



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

R53:1979

A 149 (657)

**Solvärme som komplet-
ment till oljeeldad
värmecentral**

**Förstudie:
53 radhus i Göteborg**

Rune Buresten m fl

Byggforskningen

R53:1979

SOLVÄRME SOM KOMPLEMENT TILL
OLJEELDAD VÄRMECENTRAL

Förstudie: 53 radhus i Göteborg

Rune Buresten
Ingemar Gunnarsson
Andras Kasza
Mats Nörrfors

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780124-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till AB Göteborgshem i Göteborg

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTORINEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

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

R53:1979

ISBN 91-550-30307
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1979 953539

INNEHÅLL

BETECKNINGAR	5
1 SAMMANFATTNING	7
2 BAKGRUND OCH SYFTE	11
3 BEFINTLIG ANLÄGGNING	13
4 PRINCIPIELL FUNKTION OCH DIMENSIONERING	17
4.1 Allmänt	17
4.2 Solfångaryta - dimensionering	19
4.3 Ackumulatorvolym - dimensionering	22
4.4 Värmepump - dimensionering	22
5 TEKNISK UTFORMNING	25
5.1 Allmänt	25
5.2 Solfångarsystem	25
5.2.1 Kollektorer	25
5.2.2 Montage	26
5.2.3 Cirkulationssystem	28
5.2.4 Frysskyddsvätska	28
5.3 Solenergiackumulator - ackumulator nr 1	28
5.4 Värmepump	31
5.5 Övriga huvudkomponenter	32
5.5.1 Värmeväxlare 1	32
5.5.2 Värmeväxlare 2	33
5.5.3 Värmeväxlare 3	34
5.5.4 Tappvarmvattenackumulator - ackumulator nr 2	34
5.5.5 Pumpar	35
5.6 Funktion och reglersystem	35
5.6.1 Allmänt	35
5.6.2 Solfångarkrets - ackumulator	36
5.6.3 Ackumulator - VVX 2 och VVX 3	37
5.6.4 Solvärmesystem - befintlig anläggning	38
6 MÄTPROGRAM	41
6.1 Allmänt	41
6.2 Syfte	41
6.3 Energibalanser	41
6.4 Driftuppföljning	42
6.5 Övervakning	43
6.6 Summering	43
7 KOSTNADSKALKYL	47
7.1 Investeringskostnader	47
7.2 Bidragsmöjligheter	48
7.3 Preliminära energikostnader	48
7.4 Kostnadskonsekvenser	49
7.4.1 Investeringskostnad - återbetalningstid	49
7.4.2 Finansieringsexempel	49

8	PROGNOSE OCH SLUTSATSER	51
BILAGA 1	Ritning VS1 - Flödesschema	
BILAGA 2	Ritning VS2 - Situationsplan + detaljer	
BILAGA 3	Ritning VS3 - Plan och snitt	

BETECKNINGAR

I utredningen används följande beteckningar och förkortningar:

P	Effekt
S	Solenergi - solstrålning
Q	Vattenburen energi
E	Elenergi
F	Vätskeflöde
A	Area
V	Volym
I	Solintensitet
Cp	Värmekapacitet
t	Tid
T	Temperatur
ΔT	Temperaturdifferens
VVX	Värmeväxlare
VVB	Varmvattenberedare
P	Cirkulationspump
VP	Värmepump
FM	Flödesmätare
TM	Temperaturmätare
TG	Temperaturgivare
RC	Reglercentral
HR	Hjälprelä
RV	Reglerventil
EM	El-energimätare
SM	Solstrålningsmätare
RC	Reglercentral
HR	Hjälprelä
RV	Reglerventil

Förklaring av ytterligare använda beteckningar framgår av "Ritningsbeteckningar" i bilaga 1.

1 SAMMANFATTNING

Göteborgshem förvaltar för närvarande ca 40 000 lägenheter inom ett 100-tal bostadsområden. Ett energisparprogram har utarbetats inom Göteborgshem omfattande åtgärder framför allt på den installationstekniska sidan inklusive ombyggnad och modernisering av befintliga värmecentraler.

Som ett led i detta energisparprogram avser Göteborgshem att undersöka möjligheterna att vid befintliga värmecentraler utnyttja solvärme i första hand för tappvarmvattenberedning men även för uppvärmning av lägenheterna under stora delar av sommarhalvåret.

Oljeeldade värmecentraler arbetar under sommarhalvåret normalt med mycket låg verkningsgrad. Anledningen till detta är att värme endast erfordras för uppvärmning av förbrukningsvatten och eventuellt under kortare perioder för husuppvärmning. Effektbehovet är under denna tid allt för lågt i förhållande till den installerade panneffekten.

Utnyttjande av solvärme för tappvarmvattenberedning och eventuell uppvärmning under sommarhalvåret vid anläggningar med oljeeldade värmecentraler är därför intressant. Man har ju då den största soltillgången samtidigt som pannanläggningarnas verkningsgrad är som lägst.

Som försöksobjekt har valts en befintlig oljeeldad värmecentral på Tolvskillingsgatan i stadsdelen Högsbo, Göteborg.

Denna värmecentral är belägen i en separat pannrumsbyggnad och betjänar 53 st radhuslägenheter, placerade i 9 st byggnadskroppar. Området uppfördes år 1960 och husen är tvåplans radhus byggda i trä på en gemensam

betongplatta. I värmecentralen finns två gjutjärns-pannor med en total panneffekt av 700 kW.

Vid utformningen av den kompletterande solvärmeanläggningen har eftersträvat:

1. att kunna stänga av den befintliga pannanläggningen under så lång period som möjligt under sommarhalvåret
2. att utnyttja solenergin som basenergi under resten av året
3. att vid ombyggnaden göra så små ingrepp i den befintliga anläggningen som möjligt

Med hjälp av dataprogram för solvärmesystem har den under ett normalår erhållna solenergin beräknats med olika värden för solfångaryta, solfångarlutning och riktning samt temperaturnivå i systemet.

För att klara de på systemet ställda kraven valdes en solfångaryta av 400 m². Solfångarna är riktade mot söder och har en optimal lutning av 45°. Framför allt under höst och vår utnyttjar systemet låg temperatur, dvs utgående temperatur från solfångarna är ca 15°C. Solfångarna monteras på mark i nära anslutning till panncentralen.

Den erhållna solenergin ackumuleras i en isolerad vattentank med en volym av 40 m³. Ackumulatorn skall klara korttidslagring, dvs vid fulladdat tillstånd innehålla en energimängd för något eller några dygns förbrukning utan soltillgång.

För att solfångarna skall kunna arbeta med hög verkningsgrad bör låg temperaturnivå eftersträvas i solfångarna. För att denna lågtemperaturrenergi skall kunna ut-

nyttjas måste temperaturnivån höjas före användning. Detta åstadkommes av en värmepump mellan ackumulatören och energidistributionssystemet. Värmepumpen har vid normal drift en kondensoreffekt av ca 100 kW.

Solenergi levereras till de befintliga uppvärmnings- och varmvattensystemen via två värmeväxlare så att i första hand behovet av varmvatten tillgodoses. Vid brist på solenergi eller vid stort energibehov startas de befintliga pannorna för att täcka det överskjutande behovet.

Reglering av systemet klaras av ett antal separata regelsystem, som styr energiflödena så att den tillgängliga solenergin utnyttjas i största möjliga utsträckning.

De olika energikällornas prognostiserade andel i den producerade och förbrukade energin under ett normalår framgår av tabellen nedan.

	Totalt	Olja	Sol	El (VP)
Energiproduktion MWh/år	1 000 ^{x)}	561	348	91
% av total energiproduktion	100	56	35	9

x) Beräknad med den nuvarande oljeförbrukningen per normalår samt med en årsmedelverkningsgrad av 60 %

Den totala investeringskostnaden för den projekterade solvärmearläggningen är 782 000 kr. Detta räknat med prisnivån för december 1978. Den beräknade energibesparingen är 27 800 kr/år räknat i dagens energipriser.

Slutligen kan sägas:

1. Solvärmearläggningen minskar oljeförbrukningen med ca 44 % eller 70 m^3 ($= 0,44 \times 160 \text{ m}^3$).

2. Ca 35 % av den under året konsumerade energin kommer från solen.
3. Värmepumpen har en elförbrukning av 91 000 kWh/år, dvs ca 9 % av den totala energiproduktionen tillgodoses med elkraft.
4. Den relativt höga investeringskostnaden kan härledas till de långtgående kraven på solvärmeanläggningens kapacitet, nämligen att utöver effektbehovet för tappvarmvattenberedning under sommarmånaderna även kunna tillgodose effektbehovet för uppvärmning under tiden april - september.

Oljeeldade värmecentraler arbetar under sommarhalvåret normalt med mycket låg verkningsgrad. Anledningen till detta är att värme endast erfordras för uppvärmning av förbrukningsvatten och eventuellt under kortare perioder för husuppvärmning. Effektbehovet är under denna tid allt för lågt i förhållande till den installerade panneffekten.

Utnyttjande av solvärme för tappvarmvattenberedning under sommarhalvåret vid anläggningar med oljeeldade värmecentraler är därför intressant. Man har ju här den största soltillgången samtidigt som pannanläggningarnas verkningsgrad är som lägst.

Svenska forskningsresultat tyder på att sådana system kan bli lönsamma. Teoretiska studier har visat att man inom existerande tätbebyggelse genom sådana tillsatssystem skulle kunna försörja upp till 2/3 av lägenhetsbeståndet i flerfamiljshus.

Antalet lägenheter i flerfamiljshus utgör ca 1.9 milj. Ca 30% av dessa är anslutna till fjärrvärme och ca 3% uppvärms med el eller andra bränsleslag. Resterande del, 67% eller ca 1.2 milj lägenheter, får sin värme från mindre eller medelstora panncentraler utrustade för oljeeldning. Motsvarande antal flerfamiljshus utgör ca 77 000, varav ca 46 000 eller omkring 60% uppskattningsvis har egna panncentraler medan resten, ca 31 000 hus, är anslutna till ca 3 000 kvarters- eller områdescentraler.

Av landets ca 1.4 milj småhus uppvärms ca 275 000 via gemensamma värmecentraler. Antalet mindre och medelstora värmecentraler för villaområden utgör ca 9 000.

Med en genomsnittlig energiförbrukning för varmvattenberedning på 5 MWh per lägenhet erhålls en total energiförbrukning för varmvattenberedning i flerfamiljshus och småhus

anslutna till mindre och medelstora värmecentraler på ca 7.4 TWh per år. Om man antar att 2/3 av detta lägenhetsbestånd kan förses med solfångare för varmvattenberedning och att täckningsgraden är ca 50%, vidare att pannanläggningarnas verkningsgrad under sommarhalvåret genomsnittligt är 50%, skulle detta innebära en oljebesparing på ca 485 000 m³ per år.

I BFR:s programelement 05 (SOU 1977:59) har föreslagits FoU-insatser på detta område omfattande dels medel för detaljprojektering, dels stöd till utförande.

3 BEFINTLIG ANLÄGGNING

Den aktuella försöksanläggningen skall komplettera en befintlig oljeeldad värmecentral på Tolvskillingsgatan i stadsdelen Hösbo, Göteborg. Denna värmecentral är belägen i en separat pannrumsbyggnad och betjänar 53 st radhuslägenheter, placerade i 9 st byggnadskroppar enligt nedanstående situationsplan.

