



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

R139:1985

Värmeåtervinning ur frånluft

**Erfarenheter efter ombyggnad
av värmepumpanläggning**

Ulf Bergström

K
A/W

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr
Plac <i>ser</i>

Bygghforskningsrådet

R139:1985

VÄRMEATERVINNING UR FRÄNLUFT

Erfarenheter efter ombyggnad
av värmepumpanläggning

Ulf Bergström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830881-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
Provningsanstalt, Borås.

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

R139:1985

ISBN 91-540-4475-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Liber Tryck AB Stockholm 1985

INNEHÅLL

1	SAMMANFATTNING	2
2	BAKGRUND	3
3	BESKRIVNING AV MÄTOBJEKTET	4
3.1	Byggnader	4
3.2	Värme- och varmvattenanläggning	5
3.3	Ventilationsanläggning	6
3.4	Frånluftsvärmepump	6
4	MÄTPROGRAM	11
4.1	Allmänt	11
4.2	Mätutrustning	11
4.3	Databehandling	13
4.4	Onoggrannhet	13
5	MÄTRESULTAT	14
5.1	Årssammanställning	14
5.2	Månadsvärden	15
5.3	Intensivmätning under ett dygn	19
5.4	Försök med tre olika driftstrategier	26
6	DISKUSSION	37
	BILAGA 1 Kapacitetsprov	
	BILAGA 2 Tappvarmvattenförbrukning	

FÖRORD

Jag vill här framföra mitt tack till fastighets-skötare Gösta Blomström, som genom vaksamhet och noggrann skötsel av anläggningen möjliggjort mätningar utan några längre avbrott. Gösta har även varit outhärlig vid insamlandet av mätdata och prov med olika reglerprinciper. Jag vill även tacka Knut-Olof Lagerkvist som varit projektledare och en ständigt pådrivande kraft med massor av kunskap, tålamod och humor. Till sist vill jag tacka alla övriga som hjälpt mig med mätningarna och produktionen av denna rapport.

Borås april 1985.

Ulf Bergström

1 SAMMANFATTNING

Denna rapport utgör resultatet av 1,5 års mätningar på en frånluftsvärmepump installerad i ett 4-våningshus med totalt 30 lägenheter. Värmepumpen kan leverera värme till både tappvarmvattnet och radiatorkretsen.

Före en ombyggnad 1983 kunde värme endast avges till tappvarmvattnet. Mätresultat från denna period (81-82) finns publicerade i en rapport, R91:1983, Värmeåtervinning ur frånluft, erfarenheter från ett års mätningar i kvarteret bokhållaren i Karlstad, B Andréasson, K-O Lagerkvist. Rapporten är utgiven av Byggeforskningsrådet.

Värmepumpen, som har en nominell värmeeffekt på 20 kW, har under perioden 831201-841130 levererat totalt 112 MWh, varav 26,4 MWh till husets radiatorkrets. Elförbrukningen hos kompressor och cirkulationspumpar var 35 MWh, vilket ger en värmefaktor $COP_{lår} = 3,2$. Motsvarande siffror för perioden 811201-821130, då värme endast levererades till tappvarmvattnet var; avgiven värmeeffekt 78,2 MWh, upptagen eleffekt 26,6 MWh samt erhållen värmefaktor 2,9. Värmepumpinstallationen kostade ursprungligen 66 000 kr. Ombyggnaden för att möjliggöra värmeleverans även till radiatorkretsen kostade 48 000 kr.

Reglerfilosofin för värmepumpen var efter ombyggnaden sådan att tappvarmvattenberedning prioriterades. Endast då tappvattenbehovet var tillgodosett (fulladdad ackumulator) tilläts värmepumpen att avge värme till radiatorreturen. Under mätperioden har prov gjorts med olika reglerfilosofier. Vid dessa prov har det visat sig att värmepumpens prestanda i allra högsta grad är beroende på val av reglerprincip.

Värmepumpen har fungerat bra under hela mätperioden med undantag för störning som uppstod i samband med en ombyggnad av varmvattencirkulationen.

2 BAKGRUND

Under perioden 1981-1982 utförde Statens provningsanstalt mätningar på värmepumpanläggningen, på uppdrag av Byggforskningsrådet. Under denna mätperiod levererades värme endast till tappvarmvattnet och gångtiden för värmepumpen var ungefär 12 h per dygn. Det bedömdes därför som lönsamt att modifiera inkopplingen av värmepumpen så att värme även skulle kunna avges till husets radiatorkrets. Byggforskningsrådet, som finansierat de tidigare mätningarna, beslöt att en fortsatt mätning skulle ske efter ombyggnaden. Resultatet från dessa mätningar redovisas i denna rapport. Som nämndes i sammanfattningen finns de tidigare resultaten publicerade i Rapport R91:1983, utgiven av Byggforskningsrådet.

3 BESKRIVNING AV MÄTOBJEKTET

3.1 Byggnader

Värmepumpen har varit installerad i hus N, som inrymmer 30 lägenheter.

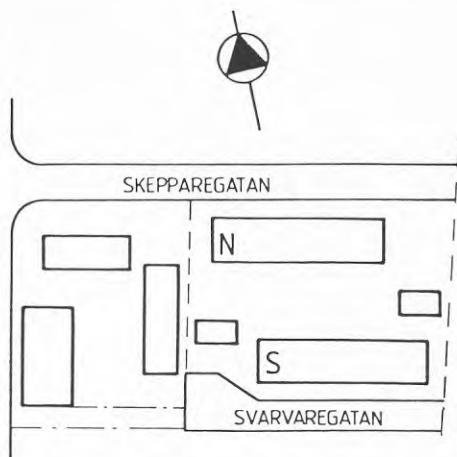


Fig 3.1. Situationsplan

Hus N

Bottenplan: lägenheter, tvättstuga, undercentral, soprum

Plan 1-3: lägenheter

Plan 4: vindsplan, förråd, fläktrum

Totalt uppvärmd lägenhetsyta är 2550 m², vilket med en genomsnittshöjd på 2,4 m ger våningsvolymen ca 6120 m³.

De 30 lägenheterna per hus fördelar sig på följande lägenhetstyper:

- 15 st 2 rum och kök (63,3 m²)
- 1 st 3 rum och kök (100 m²)
- 8 st 4 rum och kök (106 m²)
- 6 st 5 rum och kök (110 m²)



Fig 3.2. Foto över området.

3.2 Värme- och varmvattenanläggning

Huset är anslutet via kulvert till en befintlig panncentral i en närbelägen äldre fastighet. I huset finns en undercentral med shuntgrupp för radiatorsystemet samt en värmepump med varmvattenackumulator för varmvattenberedning och värmeavgivning till radiatorkretsen.

Radiatorkretsen är utförd som ettrörssystem med en dimensionerande framledningstemperatur av 80° och $\Delta t = 20^\circ \text{C}$.



Fig 3.3. Foto av varmvattenvärmare för eftervärmning av tappvarmvatten.

3.3 Ventilationsanläggning

Bostäderna har utförts med enbart frånluftsanläggning för kök (spiskåpa), bad och toalett samt med tilluft för trapphusen. Varje hus har ett frånluftsaggregat, vilket enbart kan köras med en hastighet. Sopnedkåsten har en separat frånluftsfläkt för kontinuerlig drift.



Fig 3.4 Foto av fläktrum.

3.4 Frånluftsvärmepump

Byggnadernas frånluft utnyttjas som värmekälla till värmepumpen. Värmepump och varmvattenackumulator har placerats i respektive undercentral, medan förångarbatteri placerats i frånluftskanal på vind.

Värmepumpen kan avge värme till tappvarmvattnet eller radiatorkretsen. Värme överförs med varmvattencirkulation via värmväxlare till varmvattenackumulatortank. Värme överförs till radiatorkretsen genom att radiatorreturen leds direkt mot värmepumpens kondensator. Principen framgår av figur 3.6.

Styr- och reglerfunktionen hos värmepumpanläggningen framgår av följande beskrivning, där beteckningarna är hämtade ur figur 3.6.

Varmvattenberedningen från kondensator till ackumulatortank prioriteras. När ackumulatortanken är fulladdad, vilket avkänns av GT-VP1-RC 2 (ledvärde +48 °C) stoppas laddningspumpen P6. Styrventil SV 1 (2 läges) styr det varma kondensatorvattnet mot radiatorsystemet eller åter över kondensatorn vid styrventil SV 2:1.

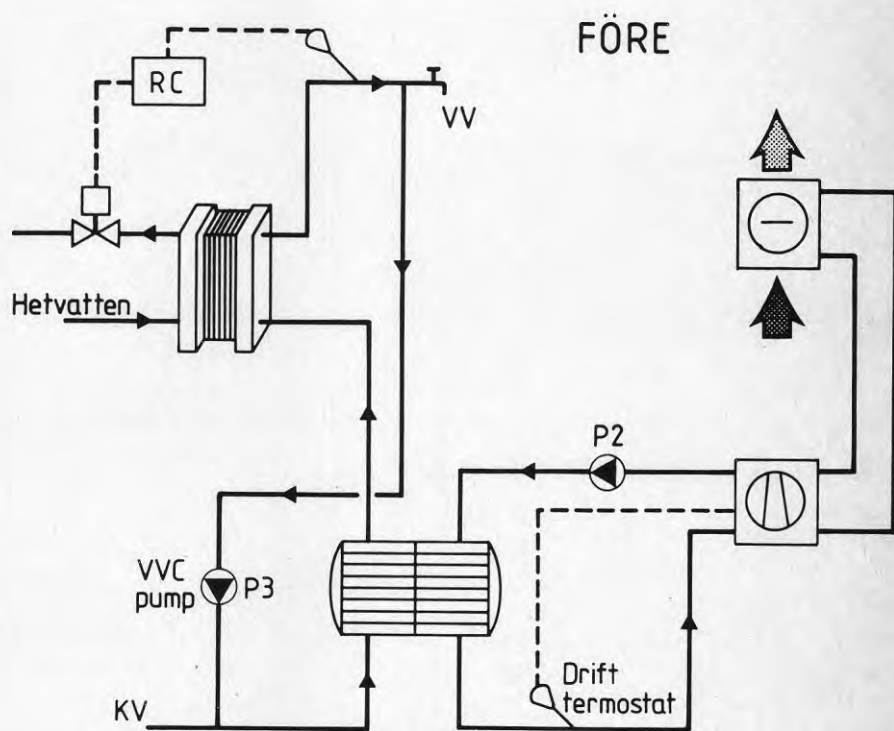


Fig 3.5 Systemuppbyggnad före ombyggnad (enbart leverans till tappvarmvatten)

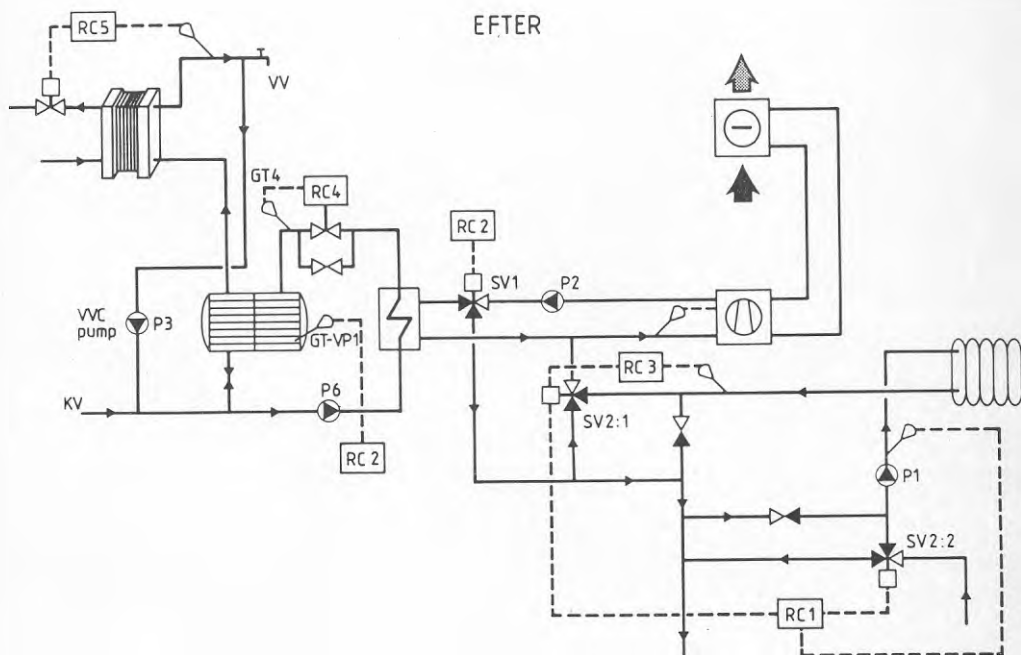


Fig 3.6. Systemuppbyggnad efter ombyggnad (leverans till både tappvarmvatten och värmesystem).

Styrventilen SV 2:1 styrs i sekvens med den befintliga styrventilen SV 2:2, så att först SV1:1 successivt öppnar mot radiatorsystemet vid ökat värmebehov på signal från RC 1, som steg 2 börjar SV 2:2 öppna.

