



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**

**R25:1985**

# **Solvärmt tappvarmvatten för Krokoms sjukhus**

**Utvärdering av installation och drift**

**Gösta Eléhn**

K  
Ark

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	See

**Byggeforskningsrådet**

R25:1985

SOLVÄRMT TAPPVARMVATTEN FÖR KROKOMS SJUKHUS

Utvärdering av installation och drift

Gösta Eléhn

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811387-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Grapenfelt  
Installationskonsult AB, Östersund.

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

R25:1985

ISBN 91-540-4319-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL	3
SAMMANFATTNING	4
1. INLEDNING	5
1.1 Orientering	5
1.2 Installationens omfattning	5
1.3 Förväntade resultat	6
1.4 Projektets syfte	6
2. ERFARENHETER	9
2.1 Projektering och upphandling	9
2.2 Installation av solväxlare	9
2.3 Installation av värmepump	12
2.4 Driftskedet	13
2.5 Uppföljning av tidplan	14
2.6 Investering	14
3. INSAMLING AV DATA	16
3.1 Mätutrustning	16
3.2 Mätperiod	16
4. UTVÄRDERING	18
4.1 Beräkningsperiod	18
4.2 Varmvattenförbrukning	19
4.3 Värmepumpens kapacitet	20
4.4 Solväxlarens funktion	23
4.5 Producerad energi	25
5. ENERGISPARPOTENTIAL	29
5.1 Energimängder	29
5.2 Energispar kostnad	30
6. SLUTSATSER	31
REFERENSER	33
BILAGA 1 Tekniska data	35
BILAGA 2 Ritningar på solfångare	37
BILAGA 3 Mätutrustning	39
BILAGA 4 Mätdatautskrift - exempel	43
BILAGA 5 Uppmätt värmepumpskapacitet	45
BILAGA 6 Producerade energimängder	46
BILAGA 7 Värmepumpleverantörens kontrollmätning	47

## SAMMANFATTNING

En solvärmeanläggning med 90 m<sup>2</sup> solväxlare och en värmepump à 20-30 kW för beredning av tappvarmvatten har installerats på Krokoms sjukhus. Sedan sjukhuset togs i drift i oktober 1983 har solvärmeanläggningens driftvillkor och prestanda studerats fram till juni 1984.

Varmvattenbehovet har uppmätts till 120 l/patient och dygn, vilket motsvarar 60% av normalförbrukningen för något äldre sjukhus av liknande utformning. Krokoms sjukhus rymmer 60 vårdplatser, tandpoliklinik och hälsocentral.

Solvärmeanläggningen har fungerat i stort sett funktionsenligt med undantag av smärre köldmedieläckage i värmepumpen. Under mätperioden har värmepumpen i genomsnitt gått 5,6 timmar per dag och täckt 24% av varmvattenbehovet, som uppgått till cirka 400 kWh/dag.

Värmepumpens kapacitet har varit mycket lägre än utlovad. Den avgivna medeleffekten per dag har beroende på utelufttemperaturen varierat mellan 15-25 kW, vilket bara är 50-70% av förväntade värden. Värmefaktorn (COP<sub>T</sub>) under mätperioden har varit 2,4, vilket är något lägre än väntat. Värmepumpsleverantören har på anmodan utfört kontrollmätning av kapaciteten vid stationär drift, vilket verifierar uppmätta värden vid diskontinuerlig drift.

Solväxlaren är av öppen typ. Därför fungerar den som en kombination av luftväxlare och solfångare. Vid låg solstrålningsintensitet upp-tar den energi ur uteluften och vid hög intensitet absorberar den energi ur solstrålningen. Solväxlaren har fungerat problemfritt och levererat energi även vintertid vid utelufttemperatur ned till -10°C. Drifttiderna har varierat mellan 6-12 timmar per dag vid temperaturer högre än -5°C. Då mätperiodens värden omräknas till helt år blir den insamlade mängden "gratisenergi" 355 kWh/m<sup>2</sup> solväxlare. Det möjliga värmeuttaget är mycket högre, men har begränsats av värmepumpens låga kyleffekt.

Lönsamheten är dålig i anläggningen p g a den låga andelen inbesparad energi och den höga investeringen à 240.000 kronor. Den specifika investeringen blir då 7,8 kr/kWh inbesparad energi och pay-off-tiden 24 år.

## 1 INLEDNING

### 1.1 Orientering

En solvärmeanläggning i kombination med värmepump på Krokoms sjukhus presenterades i BFR-rapport 134:1981. Den föreslagna anläggningen utfördes under 1982-1983 med experimentbyggnadslån från BFR till Jämtlands läns landsting.

En utvärdering av installationsarbetena och driften av anläggningen under 9 månader redovisas i denna rapport. Mätningar av solvärmesystemets energitekniska prestanda har gjorts dels med hjälp av mätdator och dels genom manuella avläsningar av el- och värmemängdsmätare. Mätningarna har utförts under 7 månader från november 1983 till juni 1984.

Jag vill rikta ett stort tack till alla som hjälpt mig med arbetet under utvärderingen, främst maskinisterna Christer Borg, Beng-Olov Funseth och Berndt Liljegren på Krokoms sjukhus och kollegorna på Grapenfelt Installationskonsult AB.

### 1.2 Installationens omfattning

Krokoms sjukhus började byggas i juni 1981 och togs helt i drift i oktober 1983. Sjukhuset består av hälsocentral, tandpoliklinik och vårdavdelningar för 60 långvårdspatienter. Värmeförsörjningen till sjukhuset sker huvudsakligen med fjärrvärme från kommunens nät. För förvärmning av tappvarmvatten har installerats en solvärmeanläggning, som består av

- 90 m<sup>2</sup> solväxlare utan glastäckning placerad på en södervänd takyta
- 1 st värmepump med en uteffekt av cirka 28 kW
- styrsystem och rörinstallation med armatur enligt figur 2.

Dimensionerande data för huvudkomponenterna framgår av bilaga 1.

Under mätperioden kompletterades anläggningen med mätdator, mätare för solinstrålning och el samt temperaturgivare.

### 1.3 Förväntade resultat

Vid förprojekteringen gällde att värmepumpens dimensionerande effekt skulle vara 28 kW vid inkommande köldbärartemperatur +5°C och utgående värmebärare +50°C. Med en ej täckt solväxlare á 90 m<sup>2</sup> beräknades att anläggningen skulle ge

- en värmefaktor á 2,5 som medelvärde under drifttiden 9 månader per år då utelufttemperaturen är högre än -5°C
- 50% täckning av energibehovet under en timme med maximal last.
- 37% täckning av årsenergibehovet för varmvattenberedning
- insamlad solenergi motsvarande årlig inbesparad nettoenergi á 640 kWh/m<sup>2</sup> eller totalt 58.100 kWh/år

Vid en investering av 170.000 kr skulle den specifika kostnaden bli 3 kr/kWh inbesparad nettoenergi.

### 1.4 Projektets syfte

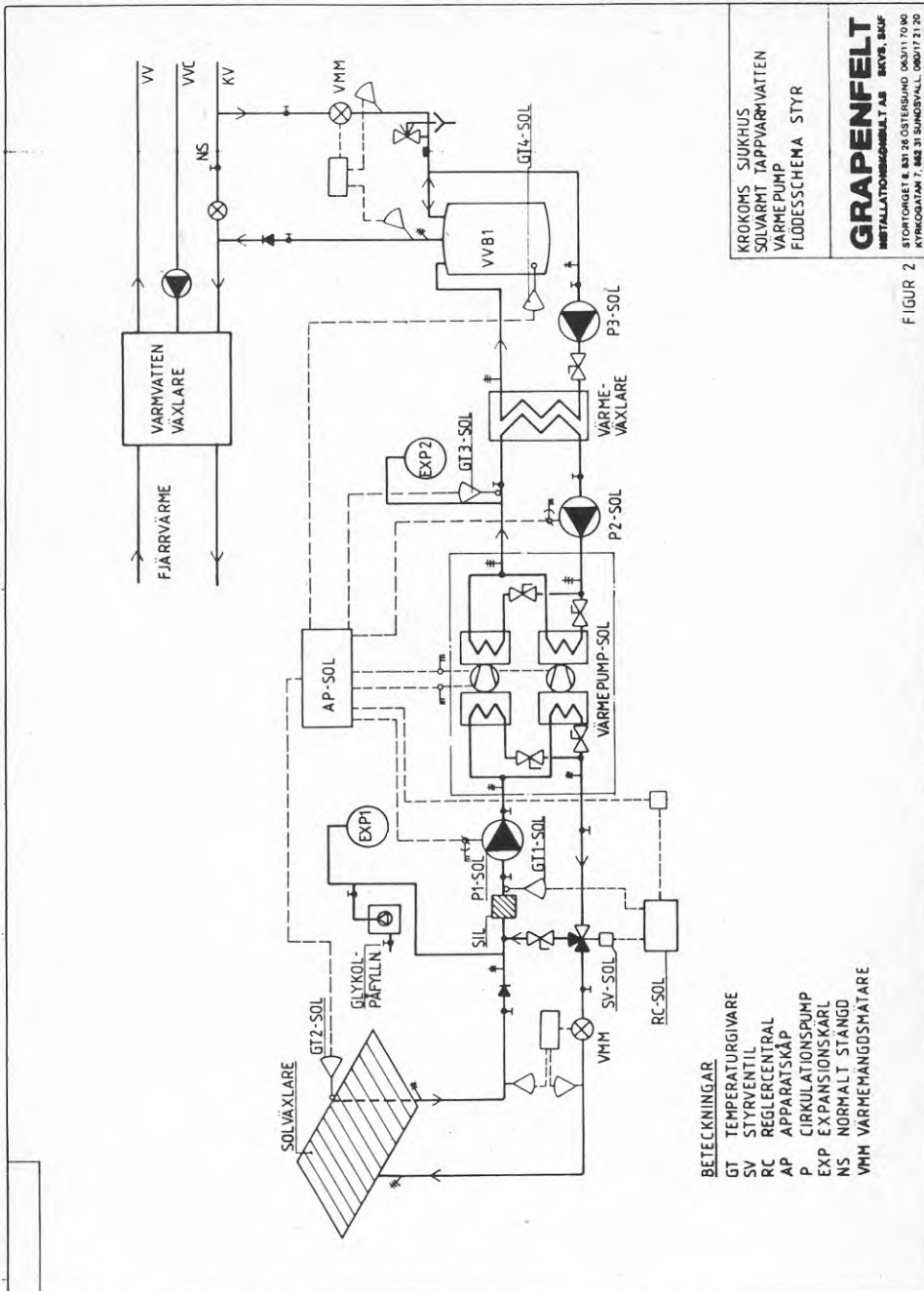
Syftet med utvärderingen av solvärmeanläggningen har varit att

- dokumentera erfarenheter av installationsarbeten, drift och underhåll
- mäta systemets energiekonomiska prestanda
- värdera energisparpotentialen.





