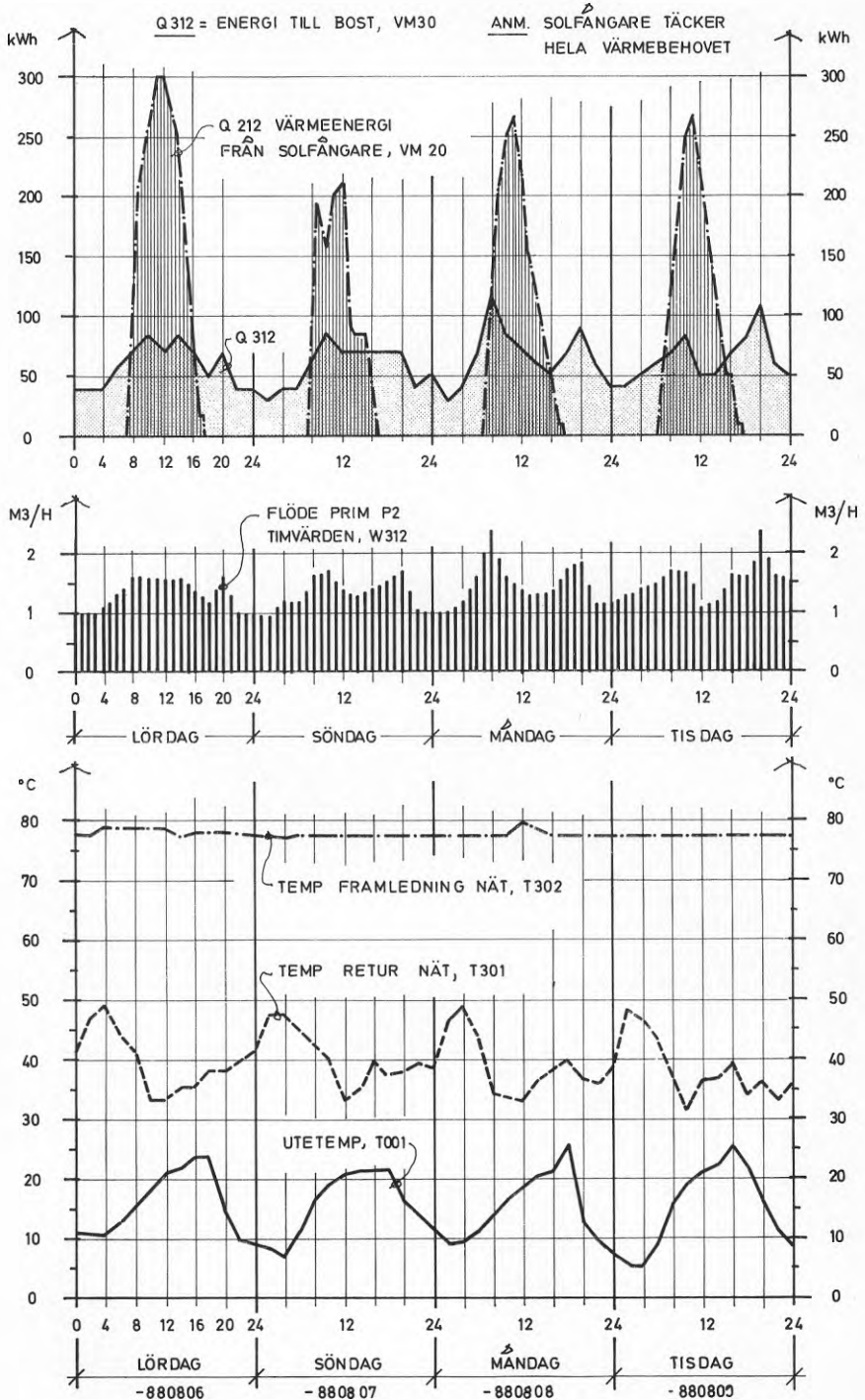
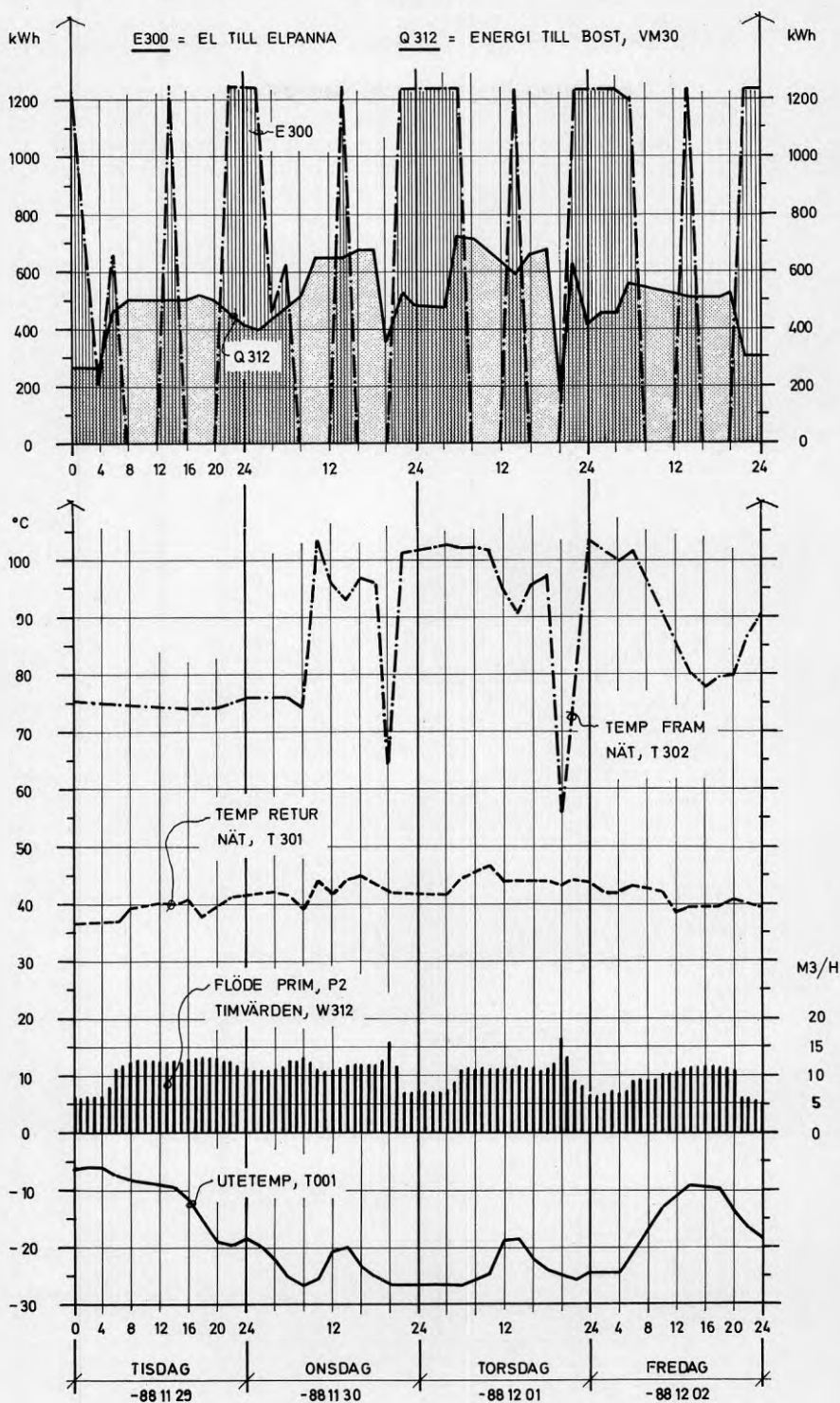


FIG 2. 5 TIMVÄRDEN FÖR VÄRMECENTRAL NORR (128 LÄG)
UNDER FYRA KALLA DYGN, NOV DEC -88.



I fig 2.5 redovisas på samma sätt driftdata under den kallaste perioden som registrerades under mätperioden. Man bör observera att den kalla perioden inte är representativ för Malung eftersom utetemperaturen kan falla under -30 grC kontinuerligt under en fyradagars-period.

Diagrammen är upprättade på basis av 1-timmes medelvärden och i vissa fall 2-timmarsvärden. Observera att skalan för energi och pumpvattenflöde efter y-axeln inte är desamma i fig 2.4 resp 2.5.

Framledningstemperaturen T302 uppvisar i fig 2.5 en märklig sänkning omkring kl 20 under två av dagarna. F ö uppvisas inga osannolika värden i diagrammen, vilka även återges i tabellform som dygnsvärden.

Tabell 2.1 Dygnsvärden för värmecentral Norr under fyra varma dygn i aug 1988 (motsvarande fig 2.4).

Dag	Temp ute medel grC	Värme bostad VM30 kWh	Fjv-nät (primärt)			Värme solfång VM20 kWh
			Temp fram grC	Temp retur grC	Flöde W312 m3	
880806	15,9	1460	77,8	39,6	33,4	2020
-07	15,5	1350	77,6	40,4	31,6	1180
-08	15,1	1550	77,6	38,7	34,4	1840
-09	15,2	1550	77,5	38,2	34,6	1460
4 dag	15,4	5910	77,6	39,2	134,0	6500

Tabell 2.2 Dygnsvärden för värmecentral Norr under fyra kalla dygn i nov/dec 1988 (motsvarande fig 2.5).

Dag	Temp ute medel grC	Värme bostad VM30 MWh	Fjv-nät (primärt)			El t panna E300 MWh
			Temp fram grC	Temp retur grC	Flöde W312 m3	
881129	-10,8	10,4	74,8	39,1	261	10,3
-30	-23,5	13,4	87,9	42,6	272	11,9
891201	-24,2	14,1	97,4	44,0	248	14,7
-02	-16,3	11,4	89,3	41,1	221	14,5
4 dag	-18,7	49,3	87,4	41,7	1002	51,4

För att skapa en bild av värmecentralens arbetsförhållanden under två år redovisas i tabell 2.3 en del mätdata som registrerats i projektet. Vissa mätvärden som justerats med hjälp av manuella avläsningar eller andra jämförbara värden markeras med en *.

Där värden saknas helt finns inga registrerade värden och ej heller några reella metoder att beräkna ett värde med acceptabel säkerhet.

Tabell 2.3 Månadsvärden för värmecentral norr 88/89

Mån	Temp	Grad	Värme	Värme	El t	Fjv-nät	
	ute medel grC	dag beräkn	bostad VM30 MWh	solfång VM20 MWh	panna E300 MWh	Temp fram grC	Temp retur grC
1988/01	-0,9	550	250	0	257	76	36
02	-3,5	596	249	0	257	77	37
03	-4,3	661	270	7	264	79	36
04	0,8	486	200	33	177	77	33
05	10,9	128	105	38	68	75	35
06	17,4	17	62	37	28	79	38
07	16,5	0	53	29	28	75	40
08	13,4	7	75	25	58	77	36
09	10,2	172	111	23	95	78	34
10	2,4	452	203	11	201	75	35
11	-5,3	670	274	3	281	75	37
12	-7,5	759	305	0	320	82	40
År 1988	4,2	4498	2157	206	2034	77	36
1989/01	0,6	509	250	0	261	80	36
02	0,3	467	228	6	233	80	35
03	1,3	488	235	14	231	81	36
04	2,7	429	211	16	211	74	36
05	10,0	157	122	32	93	70	36
06	14,3	31	72	26	58	76	37
07	17,9	0	50	29	33	78	39
08	13,6	54	72	21	57	78	36
09	10,2	181	110	22	96	72	36
10	3,1*	384*	207	16	198	74	37
11	-0,6*	500*	257	1	264	-	-
12	-7,8*	748*	331	0	335	-	-
År 1989	5,5	3948	2145	183	2070	-	-

*) Beräknade värden

- Medeltemperatur ute T001 har varit placerad på vägg mot den inhängnade ackumulatortanken. Det har tydligen inte varit en representativ placering för Malung, eftersom SMHI redovisar månadsmedeltemperaturer som är upp till 2 grader kallare sommartid. Maxvärdet för T001 ligger dessutom mellan 8 och 9 grader högre än för SMHI:s mätningar för sommarperioden.
- Den värmemängd som registrerats för VM20 är den värme som insamlats av solfångarna och uppmätts på sekundärsidan. Det är m a o den värmemängd som tillförts värmecentralen och bostäderna.
- Graddagar beräknade enl av Kungl Byggnadsstyrelsen fastställda regler efter temperaturgränsen +17 grC. (1 graddag = 86 400 kelvinsekunder).

Eldningsgräns dygnsmedeltemperatur

- april	+12 grC
- maj-juli	+10 grC
- aug	+11 grC
- sept	+12 grC
- okt	+13 grC



Fig 2.6 Den befintliga värmecentralen (Norr) ses här t h på bilden med den utomhus placerade ackumulatortanken bakom avskärningen. Solfångarna ses t v och tältet i bildens mitt döljer ett annat BFR-projekt, nämligen ett mindre gropvärmelager om ca 250 m³.

Extremvärden värmecentral Norr

Tabell 2.4 Maximala tim- och dygnsvärden för vissa mätpunkter i värmecentralen 1988.

Driftdata 1988	Timmax	Dygnmax
Elpanna elenergi E300	1,25 MWh	14,7 MWh
Värme bostad VM30	0,85 MWh	14,1 MWh
Fjv temp framledn T302	103 grC	97 grC
Värmevatten till bostad W312	16,4 m3	248 m3
Värme solfång prim VM10, Q105	330 kWh	2240 kWh
Värme solfång sek VM20	330 kWh	2150 kWh

Tabell 2.5 Maximala tim- och dygnsvärden för vissa mätpunkter i värmecentralen 1989.

Driftdata 1989	Timmax	Dygnmax
Elpanna elenergi E300	1,25 mWh	12,5 MWh
Värme bostad VM30	0,60 MWh	9,8 MWh
Fjv temp framledn T302	90 grC	85 grC
Fjv vatten till bostad W312	12,8 m3	223 m3
Värme solfång prim VM10, Q105	313 kWh	2103 kWh
Värme solfång sek VM20	290 kWh	1990 kWh

Tekniska data för värmecentral Norr

Värmepanna	ZVPI 1600
- spänning	10 kV
- effekt	1,2 MW
- drifttemp	120 grC
Elabonnemang	N2T (motsv)
Elleverantör	Malungs Elverk
Akkumulator	100 m3, PN3
Expansionskärl prim	10 m3, PN3
Laddningspump P1	42 m3/h, 3 mvp
Systempump P2	37 m3/h, 16 mvp
Energiförbrukning normalår	2190 MWh (7884 GJ)
Effektbehov vid DUT	1000 kW
Anslutna lägenheter	128 läg i 15 hus
Temperaturdata kulvert nät	
- sommar	≈ 75/40 grC
- vinter	≈ 100/40 grC

2.4 Undercentraler

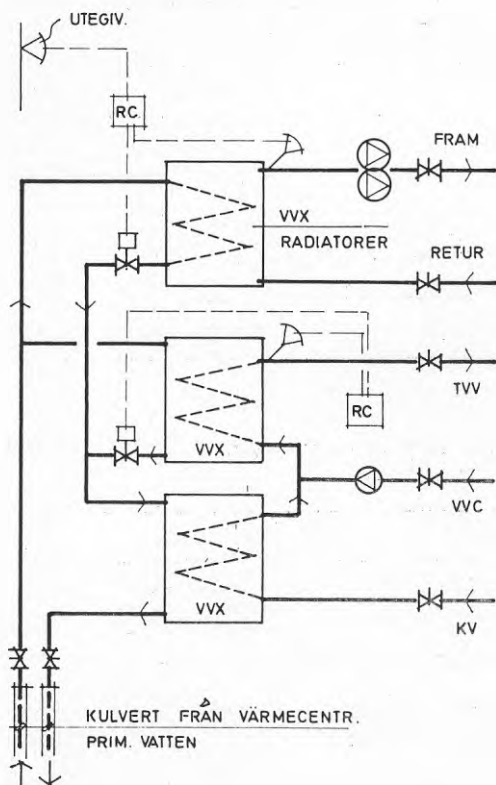


Fig 2.7

Undercentralerna i bostadshusen är utförda som standard 2-stegskopplade centraler, vilket i detta fall ger en mycket låg returtemperatur.

Undercentralerna är utformade enligt fig 2.7 och dimensionerade för ett fjärrvärmedistributionsnät 115/50 grC (T/R). I praktiken är undercentralerna tydligen överdimensionerade eftersom det är tillräckligt med en framledningstemperatur av max ≈ 100 grC. Returtemperaturen är i medeltal aldrig över 40 grC vilket skapar goda möjligheter för både solfångare och ackumulatorsystem.

Både för det ursprungliga värmesystemet med dygnsackumulering och för ett framtida årsvärmelager med solfångare är storleken omvänt proportionell mot temperaturintervallet in/ut. Den övre temperaturgränsen är given i ett öppet ackumulatorsystem typ gropmagasin varför intervallet blir helt beroende av den returtemperatur som nätet ger.

2.5 Kostnader

Projektet har finansierats av Statens råd för byggnadsforskning. BFR har förutom att de bekostat en förstudie för projektet även lämnat ett experimentbyggnadslån för entreprenadkostnader. En del av de administrativa kostnaderna har Stiftelsen Malungshem bidragit med.

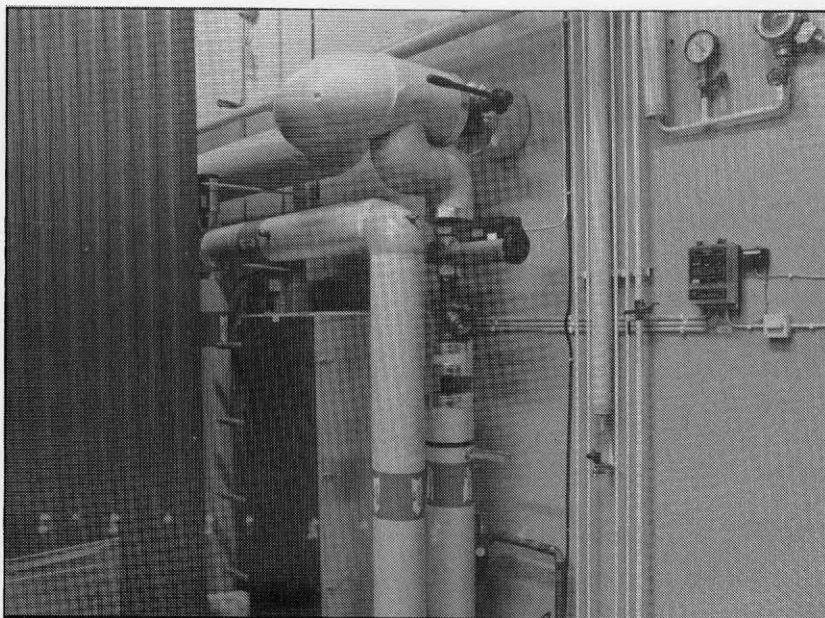


Fig 2.8 I små anläggningar blir även alla kringkostnader relativt sett stora, som t ex värmväxlare (bilden), rörinstallationer och styrutrustning.

Entreprenadkostnader inkl moms

Solfångare	900 tkr
Rörinstallation, styrsystem, kulvert	440
Markarbeten	20
Försäkringar, garantier	15
Projektering	210
Underkonsulter	30
Resor, traktamente	35
Projektledning	100
	<hr/>
Entreprenad Studsvik	1 750 tkr

Övriga kostnader

Kontroll, besiktning	40 tkr
Byggnadslov, administration	19
	<hr/>
Summa övriga kostnader	59 tkr

Finansiering

Experimentbyggnadslån, BFR	1 790 tkr
Stiftelsen Malungshem	19
	<hr/>
Total finansiering av proj	1 909 tkr

2.6 Parter

Hela projektet har genomförts som en totalentreprenad med huvudansvaret hos Studsvik Energiteknik AB med Leif Eriksson som projektledare.

Byggherre

Stiftelsen Malungshem, Malung

Entreprenör

Studsvik Energiteknik AB, Studsvik

Rör- och elinstallationer

Per Lundberg VVS-installationer AB, Malung

Solfångare

Finsun Energi AB, Finspång

Mark och plåt

Bygg & Montering AB, Gävle

Mätvärdesinsamling

MätCentralen för Energiforskning, Stockholm

Solfångarstudier

Vattenfall, Älvkarlebylaboratoriet, Älvkarleby

Utvärdering

Sven-Erik Persson, Falun

Gunnar Wilson, Finspång
vilken konstruerat och levererat solfångarna
medverkar som författare till kapitel 3 i
denna rapport, vilket behandlar arbetsteknik,
materialval och möjliga förbättringar då sol-
fångare platsbyggs. För att undanröja tvivel
om opartiskhet vid utvärderingen av solfångar-
fältet bör påpekas, att Gunnar Wilson endast
lämnat korrektur till kap 3, men inte på
något annat sätt medverkat vid insamling,
urval eller presentation av mätdata.

2.7 Drifttagning i augusti 1987

De första ideerna om projektet väcktes 1985 och en
förstudie presenterades av Studsvik i april 1986.
Stiftelsen Malungshem hoppades kunna starta projektet
redan samma år, men byggstarten skedde den 9 juni 1987.

Solfångaranläggningen byggdes snabbt och provkördes
redan den 20 augusti samma år. Anläggningen godkändes
vid slutbesiktning den 30 september 1987 med två års
garantitid. Vid garantibesiktningen 4 oktober 1989
noterades bl a problem med distanser mellan glas och
teflonfilm samt nötningsskador på absorbatörer.

Insamlingen av mätdata påbörjades vid årsskiftet
-87/88 men flertalet mätpunkter blev inte tillför-
litliga förrän månadsskiftet mars/april -88.

3 PLATSBYGGDA SOLFÅNGARE

3.1 Mångårigt utvecklingsarbete

De solfångare som ingår i Malungsprojektet har tillverkats av Finsun Energi AB, Finspång och ingår i ett flerårigt utvecklingsprogram för platsbyggda solfångare.

I detta kapitel sker en jämförelse av materialval och metoder mellan olika projekt med samma tillverkare. Angivna priser på arbete och material i detta kapitel avser 1987 års nivå.