Förutsättning för denna sekvensreglering är att ackumulatortanken är fulladdad, vilket avkänns av GT-VP 1-RC 2 (ledvärde $+48\text{ }^{\circ}\text{C}$) samt att radiatorkretsens returtemperatur ej överstiger inställd temperatur på GT-VP 2-RC 3.

Då ackumulatortankens temperatur vid givaren GT-VP 1-RC 2 sjunkit exempelvis till $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (inställbart värde) skall ny laddningsperiod starta med P6 i drift och med styrventil SV 1 i öppet läge mot laddningsväxlaren och med styrventil SV 2:1 i stängt läge mot radiatorkretsen.

Varmvattenackumulatorn, av fabrikat Thermis (17-serien), är en enkelmantlad, kopparfodrad förrådsberedare för liggande montage. Dess totala volym är 4 000 liter, vilket ger en lagringskapacitet av 133 liter/lägenhet.

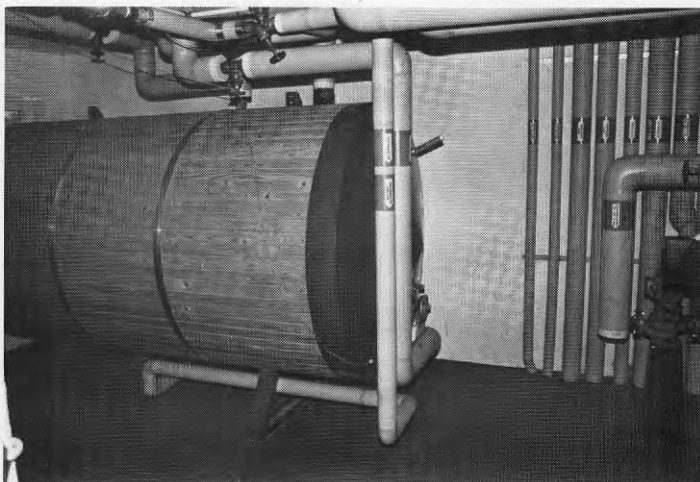


Fig 3.7. Foto av varmvattenackumulatör.

Varmvattnet passerar först ackumulatorn, varefter det vid behov kan eftervärmas i en vattenvärmare direkt kopplad till pannanläggningens hetvatten. Vattenvärmaren är av fabrikat Parca Norrahammar typ VA och är utförd med batterier av heldragna släta koppar-tuber och med tryckkärl av stålplåt.

Värmepumpen består av en semihermetisk kylkompressor och en vattenkyld tankkondensator, båda av fabrikat Bitzer. Den styrs med hjälp av en driftermostat, fabrikat Penn, med den vätskefyllda temperaturgivaren monterad på den till kondensorn inkommande varmvattenledningen.

Följande tekniska data för värmepumpen anges av leverantören (Litzells Ingenjörskontor AB):

Tekniska data/kylaggregat

- Kylmaskin, fabrikat Bitzer
- Kylmaskin, typ BHS 960
- Kyleffekt 16 kW
- Förångningstemperatur +4 °C
- Kondenseringstemperatur +52 °C
- Motoreffekt 4 kW
- Kondensoreffekt 20 kW
- Kondensator vattenflöde 6,5 m³/h
- Kondensator ingående vattentemperatur 42 °C
- Kondensator utgående vattentemperatur 45 °C
- Köldmedium R22

Tekniska data/kylbatteri FF-1

- Kyleffekt 10 kW
- Luftmängd, normal 5000 m³/h
- Luftmängd, max 6500 m³/h
- Ingående lufttemperatur 25 °C, 30 % RF
- Utgående lufttemperatur +10,8 °C
- Förångningstemperatur +5 °C

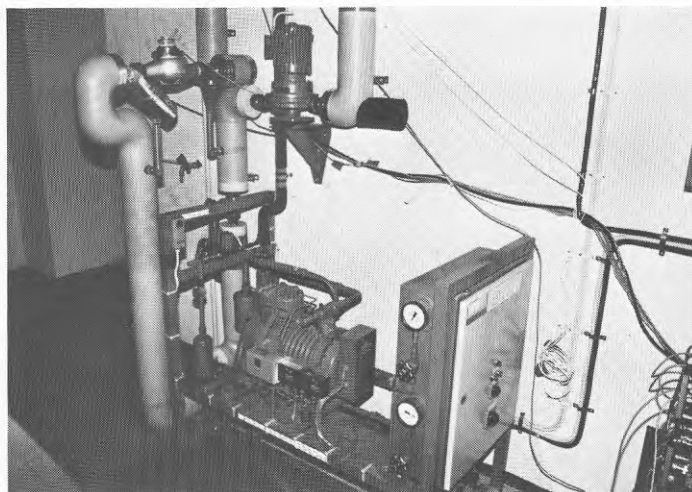


Fig 3.8. Foto av värmepump.

4 MÄTPROGRAM

4.1 Allmänt

Mätningarna har genomförts med hjälp av ett relativt enkelt mätsystem, baserat på en datainsamlingsutrustning utvecklad vid Statens provningsanstalt i Borås. Graddtimmar och energi mäts och registreras dels på räkneverk för manuell avläsning, dels på minnesmoduler där timmedelvärden lagras.

Genom att de manuella avläsningarna har genomförts av fastighetsskötaren, har en regelbunden driftövervakning av anläggningen skett under hela mätperioden. Under mätperioden har dessutom vissa punktingsatser gjorts för att noggrannare studera vissa komponenter i anläggningen.

Målsättningen med mätningarna har primärt varit att fastställa värmepumpens elförbrukning i proportion till av värmepumpen levererad värme. Härigenom har en bedömning av anläggningens energibesparingspotential, ekonomiska förutsättning samt möjligheter till förbättring kunnat genomföras.

Mätprogrammet kan indelas i tre delar:

- o Kapacitetsprov av värmepumparna vid ett driftsfall. Mätningarna utfördes vid ett för värmepumpen stabilt driftsförhållande och genomfördes vid ett tillfälle under mätperioden. (Resultat se bilaga 1.)
- o Intensivmätperiod, då mätvärden i form av minutmedelvärden insamlades. (Resultat se 5.3.)
- o Veckoavläsningar har pågått under hela mätperioden. För registrering av mätdata har använts ett integrerande datainsamlingssystem, SP-AE 508. (Resultat se 5.3.)

Kontinuerliga mätningar påbörjades i mitten av oktober 1983. Mätdata har sänts till SP varje vecka, varefter de analyserats och sammanställts till månadsrapporter.

4.2 Mätutrustning

För att få kunskap om energiflödena i värmepump-anläggningen har värme-, vatten- och temperaturmätare installerats. Med hjälp av dessa mätare har mätdata registrerats under ca ett års tid. Mätningarna har dels omfattat en kontinuerlig mätvärdesinsamling och dels kortare intensivstudier av enskilda komponenter i anläggningen.

För de kontinuerliga mätningarna har mätgivare installerats för registrering av bland annat temperaturer, vattenflöden och elenergi. Noggrannt parade termometrar (avvikelse < 0,03 °C) har valts vid mätning av värmemängd, eftersom temperaturdifferenserna oftast är relativt små.

Som tidigare nämnts registreras mätvärden på räkneverk så att medelvärden och summor över avläsningsperiodens tidsintervall har kunnat avläsas och beräknats. Vissa perioder har också mätvärden registrerats i form av timmedelvärden på speciella minnesmoduler.

För intensivmätningen, då minutvärden registrerades, användes en datalogger, fabrikat Accurex A ten/5. Mätdata lagrades i en mätbandspelare, fabrikat Facit 4208. Denna utrustning möjliggör mätning och lagring av ca 15 000 mätvärden i form av temperaturer, spänningar eller pulser.

Under den kontinuerliga mätperioden har data från följande mätpunkter registrerats:

- Levererad energi från värmepump (temperaturgivare typ Pt-100 och vattenmätare, typ RMS från AB Svensk Värmemätning samt SP-integrator)
- Förbrukad elenergi av kompressor och cirkulationspump (elmätare fabrikat Ermi, kl 2.0)
- Drifftid kompressor
- Uttagen energi ur varmvattenackumulator (temperaturgivare typ Pt-100 och vattenmätare typ vinghjul från AB Svensk Värmemätning samt SP-integrator)
- Levererad energi till varmvatten från panncentral (värmemätare fabrikat AB Svensk Värmemätning typ SVM 62)
- Kallvatten- och varmvattenförbrukning (vattenmätare av vinghjulstyp fabrikat AB Svensk Värmemätning)
- Temperatur efter förångarbatteri (temperaturgivare typ Pt-100 från Pentronic samt SP-integrator)
- Utomhustemperatur (Pt-100 givare fabrikat AB Svensk Värmemätning)
- Värmebehov i husets radiatorsystem (temperaturgivare typ Pt-100 och vattenmätare typ vinghjul, fabrikat AB Svensk Värmemätning samt SP-integrator)
- Värmeleverans från värmepump till husets radiatorsystem (temperaturgivare Pt-100 och vattenmätare, typ vinghjul fabrikat AB Svensk Värmemätning samt SP-integrator)

4.3 Databehandling

Avläsning av den registrerande mätutrustningen har under hela mätperioden skett en gång per vecka. För avläsningarna har förvaltningsbolagets egen personal ansvarat. Mätresultaten har varje vecka sänts till SP för vidare bearbetning och utvärdering. Efter varje månads utgång har resultatet sammanställts till en månadsrapport, vilken utsänts till deltagarna i projektgruppen. I rapporten har energibalanser, värmepumparnas leverans kontra förbrukning, vattenåtgång m m kunnat utläsas. Månadsrapporterna har legat som underlag för de sammanställningar och diagram över mätresultaten som redogörs för i denna rapport.

4.4 Onoggrannhet

Onoggrannhet vid bestämning av värmemängd, elförbrukning och värmefaktor har med hänsyn tagen till genomförda kalibreringar uppskattats till:

värmemängd	± 5 %
elförbrukning	± 2 %
värmefaktor	± 5,5 %



Fig 4.1. Foto av elmätarskåp.

5 MÄTRESULTAT

5.1 Årssammanställning

Den årssammanställning som görs här åsyftar perioden december 1983 - november 1984. Mätperioden sträckte sig dock i realiteten fram till februari 1985. Under de sista tre månaderna utfördes intensivmätningar, som kommer att redovisas separat. För jämförelse ges även resultaten för mätningarna motsvarande perioden dec 1981 - nov 1982, då värmepumpen endast arbetade med tappvarmvattenberedning. Energiförbrukningen för uppvärmning är graddagskorrigerad.

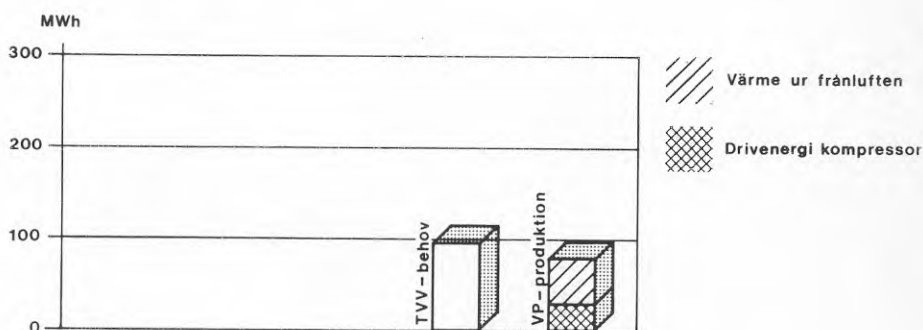


Fig 5.1 Årssammanställning av mätningar under perioden 81-12-01--82-11-01

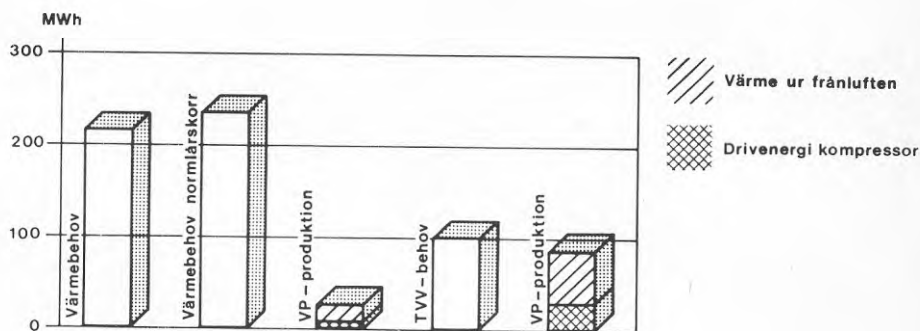


Fig 5.2 Årssammanställning av mätningar under perioden 83-12-01--84-11-01

Totalt avgiven energi från värmepumpanläggningen under mätåret uppmättes till 112 MWh. Värmepump-aggregatet inklusive cirkulationspumpar har under samma period förbrukat 35,0 MWh. Detta ger en årsvärmefaktor $COPl_{tot} = 3,2$. Värmepumpen har svarat för 12 % av fastighetens uppvärmningsbehov samt 85 % av energibehovet för tappvarmvattenberedning. Motsvarande siffror för perioden 81-82 då värmepumpen endast levererade värme för tappvarmvattenberedning ges för jämförelse.

