

TEKNISK UTVÄRDERING AV GAMLA OCH NYA FJÄRRVÄRMECENTRALER I SLAGSTA



Håkan Lindkvist och Håkan Walletun, ZW Energiteknik AB

Forskning och Utveckling | 2005:120

TEKNISK UTVÄRDERING AV GAMLA OCH NYA FJÄRRVÄRMECENTRALER I SLAGSTA

Forskning och Utveckling | 2005:120

Håkan Lindkvist
Håkan Walletun

ZW Energiteknik AB

ISSN 1401-9264
© 2005 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr FOU 2005:120

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt.
Publiceringen innebär inte att Svensk Fjärrvärme AB tagit ställning till
slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning FOU 2005:120 – Teknisk utvärdering av gamla och nya fjärrvärmecentraler i Slagsta

Området Slagsta, söder om Stockholm, är uppfört i början av 1970-talet, då det även anslöts till fjärrvärme, och är bebyggt med småhus och radhus. Totalt består de nio samfälligheterna av 794 hushåll och har ett dimensionerande effektbehov på 5,6 MW.

Utvärderingen av området är upplagt som ett mät- och utvärderingsprojekt. Dels har befintlig energistatistik utnyttjats, dels har nya och mer detaljerade mätningar, bland annat på den sekundära sidan, genomförts. Dessutom har ett mindre antal begränsade försök genomförts, där bland annat börvärdesinställningar och enskilda komponenter utvärderats.

Syftet med projektet har varit att utnyttja denna unika möjlighet att jämföra fullskalig fjärrvärmecentralsteknik, där utrustning och komponenter har utsatts och utsätts för realistiska lastsituationer. Dessutom har vi dokumenterat funktionen hos två stycken fjärrvärmecentraler från 1972/73, samt vilka förändringar som uppnås när äldre anläggningar ersätts mot ny utrustning.

Några av projektets viktigaste slutsatser är:

- En ny fjärrvärmecentral jämfört med en 30 år gammal innebär automatiskt inte någon sänkt energianvändning för kunden, däremot bör en bättre avkylning (5-10 procent) kunna uppnås till fjärrvärmenätet.
- För kunden innebär en ny fjärrvärmecentral i första hand en möjlighet till bättre komfort, till exempel genom att effektbrist på grund av försmutsade värmeväxlare undviks vid DUT, samt tillförlitligare funktion.
- Kopplingsprincip är av underordnad betydelse vid val av ny fjärrvärmecentral. Däremot är injustering i fjärrvärmecentralen och dess tillhörande sekundära nät betydligt viktigare och påverkar fjärrvärmecentralens funktion mer och därmed också fjärrvärmenätet.
- Nattsänkning i denna typ av byggnader medför ingen besparing av energi. Viktigt att notera är här att för att nattsänkning skall minska energianvändningen, måste verkligen den genomsnittliga inomhustemperaturen sänkas, med en komfortsänkning som följd. Nattsänkning i kombination med morgonhöjning innebär en hög toppeffekt på morgonen, vilket starkt medverkar till skapandet av den s.k. morgontoppen i fjärrvärmenätet.
- Det är viktigt att rätt dimensionerad styrventil installeras även på värmesidan, för att begränsa eventuella överuttag på grund av till exempel nattsänkning i kombination med morgonhöjning.
- För denna typ av sekundära system, kan mycket små styrventiler nyttjas för tappvarmvattenberedning, då varmvattencirkulationen fungerar som en stor ackumulerande volym och endast behöver laddas mer eller mindre kontinuerligt.

Studien har genomförts på uppdrag av Svensk Fjärrvärme.

Nyckelord: Fjärrvärmecentral, Analysmetoder, tappvarmvattensystem, värmesystem

SUMMARY FOU 2005:120 - TECHNICAL EVALUATION OF OLD AND NEW DH-SUBSTATIONS IN SLAGSTA

The residential area Slagsta, located south of Stockholm, was constructed in the early 1970-ies and already from the beginning connected to district heating. (4-pipe secondary net) The residential estate consists of detached houses and row houses, totally 794 dwellings grouped in 9 blocks with a dimensioned heat capacity of 5,6 MW.

This project dealt with the evaluation of the area, partly by using the available energy statistics and partly by performing special and more detailed measurements especially on the secondary part of the heating system. Furthermore, some special measurements have been performed in order to evaluate set points and some of the system components.

The aim of the project was to analyse the function of large substations under different load situations as they occur during the year. Furthermore, the function of two substations constructed 1972/73 was investigated and eventual changes, which happened when they were replaced with modern equipment, were analysed

The most import findings of the project are:

- The replacement of older substations (about 30 years old) with new one results not necessarily in a lower energy use for the customer. However, it normally can improve the cooling of the district heating medium 5–10 %.
- The most important gain for the customer is a better comfort, for instant by avoiding that heat deficiency occurs due to soiled heat exchangers if it is very cold outside. In general - of course - the operational reliability is improved.
- The type of connection (1-stage or 2-stage) is of minor importance. However, it is very important for both the function of the primary and the secondary net that the substation is well adjusted to the secondary net.
- The decrease of indoor temperature during the night will in this type of dwellings not result in energy saving. In order to achieve energy saving, the mean indoor temperature must be lowered, which is not the case with the masses of the houses build in Slagsta. Instead, as the case is now for compensating the night decrease, a high morning peak load occurs impairing a smooth operation of the district heating net.
- It is very important that the control valve for heating is adequate (low) sized in order of preventing an excessive heat take-out due to the morning peak load.
- In this type of secondary (4-pipe) system as it is the case in Slagsta, relatively low valve dimensions can be used for hot water preparation. The reason is the large hot water circulation volume, which serves as an accumulator that can be heated with more or less constant heating power.

This investigation has been performed on the behalf of Swedish District Heating Association's R&D programme.

Key words: District heating, substation, evaluation, domestic hot water, heating system.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	7
1.1.	Bakgrund.....	7
1.2.	Syfte och mål	7
2.	Beskrivning	9
2.1.	Beskrivning av fjärrvärmecentraler i Slagsta.....	10
2.2.	Nyckeltal	14
3.	Resultat.....	16
3.1.	Analys och utvärdering av de befintliga fjärrvärmecentralerna.....	16
3.1.1.	Driftförutsättningar	16
3.1.2.	Energianvändning och avkylning	17
3.1.3.	Överkonsumtion	19
3.1.4.	Temperaturverkningsgrad och returtemperatur	22
3.1.5.	Flygfotobilder	26
3.1.6.	Sammanfattande statusbedömning av befintliga fjärrvärmecentraler	28
3.2.	Analys av genomförda byten	31
3.2.1.	Avkylning och energistatistik.....	31
3.2.2.	Överkonsumtion	32
3.2.3.	FC 179	33
3.3.	1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler.....	35
3.4.	Tappvarmvatten och varmvattencirkulation	36
3.4.1.	Börvärdesinställningar	36
3.4.2.	Varmvattencirkulation	37
3.4.3.	Placering av givare för tappvarmvatten	38
3.4.4.	Tappvarmvattenventil.....	40
3.5.	Värmesystem	42
3.5.1.	Värmekurva.....	42
3.5.2.	Nattsänkning	44
3.5.3.	Värmeventil	52
3.6.	Övrigt	52
3.6.1.	Flödesmätare	52
3.6.2.	Reglerinställning	54
4.	Slutsatser	56
5.	Referenser	58

Bilaga 1 Komponentlista för fjärrvärmecentraler i Slagsta

Bilaga 2 Returtemperatur i de olika fjärrvärmecentralerna

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Området Slagsta, söder om Stockholm, är till större delen bebyggt med småhus och radhus, vilka uppfördes i början av 1970-talet. Det aktuella området består av *nio stycken samfällighetsföreningar* vilka i mitten av 1970-talet fjärrvärmeanslöt till Södertörns Fjärrvärmes distributionsnät. Totalt består de nio samfälligheterna av 794 småhus/radhus och har ett dimensionerande effektbehov på cirka 5,6 MW vid DUT.

Varje samfällighetsförening har sin egen fjärrvärmecentral (FC) från vilka separata rörslings finns för värme respektive tappvarmvatten till husen (s.k. 4-rörssystem). Samfälligheternas fjärrvärmecentraler är av varierande ålder (t ex så fanns två av de ursprungliga 3-stegskopplade anläggningarna kvar när projektet inleddes), fabrikat och kopplingsprincip.

Det som gör området *unikt och intressant* för uppföljning är följande:

- Hela området är byggt ungefär samtidigt med likvärdig teknik och liknande småhusbebyggelse.
- Sju av de nio samfälligheternas ursprungliga FC har blivit utbytta under de senaste tio åren, med olika fabrikat, olika sätt att dimensionera och med olika kopplingsprinciper.
- Månadsavläsningar för samfälligheterna finns sparade för ett flertal år innan anläggningarna blev utbytta.
- Området är mycket distributionshomogent, det vill säga samfälligheterna utsätts för ett likvärdigt klimat och matas med likvärdig framledningstemperatur och differenstryck.
- Området utsätts under året för rejäla variationer i framledningstemperatur (ca 75 – 115°C) och differenstryck (normalt ca 1,5 – 5,0 bar) beroende på lastfall.
- Södertörns Fjärrvärme anslöt området till sitt driftövervakningssystem under våren 2002, varför mätdata sedan dess finns tillgängligt med hög tidsupplösning, t ex i form av timdata.

Sammanfattningsvis kan man beskriva området som en färdig fullskalig fjärrvärmeteknisk anläggning för utvärdering av fjärrvärmecentraler. Här finns möjligheterna att jämföra gammal och ny teknik, kopplingsprinciper, dimensionering av styrventiler, temperaturnivåer i varmvattencirkulationsslingor etc.. Om man för tio år sedan hade lagt upp ett projekt som skulle innehålla möjligheter att jämföra fjärrvärmecentralsteknik i full skala, kunde detta mycket väl ha varit det nu befintliga Slagstaområdet.

1.2. Syfte och mål

Syftet med projektet är att *utnyttja en unik möjlighet att jämföra fullskalig fjärrvärmecentralsteknik i ett befintligt fjärrvärmeområde*, där utrustningar och komponenter har utsatts och utsätts för realistiska lastsituationer.

Ett annat syfte är att genom en viss försöksverksamhet (i form av begränsade börvårdesförändringar och mindre komponentutbyten) skapa resultat och erfarenheter som kan överföras till andra fjärrvärmesystem eller verifiera åsikter och resultat som presenterats i FoU-projekt under senare år. Ytterligare ett syfte är att kunna beskriva

hur två stycken FC från 1972/73 fungerar idag efter nära 30 års drift och vilka förändringar som uppnås när äldre anläggningar byts ut mot ny utrustning.