Fig 3 (s 14)

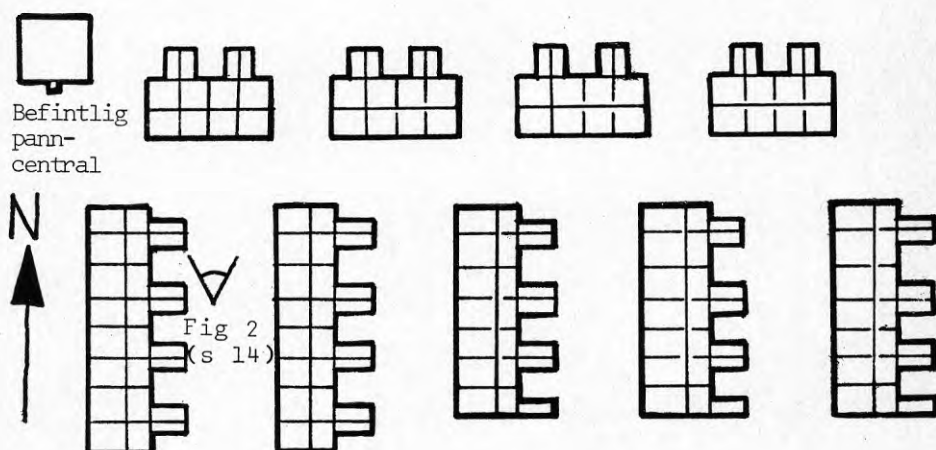


Fig 1 - Situationsplan utvisande Tolvskillingsgatans radhusområde i kv Fasadteglet med tillhörande värmecentral i skala 1:200

Området uppfördes år 1960. Husen är tvåplans radhus byggda i trä på en gemensam betongplatta. Varje lägenhet har en yta av ca 90 m^2 , dvs området omfattar en total lägenhetsyta av ca $4\,700 \text{ m}^2$. Radhusens utseende framgår av följande två fotografier.



Fig 2 - Radhus vid Tolvskillingsgatan sedda från söder (se vymarkering, fig 1)



Fig 3 - Radhus vid Tolvskillingsgatan sedda från nordost (se vymarkering, fig 1)

I värmecentralen finns två gjutjärnspannor av typ Norrahammar NH III med vardera 32 m^2 eldningsyta. Den totalt installerade panneffekten uppgår till ca 700 kW. Pannorna eldas med WRD-olja, som lagras i en oljetank i ett separat tankrum i anslutning till pannrummet.

Hetvattnet från pannorna används för att:

- förse husen med värme. Vattnet från pannorna distribueras via en automatiskt styrd pumpshuntgrupp och via ett kulvertsystem direkt ut i husens radiatorsystem utan mellanliggande undercentraler.
- bereda tappvarmvatten. Detta sker i en plattvärmväxlare av typ Zander & Ingeström, P2.
- varmhålla eldningsoljan.

Ovan nämnda funktioner framgår av flödesschema i bilaga 1.

Radhusens 2-rörs radiatorsystem inreglerades under vintern 1977/78 som ett led i AB Göteborgshems energisparprogram. Den nuvarande oljeförbrukningen för värmecentralen är ca 160 m^3 WRD-olja/normalår, vilket innebär en specifik oljeförbrukning av $33.7 \text{ l olja/m}^2\text{ly}$ och normalår.

4 PRINCIPIELL FUNKTION OCH DIMENSIONERING

4.1 Allmänt

Den kompletterande solvärmeanläggningen har utformats med hänsyn tagen till följande tre krav:

1. Den befintliga pannanläggningen, som speciellt under sommaren arbetar med låg verkningsgrad, skall kunna stängas av under så lång period som möjligt under sommarhalvåret.
2. Solanläggningen skall, förutom utnyttjandet under sommartid, även kunna leverera basenergi under resten av året, i mån av soltillgång, för att ytterligare minska oljeförbrukningen.
3. Solvärmets skall tillföras centralt så att de befintliga värme- och tappvarmvattendistributionssystemen kan utnyttjas. Strävan skall vara att göra så små ingrepp i det befintliga systemet som möjligt.

Energins väg genom det kombinerade sol- och oljesystemet för uppvärmning och tappvarmvattenberedning framgår av fig 4.

Den högra delen av energiflödesdiagrammet representerar de idag befintliga anläggningarna. Oljan omvandlas i pannorna till värmeenergi, som utnyttjas för uppvärmning och tappvarmvattenberedning.

Energiflödesdiagrammets vänstra del visar solenergens väg från solfångarna till det befintliga distributionssystemet. Solen tillför systemet energi via ett antal solfångare. Det i solfångarna uppvärmda vattnet transporterar energin vidare till en central ackumulator. Då soltillgång och energiförbrukning icke sammanfaller i tiden erfordras en ackumulator för lagring och behovsanpassning av energitillgången. Ackumulatören har kapacitet att klara någon eller några dagar utan soltillgång. Den i ackumulatören

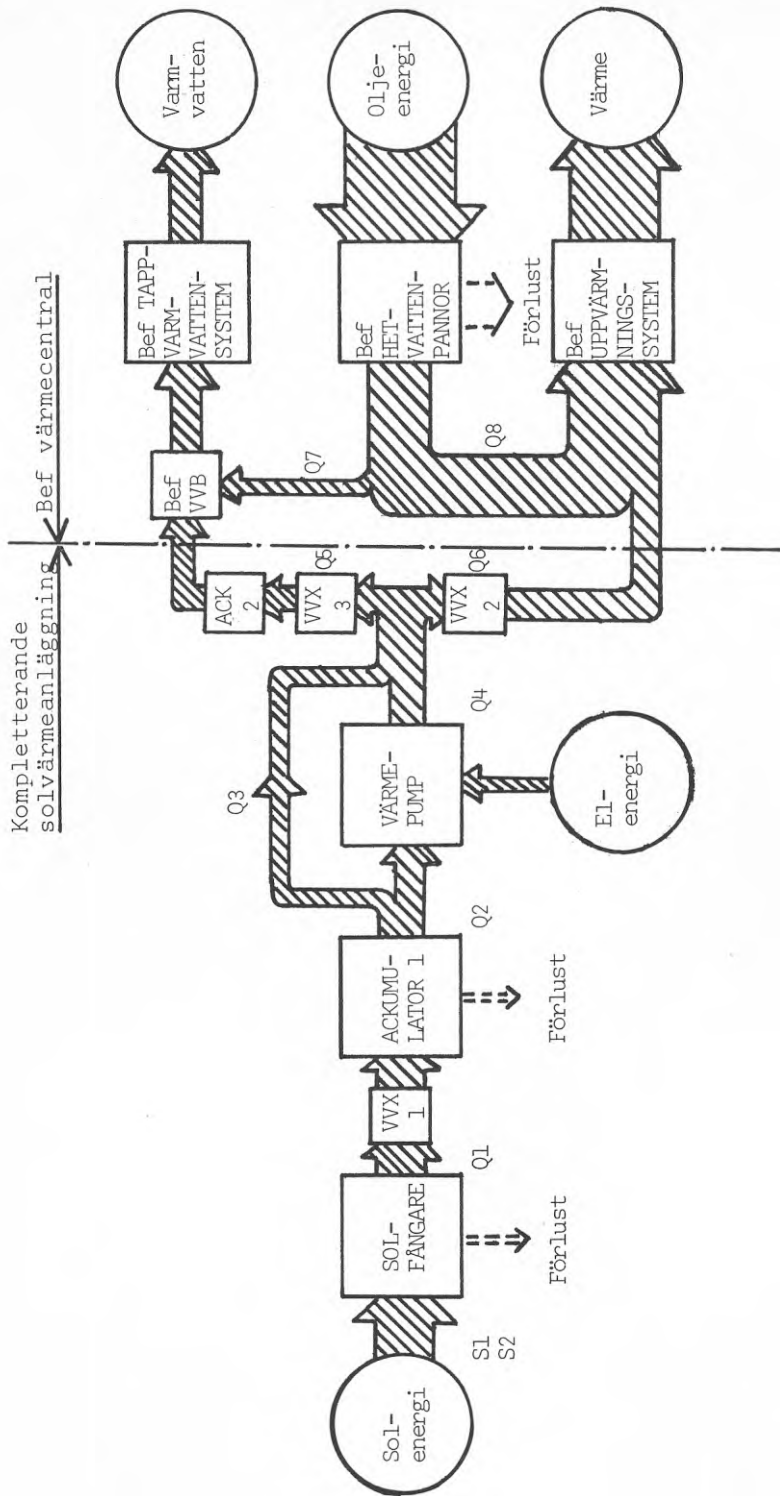


Fig 4 - Energiflödesdiagram för Tolvskillingsgatans värmecentral inklusive kompletterande solvärmeanläggning

lagrade solenergin tillförs vid behov det befintliga distributionssystemet för tappvarmvatten och värme.

Både tappvarmvattenberedning och uppvärmning kräver vissa minimitemperaturer på det värmande mediet. Under stora delar av året kommer temperaturnivån i ackumulatortanken att vara otillräcklig. Det föreslagna systemet innehåller därför även en värmepump. I värmepumpen utnyttjas elenergiför att omvandla oanvändbar lågtemperaturvärme till energi vid användbara högre temperaturnivåer. Värmepumpen är frånkopplad då den erforderliga temperaturnivån i ackumulatorna är tillräcklig men kopplas in så snart en temperaturstegring erfordras.

4.2 Solfångaryta - dimensionering

Vid dimensionering av den erforderliga solfångarytan utnyttjas diagrammet i fig 5. I detta diagram visas både energibehovet vid Tolvskillingsgatans radhusområde och solenergitillgången för den planerade solvärmeanläggningen.

Den totala oljeförbrukningen vid Tolvskillingsgatans värme-central är som ovan nämnts ca 160 m^3 WRD-olja per normalår. Räknat med en antagen 60-procentig årsmedelverkningsgrad för pannanläggningen fås en total energileverans av ca $1\,000 \text{ MWh}$ /normalår till radhusområdet. Ca 30% av energiförbrukningen (ca 300 MWh /normalår) åtgår för tappvarmvattenberedning och övriga 70% (ca 700 MWh /normalår) till uppvärmning. Områdets energiförbrukning under ett normalår framgår av kurva A i fig 5.

Energiförbrukning för uppvärmning har framtagits med hänsyn till normaltemperaturens variationer i Göteborg under ett normalår. I "botten" ligger dessutom energiåtgången för tappvarmvattenberedning, som betraktas som tämligen konstant under hela året.

Energiförbrukningskurvan (A) skall ställas i relation till

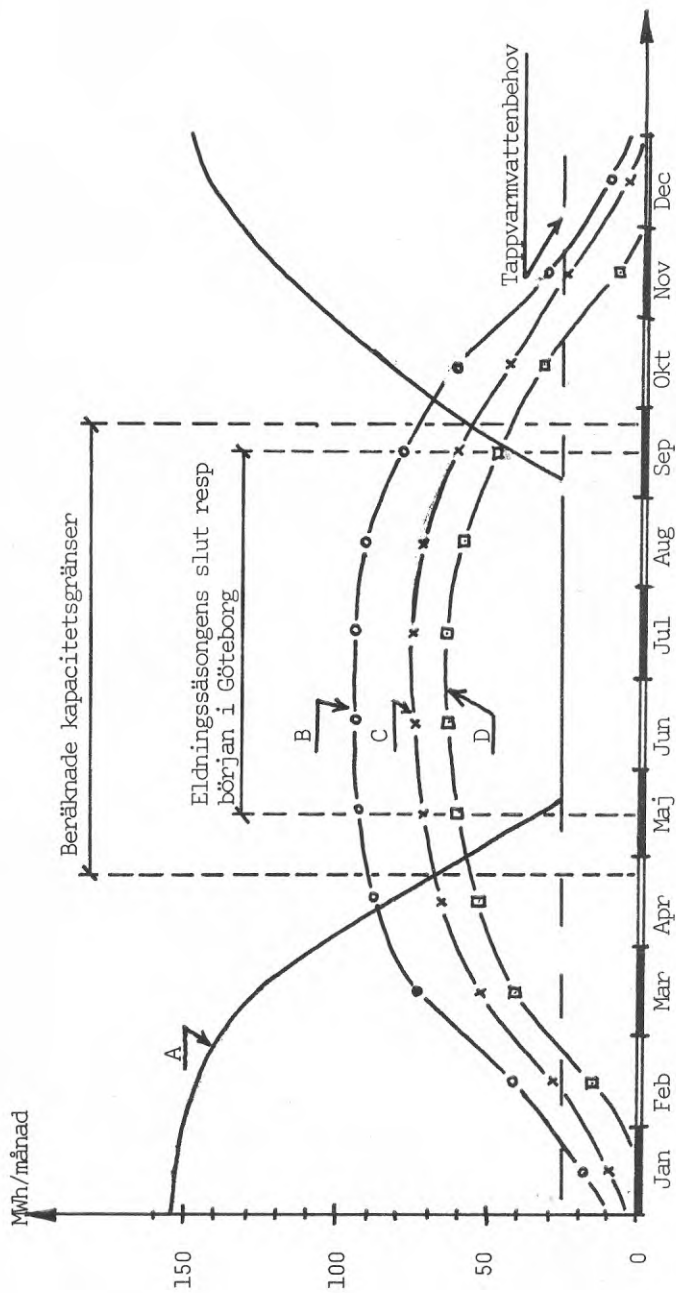


Fig 5 - Diagram utvisande energiförbrukning och solenergitillgång under ett normalår vid Tolvskillingsgatans PC

Kurva A = Nuvarande energiförbrukning för värme och tappvarmvatten

Kurva B = Solinstrålning mot 400 m² solfångare, lutning 45° riktade mot söder

Kurva C = Av solvärmesystemet nyttiggjord solenergi vid "lågtemperaturdrift" (15°C)

Kurva D = Av solvärmesystemet nyttiggjord solenergi vid "högtemperaturdrift" (50°C)

den solenergi som kan erhållas, vilket i första hand är beroende av anläggningens solfångaryta.