	81-82	83-84
- avgiven värme	78,2 MWh	112 MWh
- upptagen drivenergi	26,6 MWh	35 MWh
- erhållen värmefaktor $COPl_{tot}$	2,9	3,2 MWh

Täckningsgraden för varmvattenberedning var 82 % under perioden 81-82.

5.2 Månadsvärden

I nedanstående figurer görs jämförelse av mätresultaten för mätperioderna 81-82 och 83-84. I figur 5.3--5.7 markeras mätvärden från perioden 83-84 med ränder. Mätvärdena för perioden 81-82 är rasterade.

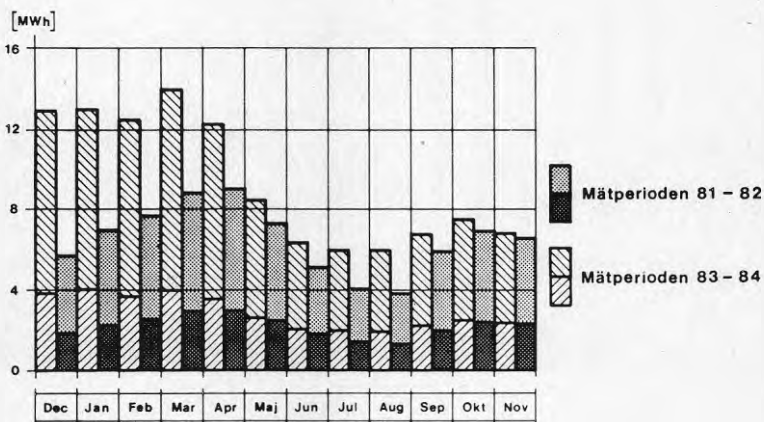


Fig 5.3 Staplarna anger månadsvärden för från värmepumpen avgiven värme samt upptagen drivenergi.

Av figur 5.3 framgår att värmepumpen har producerat mer värme samtliga månader under mätperioden sedan radiatorkretsen medtagits. Under sommarmånaderna då inget värmebehov finns, skulle normalt sett liknande värden på avgiven värmeenergi erhållas för bägge mätperioderna. Orsaken till skillnaderna är problem med reglerystemet under perioden 81-82. Detta framgår av figur 5.6, som visar på en lägre energitäckningsgrad hos värmepumpen under sommarmånaderna 81-82 jämfört med 83-84.

Den relativt höga värmeproduktionen under mars månad 1984 är intressant. Av figur 5.4 framgår att även värmefaktorn varit hög under mars 1984. Figur 5.5 anger hur stor andel av värmepumpeffekten som avges till värmesidan respektive tappvarmvattensidan. Under mars månad har jämförelsevis stor andel av värmeproduktionen avgivits till husets värmesystem. Mot bakgrund av detta gjordes mätningar med tre olika reglerprinciper. Resultatet från dessa mätningar redovisas i kap 5.4.

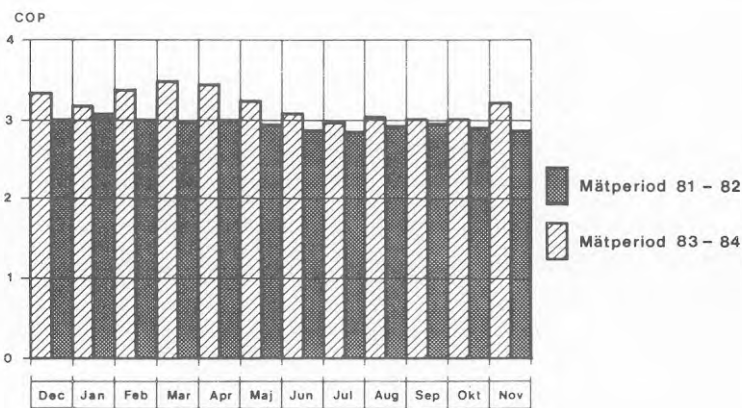


Fig 5.4 Staplarna anger månadsvärden för den erhållna värmefaktorn COPltot

Av figur 5.4 framgår att värmefaktorn COPltot visar på mycket små variationer under 81-82. Under perioden 83-84, då värmepumpen även levererat värme för uppvärmning, har värmefaktorn varierat i högre grad. Värmefaktorn är även genomgående högre 83-84 jämfört med 81-82. Detta visar med större tydlighet att värmepumpens prestanda beror på valet av driftstrategi.

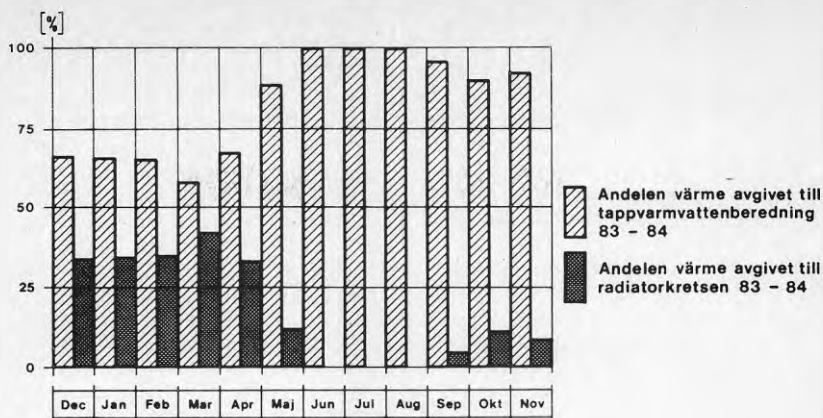


Fig 5.5 Staplarna anger den procentuella fördelningen av värmeleveranser från värmepumpen till tappvarmvattnet respektive radiatorkretsen.

Värmepumpen har under större delen av mätperioden 83-84 prioriterat beredning av tappvarmvatten. I figur 5.5 framgår därför att största delen av värmepumpens avgivna värme nyttjats för tappvarmvattenberedning. Endast vid de tillfällen då ackumulatortanken varit fullt laddad, har värmepumpen levererat värme till radiatorkretsen.

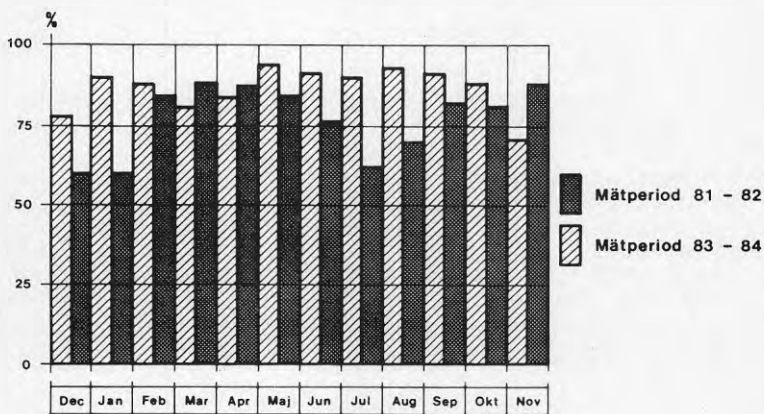


Fig 5.6 Staplarna anger hur stor del av energiåtgången vid tappvarmvattenberedningen som härrör från värmepumpen.

Som nämnts tidigare, orsakade ett ofördelaktigt regler-system periodvis låga värden på täckningsgraden med avseende på tappvarmvattnet under 81-82. Detta avspeglas i figur 5.6. Under perioden 83-84 ökade täckningsgraden, men även under denna mätperiod nyttjades tillsatsvärme i form av hetvatten för att er-hålla tillräckligt hög vattentemperatur. Inkopplingen av varmvattencirkulationen (vvc) har varit utformad på ett sådant sätt att vvc-förlusterna har täckts med hetvatten. Det har därför varit omöjligt att erhålla 100 procents täckningsgrad med värmepumpen. Efter-värmning av tappvarmvattnet med hetvatten har ibland varit onödigt stor. Detta beror på en krånglande regler-ventil för konstanthållning av utgående tappvarmvattentemperatur (funktionen framgår av fig 3.6)

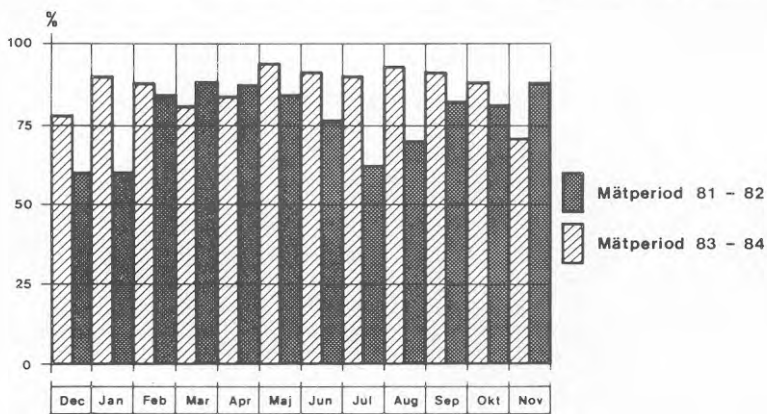


Fig 5.7 Staplarna anger värmepumpsaggregatets relativa gångtid.

Med relativ gångtid avses kompressorns drifttid i förhållande till verkligt förfluten tid. Anledningen till att även radiatorkretsen anslöts till värmepumpen var den låga relativa gångtiden 81-82. Värmepumpen skulle utnyttjas så mycket som möjligt. Under 83-84 ökade den relativa gångtiden under eldnings-säsongen. Orsaken till de högre värdena under sommar-månaderna beror på en förbättrad styrstrategi 83-84 jämfört med 81-82. Denna förbättring minskade behovet av tillsatsvärme till tappvarmvattnet, vilket framgår av figur 5.6.

5.3 Intensivmätning under ett dygn

För att bättre förstå de dynamiska egenskaperna hos värmepumpenläggningen, gjordes en intensivmätning under ett dygn första veckan i januari 1984. Med en datalogger (se .kap 4.2) registrerades temperaturer, flöden och elförbrukning i systemet. Registrering gjordes med 2 minuters intervall. Resultatet från mätningarna framgår av figur 5.8-5.15. Vid närmare studier av de erhållna temperaturförloppen ges en god bild av de olika reglerfunktionerna i systemet.

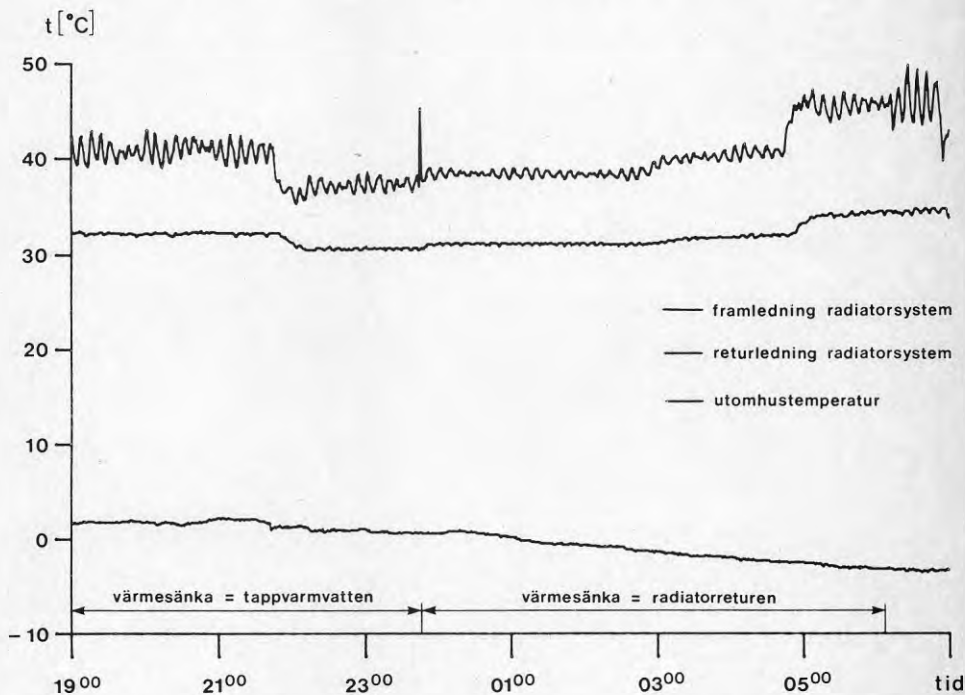


Fig 5.8 Från ovan visas temperaturnivån i radiator-systemets framledning, radiatorsystemets returledning samt utomhustemperaturen.

Fig 5.8 visar på en fallande utomhustemperatur under mätperioden. Framledningstemperaturen till fastighetens radiatorer regleras med en reglercentral av typ TA-210U. Vid provtillfället hade följande reglerparametrar valts för reglercentralen: ingen parallellförskjutning, styrkurva 3 samt 5 graders nattsänkning mellan 22.00 och 05.00. Framledningstemperaturen pendlar med en amplitud på ca 3 grader. Dessa pendlingar utjämnas helt i radiatorerna. I övrigt tycks reglerfunktionen fungera tillfredsställande.

