



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.



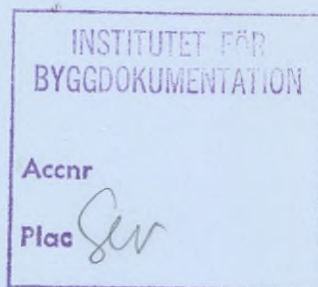
**Rapport**

**R120:1987**

**Effektivitetshöjning av  
befintliga värmepump-  
installationer inom HSB**

**Besiktningar och åtgärdsförslag**

**Lennart Berndtsson  
Göran Karlsson  
Börje Nord**



**Byggforskningsrådet**

R120:1987

EFFEKTIVITETSHÖJNING AV BEFINTLIGA  
VÄRMEPUMPINSTALLATIONER INOM HSB

Besiktningar och åtgärdsförslag

Lennart Berndtsson  
Göran Karlsson  
Börje Nord

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861067-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till HSB Riks-  
förbund, Förvaltningsavdelningen, Energisektionen,  
Stockholm.

## REFERAT

Värmepumpinstallationer medför höga investeringskostnader. Avgörande för beslut är lönsamhetskalkyler som upprättas i samband med upphandlingen. Det har visat sig att många av de anläggningar, som har installerats i befintliga HSB-fastigheter, ej ger den energibesparing som ligger till grund för lönsamhetskalkylerna. Detta innebär att investeringarna ger avsevärt sämre avkastning än förväntat.

Projektets målsättning har varit att undersöka möjligheterna att förbättra effektiviteten hos befintliga värmepumpinstallationer. Efter en inledande inventering av de inom HSB genomförda värmepumpinstallationerna gjordes ett urval av 10 st anläggningar. Dessa besiktigades med avseende på inkoppling, funktion m m varefter åtgärdsförslag för att förbättra effektiviteten utarbetades. Åtgärdsförslagen, som även omfattar lönsamhetsbedömningar, kan användas för andra anläggningar med likartat utförande.

Resultatet av undersökningen visar att det finns goda möjligheter att höja effektiviteten hos flera av de studerade värmepumpinstallationerna där det finns brister i systemlösning och dimensionering. I vissa fall är dock de ursprungliga lönsamhetskalkylerna så dåligt underbyggda att det är omöjligt att uppnå det energiutbyte som förespeglats i samband med upphandlingen.

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

R120:1987

ISBN 91-540-4840-1  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL	SID
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1 VÄRMEPUMPINSTALLATIONER INOM HSB	11
1.1 Enkät	11
1.2 Antal, installationsår, värmekällor m m	11
1.3 Lönsamhet	13
1.4 Drifterfarenheter	16
2 PILOTANLÄGGNINGAR	19
2.1 Allmänt	19
2.2 Göteborgsanläggningen	20
2.2.1 Beskrivning av anläggningen	20
2.2.2 Åtgärdsförslag	21
2.3 Mölndalsanläggningen	23
2.3.1 Beskrivning av anläggningen	23
2.3.2 Åtgärdsförslag	24
2.4 Boråsanläggningen	25
2.4.1 Beskrivning av anläggningen	25
2.4.2 Åtgärdsförslag	27
2.5 Trollhättananläggningen	28
2.5.1 Beskrivning av anläggningen	28
2.5.2 Åtgärdsförslag	30
2.6 Karlskronaanläggningen	31
2.6.1 Beskrivning av anläggningen	31
2.6.2 Åtgärdsförslag	32
2.7 Jönköpingsanläggningen	33
2.7.1 Beskrivning av anläggningen	33
2.7.2 Åtgärdsförslag	35
2.8 Huskvarnaanläggningen	36
2.8.1 Beskrivning av anläggningen	36
2.8.2 Åtgärdsförslag	39
2.9 Stockholmsanläggningen	40
2.9.1 Beskrivning av anläggningen	40
2.9.2 Åtgärdsförslag	42
2.10 Karlskogaanläggningen	43
2.10.1 Beskrivning av anläggningen	43
2.10.2 Åtgärdsförslag	44
2.11 Sundsvallsanläggningen	45
2.11.1 Beskrivning av anläggningen	45
2.11.2 Åtgärdsförslag	46
3 RESULTAT	49
BILAGA 1. Blankett för enkät	53



## FÖRORD

Värmepumpinstallationer medför höga investeringskostnader för fastighetsägarna. Avgörande för beslut är de lönsamhetskalkyler som upprättas bland annat utgående ifrån värmepumparnas prestanda och funktion. Det har visat sig att många av de ca 160 värmepumpinstallationer, som har installerats i befintliga HSB-fastigheter, ej ger den energibesparing som ligger till grund för lönsamhetskalkylerna. Detta innebär att investeringarna ger avsevärt sämre avkastning än förväntat. Med facit i handen skulle många installationer av denna anledning ej ha genomförts.

Det har också visat sig att i flertalet fall är orsaken till värmepumparnas dåliga funktion inte fel hos själva värmepumpen utan i stället i inkopplingsprincipen eller reglerfunktionerna. Mot bakgrund av detta borde det vara möjligt att höja effektiviteten hos åtskilliga värmepumpinstallationer enbart genom mindre förändringar.

Projektets målsättning har varit att undersöka möjligheterna att förbättra effektiviteten hos befintliga värmepumpinstallationer. Efter en inledande inventering av de inom HSB genomförda värmepumpinstallationerna gjordes ett urval av 10 st installationer. Dessa besiktigades med avseende på inkoppling, funktion m m varefter åtgärdsförslag för att förbättra effektiviteten utarbetades. Åtgärdsförslagen, som även omfattar lönsamhetsbedömningar, kan användas för andra installationer med likartat utförande.

I projektet har från HSB Riksförbund medverkat Lennart Berndtsson (projektledare) och Börje Nord. Besikningarna har genomförts av Göran Karlsson, INTEK AB, som även gjort åtgärdsförslagen.





## SAMMANFATTNING

HSBs förvaltning omfattar ca 295 000 lägenheter med bostadsrätt och ca 85 000 hyreslägenheter, totalt ca 380 000 lägenheter. I detta fastighetsbestånd har enligt en enkätundersökning våren 1986 164 värmepumpar installerats. Dessa installationer utgör kompletteringar av befintliga värmecentraler med eldningsolja eller fjärrvärme som energislag. Det finns ytterligare värmepumpinstallationer inom HSB. Främst frånluftsvärmepumpar i nyproduktionen samt ett mindre antal värmepumpar i befintliga fastigheter som av olika skäl ej rapporterats i samband med enkäten.

Enkäten visar att 90 % av värmepumpinstallationerna är gjorda i södra Sverige. Värmevärmekällor är uteluft och frånluft i 30 % respektive 57 % av anläggningarna. Berg, yttjord, grundvatten, avloppsvatten eller kombination av flera värmevärmekällor svarar för 13 %.

Den totalt maximalt avgivna värmeeffekten för värmepumparna har på basis av enkäten bedömts uppgå till ca 25 MW. Den ungefärliga fördelningen är 10 MW uteluftsvärmepumpar, 12 MW frånluftsvärmepumpar och 3 MW på övriga värmepumpar.

Totala investeringskostnaden uppskattas till ca 220 Mkr fördelade på uteluftsvärmepumpar 56 Mkr, frånluftsvärmepumpar 134 Mkr och övriga värmepumpar 30 Mkr.

Uppgifter om energibesparing och förbrukning av drivenergi är mycket ofullständiga, främst beroende på att mätningssmöjligheter saknas. En rimlig bedömning är att uteluftsvärmepumparnas genomsnittliga systemvärmefaktor är ca 2,2 medan frånluftsvärmepumparnas är ca 2,7. Med dessa antaganden blir den totala nettoenergibesparingen ca 86 GWh/år varav uteluftsvärmepumparna står för 28 GWh/år, frånluftsvärmepumparna för 47 GWh/år samt övriga värmepumpar för 11 GWh/år.

Många av värmepumpinstallationerna har fått betydligt sämre lönsamhet än förväntat. Av denna anledning har detta projekt genomförts vilket syftar till att förbättra effektiviteten hos genomförda värmepumpinstallationer. Besiktningar har genomförts av 10 anläggningar där energiutbytet ej har motsvarat förväntningarna. Efter besiktningarna har åtgärdsförslag utarbetas med avsikt att förbättra anläggningarnas effektivitet. Slutligen har lönsamhetsbedömningar gjorts för de föreslagna åtgärderna.

Resultatet av undersökningen visar att det finns goda möjligheter att genom olika åtgärder höja effektiviteten hos flera av de studerade värmepumpanläggningarna. För vissa anläggningar är dock de ursprungliga lönsamhetskalkylerna så dåligt underbyggda att det är omöjligt att uppnå det energiutbyte som förespeglats i samband med upphandlingen. Investeringarna grundar sig i dessa fall på "glädjekalkyler".

Orsaken till att energiutbytet inte motsvarar det förväntade är i de flesta fall brister i systemlösning och dimensionering som medför att värmepumparna ej utnyttjas optimalt. Tillskottsvärme i form av fjärrvärme, eldningsolja och elenergi används i driftfall då värmepumpanläggningen kan klara hela värmebehovet.

Förutom dåligt energiutbyte förekommer i flera fall problem med temperaturhållningen i tappvarmvattensystemet. Även i dessa fall är orsaken brister i systemlösning och dimensionering.

Ett allvarligt problem, som på sikt kan medföra höga underhållskostnader, är brister i styrningen av värmepumparna. I flera fall är anläggningarnas reglersystem så utformade att värmepumparnas kompressorer går med mycket korta sammanhängande driftsperioder vilket avsevärt förkortar deras livslängd.

Generellt gäller för de studerade anläggningarna att dokumentationen i form av drift- och underhållsinstruktioner m m samt utbildningen av driftpersonalen har stora brister. Detta minskar möjligheterna att genom driftåtgärder uppnå och bibehålla optimala driftsförhållanden.

I de flesta fall saknas mätutrustning för förbrukad elenergi och levererad värmeenergi vilket omöjliggör en noggrann uppföljning av anläggningarnas drift.

Tabell 3.2 visar vilken extra besparing som bör kunna uppnås genom de i utredningen föreslagna åtgärderna. En effektivitetshöjning på 100 % är i ett par fall möjlig genom förhållandevis små investeringar. De redovisade kostnadsbesparingarna och pay-off-tiderna avser energipriset 0,30 kr/kWh.

Det finns med stor sannolikhet åtskilliga värmepumpanläggningar som i likhet med de undersökta av olika anledningar inte ger det energiutbyte som de rimligen borde göra. Om tveksamhet föreligger angående anläggningarnas effektivitet rekommenderas att genomföra besiktningar i likhet med de som gjorts i detta projekt. Om det till rimliga kostnader förefaller vara möjligt att påtagligt höja effektiviteten bör besiktningen kompletteras med en omprojektering av anläggningen. Detta för att få helt klarlagt vilka dimensioneringsförutsättningar som gäller innan förbättringsåtgärder vidtas. Efter åtgärderna bör effektivitetsförbättringen följas upp genom noggrann energistatistik.

Tabell 3.2 Energibesparing, driftkostnadsbesparing, investeringskostnader och pay-off-tid till följd av föreslagna åtgärder i värmepumpanläggningarna

Anläggning	Besparing		Investeringskr	Pay-off-tid år	Effektivitetshöjning %
	MWh/år	kr/år			
Göteborg	40	12 000	5 000	0,4	20
Mölnadal	150	45 000	50 000	1,1	100
Borås	20	6 000	20 000	3,3	9
Trollhättan	35	10 500	0	0	6
Karlskrona	50	15 000	150 000	10	21
Jönköping	70	21 000	0	0	9
Huskvarna	225	68 000	5 000	0,1	92
Stockholm	250	75 000	30 000	0,4	67
Karlskoga	25	7 500	2 000	0,3	11
Sundsvall	35	10 500	3 000	0,3	100

I samband med installationsåtgärderna kan det också vara motiverat att komplettera mätutrustningen så att både driftelmätare och värmemängdsmätare installeras. Vidare bör anläggningen dokumenteras, drift- och underhållsinstruktioner upprättas samt driftpersonalen utbildas så att förutsättningarna blir goda för den fortsatta driften.



## 1 VÄRMEPUMPINSTALLATIONER INOM HSB

## 1.1 Enkät

Enkät enligt bilaga 1 har tillställts de energiansvariga tjänstemännen på de 62 HSB-föreningarna. De begärda uppgifterna har normalt ej funnits tillgängliga på HSB-föreningarna, varför kontakter med enskilda bostadsrättsföreningar, entreprenörer m fl har varit nödvändiga för uppgiftsinsamlingen. Trots detta har det i de flesta fall ej varit möjligt att få komplett ifyllda enkäter för anläggningarna. I många fall saknas det uppgifter bland annat om energibesparingen. Det är nödvändigt att komplettera med värmemängdsmätare och elmätare för att få tillförlitliga uppgifter om energibesparingen.

Utgående från enkäten och de övriga kontakterna har en uppskattning gjorts av hur många värmepumpar som installerats i befintliga HSB-fastigheter, installationsår, värmekällor, investeringskostnader, energiutbyte m m. Vidare har konstaterats vilka driftproblem som är vanliga. Resultatet av undersökningen framgår av avsnitten 1.2 - 1.4.

## 1.2 Antal, installationsår, värmekällor m m

Enligt enkäten som genomfördes under våren 1986 har 164 värmepumpanläggningar installerats i HSB-fastigheter. Sannolikt finns fler anläggningar som uppgiftslämnarna ej har haft kännedom om.

Installationerna genomfördes till 90 % under 1984 och 1985. Resterande installationer gjordes 1983 och 1986.