Figur 1. Krokoms sjukhus. Solväxlare monteras på taket till lågdelen mellan byggnad B och C.



KROKOMS SJUKHUS  
 SOLVÄRMT TAPPVÄRNVATTEN  
 VÄRMEPUMP  
 FLODESSCHEMA STYR

**GRAPENFELT**  
 INSTALLATIONSBOKSLÄTT AS SVS, SÖP  
 STORTORGET 8, 231 26 ÖSTERSJÖND 08311 70 90  
 KYRKOGATAN 7, 232 31 SUNDSVALL 08017 21 20

- BETECKNINGAR**
- GT TEMPERATURGIVARE
  - SV STYRCENTRAL
  - RC REGLERCENTRAL
  - AP APPARATSKÅP
  - P CIRKULATIONS PUMP
  - EXP EXPANSIONS KÄRL
  - NS NORMALT STÅNG
  - VMM VÄRMEMÄNGDSMÄTARE

FIGUR 2

## 2 ERFARENHETER

### 2.1 Projektering och upphandling

Innan detaljprojekteringen vidtog upphandlade Landstinget värmepump och solväxlare. Värmepumpen upphandlades med en kravspecifikation som underlag. Anbud från tre olika leverantörer granskades och det tekniskt-ekonomiskt mest förmånliga anbudet antogs. Solväxlaren upphandlades direkt av Gränges Aluminium som var den ende leverantören av högkvalitativa absorbatorelement i landet.

Detaljprojekteringen skedde sedan i samråd med de antagna leverantörerna, och resulterade i entreprenadbeskrivningar i form av PM till de bygg-, VS- och EL-entreprenörer, som redan var engagerade i sjukhusbygget. Offerten på solväxlaren överläts på byggentreprenören och offerterten på värmepumpen överläts till rörentreprenören, som även fick samordningsansvaret för leveransen av styrsystemet.

Den systemlösning som föreslagits i förprojekteringen bibehölls med ett par undantag:

- på värmepumpens varma sida inkopplades en mellanväxlare så att förbrukningsvattnet ej ledes in i kondensorn. Man kan därmed undvika att olja tränger ut i dricksvattnet vid läckage på köldmediekretsen
- på köldbärarledningarna omplacerades avstängningsventiler mot solväxlare, samt backventil, flödesmätare och smutsfilter. De monterades i apparatrummet och utanför värmepumpens shuntkrets. Motiven var att koncentrera armaturplaceringarna och förbättra funktionen.

### 2.2 Installation av solväxlare

Absorbatörerna monterades av leverantörens personal under två soliga dagar i juni 1982. Se foton, figur 3,4 och 5. Detta var deras första montage av en större anläggning med otäckta solväxlarelement, s k Sun-Strips. Montaget gick ända mycket smidigt. Absorbatörerna lades på plyfarsor på den ordinarie takpappstäckningen och ersatte den falsade takplåten, som ursprungligen var projekterad.

Innan absorbatorerna monterades var köldbärarledningar dragna ovan tak från apparatrummet i källaren.



Figur 3 Krokoms sjukhus. Montage av solväxlare.



Figur 4 och 5. Krokoms sjukhus. Montage av solväxlare.

För flexibel anslutning av absorbatörerna till samlingsledningarna i underkant krävdes enligt Gränges en speciell typ av silikonslang, som dock ej ingick i deras leverans. När rörentreprenören skaffat slangarna, utförde han både slang- och röranslutningar till köldbärarledningarna.

Solväxlaren utfördes i huvudsak enligt förprojekteringen. Se ritningar i bil. 2. Samlingsledningen i överkant av absorbatörelementen flyttades dock ner under tak, då den ej fick plats mellan elementen och taknocken. På detta sätt vann man att anslutningar och ventiler kunde placeras inne på vinden men luftningen av ledningarna från varje paket av absorbatörer försvarades. Takgenomföringarna utfördes vattentäta och under täckplåten vid taknock.

Konstruktionen med en förhöjd täckplåt över underkanten av absorbatörerna medför att snö och vatten kan samlas under täckplåten och fördelningsledningen, varvid isproppar kan bildas.

### 2.3 Installation av värmepump.

Installation av värmepump och övrig utrustning i apparatrummet i källaren utfördes i huvudsak under en månad i början av år 1983. Det dröjde dock fram till september 1983 innan anläggningen var komplett och intrimmad, d v s klar för besiktning. De problem som orsakade försejningen var:

- brister i leveransen vad gäller apparat-skåpet och styrutrustning beroende på ofullständiga uppgifter från värmepumpsleverantören, brister i förfrågningsunderlaget och samordningsproblem
- läckage på köldmediesystemet medförde att lågtryckspressostaten löste ut och värmepumpen stoppade ofta. Läckaget åtgärdades först efter några månaders drift
- givare för styrutrustning var ej korrekt utförda från början.

Anläggningen godkändes vid besiktningen. Konstaterade brister åtgärdades inom 2 månader.

## 2.4 Driftskedet

Sedan intrimningen avslutades har följande problem uppstått och åtgärder vidtagits:

### Köldbärare:

Temperaturen in i förångaren (T4) har under vissa soliga dagar uppgått till +30-40°C trots att börvärdet för reglering av styrventilen är 21 °C. Orsaken var ett mindre läckage genom ventilen. Efter justering fungerar ventilen tillfredsställande.

Flödet är lågt troligen beroende på svårigheter att luften översta krökarna på solväxlaren. Problemet har ej åtgärdats.

Glykolhalten har enligt mätningar sjunkit från 50 till 40%, vilket medför att frysrisk föreligger redan vid -20°C. Några isproppar har ännu inte upptäckts.

Propylenglykolen saknar korrosionsinhibitorer. Några korrosionsangrepp har inte iakttagits än. Mindre läckage i köld- och värmebärarsystemen har förekommit. Påfyllningar har ibland skett så ofta som en gång i veckan. Orsaken till läckagen har ej kunnat konstateras, men kan bero på små otätheter i avluftare och packningar vid apparatanslutningar, varifrån läckvatten avdunstat.

### Köldmedium:

Ett mindre läckage vid en ventil tätades i början av juli 1984. Läckaget kan ha förekommit en längre tid. Värmepumpens kapacitet förbättrades dock ej efter åtgärden enligt avläsningar på värmemängdsmätarna.

### Solväxlare:

Under täckplåten i underkant kan is bildas och förorsaka uppbyggnad av täckplåten. Under de två första vintrarna har endast en smärre uppbyggnad skett på en sträcka av cirka 2 dm. Täckplåten har hindrat snön från att glida av solväxlaren.

Solväxlaren skottades fri från snö den 21 mars -84. Efter detta höll sig takytan snöfri resten av våren.

## 2.5 Uppföljning av tidplan

Stomme och taktäckning för sjukhuset utfördes under juni 1981 till mars 1982. Installationer och stomkomplettering pågick ytterligare 1 år. Sjukhuset togs i full drift oktober 1983.

Solvärmeanläggningen har i huvudsak uppförts enligt tidplanen, som upprättades i förprojekteringsskedet. Installationen av värmepumpen drog dock ut på tiden, då rörentreprenören gav värmepumpen låg prioritet i förhållande till den ordinarie värmeinstallationen. Arbetena har utförts i följande ordning:

Projektering av solvärmeanläggning jan-febr -82.  
Montering av solväxlare på tak juni -82.  
Inkoppling av rör till solväxlare sept -82.  
Installation av värmepump jan-febr.-83.  
Intrimning av hela anläggningen mars-nov.-83.  
Besiktning av värmepumpen sept. -83.  
Installation av mätutrustning sept-okt.-83.  
Start av mätdatainsamling nov.-83.  
Mätningar avslutades 13 juni -84.

## 2.6 Investering

I förprojekteringen uppskattades investeringskostnaden till 170.000,- exkl. utredningar och förprojektering men inkl. moms.

Den verkliga investeringskostnaden uppgick till 248.000,-.



	Utfall (kk)	Beräknat (kk)
Solväxlare, plåt minus taktäckning	31	22
VS-installation inkl. värmepump	153	} 101
El-installation	11	
Projektering (exkl.utr.)	21	17
Oförutsett, besiktning	6	13
Moms	26	17
	<hr/>	<hr/>
	248	170

Det är huvudsakligen kostnaderna för rördragning och elinkoppling som blivit högre än beräknat.

### 3 INSAMLING AV DATA

#### 3.1 Mätutrustning

Mätdata på flöden, energimängder, solinstrålning och temperaturer har insamlats från mätpunkterna enligt schemat i figur 6.