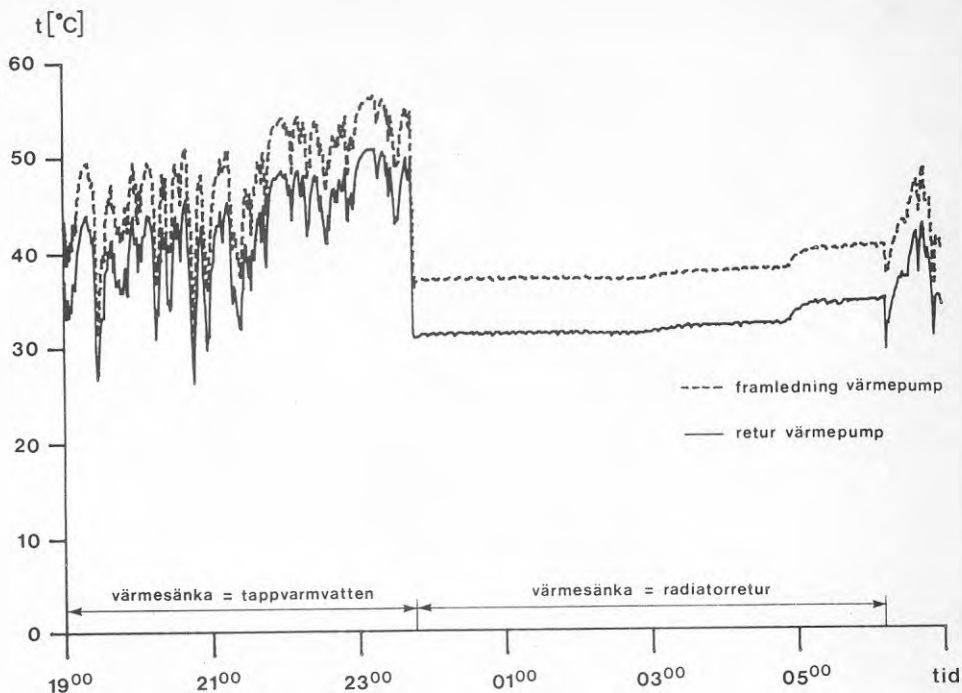


Fig 5.9 Av figuren framgår temperaturen på värmebäraren före respektive efter värmepumpens kondensor.

Värmepumpen har möjlighet att leverera värme till radiatornsida eller till tappvarmvattnet. Funktionen framgår i kapitel 3. I början av mätperioden bereds tappvarmvatten. Vid midnatt övergår värmepumpen till att arbeta med radiatorreturen. De två olika driftfallen framgår av figur 5.9. Under tappvarmvattendrift fluktuerar temperaturen kraftigt. Anledningen till detta är att temperaturen på värmebäraren in till värmepumpen beror på temperaturen i ackumulators botten. Denna påverkas i sin tur av tappningsintensiteten.

Då ackumulatorn är fullt uppladdad, kommer värme att avges till radiatorreturen i stället för tappvattnet. Detta ger ett betydligt lugnare temperaturförlopp i kondensorn. Temperaturen in till kondensorn är i genomsnitt lägre vid värmedrift jämfört med tappvarmvattendriften. Detta leder till lägre kondenserings-temperatur och därigenom bättre arbetsförhållanden för värmepumpaggregatet. Prestandan hos värmepumpen vid de olika driftfallen kommer att diskuteras senare.

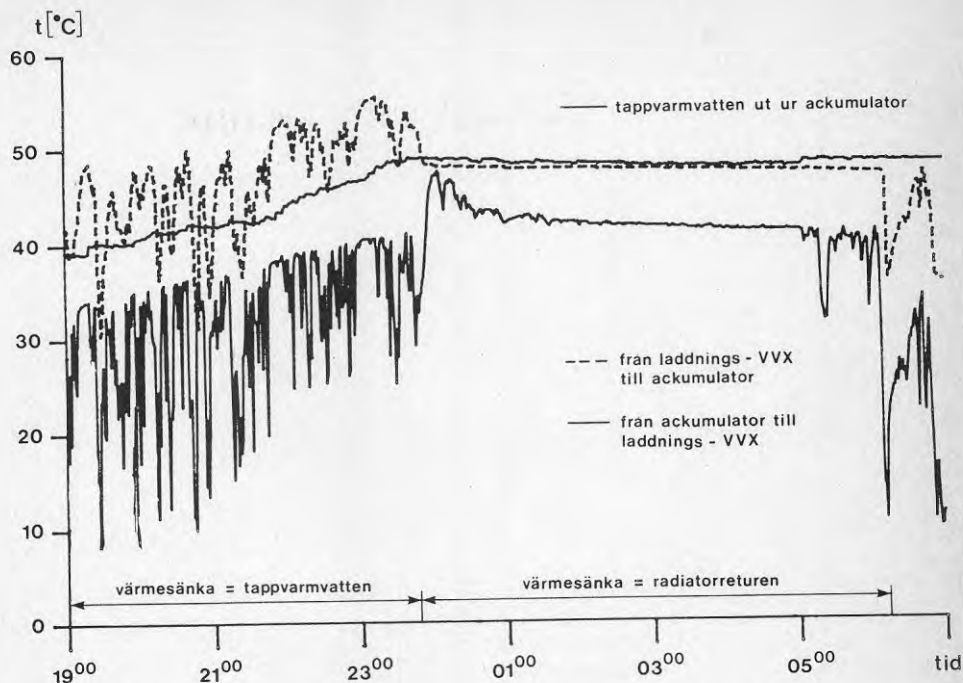
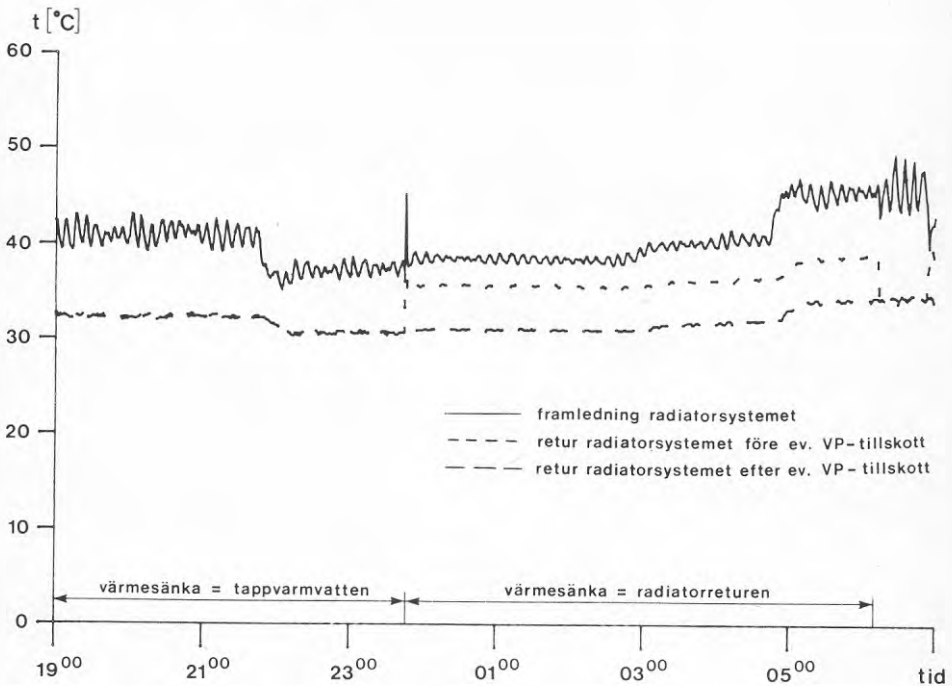
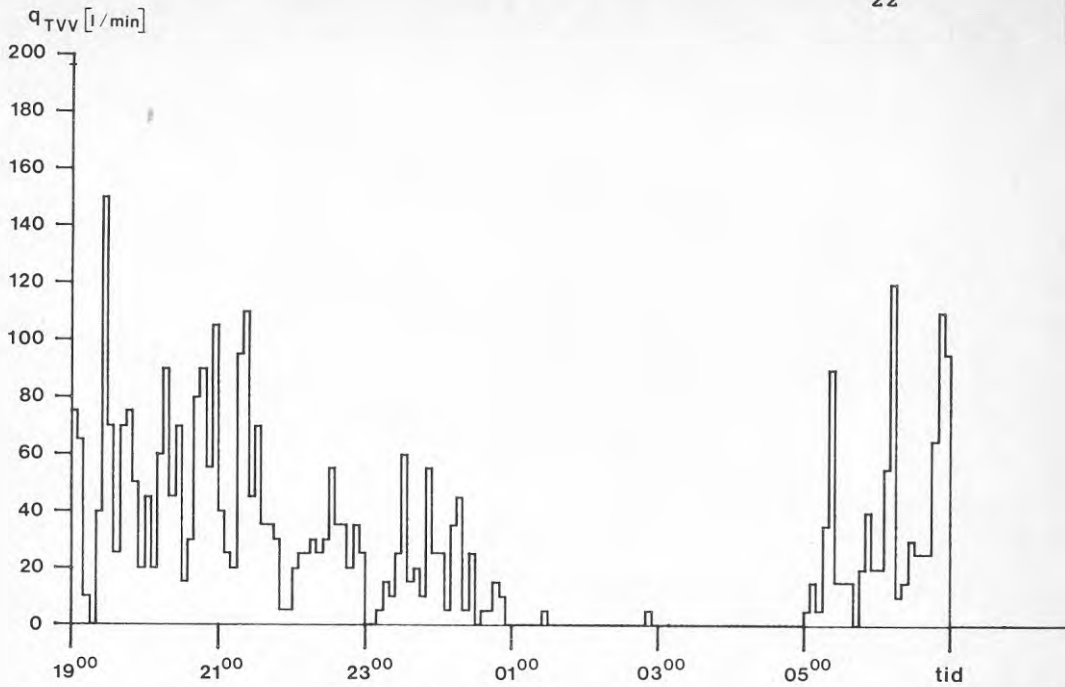


Fig 5.10 Figuren visar temperaturen i laddningskretsen till och från akkumulatorn. Även temperaturen på tappvattnet ut ur akkumulatorn visas.

Eftersom anläggningen endast har en kondensator, har en värmeväxlare installerats för att möjliggöra värmeleverans till både tappvarmvattnet och radiatorkretsen. Värmeväxling sker mellan tappvarmvattnet och kondensatorvattnet. Temperaturen på det vatten som akkumulatorn laddas med kommer på grund av denna värmeväxling att hamna någon grad under temperaturnivån på värmepumpens framledning. I figur 5.10 visas temperaturen på det vatten som tas från akkumulatorns botten samt temperaturen på vattnet som tillförs dess topp.

Under perioder med hög varmvattenförbrukning, s k störttappningar, sjunker temperaturen i akkumulatorns botten kraftigt. Dessa störttappningar inträffar vanligen på morgonen och kvällen. Av figur 5.11 framgår hur tappvarmvattenförbrukningen varierat under mätperioden. I figur 5.10 visas även temperaturen på det vatten som tas ur akkumulatorn av brukarna. Temperaturen på detta vatten var vid sjutiden på kvällen så låg som 40 °C. Detta innebär att eftervärmning måste ske innan tappvarmvattnet når brukarna. Denna eftervärmning sker i en hetvattenvärmeväxlare. I bilaga 2 visas tappvarmvattenförbrukningen under några dygn. Förbrukningen uppvisar ungefär samma mönster som i fig 5.11.



Figur 5.12 visar hur stor del av värmebehovet som värmepumpen täcker vid värmedrift. Under nattperioden vid en utomhustemperatur på ca ± 0 °C står frånluftsvärmepumpen för ca 60 % av fastighetens uppvärmningsbehov.

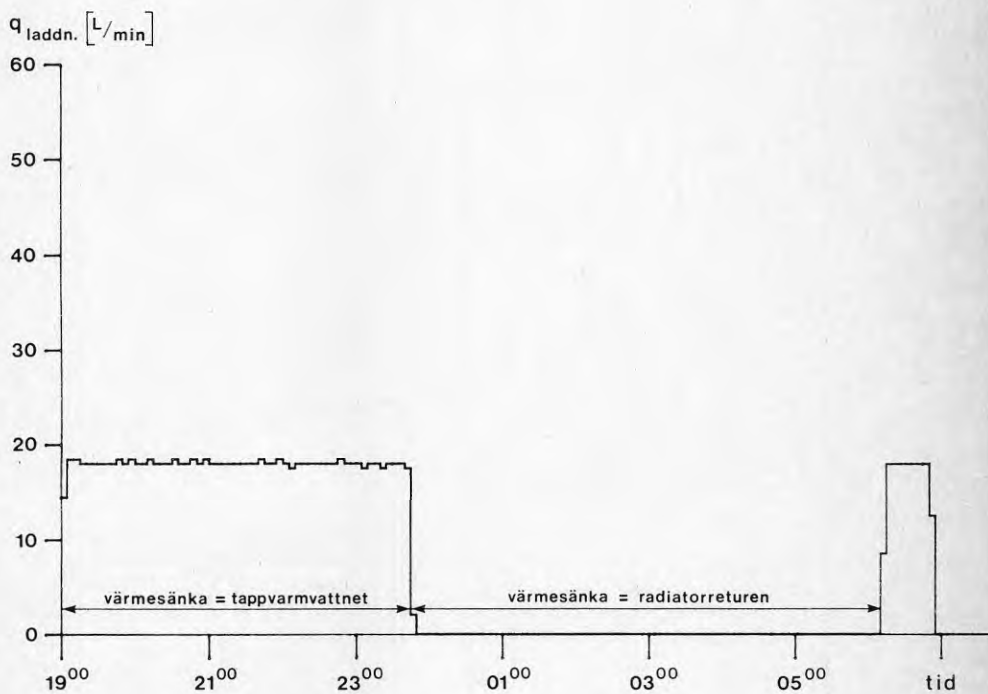


Fig 5.13 Laddningsflödet till ackumulatorn.