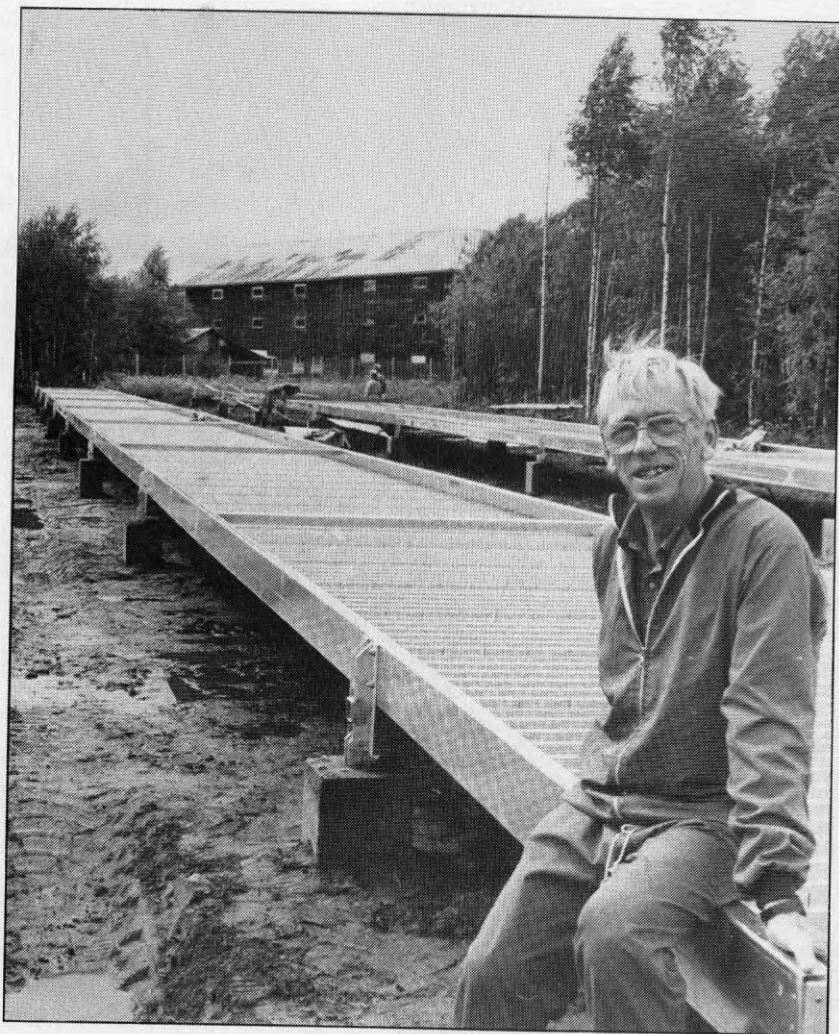


Fig 3.1 Konstruktören Gunnar Wilson framför modulerna, då ramkonstruktionen kommit på plats.

Under flera år har ett utvecklingsarbete pågått i syfte att nedbringa kostnaderna för solfångare, speciellt i tillämpningar med större enheter i kombination med fjärrvärmeanläggningar och större hetvattencentraler.

Då en liten solfångarenhet <2 m² i avgörande grad har sina kostnader i ramverk, gavlar, hörn och hopkoppling av enhet till enhet, är det naturligt att större enheter skall ge lägre kostnad per m² och därmed per producerad kWh. Vid fabrikstillverkade enheter blir största enheten begränsad av möjligheten att transportera och hantera enheten. Gränsen tycks ligga vid 10-12 m² per enhet.

Genom att utnyttja utrullningsbara band (Sunstrip) för absorbatoren, kan man genom platsbygge nå väsentligt större enheter. Begränsningen av storleken ligger närmast på temperaturstegringen vid värmebärarens passage genom solfångaren. Denna gräns ligger praktiskt vid ca 200 m².

Materialval och konstruktion samt arbetsmetoder för platsmontage av de olika ingående komponenterna ingår i det genomförda utvecklingsarbetet. Finsun Energi AB har byggt och studerat ett flertal prototyper i Finspång, Studsvik, Tumba, Älvkarleby, Canada, Furuvik, Älvkarlen, Malung och senast i Studsvik.

3.2 Nya material prövas

Trä, aluminium, förzinkat stål i stommen, luftkuddar som stativ, olika polymera material som täckning, olika isolermaterial samt olika grad av förbearbetning i fabrik av komponenterna har förekommit. Det är viktigt att utomhusmontage kan ske även i otjänlig väderlek. Därför har prototypen hela tiden gett uppslag till modifieringar. De fyra sist utförda prototyperna som här mera i detalj beskrivs, kännetecknas av,

I Furuvik - 220 m²

- 3-modulers solfångare, varje modul är 8,5 m lång och bär 7 glas, med överhäng 9 glas. Glasning med gummilist och klämlister men utan teflon.

II Älvkarlen - 180 m²

- Även dessa solfångare utan teflon men glasningen utförd med silikonlimning.

III Malung - 600 m²

- Fyra rader 7-modulers solfångare med teflon. Teflon monterat i skyddstält uppställt vid varje rad under monteringen.

IV Studsvik - 44 m²

- Fyra enmodulsenheter à 11 m² där teflon är förlimmat på fjädrande aluminiumlister.

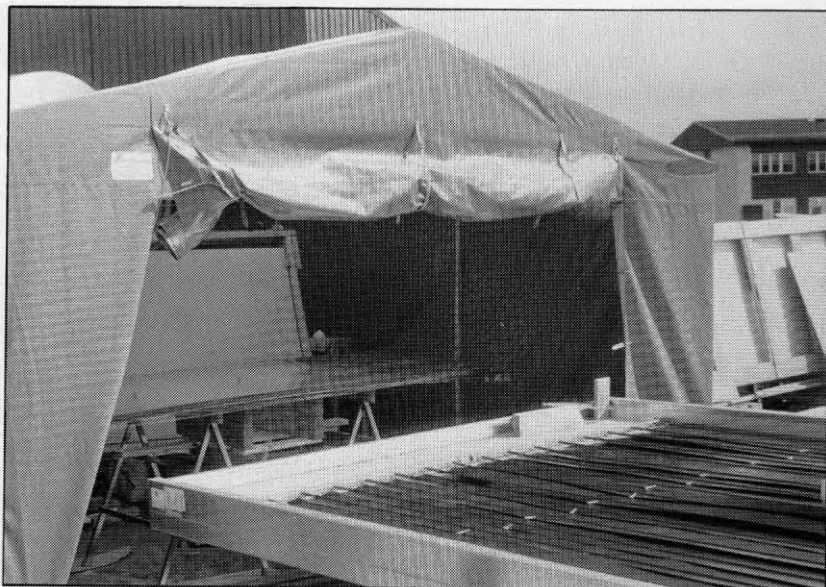


Fig 3.2 I Malung användes ett tält som flyttades mellan solfågarraderna och användes för den känsliga limningen av teflonfilm och montering av glas.

I de tre första objekten har genomgående förzinkad plåt använts till stomme. I det sista i Studsvik har aluminiumprofiler kommit till användning.

Ett förslag har framförts att införa ytterligare aluminiumprofiler för glasningen för att på så sätt dra största möjliga nytta av respektive materials bästa egenskaper,

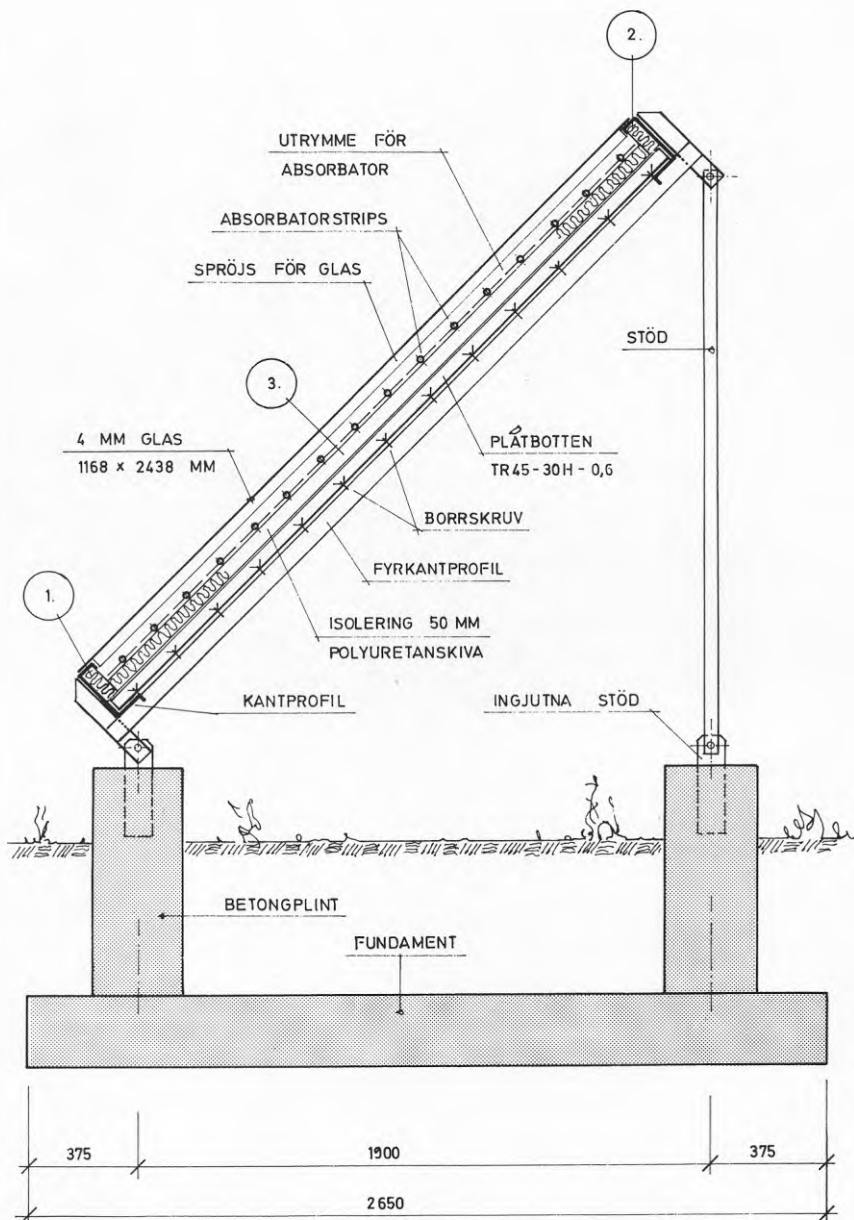
- aluminium ger stor frihet att forma profiler och är korrosionssäkert
- förzinkat stål har hög E-modul och ger möjlighet till långt avstånd mellan markförankringsspunkter.

Ett enklare markförankringssystem har provats i Studsvik med färdigtillverkade betongbalkar. Ett utvecklingsarbete har också påbörjats för att producera en absorbatör med bättre egenskaper än den hittills använda. En kostnadsanalys har genomförts med erfarenhet från de genomförda objekten.

FIGUR 3.3

SOLFÄNGARE TYP FINSUN

SEKTION GENOM STATIV



SOLFÄNGARENS LUTNING ÄR 45° MOT HORIZONTALPLANET.
SIFFROR I FIG. ALLUDERAR TILL TEXTEN.

3.3 Markförankring

I samtliga objekt har förankringen skett genom grävning och platsgjutning av fundament.

Metod

En meter djupa hål grävs och avgrusas. En plåtform 2650x830x250 mm bildar en rektangulär bottenplatta. Färdigtillverkade armeringar läggs i, och pelare formas med isärtagbara plåtformar. Fyra stycken formar monteras samtidigt. Betongen fylls på direkt i bottenplatta och i pelare. Gjuthöjden kontrolleras med avvägningsinstrument. Vädret var under arbetet i Malung synnerligen dåligt vilket gav lös lera i groparna.

Tidsåtgång

I Malung, där arbetet bedrivits på ackord, utförde 4 man arbetet med 32 fundament på ca 2 veckor, 410 mantimmar. I Furuviik och Älvkarleby har tidsåtgången per m2 varit större. För Furuviik har 100 timmar åtgått för grävmaskinens arbete.

Kostnad

Arbetet med fundamenten har bedrivits professionellt, men kostnaden är av storleksordningen 300 kr/m² färdig solfångare. Denna höga kostnad kan påverkas bland annat genom att man undviker att gräva ned fundamenten.

Förslag till förbättring

Två metoder kan provas. Antingen gjuter man en platta uppe på marken i en byggbar form eller också använder man prefabricerade betongpålar. Man måste då troligen räkna med vissa rörelser på grund av tjälskjutning, men solfångarkonstruktionen tål detta. Prov har gjorts med diagonaldeformationer på 30 cm utan att glaset påverkas. Modulerna är i princip "ledade" mot varandra så att måttliga rörelser kan accepteras. Betongpålar kostar ca 100 kr/m. Om två solfångarrader kan ställas på 7 meter långa pålar blir kostnaden under 50 kr/m² solfångare.

Den i exempelvis Malung tillämpade markförankringen kan beskrivas så här,

- utsättning, två man med instrument
- markberedning, röjning, avjämning med grävmaskin
- grävning
- eventuell länshållning med länspump
- avgrusning av form, två man

- utsättning av form, två man
- tillverkning av armering på verkstad
- armering, två man
- gjutning, direkt ur betongbil
- vibrering
- ingjutningsdetaljer, monteras med hjälp av avvagningsinstrument
- rivning av form, två man
- återfyllning med grävmaskin
- ev bortfraktning av massor

Om prefabricerade betongpålar istället används blir förfarandet följande,

- avgrusning, lastbil och grus
- utläggning av pålar med hjälp av lastbil, ev truck och avvagningsinstrument
- fastbilning av justerbart stöd för framsidan
- montering av höj- och sänkbart stödben

Kostnad

Betong och truck upphandlas lokalt. Betongpålar kan köpas på ett flertal platser i Sverige. Priset på betongpålar 235x235 mm är 85 kr/m exkl frakt. Priset på betong ca 500 kr/m³ inkl frakt. Plåtformar för återanvändning har specialtillverkats.

3.4 Stomme

Material

Stommen till solfångaren består av,

- stativ med stödben
- upplagsbalk
- korrugerad plåt TR 45

En modul är 8,5 m lång och 2,5 m bred. Den bär 7 st glas med spröjs mellan varje glas. Stommen är beräknad att ge skivverkan genom samspelet mellan plåt och balk. Plåten är skruvad till balken i varje dal med 5,5 mm självborrande rostfri skruv. Plåtarna fästes till varandra med popnit.

Materialiet levererades av Gavleverken förutom stativet, som kommer från Valbo Smide. Allt material är förzinkat, plåten dessutom lackerad.



Fig 3.4 Montering av stomme på Storbygärdet i Malung sommaren -87.

Montering

Frambärning av stativ sker manuellt. Det är därför viktigt att avlastning sker på lämplig plats,

- fäste av stativ med bult och mutter
- fastskruvning av upplagsbalk
- iläggning av plåt
- skruvning och nitning, plåten förborrad i mall.



Fig 3.5 Montering av korrugerad plåt vilken senare utgör underlag för isoleringen.

Tidsåtgång

I Malung arbetade tre man en vecka, det vill säga ca 15 man-minuter/m².

Kostnad

Stativ 700 kr st, plåt 65 kr/m², balk 58 kr/m, vilket motsvarar ca 150 kr/m² solfångare, exklusive monteringsarbete. De angivna priserna är orabatterade. Öppen anbudsinfordran kan förbättra prisbilden.

Förslag till förbättring

Monteringen kan snabbas upp betydligt genom att använda en vagn som ställs upp på den första modulens balkar. Vagnen lastas med stativ, plåt och balk. Man bygger stommen fortlöpande med material från vagnen som rullar på den redan byggda delen av stommen.

Antalet popnitar mellan plåtarna torde kunna reduceras kraftigt då stommen ej blir utsatt för påkänningar som försöker skjuva nitarna. Montagetiden borde kunna reduceras till högst 5 min/m². En truck fordras dock för lastning av vagnen.

Den förzinkade plåten kan eventuellt bytas ut mot aluminiumplåt som är lättare att hantera, som är korrosionsstarkt, ger mindre strålningsförluster men har lägre elasticitetsmodul och tål lägre hålkantstryck. Prismässigt är de likvärdiga.

En fördjupad studie av hållfastheten kan eventuellt visa att balken kan göras längre genom att montera in snedsträvor från fundament till balk. Det skulle ge lägre markförankringskostnader. Ett rimligt antagande är att material inklusive montering skall kunna nedbringas till 150 kr/m².

3.5 Isolering

Material

Polyuretanskivor överdragna med aluminiumfolie från Yxhult, Kumla, tillverkas i Falköping. Tjocklek 50 mm, bredd 1200 mm, längd 2400 mm, skivorna kan beställas i valfri längd.

Montering

Den södra kantskivan (1) plockas in först. Norra kanten av solfångaren, isoleras sedan. Avpassade isolerbitar trycks upp i balkutrymmet (2). I Malung var balken på vissa ställen något för smal för isoleringen. Genom att platta till isolerbitarna med en träklubba kunde den med svårighet tryckas upp så att bottenskivan (3) kunde föras in under kantisoleringen. Bottenskivans långkant är trappstegsformad.

Den friliggande aluminiumfoliedelen måste vikas upp innan isolerskivan läggs ner på bottenplåten. Skivan måste sedan med hjälp av en plankbit bultas tätt in mot föregående skiva. Metoden är tveksam då aluminiumfolien lätt skadas. Isolerskivorna fästs till plåten genom 70 mm skruv med stor bricka. Skruvarna måste träffa en ås i TP-plåten. Om plåtkorrugeringen är asymmetrisk, som i Malung, bör den breda åsen vara vänd uppåt.

Tidsåtgång

Iläggning av isolering bör ta cirka 180 min per solfångarrad, ≈ 1 min/m². Viktigt är dock att materialet inte behöver bäras för långa sträckor. Tiden för att lägga i isoleringen beror mycket på om kantskivorna passar. Stora variationer uppmättes på balkarna.

Kostnad

Isoleringsmaterialet kostar ca 75 kr/m² och med frakt, spill etc är kostnaden i Malung 90 kr/m².

Förslag till förbättring

Bättre fog för bottenskiivorna, utan ömtålig, fri-liggande aluminiumfoliekant skulle förenkla arbetet avsevärt. En vagn som rullar på balkarna skulle kunna frakta isolering och även absorlatorstrips, vilket kan förenkla hanteringen och därmed minska arbetstiden.

Det är lockande att försöka hitta något sätt att isolera med glas- eller mineralull. Det innebär dock svårigheter vid regn på grund av utomhusmontaget. Dessutom avger bindemedlet i mineralullsprodukter avgaser som kondenserar på glaset. En aluminiumfolie är därför nödvändig som vägg utanpå isoleringen. Glasull utan bindemedel och utan skyddsfolie är kanske tänkbar om den går att hantera.

3.6 Absorbator

Absorbatorn är solfångarens viktigaste del. Det unika med Finsunsolfångaren är att absorbatorn levereras i hasplade band som rullas ut och blåses upp på plats.

Material i absorbator

Absorbatorbanden från Sunstrip beställdes som metervara från Sunstrip Viking i Finspång. Den selektiva ytan skall ligga inåt i hoprullat skick. Den bör levereras med ett kopparrör inlött i den yttre änden. För de aktuella tre projekten har emellertid, på grund av tidsbrist, ilödning av kopparrör utförts på Vattenfalls laboratorium enligt nedan,

- kanalen öppnas och formas med en roterande dorn
- röret rengörs med stålborste och smörjs med lödpasta
- röret, längd ca 50 mm, sticks in och kanalen formas om röret med en tång vars käftar helt omsluter kanalen
- försiktig värmning tills lodet smälter.

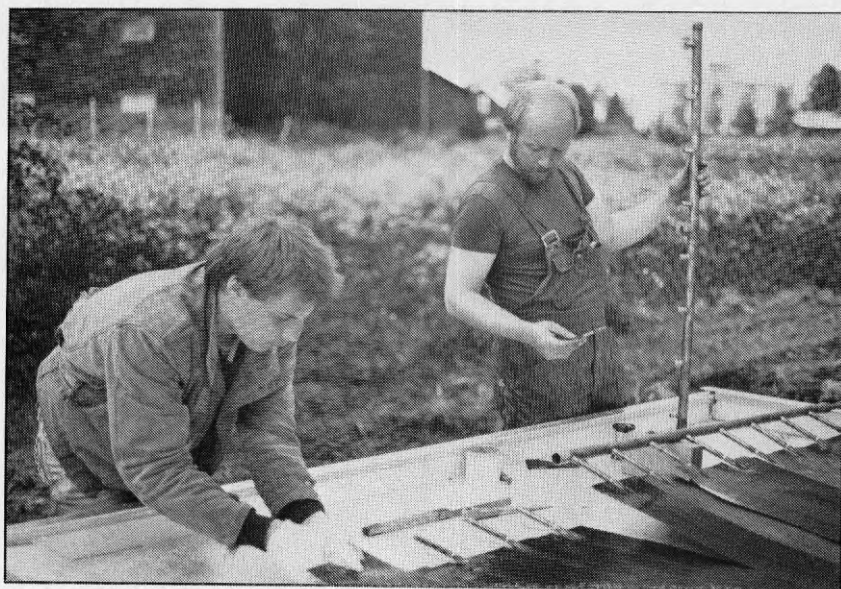


Fig 3.6 Absorbatorerna hade monterade anslutningsrör av koppar, som på plats kopplades ihop med samlingsrör.

Samlings- och fördelningsrör

Rören framställs genom hårdlödning av avstick från ett 28 mm kopparrör. Olika system har också tillämpats.

Furuvik:

Två samlingsrör med 16 avstick vardera fördelar flödet lika mellan alla 16 banden i solfångaren. Inlopp i ena ändens lägsta punkt. Utlopp i andra ändens högsta punkt. Systemet ger mer kulvertdragning utanför solfångaren.

Älvkarlen:

Två samlingsrör med 8 avstick vardera leder vattnet i de 8 lägsta bandkanalerna i en riktning till ett samlingsrör i andra änden (vändänden) med 16 avstick som återför vattnet i de 8 övre banden till första änden, där vattnet samlas ihop av det andra samlingsröret med 8 avstick (in- och utloppsändan). Röret med 16 avstick hålls då fixerat och längdutvidgningar upptages i in- och utloppsändarna som i Älvkarlen.

Malung:

Vid längre enheter över 5 moduler, bör längdändringarna tas upp i båda ändarna och röret med 16 avstick uppdelas på 2 rör som förbinds med en böjlig slang som i Malung.

Stripshållare

Banden måste hållas på plats med så kallade strips-hållare. Stripshållarna skall hålla banden på plats i sidled men tillåta rörelse i längdled. Stripshållarna kan följa bandets rörelse eller tillåta att bandet glider i stripshållaren då denna är fastsatt i lådans botten som i Malung.

Om den följer bandets rörelse måste stripshållaren fixeras i sidled (höjddled) genom upphängning med trådar i övre kanten. Sådant är utförandet i Furuvik.

Det visar sig svårt att få banden att glida i strips-hållarna utan att skada bandytan. Det har också förekommit att motståndet mot glidning varit så stort att bandet "skjutit rygg", vilket också skadat bandet.

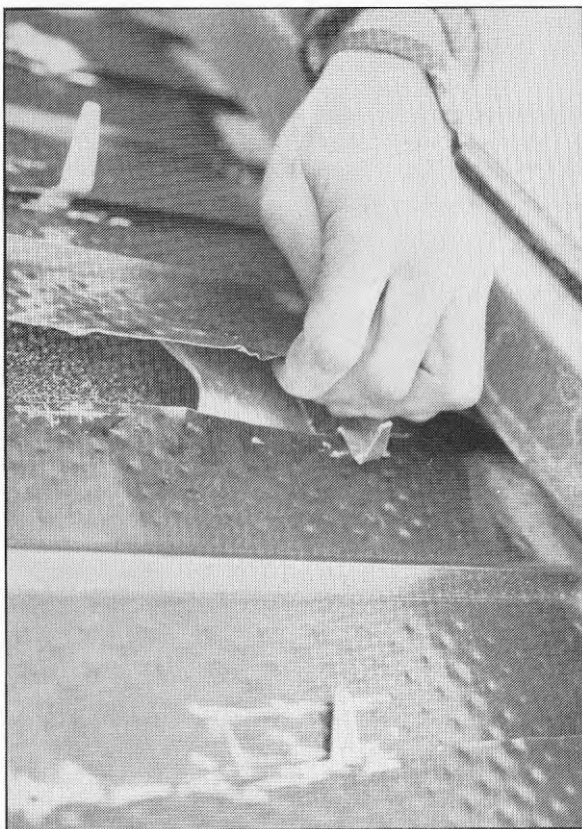


Fig 3.7 De s k stripshållarna av vilken en syns på fig har inte fungerat bra i Malung. Genom nötning mellan strips och spröjs har läckage uppstått.