För manuella avläsningar ingår i den ordinarie anläggningen värmemängdsmätare, drifttidsmätare och termometrar enligt bilaga 3.

För automatisk insamling och bearbetning av mätdata har en dator anskaffats med mätcentral, mätare, givare och programvara enligt bilaga 3. Datorn har stått uppställd i samma rum som värmepumpen.

Mätdata har lagrats i form av timmedelvärden. Vid slutet av varje vecka har värdena dumpats på kassett. De har sedan bearbetats på konsultfirmans mikrodator.

#### 3.2 Mätperiod

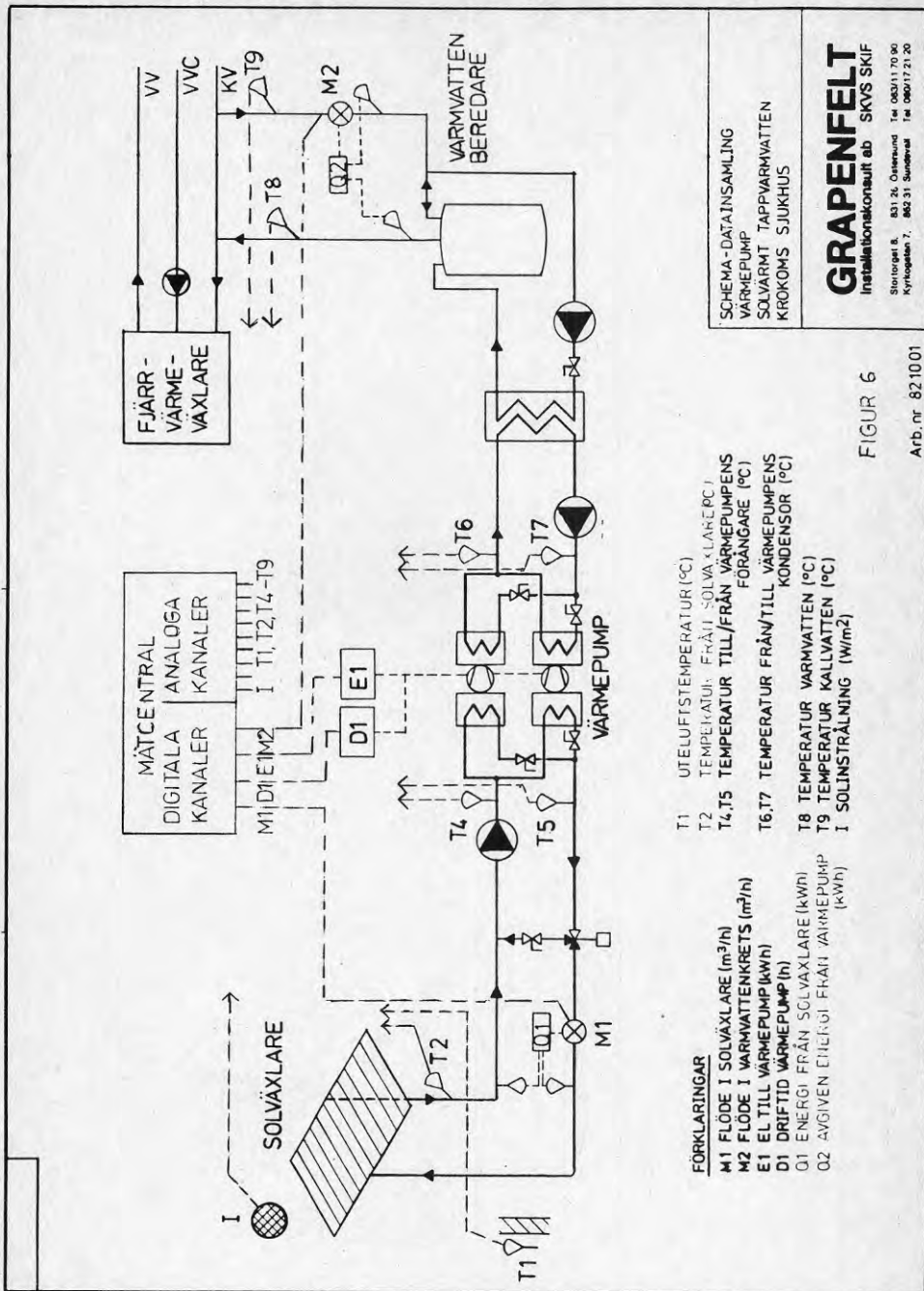
Varje arbetsdag under tiden november -83 till mitten av juni -84 har maskinisten på sjukhuset avläst flöden på mätarna samt temperaturer på datorskärmen. Under april var datorn nedmonterad, då avlästes enbart de termometrar som finns installerade i apparatrummet.

En fungerande solstrålningsmätare har endast varit inkopplad sedan den 1 mars.

Kontinuerlig datainsamling med mätatorn har utförts under veckorna:

- 7,8 och 9 i februari (13 hela dygn)
- 12 och 13 i mars (11 hela dygn)
- 23 och 24 i juni (5 hela dygn)

Värmepumpsleverantören gjorde under 2 dagar i augusti 1984 en kontrollmätning med hjälp av en egen mätutrustning med flödesmätare, temperaturgivare och manometer.



## 4      UTVÄRDERING

### 4.1    Beräkningsmetod.

Till datainsamlingssystemet hör ett utskriftsprogram för ABC 80. Programmet utför även beräkningar. Ett exempel på utskrift av mätresultat redovisas i bilaga 4.

### Solinstrålning

Mätvärden redovisas i form av medelintensitet per timme och instrålad energi per timme och dygn. Timmedelvärden för dagtid har jämförts med värden från SMHI:s automatstation på Frösön, som bl a mäter globalstrålning mot horisontell yta. Våra mätvärden ligger generellt mycket högre. Intensiteten mitt på dagen visar 100-200 W/m<sup>2</sup> högre värden. På natten indikerar mätaren en instrålning av 80-170 W/m<sup>2</sup> när SMHI anger 0 W/m<sup>2</sup>, vilket medför att dygnssummorna för instrålad energi blir för höga, 160-360 KWh/d för hela solväxlarytan.

Solinstrålningsvärdena har därför ej använts för några exakta beräkningar utan endast för en bedömning av solväxlarens funktion.

### Energi

Värmemängder från solväxlaren resp. varmvattenberedaren har beräknats varje minut utgående från flödesmätarnas pulser och aktuella temperaturdifferenser. Timmedelvärden och dygnssummor redovisas. På grund av tröghet i vattensystemet samt förskjutningar mellan värmeupptagning i solväxlaren och uttag i varmvattenberedaren, används ej enskilda timmedelvärden utan enbart dygnssummor vid beräkningarna.

## Elförbrukning

Elmätaren har registrerat kompressorernas strömförbrukning. I beräkningsprogrammet har tillägg gjorts för den elenergi till cirkulationspumparna, som nyttiggjorts i systemet. Kompressorerna har gått diskontinuerligt, vilket medfört ojämn elförbrukning. Därför har endast dygnssummor av förbrukningen använts i beräkningarna.

## Drifttid

Drifttiden för värmepumpen har enbart registrerats dygnsvis.

## Temperaturer

Medelvärden per timme och dygn har beräknats.

## Manuell utvärdering

Utgående från datorinsamlade värden har en manuell utvärdering gjorts av  
 - värmepumpens kapacitet i kap. 4.3  
 - enl. metod och underlag i bilaga 5  
 - solväxlarens funktion i kap. 4.4

Manuella avläsningar ligger till grund för sammanställning av utvunnen energi, drifttider och täckningsgrader enligt kap. 4.5 och bilaga 6.

## 4.2 Varmvattenförbrukning

Vid förprojekteringen uppskattades varmvattenförbrukningen till 200 l/patient och dygn eller totalt 12 m<sup>3</sup>/dygn. Då användes erfarenhetsvärden från liknande sjukhus som varit i drift några år, bl a sjukhusen i Svenstavik och Hammarstrand.

Mätningarna vid Krokoms sjukhus har visat att varmvattenförbrukningen är knappt 120 l per patient och dygn, eller 60% av uppskattat värde. Förbrukningen under maxtimmen, som infaller kring kl. 08 på morgonen, är 1,2 m<sup>3</sup>/h d v s 20% högre än uppskattat värde. Se tabell 1.

Varmvattenmängder	
Maxtimme	1,2 m <sup>3</sup> /h
Medeldygn	6,9 m <sup>3</sup> /d
Normal arbetsdag	7-8 m <sup>3</sup> /d
Normal helgdag	5-6 m <sup>3</sup> /d
Effektbehov för uppvärmning till +55°C	
Maxtimme	70 kW
Medel (10 h/d)	37 kW
Energiförbrukning ca 400 kWh/dygn	

Tabell 1 Varmvattenförbrukning - uppmätta värden på Krokoms sjukhus januari till maj 1984.