Vårt mål är att dokumentera Slagstaområdets nio fjärrvärmecentraler och där våra resultat och slutsatser avses att kunna användas generellt inom fjärrvärmeområdet. Vi vill genom mätningar med hög tidsupplösning på både fjärrvärmesidan och kundernas sekundärsida *fastställa funktionen* i samtliga fjärrvärmecentraler, samt *visa vad som kan uppnås med komponentförändringar eller ändrade inställningar av börvärden i reglercentraler*. Projektet kommer bland annat att använda sig av nyckeltalsredovisning enligt FoU-projekt 1999:27 ”Effektivisering av fjärrvärmecentraler”.

Projektets referensgrupp har bestått av:

Hans Andersson, Södertörns Fjärrvärme

Janusz Wollerstrand, Lunds Tekniska Högskola

Rolf Jönsson, Cetetherm

Lars-Göran Olsson, Fortum Värme samägt med Stockholms Stad

Toni Andreasson, Göteborg Energi

Vi vill rikta ett stort tack till Sandor Bogo vid Södertörns Fjärrvärme som med stor entusiasm hjälp till med loggningar i sekundärsystemen. Vi är också tacksamma för att mätningarna och inhämtande av mätdata via driftövervakningssystemet har möjliggjorts genom bidrag av Södertörns Fjärrvärme.

Studien har genomförts på uppdrag av Svensk Fjärrvärme.

2. Beskrivning

Projektet är upplagt som ett mät- och utvärderingsprojekt. Vi avser dels att utnyttja befintlig energistatistik för att dokumentera samfälligheternas funktion under ett flertal år. Dels har nya mätningar med högre tidsupplösning genomförts för att i detalj utvärdera olika komponent- och systemfunktioner.

Den första utvärderingen omfattar en fullständig sammanställning av de senaste tio årens energistatistik för samfälligheterna. Från det att fjärrvärmeinstallationen skedde i början på 1970-talet och fram till cirka 1995 gjordes mycket få förändringar i fjärrvärmecentralerna. Det har därför varit möjligt att fastställa en statusbedömning före genomförda utbyten, som skett från 1996 och framåt.

I samband med detta har också kontakt tagits med Slagsta-områdets samfälligheter. Detta har skett genom en gemensam arbetsgrupp mellan samfälligheterna som bevakar olika intressen som berör Slagsta. Syftet med kontakten har bland annat varit att;

- ge information om projektet och hur kunderna eventuellt kan påverkas
- påvisa möjligheter för kunderna att uppnå energibesparingar och komfortförbättringar
- få acceptans från de boende för viss försöksverksamhet under kortare perioder.

För att inhämta information från samfälligheterna har mätdata kunnat hämtas från Södertörns Fjärrvärmes driftövervakningssystem. Systemet arbetar med helt flexibel tidsbas, och har en varierande upplösning som beror på bland annat hur många parametrar och anläggningar som ska studeras samtidigt. Normal upplösning är som bäst ungefär två till tre minuter. Detta avser då parametrar för de vanliga debiteringsavläsningarna, det vill säga fram- och returtemperatur, samt flöde och effekt.

Som komplement till denna datainsamling har vi utrustat samfälligheternas sekundärsystem för punktvisa systemstudier. Det gäller då mätningar i kundernas värme- eller tappvarmvattensystem. Mätningarna har genomförts med både en- och flerkanaliga loggrar, beroende på vad som har studerats.

Dessutom hade vi hoppats kunna installera en mätpunkt i Slagsta-området där möjlighet getts att kontinuerligt dokumentera fjärrvärmenätets lokala differenstryck. Detta eftersom tryckvariationerna kan vara betydande beroende på lastsituation (=utomhustemperatur). Detta har dock inte kunnat genomföras utan vi har istället dokumenterat differenstrycket i närläggna Norsborg.

I den utvärdering som genomförts på insamlade mätdata har den generella analysen baserats på de nyckeltal som redovisats i FoU-projekt 1999:27 ”Effektivisering av fjärrvärmecentraler”. Det vill säga för *bedömning av total effektivitet* används temperaturverkningsgraden, ϵ , och överkonsumtions-begreppet. För effektivitetsbedömning av tappvarmvattensystemet används överkonsumtionsbegreppet. För *bedömning av komfort* används regleravvikelsen IAE (Integrated Absolute Error), även detta är beskrivet i nämnda FoU-projekt.

Ett antal försök i de olika fjärrvärmecentralerna utifrån varje anläggnings egna förutsättningar genomfördes likaså. Försöken genomfördes alltid i samförstånd med kunderna. Följande problem och frågeställningar studerades:

- Betydelsen av korrekt inställt börvärde på tappvarmvatten, till exempel vad som händer i anläggningen om börvärdet avviker $\pm 5^{\circ}\text{C}$ från 55°C vid olika lastfall.
- Hur mycket kan effektiviteten från en fjärrvärmecentral påverkas genom att placera reglercentralens givare för tappvarmvatten på optimalt avstånd från värmeväxlaren?
- Finna bra rekommendationer/förslag till lämpliga värmekurvor. Fortfarande saknas detta idag och leveransinställningar i nya reglercentraler är genomgående ”högt” ställda.
- Göra ytterligare verifieringsmätningar av 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler, det vill säga fastställa hur mycket som skiljer i avkylningsprestanda.
- Göra ytterliga verifieringsmätningar (effektivitet, komfort och eventuell förändrad energiförbrukning) med olika storlek och fabrikat på tappvarmvattenventiler.
- Kontrollera varmvattencirkulationsfunktionen för några fjärrvärmecentraler. Om någon av anläggningarna har varmvattencirkulationsproblem förorsakade av termostatblandare med läckande backventiler kommer dokumentation att göras över lämpligt tillvägagångssätt för att åtgärda komfortbristen.
- Ge förslag på injustering och reglering av varmvattencirkulationsslingor i de olika anläggningarna. Vi avser att föreslå hur en förbättrad komfort kan uppnås genom optimal injustering av olika varmvattencirkulationsslingor, till exempel med hjälp termostatventiler.

2.1. Beskrivning av fjärrvärmecentraler i Slagsta

Storleksmässigt skiljer sig de nio fjärrvärmecentralerna relativt mycket. Sett till antal lägenheter, skiftar antalet från 50 till 134 per fjärrvärmecentral, följaktligen varierar den totala ytan likaså, från 6500 kvadratmeter till nästan 18000 kvadratmeter.

Eftersom hustypen är av något olika karaktär, är också storleken på lägenheterna/husen av varierande storlek. Till följd av detta, skiljer sig även den dimensionerande effekten stort mellan fjärrvärmecentralerna, från 285 kilowatt till 950 kilowatt. En sammanställning av dessa data ges i tabell 1.

En fullständig lista över befintliga komponenter för varje fjärrvärmecentral återfinns i bilaga 1.

Tabell 1 **Antal lägenheter, total yta, yta per lägenhet och dimensionerande effekt i de olika fjärrvärmecentralerna i Slagsta**

FC	Lgh [antal]	Lgh [typ*]	Yta [m ²]	Yta per lgh [m ² /lgh]	Dim. effekt [kW]
146	94	SH	12634	134	727
147	117	RH	16758	143	710
162	56	RH	6490	116	350
163	66	RH	8382	127	430
164	50	SH/RH	6905	138	285
165	114	SH	14592	128	950
178	99	SH/RH	12854	130	726
179	64	SH/RH	7829	122	454
180	134	RH	17885	133	931

* Fristående småhus (SH) alternativt hopbyggda hus (RH).

Alla former av hopbyggda hus har här slagits ihop inom kategorin radhus. Med småhus menas här hus som ej är hopbyggda direkt med andra bostadshus, men som kan vara kopplade genom till exempel mellanliggande förråds- eller garagebyggnader.

Utifrån ovanstående kan man dela in fjärrvärmecentralerna i två storlekskategorier. FC 162, 163, 164 och 178 är samfälligheter med 50 till 66 lägenheter medan de fem övriga samfälligheterna består av 94 till 134 lägenheter. Detta innebär t ex att de fem större fjärrvärmecentralerna ”faller ut” lättare i överkonsumtionsberäkningar, vilket är naturligt eftersom de har större påverkan på fjärrvärmenätet. De nio fjärrvärmecentralerna är alltså inte alltid jämförbara, utan man måste ta hänsyn även till andra faktorer, vilket kommer att framgå i avsnitt 3.

I **FC 146** finns fortfarande originalanläggningen kvar från 1972. Denna består av 3-stegskopplade rörvärmeväxlare från Parca (figur 1), samt med äldre TA reglerutrustning, 229W och 230U. Styrventiler och ställdon är likaså från TA, med K_{vs} -värden 9,2 (VV) och 10 (RAD). Värmesystemet har 3 slingor och cirkulationspumparna saknar varvtalsreglering.

År 2000 installerades en ny fjärrvärmecentral i **FC 147**, en 2-stegskopplad Cetetherm (figur 2). Anläggningen är utrustad med TAC:s reglerutrustning, 2222 samt TAC:s ställdon, M750, och ventiler, V241. Värmesystemet har 5 slingor och har Grundfos varvtalsreglerade cirkulationspumpar UPE.



Bild 1 **FC 146 med Parca rörvärmeväxlare från 1972.**

Substation 146 with Parca pipe heat exchanger from 1972.

Bild 2 FC 147, Cetetherm, från 2000 till vänster och FC 162, Thermia, från 1999 till höger.

Substation 147, Cetetherm to the left and substation 162, Thermia, to the right.



FC 162 är parallellkopplad, Thermia, från 1999, med TAC:s reglerutrustning, 2231, samt TAC:s ställdon, M750, och ventiler, V241. Värmesystemet har 2 slingor och har Wilos varvtalsreglerade cirkulationspumpar Top E.

Både **FC 163** och **FC 164** ersattes 1998 respektive 1997 med nya 2-stegskopplade anläggningar från Alfa Laval. Reglerutrustningen är likaså densamma, TAC 2232 med TAC:s ställdon M750 och ventiler V298. Värmesystemet har vardera 2 slingor och cirkulationspumparna saknar varvtalsreglering.

Bild 3 FC 163 (till vänster) och FC 164 (till höger), med nya Alfa Laval värmeväxlare från 1998 respektive 1997.

Substation 163 (left) and substation 164 (right), with new Alfa Laval heat exchanger from 1998 respectively 1997.



FC 165 var först ut av samfälligheterna 1996 med ny anläggning. Den är 2-stegskopplad med plattlödda värmeväxlare från Cetetherm. För styrning av fjärrvärmecentralen finns en DUC/reglercentral Unigyr från Landis & Gyr. Ställdon

och ventil för tappvarmvatten är av samma fabrikat, Landis & Gyr, medan värmesystemet regleras av TA:s ställdon och ventil STL. Ventilerna har K_{vs} -värden 4 (VV) och 25 (RAD). Värmesystemet har 4 slingor och har Grundfos varvvalsreglerade cirkulationspumpar UPE.

Bild 4 FC 165 (till vänster), Cetetherm, från 1996 och FC 178 (till höger), LPM, från 1998.

Substation 165 (left, Cetetherm, from 1996 and substation 178 (right), LPM, from 1998.