Montering av absorbator

I Malung rullades banden ut ett i taget och ihoplöddes i vändänden, varefter uppblåsning skedde med banden omvikta för att stoppa fri utblåsning. Sedan vidtog avklippning och lödning i in- och utloppsändan. Förfaringssättet är tidsödande och osäkert och fördröjdes av att en del band läckte vid uppblåsningen.

Tidsåtgång

Använd tid ca 50 mantimmar. Till detta kommer 30 mantimmar för onormala reparationer av dåliga strips.

Kostnad

Kostnaden för arbetet att montera absorbatorerna uppskattas till ca 15 kr/m². Arbetet att förbereda banden gjordes i Älvkarleby laboratorium och kan uppskattas till ca 10 kr/m².



Fig 3.8

Utrullning av
absorbator
typ Sunstrip
i Malung

Kommentarer ang absorbatorer

Absorbatorn Sunstrip har utvecklats inom Gränges Aluminium och tillverkades fram till 1983 i Finsspång. Därefter såldes tillverkningsrätten och utrustningen till ett kanadensiskt företag, Petrosun.

En grupp personer, tidigare sysselsatta med tillverkningen av absorbatorer i Finsspång, hade i Sunstrip Viking ensamrätt på import av band från Sunstrip International i Kanada. Gruppen Sunstrip Viking har alltså levererat band till de aktuella projekten. Specifikationerna har föreskrivit band av bestämd längd, passande till de olika projekten.

Banden måste vara noggrant valsade för så kallad fri uppblåsning, I fabrik blåser man upp banden med vingarna fastklämda mellan klämbackar. Uppblåsning av banden i fält måste ske utan klämbackar. Undersökningar har visat att noggrann valsning ger ett fullgott resultat även vid fri uppblåsning.

Även med vingarna på banden har uppstått problem. De har i en del fall ändrat läge vid uppblåsningen, vilket beror på dålig tillverkningskontroll. Bandleveransen höll följaktligen inte måttet.

Sedan Petrosun inställt betalningarna och Sunstrip Vikings ägoförhållanden ändrats har behovet att utveckla en inhemsk produkt med bättre egenskaper aktualiserats. På grund av nämnda svårigheter med kvalitet, och för att undvika eventuella framtida leveranssvårigheter har ett utredningsarbete igångsatts för att ersätta Sunstrip med likvärdigt eller bättre material.

Om ren koppar används stiger materialkostnaden men troligen kan tillverkningsproblemen elimineras och kvaliteten höjas, varför det beskrivna förfarandet bör prövas. Tennlödning ersätts med hårdlödning och flänsverkningsgraden höjs från 95% till 98%. Selektiva skiktet ges större livslängd och bättre ϵ -värde. Säkerheten förbättras då sprickbildningen genom snedvalsning undviks.

Väggen i röret blir förmodligen tunnare. Vid normal tryckbelastning är dock sprängtrycket mer än tillräckligt. Problemet är att man måste kunna garantera att skador genom oförsiktig behandling t ex nötning undviks.

Förslag till förbättring

Stripshållare för 8 band urformas så att de vid övervikning av fliken låser hållaren till bandet. De undre 8 bandens hållare vilar mot den nedre kanten. De 8 övre bandens hållare hängs upp i övre kanten med en 1 mm rostfri tråd, två hållare per modul, dvs 4,25 m mellan hållarna. De nedre hållarna utformas så att de lätt glider mot lådans botten.

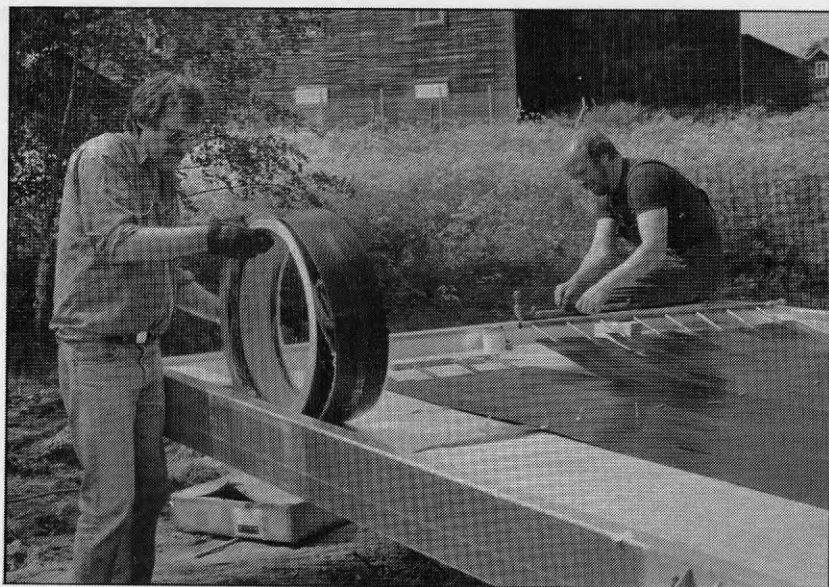


Fig 3.9 Utrullning av absorbatorer, uppblåsning och anslutning utfördes på ca 80 mantimmar, men härav förbrukades 30 timmar på onormala reparationer.

I in- och utloppsändan används samlingsrör med 8 st avstick som kopplas med en slang för varje avstick med skärningskoppling. I in- och utloppsändan fästs spiralfjädrar, en i varje band som håller banden under ständigt drag för att undvika uppskjutning mot spröjsen. I vändändan används också skärningskoppling och 16 avstick med samlingsröret fäst i gaveln. Dessa åtgärder är något kostsammare än de i t ex Malung använda, men fördelarna är stora. Man undviker bl a lödförfarande utomhus, vilket är vanskligt i dåligt väder.

Förslag till monteringsförfarande:

1. Samtliga stripshållare utläggs och tejpas fast för att undvika ofrivilliga förskjutningar under arbetets gång. Hållarna för de övre banden förbinds med en rostfri tråd som förs genom ett 5 mm hål genom övre balken.
2. Alla 16 bandrullarna uppställs i vändändan och placeras i en "trägrind". Bandändarna fästs i samlingsröret, alla banden rullas ut genom att föra "grinden" längs solfångaren. Stripshållarna rättas till vid passagen och överviks.
3. I sista änden monteras de två samlingsrören med sina påmonterade slangar. Fjädrarna spänns fast.

4. Hela absorbatoren sätts under tryck för uppblåsning. Kontroll av tätheten görs samtidigt. Samlingsrör och slangar är på detta sätt väl förarbetade och ett minimum av montagearbete görs utomhus.

En framtida möjlighet till rationalisering finns i att kombinera iläggning av isolering och utrullning av banden. En vagn som löper på bärbalkarna bär isolering, stripshållare samt bandrullarna i ett grindsystem enligt tidigare beskrivning.

Skall banden förberedas för installation i båda ändarna i en fabrikslokal, måste två hasplar för omhaspling, längdmätning och ilödning av korta kopparrör anskaffas. Vidare måste någon enkel teknik utarbetas där banden kan skarvas så att spill i möjligaste mån kan undvikas.



Fig 3.10 Lödning utomhus kan vara en vanskelig metod vid sämre väder än vid arbetet i Malung.

3.7 Glasning i Malung

Material

Ett härdat glas, Solatex har använts i Malung,

- beteckning	Solatex
- tillverkad i	USA
- mått 96" x 46"	1168 x 2438 mm
- tjocklek	4 mm
- järnoxid FeO	0,04%
- yta	matt
- kostnad i Malung	ca 90 kr/m ²

Spröjs bär glasets långsida och fixerar de två långsbalkarna. Samma spröjs har använts i Furuvik, Älvkarleby och Malung och kostar ca 55 kr/st.

Glasningslist har specialkonstruerats av EPDM kvalitet. Leverantör Värnamo Gummi till en kostnad av 4,50 kr/m eller 15 kr/m² solfångare.

Teflonfilm tillverkad av Du Pont har använts i Malung,

- importör	Habia, Uppsala
- tjocklek 50-100A	0,013 - 0,025 mm
- tjocklek i Malung	0,013 mm
- bredd	1350 mm
- idealbredd	1250 mm
- kostnad 0,013 mm	30 kr/m ²

Arbetsmetod

Flera olika system har använts för att bygga ihop glas/spröjs/teflonfilm. I solfångarna i Malung finns en förspänd film av teflon mellan glas och absorlator.

Denna monteringen krävde ett särskilt montagebord som ställdes upp någon meter från ena kortänden av solfångarenheten. För att skydda mot framförallt vind, var hela arbetsplatsen skyddad av ett tält. Följande arbetsprogram tillämpades,

- Tält sätts upp, montagebord, teflonrulle och förpackning med glas tas in i tältet.
- Gummilister klipps till för varje glas
- Glaset tas fram
- Gummilist sätts på och klipps till i hörn
- Ett icke torkande lim stryks på gummilisten
- Teflon läggs ut, spänns och fästs vid gummilisten

- Glas-gummi-teflon-rutan lyfts upp och förs ut av en vagn, fig 3.11 till rätt modul i solfångaren där den vänds och läggs ned.



Fig 3.11 Tältet där glas/gummilist/teflon monteras för att sedan transporteras ut på solfångaren med vagnen i förgrunden.

Montering av spröjs

Innan glasrutan kan läggas på plats har spröjsen monterats med självborrande skruv. Spröjsen är gjord så, att ena skänkeln är längre än den andra. Denna skänkel är en klippkant där risk föreligger att absorbatoren skadas om den ligger an mot spröjskanten. En gummiprofil av silikongummi har därför tagits fram, som limmats fast med ett högvärdigt silikonlim.

Spröjsen ger tillfredsställande styvhet för stöd åt glaset, men den har inga specialfunktioner för att fästa teflonet. Ett speciellt system för att fästa teflonfilmen har därför utarbetats och med viss framgång tillämpats i Malung. Systemet har patenterats.

Montering av teflon

Det har visat sig att teflonet har en tendens att utvidgas i värme så att det vill hänga ned mot absorbatoren eller dras mot glaset på grund av elektrostatiska krafter. Genom att utforma gummilisten med en läpp kan man underhålla teflonfilmens spänning.

I Malung har för säkerhets skull små gummisvampar lagts in som distanser mellan glas/teflon/absorbator.

Montering av glas

Glaset hålls på plats med täcklister som även skyddar den förzinkade balken från klimatpåverkan.

Endast själva lyftet av rutan från glasförpackningen till bordet och från vagnen ner i solfångaren kräver två personer. Övrigt arbete utförs lämpligen som enmansarbete. En arbetscykel med två man för lyftmomenten men i övrigt en man ger en tidåtgång på ca 7 min/glas. Arbetet bör kombineras med fastskrivning av spröjs samt fastsättning av klämlister. Tre man är ett idealiskt arbetslag,

- en man skruvar spröjs och list
- en man lägger på teflon
- en man transporterar glas samt assisterar de övriga vid lyften och eventuellt vid andra arbetsmoment.

Tidsåtgång och kostnad

Det torde vara möjligt att montera sex glasrutor i timmen inklusive spilltid och pauser dvs ca 20 man-minuter/m². Arbetskostnader för detta arbete skulle då bli ca 40 kr/m² solfångare.

Kommentar ang glasning

De distanser som lagts in mellan glas/teflon/absorbator limmades med ett olämpligt lim som inte häftade mot glaset. Stöden har därför i stor omfattning fallit ned. Det förefaller efter två års drift, som om dessa stöd inte varit nödvändiga. De utgör en ovälkomen skönhetsfläck och borde vid någon framtida läglig tidpunkt avlägsnas.

Vidare komplicerades arbetet i Malung av, att arbetsmomentet med att fästa klämlisterna ingick i ett entreprenadåtagande tillsammans med bl a grundläggningen. Då glasningen utfördes var entreprenören färdig med sitt huvuduppdrag och hade inte tillfälle att stanna för listskrivningen.

Glasen blev därför ilagda utan att lister omedelbart limmades på. Solfångarna kunde inte resas och kraftiga regn fyllde delvis utrymmet mellan teflon och glas med vatten. Åtgärder vidtogs då, att täcka hela solfångarna med plastpresenningar, vilket var både tidsödande och dyrbart och dessutom inte något fullgott skydd, se fig 3.12.

Arbetet med att slå upp och flytta tältet var tungt och krävande. Troligen skulle det inte heller tåla en sämre väderlek. Det är därför nödvändigt att finna ett bättre system.

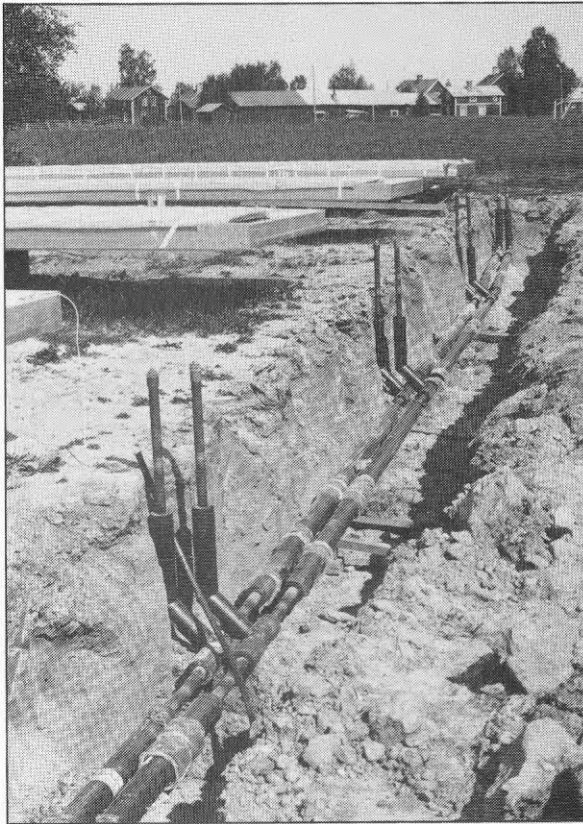


Fig 3.12

I väntan på tätning-
lister och
uppresning
har sol-
fångarna
täckts med
plastpre-
senningar.
Kulvert är
monterad men
ej återfylld.

3.8 Glasning i andra projekt

I de projekt där Finsun Energi AB medverkat har fyra olika system tillämpats för att bygga ihop glas med spröjsstomme.

- | | | |
|-----|-----------|--|
| I | FURUVIK | - gummlister och skruvade klämlister |
| II | ÄLVKARLEN | - silikonlimning |
| III | MALUNG | - gummlister med förspänd teflon |
| IV | STUDSVIK | - enkla gummlister med fjädrande aluminiumlist |

I Furuvik

I Furuvik har samma sorts gummilist använts som i Malung men här har ingen teflonfilm monterats på. Även samma sorts spröjs och täcklist har använts. Systemet har fungerat halvbra. Vissa förbättringar med silikon för att uppnå tillfredsställande täthet har gjorts.

Täcklisterna och gummilisten passar inte alltid ihop och täcklistens vekhet gör att man måste sätta skruvar mycket tätt för att få tryck på listen ut efter hela längden.

II Älvkarlen

Silikonlimning av glaset förordades av de entreprenörer som var inblandade i projektet. I Älvkarlen-solfångarna är glasningen utförd på detta sätt. Man lägger glaset på en självhäftande gummilist, EPDM 5x10 mm, som ligger ca 10 mm från glaskanten. Man fyller sedan utrymmet mellan glaskanten samt utrymmet mellan två glas på spröjsen och fram till en plåtavsats på kortsidorna med silikon. En särskild utrustning har tagits fram, som driver silikonet med tryckluft.

Ytorna behandlas med en primer. Det finns krav på temperatur över 5°C och torrt väder. Härdningen tar något dygn. Resultatet i Älvkarlen är hittills mycket bra. Tid och kostnader får anses vara acceptabla. Kravet på klimatskyddat arbete samt tidigare erfarenheter från solfångare i t ex Lamböhov, gör det tveksamt om metoden kan användas generellt.

Ett system med hjälp av aluminiumprofiler har utarbetats där man klämmer fast glaset mot spröjsen efter långsidorna. Man använder silikon på båda kortsidorna. På detta sätt vinner man tid och absolut säkerhet mot att glaset lossnar, samtidigt som det blir tätt i alla fyra hörnen. Snö och regn kan obehindrat lämna glaset. Ingen utskjutande kant vid nedre delen av glaset hindrar.

IV Studsvik

Teflonhanteringen med limning bör helst utföras på en skyddad plats inomhus. Ett flertal utföranden har prövats. Följande lösning fyller alla de krav som uppställs. Det har delvis prövats i Studsviks projekt.

Arbetsförlopp:

- Inomhus, t ex på fabrik kan teflon rullas ut på ett bord och sträckas för att få bort alla rynkor. Två aluminiumlister bestryks med lim och limmas till teflonets bägge långsidor. Teflonet rullas sedan upp på listerna för att kunna transporteras till montageplatsen.

- Lister för glasets kortsidor utgörs av aluminiumprofiler. Dessa som skall säkra den övre glaskanten och stödja den undre görs i ordning och borras. Spröjsen är en kombination av 2 mm bockad förzinkad plåt och aluminiumprofil för att få både styvhet och funktion. Den förberedes också inomhus som teflonfilmen vilket innebär,
 - sammansättning
 - iläggning av silikonlist
 - borring av spröjs- och klämlister
 - iläggning av gummilister

- Första spröjsen läggs i och skruvas fast. Teflonets ena list fästs till spröjsen. Glaslisten i över- och underkanten läggs ut och skruvas fast med teflonet under sig och listen intill den fasta spröjsen. Nästa spröjs läggs i några cm närmare den fasta spröjsen än där den slutligen skall ligga. Teflonet fästs.



Fig 3.13

Här har solfångarna rests upp. På bilden syns bl a fördelningsrören i anslutningsändan och expansions slangarna.

- Spröjsen skjuts till sin rätta plats som bestäms av glaslistens längd. Teflonet sträcks då och de fjädrande listerna på vilka teflonet är limmat spänns ut och underhåller ständig spänning av teflonet.
- Spröjs och glaslister skruvas fast. Klämlisten skruvas fast och silikon läggs i över- och underkant. Ett skyddsband av aluminium fästs genom kil och skruvförband på övre sidan, vilket ger extra tätning och bättre korrosionsskydd samt minskar värmeförlusterna från överkanten.

4 INSTALLATION AV SOLFÅNGARE

4.1 Planfrågor

Även om mycket kring solfångare har en positiv sida är placeringen utan tvekan ett problem. Den typ av solfångare som ingår i detta projekt är stora platsbyggda enheter avsedda för placering på mark.

I den s k slutna bebyggelsen med kvartersvärmecentraler är de alltså uteslutna. Större värmecentraler är ofta placerade på eller i anslutning till industriområden, och där är marken antingen dyr eller också upptagen av industriell verksamhet. Trots detta finns i Sverige många värmecentraler med kringliggande markområden som bara väntar på att fyllas med solfångare.

Storbygdärdet är i detta avseende ett utmärkt exempel på bebyggelse där solfångare är både lämpliga och tillåtna. Området kring värmecentralen var avsett till industriområde, men genom en planändring finns det nu plats för minst 4000 m² solfångare.

Det har heller inte framförts några klagomål på solfångarfältet som sådant. Bilden nedan i fig 4.1 är tagen från taket på ett av bostadshusen i samband med slutbesiktningen och visar hur ostört området ligger.

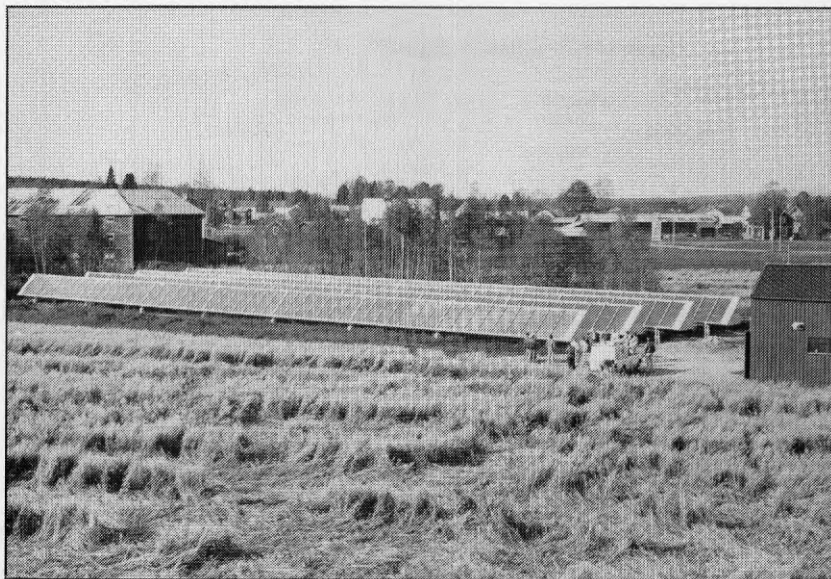
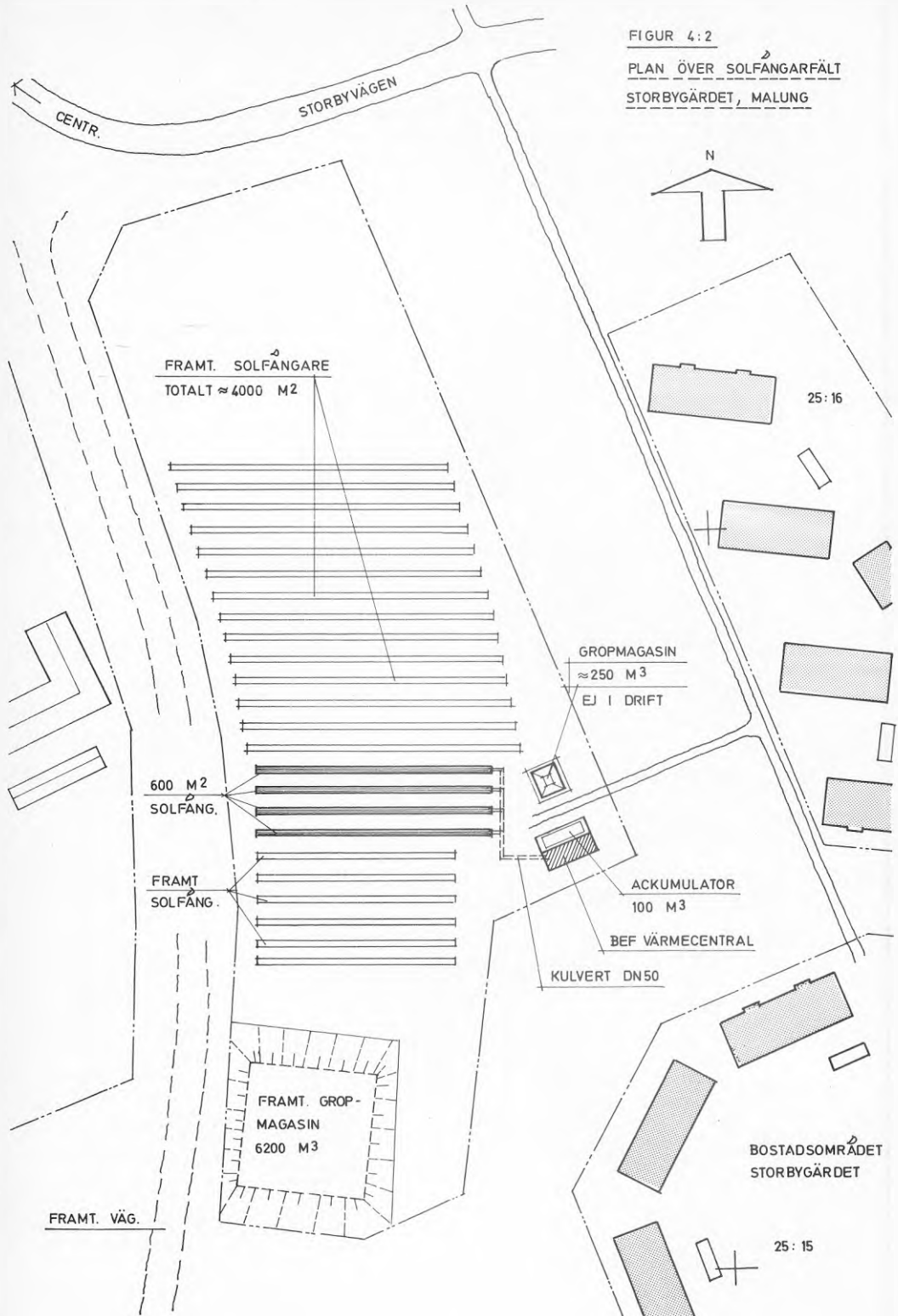


Fig 4.1 Den första etappen i solfångarfältet omfattar 600 m² och det finns som synes gott om plats för ytterligare 3400 m².