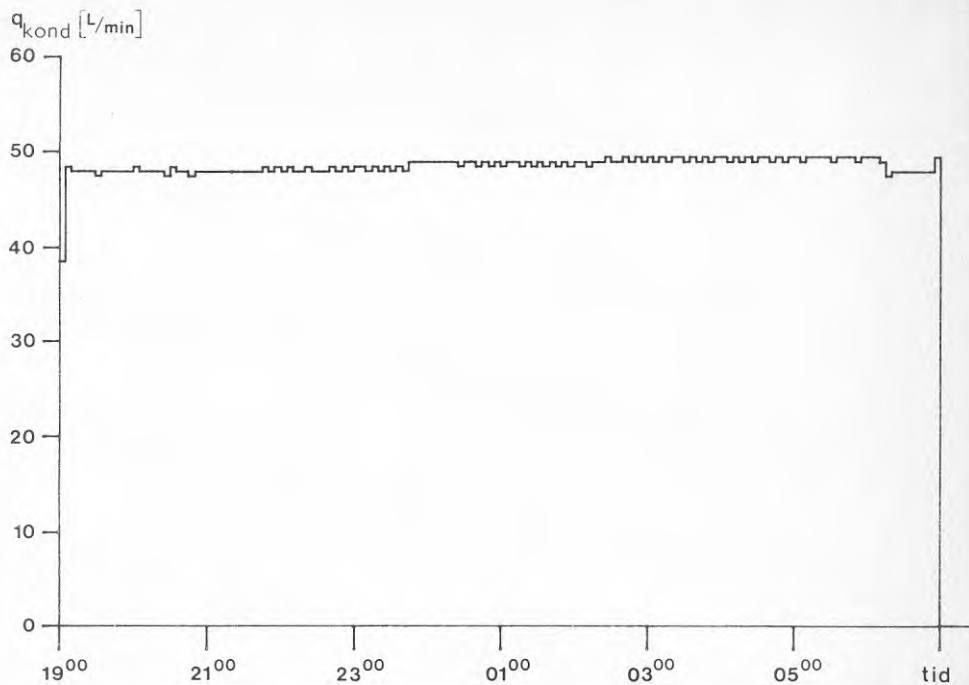


Fig 5.14 Kondensorflödet.

Av figur 5.13 framgår att laddningspumpen stoppas då värmepumpen inte skall leverera någon värme till tappvarmvattnet. Figur 5.14 visar att kondensorflödet ökar något vid värmedriftsfallet.

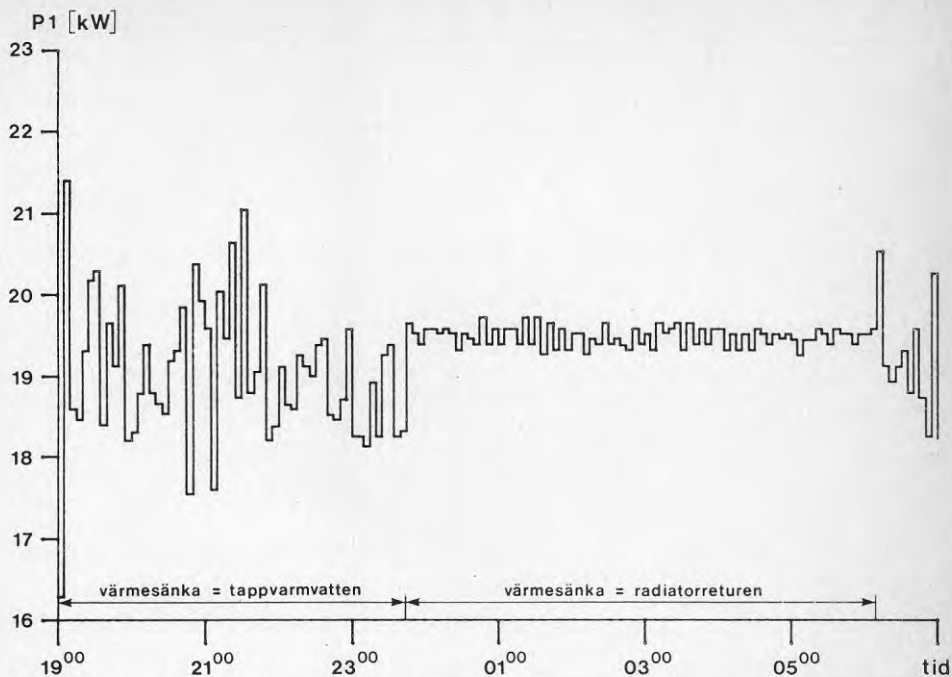


Fig 5.15 Värmeeffekt avgiven i värmepumpens kondensor.

Värmeeffekten i figur 5.15 baserar sig på medelvärdesbildning under 5-minutersintervall. De kraftiga variationerna i den avgivna effekten vid tappvarmvattendrft beror på variationerna i returtemperaturen in till värmepumpen. Genom att medelvärdesbilda effekten under perioden då värmepumpen endast levererar värme för tappvarmvattenberedning erhålls medeleffekten för detta driftsfall. Även driveffekten för värmepumpaggregatet inklusive cirkulationspumpar mäts kontinuerligt. Värmefaktorn kan därigenom beräknas. Genom att på samma sätt medelvärdesbilda under perioden då värme levererades endast till radiatorkretsen fås följande värden.

- tappvarmvattendrft; $P_1 = 19,0 \text{ kW}$, $\text{COPl}_{\text{tot}} = 3,1$

- radiatorkretsdrft; $P_1 = 19,5 \text{ kW}$, $\text{COPl}_{\text{tot}} = 3,7$

Anledningen till den förbättrade prestandan vid värmeleverans till radiatorkretsen är som redan nämnts den vid detta driftsfall genomsnittligt lägre kondenseringstemperaturen. Mot bakgrund av dessa mätresultat skulle man helst se att radiatordrift prioriterades under eldningssäsongen. För att få en bättre uppfattning om hur styrstrategin skall utformas, för att erhålla största möjliga besparing gjordes prov med tre olika driftstrategier under februari 1985. Resultatet från dessa prov redovisas i kap 5.4.

5.4 Försök med tre olika driftstrategier

Vid intensivmätningen redovisad i kap 5.3 framkom att prestandan hos värmepumpen beror på det aktuella driftsfall. Tre olika driftstrategier provades därför under tre veckor i februari 1985. Resultatet från dessa mätningar var inte helt entydigt. Fler prov med olika styrstrategier skulle behövas. De tre styrstrategier som provades beskrivs nedan. Hänvisningar ges där till fig 3.6 som visar systemets principiella uppbyggnad.

Följande reglerparametrar var lika för alla tre styrstrategierna.

- o Framledningstemperatur styrs via reglerkurva 3 (TA-21OU).
- o Högsta tillåtna radiatorreturtemperatur för inkoppling av värmepump = +43 °C.
Högsta tillåtna returtemperatur in till värmepump = +51 °C.
- o Tappvarmvattnet eftervärms med hetvatten då temperaturen på tappvattnet ut från undercentralen underskrider +49 °C.

De tre olika reglerprinciperna I-III skilde sig åt enligt följande.

FALL I

Med detta driftsfall prioriteras tappvarmvattenberedningen. Temperaturen på vattnet som ackumulatorn laddas med är inte reglerad. Omslag till värmeproduktion sker då givare GT-VP1 känner att ackumulatortemperaturen överstiger 40 °C. Börvärdet för laddningstemperaturen in till ackumulatorn (RC 4) är här 25 °C. Laddningskretsen kommer därigenom att alltid ha fullt flöde, eftersom värmepumpen oavsett temperaturnivån i botten av ackumulatorn kommer att höja temperaturen på laddningsflödet minst 30 °C.

FALL II

Detta driftsfall prioriterar fortfarande beredning av tappvarmvatten. RC2 har alltså samma börvärde 40 °C för GT-VP1. Till skillnad från fall I söker man här styra laddningstemperaturen in till ackumulatorn. Börvärdet för RC4 har därför valts till +47 °C. Laddningsflödet kommer därigenom att bero på temperaturnivån i botten av ackumulatorn.

FALL III

Med denna driftstrategi arbetar värmepumpen mestadels med radiatorreturen. Tappvarmvattnet förvärms endast till 25-30 °C. Omslag till radiatorkretsen sker därför då GT-VP1 överstiger 25 °C. Börvärdet för laddningstemperaturen är här +35 °C.

Varje reglerfall testades under en veckas tid. Veckomedelvärdet för några av de viktigaste parametrarna framgår av nedanstående tabell.

Tabell 5.1

	Från VP avgiven värme	Drift- tid VP	Genom- snittlig VP-effekt	Värme- faktor	Temp radiator framled- ning	Utetem- peratur	VP-värme till ra- diatorkrets /VP värme totalt %
	kWh	h	kw	COPltot	°C	°C	%
Fall I	3153	167,2	18,9	3,4	+ 51,4	- 11,7	31
Fall II	2891	154,8	18,7	3,3	+ 54,8	- 16,0	32
Fall III	3125	165,4	18,9	3,4	+ 53,5	- 14,7	45

I fig 5.16 till 5.21 utvisas delar av de mätresultat som erhöles under treveckorsperioden. I varje figur återges mätresultaten från de tre första dygnen för var och en av de tre olika driftstrategierna. Kurvorna baserar sig på timmedelvärden. Utomhustemperaturen har varierat avsevärt under mätperioden, vilket framgår av figur 5.16. Framledningstemperaturen (5.17) på husets radiatorkrets har därför varierat över mätperioden. Detta försvårar en rättvis jämförelse mellan de tre olika reglerprinciperna.

Utgående från tabell 5.1 verkar de tre olika reglerfallen inte skilja sig åt i uppnådd värmefaktor. Totalt avgiven värmeeffekt är dock ca 10 % lägre med driftfall II jämfört med de andra två driftfallen. De perioder då värmepumpen avgett en "låg" värmeeffekt motsvaras i figur 5.19, fall II av en hög framledningstemperatur ut från värmepumpen. Orsaken till denna relativt sett höga temperatur ut från värmepumpen vid driftfall II är problem med styrningen av laddningsflödet.

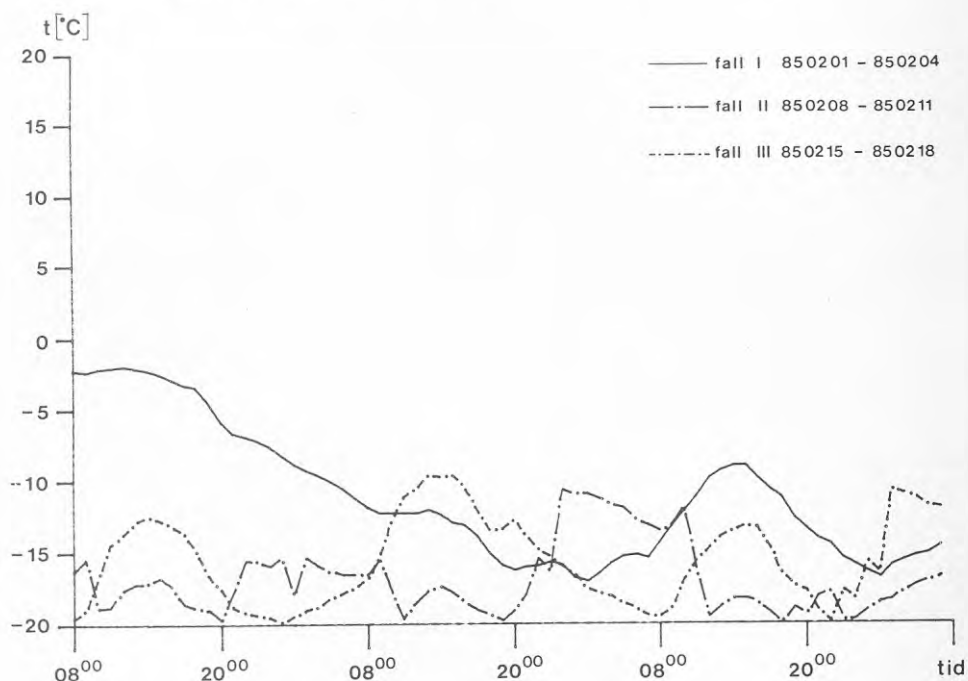


Fig 5.16 Utetemperaturens variation under mätperioderna.