1998 installerades en 2-stegskopplad fjärrvärmecentral från LPM i **FC 178** (figur 4). Reglerutrustning 2232, ställdon M750 och ventiler V298 från TAC. Värmesystemet har 3 slingor och har Grundfos varvvalsreglerade cirkulationspumpar UPE.

I **FC 179** har anläggningen ersatts med en ny under hösten 2003, dvs inom projektiden. Ursprungligen var det 3-stegskopplade Parca värmeväxlare från 1973 med reglerutrustning, ställdon och ventiler från TA. Den nya utrustningen består av en parallellkopplad Prefab från SweTherm (SWEP värmeväxlare) med DUC Xenta, ställdon M750 och ventiler V241 från TAC. Värmesystemet har 2 slingor och har numera Wilos varvvalsreglerade cirkulationspumpar Top E.

Bild 5 FC 179, tidigare fjärrvärmecentral med rörvärmeväxlare från Parca, från 1973 (vänster), ny fjärrvärmecentral, SweTherm, från 2003 (höger).

Substation 179, early installation with pipe heat exchanger from Parca, from 1973 (left), new installation, SweTherm, from 2003 (right).



I **FC 180** installerades det 1998 en 2-stegskopplad LPM-Prefab, med reglerutrustning från TAC, 2232. Ställdon M750 och ventiler V241 är likaså från TAC. Värmesystemet har 4 slingor och har Grundfos varvtalsreglerade cirkulationspumpar UPE.

Bild 6 FC 180, med LPM värmeväxlare från 1998.

Substation 180, with LPM heat exchanger from 1998



2.2. Nyckeltal

Följande nyckeltal/analysmetoder har vi valt att använda:

- Överkonsumtion
- Temperaturverkningsgrad
- Regleravvikelsen
- Felidentifiering/Analys med flygfotobilder

Genom att beräkna överkonsumtion (merförbrukning) av flöde, där hänsyn tas till både avkylning och energiförbrukning, i olika fjärrvärmecentraler kan man se vilka fjärrvärmecentraler som bidrar mest till en förhöjd returtemperatur. Överkonsumtion definieras som

$$V_{\text{överkonsumtion}} = V_{\text{verklig}} - V_{\text{mål}} = \frac{E}{C} \left(\frac{1}{T_{\text{fram}} - T_{\text{retur,verklig}}} - \frac{1}{T_{\text{fram}} - T_{\text{retur,mål}}} \right) \quad (1)$$

där V = volym [m³], E = energiförbrukning inom en begränsad period [kWh], C = vattnets specifika värmekapacitet¹ [1,14 kWh/°Cm³] och T = fram- respektive returledningstemperatur.

Genom att sätta ett mål på returtemperaturen, till exempel fjärrvärmenätets genomsnitt, kan man genom att jämföra verklig returtemperatur (avkylning), mot det uppsatta målet, beräkna varje enskild fjärrvärmecentralens bidrag till förhöjd returtemperatur.

För bedömning av effektiviteten i respektive FC kan temperaturverkningsgraden, ϵ beräknas.

¹ Vid en medeltemperatur på ~60°C.

$$\varepsilon = Eff = \left((T_{fram} - T_{retur}) / (T_{fram} - T_{kall}) \right) \quad (2)$$

Man kan likna det vid att betrakta fjärrvärmecentralen som en värmeväxlare och utnyttjar därför uttrycket för dess temperaturverkningsgrad. Om värmeväxlaren då är motströmskopplad och antas ha en oändligt stor värmeöverförande yta, kan vi uppnå att T_{retur} blir lika med T_{kall} (referenstemperatur, t ex inkommande kallvattentemperatur alternativt inomhustemperaturen), vilket motsvarar 100 procent i temperaturverkningsgrad.

Genom att löpande beräkna temperaturverkningsgraden på timbasis kan avvikelser registreras omgående. Måttet kan i första hand användas för analys av anläggningens totala avkylningsförmåga. Genom att observera temperaturverkningsgraden vid olika tidsintervall under dygnet, eller vid olika utomhustemperaturer, kan tappvarmvattenlastens samt radiatorlastens effektivitet studeras.

Regleravvikelsen, IAE (Integrated Absolute Error), är ett mått som kan användas för bedömning av komfort. IAE finns utförligare beskrivet i Gumméus, men används inte speciellt mycket i praktiken. IAE definieras som

$$IAE = |T_{ac} - T_{sp}| \quad (3)$$

där T_{ac} är aktuellt är-värde (uppmätt värde) medan T_{sp} är det inställda börvärdet på reglerutrustningen. För komfortbedömning är vi således intresserade av att kunna uttala oss om pendlings eller felaktiga temperaturnivåer på tappvarmvattnet eller i värmesystemet. I denna studie har vi valt att använda regleravvikelsen, IAE-dygn, som jämförelsemått, eftersom systematiska fel i detta fall anses ta ut varandra.

I Sverige och till exempel i Finland finns det krav på hur mycket pendlings som är accepterbara, och därmed kan man sätta ett gränsvärde för IAE. Förenklat uttryckt kan man säga att bestämmelserna tillåter en avvikelse på $\pm 2^\circ\text{C}$ relativt börvärdet. Detta innebär att om vi summerar värdet på IAE över ett dygn (=IAE-dygn) skall värdet inte överstiga 48 [$^\circ\text{C}\cdot\text{h}$]. Genom att kontinuerligt beräkna IAE-dygn för aktuell utomhustemperatur kan avvikelser registreras omgående och över längre perioder kan även årstidsberoende mönster fastställas.

Flygfotobilder kan användas för att snabbt bilda sig en uppfattning om hur fjärrvärmecentralens olika delar fungerar. Metoden bygger på att grafiskt presentera stora mängder av mätdata i tre dimensioner. Flygfotobilder skapas där x-axeln utgörs av tidpunkt på dygnet [0-23] och y-axeln beskriver utomhustemperaturen [t ex -15 - $+15^\circ\text{C}$]. Z-axeln (den tredje dimensionen) utgörs av färgvariationer (nivåskillnader) och beskriver till exempel returtemperatur, flöde eller effekt. Genom att en stor mängd data kan behandlas på en och samma gång, är metoden dessutom tidseffektiv. Metoden finns beskriven i FoU-projekt 2002:70 "Felidentifiering i FC med "Flygfoton" – Förstudie" samt i kommande FoU-rapport (2005:xx) "Utveckling av analysmetoden "Flygfoto" – Grafisk presentation av stora datamängder".

I detta projekt har vi använt flygfotobilder för att i fjärrvärmecentralerna bland annat studera värmesystemet, tappvarmvattensystemet, varmvattencirkulationen samt nattsänkning.

Utöver ovan nämnda nyckeltal/analysmetoder har vi även använt oss av traditionella statistiska sammanställningar och analyser av mätdata samt driftavläsningar cirka tio år tillbaka i tiden. Detta bland annat för att kartlägga utbyten av fjärrvärmecentraler samt analysera genomförda punktmätningar under projektiden.

3. Resultat

Projektets viktigaste *resultat* anser vi finns i de nyckeltal som redovisas för de olika fjärrvärmecentralerna. Vi bedömer också att de resultat som redovisas utifrån försök med olika börvärdesinställningar, optimala värmekurvor, injusteringar av varmvattencirkulation etc. har stort allmänt intresse inom fjärrvärmebranschen och dess kundgrupper.

3.1. Analys och utvärdering av de befintliga fjärrvärmecentralerna

De nio befintliga fjärrvärmecentralerna har analyserats med hjälp av de tidigare redovisade nyckeltalen samt tillhörande energi- och avkylningsstatistik etc.. Detta har resulterat i ett mycket omfattande material, bland annat i form av diagram. I ett försök att behålla överskådligheten i rapporten, redovisas resultaten oftast i tabellform, och endast ett fåtal diagram lyfts fram som belyser intressanta och typiska fenomen.

I slutet av detta avsnitt (3.1) återfinns en kort statusbedömning för varje fjärrvärmecentral, med de viktigaste iakttagelserna sammanfattade.

3.1.1. Driftförutsättningar

Under år 2002 var den genomsnittliga *framledningstemperaturen* (T_{fram}) 93°C^2 i Södertörns Fjärrvärmes nät. Eftersom produktion och leverans i fjärrvärmenätet sker från flera olika platser under året, kan framledningstemperaturer variera kraftigt vid en och samma utomhustemperatur. Då utomhustemperaturen varierar mellan ca -5°C och $+10^{\circ}\text{C}$ så "laddas" periodvis nätet med övertemperaturer för att bättre kunna hantera kommande lastuttag, såsom s k morgontopp. Vid $+5^{\circ}\text{C}$ kan därför framledningstemperaturen "normalt" vara både 80°C eller 105°C , se figur 7.

Detta blir också speciellt påtagligt sommartid då framledningstemperaturen är cirka $87-88^{\circ}\text{C}$ i genomsnitt, vilket får betecknas som högt jämfört med många andra fjärrvärmenät. Under försommaren/tidig höst är däremot framledningstemperaturen betydligt lägre vid motsvarande utomhustemperaturer.

Det är under driftsfallet med hög framledningstemperatur som effektiviteten sommartid (ungefär från mitten av juni till mitten av augusti) har studerats i fjärrvärmecentralerna. Man skall därför ha detta i åtanke när avkylningsdata studeras, eftersom en hög framledningstemperatur då ger större möjlighet till högre avkylning, och i viss mån lägre returtemperatur.

Differenstrycket i Slagsta kan också variera kraftigt beroende på lastfall. I figur 8 redovisas differenstrycket i Norsborg, vars mätpunkt ligger precis bredvid Slagsta geografiskt, från mitten av september 2002 till januari 2003. Differenstrycket varierar under vinterperioden, mellan en och fyra bar, och är i enstaka fall uppe i fem bar. Under sommarhalvåret är pendlingarna mindre och varierar normalt mellan två och tre bar i Slagstaområdet.

Orsaken till variationerna härrör dels från produktionsanläggningen i Fittja, som startar vid utomhustemperaturer under cirka $+5^{\circ}\text{C}$ och då höjer differenstrycket i Slagsta-området. Dels från variationerna i framledningstemperaturen som indirekt påverkar flöden och trycknivåer i nätet.

² Aritmetiska medelvärde, ej flödes- eller effektviktat.

Bild 7 Fram- och returtemperatur i Södertörns Fjärrvärmes distributionsnät under 2002. Den utvärderade sommarperioden med hög framledningstemperatur är markerad med en ring.

Supply and return temperature in Södertörns Fjärrvärmes district heating network during 2002. The evaluated summer period with high supply temperature is marked with a ring.