Med hjälp av dataprogram för solvärmesystem har den under ett normalår erhållna solenergin beräknats med olika värden för solfångaryta, solfångarlutning och riktning samt temperaturnivå i systemet.

Målsättningen är enligt krav 1 i avsnitt 4.1 att kunna hålla pannanläggningen avstängd "så länge som möjligt" under sommarhalvåret. Den lämpliga tidsperioden fastslogs till fem månader, från sista veckan i april till sista veckan i september. Under denna period är soltillgången tämligen konstant samtidigt som uppvärmningsbehovet är ringa. Dessutom är det just under denna tid som pannorna arbetar med sämst verkningsgrad. För att kunna uppfylla krav 1 erfordras en solfångaryta av 400 m².

Instrålad solenergi mot en solfångaryta av 400 m² med lutningen 45° (optimal vinkel) riktad mot söder illustreras av kurva B i diagrammet. Beroende på solfångarnas temperatur kan solvärmesystemet utnyttja olika mycket av den instrålade energin. Beräkningarna har utförts för två olika temperaturnivåer. Kurva C visar nyttiggjord energi då utgående vätska från solfångarna har temperaturen +15°C (lågtemperatursystem). Kurva D däremot visar nyttiggjord energi då vattnet från solfångarna har en temperatur av +50°C (högtemperatursystem). Vid högtemperatursystem kan solvärmen utnyttjas direkt. Vid lågtemperaturdrift måste en värmepump höja temperaturnivån före användning.

Det bör observeras, att fig 5 endast visar hur mycket solenergi som tillföres systemet. Vid värmepumpdrift tillföres dessutom elenergi omvandlad till värme i värmepumpen. Denna del utgör ca 30% av värmepumpens kondensorenergi. Elenergitillskottet kan även betraktas som reservkapacitet för systemet.

4.3 Akkumulatorvolym - dimensionering

För att inte få en för stor och ohanterlig ackumuleringsvolym väljes vatten som lagringsmedium, som har en hög värmekapacitet per volymsenhet. Vatten medför också fördelar i form av enklare överföring av energi både från och till ackumulatorn.

Akkumulatorn skall klara korttidslagring, dvs vid fullladdat tillstånd innehålla en energimängd för något eller några dygns förbrukning utan soltillgång.

För att klara detta krav under höst och vår måste en ackumuleringsvolym av 40 m^3 vatten utnyttjas. Med en temperaturdifferens mellan $+80^\circ\text{C}$ och $+5^\circ\text{C}$ blir den tillgängliga ackumulatorkapaciteten:

$$V \times C_p \times \Delta T = 40\,000 \text{ l} \times 1.2 \times 10^{-3} \text{ kWh/l}^\circ\text{C} \times 75^\circ\text{C} = 3\,600 \text{ kWh}$$

Detta innebär, att en fulladdad ackumulatortank (medeltemperatur 80°C) innehåller tillräckligt med energi för fyra dagars förbrukning sommartid (juni, juli, augusti) eller en till två dagars förbrukning under höst och vår (april respektive oktober).

4.4 Värmepump - dimensionering

För att solfångarna skall kunna arbeta med hög värmefaktor bör låga temperaturer eftersträvas. För att denna lågtemperatur av energi skall kunna utnyttjas måste temperaturnivån höjas före användning. Detta åstadkommes lämpligen av en värmepump mellan ackumulatorn och energidistributionssystemet.

Värmepumpen skall klara att leverera all erforderlig värme under de kritiska tidpunkterna höst och vår. Enligt fig 5 erfordras ca 70 MWh/månad eller 2.3 MWh/dygn för att täcka hela energibehovet i slutet av april respektive september vid normal utetemperatur. Värmepumpen måste då dimensioneras

för en utgående värmeeffekt (kondensoreffekt) av ca 100 kW ty:

$$t \times P = 24 \text{ h/dygn} \times 100 \text{ kW} = 2.4 \text{ MWh/dygn} > 2.3 \text{ MWh/dygn}$$

5 TEKNISK UTFORMNING

5.1 Allmänt

Val av komponenter samt teknisk utformning har eftersträvat att ske i enlighet med följande grundprinciper:

- 1) Standardkomponenter utnyttjas i de kompletterande installationerna i så stor utsträckning som möjligt.
- 2) Anläggningen utformas så enkel, lättskött och driftsäker som möjligt
- 3) Investeringskostnaderna begränsas för att om möjligt solvärme skall kunna utgöra ett konkurrenskraftigt alternativ.

I syfte att kunna upprätta en realistisk kostnadskalkyl med preliminära kostnader baserade på aktuella standardkomponenter har kontakt tagits med följande fabrikanter:

- AG JOCO Solarteknik (repr Sol- och Jordvärmeteknik), leverantör för solkollektorer och reglerutrustningar
- AB AGA Heating, leverantör för värmeväxlare
- Stal Refrigeration AB, leverantör för värmepumpar
- AB Tour & Andersson, leverantör för styr- och reglerutrustningar

I de följande avsnitten beskrivs solvärmesystemets uppbyggnad samt ingående komponenter (se även bil 1-3).

5.2 Solfångarsystem

5.2.1 Kollektorer

Anläggningen försörjs med solenergi från sammanlagt 154 st solfångare (kollektorer) om vardera 2.6 m^2 , vilket tillsammans ger en yta av 400 m^2 .

Solfångarna, av fabrikat JOCO, är vätskefyllda men ej dräneringsbara. Några tekniska data finns samlade i tabell 1.

Tabell 1 - Tekniska data för JOCO solfångare

Längd	2 000 mm
Bredd	1 300 mm
Vatteninnehåll	0.92 l/m ²
Vikt	37.2 kg
Flöde	ca 40 l/m ²
Tryckfall	250 bar
Täckplatta	UV-stabiliserad plastskiva
Tryckhållfasthet	175 kPa/m ²
Absorbator	Aluminium

Solfångarna (kollektorerna) har en enkel "glasning", som består av solbeständig plast med hög hållfasthet (se fig.6).

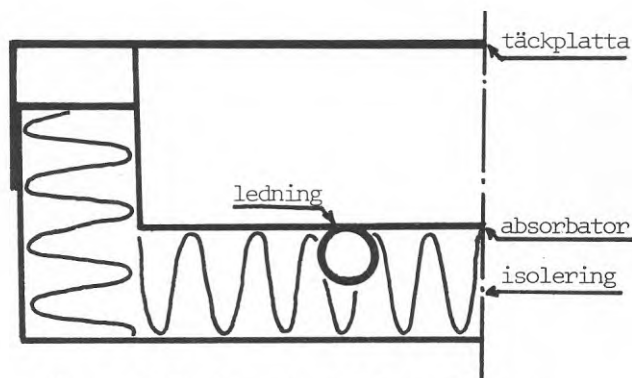


Fig 6 - Tvärsnitt av en JOCO solfångare

5.2.2 Montage

Solkollektorerna kan monteras på i princip två olika sätt, antingen på radhusens tak eller direkt på marken. Det senare alternativet har valts av följande tre skäl:

- Markmontage är billigare
- Vid markmontage ökar åtkomligheten varför skötseln av solfångarna underlättas
- Vid markmontage påverkas inte husens utseende varför detta alternativ är lättare att acceptera för hyresgästerna.

Markmontage innebär däremot också, att kollektorerna är lättare åtkomliga för åverkan. Därför har en kollektor med hållfast täckplatta av plast valts.

Kollektorerna monteras på stålställningar, som rostskyddsbehandlas och förankras direkt i marken. Ställningarna har en lutning av 45° och riktas rakt mot söder (se uppställningsritning, bil 2). Den 45-gradiga lutningen ger en optimal solenergileverans under de för systemet dimensionerande månaderna april och oktober.

Solfångarna är placerade i rader med tillräckligt avstånd mellan raderna för att inte skugga varandra. I övrigt placeras solfångarna så tätt som möjligt för att begränsa den utnyttjade markytan.

Det område, som utnyttjas för uppställning av solfångarna, har ett högt och skuggfritt läge, vilket gör att kollektorerna exponeras för mesta möjliga solinstrålning.

Området är ganska flackt men med en svag lutning åt söder. Stora delar av marken består av berg utan jordtäckning, vilket är ett lämpligt underlag vid förankring av ställningarna.

5.2.3 Cirkulationssystem

Solfångarna levererar sin energi till värmecentralen via ett separat cirkulationssystem. Ledningen går från värmecentralen via en kulvert under Tolvskillingsgatan till en punkt där cirkulationsledningarna delas upp på "stammar", som var och en betjänar en "rad" av solfångare och som stryps in så att lika flöde erhålles genom samtliga kollektorer. Solfångarna är försedda med var sin radiatorventil och radiatorkoppling och är kopplade parallellt. I värmecentralen avges värme i värmeväxlare nr 1 och därefter pumpas vätskan på nytt ut i kretsloppet av pump Pl.

5.2.4 Frysskyddsvätska

Den använda vätskan är vatten med en tillsats av ca 45% Antifrogen L. Antifrogen är ett icke giftigt frysskyddsmedel med nära nog lika hög värmekapacitet som vatten.

Antifrogen L förbrukas icke och är ej heller skadlig för den utrustning, som ingår i solfångarkretsen.

5.3 Solenergiackumulator - ackumulator nr 1

Solenergin ackumuleras i en vattenfylld ståltank. Denna princip har valts för att man skall kunna utnyttja standardkomponenter både vid ackumulering av energi och vid överföring av energin från och till ackumulatorn.

Ackumuleringstanken är en stående cylindrisk tank utförd av 6 mm stålplåt. Diametern är 4 meter och höjden 3,5 meter, vilket ger en total nyttig volym av ca 40 m³. Väggar och tak bekläds med 200 mm cisternisolering, som är den optimala isolertjockleken. I fig 7 redovisas den gjorda optimeringen.

Energiförlusterna är relaterade till en genomsnittlig temperaturdifferens av 40°C . Kostnaderna har framräknats med ett energipris av 15 öre/kWh.