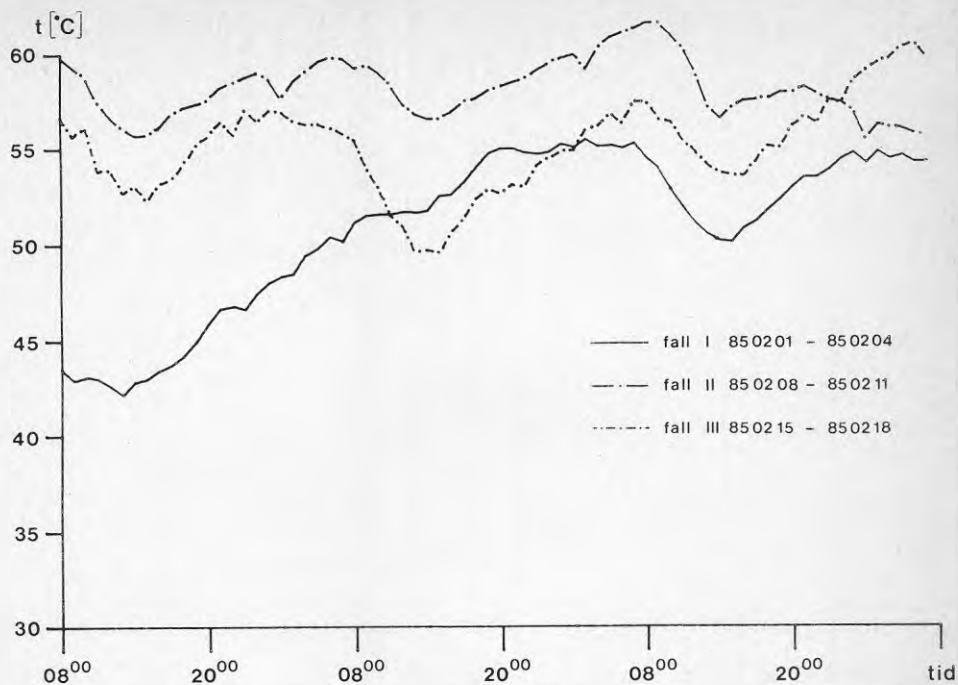


Fig 5.17 Radiatorernas framledningstemperatur under mätperioderna.

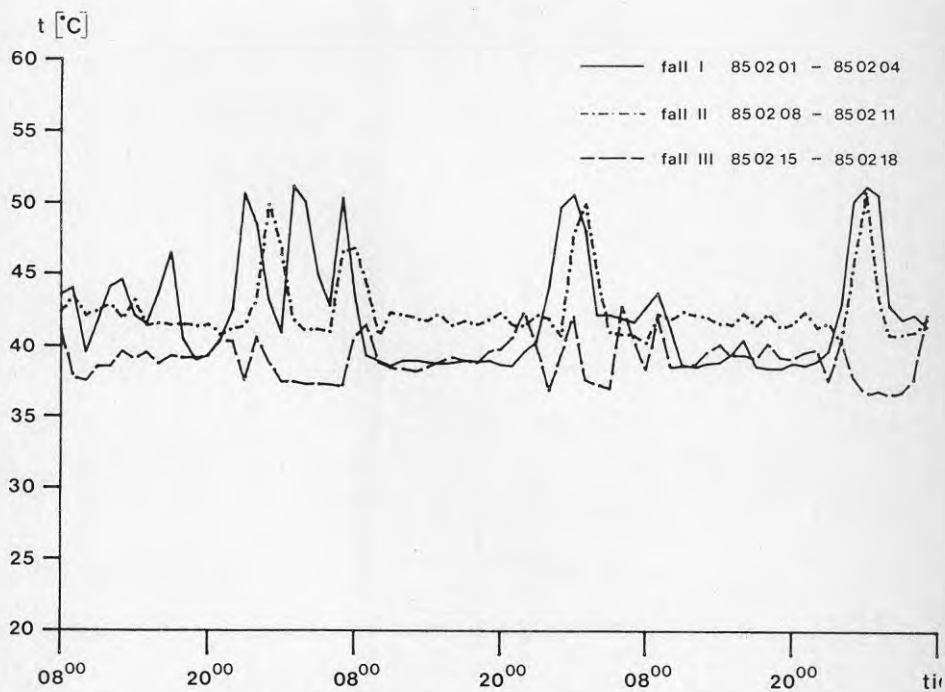


Fig 5.18 Laddningstemperatur till ackumulator från värmepumpen.

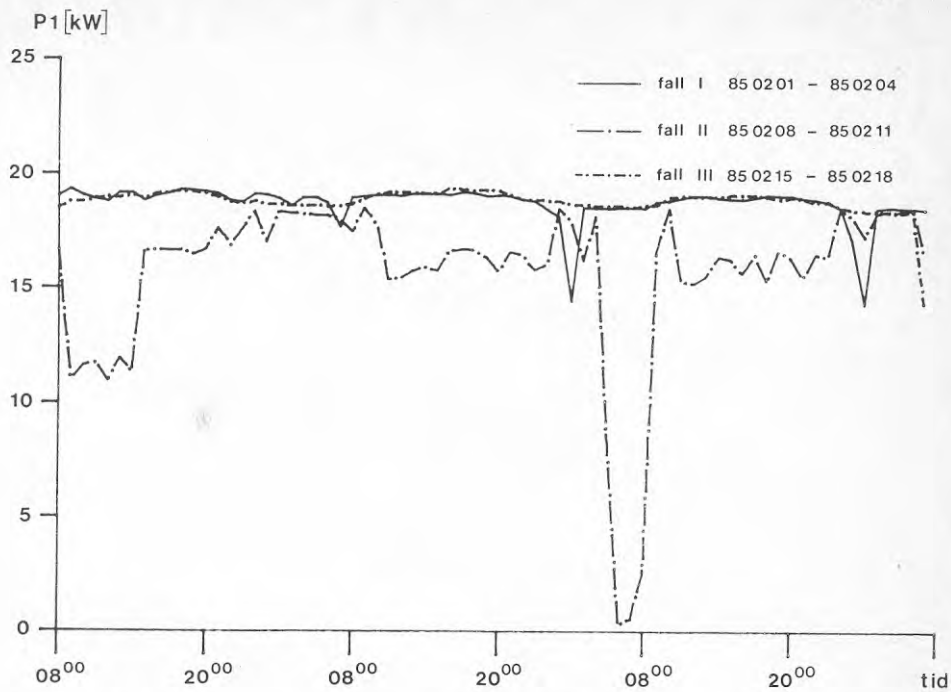


Fig 5.19 Avgiven värmeeffekt från värmepumpen.

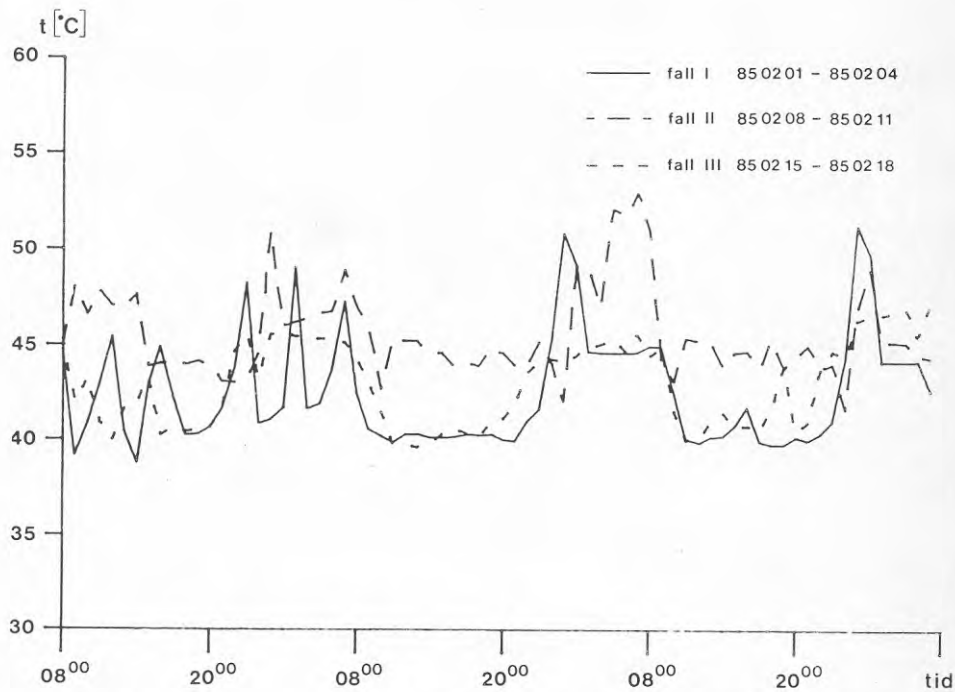


Fig 5.20 Värmepumpens framledningstemperatur.

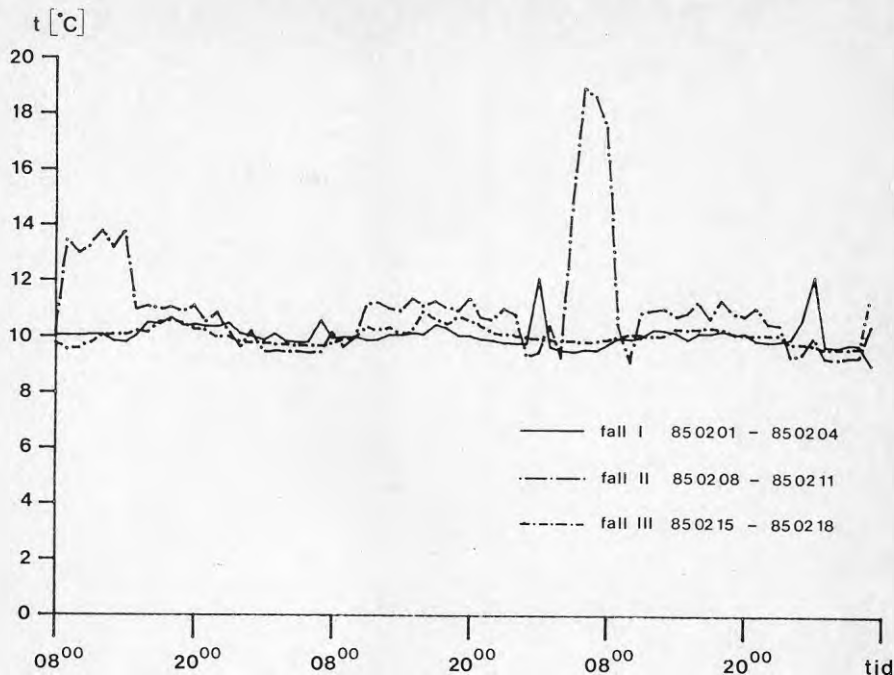


Fig 5.21 Frånluftstemperatur efter kylbatteriet.

Anläggningen är ursprungligen dimensionerad för ett konstant laddningsflöde, för uppladdning av tappvarmvattenackumulatören. Flödet var projekterat till 10 l/min, vilket ger en temperaturhöjning på tappvattnet över laddningsvärmväxlaren på knappt 30 grader. Under perioder med höga uttag av varmvatten uppkom störningar i skiktningen i ackumulatören. Detta troddes delvis bero på att "kallt" vatten tillfördes toppen av ackumulatören. Med detta flöde kommer femgradigt vatten från ackumulatörens botten endast att uppvärmas till $5 + 30 = 35$ °C innan det tillförs ackumulatörens topp.

För att i stället kunna bibehålla en god skiktning valde man att styra laddningstemperaturen in till ackumulatören. Detta gjordes genom att flödet i laddningskretsen reglerades med hjälp av en motorventil samt en temperaturgivare på inloppet till tanken (se fig 3.6). Regleringen av denna temperatur har visat sig mycket instabil, vilket i sin tur orsakat höga kondenseringstemperaturer med driftstopp som följd. Denna instabila drift skulle förmodligen kunna avhjälpas med en av följande två åtgärder.

- Ett ökat by-passflöde över motorventilen, vilket ger ett högre minsta laddningsflöde och därigenom en tillgänglig värmesänka.

- Uttaget för laddningskretsen flyttas från inkommande kallvattenledningen till botten av ackumulatortorn. Med denna alternativa inkoppling skulle en tillfällig tappning inte omedelbart leda till en sjunkande temperatur på laddvattnet.

Det bör här kanske även påpekas att det maximala laddningsflödet är för lågt. Med ett högre maximalt laddningsflöde skulle temperaturreglering kunna ske över ett mycket större område. Kondenseringstemperaturen skulle kunna sänkas och det ökade tryckfallet över reglerventilen skulle förmodligen göra regleringen stabilare.

Vid ytterligare en intensivmättningsperiod då driftfall III testades, framkom ett annat fel i reglersystemet. Denna intensivmätning skedde under 9 timmar den 1/12 1984. Temperatur och flödesmätning gjordes här med tre minuters intervall. Denna typ av mätningar med hög upplösning gör det möjligt att studera funktionen i reglersystemet.