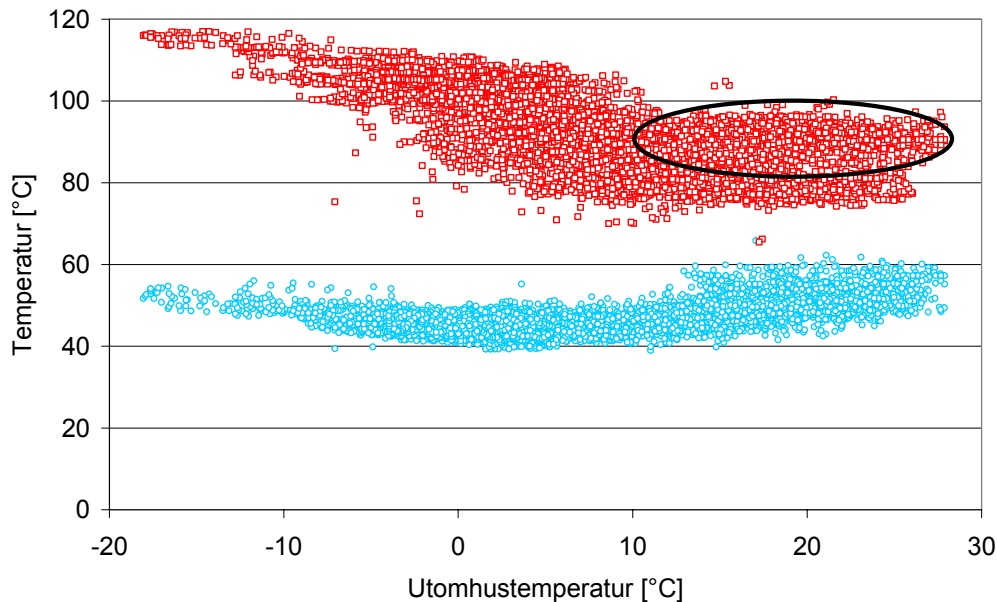
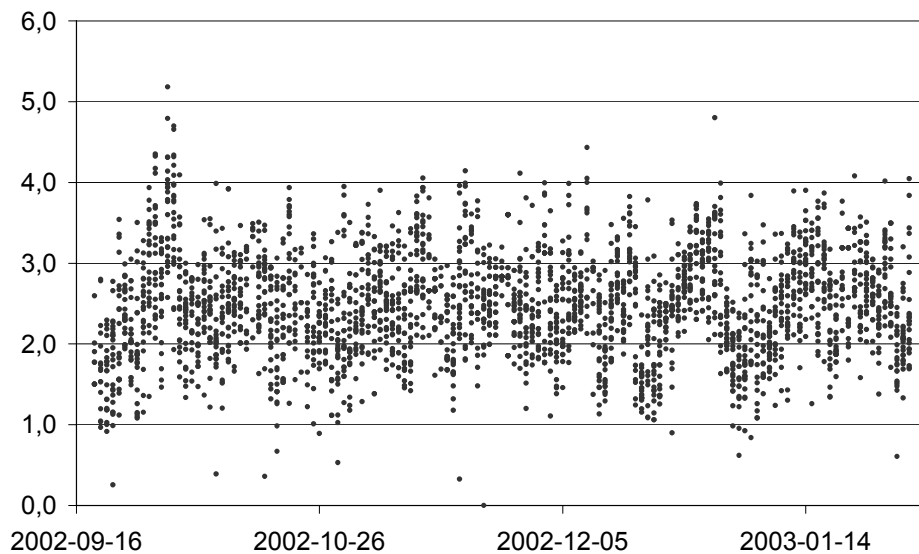


Bild 8 Differensstryck i Norsborg under hösten och vintern 2002-2003.

Difference pressure in Norsborg during autumn and winter 2002-2003.



3.1.2. Energianvändning och avkylning

Ett antal olika faktorer påverkar en fastighets energianvändning. Stark förenklat kan variationen i energianvändning mellan de olika samfälligheterna i Slagsta härröras till någon eller några av följande översiktliga aspekter;

Fristående småhus har inte helt oväntat en högre energianvändning per kvadratmeter, än de hopbyggda, radhuslängorna. De nio samfälligheterna består av en blandning av fristående småhus, parhus och radhuslängor i både ett och två plan. Bitvis varierar detta även inom samfälligheten, det vill säga i en del samfälligheter förekommer både fristående småhus och radhuslängor.

Eftersom husen uppfördes under samma tidsperiod har de ett likartat byggsätt, vilket medför att isolering, fönster etc. har ungefär samma standard. Detta bör därför inte vara en faktor som påverkar relationen mellan de olika samfälligheternas energianvändning, även om den totala energianvändningen påverkas.

En faktor som definitivt kan påverka energianvändningen är statusen på de sekundära systemen för värme och tappvarmvatten. Ett mindre bra injusterat system kan medföra att högre börvärden krävs, vilket bland annat leder till ökade förluster, men kanske framförallt onödigt höga temperaturer inomhus i vissa delar av samfälligheten samt onödigt varmt tappvarmvatten. Att stora skillnader i framförallt inomhustemperatur förekommer har också kunnat konstateras vid samtal med de boende.

Givetvis påverkas även energianvändningen av reglercentralernas börvärden, det vill säga den önskade inomhustemperaturen och tappvarmvattentemperaturen, samt de boendes förbrukning av tappvarmvatten.

Energianvändningen per kvadratmeter och år varierar mellan de olika samfälligheterna, vilket till stor del kan förklaras av husens olika karaktär.

Tabell 2 Dimensionerande effekt samt normalårskorrigerad energianvändning för år 2002 i de olika fjärrvärmecentralerna i Slagsta

FC	Dim. Effekt		Energi (norm. års korr.)	
	[kW]	[MWh/år]	[kWh/m ²]	[kWh/lgh]
146	727	2208	175	23500
147	710	2029	121	17300
162	350	931	143	16600
163	430	1146	137	17400
164	285	1098	159	22000
165	950	2424	166	21300
178	726	1954	152	19700
179	454	1250	160	19500
180	931	2685	150	20000

Ur tabell 2 kan man utläsa att variationen i energianvändning mellan de olika samfälligheterna är 121-175 kWh/m² och år (2002). De två samfälligheter med högst energianvändning är FC 146 (175 kWh/m² och år) och FC 165 (166 kWh/m² och år). Dessa två samfälligheter består båda av fristående småhus, tvåplans respektive enplans, vilket huvudsakligen kan förklara den höga energiåtgången.

De tre samfälligheter med lägsta energibehovet representeras av FC 147 (121 kWh/m² och år), FC 162 (143 kWh/m² och år) och FC 163 (137 kWh/m² och år), vilka alla består av tvåplans radhuslängor. Det är sannolikt att denna typ av byggnad är mindre energikrävande jämfört med de fristående småhusen, där alla fyra väggar vätter ut om omgivningen.

Samfälligheterna till FC 164, FC 178 och FC 179 består av en blandning av fristående tvåplans småhus samt radhuslängor. Deras energianvändning ligger följaktligen i mitten av statistiken.

Energianvändningen verkar alltså till stor del följa hustypen, vilket är rimligt.

När man ser till den totala energianvändningen i samfälligheter skall man också ha i åtanke att det troligtvis är stora värmeförluster i de sekundära näten för värme och tappvarmvatten, speciellt sommartid. Vid hopbyggda hus är näten mer eller mindre dragna under husen, i krypgrunden, där de ligger relativt skyddat från bl a markfukt. Kvaliteten på isoleringen är dock inte så bra (ursprunglig mineralullsisolering), vilket givetvis ökar förlusterna. När det gäller de fristående småhusen ligger kulverten också i krypgrunden, men givetvis går kulverten i marken mellan husen. Detta resulterar i att kulverten som helhet utsätts för mer fukt etc. i dessa samfälligheter/nättdelar än vid hopbyggda hus, och därmed också kan bidra till en större energiåtgång, på grund av ökade förluster från kulverten.

I tabell 3 redovisas fjärrvärmecentralernas avkylning och returtemperatur under 2002. Med avseende på returtemperatur i de olika fjärrvärmecentralerna är det endast FC 179 som avviker markant, med låg avkylning under hela året och därmed hög returtemperatur.

Tabell 3 Avkylning (ΔT) och returtemperatur (T_r) under 2002 i fjärrvärmecentralerna i Slagsta

FC	Avkylning och returtemperatur 2002 [°C]							
	Årsmedel*		Januari		April		Juli	
	ΔT	T_r	ΔT	T_r	ΔT	T_r	ΔT	T_r
146	55**	38**	61	44	61**	34**	53	35
147	57	36	67	38	62**	33**	53	35
162	56	37	66	39	55	33	46	42
163	55	39	63	42	52	36	48	40
164	51	42	63	45	52	40	46	42
165	51	42	60	45	49	39	42	46
178	54	39	60	45	52	36	47	41
179	40	53	49	56	41	47	30	58
180	55	38	50	44	61	38	53	35

* Aritmetiska medelvärde, ej flödes- eller effektviktat.

** Värden från 2001.

Övriga fjärrvärmecentraler uppvisar inga onormalt höga returtemperaturer och nästa steg blir att göra en mer detaljerad analys med hjälp av överkonsumtion och temperaturverkningsgrad samt flygfotobilder.

3.1.3. Överkonsumtion

Överkonsumtionen i de olika fjärrvärmecentralerna i Slagsta har beräknats för tre olika perioder (årstider) enligt ekvation 1. Först för en sommarperiod (mitten av juni till mitten av augusti), därefter för en vinterperiod (januari), samt slutligen för en mellanperiod (april).

Dessa tre olika perioder ger en möjlighet att få en fingervisning om vilka typer av svagheter och felfunktioner som finns i fjärrvärmecentralerna. Det mest tydliga sambandet finns i fjärrvärmecentraler som fungerar bra vintertid men har låg avkylning sommartid. Felorsaken finns då med all säkerhet att finna i antingen ett defekt tappvarmvattensystem (t ex smutsiga värmeväxlare, felaktiga börvärden, problem i VVC-systemet eller felaktig/läckande alternativt feldimensionerad reglerventil).

Vid beräkningarna har *avkylningsmålet* satts till *fem grader över den genomsnittliga avkylningen i hela fjärrvärmenätet*. Detta är samma mål som tillämpas i det övriga distributionsnätet vid Södertörns Fjärrvärme.

För de fjärrvärmecentraler som har genomgått förändringar under projektets gång har ytterligare uppföljningar med överkonsumtionslistor genomförts, vilket redovisas i avsnittet 3.2.

Som tidigare nämnts har den studerade sommarperioden valts så att driftförhållandena i fjärrvärmenätet skall vara likartade, det vill säga under perioden (19/6-26/8, 2002) med hög framledningstemperatur.

Det framgår av tabell 4 att alla fjärrvärmecentraler klarar det i nätet uppsatta avkylningsmålet sommartid utom FC 179. Denna fjärrvärmecentral är en av de två ursprungliga anläggningarna från början av 1970-talet. Den låga avkylningen i denna fjärrvärmecentral är delvis ett resultat av tydligt försmutsade värmeväxlare för tappvarmvattensystemet.