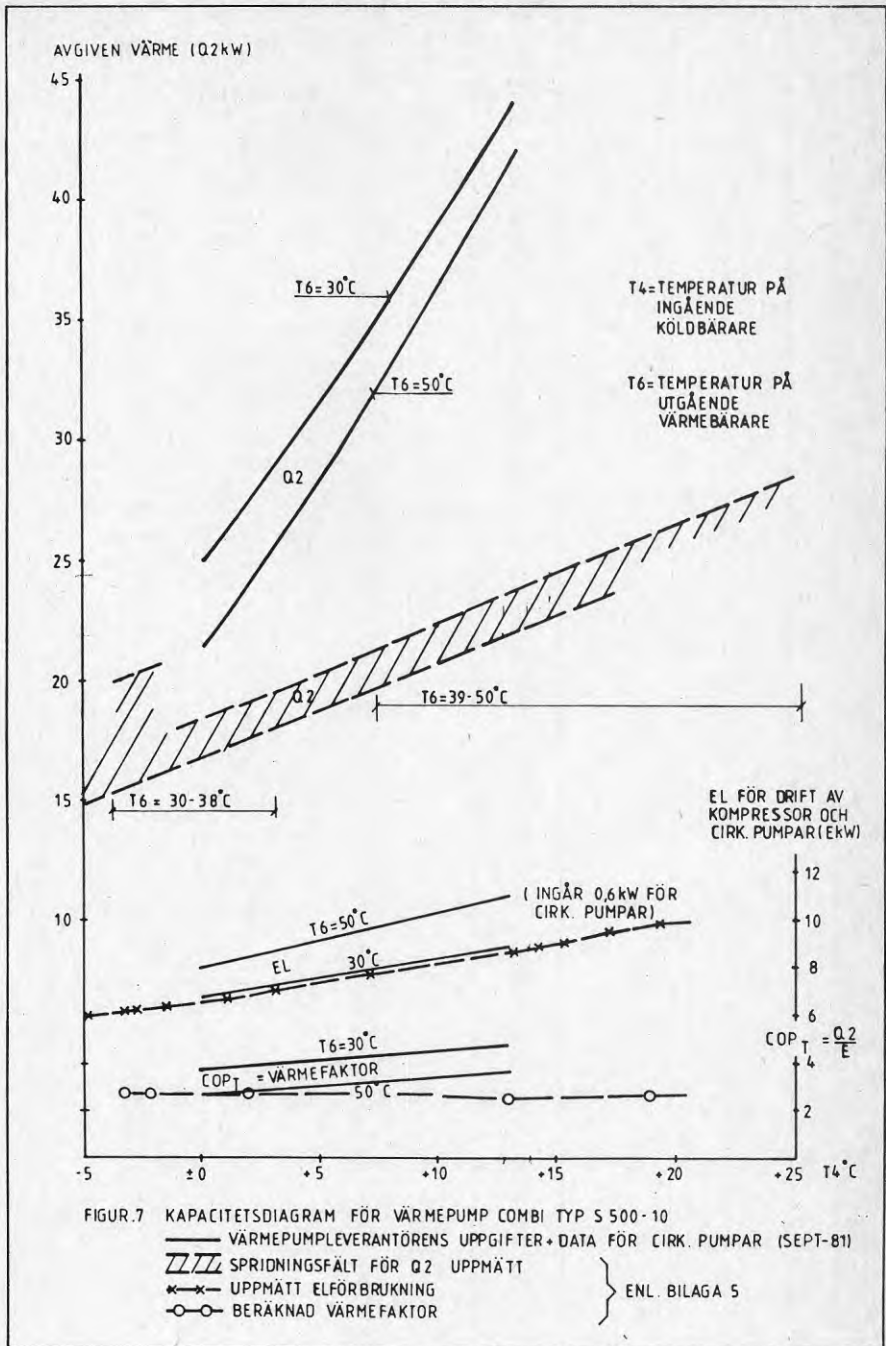
Energiförbrukningen för varmvattenberedning uppskattades tidigare till cirka 258.000 kWh/år. Mätningarna indikerar att energiförbrukningen bara kommer att uppgå till cirka 140.000 kWh/år.

#### 4.3 Värmepumpens kapacitet

Värmepumpen dimensionerades för att täcka 50% av effektbehovet för tappvarmvatten under maxtimmen. Mätningarna visar att täckningsgraden har varit mycket lägre.

	Uppmätt	Dimensionerat
Effektbehov	70 kW	58 kW
Avgiven effekt från värmepumpen ca 19 kW (vid T <sub>4</sub> =+5 och T <sub>6</sub> = +50°C)		28 kW
Behovstäckning för värmepumpen ca	30%	50 %

Effektbehovet har ökat, men framför allt är värmepumpens kapacitet betydligt lägre (figur 7) än vad som angivits i leverantörens datablad. Med ökande köldbärartemp, T<sub>4</sub>, har avgiven effekt Q<sub>2</sub> ökat enligt mätningarna men betydligt mindre än vad som förväntades vid dimensioneringen. Avgiven effekt har varit bara ca 70% av dimensionerat värde vid T<sub>4</sub> = +0°C och ca 50% av dim. värde vid T<sub>4</sub> = 130



Normalt minskar avgiven effekt (Q2) vid ökande temperatur på värmebäraren (T6). Mätningarna har inte generellt kunnat visa på något sådant entydigt förhållande, ty T6 har ökat i takt med ökande temperatur på ingående köldbärare (T4). Under vårvintern har T6 legat på 30-38°C och ökat till 39-50°C under juni. Vid temp. på T4 lägre än -2°C har flera mätningar gjorts vid konstant värde på T4. Då har Q2 helt normalt minskat i takt med ökande värde på T6.

Temperaturen in på värmepumpens kallasida (T4) har under vårvintern pendlat 5°C kring utelufttemperaturen (T1). Högsta temperaturen på T4 relativt T1 har uppmätts under soliga dagar. Under sommaren har medelvärdet på T4 legat över utelufttemperaturen upp till +21°C. Övre gränsen för ingående temperatur i värmepumpens förångare är just +21°C

Även elförbrukningen har varit lägre än leverantören angett. Skillnaden har dock varit så liten att det inverkat mycket lite på värmefaktorn, som enligt mätningarna varierat mellan 2,2 och 2,5. Leverantörens värden med tillägg för cirkulationspumpar pekade mot värmefaktorer mellan 2,7 och 4,5.

Det bör påpekas att de uppmätta värdena är dygnsmedelvärden som påverkas negativt av alla förluster i samband med start- och stopp vid diskontinuerlig drift. Leverantörens värden gäller däremot kontinuerlig drift i testbänk enligt datablad från september 1981. Senare utgivna datablad och tester hos Statens Provningsanstalt anger 5-10% lägre värden på avgiven effekt, vilket ändå är högre än uppmätta värden.



#### 4.4 Solväxlarens funktion

Solväxlaren har fungerat som en kombination av luftväxlare och solfångare. Egen-skaperna är svåra att särskilja. Vid låg solinstrålning under  $200 \text{ W/m}^2$  har solväxlaren huvudsakligen upptagit värme ur uteluften. Vid högre solinstrålning har solväxlaren huvudsakligen upptagit energi genom absorption av solinstrålningen.

För beräkning av solväxlarens verkningsgrad gäller i bägge fallen:

$$\eta = \eta_0 - k \cdot \frac{\Delta T}{I}$$

$\eta$  = verkningsgrad =  $Q_1/I$

$\eta_0$  = d:o när värmeförlusten är noll  
( $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ )

$Q_1$  = upptagen energi i värmepumpen  
( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{h}$ )

$I$  = solinstrålning ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{h}$ )

$\Delta T$  = temperaturdifferens mellan solväxlare ( $(T_2 + T_5)/2^\circ\text{C}$ ) och utelufttemperaturen ( $T_1^\circ\text{C}$ )

I figur 8 anges verkningsgraden som funktion av den normaliserade temperaturdifferensen ( $\Delta T/I$ ). Erhållna mätvärden är indelade i klasser med låg medel resp. hög solinstrålning. Med tanke på stora osäkerheter i mätvärdena anges bara spridningsfält i figuren. Ändå syns tydligt hur verkningsgraden minskar med ökande temperaturdifferens mellan solväxlaren och uteluften. Vid låg strålningsintensitet är temperaturdifferensen negativ, d v s solväxlarens temperatur understiger utelufttemperaturen och verkningsgraden når sitt maximum.

Vid förlustfria förhållande, då  $\Delta T = 0$  kan  $\eta_0$  uppgå till max 0,7. Verkningsgradskurvans lutning, d v s k-värdet ligger mellan 15 och  $40 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Detta skall jämföras med tester i SP:s mättrigg som för denna typ av solfångare gett  $\eta_0 = 0,86$  och  $K = 25,0 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . (ref. 5)

Att verkningsgraden är lägre i praktiken beror på följande orsaker:

Solfångarens absorptionsförmåga har minskat genom snett infallande sol, försmutsning och vattenbeläggning.

Uptagen energi har mätts på köldbäraren till värmepumpen (ej ut ur solväxlaren) och solväxlaren är starkt beroende av värmepumpens funktion. Värmeupptagningen blir låg vid korta gångtider per timme. Dessutom är värmepumpens kyleffekt otillfredsställande låg, vilket begränsar värmeuttaget ur solväxlaren även vid normal solinstrålning. Som ett exempel studerar vi förhållandena den 8/6 kl. 10-11:

$$T_1 = 11,6^{\circ}\text{C}$$

$$(T_2 + T_5) / 2 = 14,6^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 3,0^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 15,7^{\circ}\text{C}$$

$$I = 460 (-580) \text{ W/m}^2 \text{ (lägre värdet korri-} \\ \text{gerat för mätfel enl. kap. 4.1)}$$

$$A = 90 \text{ m}^2$$

$$\eta = 0,72 \text{ (enl. ref. 5)}$$

$$\eta_a = 0,6 \text{ (korri-} \\ \text{gerat för snett} \\ \text{solinfall)}$$

$$Q_{lt} = \eta_a \times I \times A = 31,3 \text{ kW}$$

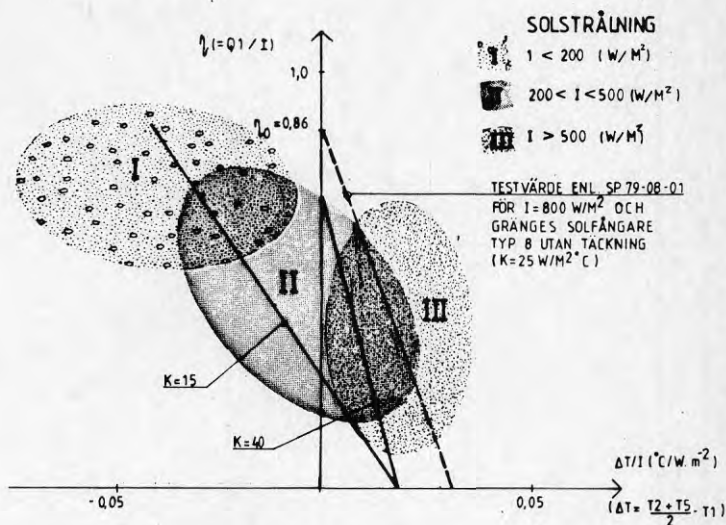
$$Q_{lm} = 17,8 \text{ kW}$$

Uppmätt kyleffekt ( $Q_{lm}$ ) blir bara drygt hälften av teoretiskt beräknat värde på insamlad solenergi ( $Q_{lt}$ ).