Fig 5.22 visar att värmepumpen varit i drift under i stort sett hela mätperioden. Den avgivna effekten från värmepumpen varierar beroende på att värmepumpen alternerar mellan värmedrift och tappvarmvattendrift. De problem som uppstår strax före kl 17.00 får sin förklaring senare.

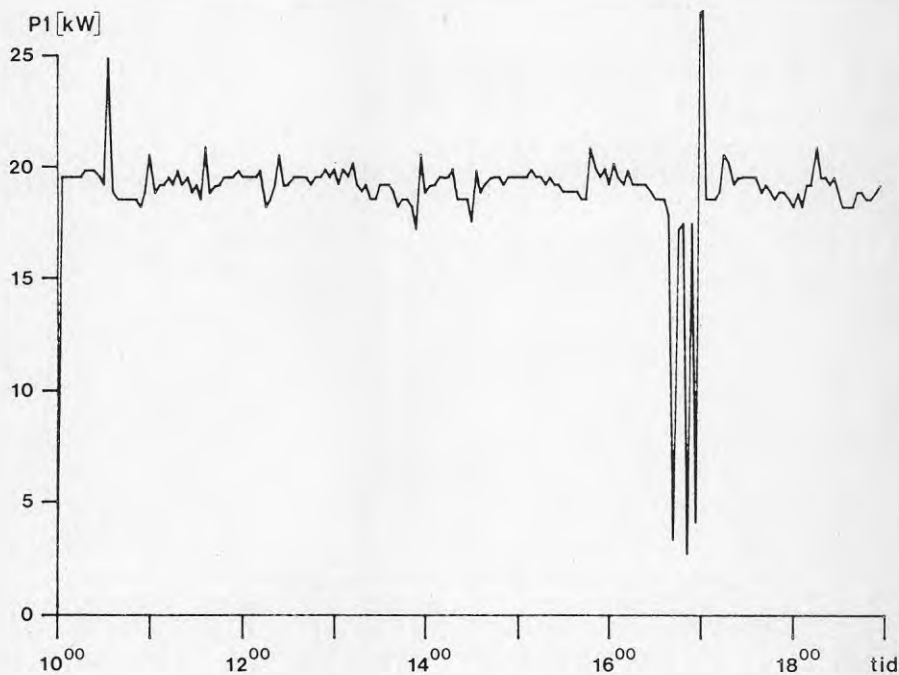


Fig 5.22 Avgiven värmeeffekt från värmepumpen.

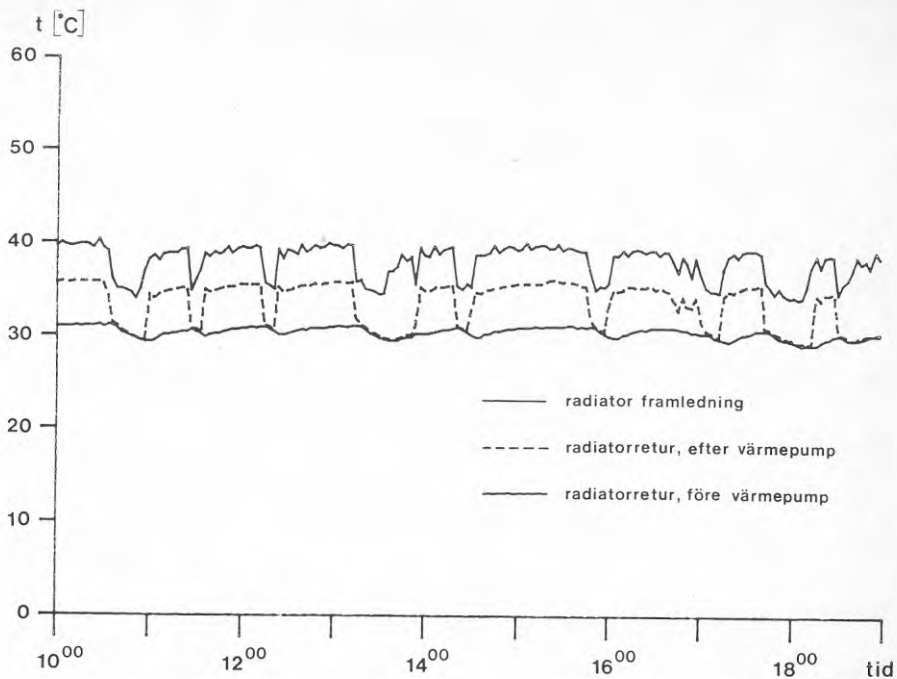


Fig 5.23 Temperaturer i radiatorkretsen.

Fig 5.23 visar hur stor del av husets uppvärmningsbehov som kan täckas med värmepumpen. Det framgår även under vilka delar av mätperioden som värmepumpen arbetar med tappvarmvattenberedning respektive radiatorkretsen.

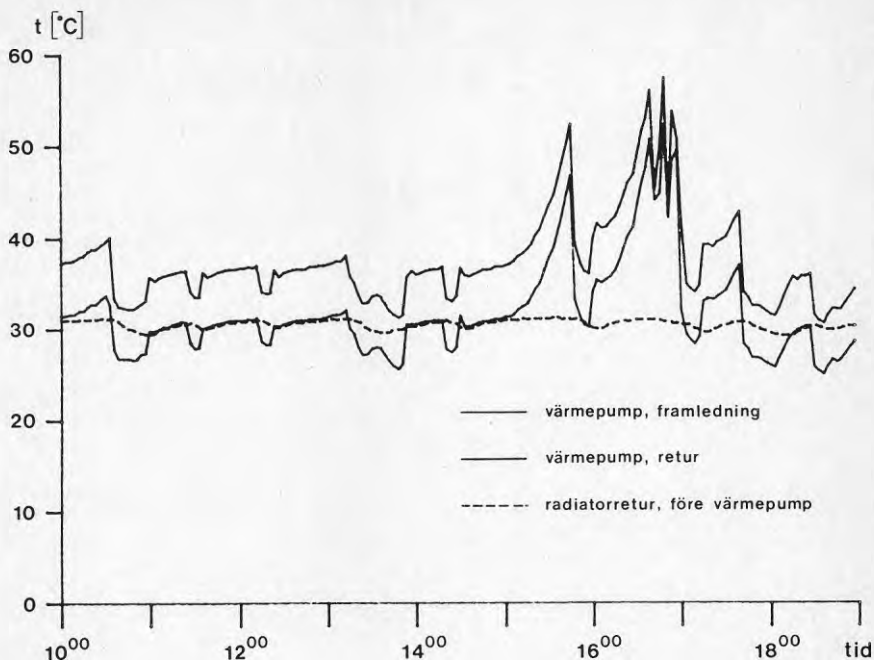


Fig 5.24 Värmepumpens värmebärartemperaturer.

Fig 5.24 slutligen visar fram- och returledningen till värmepumpen. I figuren är även radiatorreturen inritad med streckmarkering. Eftersom värmepumpen är styrd att prioritera värmeavgivning till radiatorkretsen, kommer tappvarmvattnet endast att förvärmas. Detta framgår av att det relativt kalla vattnet i ackumulatorn sänker temperaturnivån på kondensorflödet under de korta perioder som värmepumpen arbetar med tappvarmvattenberedning.

I fig 5.23 kunde man utläsa att värmepumpen täckte husets uppvärmningsbehov till ca 55 %. I fig 5.24 däremot verkar det som om SV2:1 (se fig 3.6) återshuntar värmepumpens framledning till dess retur under perioden kl 15.00 - 17.00. Om värmepumpen ej är heltäckande, skall SV2:1 stå fullt öppen mot radiatorreturen. Temperaturen på returvattnet till värmepumpen skall då överensstämma med temperaturen på radiatorreturen. Så är inte fallet, vilket kan bero på att sekvensstyrningen mellan SV2:2 och SV2:1 inte fungerar så som angetts i funktionsbeskrivningen sid 9. En annan förklaring till det inträffade skulle kunna vara läckage i SV2:2. Detta visade sig dock inte rimligt, eftersom framledningstemperaturen överensstämde väl med den valda reglerkurvan i RC1.

De reglerproblem som här beskrivits innebär att det är svårt att dra slutsatser om vilken reglerstrategi som är den optimala. Eftersom tabell 5.1 visade på ganska likvärdiga resultat för alla de tre olika fallen, kan det synas egalt vilket av de tre fallen man väljer. Några slutsatser kan ändå dras från resultaten.

- o Under mätperioden var utomhustemperaturen mycket låg (-12 -- -15 °C). Prestandan hos värmepumpenläggningen har, trots de höga returtemperaturerna från radiatorsystemet, varit relativt god.
- o Med ett bättre fungerande reglersystem samt lägre returtemperaturer från radiatorsystemet skulle förmodligen driftsfall III, där radiatorsidan prioriterades, visa sig bäst. Detta under förutsättning att husets värmebehov överstiger värmepumpens kapacitet.
- o Regleringen av laddningstemperaturen som skulle komma till användning mestadels sommartid måste modifieras för att ge en tillfredsställande funktion.

6 DISKUSSION

Anledningen till att även radiatorkretsen anslöts till värmepumpen var önskan att öka utnyttjningsgraden av den befintliga anläggningen. Mätningarna har visat att man efter ombyggnaden utnyttjar värmepumpen 24 h/dygn, under förutsättning att värmebehov föreligger. Det har även visat sig att en högre årsvärmefaktor erhöles efter ombyggnaden (3,2) jämfört med tidigare (2,9). Detta beror på att värmepumpen arbetar med en låg kondenseringstemperatur under de perioder då värmeavgivning sker till radiatorkretsen. En låg kondenseringstemperatur ger en hög värmefaktor.

Mot bakgrund av diskussionen ovan verkade valet att prioritera varmvattenberedning omotiverat. Under de första månaderna 1985 försökte man därför att med den befintliga reglerutrustningen prova olika reglerprinciper. Resultaten från proven var inte alltid jämförbara, men genom att i stället prioritera värmeavgivning till radiatorkretsen bör man kunna erhålla ytterligare förbättrade prestanda från anläggningen.

Under mätåret har det framkommit att regler-systemet tycks vara det stora problemet vid värmepumpsinstallationer. Problem uppstår där på flera nivåer:

- o En felaktig reglerfilosofi väljs ofta från början

Man valde här att prioritera tappvarmvattenberedningen.
- o Reglerutrustningen monteras felaktigt

Vid kontroll visade sig en en motorventil för styrningen av laddningstemperaturen in till ackumulatorn ha bakvänd funktion.
- o Reglerutrustningen har en dålig funktion

Reglerutrustningen för eftervärmning av utgående tappvarmvatten har fungerat dåligt med kraftiga temperatursvängningar. Dessa problem kan eventuellt bero på felaktig montering eller bristfällig dimensionering.
- o Dålig dokumentation

Anläggningens regler-system bör finnas dokumenterat och väl synligt i anläggningen. Varje reglercentral borde förses med driftkort där aktuellt börvärde, signatur och datum anges.

Trots de problem som redovisats med reglerutrustningen har anläggningen fungerat tillfredsställande. Om anläggningen skulle byggts i dag, skulle den givna konstruktionen skilja sig på följande punkter.

o Högre kyleffekt

När värmeavgivning kan ske även till radiatorkretsen bör kyleffekten i normala fall väljas så att frånluften kyls ner till några minusgrader.

o Ackumulering

Genom att välja tre seriekopplade ackumulatörer i stället för en enda stor, erhålls "skiktning" mellan tankarna. Därigenom undviks de störningar i skiktningen som beskrivs i kapitel 5.4

o Inkopplingen

För att undvika onödiga stilleståndsperioder bör man ha möjlighet att kunna avge värme från värmepumpen till tappvarmvattnet samtidigt som värme avges till radiatorsystemet.

För att på ett någorlunda begripligt sätt redogöra för hur en frånluftsvärmepump skulle kunna dockas till ett värmesystem, ges här ett utdrag ur "Frånluftsvärmepumpar i flerbostadshus, projekteringsanvisningar samt driftserfarenheter från ett 20-tal anläggningar", Ulf Bergström, SP-rapport 1985:08.

SYSTEMLÖSNING

Det nedan angivna förslaget till systemlösning bygger på erfarenheter från de anläggningar som besökts. Det får därför inte ses som det enda riktiga sättet att koppla in en värmepump. Värmepumpens prestanda beror i hög grad på egenskaperna hos värmesystemet, som värmepumpen skall arbeta i. Detta faktum glöms tyvärr ofta bort vid projekteringen. Erfarenheter från fältet visar på många felaktiga inkopplingar av värmepumpar. Grundprincipen vid inkoppling av en frånluftsvärmepump är enkel men trots detta görs många misstag. Låt kondensorn arbeta vid så låg temperaturnivå som möjligt. Det är därför svårt att förstå varför så många anläggningar prioriterar tappvarmvattenberedning, vilket förutsätter en kondenseringsstemperatur på minst 50 °C. Denna kan dock sänkas något om separat

hetgaskylning finns. I de fall returtemperaturen på radiatorsystemet under större delen av eldnings-säsongen är lägre än 45 °C (vilket oftast är fallet), lönar det sig bättre att prioritera radiator-sidan.