Tabell 4 **Överkonsumtionslista över fjärrvärmecentralerna i Slagsta sommaren 2002. Avkylningsmålet, 41°, är satt till 5° över fjärrvärmenätets genomsnittliga avkylning**

Framledn. temp. i nätet		87,0 °C	Returledn. temp. i nätet		51,0 °C	SLAGSTA Sommaren 2002 20020619-20020826
Avkylningsmål		41,0 °C				
FC nr	Energi[MWh]	dT [°C]	Volym [m³]	Överkonsumtion		
179	52,3	31,0	1480,4	358 m³		
162	34,0	47,7	625,5	-103 m³		
164	42,9	48,5	777,0	-143 m³		
163	38,9	50,2	681,5	-153 m³		
165	96,3	44,4	1904,9	-159 m³		
178	82,6	48,8	1487,1	-284 m³		
146	80,7	54,6	1297,4	-432 m³		
147	85,7	55,6	1353,2	-485 m³		
180	113,0	55,4	1791,9	-632 m³		
	626	48,3	11399			

FC 146, som är den andra ursprungliga fjärrvärmecentralen, har betydligt bättre avkylning än FC 179. Just denna fjärrvärmecentral fungerar riktigt bra med tanke på dess ålder, och hör till en av de bästa. Det vill säga att den fungerar avkylningsmässigt bättre än flera fjärrvärmecentraler installerade på de senaste åren. En del av detta kan dock förklaras av att FC 146 under perioden hade lägst tappvarmvattentemperatur (50°C) och lägst VVC-temperatur (41°C) av samtliga fjärrvärmecentraler i området.

En överkonsumtionslista för sommaren 2003 har också skapats, med nästan likvärdiga resultat som för sommaren 2002.

Eftersom överkonsumtion tar hänsyn till den totala energimängden under perioden, kommer större fjärrvärmecentraler, få mer genomslagskraft. I beräkningarna visar sig detta i att de fem största fjärrvärmecentralerna utmärker sig mer än övriga, även fast de inte alltid har bäst avkylning.

Precis som under sommarperioden är det vintertid FC 179 som har lägst avkylning, se tabell 5 nedan. Likaså här kan detta delvis förklaras av dåligt fungerade/försmutsad värmeväxlare, denna gång på värmesidan. (Dvs att samtliga VVX är försmutsade i denna FC.)

Tabell 5 Överkonsumtionslista över fjärrvärmecentralerna i Slagsta i januari 2003. Avkylningsmålet, 63°, är satt till 5° över fjärrvärmenätets genomsnittliga avkylning

Framledn. temp. i nätet 105,6 °C

Returledn. temp. i nätet 47,2 °C

SLAGSTA

Januari 2003

Avkylningsmål 63,4 °C

FC nr	Energi[MWh]	dT [°C]	Volym [m³]	Överkonsumtion
179	190,7	51,2	3273,2	632 m³
180	402,8	61,1	5785,5	207 m³
165	359,8	61,2	5165,8	183 m³
146	336,3	61,2	4827,3	169 m³
164	159,4	60,2	2323,5	116 m³
163	176,7	64,4	2409,8	-37 m³
162	140,3	67,8	1817,2	-126 m³
178	287,0	65,8	3830,9	-143 m³
147	307,3	68,6	3935,5	-320 m³
	2360	62,1	33369	

FC 180 var den fjärrvärmecentral som vid detta tillfälle hade det högst ställda börvärdet på utgående radiatorsystemet (värmekurva). Den utgående temperaturen på radiatorsystemet var ungefär 51° vid utomhustemperaturen +3° respektive 61° vid – 10°. Detta är troligtvis en bidragande orsak till den låga avkylningen i FC 180, det vill säga, ett mindre effektivt fungerade sekundärsystem som kräver en högre temperatur, vilket sedan ger en hög returtemperatur. FC 147 och FC 178 har värmekurvor som ligger i mitten i en jämförelse mellan samtliga fjärrvärmecentraler i Slagsta.

I mellanperioden, april (tabell 6), då det är lägre belastning på radiatorsystemet, är det fortfarande FC 179 som ger lägst avkylning, troligtvis av samma orsak som tidigare. De enda skillnaderna i "rangordningen", jämfört med januari finns mellan FC 146, FC 164, FC 165 och FC 180. Det är dock ingen nämnvärd skillnad mellan dessa.

I motsats till FC 179, ger inte FC 146, den andra ursprungliga anläggningen, något markant avvikande utslag i överkonsumtionsberäkningarna. Eftersom anläggningarna har varit i drift ungefär lika länge, borde deras status vara relativt lika. Senare analyser kommer att visa att FC 146, trots god avkylning ändå inte fungerar tillfredställande på alla vis. Begreppet överkonsumtion är alltså inte tillräckligt för att fånga upp sämre anläggningar, så länge de inte ger upphov till låg avkylning.

Tabell 6 Överkonsumtionslista över fjärrvärmecentralerna i Slagsta i april 2003. Avkylningsmålet, 58°, är satt till 5° över fjärrvärmenätets genomsnittliga avkylning

Framledn. temp. i nätet		96,0 °C	Returledn. temp. i nätet		43,1 °C	SLAGSTA April 2003
Avkylningsmål		57,9 °C				
FC nr	Energi[MWh]	dT [°C]	Volym [m³]	Överkonsumtion		
179	121,9	47,4	2258,1	410 m³		Från 14/4
165	235,1	56,9	3625,9	61 m³		
164	49,7	53,7	813,1	59 m³		
146	217,7	58,4	3273,3	-28 m³		
180	254,5	58,5	3820,4	-39 m³		
163	115,6	59,5	1705,0	-49 m³		
162	91,5	62,3	1289,3	-98 m³		
178	184,4	61,0	2654,3	-142 m³		
147	197,0	62,4	2771,4	-216 m³		
	1467	58,0	22211			

Genom att studera överkonsumtionslistorna för de tre perioderna sammantaget, drar vi således slutsatsen att den 2-stegskopplade FC 147 verkar ha den genomgående bästa avkylningen, men att även FC 162, som är 1-stegskopplad har mycket hög avkylning. Vi kan också se att det finns mest problem i FC 179 med bristande avkylning i samtliga tre perioder.

3.1.4. Temperaturverkningsgrad och returtemperatur

Utifrån mätvärden har också temperaturverkningsgraden ϵ kunnat beräknas för samtliga FC enligt ekvation 2. T_{kall} , referenstemperaturen, har valts till tio grader (~inkommande kallvatten) under hela året. Denna referenstemperatur är teoretiskt möjlig att uppnå under hela året, även om sannolikheten är betydligt större under den varmare delen när tappvarmvattenlasten dominerar. Genom att hålla fast vid samma mål under året ges större möjlighet till jämförelse.

Vid beräkningarna har temperaturverkningsgraden beräknats för varje timme, baserat på timmedelvärden från fjärravläsningssystemet. Årstemperaturverkningsgraden har sedan beräknats som ett medelvärde av dessa, utan hänsyn till mängden energi som används i varje enskild timme. Beräkningarna visar att årstemperaturverkningsgraden är relativt lika för fjärrvärmecentralerna, utom för FC 179. Årsverkningsgraden ligger på mellan 63 och 70 procent för de väl fungerande fjärrvärmecentralerna och på 51 procent för FC 179, se tabell 7 nedan.

Tabell 7 Temperaturverkningsgrad på årsbasis (200206-200306) i de olika fjärrvärmecentralerna. T_{kall} är 10°C.

FC	Temperaturverkningsgrad Årsmedel*	Temperaturverkningsgrad Värmesystem**
146	66 %	52 %→
147	69 %	62 %
162	70 %	66 %
163	67 %	60 %
164	64 %	57 %
165	63 %	56 %
178	68 %	62 %
179	51 %	43 %
180	67 %	54-56 %→

* Aritmetiska medelvärde, ej flödes- eller effektviktat.

** Avläst lägstanivå ur diagram vid dominerande värmelast.

Genom att grafiskt presentera temperaturverkningsgraden mot utomhustemperaturen är det möjligt att läsa av lägsta nivå, och därmed värmesystemets temperaturverkningsgrad vid dominerande värmelast (från ca 12°C och kallare), se figur 9-11. Alla värden som finns ovanför denna lägsta nivå är mätvärden från timmar med tappvarmvattenlast och lägsta nivå härrör från timmar med enbart värmelast, vid låga utomhustemperaturer.

Den extremt låga avkylningen mellan ungefär 14-18°C beror på att en hög returtemperatur kommer nattetid från varmvattencirkulationen, vilket ger detta utslag. Lägsta nivån på temperaturverkningsgraden i denna period ger varmvattencirkulationens verkningsgrad. Om varmvattencirkulationen är rätt injusterad bör temperaturen på returen från varmvattencirkulationen vara ungefär 50°, eftersom tappvarmvattentemperaturen aldrig skall understiga denna temperatur. En allt för bra temperaturverkningsgrad när ingen tappning av varmvatten sker, kan därför vara ett tecken på för låg temperatur på returledningen från varmvattencirkulationen.

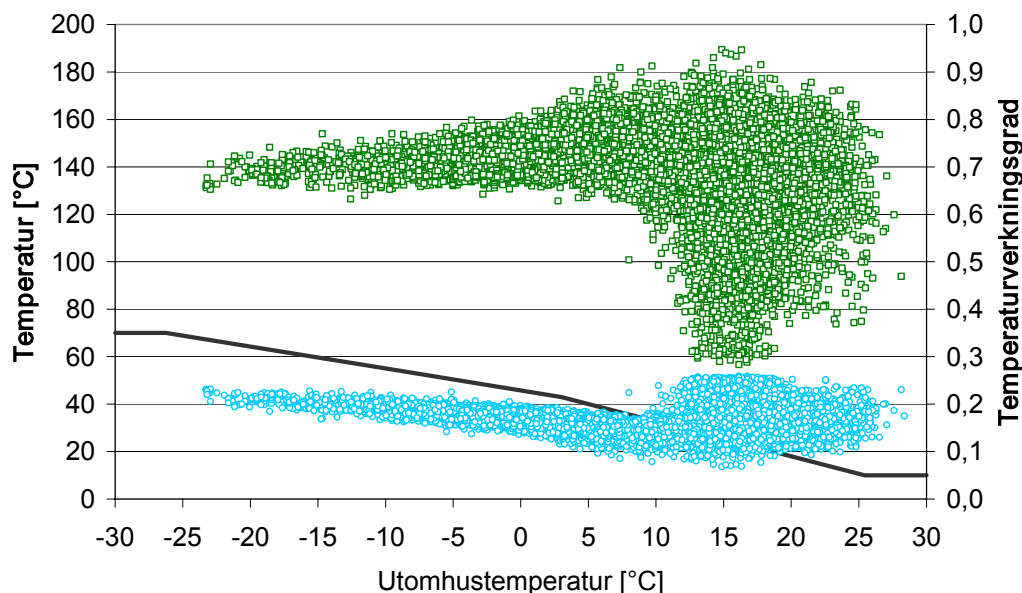
Det vill säga dåligt injusterad varmvattencirkulation, alternativt att ett inläckage finns, som medför att kallt vatten hela tiden tillförs (t ex via överläckage i undermåliga blandare ute i husen).