Den uppmätta verkningsgraden ( $Q_{lm}/I \times A$ ) blir 0,43 jämfört med korri-gerat värde a 0,6 enligt Provningsanstaltens test.

Uppmätta värden på solstrålningsintensiteten är för höga p g a mätfel (se kap.4.1) och att hänsyn ej tagits till skuggning, som minskar instrålad solenergi med 10-15% sett under hela mätperioden.

Allmänt kan dock sägas att insamlad energi till värmepumpen ökar proportionellt mot solinstrålningen.

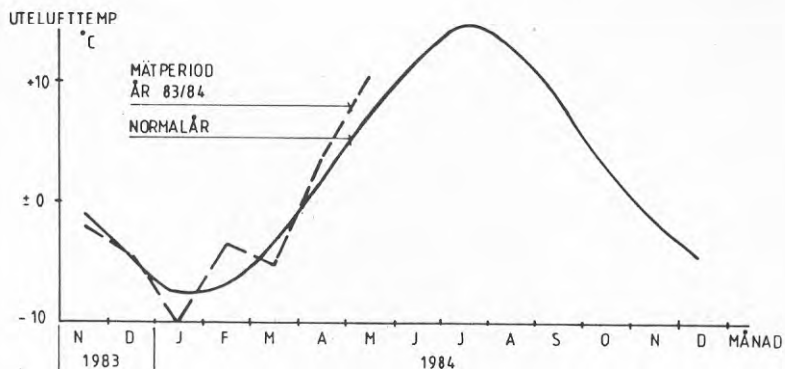
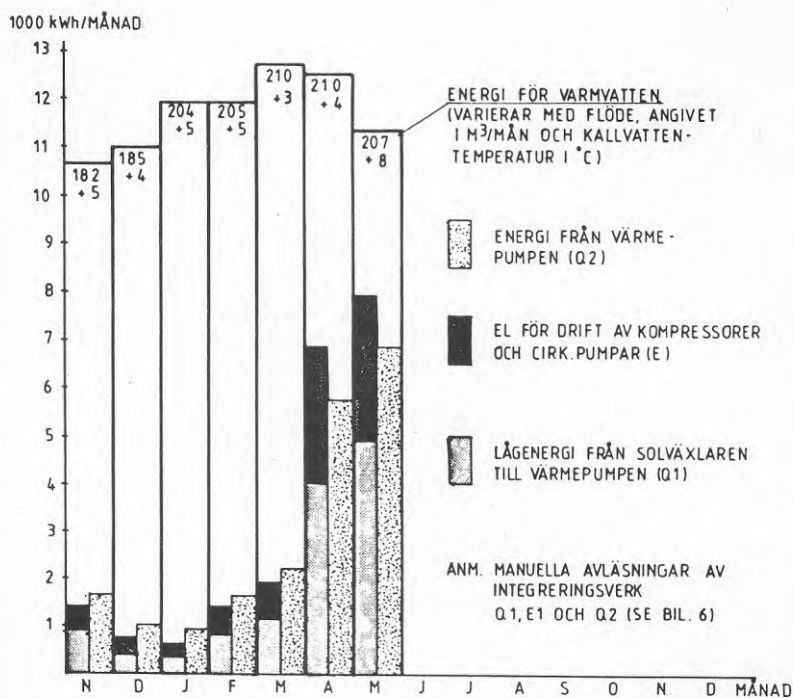


Figur 8. Solväxlarens verkningsgrad som funktion av övertemperaturen. Helragna linjer anger uppskattade verkningsgradskurvor enl. ekv (1) med  $K = 15$  alt  $40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

#### 4.5 Producerad energi

Värmepumpen har varit i drift vid utelufttemperaturer över  $-10^\circ\text{C}$ . Under vintermånaderna har den bara gått korta stunder. Vid utelufttemperaturer mellan  $-5$  och  $+5^\circ\text{C}$  har den normalt gått mer än 6 timmar per dag och täckt 10-40% av energibehovet för varmvatten.

Vid högre utelufttemperaturer har värmepumpen gått 8-10 timmar/dag och täckt 45-63% av varmvattenbehovet. Under mätperioden har den genomsnittliga drifttiden varit 5,6 timmar/dygn (figur 9) och täckningsgraden 24% (figur 10).



FIGUR 11. ENERGI TILL OCH FRÅN VÄRMEPUMPEN (ÖVRE DIAGRAMMET)  
PER MÅNAD I RELATION TILL VARMVATTEN-  
FÖRBRUKNING OCH UTELUFTEMPERATUR (UNDRE DIAGRAMMET)  
PÅ F4, FRÖSÖN (NOV. 83 TILL MAJ 84)

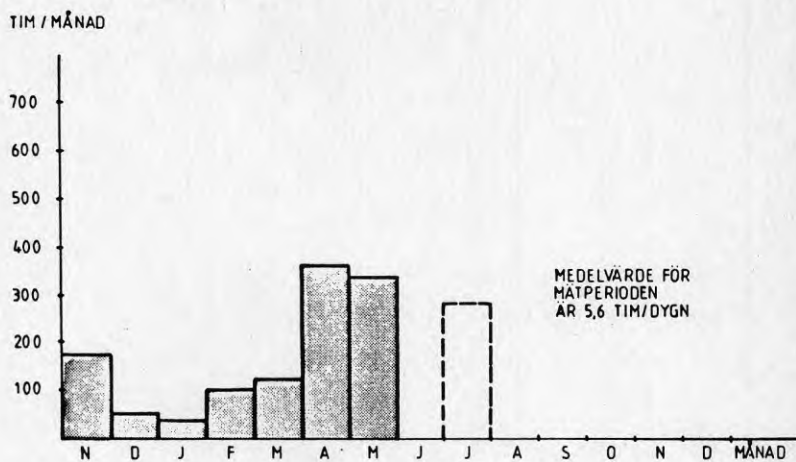


FIG. 9 VÄRMEPUMPENS DRIFTID PER MÅNAD  
VÄRDEN ENLIGT BILAGA 6.

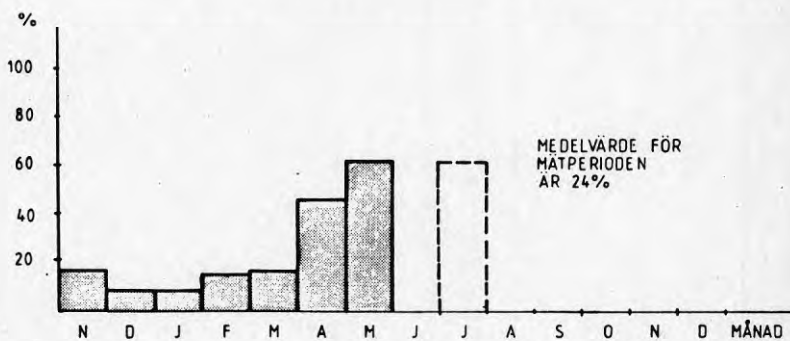


FIG 10 TÄCKNINGSGRAD AV VÄRMVATTENBEHOVET  
(AVGIVEN VÄRME (Q<sub>2</sub>) / BEHOV)  
VÄRDEN ENLIGT BILAGA 6

Av det totala energibehovet för varmvatten per månad a 12.000 kWh har enligt figur 11 värmepumpen under mätperioden producerat 1000-7000 kWh, därav har cirka 60% erhållits från solväxlaren. Detta motsvarar 15% av totala energibehovet under mätperioden. Resten har utgjorts av 10% el och 75% fjärrvärme. Värmefaktorn har i medeltal under mätperioden varit 2,4 (bilaga 6).

Energiproduktionen från solväxlaren och därmed även från värmepumpen har ökat tydligt med ökande utelufttemperatur. Språnget i energiproduktion från mars till april beror på att solväxlaren skottades fri från snö den 21 mars.

Manuella avläsningar av värmemängds- och drifttidsmätare har gjorts även under juli. Resultaten blir ungefär desamma som för maj månad trots högre utelufttemperatur i juli.

## 5. ENERGISPARPOTENTIAL

## 5.1 Energimängder

Uppmätt

Utgående från uppmätta värden under 7 månader kan framtida förhållande uppskattas för ett helt år:

Årlig varmvattenförbrukning 2500 m<sup>3</sup>/år

Energibehov för varmvatten (7-55°C)  
140.000 kWh/år

Avgiven energi från värmepumpen:

Dec, jan och februari	4000 kWh
Mars	2200 "
April	5500 "
Maj	6900 "
Juni	6900 "
Juli	6900 "
Augusti	6900 "
September	6200 "
Oktober	5200 "
November	2600 "

---

Hela året 53300 "

Värmepumpen täcker då 38% av energibehovet för varmvatten. Vid en årsvärmeffaktor (COP) a 2,5 blir elförbrukningen 21300 kWh/år och "gratisenergin" upptagen av solväxlaren blir 32000 kWh/år.