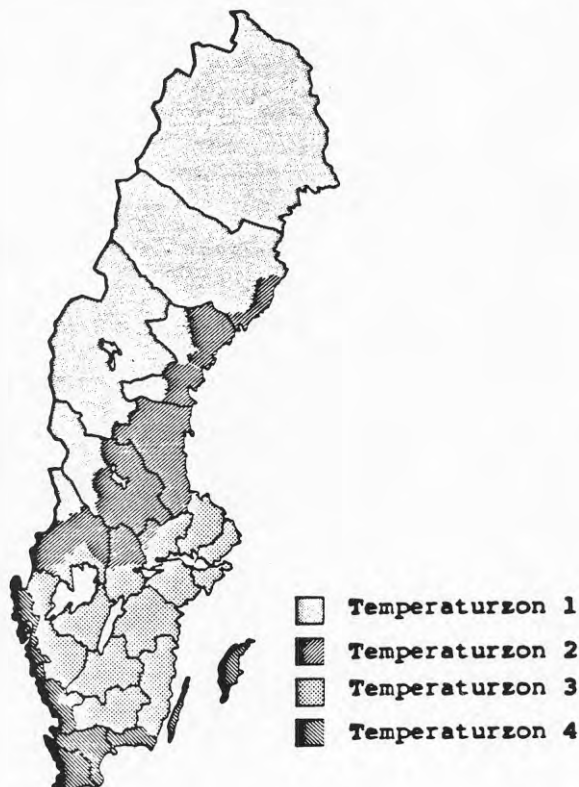
Fördelningen på olika värmekällor framgår av tabell 1.1. Med "övriga" avses berg, ytjord, grundvatten, avloppsvatten samt kombinationen av flera värmekällor. Tabell 1.1. Värmekällor för HSB:s värmepumpar

Värmekälla	Antal	%
Uteluft	49	30
Frånluft	94	57
Övriga	21	13
	164	100

I temperaturzon 1 som omfattar huvuddelen av Norrland finns endast 4 av de i enkäten uppgivna värmepumparna. Samtliga av dessa har frånluft som värmekälla. I temperaturzon 2 som omfattar större delen av Norrlandskusten och södra Norrland finns 9 frånluftsvärmepumpar och 5 uteluftsvärmepumpar. De resterande 146 värmepumparna finns samtliga i södra Sverige, i temperaturzon 3 och 4. Se tabell 1.2. Temperaturzonerna framgår av figur 1.1.

Tabell 1.2 Geografisk placering för HSB:s värmepumpar

Värme- källa	Temperaturzon								Tot ant
	1		2		3		4		
	ant	%	ant	%	ant	%	ant	%	
Uteluft	0	0	5	36	29	35	15	23	49
Frånluft	4	100	9	64	39	48	42	66	94
Övriga	0	0	0	0	14	17	7	11	21
	4	2	14	9	82	50	64	39	164



Figur 1.1. Sveriges temperaturzoner enligt SMHI

Uppgifter om värmepumpanläggningarnas avgivna effekt har endast erhållits för 126 av de 164 anläggningarna. Den totala avgivna effekten för dessa är 19 MW med fördelning på värmekällor enligt tabell 1.3.

Tabell 1.3. Avgiven effekt från 126 av HSB:s värmepumpar

Värme- källa	Antal anlägggn	Avgiven effekt (kW)	
		Total	Medeleffekt per anlägggn
Uteluft	33	6 870	208
Frånluft	76	9 840	129
Övriga	17	2 180	128
	<b>126</b>	<b>18 890</b>	<b>150</b>

Om man antar att samtliga värmepumpanläggningar som installerats i befintliga HSB-fastigheter har dessa medeleffekter är den totalt avgivna effekten ca 25 MW. Se tabell 1.4.

Tabell 1.4. Avgiven effekt från HSB:s 164 värmepumpar

Värme- källa	Antal anlägggn	Avgiven effekt (kW)	
		Total	Medeleffekt per anlägggn
Uteluft	49	10 200	208
Frånluft	94	12 100	129
Övriga	21	2 700	128
	<b>164</b>	<b>25 000</b>	<b>152</b>

### 1.3 Lönsamhet

Uppgifter om investeringskostnader har erhållits för 17 anläggningar med uteluftsvärmepumpar och 22 anläggningar med frånluftsvärmepumpar. Se tabell 1.5.

Tabell 1.5. Investeringskostnader för 39 av HSB:s värmepumpar

Värme- källa	Antal an- lägggn	Total avgiven effekt kW	Investeringskostnad		
			Total Mkr	Specifik kr/kW	Medel kr/kW
Uteluft	17	6 000	33,3	4 300- 9 800	5 500
Frånluft	22	1 600	17,5	8 000-16 700	11 000
	<b>39</b>	<b>7 600</b>	<b>50,8</b>		<b>6 700</b>

Om man antar att samtliga uteluftsvärmepumpar som har installerats inom HSB:s förvaltning har investeringskostnaden 5 500 kr/kW blir totala investeringskostnaden 56 Mkr. Analogt blir investeringskostnaden för frånluftsvärmepumpar 134 Mkr vid en kostnad av 11 000 kr/kW. För "övriga" värmepumpar antas investeringskostnaden vara densamma som för frånluftsvärmepumpar, nämligen 11 000 kr/kW, varvid totala investeringskostnaden blir 30 Mkr.

Enligt denna uppskattning har värmepumpinvesteringar på ca 220 Mkr genomförts inom HSB.

Besparingen av eldningsolja och fjärrvärme för de anläggningar där uppgifter finns om investeringskostnader och energibesparing framgår av tabell 1.6. Uppgifter om drivenergi till värmepumparna saknas i nästan samtliga fall på grund av att elmätare ej installerats. Uppgivna värmefaktorer är i de flesta fall mycket dåligt underbyggda, varför de ej kan användas vid utvärderingen. En bedömning är att uteluftsvärmepumparnas genomsnittliga systemvärmefaktor är cirka 2,2 medan frånluftsvärmepumparnas är cirka 2,7. Utgående från detta har nettobesparingarna beräknats varvid antagits att 7,8 kWh kan tillgodogöras ur varje liter eldningsolja vid oljeeldning.

Tabell 1.6. Energibesparing för 39 av HSB:s värmepumpar

Värme- källa	Antal an- lägg	Energibesparing (brutto) MWh/år olja	MWh/år fjärr- värme	Tillförd drivenergi (el) MWh/år	Netto- bespa- ring MWh/år
Uteluft	17	29 600	0	13 500	16 100
Frånluft	22	1 700	8 100	3 600	6 200
	<b>39</b>	<b>31 300</b>	<b>8 100</b>	<b>17 100</b>	<b>22 300</b>

Den årliga nettobesparingen per installerad kW blir för uteluftsvärmepumparna 2,7 MWh och för frånluftsvärmepumparna 3,9 MWh. Om man antar att besparingen 3,9 MWh/år, kW även gäller för "övriga" värmepumpar kan den totala nettobesparingen uppskattas för samtliga installerade värmepumpar. Totala besparingen för uteluftsvärmepumparna blir 27 500 MWh/år och för frånluftsvärmepumparna 47 200 MWh/år. För övriga värmepumpar blir motsvarande besparing 10 500 MWh/år. Totala nettobesparingen tack vare värmepumpinstallationerna blir således 85 200 MWh/år.



Utgående från uppgifterna i tabell 1.5 beräknas investeringskostnaden per årlig besparad kWh. För uteluftsvärmepumpar blir den  $5\,500/2\,700 = 2,0$  kr/kWh. Motsvarande för frånlufts- och övriga värmepumpar blir  $11\,000/3\,900 = 2,8$  kr/kWh.

Återbetalningstiden för uteluftsvärmepumpar respektive frånlufts- och övriga värmepumpar vid olika energipriser framgår av tabell 1.7 och 1.8.

Tabell 1.7. Återbetalningstid för HSB:s uteluftsvärmepumpar vid olika energipriser

El kr/MWh	Olja, fjärrvärme kr/MWh			
	300	250	200	150
250	6	6	13	31
300	7	10	18	85
350	8	12	28	

Tabell 1.8. Återbetalningstid för HSB:s frånlufts- och "övriga" värmepumpar

El kr/MWh	Olja, fjärrvärme kr/MWh			
	300	250	200	150
250	9	11	17	31
300	9	13	20	45
350	10	15	25	83

Av tabell 1.7 och 1.8 framgår att energipriset på de ersatta energislagen, olja eller fjärrvärme, har mycket stor inverkan på återbetalningstidens längd. Följande exempel visar hur återbetalningstiden har beräknats vid installationstillfället för en ute- och en frånluftsvärmepump samt vilken den verkliga återbetalningstiden blir om nuvarande låga oljepriser skulle bestå under lång tid.

Exempel 1: Uteluftsvärmepump

Antagna energipriser (kr/kWh)

Olja: 0,32

El: 0,30

Beräknad återbetalningstid: 6 år

Verkliga energipriser (kr/kWh)

Olja: 0,20

El: 0,30

Verklig återbetalningstid 18 år

Exempel 2: Frånluftsvärmepump  
Antagna energipriser (kr/kWh)

Olja:	0,32
El:	0,30
Beräknad återbetalningstid:	9 år
Verkliga energipriser (kr/kWh)	
Olja:	0,20
El:	0,30
Verklig återbetalningstid:	20 år

De flesta investeringarna bygger på oljepriser på 2 700 - 2 800 kr/m<sup>3</sup> och elpriser på 250 - 280 kr/MWh. Nuvärdeskalkyler grundar sig vanligen på kraftiga framtida oljeprishöjningar.

#### 1.4 Drifterfarenheter

Undersökningen har visat att likartade driftproblem förekommer i många anläggningar. Nedan följer en redovisning av förekommande problem.

- Tappvarmvattentemperaturen är för låg. Installerad elektrisk spetsvärme är otillräcklig.
- Den elektriska spetsvärmens för tappvarmvattenberedning kräver mer energi än beräknat.
- Oljepannor är i drift även perioder då värmepumparna har kapacitet för hela effektbehovet.
- Problem med styrning av värmeanläggningen efter värmepumpinstallationen.
- Uteluftvärmepumparnas avfrostning fungerar otillfredsställande. Exempelvis: avloppsrör för smältvatten fryser sönder, fläktvingarna får påfrysning.
- Driftproblem hos kompressorerna, bl a kompressorhavrier. Driftstopp på grund av utlöst högtryckspressostat eller maxbrytare förekommer.
- Uteluftvärmepumpar har utsatts för åverkan. Bl a har fläktarna skadats.
- Ytjordvärmeanläggning utsätts för åverkan.
- Otäta frånluftskanaler medför att kall luft läcker in som sänker frånluftstemperaturen före frånluftsvärmepumpens återvinningsbatteri. Detta medför att värmepumpens prestanda blir påtagligt lägre än kalkylerat.

- Dåligt isolerade frånluftskanaler i kalla utrymmen medför värmeförluster som sänker frånluftstemperaturen före frånluftsvärmepumpens återvinningsbatteri (förångare) vilket ger sämre värmefaktor än beräknat.
- Frånluftsvärmepumparnas återvinningsbatteri (förångare) sätts igen av smuts på grund av att filter saknas.
- Skiktningen i varmvattenackumulatorerna är dålig bl a på grund av VVC-ledningens inkoppling.
- Frånluftsvärmepumpar orsakar bullerproblem bl a stömljud främst från vindsplacerade värmepumpar.

I många fall blir energibesparingen påtagligt mindre än beräknat. Dessvärre saknas mätutrustning i de flesta fall, varför det är omöjligt att exakt bestämma värmepumparnas effektivitet.

I värmepumpofferter räknar man ofta med för låg pannverkningsgrad och för hög värmefaktor, vilket medför att den beräknade besparingen är högre än den verkliga.

Eftersom det är vanligt att även andra energihushållningsåtgärder genomförts i samband med värmepumpinstallationen är det många gånger svårt att avgöra hur stor energibesparing som värmepumpen åstadkommer.



## 2 PILOTANLÄGGNINGAR

## 2.1 Allmänt

Bland de 164 värmepumpplanläggningarna har 10 st utvalts att vara pilotanläggningar. Dessa anläggningar har enligt enkäten sådana brister att det i flera fall borde vara möjligt att genom olika åtgärder förbättra effektiviteten. Av tabell 2.1 framgår vilka värmekällor och avgivna effekter de 10 pilotanläggningarna har. Av anläggningarnas namn framgår den geografiska placeringen.

Tabell 2.1 Pilotanläggningar

Namn	Värmekälla	Avgiven effekt (kW)
Göteborgsanläggningen	Uteluft	52
Mölnålsanläggningen	Bergvärme	2 x 50
Boråsplanläggningen	Uteluft	84
Trollhättananläggningen	Frånluft	262
Karlskronaanläggningen	Uteluft	179
Jönköpingsanläggningen	Frånluft	212
Huskvarnaanläggningen	Frånluft	144
Stockholmsanläggningen	Kondensorvärme + frånluft	167
Karlskogaanläggningen	Uteluft	169
Sundsvallsanläggningen	Frånluft	21

Anläggningarna har besiktigats under vintern och våren 1987.

Besiktningen omfattade

- genomgång av anläggningens utformning
- kontroll av styr- och reglerfunktionerna
- kontroll av temperaturerna på värmesystemet, tappvarmvattnet, hetgasen och i förekommande fall brinen
- kontroll av effektuttagen

Kapacitetsuppgifter för uteluftsvärmepumpar avser förhållandena vid utgående värmebärartemperaturen  $+50^{\circ}\text{C}$  och utetemperaturerna  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ .

Efter besiktningarna gjordes en utredning för varje anläggning angående möjligheten till effektivitetshöjande åtgärder. Åtgärdernas investeringskostnader och driftkostnadsbesparingar beräknades varefter lönsamheten kunde uppskattas. I avsnitt 2.2 - 2.11 redovisas anläggningarnas nuvarande utförande och funktion, föreslagna åtgärder samt åtgärdernas lönsamhet. I samtliga fall antas energipriset vara 0,30 kr/kWh.

Redovisade flödesscheman visar endast principen för systemen. I anläggningar med fler värmepumpar, pannor, ackumulatörer e.t.c. visas normalt endast en komponent. Följande beteckningar används:

ACK. (ackumulator), FJ.V. (fjärrvärme), GT (temp.-givare), KV (kallvatten), P (cirk.pump), SV (styrventil), VP (värmepump), VV (varmvatten), VVB (varmvattenberedare), VVC (varmvattencirk.), VVX (värmeväxlare).

## 2.2 Göteborgsanläggningen

### 2.2.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har frånluft som värmekälla, installerades 1986 i en fastighet med 102 lägenheter och en uppvärmd yta av 4 721 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före värmepumpinstallationen ca 750 MWh/år. Fastigheten är ansluten till fjärrvärme som efter installationen används som tillsatsvärme.

Värmepumpinstallationen utgörs av två vatten/vattenaggregat med en sammanlagd kondensoreffekt av 52 kW, enligt offerterna, som även angav kompressorernas totala effektbehov till 18,2 kW. Köldmediet är R22. Anläggningen är utrustad med 8 st tappvarmvattenackumulatorer med volymen 8x500 l. Värme från fastighetens frånluftsfläktar överförs via återvinningsbatterier och köldbärare till värmepumparna, vars kondensorvärme tillförs i första hand tappvarmvattnet och i andra hand radiatorsystemet.

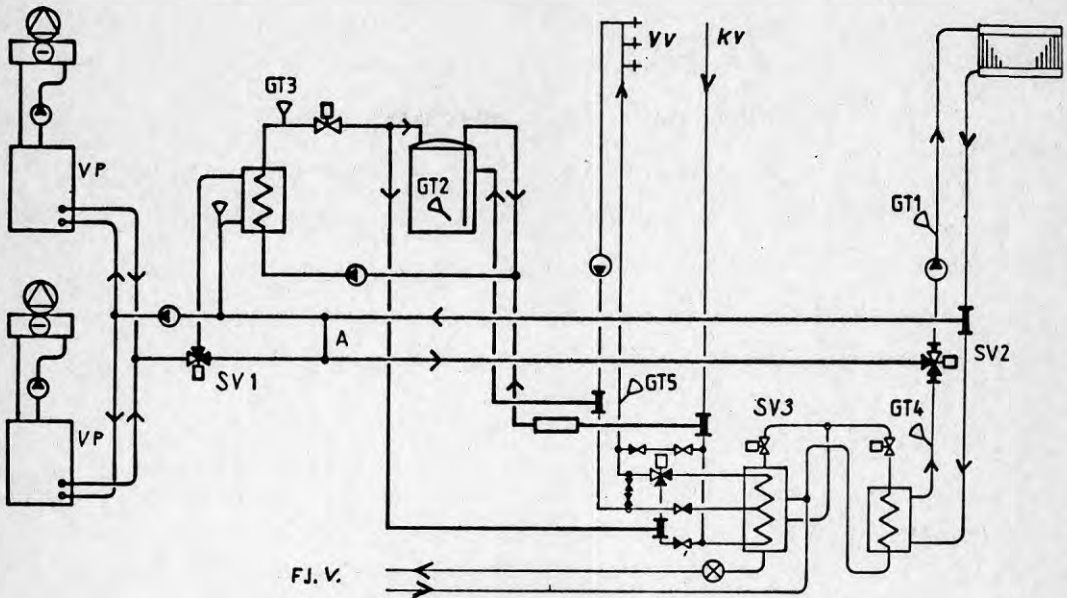
Av figur 2.1 framgår värmepumpinstallationens systemuppbyggnad. Värmepumpens driftlägen "tappvarmvattenvärmning" respektive "tappvarmvatten- och radiatorvärmning" styrs av laddningstemperaturen i tappvarmvattenackumulatorerna. Laddningstemperaturen, vid temperaturgivaren GT3, konstanthålls vid +50°C. Om temperaturen sjunker under +50°C, öppnar styrventilen SV3 så att tillskottsvärme, fjärrvärme, tillförs tappvarmvattnet. Om temperaturen stiger över +50°C öppnar styrventilerna SV1 och SV2 så att värme från värmepumpen även tillförs radiatorsystemet. Styrning sker efter en utomhustemperaturkompenserad kurva för framledningstemperaturen med hjälp av temperaturgivaren GT1.

Fjärrvärmeförsörelsen styrs av den ursprungliga styrutrustningen som ej har kommunikation med värmepumpens utrustning. Temperaturgivaren GT4 på framledningen ingår i denna utrustning.

Lönsamhetskalkylen i samband med installationen förutsatte en bruttoenergibesparing på 395 MWh/år. Drivenergibehovet beräknades till 138 MWh/år varför nettobesparingen skulle bli 257 MWh/år.

Den totala anläggningskostnaden blev ca 400 000 kr. Den kalkylerade pay-off-tiden blev därför ca 5 år vid energipriset 0,30 kr/kWh.

Den verkliga nettobesparingen har blivit ca 200 MWh/år, varför pay-off-tiden har förlängts till ca 7 år.



Figur 2.1 Göteborgsanläggningen före åtgärder

### 2.2.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningstillfället konstaterades att anläggningens prestanda ej överensstämde med de uppgifter som erhöles av fabrikanten. Den utgående köldbärartemperaturen var  $\pm 0^{\circ}\text{C}$  och den utgående värmebärartemperaturen  $+ 50^{\circ}\text{C}$ . Enligt fabrikantens kapacitetskurvor för värmepumparna blir vid dessa förhållanden den sammanlagda kondensoreffekten 42 kW och eleffektbehovet för kompressorerna ca 15 kW. Enligt de uppgifter som erhöles vid upphandlingen skulle den sammanlagda kondensoreffekten i stället vara 52 kW. Anläggningen har därför lägre kapacitet än vad som uppgivits.

Följande åtgärder föreslås för att öka anläggningens effektivitet (Se figur 2.2):

Styrventilen SV2 som är förreglad av SV1 medför att värmepumpen ej kan köras tillsammans med fjärrvärmesystemet. Denna bör därför demonteras. Vid besiktningstillfället var ventilen bortkopplad från reglerutrustningen.

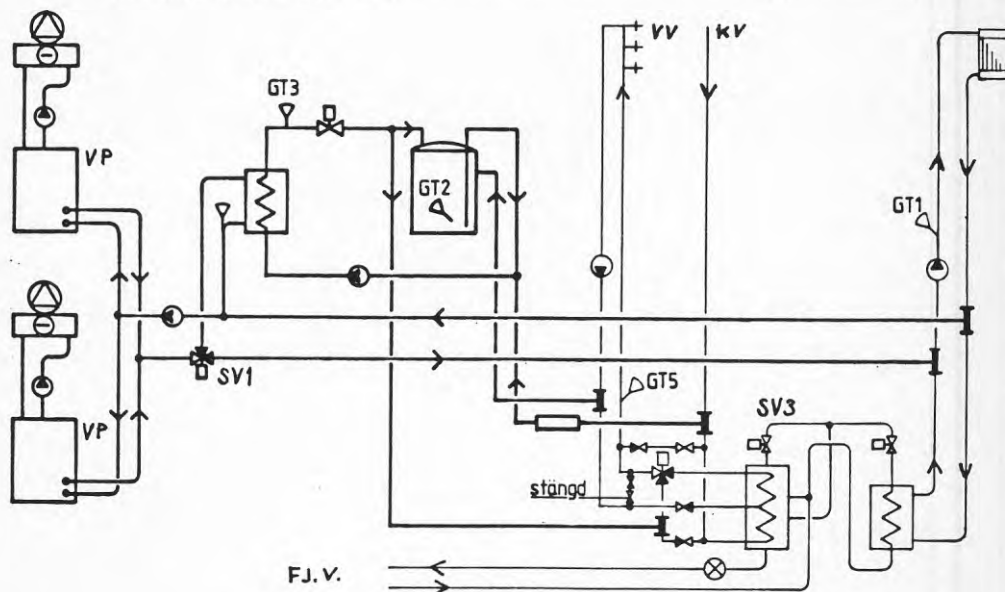
I värmeledningen från värmepumparna till radiatorsystemet finns en förbindelseledning, märkt A, mellan fram- och returledning som "kortslater" systemet. Denna ledning fyller ingen funktion då styrventilen SV2 är demonterad och bör demonteras. Om den bibehålls finns risk för inblandning av varmt vatten i returledningen före värmepumpen med sämre energiutbyte som följd.

En förbindelseledning mellan tappvarmvatten- och VVC-ledningen, som tillhör den ursprungliga installationen, bör hållas stängd med hjälp av avstängningsventilen i ledningen. I annat fall tillförs kontinuerligt tillskottsvärme från fjärrvärmesystemet även om värmepumparnas kapacitet är tillräcklig.

Den befintliga reglercentralen för radiatorkretsen bör kopplas ur. I stället bör värmepumparna och styrventilen SV1 för radiatorsystemet sekvensstyras av värmepumparnas reglercentral.

Genom de föreslagna åtgärderna förhindras att fjärrvärme utnyttjas "i onödan" då värmepumpen har tillräcklig kapacitet. Kostnaderna för demontering av styrventil SV2 och förbindningsledning A samt inkoppling av radiatorkretsen på värmepumparnas reglerutrustning uppskattas till ca 5 000 kr.

Genom dessa åtgärder bör den inköpta energin för uppvärmning minska med i storleksordningen 40 MWh/år. Vid energipriset 0,30 kr/kWh blir den årliga besparingen 12 000 kr vilket gör att pay-off-tiden för åtgärderna endast blir 0,4 år.



Figur 2.2 Göteborgsanläggningen efter åtgärder



## 2.3 Mölndalsanläggningen

### 2.3.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har bergvärme som värmekälla, installerades 1986 i en fastighet med 56 lägenheter och en uppvärmd yta av 3 048 m<sup>2</sup>. Fastigheten har två oljeeldade panncentraler som har kompletterats med två likadana värmepumpanläggningar. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen ca 80 m<sup>3</sup> eldningsolja/år, vilket motsvarar ca 630 MWh/år.

Värmepumpinstallationen för vardera panncentralen utgörs av två stycken vatten/vatten-värmepumpar uppställda i panrummet med en sammanlagd kondensoreffekt av ca 50 kW. Kompressorernas totala effektbehov är drygt 20 kW.

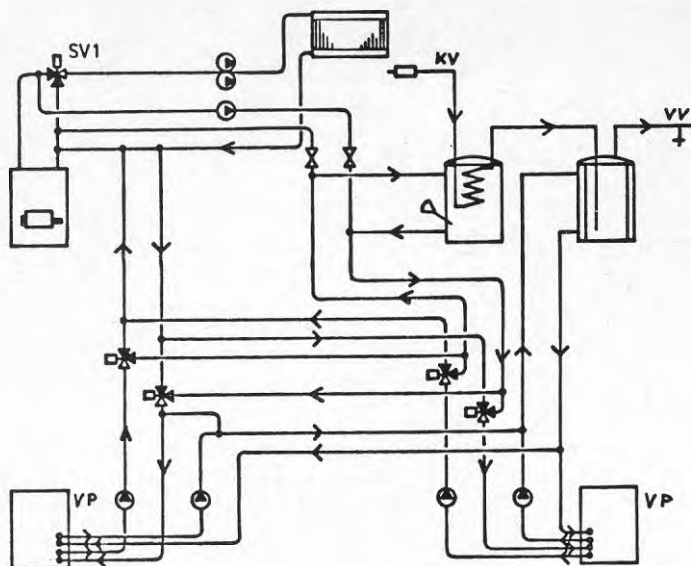
Anläggningen är utrustad med en batteriberedare på 500 l och en dubbelmantlad förrådsberedare som också har volymen 500 l.

Av figur 2.3 framgår värmepumpanläggningens systemuppbyggnad. Tappvarmvattnet värms av värmepumparnas kondensorer som laddar batteriberedaren. Dessutom tillför värmepumparnas hetgasvärmeväxlare värme till förrådsberedarens yttermantel. Värmepumpens driftslägen "tappvarmvattenvärmning" respektive "radiator- och tappvarmvattenvärmning" styrs av temperaturgivare i batteriberedaren. Vid radiatordrift styrs värmepumparna och styrventilen SV1 efter en utetemperaturkompenserad kurva. Start av oljepannorna sker på signal från värmepumparnas returledning.

Någon möjlighet att spetsvärma tappvarmvattnet med oljepannorna finns inte. Vid fel på värmepumparna sker manuell inkoppling av oljepannorna till batteriberedaren.

Ingen lönsamhetskalkyl upprättades i samband med installationen. Enligt de bedömningar som gjordes efter besiktningen borde nettoenergibesparingen kunna bli ca 305 MWh/år. Investeringskostnaderna uppgick till 600 000 kr varför pay-off-tiden borde vara ca 6,5 år. Uppgifter om den verkliga energibesparingen föreligger ej på grund av bristfällig energistatistik och kort drifttid efter färdigställandet.

Anläggningen fungerar ej tillfredsställande vilket främst konstaterats genom stora pendlingar i tappvarmvattnets temperatur.