Ett motsatt beteende kan utläsas ur returtemperaturen, där värdet på returtemperaturen stabiliserar sig på ungefär 50°C. Man skall dock ha i åtanke att det i detta fall, när det handlar om varmvattencirkulation, rör sig om relativt små flödes- och energimängder. Varmvattencirkulationen på natten har därmed ingen större inverkan på fjärrvärmenätets returtemperatur.

Över 18-20°C är det till stor del endast tappvarmvattenlast dagtid eftersom det sällan förekommer sådana utomhustemperaturer under nätterna i Slagsta.

Bild 9 Temperaturverkningsgrad (grön) och returtemperatur (blå) i FC 162, juni 2002 till juni 2003. Notera vald värmekurva (svart) för fjärrvärmecentralen i diagrammet.

Calculated temperature efficiency (green) and return temperature (blue) of substation 162, June 2002 to June 2003. Note the heating curve (black) for the substation.



FC 162 representerar en bra fungerande 1-stegskopplad fjärrvärmecentral (figur 9). Under perioden när värmesystemet är aktivt (dominerar i förhållande till tappvarmvattenlasten), från ungefär +12-14°C och neråt, är data väl samlat. Då de lägsta värdena vid varje utomhustemperatur ligger mer eller mindre konstant på 66 procent är detta ett tecken på att VVX arbetar bra, har tillräcklig kapacitet och är anpassad till fastighetens värmekurvor.

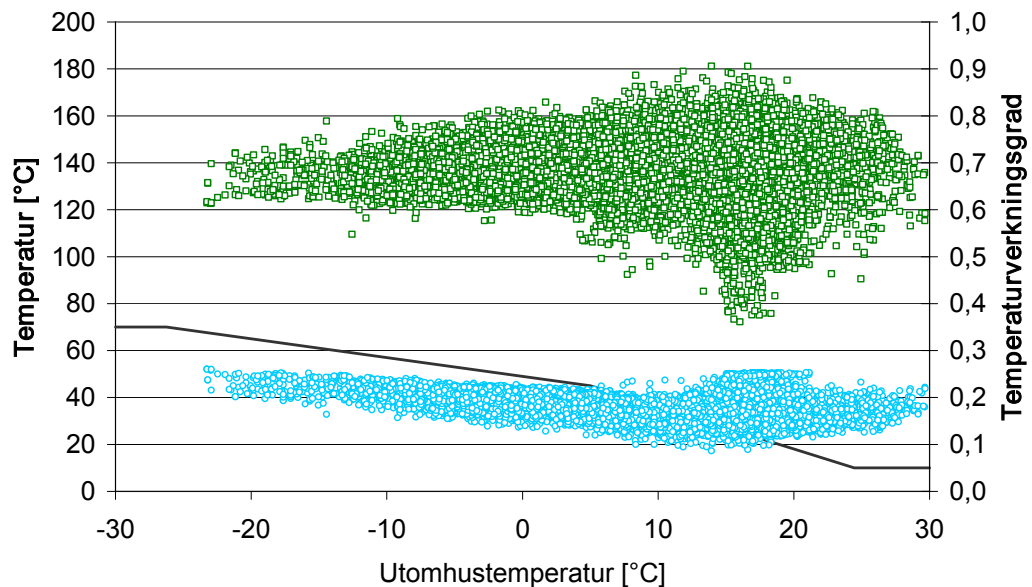
Vid högre utomhustemperaturer har tappvarmvattenlasten större andel av den totala lasten och därmed varierar även temperaturverkningsgraden mera till följd av detta.

FC 147 är på samma sätt representant för en väl fungerande 2-stegskopplad FC (figur 10). Dock lämnar värmesystemets 5 olika slingor olika returtemperaturer, vilket resulterar i något lägre temperaturverkningsgrad än FC162 från ca +1-10°C. Detta indikerar även att det finns möjlighet till ännu bättre injustering.

Sett över hela året fungerar anläggningen väl med få timmar då Tretur är över 50°C, så årsmedelvärdet blir utmärkta 69 procent.

Bild 10 Temperaturverkningsgrad (grön) och returtemperatur (blå) i FC 147, juni 2002 till juni 2003. Notera vald värmekurva (svart) för fjärrvärmecentralen i diagrammet.

Calculated temperature efficiency (green) and return temperature (blue) of substation 147, June 2002 to June 2003. Note the heating curve (black) for the substation.

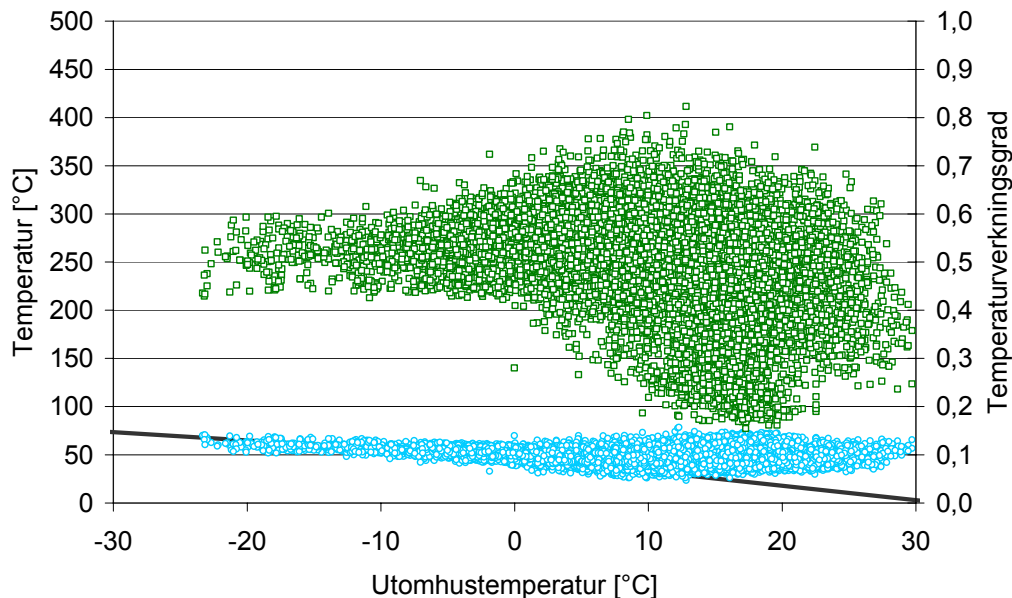


FC 179 har vid tidigare analyser, till exempel överkonsumtionslistorna, visat på låg avkylning, vilket naturligtvis också visar sig i temperaturverkningsgraden, se figur 11.

Till skillnad från FC 162 är det en helt annan spridning på mätdata i FC 179. Lågstanivån vid lägre utomhustemperaturer ger ungefär en 43 procentig verkningsgrad för radiatorsystemet. Variationen uppåt i verkningsgrad beror på tappvarmvattenlasten, som vid större tappningar ger bättre temperaturverkningsgrad. Den låga temperaturverkningsgraden är ett tydligt tecken på dåligt fungerande värmeväxlare, alternativt höga sekundära temperaturer. I detta fall är det säkerställt att det beror på försmutsade/dåliga värmeväxlare, vilket man också kan se genom att jämföra fjärrvärmecentralens returtemperatur med värmesystemets framledningstemperatur. I fallet med FC 179, är returtemperaturen till fjärrvärmenätet stundtals högre än värmesystemets utgående temperatur, vilket tydligt visar på dåligt fungerande värmeväxlare.

Bild 11 Temperaturverkningsgrad (grön) och returtemperatur (blå) i FC 179 från juni 2002 till juni 2003. Notera vald värmekurva (svart) för fjärrvärmecentralen i diagrammet.

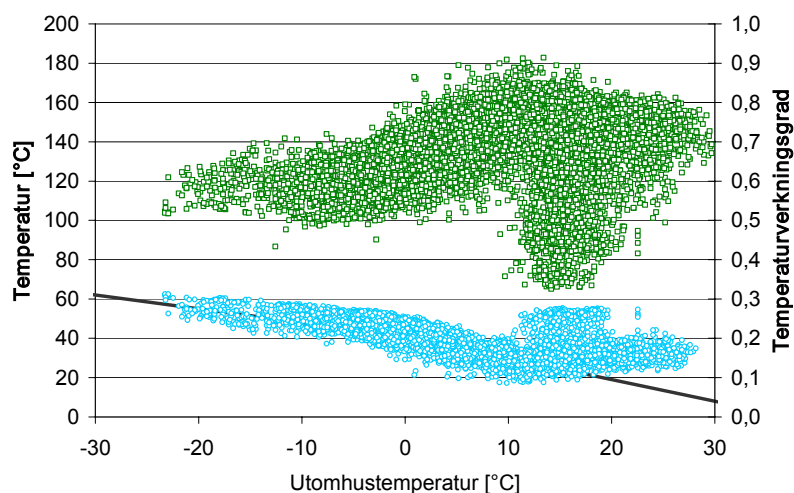
Calculated temperature efficiency (green) and return temperature (blue) of substation 179, June 2002 to June 2003. Note the heating curve for the substation.



I FC 146, finns ett liknande beteende som i FC 179, med en fjärrvärmeretur som är betydligt högre än utgående temperatur på värmesystemet. Här visar även temperaturverkningsgraden att värmesystemets värmeväxlare är försmutsad, och verkningsgraden faller med stigande belastning, se figur 12, vilket tyder på att det saknas kapacitet. Noterbart är att värmesystemet har en relativt låg framledningskurva, vilket delvis förklarar de betydligt bättre värdena jämfört med FC 179.

Bild 12 Temperaturverkningsgrad (grön) och returtemperatur (blå) i FC 146 från juni 2002 till juni 2003. Notera vald värmekurva (svart) för fjärrvärmecentralen i diagrammet.

Calculated temperature efficiency (green) and return temperature (blue) of substation 146, June 2002 to June 2003. Note the heating curve (black) for the substation.



3.1.5. Flygfotobilder

Med hjälp av flygfotobilder har vi studerat parametrarna returtemperatur, flöde och effekt i de olika fjärrvärmecentralerna. Med hjälp av denna analysmetod, kan man på ett snabbt och enkelt sätt utreda när på dygnet och vid vilken utomhustemperatur som ett visst fenomen inträffar.