FIGUR 4:2

PLAN ÖVER SOLFÄNGARFÄLT
STORBYGÅRDET, MALUNG



4.2 Inkoppling i befintligt system

Solfångarna är av fabrikat Finsun och uppställda i fyra rader om ca 150 m² vardera. Inkopplingen i befintligt värmesystem har skett via en värmeväxlare VVX10. Solfångarkretsen innehåller 50 viktsprocent propylenglykol och resten vatten.

Den befintliga ackumulatorn om 100 m³ (PN3) har försetts med en ny anslutning i centrum, för att kunna ladda den övre halvan via elpannan och den nedre via solfångarna.

Studsvik Energiteknik AB, som har varit entreprenör i detta projekt, har konstruerat det styrsystem som är basen i driftstrategin. Systemet är komplicerat med tre olika driftfall

- *sommar*, då värmeförbrukningen garanterat understiger halva ackumulatorvolymen
- *vår/höst*, då värmeförbrukningen normalt överstiger halv ackumulatorvolym, men solfångarna fortfarande förmår ladda ackumulatorn under gynsamma förhållanden
- *vinter*, svarar solfångarna endast för en höjning av temperaturen på returvattnet från bostäderna - om solen tittar fram.

Dessa driftfall styrs av handmanövrerade ventiler som alltså skall ställas om fyra (4) ggr per år beroende på väderlek. Detta besvärliga driftsätt har påtvingats entreprenören av önskan att nyttja samma ackumulator för både elpanna och solfångare. Att omkopplingen blir subjektiv ligger i sakens natur. Det har också hänt att ventiler stått i fel läge i flera månader utan att det upptäckts.

Förenklat sker den automatiska regleringen enligt nedan med hänvisning till beteckningar i fig 4.3.

- Laddningen av ackumulatorn via elpannan sker olika beroende på vilket driftfall som gäller. I t ex sommarfallet laddas endast den övre delen av ackumulatorn via EP1.
- P1 startar och SV2 öppnar då EP1 startas.
- P2 har kontinuerlig drift och SV3 reglerar framledningstemperaturen till bostäderna beroende av utetemperaturen.
- GT10 monterad på solfångare startar P10 då temperaturen vid givaren är över +25 grC.
- GT11 monterad bredvid GT10 förhindrar P10 att starta vid temperaturer över 95 grC om den inte redan är i drift. När P10 startar bryts alltså matningen till GT11, som därefter inte har någon funktion.

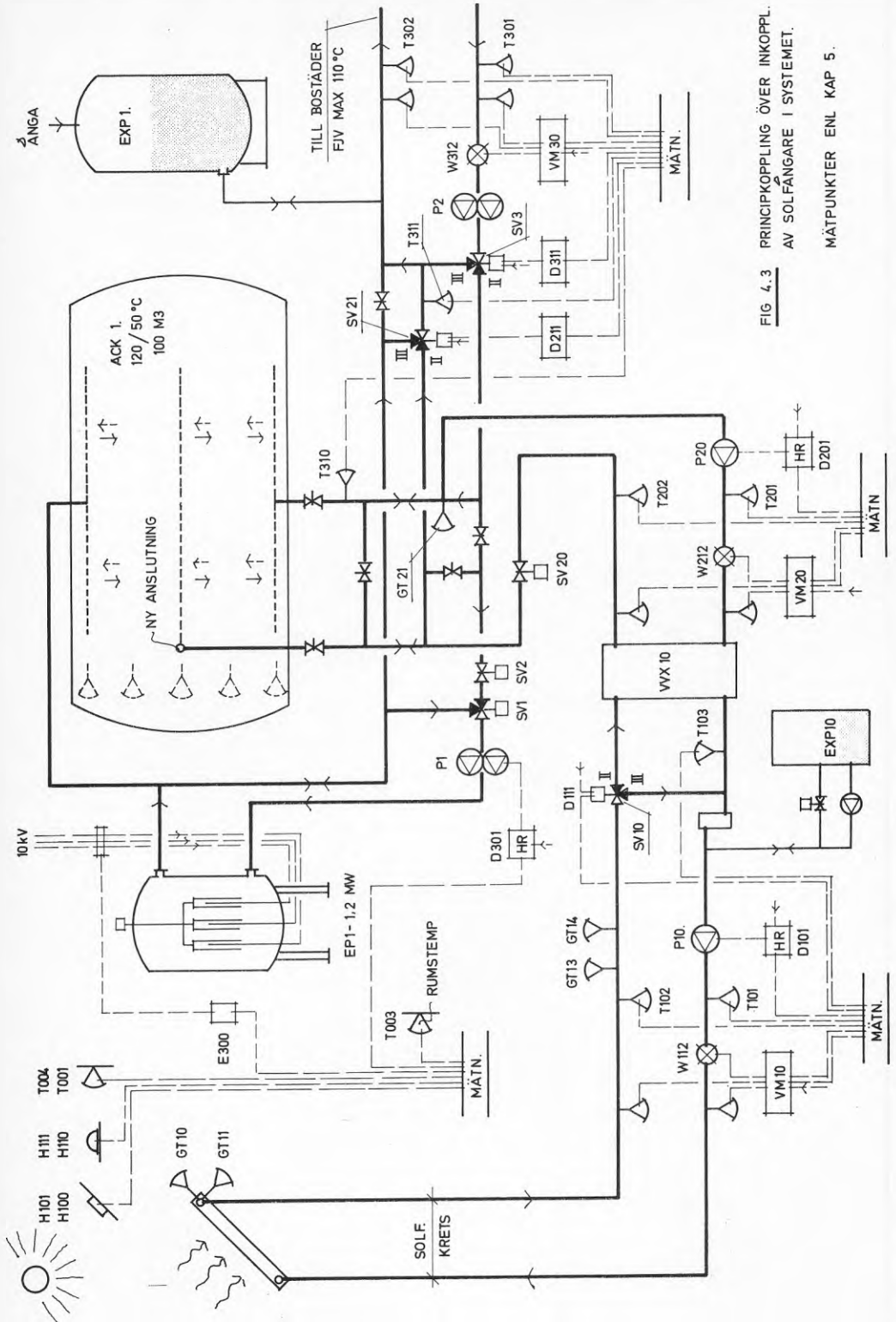


FIG 4.3 PRINCIPKOPPLING ÖVER INKOPPL. AV SOLFÄNGARE I SYSTEMET.

MÄTPUNKTER ENL KAP 5.

- GT13 kan betraktas som en frysskyddstermostat och ställer via reglercentral om SV21 så att solfångarkretsen shuntas förbi VVX10 om temperaturen vid GT13 understiger +5 grC.
- GT14 känner temperaturen från solfångarfältet och GT21 känner temperaturen på det vatten, som för tillfället matas in i ackumulatorns botten. När temperaturen vid GT14 är någon grad högre än vid GT21, startas pump P20 och stoppas vid differensen noll. SV20 öppnar då P20 startar.

Tillsammans med manövreringen av ventilerna har denna styrning teoretiska företräden. I praktiken uppstår vissa problem som kan avläsas då man studerar mätvärdena. Så t ex har pumpen P20 startats mer än 42 000 gånger (!) under 1989 och över 9 000 gånger bara i juni. Även styrventilen SV21 har ett märkligt beteende.

4.3 Kravspecifikation solfångare

Det har ställts höga krav och förväntningar på solfångarna i detta projekt. Studsvik förväntar sig i sin projektbeskrivning ett årsutbyte av 330 kWh/m² vid en medeltemperatur på 55 grC och normal solstrålning 970 kWh/m² mot horisontell yta.

Vid upphandlingen av solfångare gällde dessutom nedanstående tekniska kravspecifikation att gälla vid anbud och leverans.

- Kylmedium (värmebärare) 50 viktsprocent propylen-glykol och resten vatten.
- Solfångaren skall tåla stillestånd under drift- och serviceuppehåll på upp till 6 månader.
- Solfångaren skall tåla regn, temperaturer, snö och hagel för Malung.
- Solfångaren skall vara regntät.
- Solfångaren skall ej påverkas av aktuellt kylmedium.
- Solfångaren skall vara utformad så att kondens ej överstiger en naturlig balans. Efter 2 timmars drift med en medeltemperatur av 25 grC över omgivningstemperatur skall solfångaren vara kondensfri.
- Avtappningsmöjlighet för hela solfångaren skall finnas genom 3-vägsventil och utblåsning med tryckluft.
- Solfångaren skall vara mekaniskt stabil och tåla förekommande vindlaster utan att skadas.

- Plats för nedhasad snö skall finnas, minst 0,5 m under nedre framkant på solfångaren.
- Beräknad energiupptagning och värmeförluster som momentanverkningsgrad skall vara i överensstämmelse med Södertörnanläggningen.
- Uppställningen skall tåla aktuella marksättningar.
- Beräknad livslängd mer än 25 år, garantitid 2 år.
- Jämn flödesfördelning i hela solfångaren
- Pump i solfångarkrets får ej *starta* om temperaturen i absorbatoren är högre än 95 grC.

I ett fall har förväntningarna slagit helt fel och då på en punkt som solfångarleverantören knappast kan lastas för. Medeltemperaturen i solfångarna har legat mellan 80-90 grC räknat över dygn och mellan 100-110 grC under den mest solintensiva tiden på dagen. Problemet behandlas mera i kap 6.



Fig 4.4

På denna bild åskådliggörs ett problem med solfångare i snörika trakter. Kravet på 0,5 m under framkant är inte tillfyllest.

4.4 Tekniska data

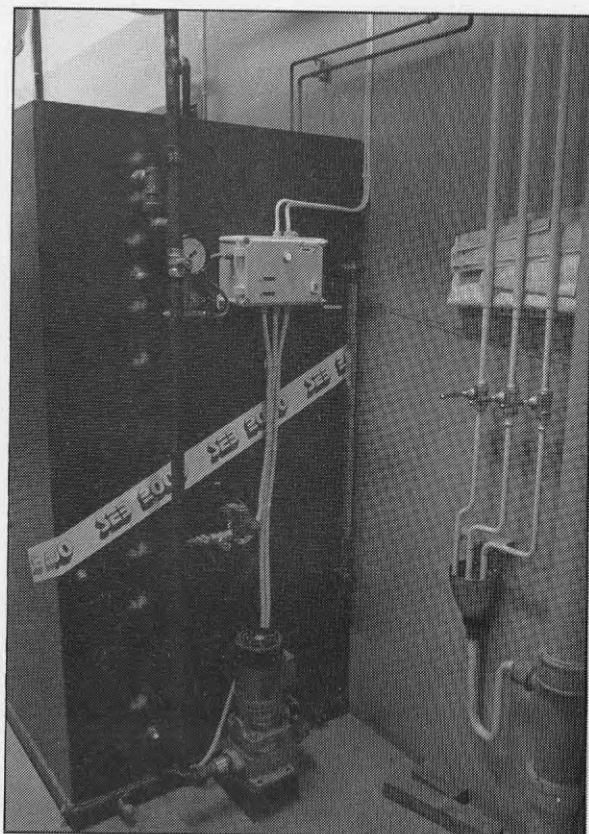


Fig 4.5

Solfångarkretsen innehåller 50 viktsprocent propylenglykol och har därför ett eget öppet expansionskärl om 2000 liter.

<i>Solfångare</i>	fabrikat	Finsun
	area	600 m ²
	värmebärare	50 vikt% propylenglykol
	flöde	6,9 m ³ /h
	tempstegr, beräkn	35 K
	temp max, beräkn	65/100 grC
<i>Värmeväxlare V VX10</i>	fabrikat	CTC/UX
	typ, plattor	UX-216-P-53
	effekt	280 kW
	prim temp	100/58 grC
	flöde	6,9 m ³ /h
	sek temp	50/86 grC
	flöde	6,7 m ³ /h

Primärdata för V VX10 är beräknad för 50% propylenglykol.

<i>Expansionskärn</i>	fabrikat volym typ	SEB 2000 2000 liter öppet med tryckhållningspump
<i>Pump P10</i>	fabrikat typ flöde höjd märkeffekt	Scanpump VM56/2109 6,9 m ³ /h 13 mvp 750 W
<i>Pump P20</i>	fabrikat typ flöde höjd märkeffekt	Scanpump VM57/4158 6,7 m ³ /h 7 mvp 370 W

5 UTVÄRDERING AV SOLFÅNGARE

5.1 Mätutrustning, mätprogram

5.1.1 Mätningar i entreprenadform

Alla mätningar i projektet har under ledning av Eduardo Figueroa utförts av mätcentralen vid KTH.

MätCentralen för energiforskning (MCE)
KTH
100 44 STOCKHOLM
08-7906490

Projektledare för mätningarna har varit Pehr-Erik Malmström och Per Huitfeldt. Mätningarna har pågått från januari -88 t o m oktober -89. Under hela mätperioden har mätvärden lagrats som timvärden vilka finns tillgängliga hos MCE under överskådlig tid.

5.1.2 Omfattning

De mätpunkter som installerats i projektet finns markerade i fig 4.3. Alla punkter finns samlade i den befintliga värmecentralen, varför problem med långa mätledningar har kunnat undvikas. Förutom de på figuren markerade givarna har vissa mätpunkter villkorats och registrerats under egen kod.



Fig 5.1 Hela centralutrustningen med dator, voltmeter, mätpunktsväljare, räknarenhet etc.

5.1.3 Mätutrustning

Centralutrustningen med en persondator för mätvärdesinsamlingen placerades i ett hörn i värmecentralen.

Centralutrustning

Bordsdator, HP86
 Systemvoltmeter, HP 3478
 Mätpunktsväljare, Schlumberger 7010
 Räknarenhet med inbyggd klocka
 Driftvakt
 Magnetstabilisator
 Nätaggregat

Extern utrustning, givare

Temperatur, vatten	Pt-100, 1/5 DIN enl 43760
Temperatur, ute	Pt-100, 4 tråd
Solinstrålning, global	Kipp & Zonen, CM10
Solinstrålning, solplan	Kipp & Zonen, CM5
Integreringsverk	SVM90, nätdrift
Flödesmätare	SVMV, Woltmantyp
Elmätare, EP1	pulsutgång på elverkets elmätare

5.1.4 Mätnoggrannhet

Målet vid val av mätutrustning och installationsmetoder har varit att kunna bestämma enskilda energimängder med en onoggrannhet <5%. Felet vid beräkning av energibalanser för delsystem skulle då ligga i intervallet 5-10%. Temperaturer mäts med ett fel <0,1K och vätskeflöde med <2% mätfel.

5.1.5 Mätvärdesinsamling

Mätprogrammet har primärt omfattat 60 mätpunkter. El- och värmeenergi, drifttider och vätskeflöden har registrerats som pulsräkning. Analoga mätpunkter har registrerats som absoluttal var 5:e minut.

Mätutrustningen styrs av en persondator. Datorn av-söker alla mätpunkter var 5:e minut och mellanlagrar mätvärdet internt. Varje hel timme bildas medelvärden och summavärden, vilka lagras på diskett. Data över-förs vid MCE till ett minidatorsystem, HP1000 och till 1/2-tums magnetband enligt ANSII-standard.

De timvärden som anges i diagram, tabeller etc gäller alltid starttiden. Om ett visst värde anges t ex kl 12 gäller detta därför som medelvärde för mätstor-heten för perioden från kl 12 till kl 13.

5.1.6 Utvärdering och rapportering

I direktiven från BFR ingick inte någon omfattande kontroll eller analys av tekniska mätvärden under projekttiden. Till viss del har detta verkat hämmande på den behandling av mätdata som ingår i slutrapporteringen.

Mätningarna startade t ex i årsskiftet -87/88 men energimätningarna blev inte acceptabla förrän i april -88. Den mätpunkt som skall ge värmeenergi från solfångare korrigerad för 50% propylenglykol (Q105) fungerade först i mitten av september -88.

Integreringsverk har monterats på primär- och sekundärsida av solfångarsystem samt på värme till bostads- husen. Avläsning av dessa samt elmätare utförs av vaktmästare varje vecka och har fungerat klanderfritt sedan driftstart. Det har gjorts det möjligt att korrigera och fylla i mätvärden, i de fall datorinsamlingen drabbats av avbrott.

Det här har naturligtvis skapat problem vid utvärderingen. Det är mycket tidsödande att manuellt gå in och korrigera databehandlade summeringar eller diagram. Eftersom ingen egentlig dubbelmätning av t ex flöden förekommer blir resultatet heller inte så tillförlitligt. Integreringsverket på primärsidan är inte försett med kompensering för den aktuella värmebäraren.

För själva utvärderingen och slutrapporten har MCE via sin databas ställt alla timvärden till förfogande.

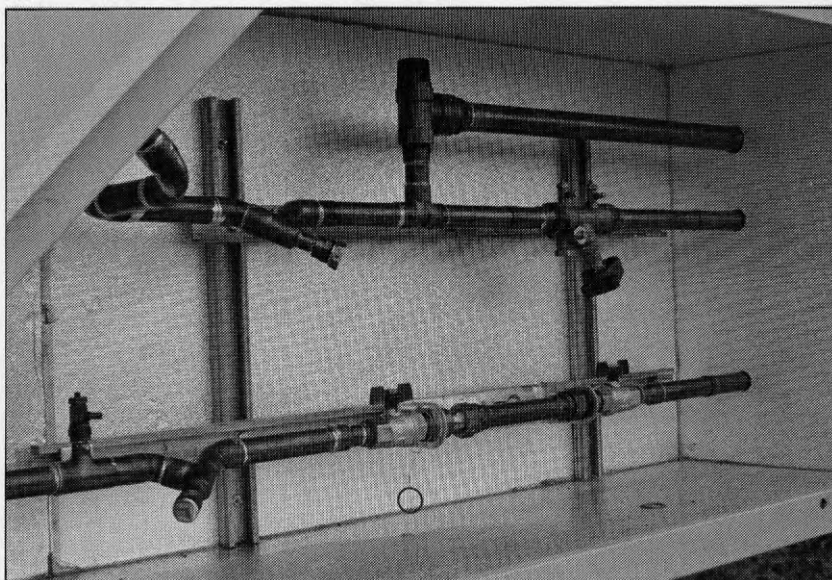


Fig 5.2 Vattenfall har installerat egna mätlådor på solfångarna, en för varje rad.

5.1.7 Vattenfall mäter

Vattenfall är sedan många år engagerade i konstruktion och provning av solfångare. Älvkarlebylaboratoriet har i detta projekt installerat isolerade mätlådor på varje solfångarrad, där man har möjlighet att koppla in flödesmätare och temperaturgivare till en mobil utrustning typ datalogger.

Ett stort problem har varit de slangar som Vattenfall installerat vid varje låda. Enligt driftpersonalen har inte mindre än fyra slangar sprungit läck med stort läckage av propylenglykol som föjd. Gummi-slangarna kommer att bytas ut mot metallarmerad slang avpassad till de höga temperaturer som förekommer (upp till 130 grC).

5.2 Klimatdata

För att medge jämförelser med andra projekt eller med en ny mätning i samma anläggning om t ex 10 år presenteras klimatdata som månadsvärden över två år.

I tabell 5.1 nedan behandlas utetemperaturen T001 uppmätt i Storbygdgården. Tyvärr har denna givare varit placerad nära den utomhus placerade ackumulatortanken, vilket givit ca 2 K högre temperatur vintertid än SMHI:s officiella mätning. Sommartid har den blivit belyst av solen omkring kl 15, varför sommarvärdena ligger mellan 8 och 9 K högre än motsvarande värden från SMHI.

Tabell 5.1 Temperatur grC, utomhus vid Storbygdgården och vid SMHI:s mätstation i Malung.

År/mån	Malung enl T001			Malung enl SMHI			
	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Norm
1988/01	-8,2	4,0	-0,9	-18,6	4,3	-1,8	-8,9
02	-13,8	3,9	-3,5	-15,7	1,7	-4,1	-7,8
03	-24,7	5,5	-4,3	-26,0	4,0	-5,1	-4,0
04	-17,6	18,2	0,8	-19,0	13,8	0,4	2,0
05	-2,0	35,1	10,9	-4,6	26,1	9,8	8,2
06	1,7	38,3	17,4	0,2	30,1	15,3	12,5
07	6,0	32,5	16,5	2,2	24,3	15,1	15,0
08	2,4	29,0	13,4	1,0	23,2	12,7	13,2
09	-0,6	24,0	10,2	-1,6	20,3	9,7	8,5
10	-14,2	13,1	2,4	-16,2	12,8	1,8	3,2
11	-26,8	6,3	-5,3	-28,4	5,8	-6,0	-1,7
12	-27,1	6,2	-7,5	-28,2	6,2	-8,1	-5,4
År 1988	-27,1	38,3	4,2	-28,4	30,1	3,3	2,9
1989/01	-11,6	7,5	0,6	-12,3	6,8	-0,2	-8,9
02	-13,2	8,3	0,3	-15,2	8,3	-0,2	-7,8
03	-13,4	10,7	1,3	-14,7	9,5	0,6	-4,0
04	-10,9	21,0	2,7	-11,8	20,2	2,5	2,0
05	-2,1	29,7	10,0	-3,0	24,7	9,2	8,2
06	-0,7	34,8	14,3	-1,7	27,8	13,2	12,5
07	2,5	34,3	17,9	0,4	29,0	15,1	15,0
08	-0,6	26,1	13,6	-1,4	21,7	12,7	13,2
09	-3,7	22,8	10,2	-4,8	22,3	9,6	8,5
10	-7,2	13,8	3,1	-8,0	13,6	3,6	3,2
11	-	-	-	-21,4	11,6	-1,1	-1,7
12	-	-	-	-31,0	4,9	-8,4	-5,4
År 1989	-	-	-	-31,0	29,0	4,7	2,9

□ Normal temperatur avser åren 1931-1960.

Tabell 5.2 Solinstrålning uppmätt vid Storbygdgården och vid SMHI:s mätstation i Borlänge, 13 mil från Malung.