Figur 2.3. Mölndalsanläggningen före åtgärder

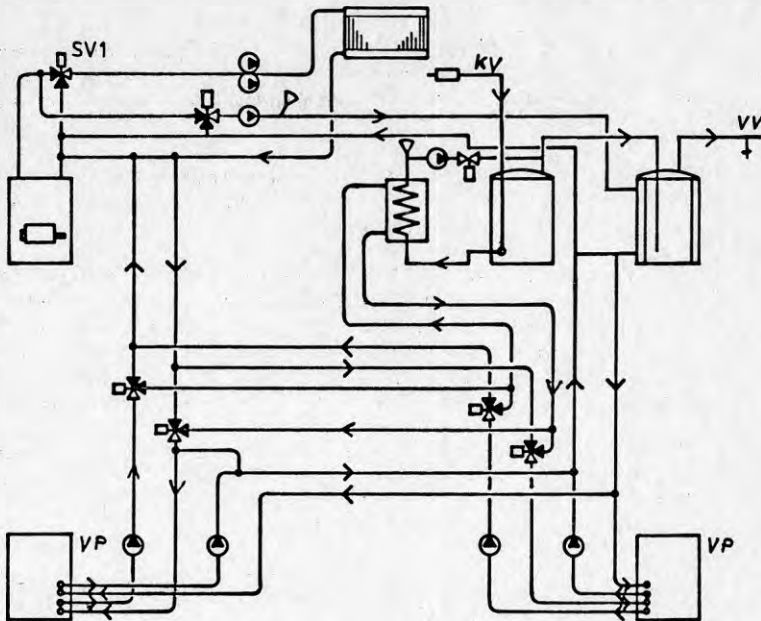
### 2.3.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningen konstaterades att tappvarmvattentemperaturen varierade mellan ca 35 - 55°C vid tappstället i panncentralen. Detta indikerade att tappvarmvattenberedaren har för låg kapacitet för värmepumpsapplikationen.

Styrningen av värmepumpar och oljepannor fungerar inte tillfredsställande. Trots att värmepumpar och oljepannor styrs av gemensam reglerutrustning fungerade inte samkörningen. Både oljepannor och värmepumpar har intermittent drift. Dessutom styrs inte huvudshuntventilen SV1 av värmepumpens reglerutrustning enligt funktionsbeskrivningen utan av en separat avancerad reglercentral. Orsaken till den dåliga funktionen är i detta fall att en befintlig temperaturgivare har använts som ej är avsedd för den aktuella typen av reglercentral. För att komma tillrätta med problemen föreslås följande åtgärder. Se figur 2.4.

Konstant tappvarmvattentemperatur erhålls om batteriberedaren ersätts med en värmeväxlare och en förrådsberedare med volymen 1 000 l. För att förbättra driften bör dessutom oljepannorna inkopplas till den dubbelmantlade beredaren och reglerutrustning för tillskottsvärme från pannorna installeras. Vidare måste styrutrustningen ses över för hela anläggningen.

Genom dessa åtgärder bör problemen med pendlingar i varmvattentemperaturen undvikas samtidigt som driftförhållandena för värmepumparna förbättras genom att längre sammanhängande driftperioder uppnås. Detta bör resultera i att nettobesparingen ökar med i storleksordningen 150 MWh/år. Investeringskostnaden bedöms uppgå till ca 50 000 kr varför pay-off-tiden blir 1,1 år vid energipriset 0,30 kr/kWh. Åtgärderna måste betraktas som mycket angelägna eftersom den intermittenta driften av värmepumparna kan förkorta deras livslängd avsevärt.



Figur 2.4 Mölndalsanläggningen efter åtgärder

## 2.4 Boråsanläggningen

### 2.4.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har uteluft som värmekälla, installerades 1985 i en fastighet med 75 lägenheter och en uppvärmd yta av 4 403 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen ca 100 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande ca 780 MWh/år. Fastigheten har även idag egen oljeeldad panncentral.

Värmepumpinstallationen utgörs av 4 st luft/vattenvärmepumpar uppställda på samma plats utomhus med en sammanlagd kondensoreffekt av 84 kW enligt fabrikantens specifikation. Kompressorernas totala effektbehov är 32 kW. Köldmediet är R22. Anläggningen är utrustad med 5 st ackumulatörer för radiatorvatten med volymen 5x750 l. Ackumulatörerna är försedda med batterier för tappvarmvattenvärmning. Dessutom finns en elektrisk tappvarmvattenberedare med volymen 500 l.

Av figur 2.5 framgår värmepumpinstalleringens systemuppbyggnad. Värmepumparna styrs internt av termostat så att det utgående värmevattnet från kondensatorerna skall vara drygt 50°C.

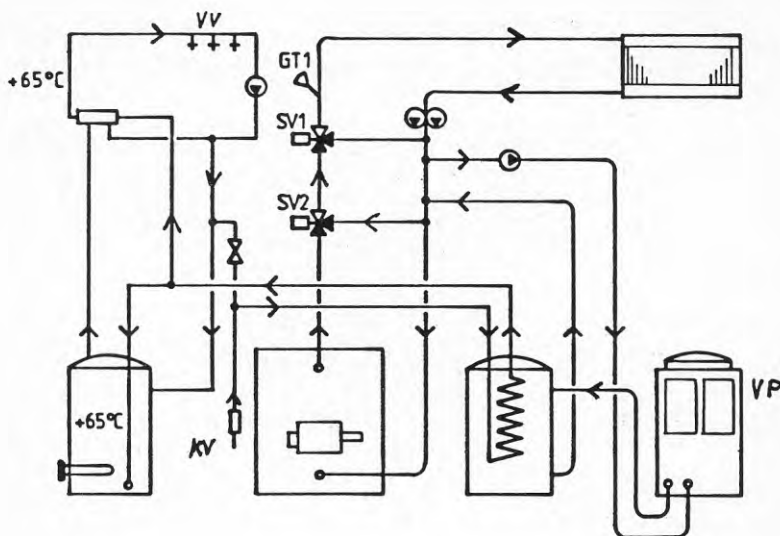
Tappvarmvattnet värms i ackumulatorernas varmvattenbatterier. Slutlig värmning till +65°C sker i den elektriska varmvattenberedaren.

Radiatorsystemet erhåller värme från värmepumparna genom att returvattnet från ackumulatorerna tillförs radiatorsystemets returledning varefter tillskottsvärmning sker med oljepannorna. Temperaturstyrning sker genom sekvensstyrning av styrventilerna SV1 och SV2 efter en utetemperaturkompenserad kurva för framledningstemperaturen.

Lönsamhetskalkylen i samband med installationen förutsatte en bruttobesparing på 579 MWh/år. Drivenergibehovet beräknades till 175 MWh/år, varför nettobesparingen skulle bli 404 MWh/år.

Den totala anläggningskostnaden blev ca 550 000 kr. Den kalkylerade pay-off-tiden blev därför ca 4,5 år vid energipriset 0,30 kr/kWh.

Den verkliga nettobesparingen har blivit ca 220 MWh/år varför pay-off-tiden har förlängts till drygt 8 år.



Figur 2.5. Boråsanläggningen före åtgärder

#### 2.4.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningen konstaterades att värmesystemets returledning till oljepannorna hade extremt låg temperatur ca +40°C. Detta medför stor risk för kondens och korrosionsskador på de rökgasberörda konvektionsytorna i pannorna. För att höja returtemperaturen bör en panncirkulationskrets installeras. Vidare bör en värmeväxlare anslutas till panncirkulationskretsen för värmetillförsel från oljepannorna till den elektriska varmvattenberedaren. Fördelen är att elektrisk tillsatsenergi ej erfordras under de perioder då oljepannorna är i drift.

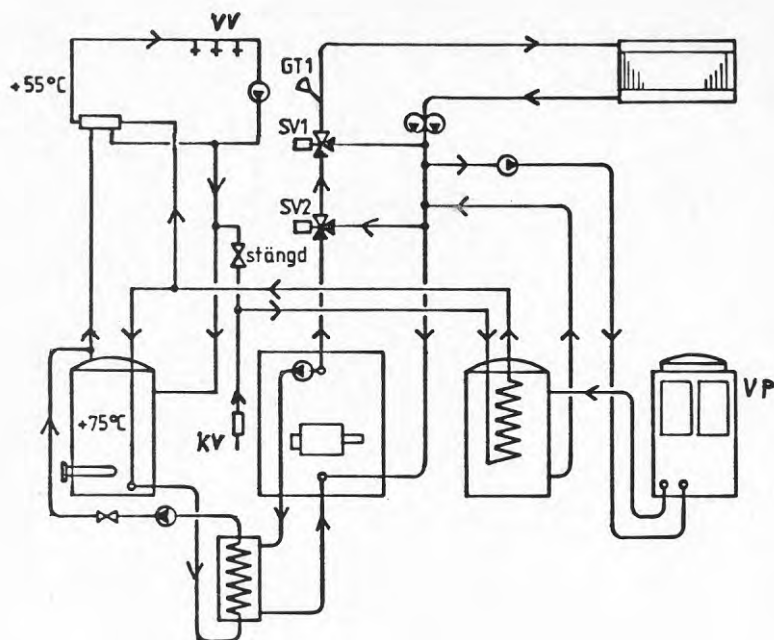
Det kan också vara lämpligt att hålla VVC-tillförseln till tappvarmvattenackumulatortank stängd eftersom VVC-temperaturen åtminstone vid besiktningstillfället var högre än ackumulatortemperaturen.

Den utgående tappvarmvattentemperaturen var inställd på +65°C efter blandningsventilen. Med denna inställning töms vattnet i den elvärmda varmvattenberedaren snabbt och ersätts av 45-gradigt vatten från värmepumparnas ackumulatörer. Detta medför stort elvärmebehov och pendlingar i vattentemperaturen. För att bättre kunna utnyttja energi från värmepumparna är det därför angeläget att sänka temperaturen på utgående tappvarmvatten. Samtidigt undviks pendlingar i värmesystemet och onödiga förluster från rörledningarna. Enligt Svensk Byggnorm 1980 godtas en varmvattentemperatur av +45°C för diskändamål. I anläggningen uppmättes temperaturen +55°C vid längst bort belägna tappstället då det utgående tappvarmvattnet från värmecentralen höll temperaturen +65°C. Det bör alltså vara möjligt att utan olägenheter sänka tappvarmvattentemperaturen med 5-10°C.

De föreslagna åtgärderna framgår av figur 2.6.

Genom de föreslagna åtgärderna utnyttjas värmepumpinstallationen bättre vilket medför att behovet av energi från oljepannorna och i synnerhet elenergi till tappvarmvattenberedaren minskar. Kostnaderna för åtgärderna uppskattas till ca 20 000 kr.

Energibesparingen till följd av bättre utnyttjande av värmepumpanläggningen uppskattas till 20 MWh/år. Vid energipriset 0,30 kr/kWh blir den årliga besparingen 6 000 kr och pay-off-tiden 3,3 år.



Figur 2.6. Boråsanläggningen efter åtgärder

## 2.5 Trollhättananläggningen

### 2.5.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen som har uteluft som värmekälla installerades 1985 i en fastighet med 184 lägenheter. Den uppvärmda ytan är 14 000 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen ca 250 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande 1 950 MWh/år.

Installationen utgörs av två luft/vatten-aggregat uppställda på samma plats utomhus med en sammanlagd kondensoreffekt av ca 262 kW. Kompressorernas totala effektbehov är ca 95 kW. Köldmediet är R22.

Anläggningen är utrustad med 2 st förrådsberedare med volymen 2 x 500 l samt en elektriskt värm� förrådsberedare för tappvarmvatten med volymen 500 l.

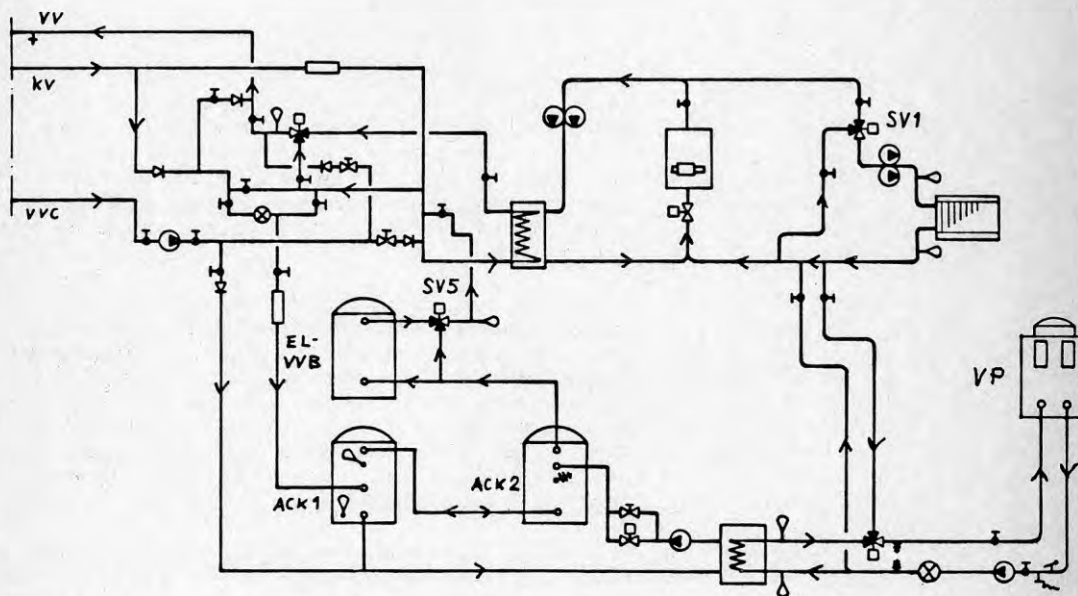
Av figur 2.7 framgår värmepumpinstalleringens systemuppbyggnad. Värmepumparna styrs internt av termostat så att värmevattnet blir drygt 50°C. Tappvarmvattnet värms av värmepumpen som via värmeväxlare laddar förrådsberedarna. Tillsatsvärme tillförs antingen från den elektriska varmvattenberedaren eller över värmeväxlare som värms med hetvatten från oljepannorna.