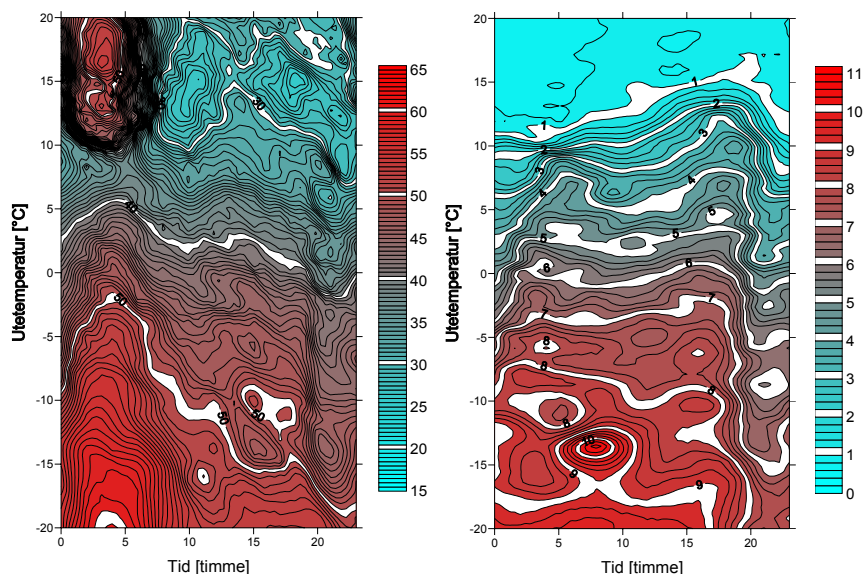
I figur 13 till 16 redovisas returtemperatur och flöde för fyra fjärrvärmecentraler med några intressanta iakttagelser.

FC 146, i figur 13, är den enda fjärrvärmecentral där nattsänkning tillämpats under analysperioden. Detta ger ett tydligt utslag, framförallt i flödesfiguren. I detta fall är nattsänkningen endast fem grader, men som vi senare kommer att se, blir det betydande effekt- och flödesförändringar i samband med inkoppling (ungefär vid 20-22 på kvällen), men framförallt urkoppling av nattsänkningen (ungefär 4-6 på morgonen).

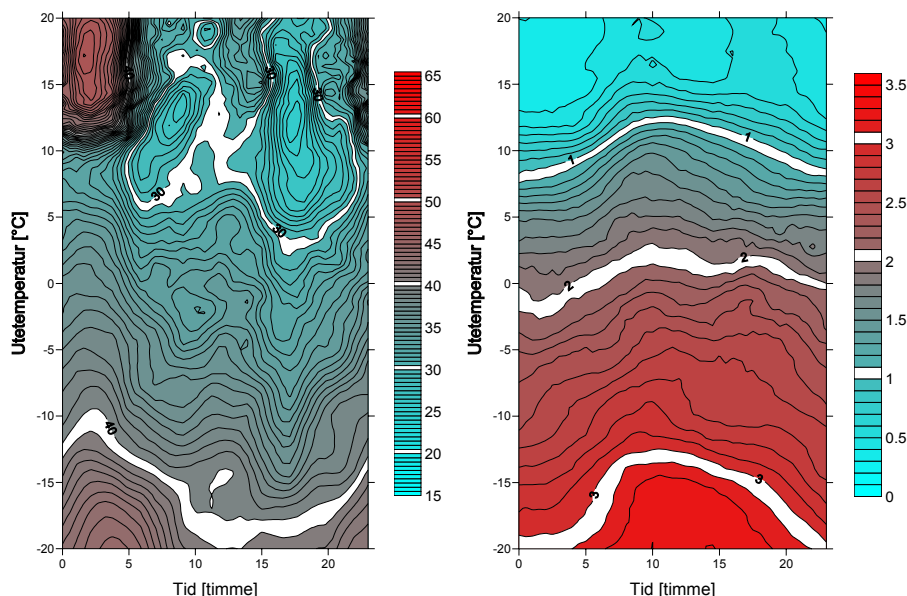
Användningen av nattsänkning ger upphov till ett oroligt beteende från fjärrvärmecentralen, vilket bland annat bidrar till den s.k. morgontoppen i fjärrvärmenätet. Från FC 162 (figur 14), som är en väl fungerande fjärrvärmecentral där nattsänkning inte tillämpas, ges ett betydligt lugnare intryck och flödet är mer jämt fördelat över dygnet utan flödesrusningar.

Bild 13 Returtemperatur (vänster) och flöde (m^3/h)(höger) i FC 146.

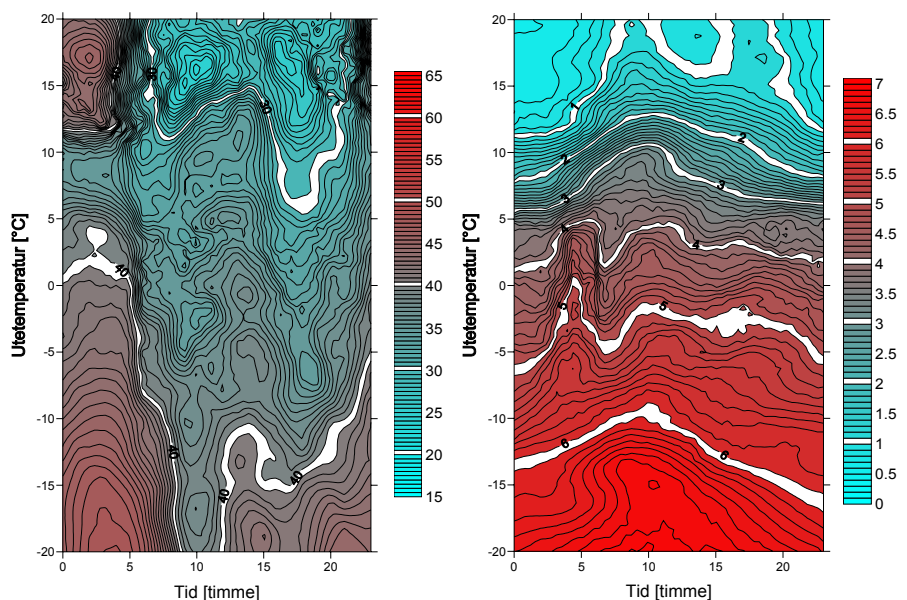
Return temperature (left) and flow (m^3/h)(right) in substation 146



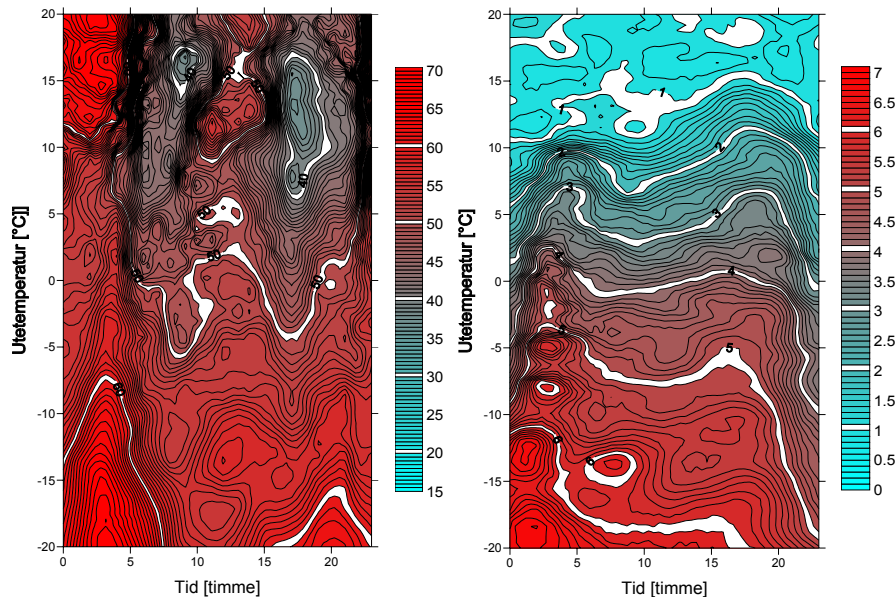
I samtliga figurer med returtemperatur syns varmvattencirkulationens funktion tydligt under natten vid höga utomhustemperaturer, det vill säga den röda ”fyrkanten” mellan klockan 00-06 samt 10-20°C. Genom att studera returtemperaturen i detta område kan varmvattencirkulationens funktion och tappvarmvattenvärmeväxlaren bedömas. Det är dessa data som även faller ut när temperaturverkningsgraden presenteras grafiskt i vanliga tvådimensionella diagram, men i flygfotobilden syns det tydligt att detta endast inträffar under natten.

Bild 14 Returtemperatur (vänster) och flöde (m^3/h)(höger) i FC 162.*Return temperature (left) and flow (m^3/h)(right) in substation 162.*

I figur 14 visas data för FC 162. Ur bilderna framgår att driften är mycket lugn, stabil och repeterbar i denna FC. Som tidigare noterats är effektiviteten hög och låga returtemperaturer noteras (mycket blåa områden i returtemperaturfiguren).

Bild 15 Returtemperatur (vänster) och flöde (m^3/h)(höger) i FC 178 .*Return temperature (left) and flow (m^3/h)(right) in substation 178.*

Eftersom FC 178 är större än FC 162, är också tappvarmvatten lasten större. Detta kan utläsas i returtemperaturfiguren, där avkylningen ökar betydligt på morgonen när tappvarmvattenförbrukningen kommer igång. FC 178 är också tillskillnad från FC 162 2-stegskopplad, vilket då kan bidra till en något lägre returtemperatur under framförallt dagtid vid värmelast.

Bild 16 Returtemperatur (vänster) och flöde (m^3/h)(höger) i FC 179 .*Return temperature (left) and flow (m^3/h)(right) in substation 179.*

I figur 16 visas data från FC 179 där det framgår tydligt att effektiviteten är låg (mycket röda områden i returtemperaturfiguren) på grund av att värmeväxlarna är försmutsade, både till värmesystemet och till tappvarmvattensystemet. Det är endast vid mycket stor tappning av varmvatten som returtemperaturen understiger 40°C .

3.1.6. Sammanfattande statusbedömning av befintliga fjärrvärmecentraler

Här ges en kortfattad statusbedömning av de nio fjärrvärmecentralerna som fanns när projektet inleddes år 2002. Grunden till bedömningen är dels de redovisade nyckeltalen i avsnitt 3.1.3 – 3.1.5, men även funktionskontroller på plats i fjärrvärmecentralen.

Anläggningen i **FC 146** är som nämnts original från början av 1970-talet och visar tydliga tecken på försmutsade värmeväxlare, framförallt gällande värmesystemet men också tappvarmvattensystemet. Returtemperaturen från fjärrvärmecentralen är betydligt högre än värmesystemets framledningstemperatur vid dominerande värmelast, vilket också ger tydliga signaler angående försmutsade eller otillräckliga VVX. Eftersom samfälligheten använder sig av en mycket låg värmekurva för värmesystemet, har fjärrvärmecentralen ändå en förhållandevis låg returtemperatur. På grund av försmutsningen i växlaren, kan mycket väl effektbrist uppstå vid DUT.

Tappvarmvattensystemet fungerar bättre, även om det också finns tecken på försmutsade VVX. Noterbart är att systemtemperaturen är låg med t ex en VVC-temperatur på endast 41°C , men enligt uppgift har de boende inte klagat på för låg tappvarmvattentemperatur.