År/mån	Malung enl MCE			Borlänge enl SMHI	
	Global H110 kWh/m2	Solf pl H100 kWh/m2	Soltid >200W/m2 tim	Global kWh/m2	Soltid >120W/m2 tim
1988/01	5*	-	-	5	9
02	19*	-	-	19	17
03	61*	-	-	61	95
04	122	167	188*	118	214
05	158	182	286*	172	326
06	181	190	230*	171	261
07	156	175	189*	143	203
08	98	121	181	113	179
09	69	100	139	70	143
10	37	67	103	36	116
11	18	40	68	16	91
12	7	17	30	7	59
År 1988	931	-	-	932	1713
1989/01	10	23	37	9	52
02	25	54	82	24	95
03	60	93	126	56	109
04	80	100	136	80	132
05	166	179	255	170	293
06	168	166	246	177	294
07	178	187	179	177	293
08	111	132	191	118	180
09	83	122	171	82	181
10	46*	81*	121*	41	127
11	12*	-	-	12	75
12	7*	-	-	7	44
År 1989	946	-	-	952	1875

* Beräknade värden.

- Globalstrålningen för jan-mars -88 valda med samma mätetal som SMHI:s mätning i Borlänge, vilket möjliggör ett summavärde för hela året. Data har visat sig stämma mycket bra mellan Borlänge och Malung den tid mätningarna fungerat i Malung.
- Värdena i oktober 1989 har extrapolerats eftersom mätningarna avslutades 1989-10-20.
- Malung: lat 6041, long 1343, höjd 308 m
- Borlänge: lat 6029, long 1526, höjd 140 m

5.3 Verkningsgrad

Vid värderingen av en solfångare ligger arbetstemperatur och omgivningstemperatur med som tunga parametrar i kalkylen. Omgivningstemperaturen dvs utetemperaturen T001 har inte visat korrekta värden enligt vad som anges i kap 5.2.

I hela rapporten förekommer korrigerings av utetemperaturen endast vid beräkning av normaliserad temperaturredifferens [Km²/W]. I alla andra diagram, tabellvärden och beräkningar används registrerade timvärden för mät punkt T001.

5.3.1 Verkningsgradsdiagram

- Fig 5.4 Verkningsgrad och temperaturer, fyra dygn, aug -88
- Fig 5.5 Soldata, drifttid och pumpstopp P20, fyra dygn, aug -88
- Fig 5.6 Verkningsgrad och temperaturer, fyra dygn, april -89
- Fig 5.7 Soldata och pumpvattenflöde P10, fyra dygn, april -89
- Fig 5.8 Verkningsgrad och temperaturer, fyra dygn, maj -89
- Fig 5.9 Soldata, drifttid och pumpstopp P20, fyra dygn, maj -89
- Fig 5.10 Verkningsgrad och temperaturer, fyra dygn, juni -89
- Fig 5.11 Soldata och pumpvattenflöde P20, fyra dygn, juni -89
- Fig 5.12 Verkningsgrad och temperaturer, fyra dygn, juli -89
- Fig 5.13 Soldata, effekt och drifttemperaturer, två dygn, juli -89.

FIG 5.4 VERKNINGSGRAD FÖR SOLFÄNGARNA
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, AUG - 88

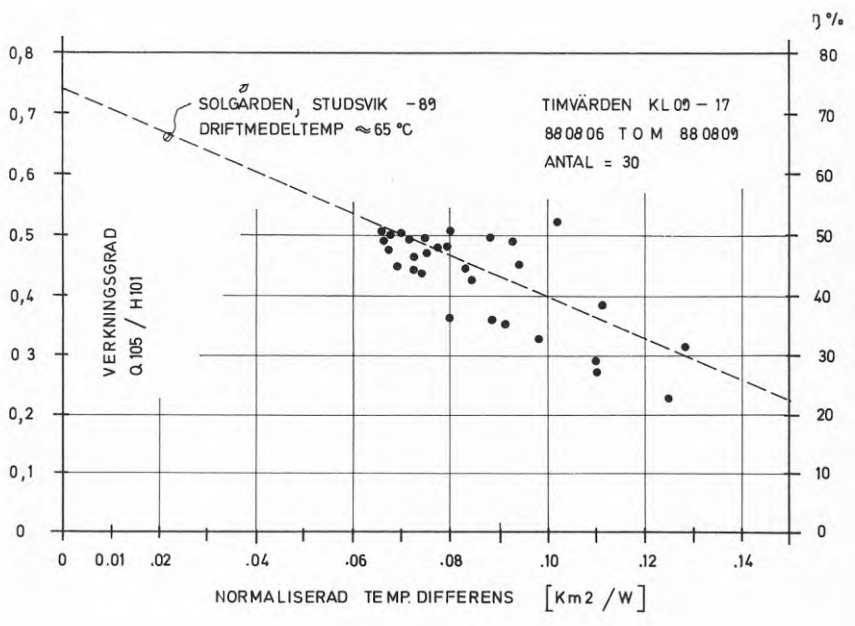
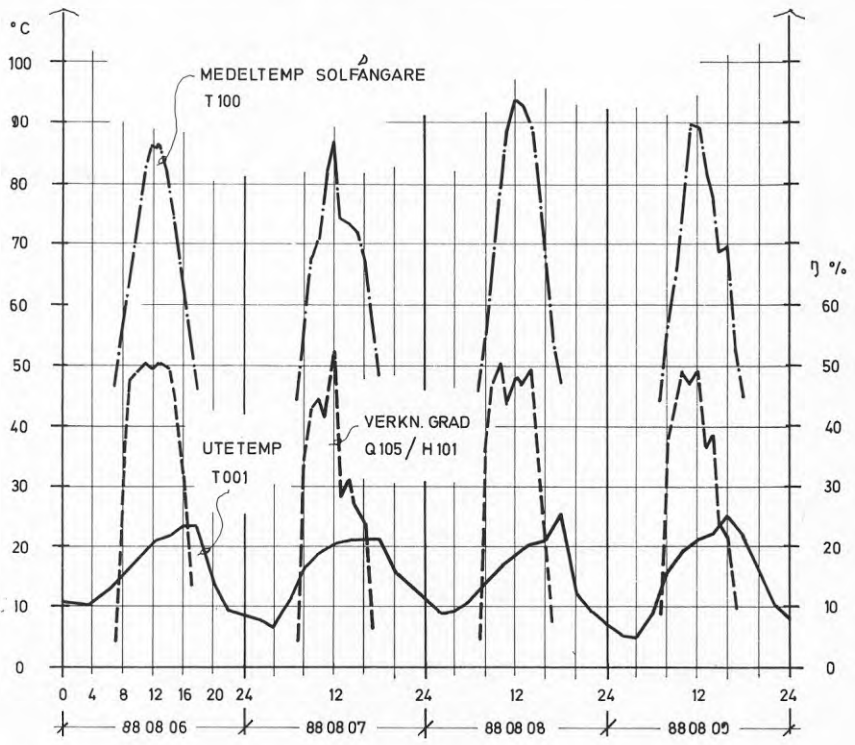


FIG 5.5 SOLDATA, DRIFTTID P20, PUMPSTOPP
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, AUG -88

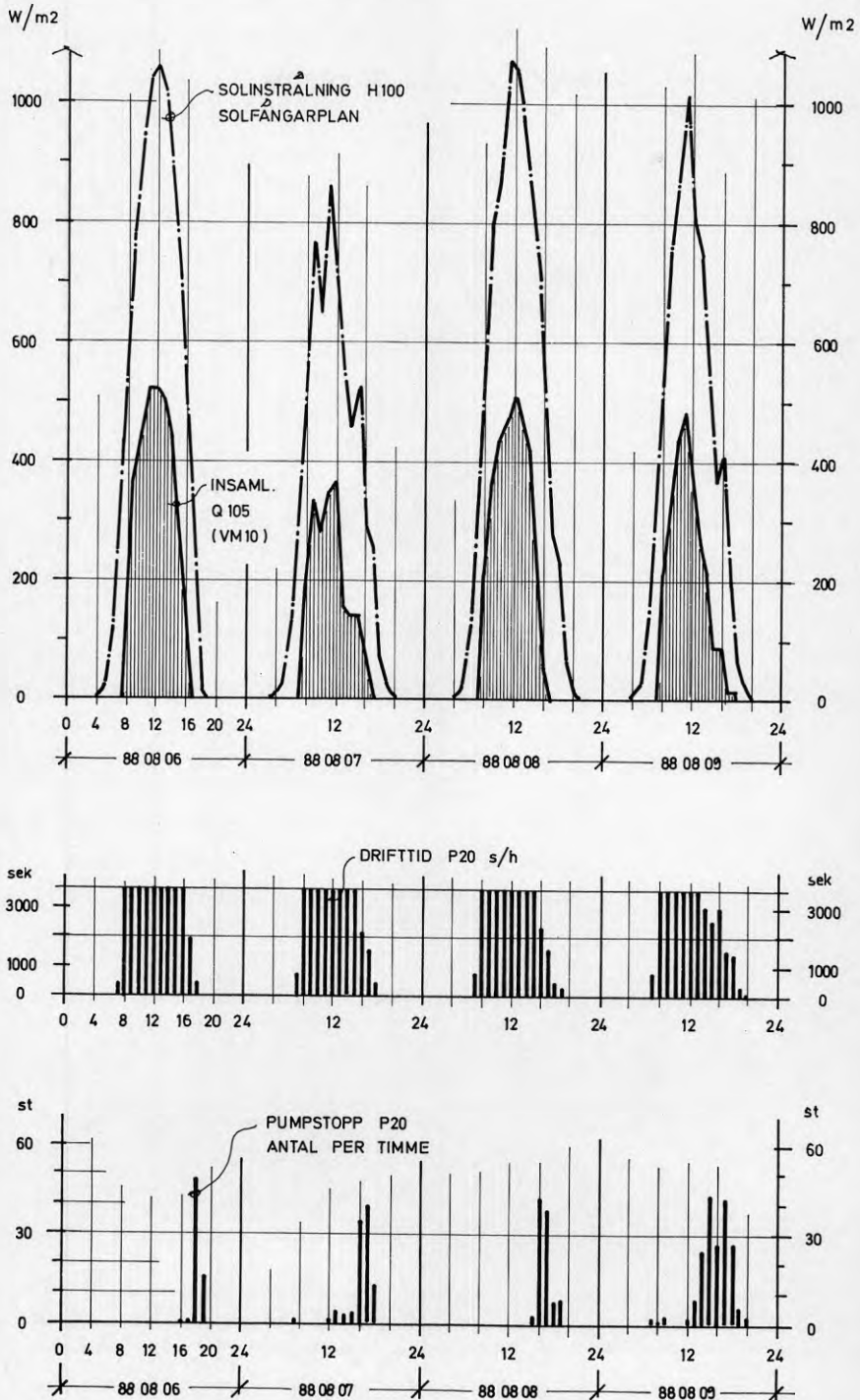


FIG 5.6 VERKNINGSGRAD FÖR SOLFÄNGARNA
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, APRIL - 89

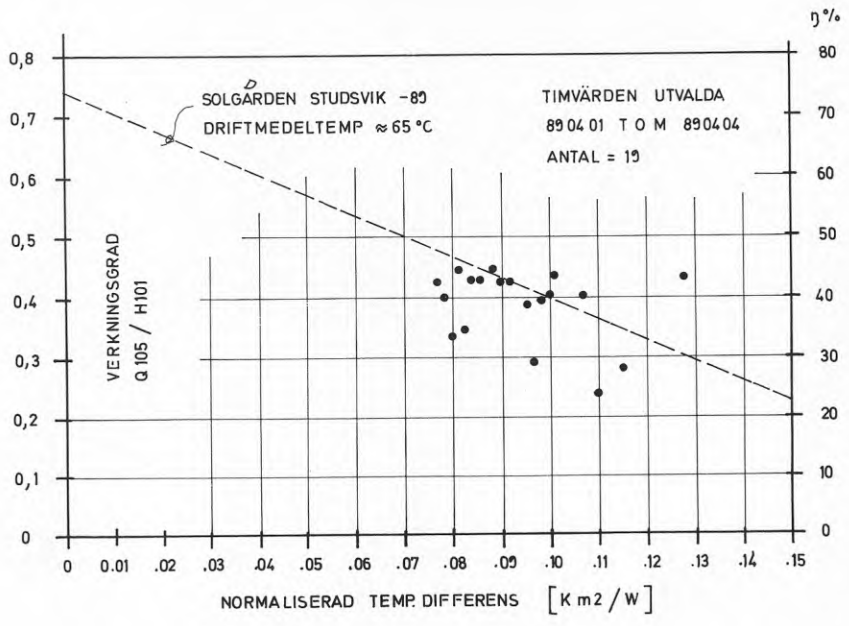
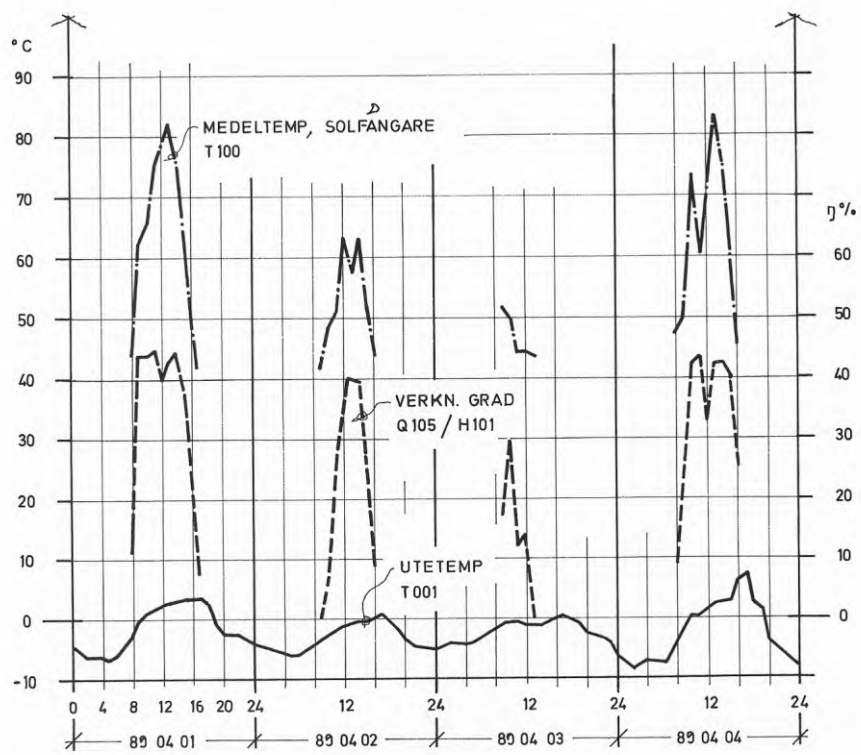


FIG 5.7 SOLDATA OCH PUMPVATTENFLÖDE W 112
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, APRIL -89

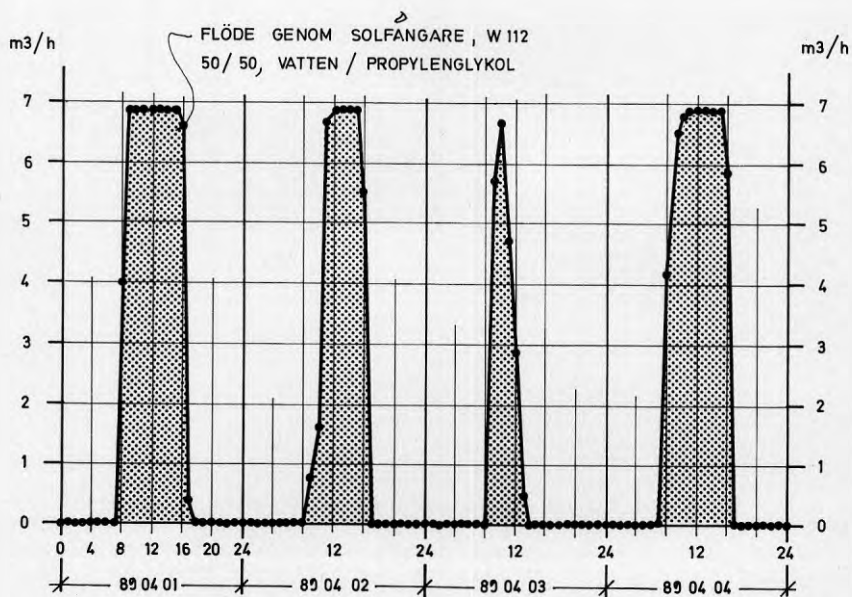
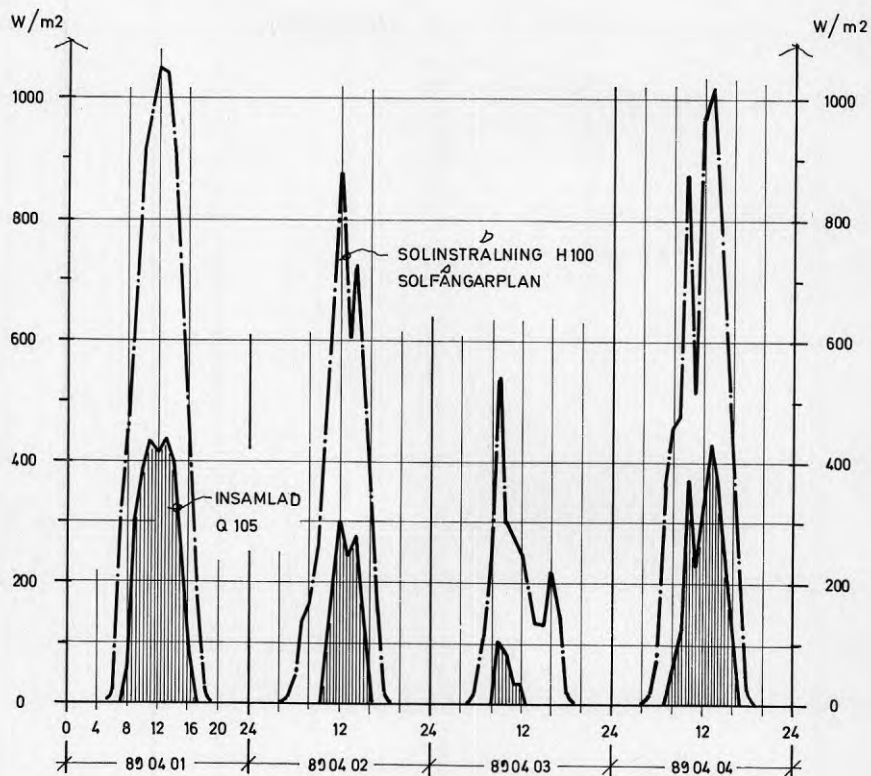


FIG 5.8 VERKNINGSGRAD FÖR SOLFANGARNA
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, MAJ - 89

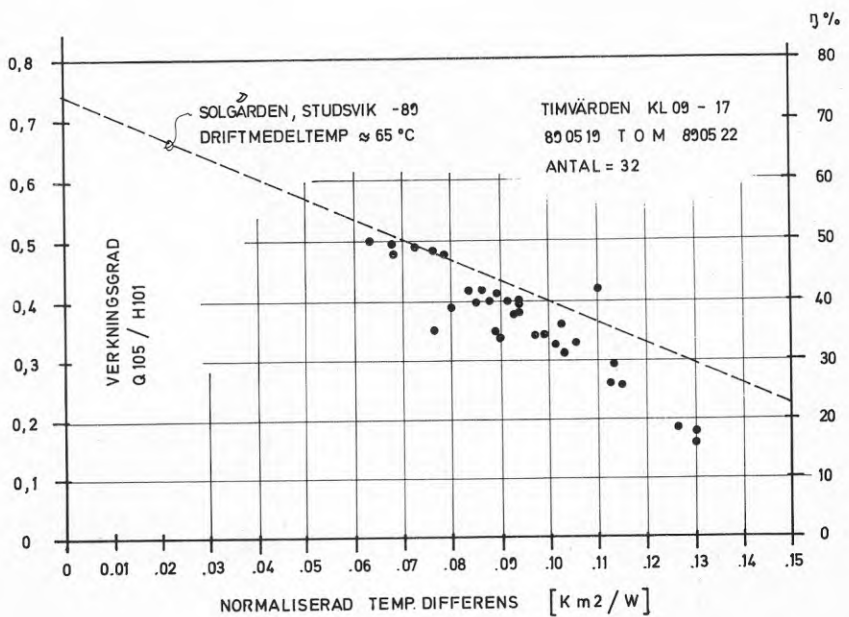
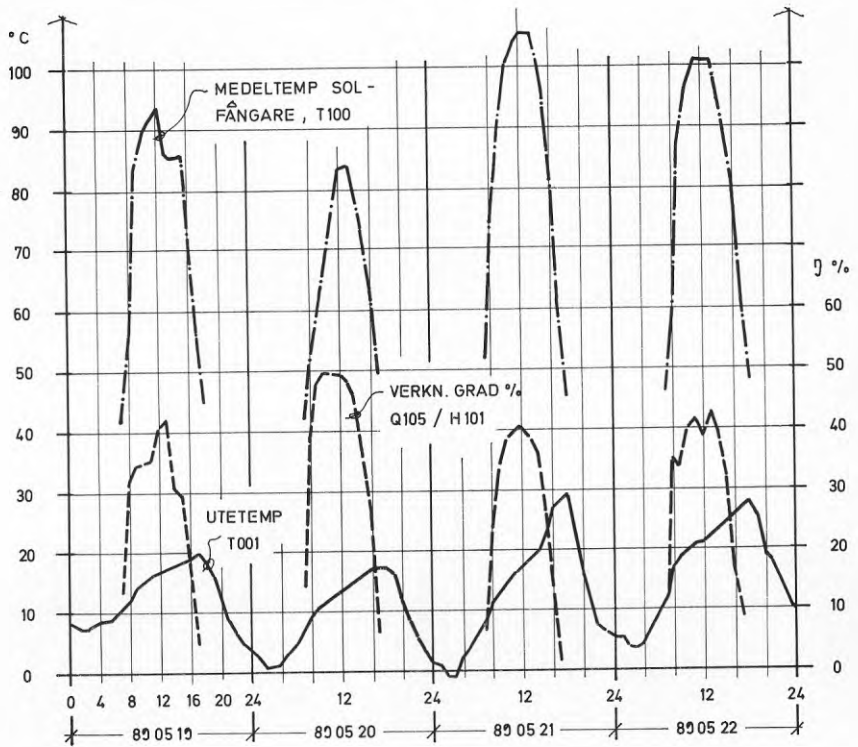


FIG 5.9 SOLDATA, DRIFTTID P20, PUMPSTOPP
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, MAJ - 89