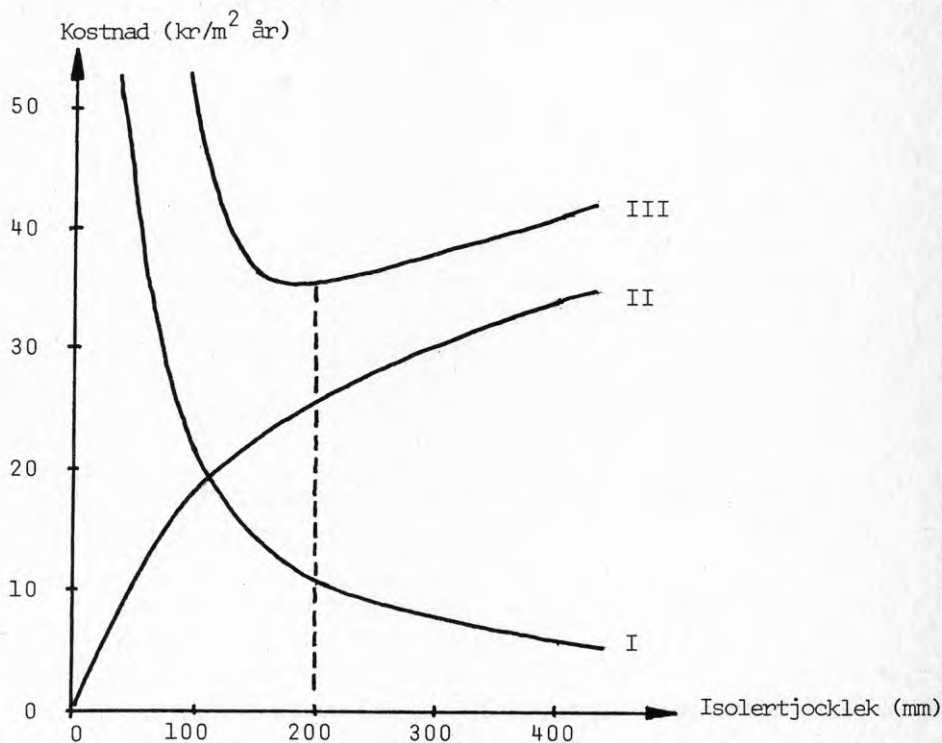


Fig 7 - Optimering av isolertjocklek för solenergiackumulator

- Kurva I - energiförluster
- Kurva II - kapitaltjänstekostnader
- Kurva III - totalkostnad

I ackumulatorns överdel finns anslutningar för laddning och energiuttag. Ackumulatorn laddas med energi från solfångarkretsen via värmeväxlare nr 1. Pump P2 cirkulerar (vid laddning) vatten från ackumuleringsstankens botten genom VVX 1 och tillbaka till toppen på tanken. Vid energiuttag pumpas varmt vatten från tankens topp till värmeväxlare och värmepump och sedan i avkyllt tillstånd tillbaka till tankens botten. Samtliga in- och utlopp är utformade så att strömningshastigheterna blir låga i tanken. Därmed bibehålls en så markant temperaturskiktning som möjligt. Figur 8 visar en typisk temperaturfördelning vid stabil temperaturskiktning i ackumuleringsstanken.

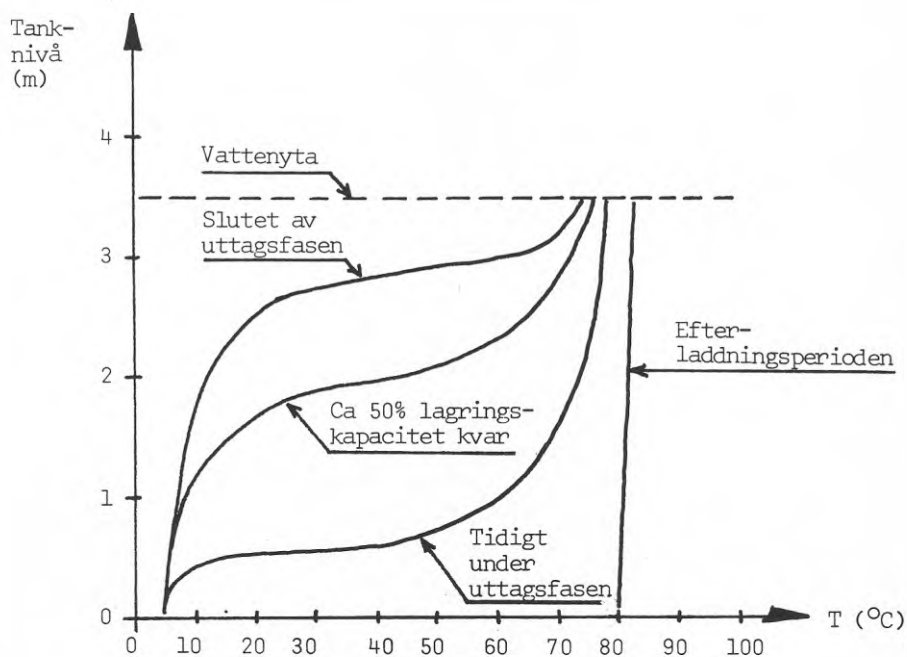


Fig 8 - Typisk temperaturfördelning i en vertikal lagringstank utformad för temperaturskiktning (Jmf BFR-rapport R70:1978 Lagring av värme)

Observeras bör, att ackumulatorn har högst temperaturdifferens till omgivningen sommartid och följdaktligen blir förlusterna störst just då. Under sommaren är emellertid systemets energiöverskott stort, vilket med god marginal täcker de ökade förlusterna.

5.4 Värmepump

Värmepumpens inkoppling mellan ackumulator och VVX 2 och 3 framgår av flödesschema i bil 1. Den placeras i värmecentralens tillbyggnadsdel i nära anslutning till ackumulator-tank 1, se bilaga 3.

Värmepumpen är en av STAL Refrigerations standardaggregat av typ VMV 6. Den levererar ca 100 kW värmeeffekt vid kondenseringstemperaturen 55°C och förångningstemperaturen 10°C . Förångaren är konstruerad för att klara förångning vid ner till $+2^{\circ}\text{C}$. Medelvärmeffaktorn för ett normalår har beräknats till ca 3.5. Aggregatet är byggt med kondensor, förångare och kompressor i en kompakt enhet. Effektreglering sker steglöst från 25% till 100% av maxeffekten.

Som köldmedium används freon R12. R12 har i vissa avseenden något sämre egenskaper än freon R22, vilket medför försämrad värmeffaktor och därmed minskad kapacitet för värmepumpen. I gengäld ger R12 möjlighet att uppnå högre kondenseringstemperatur, $55 - 65^{\circ}\text{C}$, vilket är nödvändigt för att i vårt fall klara tappvarmvattenberedning och uppvärmning vår och höst.

Av fig 9 framgår hur erforderlig framlednings- och returtemperatur varierar med utetemperaturen för ett normalt 80/60-uppvärmningssystem (vid DUT = -16°C är framledningstemperaturen $+80^{\circ}\text{C}$ och returtemperaturen $+60^{\circ}\text{C}$).

Av diagrammet framgår, att vid $+6^{\circ}\text{C}$ utetemperatur erfordras en framledningstemperatur av ca 45°C för att klara värmebehovet. 6°C är också normaltemperatur för Göteborg under april respektive slutet av oktober. Värmepumpen är alltså

dimensionerad för att kunna klara den erforderliga framledningstemperaturen under den sista veckan i april respektive oktober (jämför fig 5). 45°C är också den temperatur som krävs på tappvarmvattnet, den valda värmepumpen klarar därmed även detta krav.

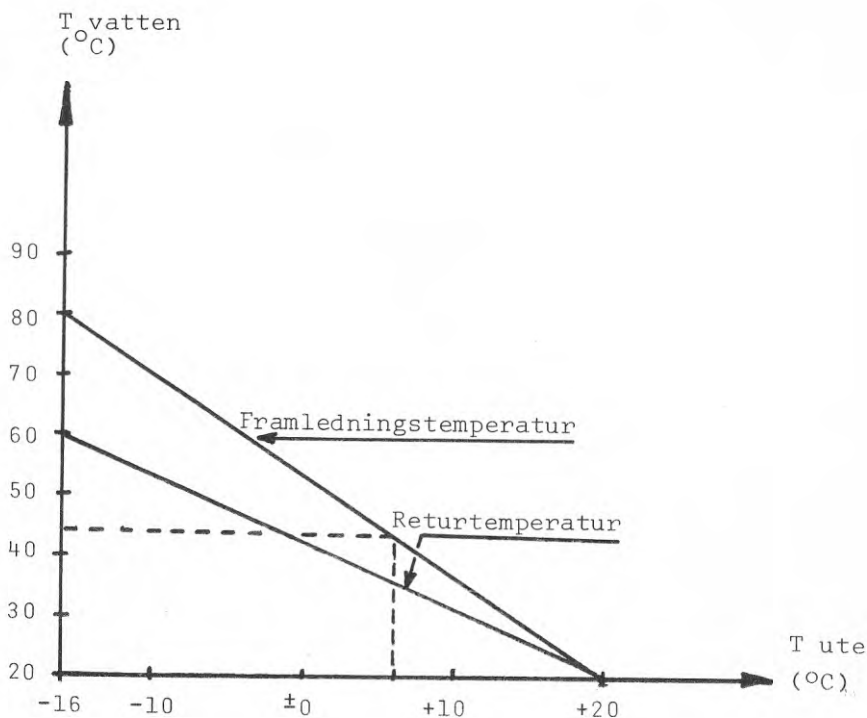


Fig 9 - Framlednings- och returtemperatur i funktion av utetemperaturen för ett värmesystem med

$$T_m = \frac{80+60}{2} \text{ } ^{\circ}\text{C} \text{ vid } DUT = -16^{\circ}\text{C}$$

5.5 Övriga huvudkomponenter

5.5.1 Värmeväxlare nr 1

Den av solfångarsystemet insamlade energin avges till ackumulatortank 1 via värmeväxlare nr 1. Denna är en plattvärme-

växlare av typ Zander & Ingeström P2 HDY 22-130, dvs den har 130 plattor. Den är dimensionerad för en överförbar effekt av ca 180 kW vid temperaturerna 15/5°C på primärsidan och 8/10°C på sekundärsidan.

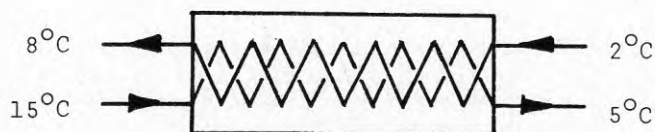


Fig 10 - Dimensionerande temperatur på primär- och sekundärsidan för VVX 1

Värmeväxlaren monteras på golv i värmecentralens tillbyggnadsdel, se bilaga 3.

5.5.2 Värmeväxlare 2

Radhusområdets värmesystem förses med energi via värmeväxlare 2, som är en konventionell tubvärmeväxlare av typ AGA CTC SKR 84 - 1.5 VS. Denna värmeväxlare är dimensionerad för 100 kW överförbar värmeeffekt vid temperaturerna 55/40°C på primärsidan (tubsidan) och 35/47°C på sekundärsidan (mantelsidan).

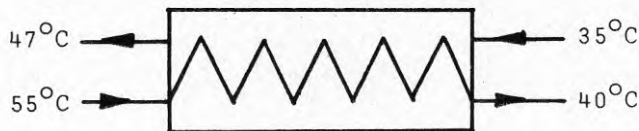


Fig 11 - Dimensionerande temperaturer på primär- och sekundärsidan för VVX 2

Värmeväxlaren monteras stående i det befintliga pannrummet enligt bilaga 3.

5.5.3 Värmeväxlare nr 3

För uppvärmning av tappvarmvatten utnyttjas också en konventionell tubvärmeväxlare av typ AGA CTC SKR 42 - 1.5 VS. Även denna värmeväxlare är dimensionerad för 100 kW överförbar värmeeffekt. Detta vid temperaturerna 55/40°C på primärsidan och 5/45°C på sekundärsidan, se figur 12.

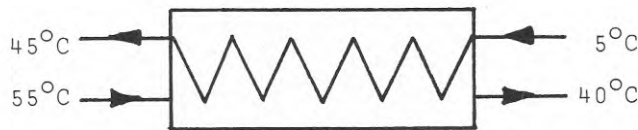


Fig 12 - Dimensionerande temperaturer på primär- och sekundärsidan för VVX 3

Värmeväxlaren monteras stående i det befintliga pannrummet enligt bilaga 3.