Nyttiggjord solenergi per m<sup>2</sup> solväxlareyta blir då 355 kWh/m<sup>2</sup>.

Projekterat

Vid projekteringen uppskattades att energimängderna skulle bli avgjort högre.

Avgiven energi från värmepumpen 96.600 kWh/år

Uppoffrad elenergi (COP=2,5) 38.500 "

---

Nyttiggjord solenergi, totalt 58.100 kWh/år eller 640 kWh per m<sup>2</sup> solväxlare

## 5.2 Energisparkostnad

Vid en investering av 248.000,- för den kompletta anläggningen med solväxlare, värmepump, beredare m m blir den specifika investeringen 7,8 kr/kWh inbesparad energi (= nyttiggjord solenergi). Detta är mycket dyrare än tidigare uppskattat värde a 3 kr/kWh.

Värdet på den inbesparade energin enl. mätningarna uppgår till:

Inbesparad fjärrvärme  
 $53.300 \text{ kWh} \times 0,29 \text{ kr/kWh} = 15.400 \text{ kr}$

Uppoffrad elenergi  
 $21.300 \text{ kWh} \times 0,253 \text{ kr/kWh} = -5.400 \text{ kr}$

---

Nettobesparing 10.000 kr

Med en realränta a 6%, amorteringstid 15 år och underhållskostnader a ca 2% blir den totala annuiteten 12,3%. Nettobesparingen kan då försvara en investering a 80.000 kronor, d v s den gjorda investeringen är klart olönsam.

Det är möjligt att uppskattningen av avgiven energi från värmepumpen är i underkant med tanke på att värmepumpens kapacitet har varit onormalt låg. Mängden inbesparad energi kan bli 20-30% högre. Trots detta blir investeringen olönsam.

I förprojekteringen räknades med att mängden inbesparad energi netto skulle bli 58.100 kWh/år, vilket med dagens priser skulle ge en nettobesparing av 18.300 kr/år. Detta skulle motsvara en acceptabel investering a ca 148.000 kr. För att komma ner till denna kostnadsnivå, måste investeringskostnaderna pressas med 40%.



## 6 SLUTSATSER

Installationen av solväxlare, värmepump, rör- och styrsystem fram till intrimning borde ha utförts som en generalentreprenad alternativt totalentreprenad för att undvika glapp mellan entreprenaderna och för att få smidigare montage och intrimning och därmed tidigare driftstart.

Sedan intrimningen av anläggningen väl var avslutad, har solväxlaren fungerat i stort sett problemfritt. Snön har dock blivit kvar onödigt länge på taket, då den fastnat på den upphöjda täckplåten över fördelningsledningarna i solväxlarens underkant.

Täckplåten kan även brytas upp av smältvatten, som fryser och expanderar. Upphöjningen kan undvikas genom att förlägga både samlings- och fördelningsledningar i överkant av solväxlarelementen med avtappningsmöjligheter i underkant. Alternativt kan fördelningsledningarna läggas under takfoten med flera takgenomföringar som följd. I vilket fall bör manuella avluftare monteras i högsta punkten på varje paket av solväxlarelement.

Värmepumpen har gått funktionsenligt med smärre driftstörningar p g a köldmedieläckage vid rör- och ventilanslutningar, vilket resulterat i 2 besök av kylmontör under mätperiodens 8 månader.

Värmepumpens kapacitet är lägre än vad som utlovades i offerten, vilket har resulterat i dåligt utnyttjande av tillgänglig energi. Värmepumpens låga kyl-effekt har begränsat det möjliga värmeuttaget ur solväxlaren.

Täckningsgraden av varmvattenbehovet har därmed blivit lägre än beräknat.

Värmepumpsleverantören har beretts tillfälle att göra en kontrollmätning av värmepumpens kapacitet efter mätperiodens slut. Mätningarna verifierar våra mätvärden och visar att värmepumpens kapacitet är lägre än normalt (Bil. 7) Leverantören begär att köldbärarflödet

skall ökas till avsett värde. Därefter skall leverantören justera värmepumpen så att rätt effekt erhålles.

Hade värmepumpen kunnat avge avsedd effekt 30-35 kW sommartid (jämfört med uppmätt 20-22 kW) hade värmepumpen kunnat täcka varmvattenbehovet till 90%. Att den ej kan stå för hela behovet beror på att utgående temperatur från värmepumpen är begränsad. Därmed blir tappvattnet ej varmare än +50°C. Fjärrvärmväxlaren står för slutvärmningen till +55°C på utgående varmvatten.

Under vintern nedsättes värmepumpens kapacitet av den låga inkommande temperaturen på köldbäraren från solväxlaren. Driftsförhållandena kan förbättras om värmekällan kompletteras med ett lager för dygnsutjämning eller en kollektor för grundvattenvärme. Bägge alternativen är tekniskt möjliga, men någon närmare utredning har ej gjorts. Som bäst skulle täckningsgraden kunna höjas till 75%, d v s nettobesparingen skulle öka med 10.000 till 20.000 kr/år. I en realkalkyl försvarar det en merinvestering av 80.000,-, vilket är en rimlig kostnad för en komplett grundvattenkollektor om den kan utföras i direkt anslutning till sjukhuset. Kompletteringen förbättrar bara marginellt anläggningens dåliga lönsamhet. Den raka pay-off-tiden sänkes från 24 till 16 år.

## REFERENSER

1. Bengt Brandeker, Solvärt tappvatten -8  
Resultat från en anläggning i Fagersta,  
KTH-Uppvärmning och ventilation, A4-  
serien nr 88
2. Stefan Olsson, SUN-CLAY-Resultat av ett  
års drift vid Lindälvsskolan, Kungsbacka,  
1982-06-07 (Bengt Dahlgren AB, Göteborg)
3. Thore Abrahamsson m fl, Skövdebadet.  
Solvärmepumpanläggning - utvärdering  
R86:1983 (Statens Råd för Byggnadsforsk-  
ning)
4. Gösta Eléhn, Solvärt tappvatten  
för Krokoms sjukhus. Förprojektering  
R134:1981 (Statens Råd för Byggnadsforsk-  
ning).
5. Statens Provningsanstalt: Mätning av  
verkningsgrad och förluster enligt  
SP-C12-301. Gränges Aluminiums Solfångare  
Typ 8. 1979-08-01



## BILAGA 1

Krokoms sjukhus  
Solvärmeanläggning

Tekniska data

## 1 Solväxlare

Typ: "Sun-Strips" av Gränges fabrikat -  
ej täckta absorbatörer av bockad  
aluminium med invalsade kopparrör.  
Stripsen är nitade vid profilerad  
lackerad aluminiumplåt  
(B = 1,0 m, L = 6,5 m)

Yta: 90 m<sup>2</sup>.

Placering: På södervänd takyta i lutning  
23°. Solväxlaren ersätter  
ordinarie takplåt.

Rördragning: 2x55 m kopparrör ansl. 54  
mellan vind och VS-apparatrum  
i källare.

Köldbärare: propylenglykol 50% +  
vatten 50%  
flöde 3,5-4,5 m<sup>3</sup>/h.

## 2. Värmepump

Typ: Ahlsell Combi S 500-10 bestående av  
2 parallellkopplade moduler med hel-  
hermetiska kompressorer.

Avgiven effekt l/: 28 kW vid +50C på  
ingående köldbärare och  
50C på utgående  
värmebärare. Se f ö  
kapacitetsdiagram, fig 7

Eleffekt l/, nominellt:	7,4 kW	7,8 A
max	: 9,3 kW	15 A

Förångare och kondensor: koaxialtyp

Värmebärare: Värmevatten max 55°C  
flöde 4-5 m<sup>3</sup>/h

anm. l/ enligt offert från Ahlsell VVS  
1982-02-09

## BILAGA 1:2

Säkerhetsutrustning med pressostater och termostater i varje modul inställda på:

lågtryck, GP1 1,5 kg/cm<sup>2</sup> (-25°C)

högtryck, GP2 25 -"- (+68°C)

frys skydd, GT6 -12°C

### 3 Varmvattenberedare

Typ av beredare: Enkelmantlad typ AGA-CTC  
17 DS-500 á500 l

Typ av värmväxlare: Stående rörväxlare  
typ AGA-CTC  
SKR-42-1,5-VS

Dimensionerande effekt: 42 kW

Tappvarmvattenflöde: 1,8 m<sup>3</sup>/h

temp: +50°C (konstant  
börvärde).

### 4 Styr- och reglersystem

Anläggningen styrs och regleras via ett separat apparatskåp. Systemets uppbyggnad framgår av flödesschema i figur 2,

Värmepumpsmodulerna styrs med avseende på temperaturen på utgående varmvatten från beredare (GT4). Modulerna startar efter varandra fördröjda via ett tidrelä. Cirkulationspumparna P1 och P2 startar och stoppar parallellt med kompressorerna via tidrelä.

Värmepumpen tillåts vara i drift när temperaturen på köldbärarna från solväxlaren (GT2) överstiger -9°C och temperaturen på utgående värmebärare (GT3) understiger +55°C.

En trevägs styrventil (SV-SOL) reglerar så att ingående köldbärartemperatur (GT1) ej överstiger +21°C. När värmepumpen ej är i drift, är ventilen stängd mot solväxlaren.