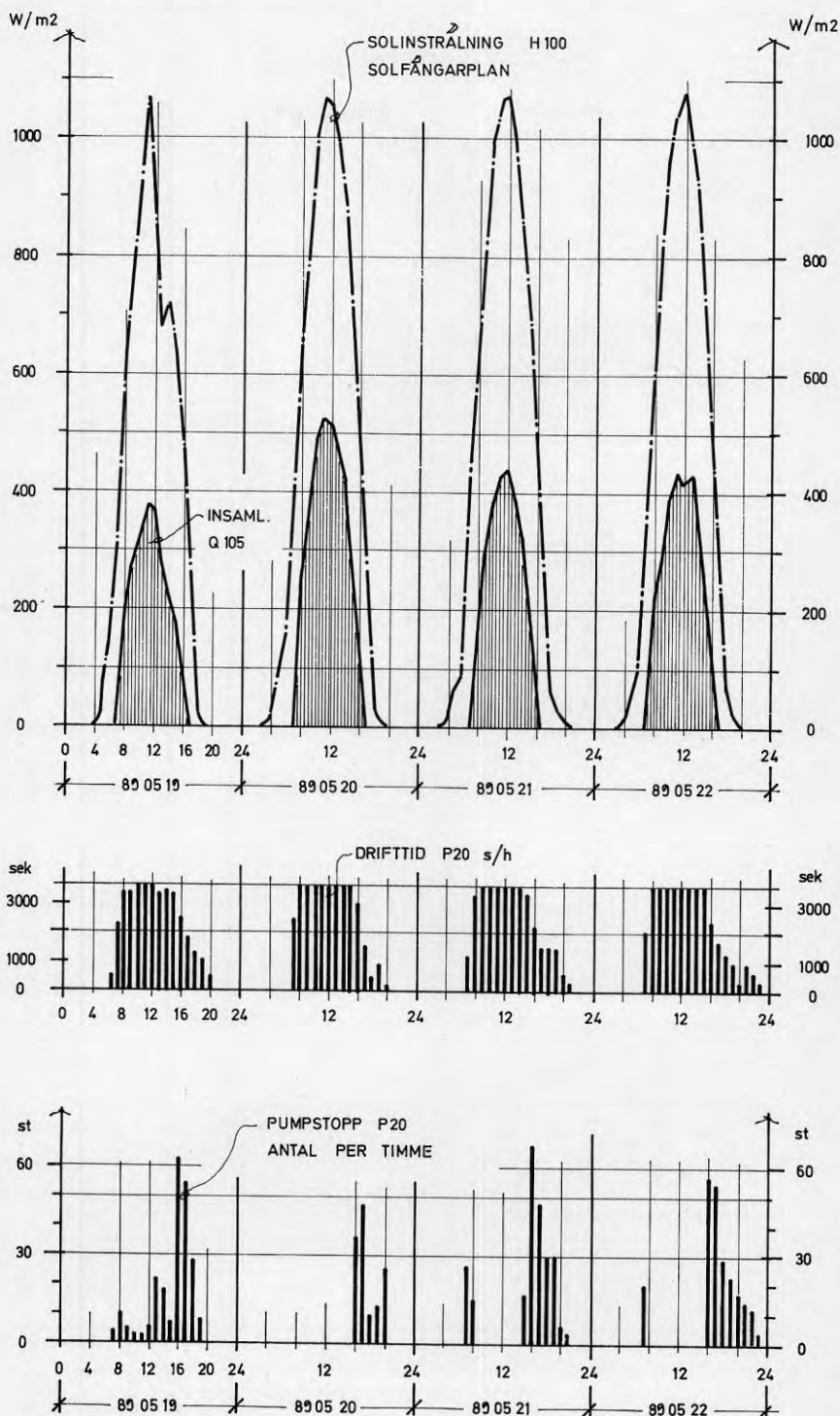


FIG 5. 10 VERKNINGSGRAD FÖR SOLFÄNGARNA
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, JUNI -89

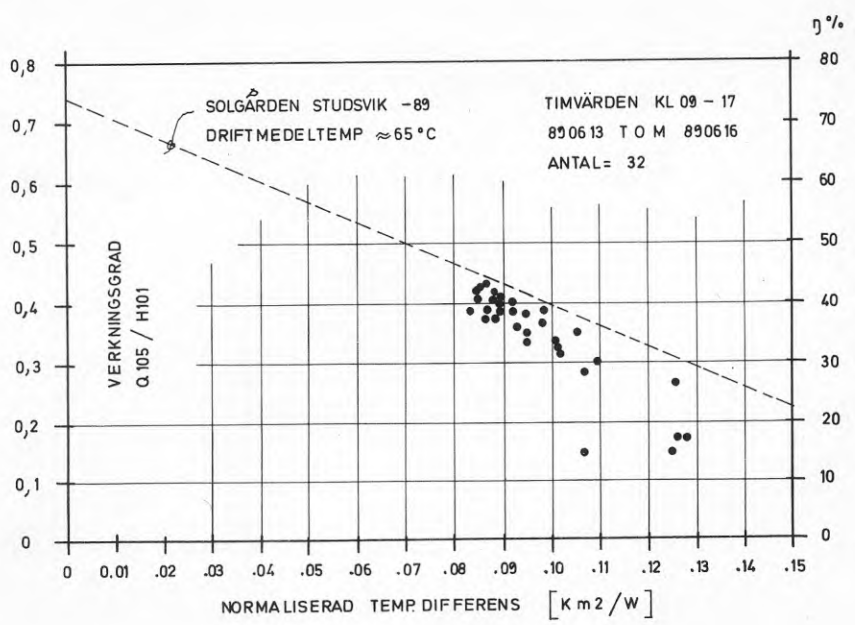
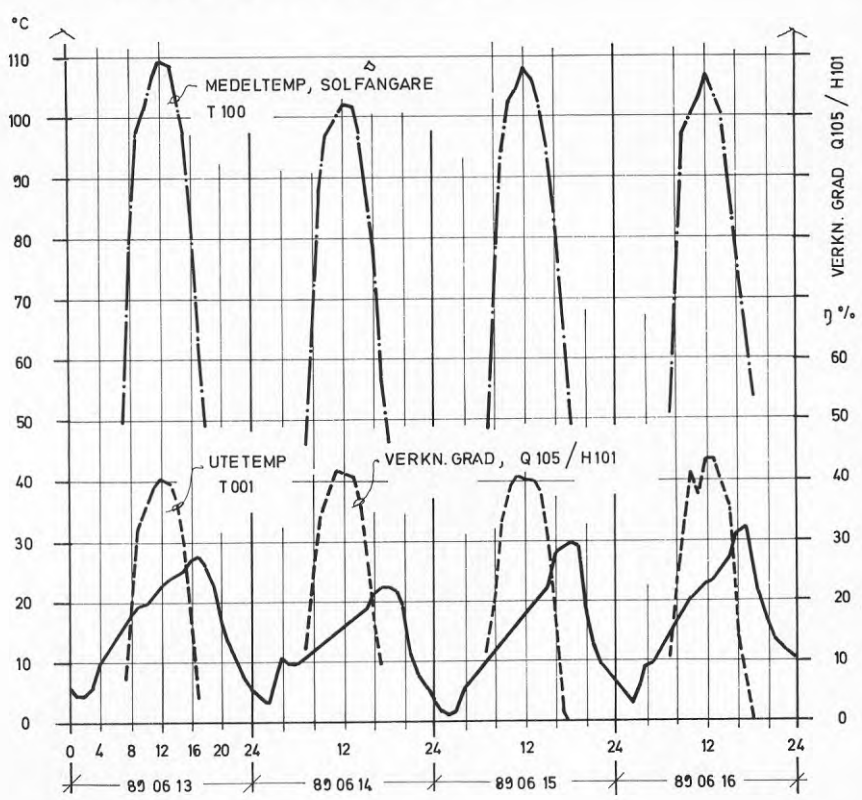


FIG 5. 11 SOLDATA OCH PUMPVATTENFLÖDE, W212 (SEKUNDÄR)
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, JUNI -89

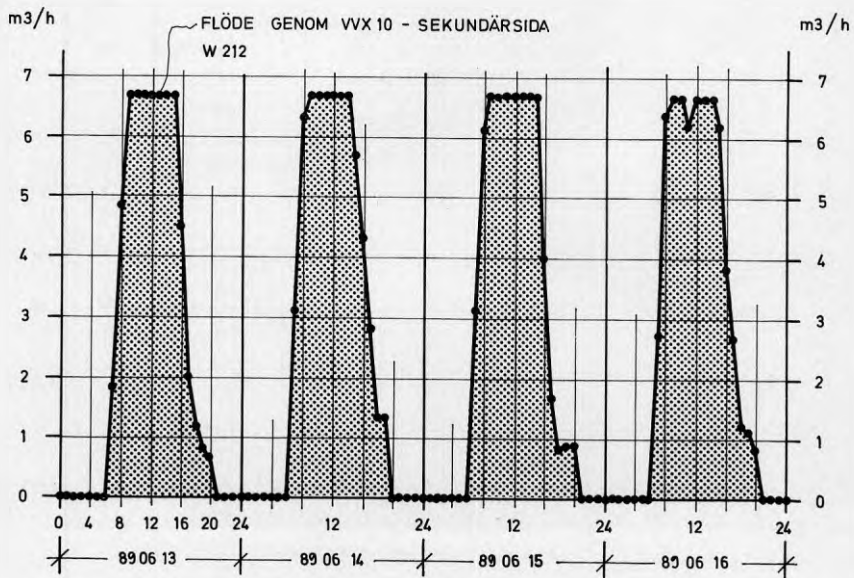
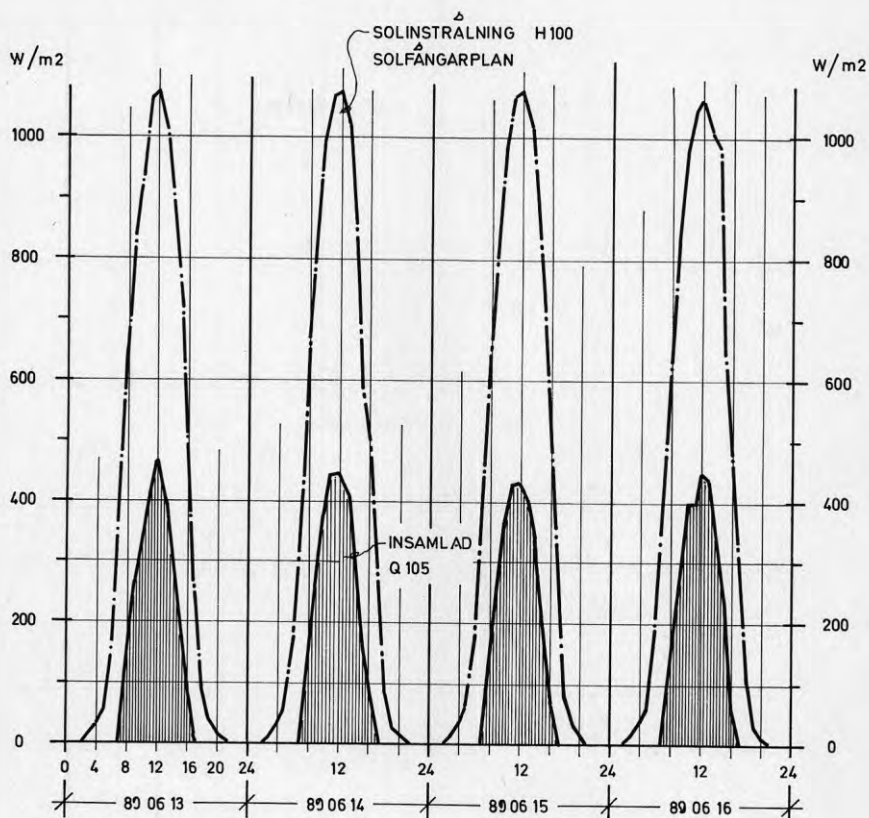


FIG 5.12 VERKNINGSGRAD FÖR SOLFÄNGARNA
TIMVÄRDEN UNDER FYRA DYGN, JULI -89

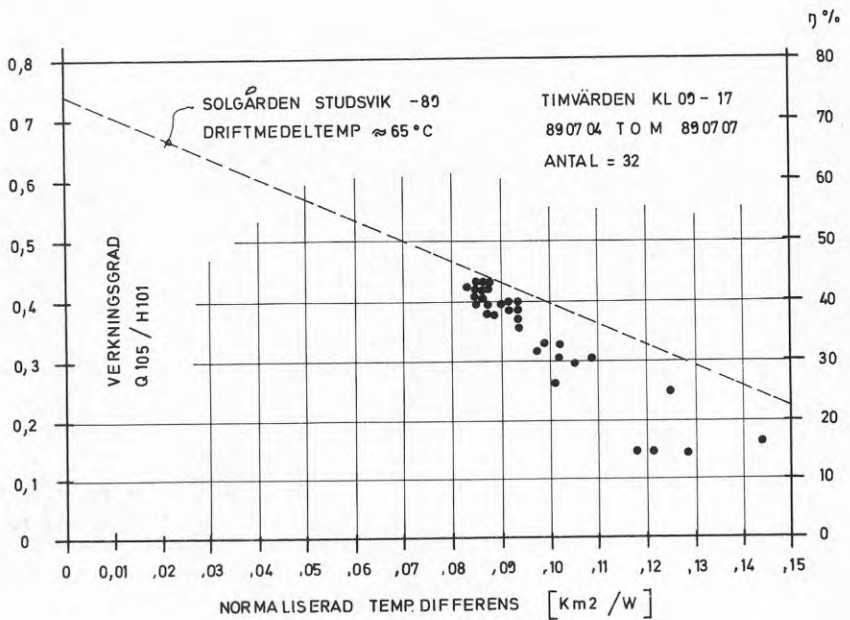
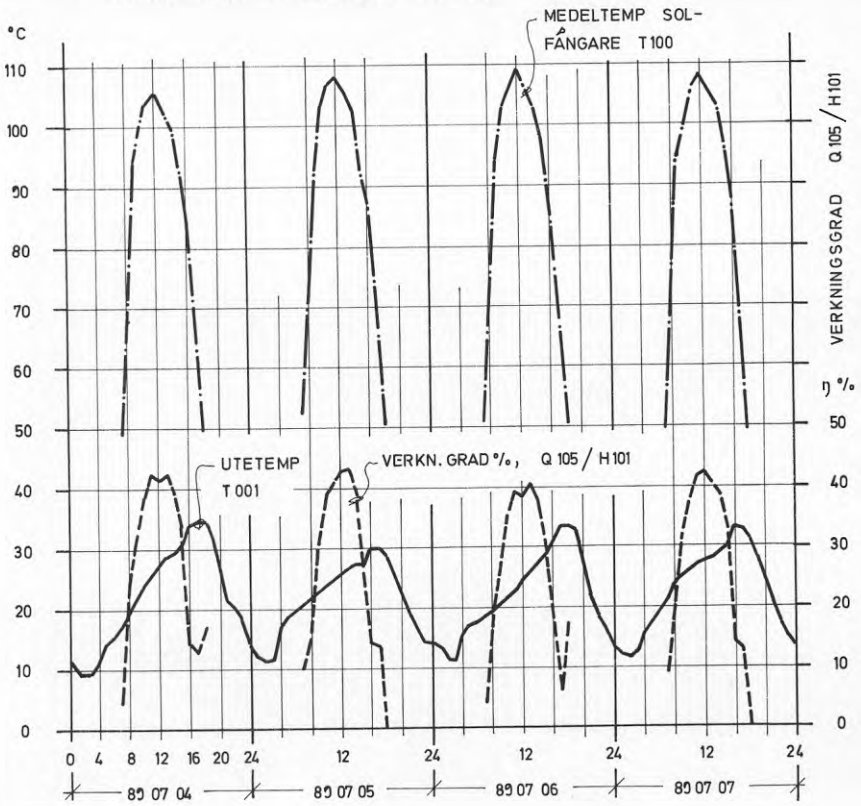
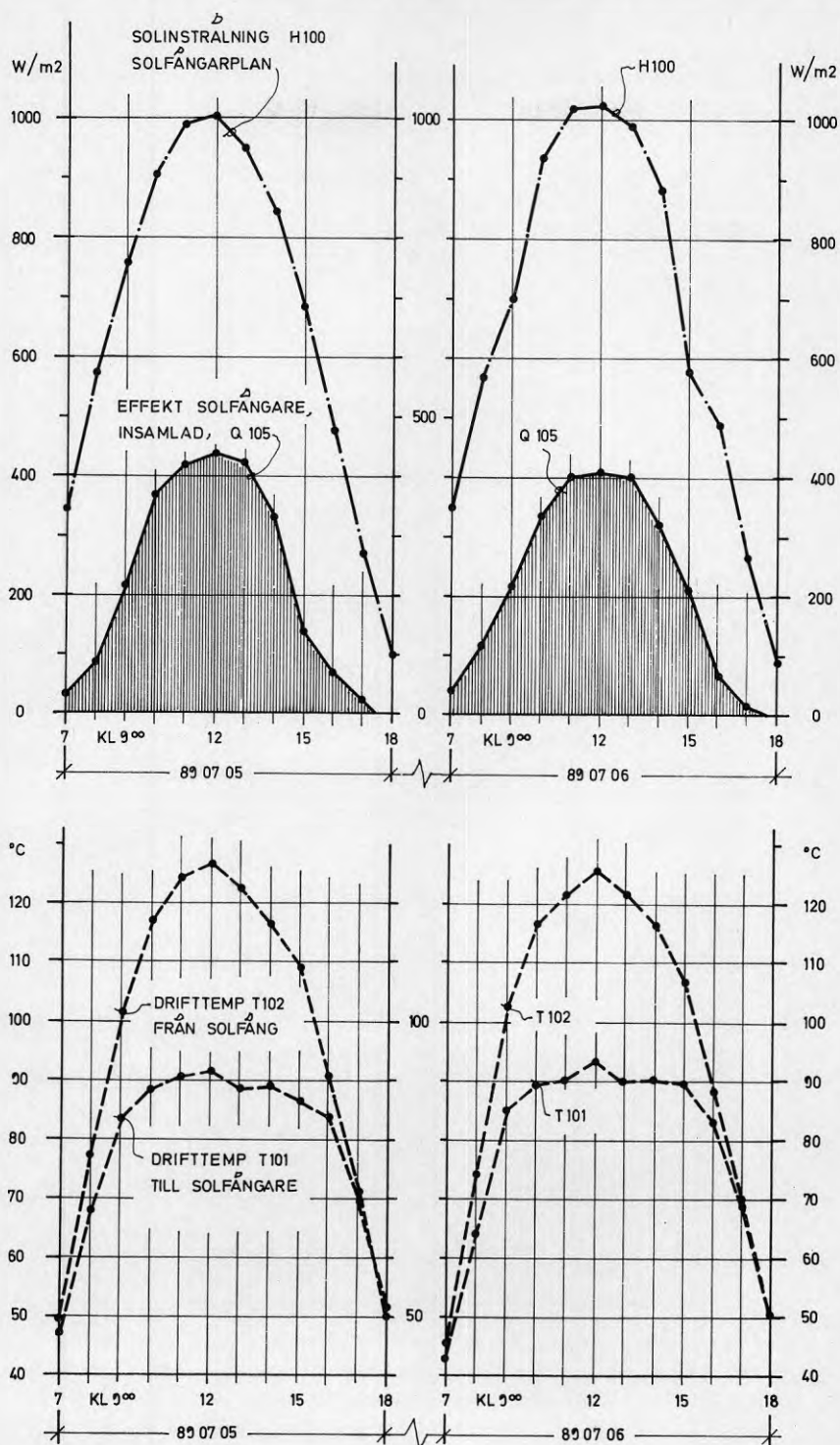


FIG 5. 13 SOLDATA, EFFEKT OCH DRIFTTEMP FÖR SOLFÄNGARE.
TIMVÄRDEN DRIFTTID, TVÅ DYGN, JULI -89



Utetemperatur T001

De tidigare redovisade problemen med placeringen av givare för utomhustemperatur framgår delvis av diagrammen. Temperaturen är kontinuerligt registrerad för högt eftersom den är placerad vid ackumulatortanken och dessutom i en inhängnad där temperaturen definitivt blir högre än omgivningen.

Om man betraktar T001 t ex 1989-05-21, så ser man dessutom att omkring kl 14 och 15 stiger temperaturen kraftigt. Solen börjar då att nå givaren. Den här stegringen återkommer mer eller mindre markant i alla perioder.

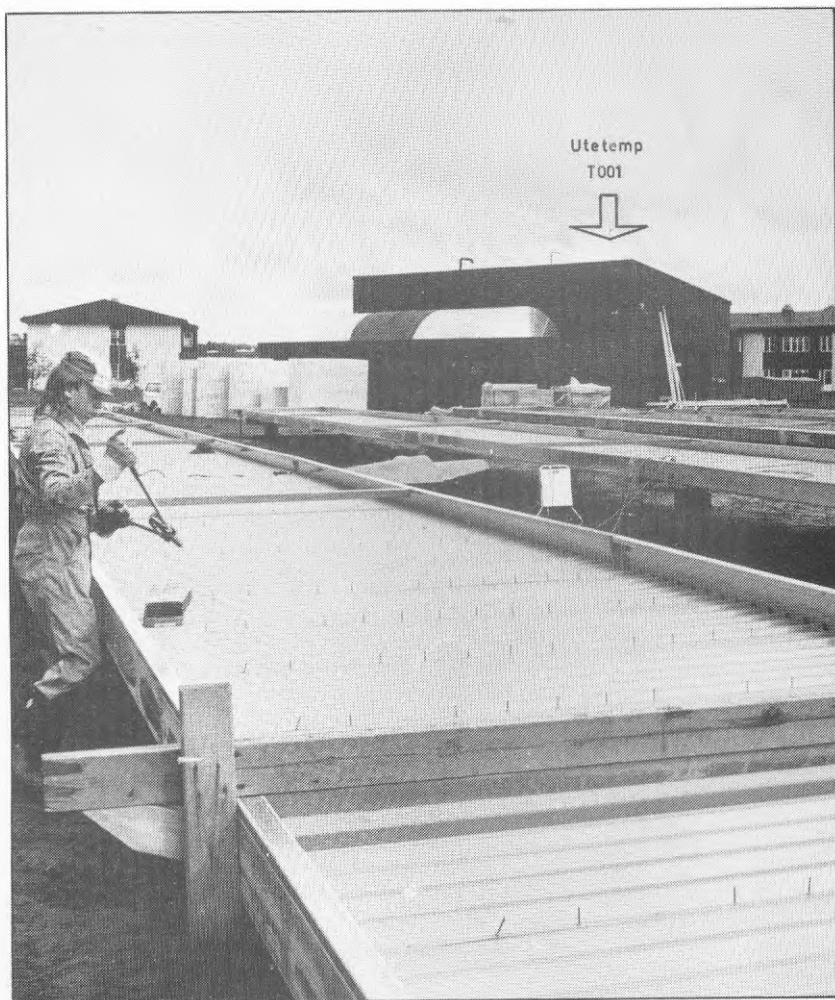


Fig 5.14 Givare T001 för utomhustemperaturen har olyckligtvis varit placerad nära ackumulatortanken och dessutom belysts av solen på eftermiddagen.

Medeltemperatur solfångare T100

Beräknas som $(T102 + T101)/2$ enl fig 4.3 och visas i diagram endast då solfångare är i drift, dvs då P10 är i drift. Generellt är temperaturen alltför hög under den solintensiva delen av dagen. Drifttemperaturen har genomgående varit högre 1989 än 1988.

Verkningsgrad Q105/H101

Verkningsgraden är i hög grad beroende av arbets- och omgivningstemperatur. I Malung är ackumulatorvolymen otillräcklig vilket får till följd att arbetstemperaturen är hög då huvuddelen av solenergin samlas in. I verkningsgradsdiagrammet som behandlar timvärden blir bilden rätt, men timmar (punkter) med hög solinstrålning borde egentligen viktas, dvs tillmätas större betydelse än timmar där solinstrålningen är låg.