5.5.4 Tappvarmvattenackumulator - ackumulator nr 2

Den befintliga varmvattenberedaren är av genomströmningstyp och har en fullt tillräcklig kapacitet för att klara förbrukningstopparna morgon och kväll. Solvärmeanläggningen kan däremot inte leverera denna topeffekt som erfordras vid störttappningar. I det fall anläggningen hade dimensionerats för toppbelastningarna skulle kostnaderna blivit oacceptabelt höga. Därför erfordras ackumulator 2. I denna lagras tappvarmvatten vid låg förbrukning. Vid förbrukningstopparna däremot utnyttjas den lagrade varmvattenmängden.

Akkumulatortanken är av typ AGA CTC 17S-2500 och är avsedd för ackumulering av tappvarmvatten. En ackumuleringsvolym på 2.5 m³ är nödvändig för att kunna klara maxbehovet av tappvarmvatten vid störttappning. Tanken placeras i det be-

fintliga pannrummet i direkt anslutning till VVX 3 och nuvarande varmvattenberedare (se Plan och sektioner, bil 3).

5.5.5 Pumpar

I den kompletterande solvärmeanläggningen ingår 5 st cirkulationspumpar, som utnyttjas för att transportera den vattenburna energin från solfångarna till det befintliga systemet. Pumparnas uppgift och läge framgår av flödesschema samt plan och sektioner i bil 1 och 3. I tabell 2 nedan framgår pumpdata samt reglering.

Tabell 2 Pumpförteckning

Pump	Flödeskrets	Flöde l/s	Trycksteg- ring (kPa)	Reglering
P1	Solfångarkrets	4.5	80	RC1
P2	Akkumulatorkrets 1	5.5	50	RC1
P3	Förångarkrets	4.2	70	RC4
P4	Kondensorkrets	1.4	40	---
P5	Akkumulatorkrets 2	0.3	20	TG9

5.6 Funktion och regleringssystem

5.6.1 Allmänt

Systemets funktion har anpassats till följande tre uppgifter:

- a) Insamlande av solvärme i solfångarna och vidarebefordran av den vid VVX 1 till ackumulatortanken
- b) Utnyttjande av den i ackumulatortanken lagrade energin och leverans av denna till det befintliga distributionssystemet via värmepump, VVX 2 och VVX 3
- c) Utnyttjande av solenergin i det befintliga uppvärmnings- och tappvarmvattensystemet som komplement till den befintliga pannanläggningen.

I flödesschema (bil 1) framgår systemets uppbyggnad samt den reglertekniska utrustningens inkoppling.

5.6.2 Solfångarkrets - ackumulator

Cirkulation i solfångarkretsen skall endast upprätthållas då det finns solenergi att tillgå, dvs då temperaturen på solfångarvattnet är högre än på vattnet i ackumulatortankens botten. Om cirkulation bibehålls, även vid det omvända temperaturförhållandet, skulle tanken tömmas på sitt energi-innehåll.

För reglering av solfångarkretsen utnyttjas ett regler-system, som är anpassat till den övriga solfångarutrustningen (se bil 1).

Då ingen solenergi finns att tillgå, dvs temperaturen vid givare TG1 är lägre än vid givare TG2, är både pump P1 och P2 avslagna.

P1 startas automatiskt av reglercentralen med jämna mellanrum. Detta tidsintervall kan ställas in och bör ligga mellan 15 - 20 minuter. Då pump P1 startas är den i drift tills vatten från solfångarna når givare TG1, dvs ca 2 - 3 minuter. Har under denna tid temperaturen vid TG1 ej överstigit den vid TG2 slås P1 av. Är däremot solfångarvattnet vid TG1 varmare än ackumulatorvattnet vid TG2 (positiv temperaturdifferens) startas P2 och laddningen av ackumulatorn börjar. Denna laddning pågår så länge en positiv temperaturdifferens bibehålls, varefter båda pumparna stoppas. För funktionen erfordras följande styr- och reglerutrustning bestående av:

Reglerutrustning av fabrikat JOCO - B0 1

- 1 st reglercentral för differenstemperaturreglering
- 2 st dykgivare
- 2 st motorskydd med kontaktorer

5.6.3 Ackumulator - VVX 2 och VVX 3

Den i ackumulatortanken tillgängliga energin utnyttjas i första hand för beredning av tappvarmvatten och i andra hand för uppvärmning. Denna funktion fås genom att VVX 3 och VVX 2 kopplats i serie med VVX 3 före VVX 2.

Det till VVX 2 och VVX 3 levererade vattnets temperatur konstanthålles vid ca 55°C. Följande två i princip olika driftfall kan särskiljas:

- a) Då temperaturen vid temperaturgivare TG3 (ackumulator-tankens utlopp) är större än vid TG4 (retur från VVX 2) styres ventilmotor RV1 via temperaturgivare TG5 och reglercentral RC2 till 55°C.
- b) När temperaturen vid TG3 är mindre än TG4 omkopplas ventilmotor RV1 via reglerventil RC3 och hjälprelä HR och stängerför intag från ackumulatortanken. Samtidigt startar värmepumpens kompressor och cirkulationspump P3. I detta fall levereras all energi via en temperaturstegring i värmepumpen. Temperaturgivare TG6 styr framledningstemperaturen till värmepumpens förångare via reglercentral RC4 och ventilmotor RV2 till max 30°C.

För funktionen erfordras följande styr- och reglerutrustning av TA:s fabrikat:

- 1 st reglercentral TA 209 W
- 1 st reglercentral TA 211 D
- 1 st temperaturgivare EGK
- 2 st temperaturgivare GKNI 1000
- 1 st motorventil M5PPBB/24V/V382
- 1 st hjälprelä LA 103
- 1 st reglercentral TA 209 W
- 1 st temperaturgivare EGK
- 1 st motorventil M5PPBB/24V/V382

5.6.4 Solvärmesystem - befintlig anläggning

Det av VVX 3 värmda varmvattnet leds via den befintliga varmvattenberedaren, där det vid behov även eftervärmes. Temperaturgivare TG9 styr via reglercentral RC6 och ventilmotorerna RV6 och RV5 för att hålla inställd temperatur. Detta åstadkommes genom att i första hand reglera RV5 att ta varmvatten via befintlig VVB. Om temperaturen ej kan hållas övergår regleringen till RV6, som då börjar att öppna. Samtidigt som RV6 lämnar ändläget startas den panna, som valts med pannautomatiken.

Samtidigt som RV6 lämnar ändläget kopplas tidrelä TS (se även funktion för radiatorkretsen) som håller pannan i drift under den tid som inställts på tidreläet. Längden av denna gångtid måste optimeras under intrimningsskedet. Ackumulator 2 laddas genom att pump P5 cirkulerar vattnet genom VVX 3. P5 styrs för konstanthållning av ackumulatortemperaturen med en givare TG10, som placeras i ackumulatortankens botten. För funktionen erfordras följande styr- och reglerutrustning av TA:s fabrikat:

- 1 st reglercentral TA 209 W
- 2 st temperaturgivare EGK (bef)
- 1 st motorventil M5PPBB/24V/V382
- 1 st motorventil M5PPBB/24V/STL

Radiatorkretsens värme levereras från VVX 2 och de befintliga pannorna. Utgående vatten har en till utetemperaturen anpassad temperatur. Temperaturgivare TG7 och TG8 styr framledningstemperaturen via reglercentral RC5 och ventilerna RV3 och RV4 efter inställd reglerkurva. Detta åstadkommes genom att i första hand via RV4 ta värme från VVX 2 och att reglera på RV3. Då RV3 gått till fullt öppet läge och värme från VVX 2 ej räcker börjar RV4 att öppna för värme från pannorna. Då RV4 lämnar ändläget inkopplas ett tidrelä, som efter en viss tid (inställbar vid intrimning) startar den panna, som valts av pannautomatiken. Samtidigt som pannan startar kopplas ett annat tidrelä, som

håller pannan i drift under den tid som inställts på tidreläet. För funktionen erfordras följande styr- och reglerutrustning av TA:s fabrikat:

- 1 st reglercentral TA 210 U/FRW (bef)
- 1 st temperaturgivare EGU (bef)
- 1 st temperaturgivare EGW (bef)
- 2 st motorventiler M15PPBB/24V/V380 (den ena är bef)
- 2 st tidreläer 0 - 60 min

6 MÄTPROGRAM

6.1 Allmänt

I nedanstående text behandlas endast syftet med mätningarna och bl a vilka storheter som skall mätas samt vilka mätpunkter som föreslås. Däremot preciseras ej hur insamlingen av erforderliga data skall ske och på vilket sätt materialet skall bearbetas. En väl genomtänkt lösning för detta är emellertid nödvändigt och föreslås att eventuellt ingå i ett nästa skede av solvärmeprojektet.

6.2 Syfte

Syftet med mätprogrammet är följande:

1. Bestämning av energibalansen för hela värmeanläggningen samt undersökning av andelarna i energibalansen för vissa viktiga anläggningskomponenter.
2. Driftuppläggning med målsättning att kunna optimera hela anläggningens drift.
3. Övervakning av drift och funktion med hänsyn till dagens krav på driftsäkerhet och driftekeonomi.

6.3 Energibalanser

De under punkt 1 angivna energibalanserna skall ge svar på bl a följande frågor:

- a) Hur stor blir oljebesparingen? Uppfyller mätvärdena den prognostiserade besparingen enligt avsnitt 7?
- b) Motsvarar solfångarna alla ställda krav? Levererar de så mycket energi som var prognostiserat?
- c) Är förlusterna från ackumulatortank och värmesystem rimliga?

- d) Är värmepumpens funktion acceptabel? Hur stor är värmefaktorn? Hur lång är drifttiden? Hur är värmepumpens effektvariation under den uppmätta drifttiden?

I fig 4 i kap 4 framgår energiflödena för solvärmesystemet. I detta diagram införes också beteckningar för respektive energiflöde. Dessa beteckningar korresponderar till tabell 3 sid 44. I denna tabell anges de energiflöden som bör mätas. Dessutom anges formeln för framräkning av energiflödet med erforderliga primärdata som ingående termer. Vissa av dessa data är givna konstanter som t ex solfångaryta (A) och värmekapacitet (Cp). Andra, t ex flöden och temperaturer, måste mätas och registreras. Ur tabellen framgår vilka storheter som skall mätas och registreras, vilken sort varje storhet har och inom vilket mätområde varje mätdata kan förväntas ligga. Kolumnen längst till höger anger givarbeteckningarna, som korresponderar med de i flödesschemat angivna mätpunkterna.

Observera, att en och samma givare kan utnyttjas för att leverera mätvärden för beräkning av flera sökta storheter. På detta sätt minskar man antalet givare och därmed kostnader högst väsentligt. Detta förutsätter emellertid att insamling, registrering och bearbetning av mätdata görs av en datacentral. Denna förutsättning är fullt realistisk, men detaljerna beträffande tillvägagångssättet behandlas ej i denna rapport.

6.4 Driftuppföljning

För att kunna bedöma huruvida solfångarna utnyttjas på ett optimalt sätt är det värdefullt att mäta drifttid (t_d), utetemperatur (T17) och absorbatortemperatur under drift (T14). Detta ger möjlighet att direkt jämföra solfångarnas verkningsgrad med angivna data samt att kontrollera att de arbetar under längsta möjliga tid.

Temperaturnivå och temperaturskiktning i ackumulatortanken är viktiga storheter, vilka mäts på tre olika nivåer i tanken (T11, T12, T13).

För att kunna bedöma värmepumpens kapacitet mäts förångarens respektive kondensorns temperaturer. Dessutom mäts drifttid (t_{vp}) och antal starter av värmepumpen.

Ur driftsynpunkt är det viktigt att minimera antalet starter och stopp för pannanläggningen samt att ha så lång drifttid som möjligt vid varje drifttillfälle. Därför mäts total drifttid t_p samt antalet starter för brännarna. Även den för driftuppföljningen nödvändiga mätapparaturen framgår av tabell 3.