Krokoms sjukhus  
Solvärmeanläggning

Bilaga 3

Mätutrustning

1 Värmemängdsmätare

Flödesmätare:

Svensk Värmemängdsmätning torrlöpande  
kallvattenmätare SMV-433 ansl. 040  
Flöde 1-10 m<sup>3</sup>/h  
Mätnoggrannhet +/-2%  
Pulsutgång till integreringsverk och  
mät dator: 25 l/h

Integreringsverk:

SVME 62 med digitala räkneverk för  
manuell avläsning av energi och flöden.  
Mätnoggrannhet: +/- 0,3% av börvärdet för  
temperaturdifferensen plus upplösning  
+/-0,02°C

Temperaturgivare:

Motståndstermometrar, Ni-100 i dykrör.

2. Drifftidsmätare

Mätaren i värmepumpens apparatskåp av-  
läses manuellt men ger även 1 puls per  
minut till mät datorn.

3. Elmätare

Konventionell mätare av typ Ermi, klass  
2 kompletterad med pulsutgång 2 kWh/  
puls till dator.  
Digitalt räkneverk med upplösningen  
0,1 kWh.

4. Solstrålningsmätare

Solcell, typ Haenni SOLAR 130, levererad  
av instrumentfirman INOR AB, Malmö.  
Analog utgång till mät dator:  
100 mV per 1000 W/m<sup>2</sup>.  
Temperaturberoende -15+50°C: 1,8%  
Spektralrespons : 0,4...1,0 μm  
Cosinusavvikelse : +/-0,015

5 Temperaturgivare

I mät datorsystemet ingår anliggnings-  
och lufttemperaturgivare EE 590 för  
-50°C till +100°C med mät-  
noggrannheten +/-0,2°C.

## 6 Mätatorsystem

För anslutning till mikrodator ABC 80 har Elbeco-Electronic HB, Storvreta utvecklat ett datainsamlingssystem bestående av

- mätcentral ABC 80 med 32 analoga ingångar (+/- 10 volt/100°C)
- 4 pulsräknande ingångar (max 0,25 Hz)
- 3 tidsräknande ingångar (minuter)
- 1 statuskännande ingång (till-från)
- 1 strömförsörjning, +/-15 volt för yttre givaranpassning
- datainsamlingsprogram, GRAPINL.V31
- mättestprogram

### Presentation av datainsamlingsprogram

Under datainsamlingen ges fortlöpande information på bildskärmen:

#### Kalendarium

- veckonummer (lika med datafilidentitet)
- veckodag
- datum
- realtid (timme och minut)
- sekundmarkering
- nästa datalagringstidpunkt för beräknade timmedelvärden och summa pulser. (D-tid)

#### Statusfält

- nummer på den kanal där mätningar genomförts
- data vid senaste mättillfället för aktuella mätpunkter.

## BILAGA 3:3

Datainsamlingsprogrammets funktion

- Kalendarium Fullständig kalenderautomatik vilken lagras på datafilen vid datalagring
- Datainsamling analogt Styr och genomför datainläsning av samtliga analoga kanaler för temperaturer T1-T9 och solinstrålning, I. Vid D-tid beräknas tim-medelvärde vilket lagras i datainsamlingssektorn.
- Datainsamling digital Pulsmätning på kanal P1-P3 (summa pulser/timme) för flöden M1,M2 och E1
- Datainsamling digital Till-från mätning på kanal P8 (status lagras vid D-tid) för drifttid, D1
- Beräkning av QPRIM1 Beräkning av QPRIM1 =  $P1*(T4-T5)$  utan hänsyn till sorter eller storhet.
- Beräkning av QPRIM2 Beräkning av QPRIM2 =  $P2*(T8-T9)$  utan hänsyn till sorter eller storhet.

QPRIM1 samt QPRIM2 beräknas varje minut och summeras. Totalsumman per timme lagras där efter under D-tid. (Beräkning av energimängder Q1 och Q2 utföres i utskriftsprogrammet.

## BILAGA 3:4

Mätnoggrannhet, uppskattad

Solinstrålning, I : +/-10-20%

Energi Q1 och Q2 manuellt: +/-8%  
databeräknat: +/-15%

Elförbrukning, El manuellt : max +5%  
databeräknat: max +15%

Drifttid, Q1: +0,1h

Temperatur, T1-T9: +0,5°C.

\*\*\*\*\* GRAPENFELT INSTALLATIONSKONSULT AB \*\*\*\*\*

==== VARIABLER I UTSKRIFTSPROGRAM ====

DATAFILE (VECKA)	12
CP-GLYKOL (KWh/M3*C)	1
M1 (Liter/puls)	100
M2 (Liter/puls)	100
EL (KWh/puls)	2
TIDM. (1=SLUTEN 0=GPPEN)	1
SOLFANGARYTA KVM	90
EFFEKT- PUMPAR (KW)	.6

KROKOM SJUKHUS SOLVÄRME-UTVÄRDERING  
VERKNINGSGRADER VECKA 12

DATUM	*	T1	*	I <sup>1/</sup>	*	Q1	*	Q2	*	E	*	SOL <sup>2/</sup>	*	KVP	*	TIM	*	DAG
19		-10.6		734.4		17.16		31.88		6.76		.02		4.71		1.26		1
20		-8.66		597.6		14.23		22.28		6.68		.02		3.33		1.13		2
21		-1.2		476.1		120.72		121.52		62.15		.25		1.95		10.25		3
22		-1.84		483.3		139.17		193.8		69		.28		2.8		11.66		4
23		-8.91		666		37.26		52.02		15.54		.05		3.34		2.56		5
24		-7.96		727.2		65.59		76.05		30.65		.09		2.48		4.41		6
25		-7.23		586.8		76.57		93.83		37.44		.13		2.5		5.73		7
SUMMA:				4271.4		470.7		591.38		228.22						37		

1/ Ej relevanta värden, se kap 4.1

2/  $\emptyset$  SOL = Q1/I. Ej relevanta värden på I

KROKOM SJUKHUS SOLVÄRME-UTVÄRDERING  
ENERGIMÄNGDER DATUM: 19 - 3

BILAGA 4.2

TIMME *	SOLINSTRÅLNING I 1 /		* --- ENERGI --- *		ELFÖRBRÄNNING *
	Wh/M2*H	KWh	SOLVXX Q1KWh	VBB Q2KWh	VP ELKWh
1:00	160	14,4	0	0	0
2:00	170	15,3	0	1,13	0
3:00	170	15,3	0	0	0
4:00	170	15,3	0	1,41	0
5:00	170	15,3	0	0	0
6:00	170	15,3	0	1,31	0
7:00	190	17,1	0	2,45	0
8:00	260	23,4	0	3,77	0
9:00	450	40,5	0	2,68	0
10:00	670	60,3	0	,61	0
11:00	780	70,2	0	,13	0
12:00	840	75,6	0	,09	0
13:00	830	74,7	0	,08	0
14:00	760	68,4	6,33	3,15	2,24
15:00	640	57,6	3,59	4,41	2,17
16:00	390	35,1	0	2,46	0
17:00	200	18	0	1,29	0
18:00	180	16,2	0	,01	0
19:00	160	14,4	7,24	2,95	2,35
20:00	160	14,4	0	1,95	0
21:00	160	14,4	0	1,51	0
22:00	160	14,4	0	,43	0
23:00	160	14,4	0	0	0
24:00	160	14,4	0	,06	0
		734,4	17,16	31,88	6,76

1/ Ej relevanta värden, se kap 4.1

* TIMMA	TIMMEDELVÄRDEN grader C *								T9
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1:00	-14	-7,1		12,9	13,5	25,2	23,5	23	15,5
2:00	-14,9	-6,3		17,3	18,3	24,8	23,5	22,3	13,7
3:00	-15,8	-5,8		20,7	21,4	24,6	23	21,3	11,2
4:00	-16,4	-5,5		23,1	23,4	24,9	22,4	20,1	8,8
5:00	-17,3	-5,3		24,9	24,9	24,5	20,9	19,1	8
6:00	-17,9	-5,2		26,2	26	24,2	20,1	18,7	8,5
7:00	-18,3	-5,3		27,2	27	24,2	18,6	16,7	5,9
8:00	-16,8	-5,3		28	27,7	22,6	13,4	10,6	3,5
9:00	-15	-5,4		28,6	28,1	19,6	8,1	5,1	2,8
10:00	-12,8	-5,4		28,9	28,3	17,7	6,9	3,7	2,9
11:00	-9,9	-5,4		29	28,2	16,5	6,4	2,9	2,8
12:00	-7,2	-5,2		29,1	28,3	16,4	6,4	3,2	3,1
13:00	-5	-4,9		29,1	28,2	16,1	6,3	3,1	3
14:00	-3,1	-3,4		9,1	6,5	11,9	7,8	5,9	2,8
15:00	-1,9	-9		-4,6	-7,6	18,4	15,5	12,5	3,1
16:00	-1,5	-7,7		4,8	4,1	17	11,9	7,5	3,1
17:00	-1,7	-6,1		11	10,7	15,1	8,9	3,6	2,7
18:00	-4	-4,8		15,3	15,4	15,3	6,6	4,2	4,4
19:00	-6,7	-7,5		-3,2	-6,9	19,6	16	12,5	4,1
20:00	-8,4	-8,5		1,7	,7	21,3	16	12,8	4,2
21:00	-9,9	-7		9,5	9,2	19,1	12,9	10	4,3
22:00	-11,2	-5,8		14,8	15,3	19,2	11,4	9,7	6
23:00	-11,8	-4,9		18,5	19,1	18,6	11,8	10,3	7,9
24:00	-12,8	-4,4		21	21,4	18,4	12,5	11	10
	-10,6	-5,9	0	17,6	17,1	19,8	13,7	11,2	5,9

## BILAGA 5

Uppmätta kapaciteter för värmepumpen som funktion av in- och utgående temperaturer under 25 dygn i februari, mars och juni 1984

Värdena har beräknats manuellt utgående från datorinsamlade värden, som jämförts med de manuella avläsningarna. Vid stora avvikelser har värdena ej medtagits i beräkningarna. Endast dygn med drifttid mer än 2 timmar har medtagits.