När man sedan behandlar dygnsvärden blir bilden annorlunda. Här summeras den solenergi som insamlas under dagen till ett summavärde, och arbetstemperaturen behandlas på samma sätt till ett medelvärde. Det betyder att den relativt låga arbetstemperaturen under morgon och kväll har samma vikt vid medelvärdesbildningen, trots att den insamlade solenergin då är obetydlig.

För att verkningsgradsdiagrammen skall kunna återge en verklig bild av solfångarens kapacitet, borde således temperaturdata viktas i förhållande till insamlad solenergi. Med en annan styrutrustning där solfångarens medeltemperatur kan hållas konstant, blir verkningsgraden då också högre över dygnet, även om dygnsmedeltemperaturerna skulle vara desamma.

Det här förhållandet är viktigt att komma i håg vid all bedömning av solfångarna i projektet. Under 1988 har drifttemperaturen T100 genomgående varit lägre än 1989. Det torde vara en av anledningarna till att det sammanlagda resultatet (årsverkningsgraden) är bättre 1988 än 1989.

Drifttemperaturens betydelse för verkningsgraden framgår med önskvärd tydlighet då data jämförs mellan 20 och 21 maj i fig 5.8 och 5.9. Trots att solinstrålningen är större den 21 maj än den 20:e, är verkningsgraden och den insamlade energin 32% (!) större den 20 maj. Se även tabell 5.3.

I verkningsgradsdiagrammen baserade på timvärden har för angiven fyradagsperiod alla värden mellan kl 9 och 17 medtagits om drifttiden överskridit 2500 sek per timme. Som jämförelse anges medelvärdet beräknat med multilinjär regression på en testanläggning för motsvarande solfångare på Solgården i Studsvik. Resultatet beräknat och redovisat av Bengt Perers, Studsvik Energiteknik AB.

Solfångarna på Solgården har vid beräknade data en driftmedeltemperatur av ca 65 grC dvs avsevärt lägre än vad som gäller för värdena i Malung.

Solinstrålning H100

Den angivna solinstrålningen avser total solinstrålning mot plan med samma lutning som solfångarna i Malung (45°).

Insamlad solenergi Q105

I diagrammen redovisas den energi som mäts på primärsidan VM10, och då korrigerad för 50 viktsprocent propylenglykol. Mätetalet är egentligen Wh/h, m2 dvs medeleffekten över en timme.

Flöde genom solfångare W112

Flödet på primärsidan, via pump P10 redovisas i fig 5.7 och visar bl a att normalflödet för pumpen är 6,85 m3/h under drift. P10 startar då temperaturen i solfångaren är över +25 grC.



Fig 5.15 Redan i mars börjar solfångarna ge ett tillskott till värmeförsörjningen.

Flöde sekundärsida W212

Flödet på sekundärsidan, via pump P20 redovisas i fig 5.11 och visar att normalflödet för pumpen är 6,7 m3/h under drift.

Drifftid och antal pumpstopp visas i fig 5.5 och 5.9. Anmärkningsvärt är att drifftiden för pump P20 har dålig överensstämmelse med P10 under eftermiddagen, då också en onormal mängd pumpstopp registrerats.

Tabell 5.3 Soldata verkningsgrad och temperaturer för fyra dygn i aug -88 (fig 5.4 och 5.5) och maj -89 (fig 5.8 och 5.9).

Dag	H100	H101	Q105	Verkn	Temp	Driftt tim	
	plan total kWh/m ²	plan drift kWh/m ²	värme insaml kWh/m ²	grad medel %	medel drift grC	P10 prim	P20 sek
880806	8,34	8,26	3,53	42,7	72,1	10,7	9,8
07	6,20	6,08	2,06	33,9	71,2	11,0	9,4
08	8,05	7,99	3,22	40,3	76,6	10,7	9,5
09	6,90	6,78	2,55	37,6	72,4	10,6	9,5
890519	7,68	7,57	2,36	31,2	80,1	10,6	10,1
20	8,59	8,27	3,51	42,4	71,0	10,4	10,2
21	8,65	8,42	2,66	31,6	91,9	10,9	10,2
22	8,54	8,30	2,87	34,6	87,9	11,1	11,0

- Solinstrålning under drift, H101 har registrerats 150 sek efter det att P10 startat och tills pumpen stoppats. Eftersom P10 startas redan vid temperaturer över +25 grC i solfångarna (GT10), blir den totala solinstrålningen H100 obetydligt större de dagar solfångarna är i drift.
- Utetemperaturen T004 och driftmedeltemperaturen T100 medräknas endast då solfångarna varit i drift, P10 >3550 sek per timme. Denna korrigering har skett vid mätvärdesbehandlingen.

Egentligen borde solfångare i drift villkorats av att både P10 och P20 varit i drift, eftersom ingen värmeenergi tillförs anläggningen om inte P20 är i drift. Detta villkor måste i så fall ligga med vid mätvärdesinsamlingen baserad på 5-minutersvärden, och kan inte tas in i mätvärdesbehandlingen i efterhand.

5.3.2 Input/output-diagram

Fig 5.16 Dygnsvärden för perioden april
t o m augusti 1988
 ΔT 30-45 grC, 56 punkter
 ΔT 45-60 grC, 30 punkter

Fig 5.17 Dygnsvärden för perioden april
t o m augusti 1989
 ΔT 30-45 grC, 17 punkter
 ΔT 45-60 grC, 60 punkter

Fig 5.18 Dygnsvärden för perioderna april
t o m augusti 1988 och 1989

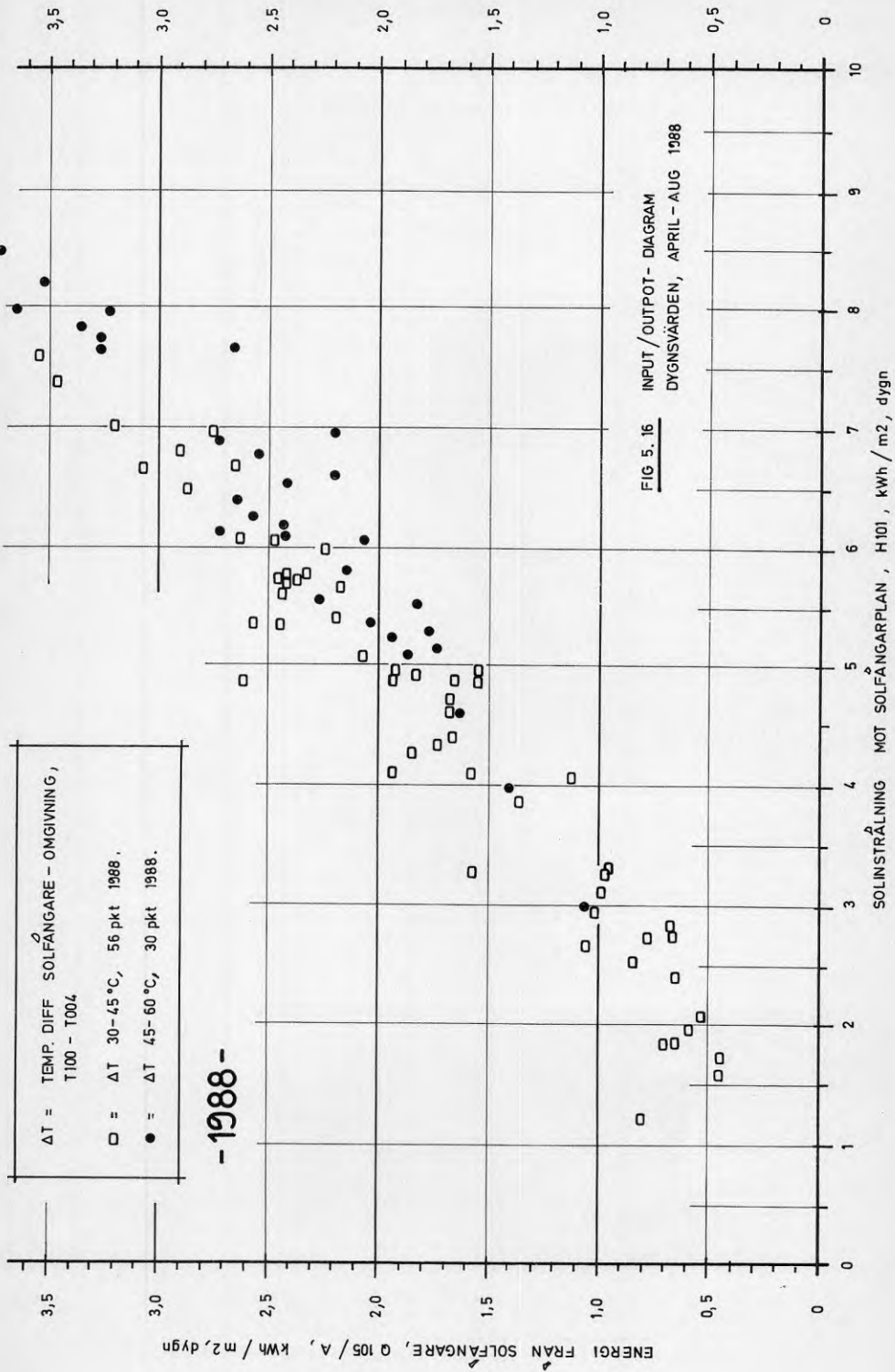
ΔT 60-75 grC, 22 punkter 1988

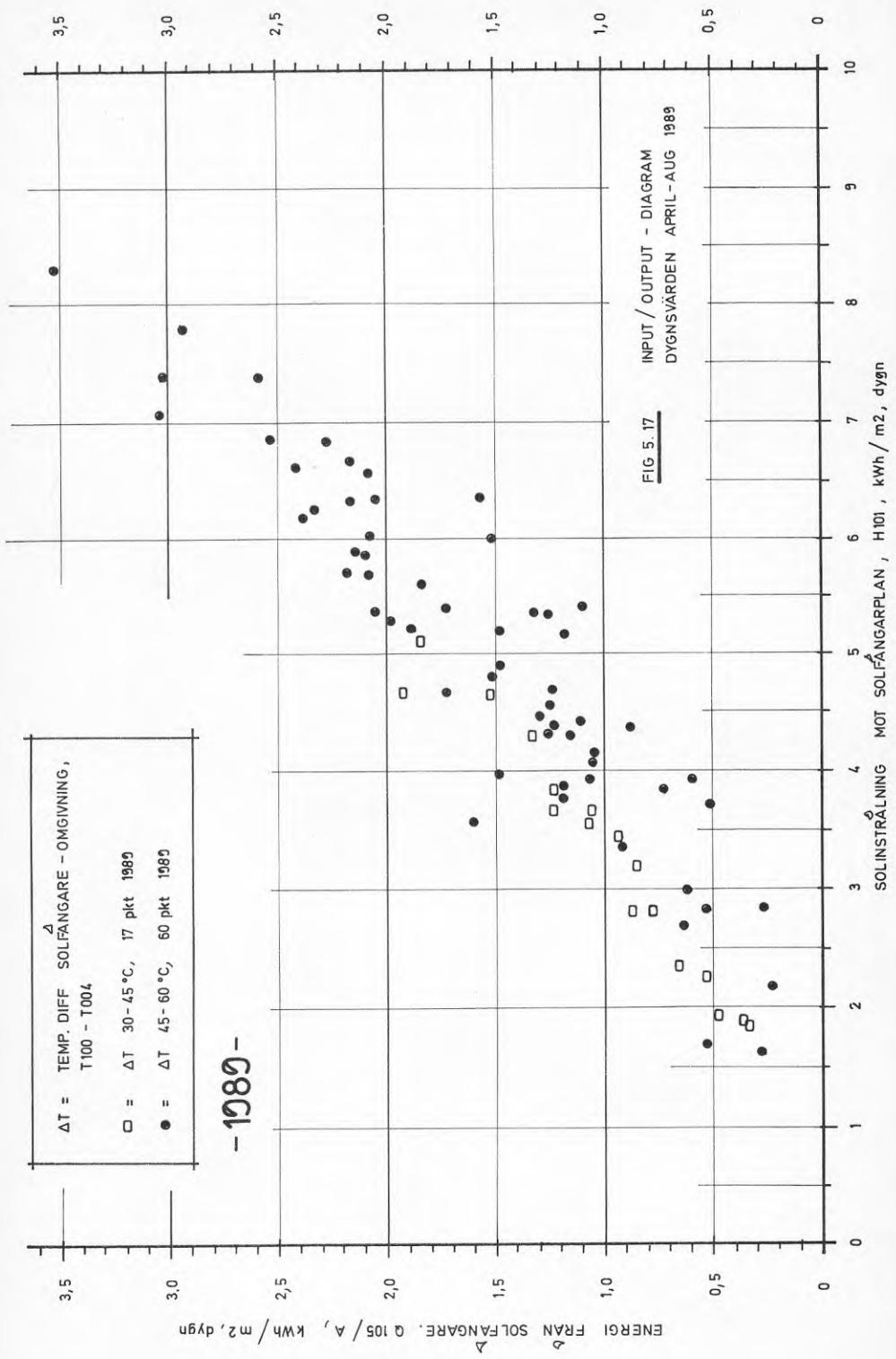
ΔT 60-75 grC, 39 punkter 1989

Bättre 1988 än 1989

Även här markeras tydligt det bättre resultatet 1988. Vid jämförelse mellan fig 5.16 och fig 5.17 framgår att antalet dygn med temperaturdifferensen i intervallet 30-45 grC är 56 st 1988 men bara 17 st 1989. Förhållandet är likartat i alla intervall dvs driftmedeltemperaturen är avsevärt högre 1989 än 1988.

I fig 5.18 åskådliggörs också, att även i samma intervall är verkningsgraden sämre 1989 än 1988 vilket kan vara svårare att förklara.





ΔT = TEMP. DIFF SOLFANGARE - OMGIVNING,
 $T_{100} - T_{004}$
 \blacktriangle = ΔT 60-75 °C, 22 pkt 1988
 \triangle = ΔT 60-75 °C, 39 pkt 1989

- 1988 / 1989 -

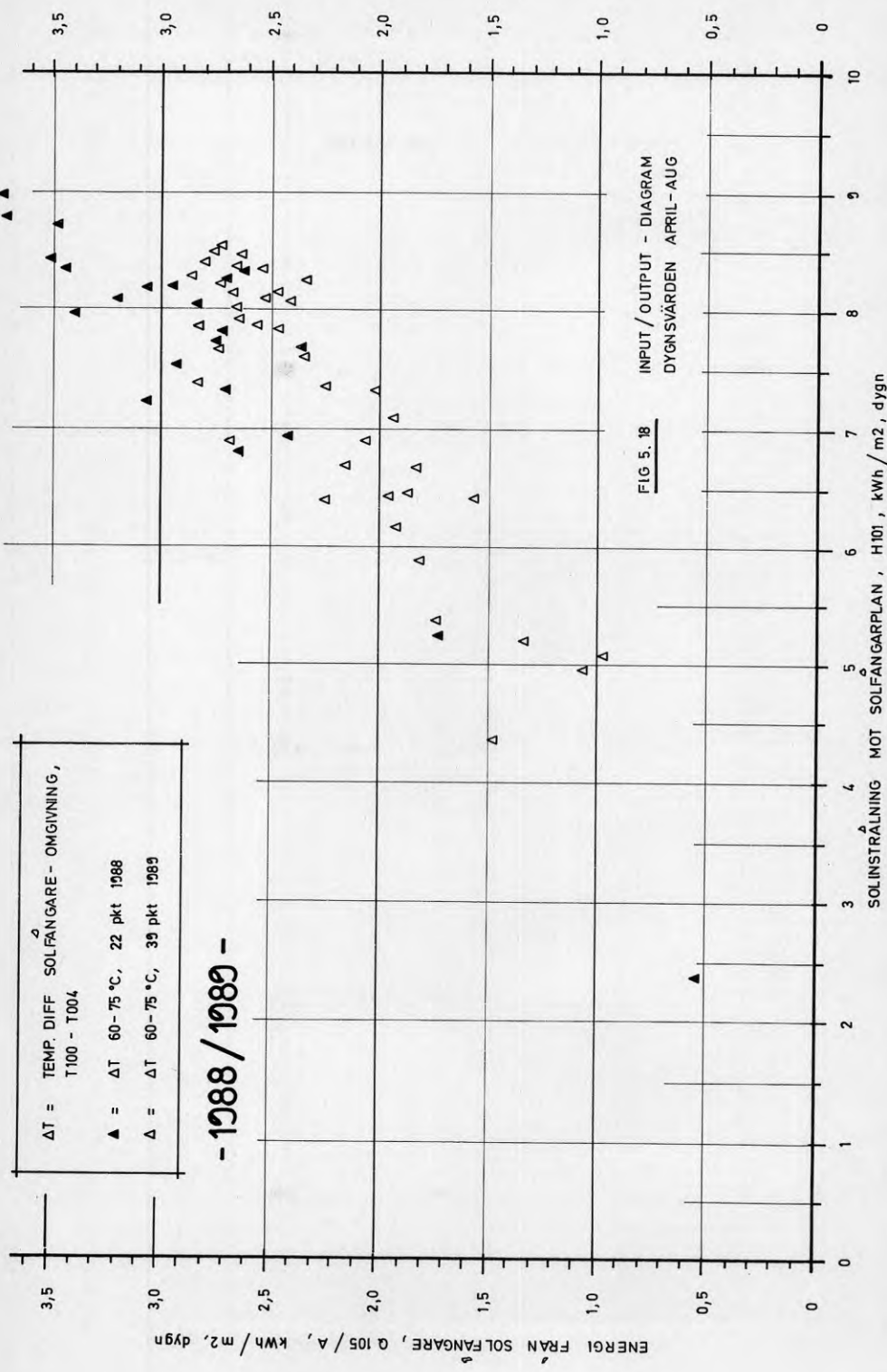


FIG 5.18 INPUT / OUTPUT - DIAGRAM
DYGN SVÄRDEN APRIL - AUG

5.4 Årssammanställning

I tabell 2.3 redovisas en sammanställning av energibalansen i värmecentralen. Tabellen visar bl a att solfångarnas andel av värmeförsörjningen är blygsam, ca 10%.

I ekonomiskt avseende tävlar solfångarna i detta projekt med en högspänningstaxa, som ger mycket låga elpriser under sommarmånaderna, då solfångarna ger som mest energi. Solfångare med bara dygnsackumulering bör alltså inte ses som ett ekonomiskt alternativ till en elvärmad anläggning. Med ett årsvärmelager blir bilden en helt annan, eftersom solenergin då kan nyttjas när elenergin är dyr, dvs vardagar under vintermånaderna.



Fig 5.19

I november är solståndet så lågt att halva solfångaren är skuggad.

För cirkulationspumparna P10 och P20 erfordras en viss drivenergi som uppgår till ca 2 MWh per år.

- P10 har förbrukat 1,45 MWh 1988 och 1,50 MWh jan-sept 1989
- P20 har förbrukat 0,60 MWh 1988 och 0,60 MWh jan-sept 1989

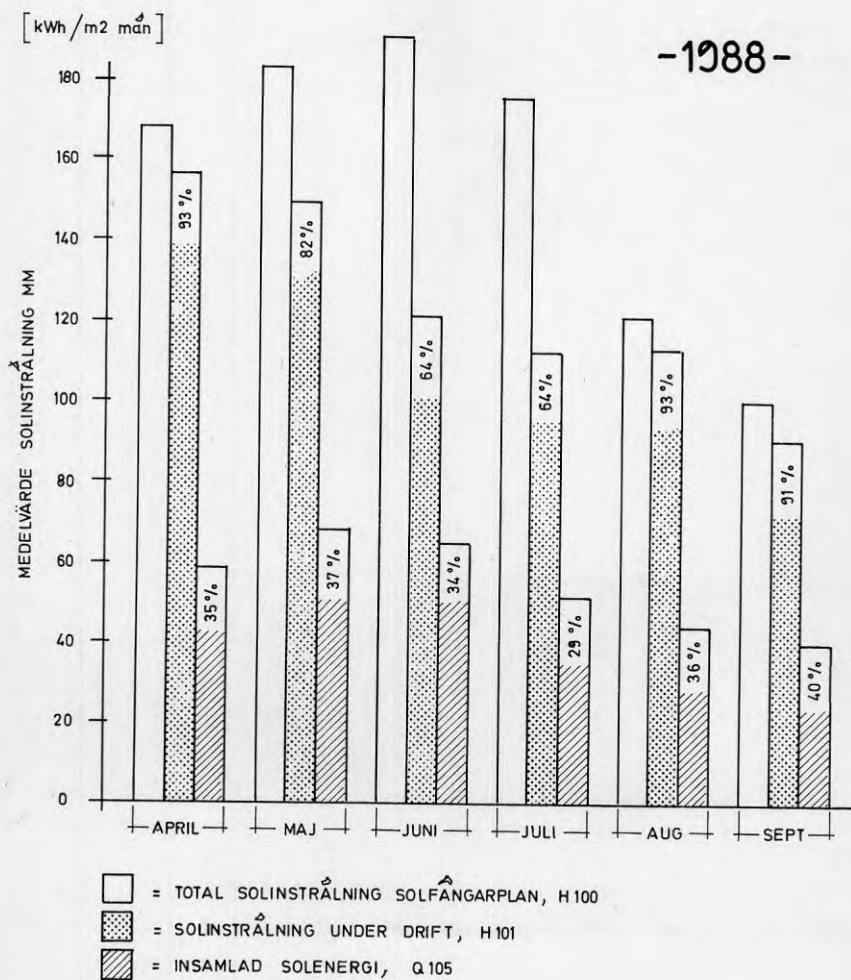
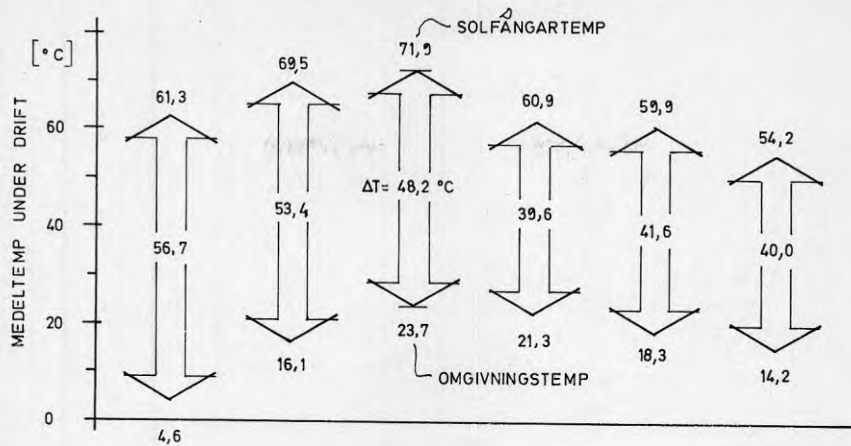
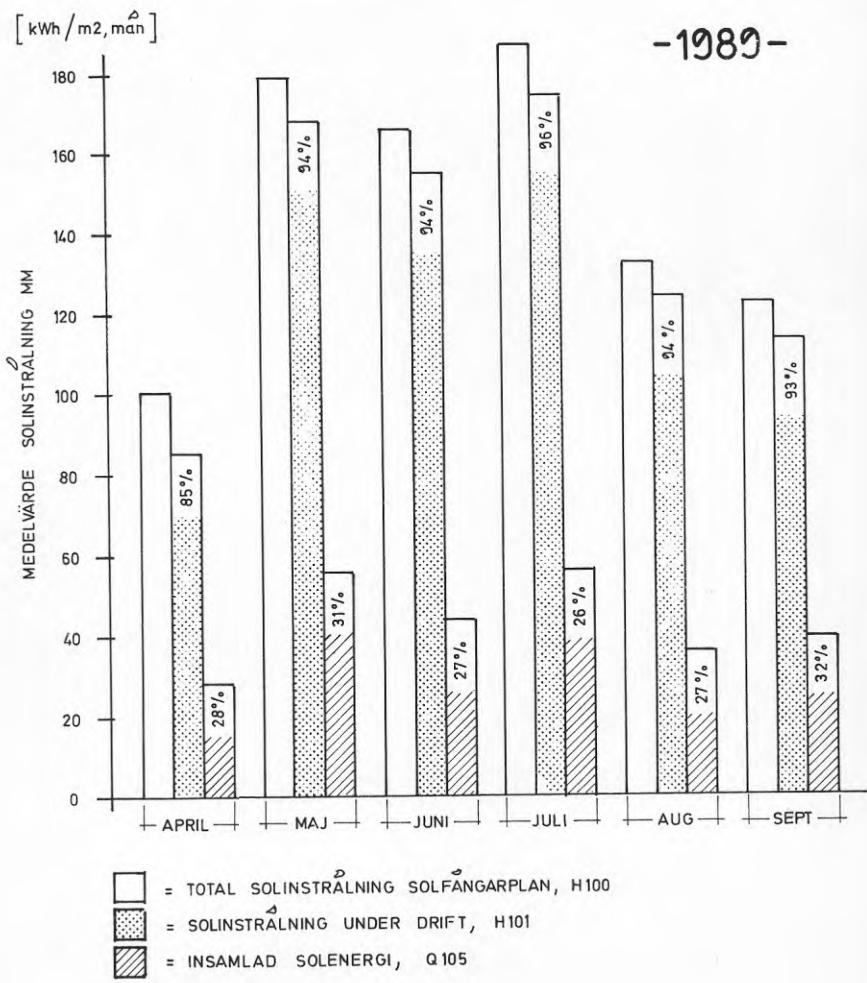
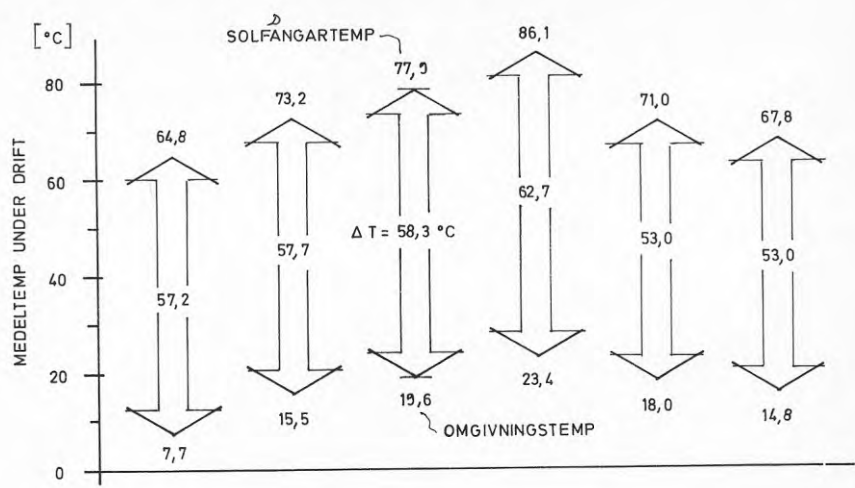
FIG 5. 20 ENERGIFLÖDESDIAGRAM OCH ΔT , APRIL - SEPT 1988