Radiatorsystemet erhåller värme från värmepumparna i returledningen. Temperaturstyrning sker genom sekvensstyrning av värmepumparna i ett steg och genom styrventilen SV1 efter en utetemperaturkompenserad kurva för framledningstemperaturen.

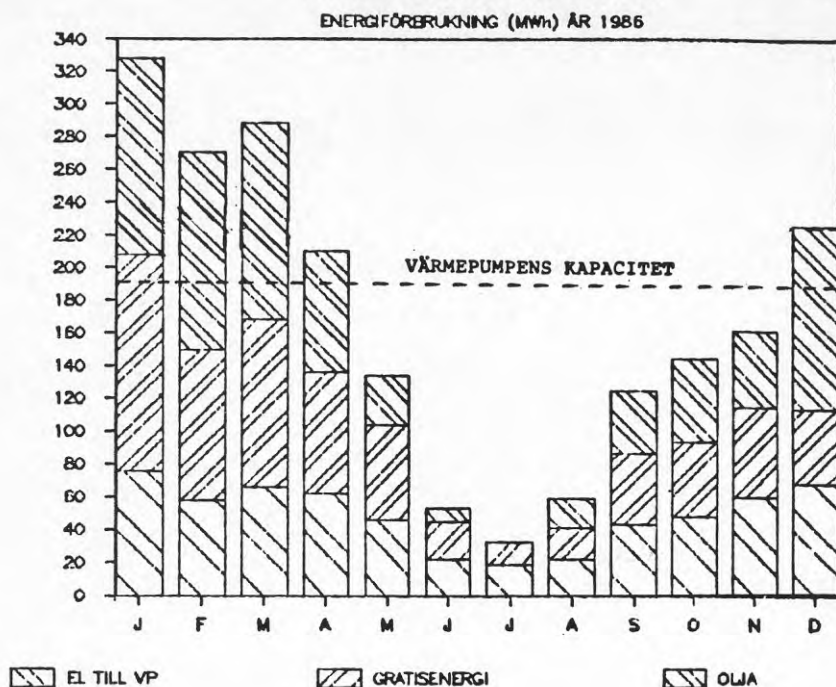
Lönsamhetskalkyler har ej upprättats i samband med installationen. Den uppnådda besparingen uppgår till ca 610 MWh/år. Eftersom investeringskostnaden var ca 1 200 000 kr är alltså pay-off-tiden 6,5 år vid energipriset 0,30 kr/kWh.

Värmepumpens bidrag till värmeförsörjningen framgår av figur 2.8.

Anläggningen har ej fungerat tillfredsställande eftersom flera kompressorhaverier har inträffat.



Figur 2.7 Trollhättananläggningen



Figur 2.8 Trollhättananläggningen. Värmepumpens bidrag till värmeförsörjningen

### 2.5.2 Åtgärdsförslag

Vid besikningstillfället kunde inga fel konstateras beträffande anläggningens funktion. Ackumulatorvolymen för tappvarmvatten bedöms dock vara relativt liten. För att konstatera om volymen är tillräcklig föreslås en långtidsmätning av temperaturen med temperaturgivare placerade efter styrventilen SV5 samt efter ackumulator ACK 2.

Av den energistatistik som föreligger framgår att man har oljeförbrukning även under sommarperioden. Med hänsyn till värmepumpens kapacitet bör ingen tillsatsenergi erfordras under perioden maj - september. Trots detta har ca 7,5 m<sup>3</sup> olja förbrukats under denna period. Man bör därför pröva med att manuellt stänga av oljeanläggningen under denna period eller att modifiera styrningen av den drift dator som finns installerad så att inkoppling av oljepannorna fördröjs ytterligare.

Med hänsyn till att anläggningen har 8 kompressorer bör dessa sekvensstyras vid radiatordriftsfallet för att nedbringa antalet start och stopp. Denna möjlighet har ej utnyttjats trots att anläggningens drift dator kan programmeras för detta ändamål.



Genom att undvika oljeeldning sommartid bör nettoenergibesparingen öka med i storleksordningen 35 MWh. Detta uppnås utan några investeringar.

## 2.6 Karlskronaanläggningen

### 2.6.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har uteluft som värmekälla, installerades 1985 i en fastighet med 60 lägenheter och kontorslokaler med en sammanlagd uppvärmd yta av 8 432 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmningen var före värmepumpinstallationen ca 135 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande 1 050 MWh/år.

Värmepumpinstallationen utgörs av två luft/vatten-aggregat uppställda på samma plats utomhus med en sammanlagd kondensoreffekt av 179 kW. Kompressorernas totala effektbehov är ca 68 kW. Köldmediet är R22.

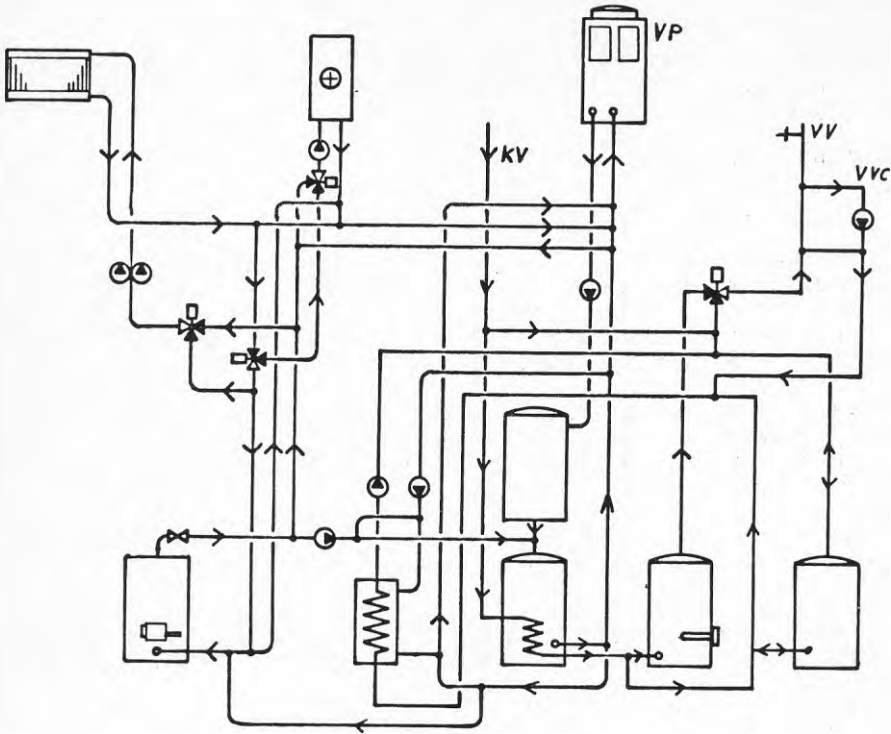
Anläggningen är utrustad med 6 st förrådsberedare med en volym av 6 500 l samt en elvarmvattenberedare med volymen 1 000 l.

Av figur 2.9 framgår värmepumpinstallationens systemuppbyggnad. Värmepumparna styrs internt av termostat så att det utgående värmevattnet från kompressorerna håller temperaturen ca 50°C.

Värmepumparnas utgående värmevatten förvärmer i första steget tappkallvattnet. Efter att ha passerat första steget går värmevattnet vidare ut på radiatorsystemet och till luftvärmare samt till värmeväxlare för tappvarmvattenvärmning i steg två. Spetsning av tappvarmvattnet sker i steg ett med oljepannan och i ett tredje steg med elvarmvattenberedaren.

Tillskottsvärme till radiatorer och luftvärmare sker med oljepannorna.

Lönsamhetskalkylen i samband med installationen förutsatte en nettoenergibesparing på 880 MWh. Den totala anläggningskostnaden blev ca 1 200 000 kr. Den kalkylerade pay-off-tiden blir därför 4,5 år vid energipriset 0,30 kr/kWh. Den verkliga nettoenergibesparingen har i stället blivit ca 235 MWh/år varför pay-off-tiden har förlängts till 17 år.



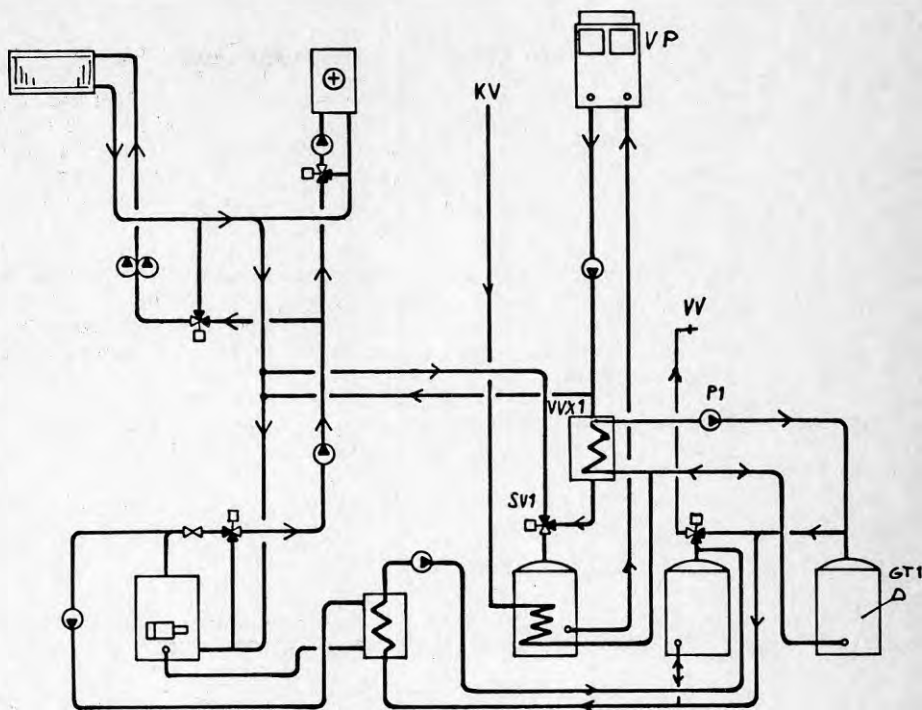
Figur 2.9 Karlskronaanläggningen före åtgärder

### 2.6.2 Åtgärdsförslag

Anläggningen har fått en mycket komplicerad och oöverskådlig uppbyggnad. Funktionen skulle avsevärt kunna förbättras om anläggningen ändrades i enlighet med figur 2.10. Figuren visar inte den kompletta anläggningen utan endast principen.

Värme pumparna styrs på samma sätt som tidigare med hjälp av egen interntermostat. Tappvarmvattenprioritering sker när temperaturen vid temperaturgivaren GT1 understiger inställt värde. Då är styrventilen SV1 öppen mot värmeväxlaren VVX1. Vid radiatorvärmning stoppar pump P1 och styrventilen SV1 stänger mot värmeväxlaren VVX1.

Nettobesparingen bedöms med dessa åtgärder kunna förbättras med ca 50 MWh/år. Investeringskostnaden blir i storleksordningen 150 000 kr varför pay-off-tiden uppgår till 10 år vid energipriset 0,30 kr/kWh. Det är således knappast lönsamt att bygga om anläggningen enligt åtgärdsförslaget.



## 2.10 Karlskronaanläggningen efter åtgärder

### 2.7 Jönköpingsanläggningen

#### 2.7.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har uteluft som värmekälla, installerades 1984 i en fastighet med 156 lägenheter och med en uppvärmd yta av 9 736 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före värmepumpinstallationen ca 235 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande 1 830 MWh/år. Värmepumpinstallationen utfördes samtidigt som fastigheten anslöts till fjärrvärme.

Värmepumpinstallationen utgörs av en vatten/vatten-värmepump. Värmepumpens kondensoreffekt är 212 kW. Kompressorns eleffektbehov är 60 kW. Köldmediet är R22.

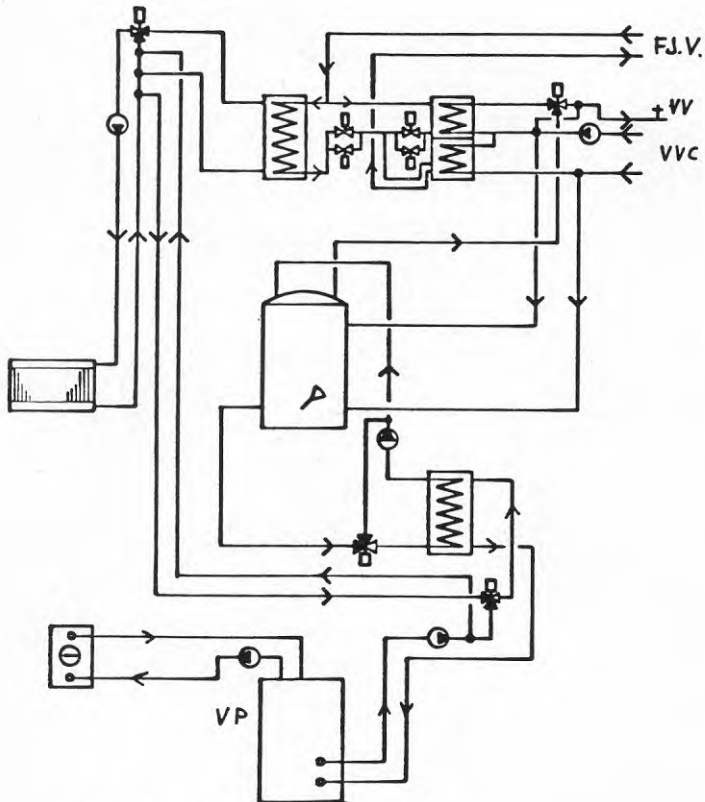
Anläggningen är utrustad med tre stycken förrådsberedare för tappvarmvatten med en volym av 3 x 2 500 l.