6.5 Övervakning

För anläggningens övervakning erfordras inga ytterligare mätpunkter. Däremot kan några av de elektroniska temperaturgivarna kompletteras med ett antal konventionella termometrar, som är avläsbara på platsen. Vissa prioriterade signaler skall dessutom inkopplas till panncentralens befintliga övervakningssystem, som för närvarande överförs till larmtjänst.

6.6 Summering

Totalt utnyttjar det föreslagna mätprogrammet 29 st givare, som fördelar sig enligt följande:

- 5 st flödesmätare (FM1 - FM5)
- 17 st temperaturmätare (TM1 - TM17)
- 2 st elenergimätare (EM1, EM2)
- 1 st solstrålningsmätare (SM1)

Tabell 3 - mätstorheter och givarbeteckningar

STORHETER	ENHET	MÄTOMRÅDE	GIVARE
<u>Solinstrålning S</u> $S = I \times A \times t:$	kWh		
<u>Total instrålning S1</u>	kWh		
solintensitet I	W/m ²	0 - 1 200	SM1
tid, t_{tot}	h		
<u>Instrålning under drift S2</u>	kWh		
solintensitet I	W/m ²	0 - 1 200	SM1 + relä
tid, t_d	h		
<u>Vätskeburen värme Q</u> $Q = C_p \times F \times \Delta T \times t$	kWh		
<u>Från solfångare Q1</u>	kWh		
temperaturdifferens (T2-T1)	°C	-10 - +90	TM1, TM2
vätskeflöde F1	m ³ /h	0 - 20	FM1
tid, t_{tot}	h		
<u>Från ackumulator Q2</u>	kWh		
temperaturdifferens (T3-T4)	°C	0 - 80	TM3, TM4
vätskeflöde F2	m ³ /h	0 - 20	FM2
tid, t_{tot}	h		
<u>Förbi värmepump Q3</u>	kWh		
temperaturdifferens (T5-T7)	°C	20 - 80	TM5, TM7
vätskeflöde F3	m ³ /h	0 - 20	FM3
tid ($t_{tot} - t_{vp}$)	h		relä
<u>Från värmepump Q4</u>	kWh		
temperaturdifferens (T5-T7)	°C	20 - 80	TM5, TM7
vätskeflöde F3	m ³ /h	0 - 20	FM3
tid, t_{vp}	h		relä
<u>Från VVX 3, Q5</u>	kWh		
temperaturdifferens (T5-T6)	°C	20 - 80	TM5, TM6
vätskeflöde F3	m ³ /h	0 - 20	FM3
tid, t_{tot}	h		

Tabell 3 - fortsättning

STORHETER	ENHET	MÄTOMRÅDE	GIVARE
<u>Från VVX 2, Q6</u>	kWh		
temperaturdifferens (T6-T7)	°C	20 - 80	TM6, TM7
vätskeflöde F3	m ³ /h	0 - 20	FM3
tid, t _{tot}	h		
<u>Från pannorna för tappvarmvattenberedning Q7</u>	kWh		
temperaturdifferens (T8-T9)	°C	50 - 100	TM8, TM9
vätskeflöde F4	m ³ /h		FM4
tid, t _{tot}	h		
<u>Från pannorna för uppvärmning Q8</u>	kWh		
temperaturdifferens (T8-T10)	°C	50 - 100	TM8, TM10
vätskeflöde F5	m ³ /h		FM5
tid, t _{tot}	h		
<u>El-energi E</u>			
<u>Kompressor (VP) E1</u>	kWh		EM1
<u>Övrig elenergi pumpar m m E2</u>	kWh		EM2
<u>Övrigt</u>			
<u>Solfångare</u>			
arbetstemperatur T14	°C	-10 - +100	TM14
drifttid, t _d	h		tidur + relä
<u>Akkumulator</u>			
tanktemperaturer T11, T12, T13	°C	0 - 90	TM11, TM12, TM13
<u>Värmepump</u>			
förångartemperatur T15	°C	0 - 50	TM15
kondensortemperatur T16	°C	20 - 70	TM16
drifttid t _{vp}			tidur + relä
antal starter			relä

Tabell 3 - fortsättning

STORHETER	ENHET	MÄTOMRÅDE	GIVARE
Värmepannor 2 st drifftid			2 st tidur + + relä
antal starter			2 st reläer
Utetemperatur T17	°C	-30 -+40	TM17

7 KOSTNADSKALKYL

7.1 Investeringskostnader

I tabell 4 nedan anges priser för i solvärmesystemet ingående komponenter. Samtliga priser gäller exklusive mervärdesskatt, prisnivå december 1978. I priserna ingår arbetskostnader för montage och injustering av anläggningen.

Tabell 4 - Investeringskostnader för solvärmesystemets komponenter

<u>Komponent</u>	<u>Pris (kr)</u>
<u>Solfångare</u> 400 m ² inkl stativ, anslutningar och övrig kringutrustning	375 000
<u>Kulvertledning</u> med 2 kulvertbrunnar inkl mark och byggarbeten	12 000
<u>Solvärmeackumulator</u> - ackumuleringstank 1, volym 40 m ³ inkl isolering och röranslutningar	50 000
<u>Expansionskärl</u> , volym 1.2 m ³	4 000
<u>Värmepump</u> , kondensoreffekt ca 100 kW	80 000
<u>Värmeväxlare</u> VVX 1	13 500
VVX 2	5 500
VVX 3	3 500
<u>Varmvattenackumulator</u> - ackumulatortank 2, volym 2.5 m ³	13 500
<u>Cirkulationspumpar</u> P1, P2, P3, P4 och P5	8 000
<u>Reglerutrustning</u> inkl reglercentraler, temperaturgivare och motorstyrda reglerventiler	22 000
<u>Övrig armatur</u> såsom avstängningsventiler, strypventiler, backventiler m m	5 000

Tabell 4 - fortsättning

<u>Komponent</u>	<u>Pris (kr)</u>
<u>Rörledningar</u> inkl isolering och plätbeklädnad	110 000
<u>Värmecentraltillbyggnad</u>	40 000
<u>Elkostnader</u>	<u>40 000</u>
Summa kostnader	782 000 =====

7.2 Bidragsmöjligheter

Enligt BOFS 1978:17, EN2, utgår energisparbidrag med 35% av den godkända kostnaden, dock högst med 3 000 kronor för varje bostadslägenhet samt 30 kronor per kvadratmeter våningsyta i lokal, som berörs av åtgärden.

I detta fall gäller begränsningen med 3 000 kronor per lägenhet, dvs Bostadsstyrelsens bidrag kan förväntas uppgå till ca 160 000 kronor.

7.3 Preliminära energikostnader

Den prognostiserade energibesparingen (se avsnitt 8) är 439 MWh/år eller ca 68 m³ olja/år med hänsyn till en pannårsmedelverkningsgrad av 60%. Räknat med en oljekostnad av 650 kr/m³ innebär det en årlig oljebesparing av ca 44 200 kr/år.

Installation av värmepump medför en ökad el-konsumtion och därmed en ökad driftkostnad för anläggningen. Elkonsumtionen beräknas att öka med ca 91 MWh/år. Med ett elenergipris av 180 kr/MWh fås en årlig merkostnad av ca 16 400 kr/år.

Den preliminära energibesparingen blir således:

oljebesparing - ökad elkostnad = 44 200 kr/år - 16 400 kr/år =
= 27 800 kr/år.

7.4 Kostnadskonsekvenser

7.4.1 Investeringskostnad - återbetalningstid

Av tabell 5 nedan framgår totalkostnad med och utan bidrag samt återbetalningstid. I tabellen tas ingen hänsyn till inflationens och energiprisökningens inverkan på kostnadsbilden.

Tabell 5 - Preliminär investeringskostnad - återbetalningstid

	utan bidrag	med bidrag
Investeringskostnad (kr)	782 000	622 000
Återbetalningstid (år)	28	22
(Investeringskostnad/årlig energibesparing)		

7.4.2 Finansieringsexempel

Det ekonomiska resultatet påverkas starkt av både inflation, energiprisökning och de eventuella möjligheter till lån och bidrag, som finns. Kurvorna i fig 12 visar hur kostnadsbilden kommer att bli vid ett tänkt finansieringsexempel.

Följande givna förutsättningar gäller:

1. Energisparbidrag utgår med 160 000 kr.
2. Övriga kostnader finansieras med lån, normalt bostadslån (20 års avskrivningstid, ränta 9,75 % och räntebidrag under inledningsskedet).
3. Summan av inflation och realenergiprisökning är under perioden
 - fall A - 9 %
 - fall B - 7 %

Av kurvorna framgår, att under dessa givna förutsättningar

ger solvärmeanläggningen vinst efter 8 år (kurva A) respektive 13 år (kurva B).

Efter 13 respektive 19 år är de gjorda investeringarna återbetalda.

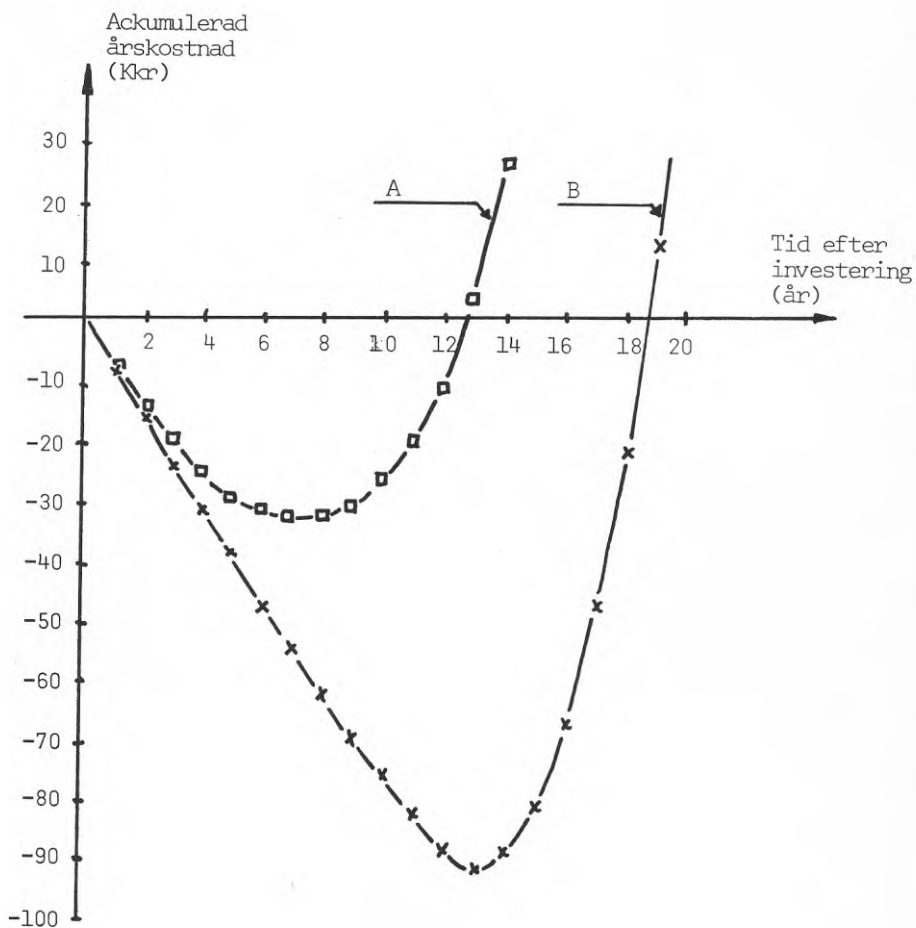


Fig 12 - Ackumulerad årskostnad vid olika framtida prisutveckling

Kurva A - inflation + energiprisökning = 9 %

Kurva B - inflation + energiprisökning = 7 %

Av diagram i fig 5 på sid 20, framgår energibehovet för radhusområdet samt solenergitillgången för den föreslagna solvärmeanläggningen. Dessutom redovisas i fig 12 ett stapeldiagram där månadsvärden för den beräknade energiförbrukningen anges. För varje månad anges hur stor del av energibehovet som täcks av olje-, el- respektive solenergi. I figur 5 tas endast hänsyn till de förluster, som uppstår i själva solfångarna. I stapeldiagrammet (figur 1) har dessutom förlusterna i övriga delar av systemet (ackumulator, ledningar och värmeväxlare) beräknats. Dessa förluster uppgår till ca 5%.