För att på ett enkelt sätt redogöra för de erfarenheter som erhållits från de besökta frånluftsvärme-pumpanläggningarna, ges här ett förslag till en systemlösning. De krav som har ställts på utformningen av principlösningen ges nedan.

- Radiatorsidan skall prioriteras under eldnings-säsongen
- Värmepumpen skall samtidigt kunna leverera värme både till värmesystemet och tappvarmvattnet
- Reglersystemet skall vara enkelt, med så få reglerventiler som möjligt

I figur 6.1 visas systemets principiella uppbyggnad och nedan ges en förenklad funktionsbeskrivning. Frånluftsvärmepumpen levererar värme till radiator-kretsen och/eller tappvarmvattnet. Till- och från-slag av kompressorn är termostatregerat med givare placerad på returen till värmepumpaggregatet. Denna styrning innebär att P1 och P2 ej får stoppas, var-för val av "rätt" pumpstorlek är av stor betydelse för att erhålla en hög systemvärmefaktor. Utform-ningen av tappvarmvattenmodulen är närmare beskriven i kapitel 5.3. För att erhålla en hög årsvärmefaktor används olika reglerprinciper under olika tider på året.

Sommar

Då inget uppvärmningsbehov föreligger skall värme-pumpen endast värma tappvarmvatten. Reglerventil SVI stänger helt mot radiatorkretsen och hela kondensor-värmet avges därigenom till varmvattnet via VVX 1. RV2 justeras så att laddning sker vid konstant tem-peratur, exempelvis 47 °C. Vid sommarfallet ut-nyttjas den i figuren streckmarkerade rörkopplingen. För att undvika att tillsatsvärme åtgår i onödan, kopplas elkassetten bort.

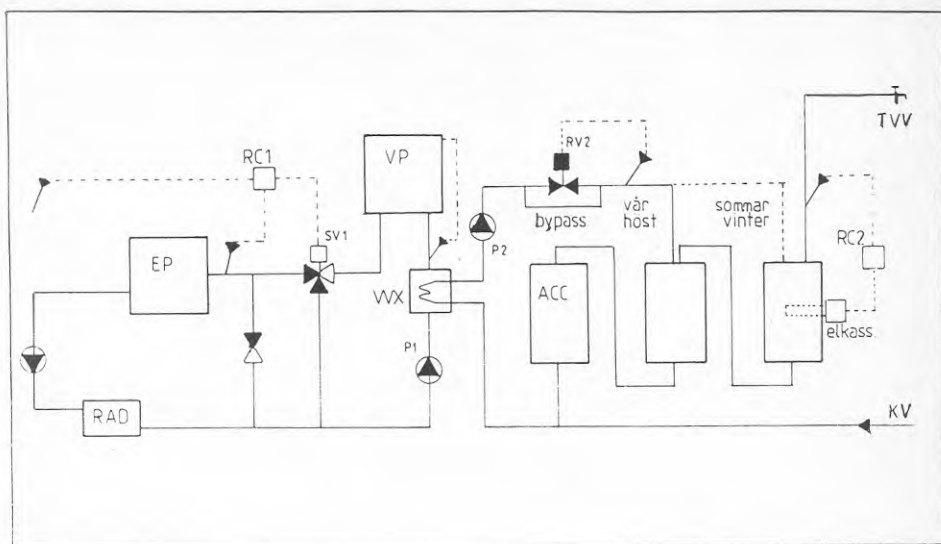


Fig. 6.1 Förslag till inkoppling av FVP, med radiatorkretsen och varmvattnet som värmesänka.

Vinter

Eftersom värmesystemet skall prioriteras, kommer SV1 att öppna fullt mot radiatorreturen under förutsättning att värmebehovet överskrider värmepumpens kapacitet. Med denna styrstrategi måste tappvarmvattnet i ackumulatorn eftervärmas vintertid. Om eleftervärmning utnyttjas, undviker man den höjning av returtemperaturen som hetvatten skulle innebära. För att eleftervärmningen ej skall påverka värmepumpens laddningskrets, ändras inkopplingen av sista ackumulatortanken enligt figur 6.1. Börvärdet för RV2 väljes vid detta driftsfall till exempelvis 30 °C. VVX1 kommer därigenom endast att förvärma tappvarmvattnet.

Om börvärdet för RV2 ställs för högt, dvs på en högre temperaturnivå än radiatorreturen, uppstår problem. Laddningsflödet stryps då av RV2, eftersom temperaturen på vattnet i laddningskretsen aldrig kan uppnå börvärdet. Detta leder i sin tur till att ingen förvärmning sker och ackumulator 1 och 2 kallar. Om eleftervärmningen inte ensam klarar hela effekttbehovet, kommer utgående tappvarmvattentemperatur efter hand att sjunka. Börvärdet på RV2 får under inga omständigheter överskrida temperaturnivån på radiatorreturen.

Vår/höst

Under övergångsperioden då värmebehov finns men värmepumpen fortfarande har överkapacitet för enbart radiatorkretsen, fås ytterligare ett driftsfall. Principen för tappvarmvattenberedningen blir här liksom vid vinterfallet konstantflödesprincipen (se kap 5) med en undre begränsning av laddningstemperaturen på t ex 40 °C, vilket ställs in som börvärde för RV2. Nattetid då varmvatten inte förbrukas kommer naturligtvis tankarna att värmas upp till den temperaturnivå vid vilken värmepumpen bryter på för hög returtemperatur. Detta sker under förutsättning att värmepumpen vid tillfället har överkapacitet.

SV1 skall styras i sekvens med befintlig reglerutrustning, så att värme i första hand tas från värmepumpen. Om brist uppstår skall befintlig oljepanna (ev elpanna) ge det nödvändiga tillskottet till radiatorkretsen.

Den reglerprincip som här beskrivits måste naturligtvis anpassas för varje enskild anläggning. Val av lämpliga börvärden beror på vilket köldmedium som valts. Köldmedieval beror i sin tur på rådande returtemperaturer i värmesystemet. Det intressanta med en systemutformning enligt ovan är dock den automatiska prioriteringen av den värmesänka som har den lägsta temperaturnivån. Även om värmepumpen arbetar med radiatorreturen, kommer en störttappning att kyla returen till kondensorn ytterligare via VVX1. Den låga kondenseringstemperatur som erhålls med

denna styrstrategi kommer därför att ge en förbättrad lönsamhet för anläggningen, jämfört med en traditionell systemutformning där tappvarmvattenberedning prioriteras. Värmepumpen tillåts då bara arbeta med den gynnsammare radiatorreturen då varmvattenbehovet har tillgodosetts.

Som nämndes i början av detta kapitel, passar denna reglerprincip de anläggningar där radiatorreturen under större delen av eldningsåsongen inte överskrider 45 °C. I de flesta flerfamiljshus är detta villkor uppfyllt, men för säkerhets skull - kontrollera innan, inte efter att värmepumpen installerats.

PRESTANDAPROV AV VÄRMEPUMP I KV BOKHÅLLAREN, KARLSTAD

4/1 1984

PROV 1

Värmekälla: Frånluft
Värmesänka: Tappvarmvatten

PROV 2

Värmekälla: Frånluft
Värmesänka: Värme

PRESTANDAPROV 1

Stabiliteten vid mätningen framgår av följande.

- Värmebärartemperaturen varierade	+ 0,2 °C
- Värmebärarflödet varierade	± 1 %
- Kompressoreffekten varierade	< 0,5 %
- Köldbärartemperaturen varierade	< 0,5 °C
- Köldbärarflödets variation	ej uppmätt

Följande mätnoggrannhet gällde vid provet:

- Temperaturmätning (även differens)	< ± 0,1 °C
- Flödesmätning (värmebärarsida)	< ± 2 %
- Flödesmätning (köldbärarsida)	?
- Eleffektmätning	< ± 2 %

Under mätningarna registrerades följande data:

- Temperatur köldbärare in
- Temperatur köldbärare ut
- Flöde köldbärare
- Temperatur värmebärare in
- Temperatur värmebärare ut
- Flöde värmebärare
- Förångningstryck
- Kondenseringstryck
- Kompressoreffekt (kompressor + P2)

RESULTAT KAPACITETSPROV, Pumpen

Värmebärartemperatur till kondensör	27,8 °C
Värmebärartemperatur från kondensör	22,5 °C
Flöde genom kondensör	0,8 l/s

Avgiven värmeeffekt kondensör	17,4 kW

Upptagen eleffekt (inkl cirk pump P2)	4,4 kW
Upptagen eleffekt (exkl cirk pump P2)	4,1 kW

Värmefaktor	COP _{tot} 3,9
	COP _k 4,3

Förångningstemperatur	- 4,0 °C
Kondenseringstemperatur	+ 33,0 °C

Carnotvärmefaktor, COP _c	8,3

Carnotverkningsgrad, COP _k /COP _c	0,52

Köldbärartemperatur till förångare	21,1 °C
Köldbärartemperatur från förångare	10,2 °C
Flöde genom förångare	3 800 m ³ /h

Kyleffekt	14,6 kW

Avvikelse i värmebalans	7 %

PRESTANDAPROV 2

Stabiliteten vid mätningen framgår av följande.

- Värmebärartemperaturen varierade	+ 0,3 °C
- Värmebärarflödet varierade	± 1 %
- Kompressoreffekten varierade	< 0,5 %
- Köldbärartemperaturen varierade	< 0,5 °C
- Köldbärarflödets variation	ej uppmätt

Följande mätnoggrannhet gällde vid provet:

- Temperaturmätning (även differens)	< ± 0,1 °C
- Flödesmätning (värmebärarsida)	< ± 2 %
- Flödesmätning (köldbärarsida)	?
- Eleffektmätning	< ± 2 %

Under mätningarna registrerades följande data:

- Temperatur köldbärare in
- Temperatur köldbärare ut
- Flöde köldbärare
- Temperatur värmebärare in
- Temperatur värmebärare ut
- Flöde värmebärare
- Förångningstryck
- Kondenseringstryck
- Kompressoreffekt (kompressor + P2)

PROV 2 VÄRMEDRIFT

Värmebärartemperatur till kondensor	34,7 °C
Värmebärartemperatur från kondensor	40,4 °C
Flöde genom kondensor	0,8 l/s

Avgiven värmeeffekt kondensor	19,3 kW

Upptagen eleffekt (inkl cirk pump P2)	5,5 kW
Upptagen eleffekt (exkl cirk pump P2)	5,2 kW

Värmefaktor	CO _{Ptot}
	CO _{Pk}
	3,5
	3,7

Förångningstemperatur	+ 1,5 °C
Kondenseringstemperatur	+ 44,5 °C

Carnotvärmefaktor, COP _c	7,4

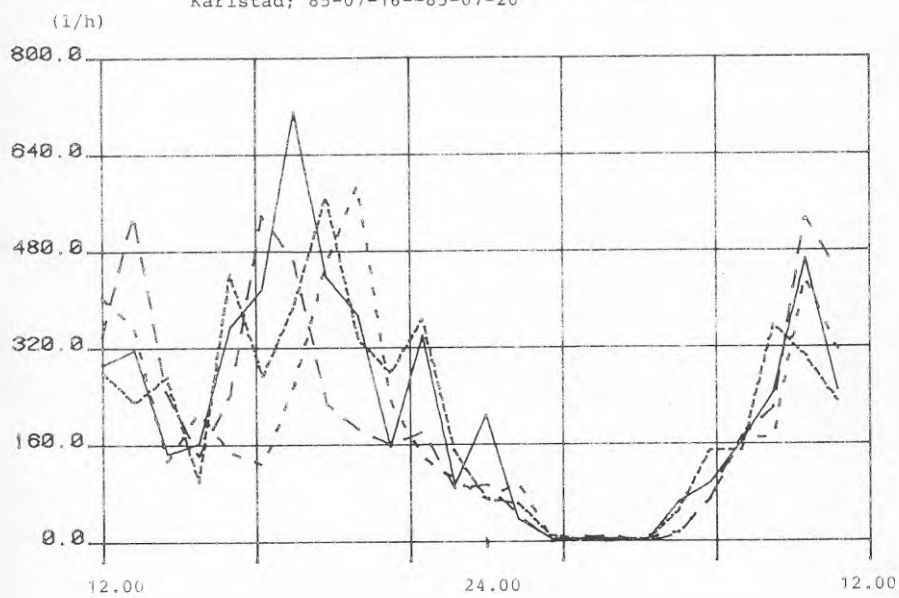
Carnotverkningsgrad, COP _k /COP _c	0,50

Köldbärartemperatur till förångare	21,2 °C
Köldbärartemperatur från förångare	9,6 °C
Flöde genom förångare	3 800 m ³ /h

Kyleffekt	14,6 kW

Avvikelse i värmebalans	2 %

Tappvarmvattenförbrukning under fyra dygn, kv Bokhällaren
Karlstad; 85-07-16--85-07-20



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830881-4
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens
Provningsanstalt, Borås.

R139: 1985 Värmeåtervinning ur frångluft U Bergström

R139: 1985

ISBN 91-540-4475-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6705139

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirka pris: 30 kr exkl moms