Av figur 2.11 framgår värmepumpenläggningens systemuppbyggnad. Värmepumpen är antingen inkopplad för tappvarmvattenvärmning eller radiatorvärmning och tappvarmvattenvärmning samtidigt. Val av driftsfall styrs av temperaturen i förrådsberedaren. Styrning av radiatortemperaturen sker genom sekvensstyrning av värmepump och styrventil för fjärrvärme efter en utetemperaturkompenserad kurva.

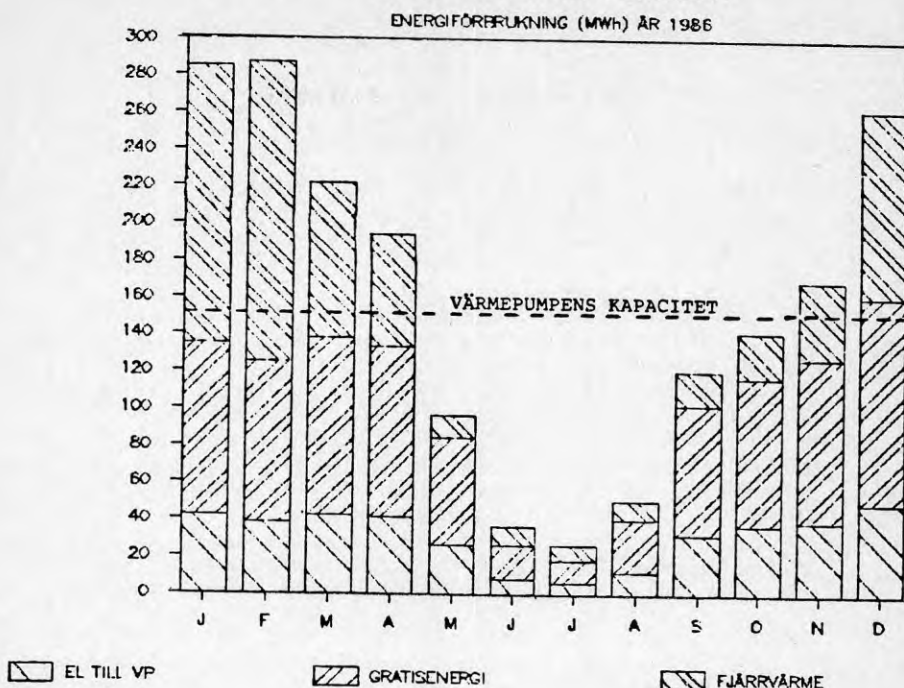
Lönsamhetskalkylen i samband med installationen förutsatte en nettoenergibesparing på 954 MWh/år. Den totala anläggningskostnaden blev ca 1 500 000 kr varför den kalkylerade pay-off-tiden blev 5 år vid energipriset 0,30 kr/kWh.

Den verkliga nettobesparingen blev ca 800 MWh/år varför pay-off-tiden har förlängts till 6,3 år.

Av figur 2.12 framgår värmepumpens bidrag till värmeförsörjningen.



Figur 2.11 Jönköpingsanläggningen



Figur 2.12 Jönköpingsanläggningen. Värmepumpens bidrag till värmeförsörjningen

### 2.7.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningen konstaterades inga uppenbara fel i anläggningens funktion. Köldbärartemperaturen var ca  $1^{\circ}\text{C}$  lägre än vad som framgick av dimensioneringsdata vilket ger ca 4 % lägre kondensoreffekt än beräknat.

Av den statistik som föreligger visar det sig att man har fjärrvärmeförbrukning under sommaren när värmepumpen borde klara hela uppvärmningsbehovet.

En möjlighet att förbättra effektiviteten är att manuellt stänga av fjärrvärmem för perioden maj t o m september då värmepumpen bör ha kapacitet för värmeförbrukning. Detta skulle medföra en energibesparing på i storleksordningen 70 MWh/år utan någon investering.

Anledningen till att värmepumpen anläggningen har uppfattats som dålig är att lönsamhetskalkylen var något optimistisk. Den uppgivna energibesparingen 954 MWh/år är knappast möjlig att uppnå med den installerade värmepumpen anläggningen.

## 2.8 Huskvarnaanläggningen

### 2.8.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen som har frånluft som värmekälla, installerades 1985 i en fastighet med 105 lägenheter och en uppvärmd yta av 7 147 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen 145 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande 1 130 MWh/år.

Värmepumpinstallationen utgörs av tre separata värmepumpinstallationer som är placerade i vart och ett av de tre punkthus som är belägna på fastigheten. Varje anläggning består av fyra vatten/vatten-aggregat varför hela värmepumpinstallationen således utgörs av 12 värmepumpar. Den totala kondensoreffekten är enligt fabrikanter 144 kW och kompressorernas sammanlagda eleffektbehov är 60 kW. Köldmediet är R22.

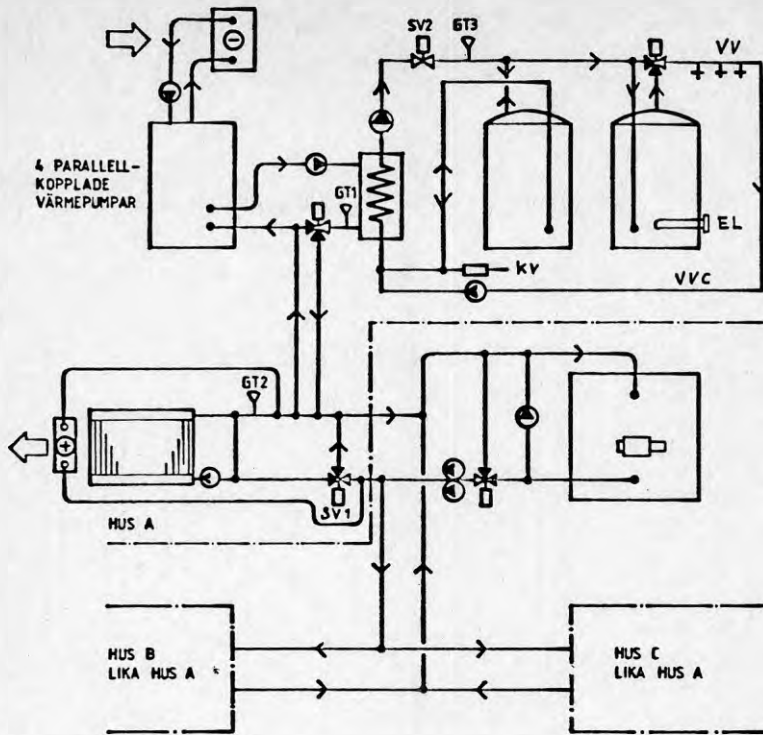
Av figur 2.13 framgår värmepumpinstallationens systemuppbyggnad. Varje värmepump styrs av en intern termostat så att det utgående värmevattnet från kondensatorerna håller temperaturen drygt 50°C. Anläggningen styrs med prioritering för tappvarmvattenberedning. Värmepumparna går över i radiator drift om temperaturen vid GT1 överstiger 45°C och temperaturen vid GT2 understiger 45°C. Temperaturstyrning av radiatortemperaturen sker genom styrning av trevägsventil SV1 efter utetemperaturkompenserad kurva för framledningstemperaturen. Tillsatsvärme till radiatorsystemet tillförs genom styrning av huvudshunten efter en utetemperaturkompenserad framledningsskurva.

Av figur 2.14 framgår värmepumparnas bidrag till värmeförsörjningen.

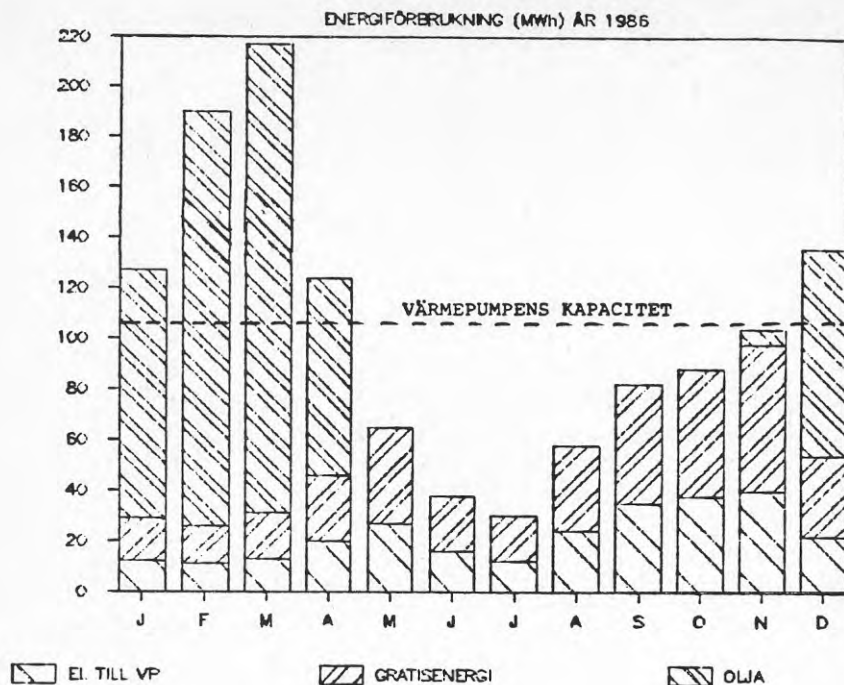
Lönsamhetskalkylen i samband med installationen förutsatte en bruttobesparing av 910 MWh/år. Drivenergibehovet uppskattades till 380 MWh/år varför nettobesparingen skulle bli 530 MWh/år.

Den totala anläggningskostnaden blev ca 1 000 000 kr varför den kalkylerade pay-off-tiden blev 6,3 år.

Den verkliga nettobesparingen har blivit ca 245 MWh/år varför pay-off-tiden har förlängts till ca 14 år.



2.13 Huskvarnaanläggningen före åtgärder



Figur 2.14 Huskvarnaanläggningen. Pumparnas bidrag till värmeförsörjningen

### 2.8.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningstillfället konstaterades att värmebärartemperaturen från värmepumpen ligger 4 - 8°C lägre än beräknat och att köldbärartemperaturen är 3 - 4°C lägre än beräknat.

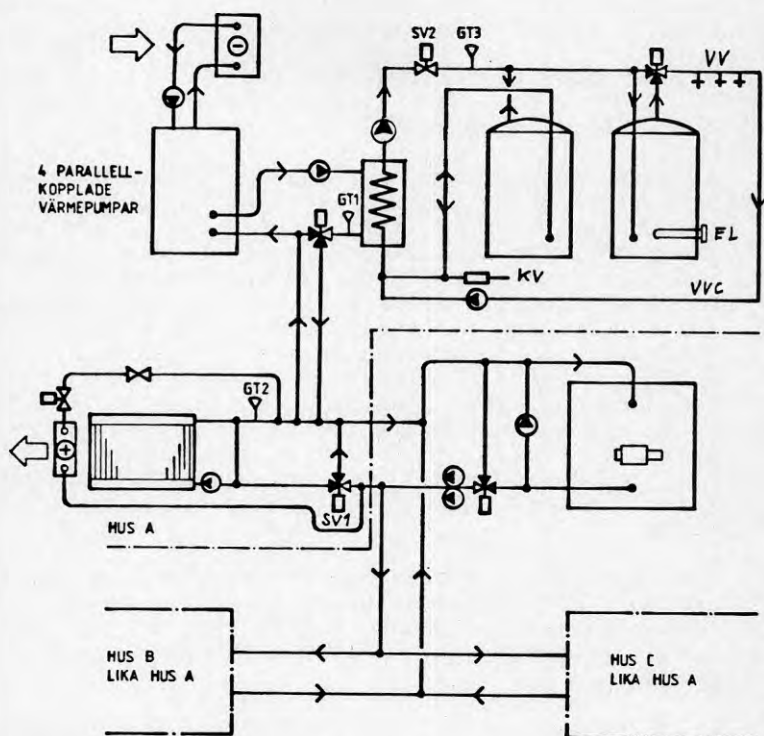
För att förbättra effektiviteten föreslås att värmepumparnas driftermostat ställs upp så att den utgående värmetemperaturen blir ca 50°C i enlighet med dimensioneringsförutsättningarna. Vidare bör man öka flödet genom kondensorererna genom att öppna de handreglerade styrventiler som finns vid varje kondensator. På så sätt ökas värmeuttagen från värmepumparna.

Hetvattenbatterier för luftvärmare bör förses med styrventiler för manuell inreglering. Hetvattenbatterierna i torkrummen bör kompletteras med magnetventil.



Genom de föreslagna åtgärderna som framgår av figur 2.15 utnyttjas värmepumparna bättre vilket innebär att oljepannorna ej behöver utnyttjas i lika hög grad som hittills. Nettoenergisparringen uppskattas till ca 225 MWh/år. Vid energipriset 0,30 kr/kWh blir därför den årliga besparingen ca 70 000 kr. Investeringen bedöms uppgå till ca 5 000 kr varför pay-off-tiden endast blir ca 0,1 år.

Denna anläggning har redan åtgärdats i enlighet med förslagen ovan. Effektivitetsförbättringen överensstämmer väl med bedömningen.



Figur 2.15 Huskvarnaanläggningen efter åtgärder

## 2.9 Stockholmsanläggningen

### 2.9.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen utnyttjar frånluft från garage samt kondensorvärme från butikskyla som värmekälla. Den installerades 1984 i en fastighet med 89 lägenheter samt affärslokaler. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen ca 256 m<sup>3</sup> eldningsolja/år motsvarande 2 000 MWh/år. I samband med värmepumpinstallationen installerades fjärrvärme samt värmeväxlare för värmeåtervinning mellan från- och tilluft.