Summering av diagrammets värden över ett normalår redovisas i tabell 6. Av tabellen framgår fördelningen av den konsumerade energin mellan olika energikällor.

Tabell 6 - De olika energikällornas prognostiserade andel i den producerade och förbrukade energin under ett normalår

	Totalt	Olja	Sol	El (VP)
Energiproduktion MWh/år	1 000 ^{x)}	561	348	91
% av total energi- produktion	100	56	35	9

x) Beräknad med den nuvarande oljeförbrukningen per normalår samt med en årsmedelverkningsgrad av 60%

Slutsatser:

- 1) Solvärmeanläggningen minskar oljeförbrukningen med ca 44% eller 70 m^3 ($= 0.44 \times 160 \text{ m}^3$). Oljeförbrukningen kommer i fortsättningen att uppgå till ca $90 \text{ m}^3/\text{år}$ istället för den nuvarande $160 \text{ m}^3/\text{år}$.

- 2) Ca 35% av den under året konsumerade energin kommer från solen. Hänsyn har tagits till förlusterna i solvärmesystemet.
- 3) Värmepumpen har en elförbrukning av 91 000 kWh/år, dvs ca 9% av den totala energiproduktionen tillgodoses med elkraft.
- 4) Av tabell 5 framgår, att den föreslagna solvärmeanläggningen medför höga investeringskostnader och med hänsyn till den prognostiserade besparingseffekten även långa återbetalningstider både med och utan energisparbidrag (28 respektive 22 år). En betydande del av investeringskostnaderna är direkt beroende av det i efterhand utökade kravet på solvärmeanläggningens kapacitet, nämligen att utöver effektbehovet för tappvarmvattenberedning under sommarmånaderna även kunna tillgodose effektbehovet för uppvärmning mellan ca 20 april och ca 30 september.

För att klara enbart tappvarmvattenberedningen under sommarmånaderna hade det varit tillräckligt med en solfångaryta av ca 200 m² istället för den i utredningen redovisade 400 m². En på detta sätt nedbantad anläggning torde medföra en väsentligt minskad investeringskostnad samtidigt som energibesparingen inte påverkas lika kraftigt. Med andra ord kan återbetalningstiderna minskas med en lägre ambitionsnivå för solvärmeanläggningen.

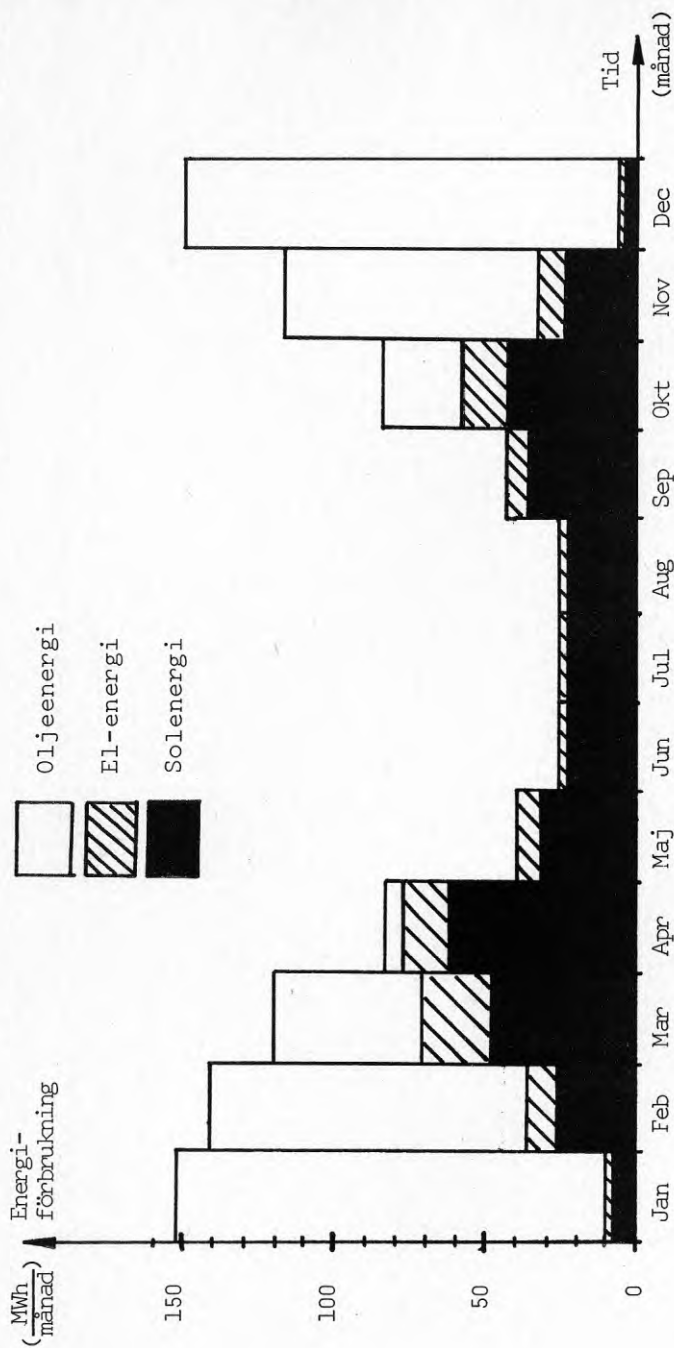
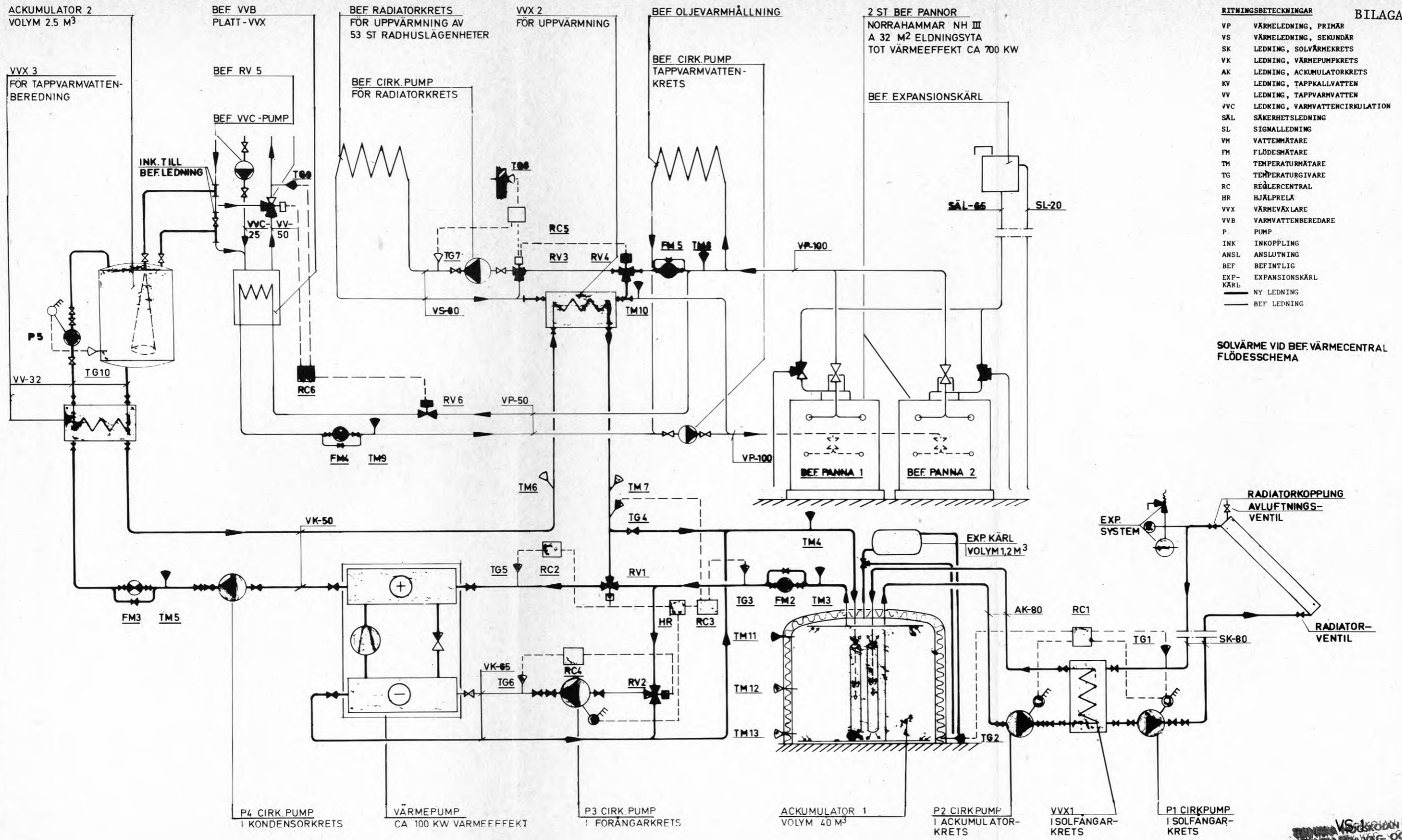


Fig 13 - Energiförbrukningen vid Tolvskillingsgatans värmecentral fördelad på olika energikällor