Medelvärden på temperaturer har beräknats under värmepumpens drifttid utgående från datorutskriften.

Utgör underlag för figur 7.

Datum	D1 h/d	T1 °C	T4 °C	Q1 KW	E KW	Q2 KW	COP <sub>T</sub> Q2/E	T6 °C	Anm.
15-19/2	2,2	-5	-2	12,2	5,9	18,3		24	Beaktas ej
25-26/2	4,8	±0	-2	10,7	6,3	(13,6)		30	
27-29/2	4,5	-1	-3	10,5	6,4	15,4		30	
15-29/2	3,2	-	-2	11,4	6,2	16,9	2,7	Ca 28	Medel för 8 dygn
9/3	2,5	-1	-3	11,7	6,2	19,8	3,2	18	Beaktas ej
21/3	10,3	-1	-5	11,8	6,1	(11,9)	-	36	
22/3	11,7	-1	-5	11,9	5,9	16,6		34	
23/3	2,6	-5	-3	14,6	6,1	20,3		27	
24/3	4,4	-3	-1	14,9	7,0	17,2		38	
25/3	5,7	-5	-3	13,4	6,5	16,4		38	
21-25/3	6,9	-	ca -3	13,8	6,3	17,6	2,8	ca 31	Medel för 4 dygn
26/3	9,4	-3	+3	(17,1)	7,0	19,1		34	
27/3	10,3	-3	+1	(15,1)	6,6	17,7		33	
28/3	6,1	-3	+7	(18,8)	7,9	22,8		41	
29/3	6,9	-2	-3	(14,1)	6,1	16,5		30	
26-29/3		-	ca +2	(16,3)	6,9	19,0	2,8	ca 35	Medel för 4 dygn
5/6	7,5	20	26	(13,6)	9,9	28,7		49	Mätt 15 timmar
6/6	10,4	20	19	(8,6)	9,8	26,1		50	
8/6	9,4	11	17	14,4	9,5	25,0		48	
9/6	8,9	10	15	15,9	9,0	22,7		49	
5-9/6	-	-	ca 19	(13,1)	9,6	25,6	2,7	49	Medel för 4 dygn
11/6	10,2	10	14	14,4	8,8	22,1		49	
12/6	11,2	13	13	(19,6)	8,6	22,5		39	
11-12/6	-	-	ca 13	(17,0)	8,7	22,3	2,6	44	

Energimängder producerade av värmepumpen och täckningsgrad av varmvattenförbrukningen per månad under tiden november 1983 till maj 1984 (underlag till figur 10) Beräkningarna baseras på manuella avläsningar. Månadsmedelvärden för utelufttemperaturen gäller F4, Frösön enligt uppgift från metereologen på F4. Beteckningar se figur 6.

Månad	T1	T9	D1	Q1	E	Q2	M2	Värme- faktor	Varmvatten- förbrukning	Q2/behov
	per månad							COP <sub>T</sub>	Behov (55°C)	Q2/behov
	°C	°C	tim	KWh	KWh	KWh	m <sup>3</sup>	Q2/E	KWh	%
nov	-2.1	+5	173	797	630	1656	182	2.6	10600	16
dec	-4.3	+4	53	426	319	1018	185	(3.2) <sup>2</sup>	11000	9
jan	-10,8	+5	42	346	253	931	204	(3.7) <sup>2</sup>	11900	8
febr	-3.6	+5	99	780	596	1612	205	2.7	11900	14
mars	-5.6	+3	123	1143	762	2163	210	2.8	12700	17
april	+3.8	+4	362	4033	2748	5722	210	2.1	12500	46
maj	+10.4	+8	335	4895	2961	6926	207	2.3	11300	61
Summa	-	-	1187	12420	8269	20028	1403	-	81900	-
medel per dag			5.6	58.6	39.0	94.5	6.6 <sup>1/</sup>	-	386	-
medel - mätperiod			-	-	-	-	-	2.4		24
	1/ Medelvärde för perioden januari-maj 1984									
	2/ Ej relevanta värden p g a korta driftstider relativt tider för värmeuttaget									



## BILAGA 7:1

Värmepumpleverantörens kontrollmätning

Ahlsell Värmeekonomi, som levererat värmepumpen fick efter mätperiodens slut tillfälle att göra en kontrollmätning av värmepumpens kapacitet. Företagets servicechef Per Jenssen utförde mätningarna 20-21 augusti 1984 med hjälp av företagets mätutrustning (nykalibrerad enligt uppgift) Enligt upprättade servicereporter uppgår värmeeffekten för 2 moduler tillsammans till 25-28 kW vid värmebärartemperatur fram +30-50°C och köldbärartemperatur in +13-17°C. Tillförd eleffekt uppgår till 7,5-8,4 kW. Vid samma temperaturer utlovar bifogat kapacitetsdiagram 134 14-19 kW högre angiven värmeeffekt och K4-0 0,8-1,3 kW högre tillförd eleffekt.

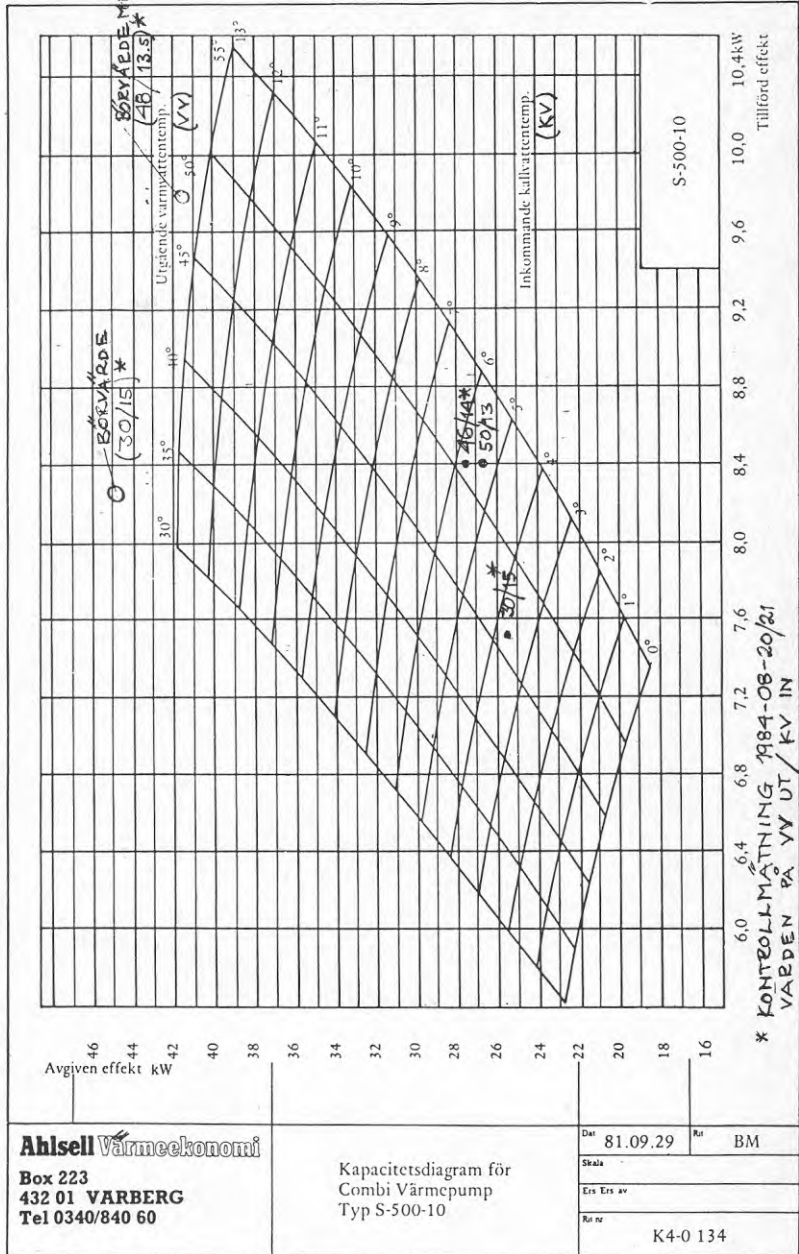
I brev av 1984-10-18 säger Ahlsell VVS att uppmätta värden understiger normala värden för Combi S-500-5 och att brineflödet (köldbärare) måste ökas till nominellt flöde (5 m<sup>3</sup>/h enl. offert 1982-02-09). Därefter skall Ahlsell justera värmepumparna så att rätt effekt erhålles.

Det har tidigare konstaterats att köldbärarflödet är lägre än avsett. I köldbärarpumpen har pump-hjulet bytts till största storleken för den aktuella pumpen, vilket skall räcka med förevarande ledningskaraktäristika. Flödet är dock fortfarande för lågt. Det kan bli bero på svårigheter att avlufta den översta delen av solväxlaren.

Jämförelse med tidigare mätningar

Kontrollmätningen redovisar momentana värden vid stationära förhållanden, medan "våra mätvärden" från vintern och våren 1984 avser dygnsmedelvärden under längre tids diskontinuerlig drift. Detta förklarar varför våra värden blir sämre än kontrollmätningens värden vid samma temperaturer. (värmebärare fram +30-50°C och köldbärare in +13-17°C)

	"Kontrollmätning"	"Våra värden"
Värmeeffekt kW	25-28	22-24
Eleffekt kW	7,5-8,4	9



\* KONTROLLMÄTNING 1984-08-20/21  
VARDEN PÅ VV UT / KV IN

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 811387-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Grapenfelt  
Installationskonsult AB, Östersund.**

**R25: 1985**

**ISBN 91-540-4319-0**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6705025**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirkapris: 30 kr exkl moms**