Värmepumpinstallationen utgörs av två luft/vattenaggregat varav ett utnyttjas för återvinning av värme från garageventilationsluften och ett för återvinning av kondensorvärme från butikskyla. Den sammanlagda kondensoreffekten är 167 kW. Kompressorernas totala effektbehov är 53 kW. Köldmediet är för garagevärmepumpen R22 och för kondensorvärmepumpen R12.

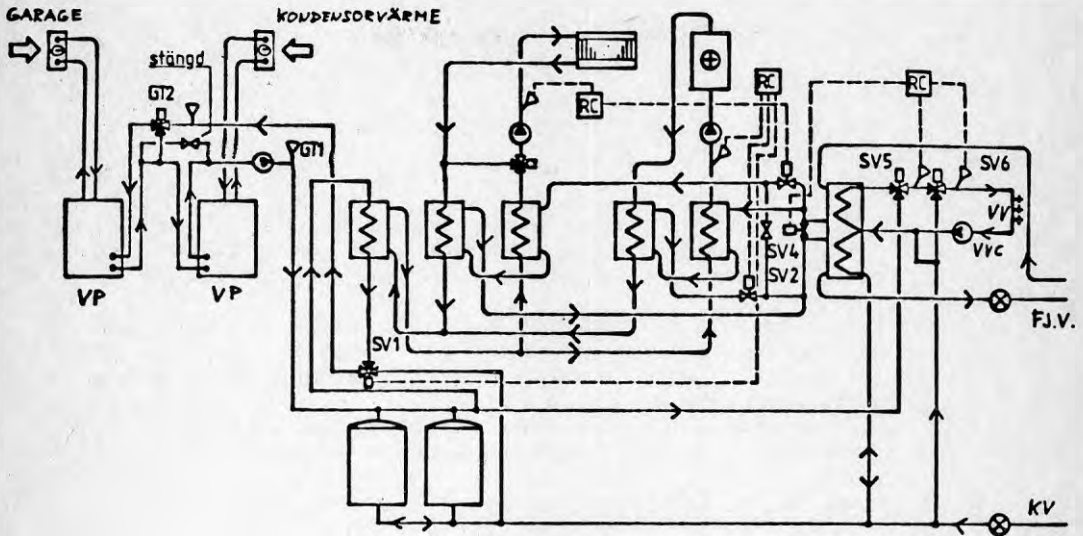
Anläggningen är utrustad med två förrådsberedare på 2 x 2 000 l som värms direkt av värmepumparnas kondensorer utan mellanväxling.

Av figur 2.16 framgår systemuppbyggnaden. Värmepumparna styrs internt så att det utgående värmevattnet, i detta fall tappvarmvattnet från kondensorerna, skall hålla drygt 50°C. Värme tillförs radiator- och tappvarmvattensystemen genom att tappvatten från förrådsberedaren värmväxlas mot respektive system. Styrning sker genom sekvensstyrning av styrventilerna SV1 och SV2 efter en utetemperaturkompenserad framledningskurva.

Lönsamhetskalkylen i samband med investeringen förutsatte en extra energibesparing på 640 MWh/år genom värmepumparna. Detta innebär vid energipriset 0,30 kr/kWh en årlig besparing på 190 000 kr. Den totala anläggningskostnaden blev 800 000 varför den kalkylerade pay-off-tiden blir 4 år.

Den totala nettoenergibesparingen genom värmepumpinstallationen och installation av värmeväxlare i ventilationssystemet beräknades bli 980 MWh/år. Den verkliga totala nettoenergibesparingen blev dock endast ca 375 MWh/år.

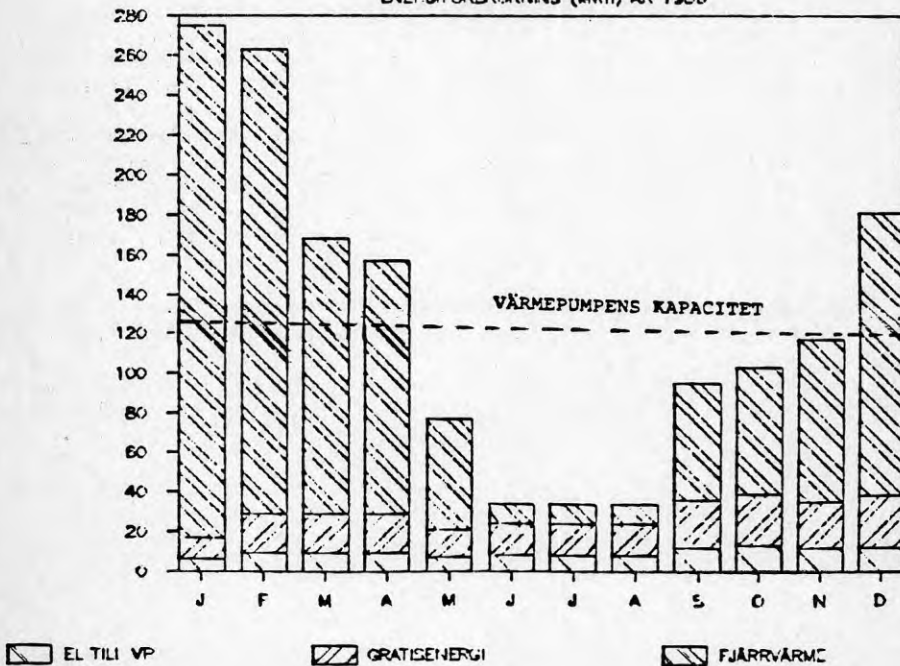
Av figur 2.17 framgår värmepumparnas bidrag till värmeförsörjningen.



Figur 2.16 Stockholmsanläggningen före åtgärder

### STOCKHOLMSANLÄGGNINGEN

ENERGIFÖRBRUKNING (MWh) ÅR 1986



Figur 2.17 Stockholmsanläggningen. Värmepumparnas tillskott till värmeförsörjningen

### 2.9.2 Åtgärdsförslag

Vid besiktningen konstaterades att tappvarmvattnets temperatur pendlade påtagligt vilket medförde att fjärrvärme kontinuerligt måste tillföras för att hålla önskad tappvarmvattentemperatur.

För att få en jämn och hög temperatur på tappvarmvattnet krävs shuntning så att returtemperaturen till värmepumparna höjs. Vidare bör värmeväxlaren för radiator- och ventilationssystemet sitta i värmepumparnas framledning.

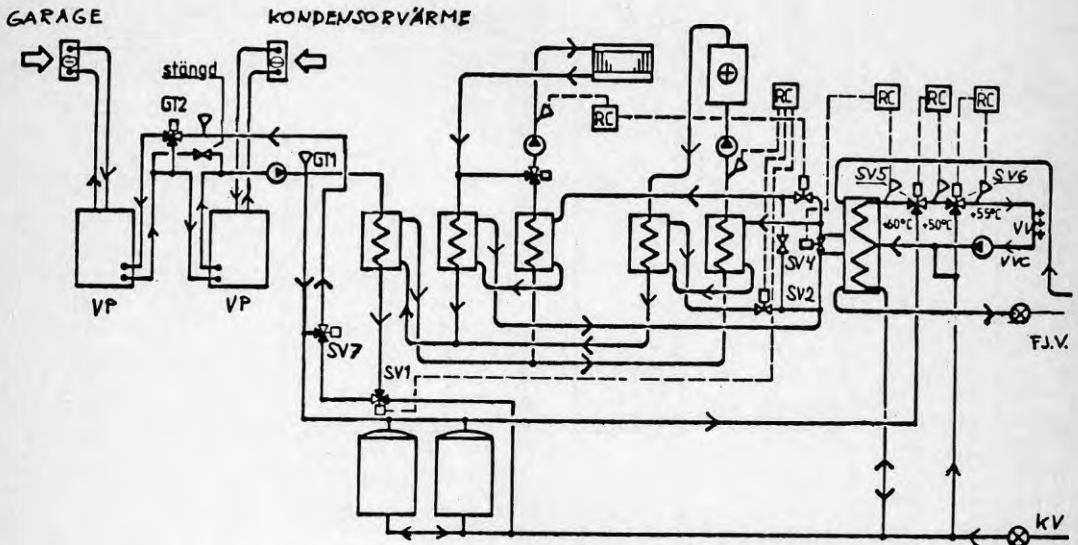
Värmepumpanläggningen för kondensorvärme stoppade ofta på grund av för låg förångningstemperatur. Orsaken till detta är att spjällarrangemanget i kondensorummet mot uteluften ej har tillräcklig täthet vilket medför en kraftig inläckning av uteluft varför tillgången på kondensorvärme för värmepumpen minskar avsevärt.

Även värmepumpen för garageventilation stoppar på grund av för låg frånluftstemperatur under vintern.

För att hålla en jämn och hög temperatur efter värmepumparna föreslås ändring av kopplingsprincipen enligt figur 2.18.

Reglerutrustning installeras för att hålla konstant inkommande temperatur till värmepumparna genom installation av styrventil SV7, reglercentral och temperaturgivare. Vidare justeras spjällen i kondensorummet samt tillhörande reglerutrustning så att man får bättre täthet mot uteluften. Stopptermostaten efter frånluftsbatteriet i garaget ersätts med avfrostningsautomatik så att värmepumpens drifttid förlängs. Dessutom installeras tre separata reglercentraler för styrning av tappvarmvattentemperaturen. På så sätt möjliggörs olika temperaturinställning för motorventilerna SV4, SV5 och SV6 vilket är nödvändigt för att möjliggöra bättre utnyttjande av värmepumparna.

Genom de föreslagna åtgärderna bör energibehovet från fjärrvärmesystemet minska. Nettoenergibesparingen uppskattas till ca 250 MWh/år vilket vid energipriset 0,30 kr/kWh medför en årlig besparing på 75 000 kr. Investeringarna bedöms medföra kostnader på i storleksordningen 30 000 kr varför pay-off-tiden blir 0,4 år.



Figur 2.18 Stockholmsanläggningen efter åtgärder

## 2.10 Karlskogaanläggningen

### 2.10.1 Beskrivning av anläggningen

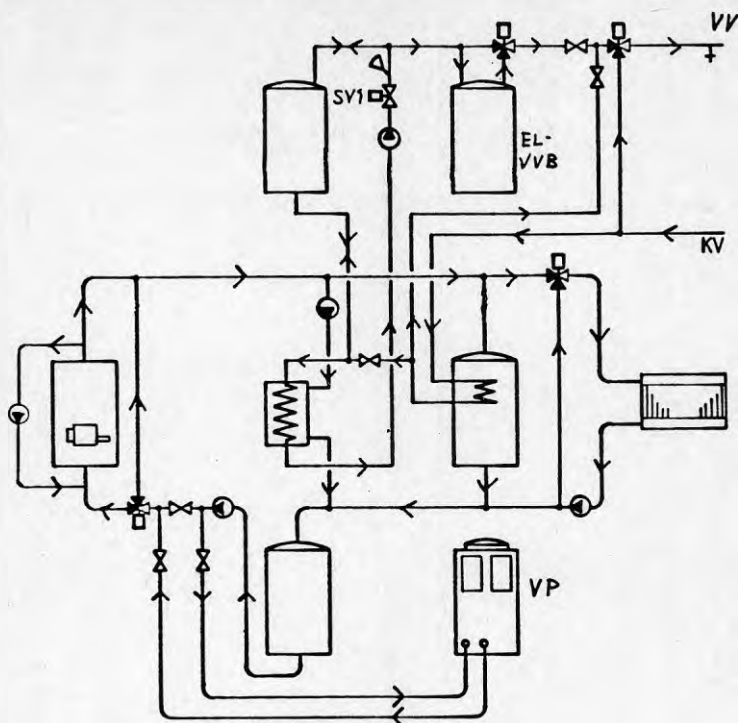
Anläggningen som har uteluft som värmekälla installerades 1984 i en fastighet med 125 lägenheter och en uppvärmd yta på 8 575 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före installation ca 170 m<sup>3</sup> eldningsolja/år vilket motsvarar 1 330 MWh/år.

Värmepumpinstallationen utgörs av fyra luft/vatten-aggregat uppställda på samma plats utomhus med en sammanlagd kondensoreffekt av 169 kW. Den totala kompressoreffekten uppgår till 64 kW. Se figur 2.19.

Anläggningen är utrustad med sju förrådsberedare för tappvarmvatten på 7 x 500 l samt en elvarmvattenberedare med volymen 500 l. Befintlig genomströmningsberedare utnyttjas för förvärmning av varmvattnet. Tre ackumulatorer med volymen 3 x 500 l har installerats i värmepumpskretsen.

Värmepumparna värmer den gemensamma returen från radiatorer och varmvattenvärmare. Vid behov kan spetsning erhållas från oljepannorna. Värmepumparna arbetar med egna termostater för konstant framledningstemperatur.





Figur 2.20 Karlskogaanläggningen efter åtgärder

## 2.11 Sundsvallsanläggningen

### 2.11.1 Beskrivning av anläggningen

Anläggningen, som har frånluft som värmekälla, installerades 1983 i en fastighet med 54 lägenheter och en uppvärmd yta av 3 730 m<sup>2</sup>. Totala energibehovet för uppvärmning var före installationen 115 m<sup>3</sup> eldningsolja/år vilket motsvarar 900 MWh/år. I samband med installationen av värmepumpen installerades även elpannor som ersättning för oljeanläggningen.