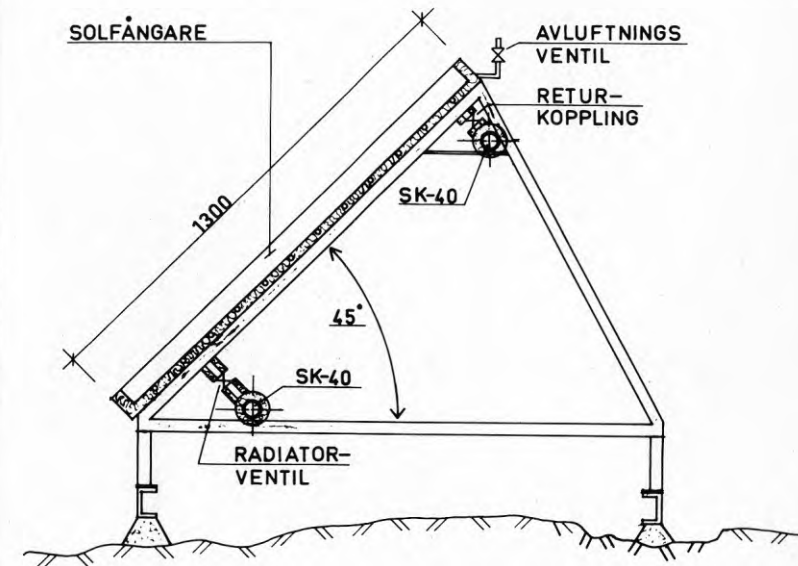
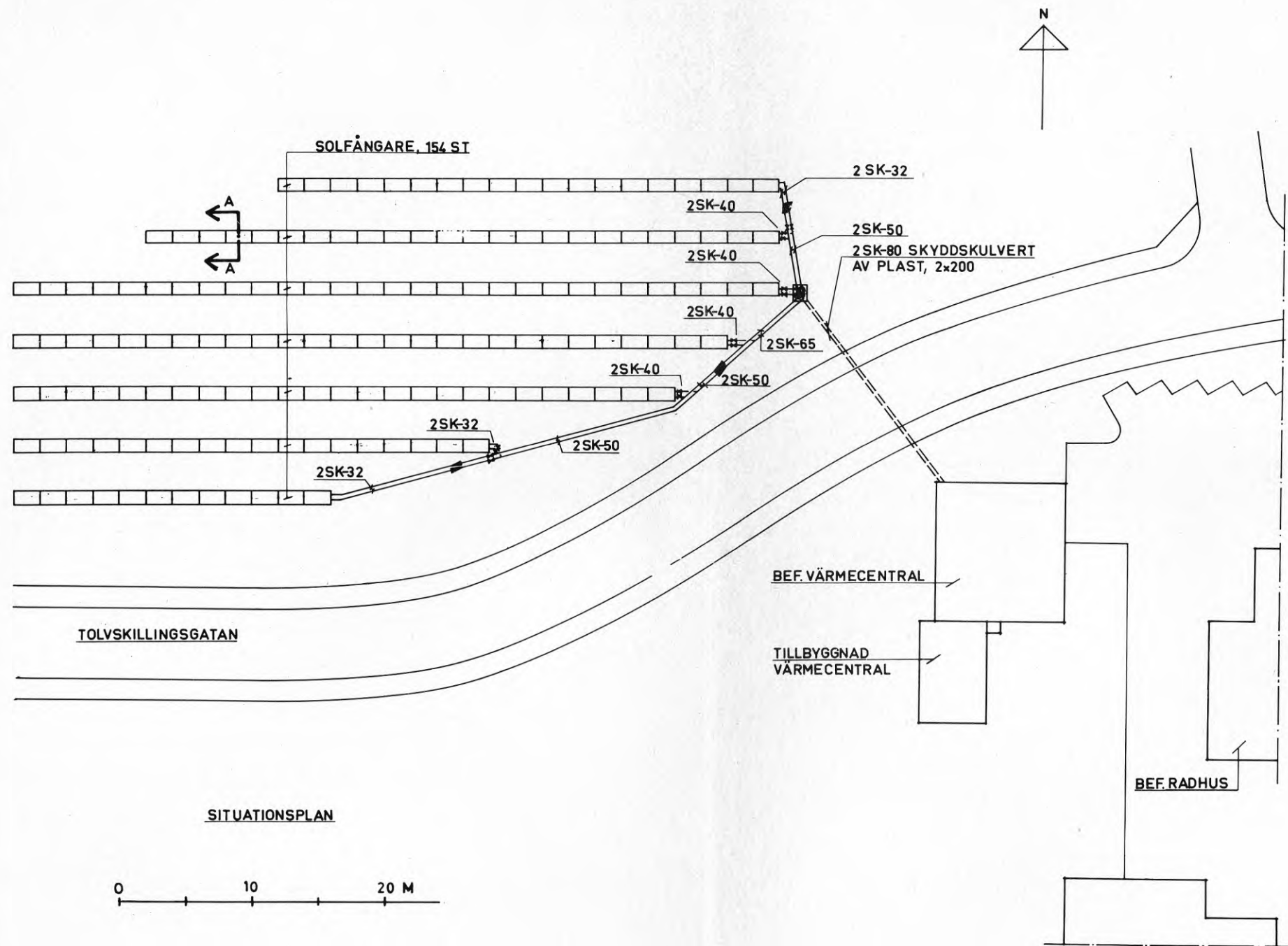


RITNINGSBETECKNINGAR

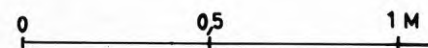
VP	VÄRMELEDNING, PRIMÄR
VS	VÄRMELEDNING, SEKUNDÄR
SK	LEDNING, SOLVÄRMEKRETS
VK	LEDNING, VÄRMEPUMPKRETS
AK	LEDNING, ACKUMULATORKRETS
KV	LEDNING, TAPPKALLVATTEN
VV	LEDNING, TAPPVARMVATTEN
VVC	LEDNING, VARMVATTENCIRKULATION
SÄL	SÄKERHETSLEDNING
SL	SIGNALLEDNING
VH	VATTENMÄTARE
FM	FLÖDESMÄTARE
TM	TEMPERATURMÄTARE
TG	TEMPERATURGIVARE
RC	REGLERCENTRAL
HR	HJÄLPRELÄ
VVX	VÄRMEVÄXLARE
VVB	VARMVATTENBEREDARE
P	PUMP
INK	INKOPPLING
ANSL	ANSLUTNING
B EF	BEFINTLIG
EXP-KÄRL	EXPANSIONSKÄRL
—	NY LEDNING
—	B EF LEDNING

SOLVÄRME VID B EF VÄRMECENTRAL
FLÖDESSCHEMA

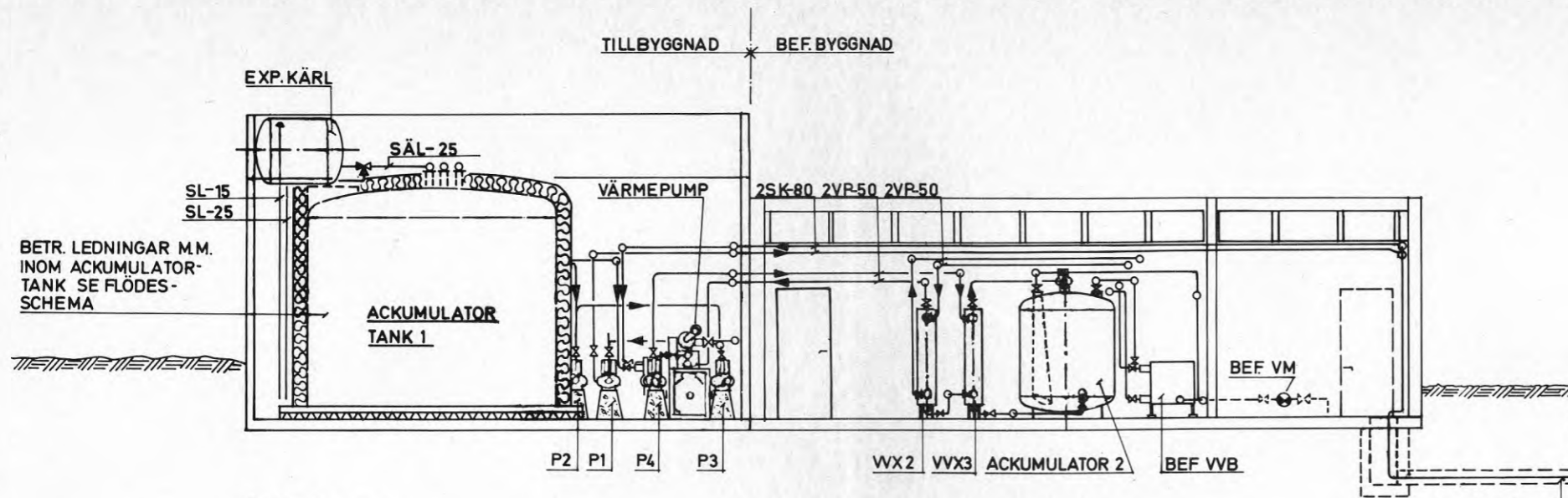
VS SOLVÄRME
LUND
FÖR VÄG- OCH VATTEN
TEKNIK



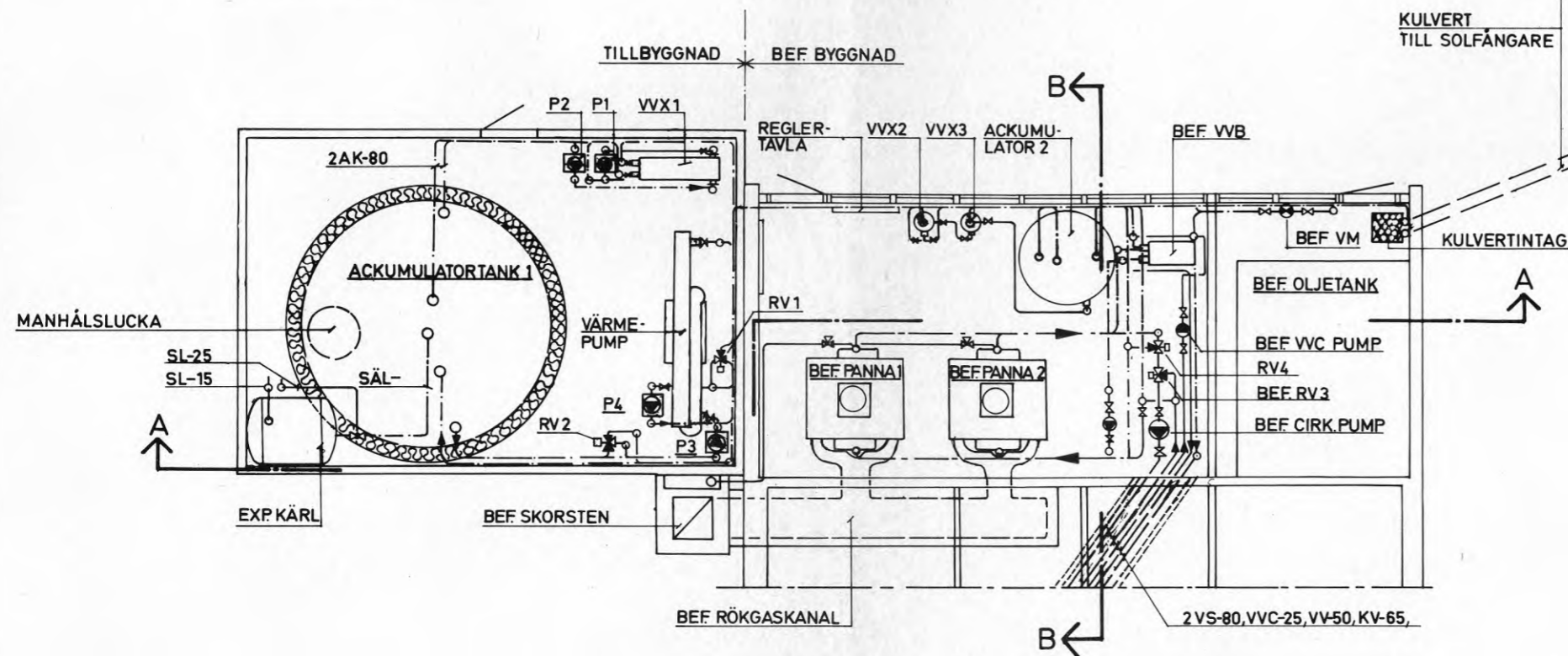
SNITT A-A: PRINCIPDETALJ
FÖR UPPSTÄLLNING AV
SOLFÅNGARE



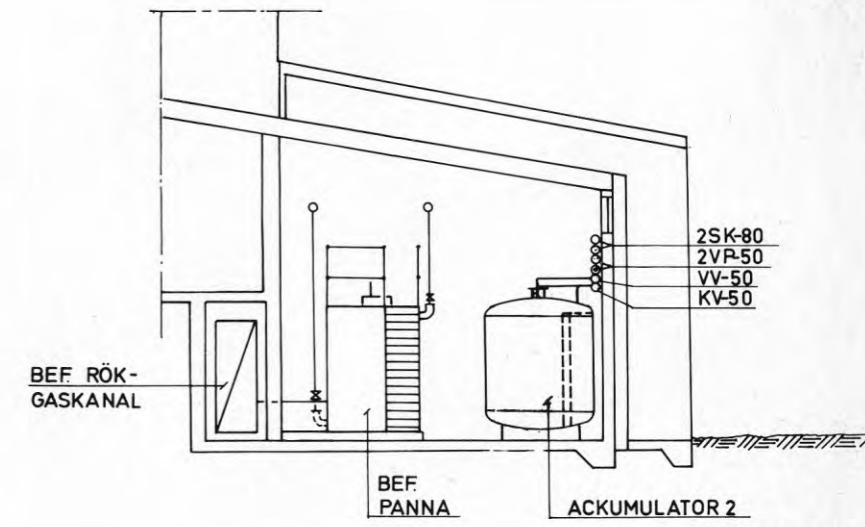
SOLVÄRME VID BEF. VÄRMECENTRAL
SITUATIONSPLAN OCH DETALJER



SNITT A-A



PLAN



SNITT B-B

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780124-7 från
Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgshem i
Göteborg**

R53:1979

ISBN 91-540-3030-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6600953

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirkapris: 20 kr exkl moms