FIG 5. 21 ENERGIFLÖDESDIAGRAM OCH ΔT , APRIL - SEPT 1989



- = TOTAL SOLINSTRÅLNING SOLFÄNGARPLAN, H100
- = SOLINSTRÅLNING UNDER DRIFT, H101
- = INSAMLAD SOLENERGI, Q105

Tabell 5.4 Soldata, energi och drifttider för hela mätperioden.

År/mån	Solinstråln kWh/m ²			Insaml energi		Drifttid	
	H110 global total	H100 plan total	H101 plan drift	Q105 VM10 kWh/m ²	Q105 VM10 MWh	P10 prim tim	P20 sek tim
1988/01	5*	-	-	0	0	1	0
02	19*	-	-	0	0	6	4
03	61*	-	-	12	7	89	69
04	122	167	156	58	35	208	228
05	158	182	149	67	40	225	238
06	181	190	121	65	39	229	211
07	156	175	112	51	30	248	221
08	98	121	113	44	26	195	198
09	69	100	91	40	24	142	197
10	37	67	60	20	12	93	106
11	18	40	33	5	3	56	37
12	7	17	3	0	0	3	0
År 1988	931	-	-	362	216	1495	1509
1989/01	10	23	20	0	0	32	23
02	25	54	51	11	6	75	65
03	60	93	84	24	14	117	126
04	80	100	85	28	17	120	139
05	166	179	168	56	34	257	251
06	168	166	155	44	26	274	236
07	178	187	179	49	29	289	234
08	111	132	124	36	21	223	200
09	83	122	113	39	24	171	172
10	46*	-	-	27	17	-	-
11	12*	-	-	2	1	-	-
12	7*	-	-	0	0	-	-
År 1989	946	-	-	316	189	-	-

*) Beräknade värden

- Drifttiden för P10 räknas slaviskt då P10 är i drift. Solfångare i drift villkoras av drift P10 så, att mätvärden registreras endast då P10 varit i drift 150 sekunder och sedan till den stoppas.
- Mätvärdesinsamlingen avslutades 1989-10-20 varför oktobervärdena -89 extrapolerats.
- Mätvärden för VM10, dvs insamlad solenergi baseras på avläst integreringsverk som kontroll till de datalagrade timvärdena.

Tabell 5.5 Arbetstemperatur, omgivningstemperatur
m m för hela mätperioden.

År/mån	Drifttemp P10 >3550 s/h			Malung enl SMHI		
	Ute drift grC	Solf drift grC	ΔT drift grC	Medel ute grC	Grad dag	Grad dag norm
1988/01	-2,5	-	-	-1,8	583	799
02	-1,3	-	-	-4,1	612	727
03	-2,0	53,2	55,2	-5,1	686	654
04	4,6	61,3	56,7	0,4	497	467
05	16,1	69,5	53,4	9,8	177	243
06	23,7	71,9	48,2	15,3	25	49
07	21,3	60,9	39,6	15,1	0	16
08	18,3	59,9	41,6	12,7	26	69
09	14,2	54,2	40,0	9,7	182	225
10	4,0	53,4	49,4	1,8	471	418
11	-4,4	46,0	50,4	-6,0	691	605
12	0,9	39,6	38,6	-8,1	778	773
År 1988	-	-	-	3,3	4728	5045
1989/01	2,5	60,0	57,5	-0,2	532	799
02	2,1	-	-	-0,2	481	727
03	4,5	54,5	60,0	0,6	504	654
04	7,7	64,8	57,2	2,5	435	467
05	15,5	73,2	57,7	9,2	195	243
06	19,6	77,9	58,3	13,2	49	49
07	23,4	86,1	62,7	15,1	32	16
08	18,0	71,0	53,0	12,7	65	69
09	14,8	67,8	53,0	9,6	203	225
10	-	-	-	3,6	418	418
11	-	-	-	-1,1	544	605
12	-	-	-	-8,4	787	773
År 1989	-	-	-	4,7	4245	5045

- Utetemperaturen baseras på T004 dvs utetemperatur under drift av solfångare. Givaren har registrerat för hög temperatur enligt notis efter tabell 2.3.
- Solfångare drift avser driftmedeltemperaturen T100 dvs $(T101 + T102)/2$.
- ΔT avser temperaturdifferensen mellan solfångare och omgivning dvs T100-T004.

6 SOLFÅNGARERFARENHETER

6.1 Upphandling

Hela ansvaret för funktionen i ett solfångarsystem bör ligga hos en part. Samverkan mellan solfångare, lager och andra värmekällor är så utomordentligt viktigt att ansvaret inte kan delas utan risk för rent juridiska problem, om utlovade data inte kan upprätthållas.

Den upphandlingsform som tillämpats för Storbygärdet med totalentreprenad enligt AB72 och ABT74 har i detta avseende fungerat bra.

6.2 Tillverkning och material

Sammantaget har tillverkningen fungerat bra. Att bygga solfångare på plats är ett bra, på gränsen till elegant sätt att utnyttja både lokal förmåga och kapacitet för att snabbt få solfångarna i drift. Byggnadstiden blev knappa fyra månader.

Tillverkningen av solfångarna har noggrant dokumenterats av konstruktören Gunnar Wilson, som i kap 3 redovisar både problem under tillverkningen och den erfarenhetsåterföring som kommer att ske i efterföljande projekt.

6.3 Installation

Grundarbetena utfördes i en tid och i en regnperiod som enligt entreprenören skulle omöjliggjort arbetet på all annan typ av mark. Här i Malung där marken består av sand gick arbetet utmärkt, trots att man använde relativt tunga hjulbundna maskiner.

Rörinstallationerna och inkopplingar i befintligt system innehåller inga moment av experiment, och har också utförts på avsett sätt utan synbara problem.

6.4 Drifterfarenheter

Anläggningen togs i drift i september 1987 och har varit i drift med smärre avbrott för reparation och påfyllning av system. Från fastighetsägarens sida har anläggningen blivit en positiv och miljövänlig energikälla, där en utbyggnad av solfångarfältet och ett större värmemagasin står högt på önskelistan.

I en experimentanläggning "bör" dock vissa problem uppträda och denna anläggning är därvidlag inget undantag. De problem som uppträtt har dock varit få och av sådan art, att de kan undvikas i nästkommande etapp eller i ett annat projekt.

6.5 Beständighet

Distanser

har i Malung limmats vid rutan för att säkerställa luftspalten mellan glas och teflonfilm.

Genom att gummilisten har en patenterad distansläpp har det visat sig att dessa extra distanser på glasrutan är helt onödiga. De har dessutom släppt och utgör endast en skönhetsfläck, varför de kommer att demonteras vid lämpligt tillfälle. Det förutsätter dock att glaset demonteras.

Stripshållare

kallas de små plåtbitar som skall hålla absorbatörerna på plats då de expanderar vid uppvärmning. Det har visat sig att de fungerar mycket dåligt i vissa fall eller inte alls.

Om absorbatören inte glider lätt i dessa hållare, kommer den att vid expansion böja sig upp mot teflonfilm och glas i stället. I vissa punkter har den bockat upp sig mot en spröjs och där legat och nött mot spröjsen.

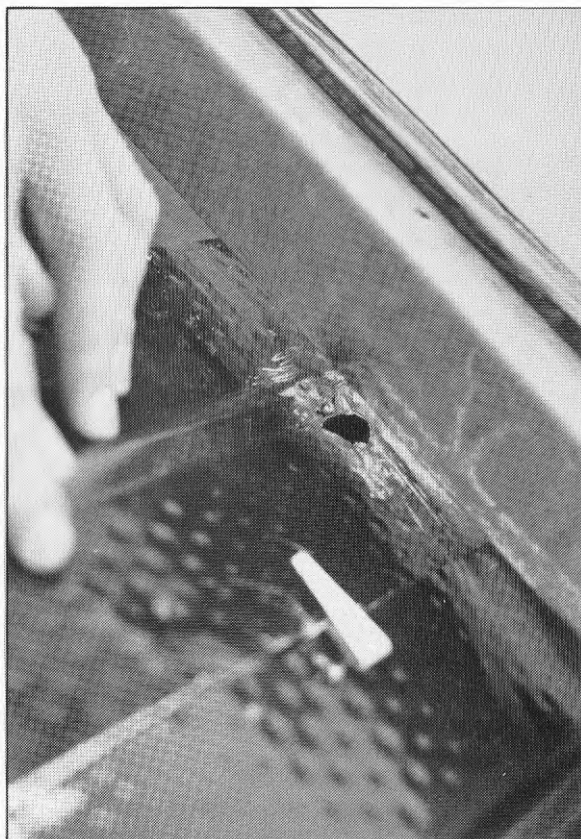


Fig 6.1
Dålig funktion hos stripshållaren har orsakat läckage på absorbatören.

Efter en tid har det nöts hål på det tunna röret i absorbatoren med läckage som följd. Eftersom det är en 50%-ig blandning av propylenglykol och vatten som läcker ut, är det allvarligt både ur kostnads- och miljösynpunkt. Det här är det enda problemet av allvarlig art i Malungsanläggningen. Man kan inte veta om och när ett nytt läckage uppstår. Det kan dock kringgåås med en bättre konstruktion i nästa anläggning.

Teflonfilmen

har släppt från aluminiumlisten i några av modulerna, men det har inte någon större inverkan på den totala verkningsgraden. Med rätt lim och rätt metod bör även detta problem kunna undvikas.

Glasskador

har Malungsanläggningen klarat sig bra ifrån, trots att anläggningen saknar stängsel. Å andra sidan kan stängsel inte betraktas som något egentligt skydd mot eventuella marodörer, kanske kan det i vissa fall snarare motverka sitt syfte.

Av de sju reservglas som entreprenören levererade har fyra tagits i anspråk för reparation av förstörda glas.



Fig 6.2

En av de få
glasskador
som orsakats
av yttre
åverkan.

Expansionslyror

i form av armerade gummislangar har av Vattenfall installerats vid mätlådorna. På grund av den höga arbetstemperaturen har dessa slangar sprungit läck, med följd att stora mängder glykolblandat vatten läckt ut.

Det har inträffat inte mindre än fyra gånger att slangarna brustit, men nu har nya metallarmerade slangar installerats, vilka förhoppningsvis skall motstå aktuella drifttemperaturer upp emot 130 grC

6.6 Höga drifttemperaturer

Eftersom ackumulatorvolymen är så begränsad skulle man kunna befara kokning och torrläggning av solfångarna. Detta har dock inte inträffat en enda gång fränsett första dagen, då systemet fylldes upp och primärpumpen befanns ha för dålig kapacitet.

Drifttemperaturen är dock för hög på solfångarna i Malung. Bra dagar, dvs soliga dagar stiger temperaturen till nära 130 grC på samlingstemperaturen T102 ut från solfångarna. Problemet mera markant under -89 än under -88.

Solfångarna är av lågflödestyp med en beräknad temperaturdifferens av ca 40 K vid 100-110 grC utgående temperatur. De höga temperaturer som nu uppmätts, beror naturligtvis inte på solfångarna utan är ett systemfel. När värmebelastningen är liten, blir den tillgängliga ackumulatorvolymen 50 m³ alltför liten. Medeltemperaturen ligger ofta över 110 grC, och anläggningen uppfyller då inte kraven enligt AFS normer ang tryckkärl (AFS 1988:11). Man kan förutsätta att temperaturen är ännu högre i vissa delar av solfångarfältet.

Den höga temperaturen skapar förutom normlösheten flera problem:

- materialen är inte valda med hänsyn till dessa temperaturer varigenom livslängden minskar
- värmeförlusterna ökar
- verkningsgraden minskar
- anläggningen blir en riskfaktor ur arbetarskyddssynpunkt.

De höga temperaturerna måste åtgärdas snarast och det finns flera alternativ. Det mest radikala är utan tvekan att öka ackumulatorvolymen. Det är positivt även ur den synvinkeln att man kan erhålla ett magasin, som räcker flera dagar.

Stiftelsen har ett visst hopp om att det andra experimentbyggnadsprojektet på Storbygårdet nämligen gropmagasinet, skulle lösa problemet. Detta värmelager rymmer ca 250 m³ vatten och är trycklöst, varigenom

temperaturen begränsas till ca 95 grC. Det skulle ändå vara tillräckligt för solfångarnas behov, och samtidigt kunna nyttjas vintertid som nattackumulator för elpannan.

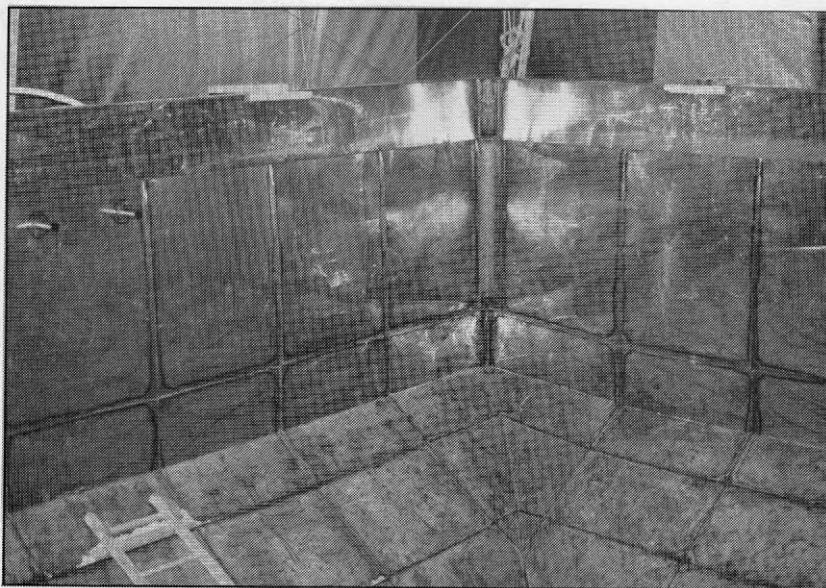


Fig 6.3 Gropvärmelagret består helt enkelt av en konisk grop invändigt klädd med ett diffusionstät material och försedd med ett flytande lock. Fotot är taget inne i gropen och visar de falsade och tätsvetsade kopparplåtarna samt in- och utloppsrören längst upp till vänster.

6.7 Snöerfarenheter

Snörika Malung ställer till speciella problem som framgår av fig 6.4 t o m 6.7. Snön rasar visserligen av solfångarna till en början, men så småningom finns inte plats för snön, utan den måste smälta på solfångaren.

Det är naturligtvis mycket svårt att snöröja bland solfångarraderna, och enda lösningen skulle vara att höja solfångarens underkant. Att höja den så mycket att all snö får plats, skapar dock andra problem med åtkomlighet och stabilitet. För trakter med normalt så riklig tillgång på snö som Malung, är snöproblemet en reducerande faktor väl värd att beakta.

En möjlighet som övervägts är att under en kort stund köra ut värme i solfångarna, om snön skulle täcka hela ytan på våren. Om hela ytan täcks finns risken att snön inte smälter så snabbt, eftersom solstrålningen effektivt reflekteras mot snön. Det här är en svår avvägningsfråga, som måste bedömas från fall till fall.



Fig 6.4 Den första snön på hösten rasar behändigt av solfångarna.



Fig 6.5 Även snön i december rasar av vid minsta töväder så länge det finns plats på marken.



Fig 6.6 Mitt i vintern har snön inte längre plats under solfångarna som här i febr/mars -88. Nederbörden denna vinter var extremt stor men mycket föll som regn och blötsnö varför snödjupet ändå var litet.



Fig 6.7 Vid normala snövintrar blir solfångarna fria från snö först i slutet av april.

6.8 Komplicerat styrsystem

Det är viktigt hur solfångarna inkopplas i ett värmsystem. Beroende på belastning, täckningsgrad, ackumulator och temperaturnivåer får varje system sin egen layout i ett optimalt system.

Styrning och reglering av systemet på Storbygdärdet beskrivs i kap 4.2. Det är teoretiskt bra, men eftersom driftpersonalen manuellt skall koppla om mellan olika driftfall, blir det svårkontrollerat, speciellt eftersom vare sig solstrålningen eller värmeförbrukningen följer almanackan. Omkopplingen mellan olika driftfall har också blivit avglömd i flera månader. Om ett system är beroende av omkopplingar borde dessa ske automatiskt t ex beroende på solstrålningen.

Ett principfel kan också noteras i det faktum att cirkulationspumpen P20 startas och stoppas ett otal gånger på kvällarna, då solstrålningen avtar. Pumpen har t ex startat och stoppat 42000 gånger under 1989 och över 9000 gånger bara i juni.

Det är också tveksamt om cirkulationspumpen P10 i solkretsen skall startas redan vid +25 grC som enda parameter. Diagrammen för 1989 t ex i fig 5.21 visar att P10 är i drift praktiskt taget så fort solen skiner. Omkring 95% av solstrålningen har registrerats med solfångarna i "drift".

6.9 Större värmelager

Värmeväxlaren VVX10 borde vara större. Ett normalt temperaturprogram som uppmätts i anläggningen är 120/85 grC på primärsidan och 76/107 grC på sekundärsidan. Om *exergi*-begreppet förs in i denna anläggning, förstår man att en exergiförlust på 13 K inte är optimalt i en anläggning, där man har problem med både ackumulatorvolym och för höga temperaturer i solfångarna.

Det vore bättre om den i och för sig alltför höga temperatur på solfångarsidan kunde tillgodogöras värmelagret, som i detta fall är en sluten ackumulator. Man skulle med en större värmeväxlare således få en lägre absorbatortemperatur.

Med facit i hand kan man också konstatera att 600 m² solfångare är i överkant med 50 m³ ackumulatorvolym och en belastning av 128 lägenheter. Det skulle faktiskt behövas en nödkylning.

6.10 Skötsel, underhåll, energiutbyte

Frånsett de läckage som inträffat och beskrivits på annan plats har skötseln inte på något sätt varit betungande. Den är t o m så enkel att man inte kan kalkylera några egentliga kostnader.

Underhåll och reparation är poster som i dag är svåra att överblicka. Enligt upphandlingsprotokollet förväntas solfångarna hålla i minst 25 år. Eftersom de flesta komponenterna inte slits utan utsätts för åldringpåverkan, är det experimentanläggningar som dessa, som så småningom får ge svaret på denna utfästelse.

Energiutbytet redovisas detaljerat i kapitel 5. Av tabell 5.4 framgår att den insamlade värmemängden är 362 kWh/m² 1988 och 316 kWh/m² 1989. Den uppmätta globalstrålningen är 931 kWh/m² 1988 och 946 kWh/m² 1989. Resultatet är bättre än vad entreprenören kalkylerat med speciellt med hänsyn till den höga drifttemperatur som solfångarna belastas med.

LITTERATUR

FörfattareTitel

- [1] Chandrashekar, M
Vanoli, K.H.
1986

*Data Collection and
Performance Reporting
Specification for
Solar Energy Projects*

Document:
IEA-SHAC-TVI-2

- [2] Perers, B
1986

*Förstudie solvärmecentral
i Malung*

Ej publicerad rapport

- [3] Sveriges meteorolo-
giska och hydro-
logiska institut,
SMHI

Väder och Vatten

Sammanställning av klimat-
data publicerade månadsvis

- [4] Eriksson, B
1982

*Data rörande Sveriges
temperaturklimat*

Rapport RMK39 från
Sveriges meteorologiska
och hydrologiska institut,
SMHI

- [5] Josefsson, W
1987

*Solstrålningen i Sverige.
Tids- och rumsfördelning.*

Rapport R112:1987 från
Statens råd för byggnads-
forskning

- [6] Girdo, V
1978

*Grundläggande förutsättningar
för soluppvärmning av byggnader
i Skandinavien*

Rapport R108:1978 från
Statens råd för byggnads-
forskning

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870673-2
från Statens råd för byggnadsforskning till S E Persson
VVS-planering, Falun.

R70:1990

ISBN 91-540-5227-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801070

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 55 kr exkl moms