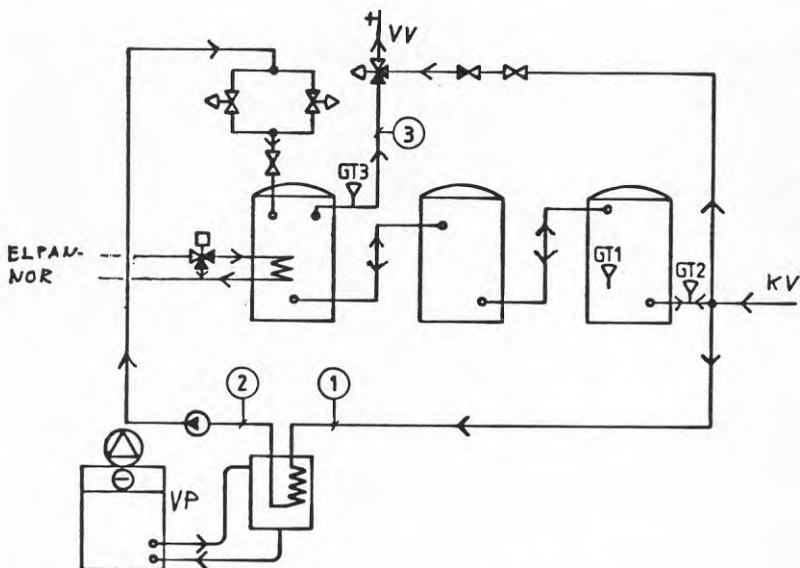
Värmepumpinstallationen utgörs av ett luft/vattenaggregat placerat på yttertak med en kondensoreffekt av 21 kW. Kompressorns eleffektbehov är ca 6,5 kW. Köldmediet är R22.

Anläggningen är utrustad med tre förrådsberedare som värms av värmepumpen via värmeväxlare. Spetsning sker från elpanna via batteri i sista förrådsberedaren. Se figur 2.21.

Ingen lönsamhetskalkyl upprättades i samband med installationen.

Den totala anläggningskostnaden blev 160 000 kr.

Den verkliga nettobesparingen har blivit ca 35 MWh/år, varför pay-off-tiden är ca 15 år.



## 2.21 Sundsvallsanläggningen före åtgärder

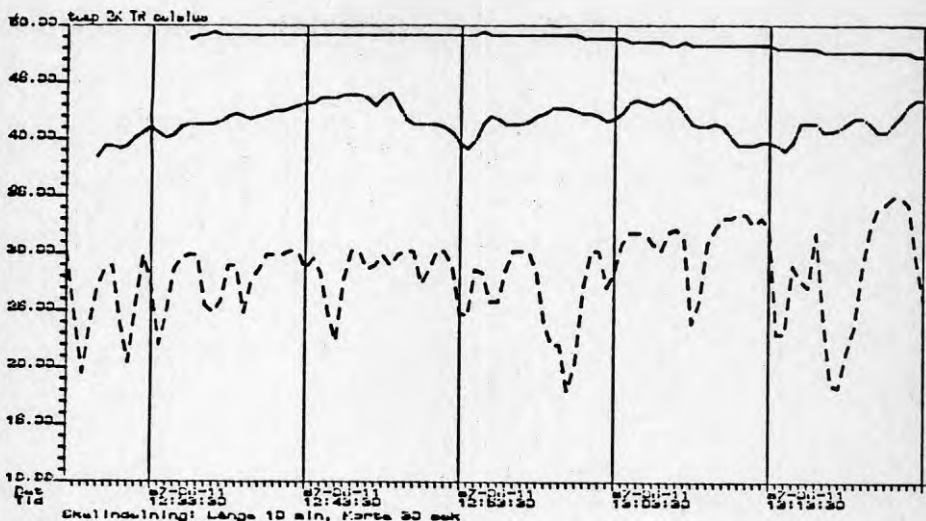
### 2.11.2 Åtgärdsförslag

För att kunna utnyttja värmepumpen maximalt måste anläggningen styras så att tappvarmvatten som värms av värmepumpen i första hand utnyttjas medan tappvarmvatten som värms av elpannor endast används vid behov. I denna anläggning blandas vatten från värmepumpen respektive elpannor i samma ackumulatör varför prioriteringen är omöjlig att uppnå.

De mätningar som gjordes vid besikten, se figur 2.22, visade att värmepumpen värmd tappvarmvattnet till 40°C. Detta vatten tillfördes övre delen av sista ackumulatören. Utgående tappvarmvattnets temperatur skall vara 50°C varför elpannorna således måste tillföra tillskottsvärme kontinuerligt.



VVB	MIN	MAX	MEDEL	TEXT	
—	47.29	49.49	48.68	EFTER VVB	③
- - -	18.04	34.98	28.20	FÖRE VVX	①
—	36.47	44.12	41.60	EFTER VVX	②



Figur 2.22 Sundsvallsanläggningen. Temperatur vid besiktningstillfället.

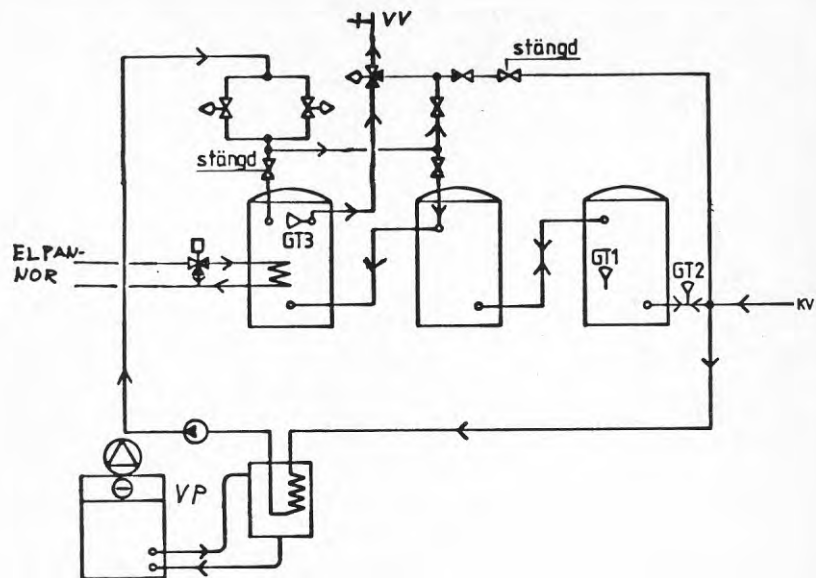
Även om värmepumpen genom injustering kan få att producera vatten av temperaturen 50°C är det tveksamt om systemet kommer att fungera. Orsaken är svårigheten att styra tillsatsvärmen.

En lösning är att man delar upp ackumulatorerna så att värmepumpen endast värmer de två första och tillsatsvärmen från elpannan den sista. Se figur 2.23. Blandningsventilen för tappvarmvatten kommer nu att hindra att vatten från elpannan tillförs tappvarmvattensystemet om inte värmepumpens kapacitet är tillräcklig. Detta inträffar annars under perioder med stor tappning då ackumulatorerna är tömda.

För att få en god funktion måste anläggningen injusteras. I första hand måste de två parallellkopplade termostatventilerna som styr varmvattentemperaturen från värmepumpen ställas in på 50°C. En god funktion förutsätter också att värmeväxlare, pumpar och ventiler i övrigt är rätt dimensionerade.

Styrning av temperaturen i sista ackumulatorn via trevägsventilen till batteriet behövs inte efter ombyggnad. Styrventilen kan alltså stå helt öppen.

Genom dessa åtgärder bedöms energibesparingen öka med ca 35 MWh/år vilket innebär en årlig kostnadsbesparing på 10 000 kr vid energipriset 0,30 kr/kWh. Investeringskostnaden bedöms uppgå till ca 3 000 kr varför pay-off-tiden blir 0,3 år.



Figur 2.23 Sundsvallsanläggningen Efter åtgärder

## 3 RESULTAT

Undersökningen har visat att det finns goda möjligheter att genom olika åtgärder höja effektiviteten hos en del värmepumpanläggningar. I vissa fall har dock de ursprungliga lönsamhetskalkylerna varit så dåligt underbyggda att det är omöjligt att uppnå det energiutbyte som förespeglats i samband med upphandlingen. Investeringarna grundar sig i dessa fall på "glädjekalkyler".

Orsaken till att energiutbytet inte motsvarar det förväntade är i de flesta fall brister i systemlösning och dimensionering som medför att värmepumparna ej utnyttjas optimalt. Tillskottsvärme i form av fjärrvärme, eldningsolja och elenergi används i driftfall då värmepumpanläggningen bör kunna klara hela värmebehovet.

Förutom dåligt energiutbyte förekommer i flera fall problem med temperaturhållningen i tappvarmvattenssystemet. Detta medför komfortproblem. Orsaken är även i detta fall brister i systemlösning och dimensionering.

Ett allvarligt problem som kan medföra höga underhållskostnader är brister i styrningen av värmepumparna. I flera fall är anläggningarnas reglersystem så utformade att värmepumparnas kompressorer går med mycket korta sammanhängande driftperioder. De ofta förekommande start- och stoppmomenten sliter hårt på kompressorerna och förkortar deras livslängd.

Genomgående för de studerade anläggningarna saknas godtagbar dokumentation i form av drift- och underhållsinstruktioner m m. Utbildningen av driftpersonalen är ej heller tillräcklig. Genom dessa brister minskar möjligheterna att genom drift- och underhållsåtgärder uppnå och bibehålla goda driftsförhållanden.

För uppföljning av anläggningarnas drift är det nödvändigt med regelbunden energistatistik där månadsförbrukningarna jämförs med motsvarande perioder föregående år. I de flesta fall är den energistatistik som redovisas ej tillräcklig. En orsak är att mätutrustning för förbrukad elenergi och levererad värmeenergi saknas vilket omöjliggör en noggrann energistatistik.

Av tabell 3.1 framgår de brister som konstaterats i de olika anläggningarna.



Av tabell 3.2 framgår bl a hur stora energi- och driftskostnadsbesparingarna blir om de föreslagna åtgärderna genomförs.

Tabell 3.2 Energibesparing, driftkostnadsbesparing, investeringskostnader och pay-off-tid till följd av föreslagna åtgärder i värmepumpanläggningarna.

Anläggning	Besparing		Investerings kr	Pay-off-tid år	Effektivitetshöjning %
	MWh/år	kr/år			
Göteborg	40	12 000	5 000	0,4	20
Mölnådal	150	45 000	50 000	1,1	100
Borås	20	6 000	20 000	3,3	9
Trollhättan	35	10 500	0	0	6
Karlskrona	50	15 000	150 000	10	21
Jönköping	70	21 000	0	0	9
Huskvarna	225	68 000	5 000	0,1	92
Stockholm	250	75 000	30 000	0,4	67
Karlskoga	25	7 500	2 000	0,3	11
Sundsvall	35	10 500	3 000	0,3	100

Av tabellen framgår även att effektivitetshöjningen till följd av de föreslagna åtgärderna kan bli så stor som 100 % genom små investeringar.

Det finns med stor sannolikhet åtskilliga värmepumpanläggningar som i likhet med de undersökta inte ger det energiutbyte som de rimligen borde göra. Om tveksamhet föreligger angående anläggningarnas effektivitet rekommenderas liknande besiktningar som de som gjorts i detta projekt.

Om det till rimliga kostnader förefaller vara möjligt att höja effektiviteten påtagligt bör besiktningen kompletteras med en omprojektering av anläggningen. Detta för att dimensioneringsförutsättningar m m helt klarläggs innan förbättringsåtgärder vidtas.

I samband med installationsåtgärderna är det i många fall motiverat att komplettera mätutrustningen så att både driftelmätare och värmemängdsmätare installeras. Därefter bör effektivitetsförbättringen följas upp genom noggrann energistatistik.

Anläggningarna bör också dokumenteras och drift och underhållsinstruktioner upprättas. En annan viktig förutsättning för effektiv drift är att driftpersonalen får tillräcklig utbildning.





BFR-PROJEKT ÅTGÄRDER FÖR ATT HÖJA EFFEKTIVITETEN VID VÄRMEPUMPINSTALLATIONER INOM HSB

HSB-FÖRENING \_\_\_\_\_ BRF/STF \_\_\_\_\_

UPPGIFTSLÄMNARE \_\_\_\_\_ TELEFON \_\_\_\_\_

ANLÄGGNINGEN TOGS I DRIFT \_\_\_\_\_

UPPVÄRM D YTA \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> ANTAL LGH \_\_\_\_\_ ST.

DATA

1. VÄRMEKÄLLA ( Uteluft, frånluft m.m. ) \_\_\_\_\_

2. UPPVÄRMNING AV  Radiatorer  Varmvatten

3. INVESTERINGSKOSTNAD

- Verklig \_\_\_\_\_ - Beräknad \_\_\_\_\_

4. VERKLIG ENERGIFÖRBRUKNING

	OLJA	FJÄRRV.	EL
	m <sup>3</sup>	MWh	MWh

- Före installationen (År ....) \_\_\_\_\_

- Efter installationen (År ....) \_\_\_\_\_

( Om ej helt år ange period från..... till ..... )

5. UPPGIVEN ENERGIFÖRBRUKNING ÄR NORMALÅRSKORRIGERAD

JA  NEJ

6. UTLOVAD ENERGIBESPARING \_\_\_\_\_

KOSTNADSBESPARING \_\_\_\_\_ vid energipris \_\_\_\_\_

VÄRMEFAKTOR \_\_\_\_\_ DRIFTTID (tim/år) \_\_\_\_\_

7. ENLIGT ANBUD AVGIVEN TOTAL VÄRMEEFFEKT \_\_\_\_\_ kW

VID UTETEMP \_\_\_\_\_ °C

8. DRIFTERFARENHETER (Avfrostning, ljud, pressostater, luftflöden, temperaturer, reglerutrustning m.m. )

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 861067-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till HSB Riksförbund,  
Förvaltningsavdelningen, Energisektionen, Stockholm.**

**R120: 1987**

**ISBN 91-540-4840-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6707120**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 36 kr exkl moms**