FC 147 är en av de bästa fjärrvärmecentralerna avkylningsmässigt, med hög avkyllning sommartid, såväl som vintertid. Temperaturverkningsgraden är genomgående hög. Samfälligheten är stor (117 lgh), med stor tappvarmvattenlast, vilket ger stor spridning i returtemperaturen, och därmed även temperaturverkningsgraden. Här kan man tänka sig att 2-stegskopplingen mycket väl kommer till pass, och totalt sett bidrar till en lägre returtemperatur.

Den utgående tappvarmvattentemperaturen på 60°C kan anses som något hög, men anses sannolikt nödvändig för att klara tillräcklig temperatur i de fem olika VVC-slingorna.

Noterbart är att samfälligheten har det lägsta energibehovet per ytenhet, 121 kWh/m² och år.

FC 162 har bäst total temperaturverkningsgrad (även gällande enbart värmesystemet). Fjärrvärmecentralen tillhör också de bättre avkylningsmässigt och uppfyller utan problem alla uppställda avkylningsmål. Den är 1-stegskopplad, vilket bedöms vara mest lämpligt, eftersom antalet lägenheter är litet (56 st) och därmed är tappvarmvattenbehovet så lågt att en eventuell fördel med en 2-stegskoppling är försumbar. Även reglermässigt fungerar FC tillfredställande utan några egentliga pendlingar enligt flygfotoanalys.

En stor (överdimensionerad) VVC-pump är installerad, för att lösa problem med varmvattencirkulationen. En undersökning från Södertörns Fjärrvärme har visat att flera lägenheter i samfälligheten har problem med sk överläckage i termostatblandare. Problemet uppstår när kallvatten läcker in i blandaren vid tappning och därmed krävs högre tappvarmvattentemperatur för att tillräcklig komfort ska uppnås. Den korrekta åtgärden är naturligtvis att åtgärda felaktiga blandare, men hittills har problemen klarats med högt VVC-flöde och en utgående tappvarmvattentemperatur på cirka 60°C.

FC 163 fungerar mycket bra under vinterperioden och uppfyller avkylningsmålen väl även under det övriga året. Även reglermässigt fungerar FC tillfredställande utan några egentliga pendlingar enligt flygfotoanalys.

En förbättring som skulle kunna göras är ett byte av värmesystemets pumpar till frekvensstyrda. Detta brukar kunna ge en effektivare drift av värmesystemet, samt besparingar i elenergi.

Noterbart är att samfälligheten har det näst lägsta energibehovet per ytenhet, 137 kWh/m² och år. Detta indikerar att man sannolikt "ligger rätt" med börvärden för värme och tappvarmvatten.

FC 164 fungerar bra avkylningsmässigt sommartid, men något sämre vintertid. En liknade tendens kan man finna i temperaturverkningsgraden. Energibehovet per lägenhet/hus är näst högst av samtliga, vilket kan tyda på att det finns möjligheter till förbättringar i värmesystemet.

Det har också vid några tillfällen funnits problem med läckage i det sekundära värmekulvertsystemet.

En annan lite märklig egenskap är att givaren för utomhustemperatur i FC 164, alltid visar en till två grader lägre temperatur än FC163, trots att det endast skiljer ett par hundra meter mellan dessa. Detta i kombination med en något högre värmekurva i FC 164 resulterar i högre energiåtgång.

En lämplig åtgärd skulle kunna vara att kontrollera utomhusgivaren, samt fundera på byte av värmesystemets pumpar till frekvensstyrda.

FC 165 är den samfällighet som har högst dimensionerande effektbehov (950 kW) och har även stort antal hus (114 st). De fyra sekundära värmeslingorna är ganska vidsträckta och verkar i dagsläget kräva lite högre värmekurva än vid övriga samfälligheter. Det är en av förklaringarna till låg avkylning och den näst lägsta temperaturverkningsgraden, efter FC 179, när värmelast finns.

FC 165 var den första fjärrvärmecentralen som byttes ut i Slagsta-området, vilket skedde redan 1996. Det kan vara en annan orsak till lite sämre funktion eftersom man dimensionerade VVX på ett annat sätt vid den tidpunkten. Den lägre temperaturverkningsgraden vid både vinterlast och även under ren sommarlast visar på att VVX inte arbetar på bästa sätt.

För sommarfallet är det med stor sannolikhet en överdimensionering av VVX som leder till försämrad effektivitet. VVX har för stor kapacitet, vilket istället leder till att laminär strömning uppstår och returtemperaturen höjs. (Vi har bedömt att tappvarmvatten-VVX är dimensionerade för mer 550 kW, vilket är i storleksordningen 100 procent överkapacitet.)

De likaså kraftigt överdimensionerade reglerventilerna har bytts ut under projektets gång, vilket dämpat effektuttagen och lett till jämnare flödesbild.

En lämplig åtgärd skulle kunna vara att bättre försöka utnyttja de fyra frekvensstyrda cirkulationspumparna. De är idag inställda på samma börvärden, men troligen kan dessa sänkas i något fall, det vill säga ges individuella inställningar.

FC 178 tillhör en av de bättre anläggningarna med bra avkylning, men har trots det en del problem under värmesäsongen. Dessa finns dock inte i FC utan ute i värmesystemets tre slingor, där det ibland förekommer klagomål på ojämn värme (både för varmt och för kallt). Detta tyder på att obalans förekommer i flöden mellan husen, där vissa hus har för högt genomströmningsflöde (leder till för hög inomhustemperatur) och andra hus i slingan får ej tillräckligt genomströmningsflöde (leder till för låg inomhustemperatur). Det vill säga ett klassiskt injusteringsproblem.

Även här skulle en lämplig åtgärd kunna vara att bättre försöka utnyttja de tre frekvensstyrda cirkulationspumparna. De är idag inställda på samma börvärden, men troligen kan dessa sänkas i något fall, det vill säga ges individuella inställningar.

Det finns också utrymme för att tillsammans med de boende på ett systematiskt sätt anpassa systemets värmekurva.

Ett annat problem som noterades vid funktionskontrollen 2002, var den låga VVC-temperaturen på cirka 42°C. Det tyder på för lågt VVC-flöde, ojämn flödesfördelning eller inläckage av kallvatten via blandare ute i slingan. Enligt våra uppgifter har dock de boende inte klagat på för låg tappvarmvattentemperatur.

I **FC 179** finns alla tecken på mycket försmutsade värmeväxlare. Fjärrvärmecentralen har låg avkylning hela året, och därmed mycket dålig temperaturverkningsgrad. Denna anläggning uppvisar alla klassiska symtom på att kapaciteten sjunkit och ett utbyte är lämpligt. Ny utrustning installerades under november 2003.

Enligt våra uppgifter har det visat sig att flera hus/lägenheter i samfälligheten har problem med sk överläckage i termostatblandare. Problemet, som tidigare nämnts, uppstår när kallvatten läcker in blandaren vid tappning och därmed krävs högre tappvarmvattentemperatur för att tillräcklig komfort ska uppnås.

Problemet har visat sig kvarstå även efter byte av utrustning 2003, varför nästa steg bör vara att eventuellt justera in ojämn VVC-flödesfördelning samt åtgärda eventuellt felaktiga blandare. Hittills har problemen klarats med en utgående tappvarmvattentemperatur på drygt 60°C, vilket leder till större värmeförluster i VVC-systemet och en högre returtemperatur än vad som egentligen är normalt.

Värmesystemet i **FC 180** visar tendenser till att temperaturverkningsgraden minskar med sjunkande utomhustemperatur. Följaktligen är avkylningen lägre vintertid, medan returtemperaturen når riktigt låga värden under sommaren. Samfälligheten har flest antal lägenheter (134 st) och tappvarmvattenlasten ger därmed stora möjligheter till bra avkylning under sommaren.

Att det finns lite problem i värmesystemet indikeras av att denna FC under perioden ofta haft den högst inställda värmekurvan. Det betyder i sin tur att det bör finnas möjligheter till förbättringar i sekundärsystemet.

Även här skulle en lämplig åtgärd kunna vara att bättre försöka utnyttja de fyra frekvensstyrda cirkulationspumparna. De är idag inställda på samma börvärden, men troligen kan dessa sänkas i något fall, det vill säga ges individuella inställningar.

3.2. Analys av genomförda byten

Under de senaste tio åren har åtta av nio fjärrvärmecentraler i området ersatts med nya anläggningar. Samtliga utbyten skedde från 1996 till och med år 2000 med undantag för FC 179, som ersattes i samband med detta projekt, 2003.

Analysen av dessa utbyten bygger på energistatistik tillbaka till 1994 med tillhörande avkylningsdata (1996). Gällande FC 179 har vi kunnat genomföra en mera omfattande analys.

3.2.1. Avkylning och energistatistik

Genom att jämföra fjärrvärmecentralens avkylningsförmåga, returtemperatur, före respektive efter utbytet har vi kunnat skapa oss en bild av hur mycket bättre eller sämre de nya anläggningarna är jämfört med de tidigare med avseende på detta.

Eftersom vi här jämför olika år med varandra, är inte framledningstemperaturen helt lika år från år, utan den beror givetvis av utomhustemperaturen etc. För att i viss mån komma ifrån denna problematik har vi valt att se på returtemperaturen, som inte påverkas i lika hög grad, istället för avkylningen.

Ser man endast till fjärrvärmecentralernas returtemperatur, så blir en slutsats att det finns ingen garanti för att returtemperaturen blir lägre vid installation av en ny anläggning. Att avkylningen i vissa fall har blivit lägre och i andra fall inte efter att en ny anläggning har installerats kan bero på flera faktorer. Det är t ex ganska sannolikt att man även har ändrat värmekurva, börvärden etc. i samband med utbytet, vilket givetvis påverkar returtemperaturen. Man bör ändå kunna räkna med ett par graders lägre returtemperatur, men det beror ju naturligtvis på utgångsläget, det vill säga hur dålig fjärrvärmecentralen var innan. Den första tiden efter att en fjärrvärmecentral har installerats får också ses som en inkörsperiod, då en slutlig justering görs av värmekurva, börvärden etc.

I tabell 8 redovisas returtemperaturen i de olika fjärrvärmecentralerna, före respektive efter utbytet, under några olika perioder.

Tabell 8 Returtemperatur året före respektive året efter nyinstallation av fjärrvärmecentraler i Slagsta

FC	Returtemperatur** [°C]							
	Årsmedel*		Januari		April		Juli	
	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter	Före	Efter
147	40	36	44	37	34	33	38	37
162	39	35	39	40	36	31	43	39
163	37	39	43	43	36	35	36	37
164	42	40	42	47	42	39	40	41
165	***	***	***	***	***	***	***	***
178	37	39	42	41	36	34	36	42
180	41	40	44	41	38	33	47	39

* Aritmetiskt medelvärde, ej flödes eller energiviktat.

** Året före respektive året efter nyinstallation.

*** Underlag saknas.

Även samfälligheternas energianvändning har studerats före och efter nyinstallation. Denna skiljer sig inte nämnvärt före och efter, vilket är helt rimligt, eftersom anläggningens status inte bör påverka energianvändningen.

3.2.2. Överkonsumtion

Fjärrvärmecentralernas överkonsumtion har beräknats, dels före och dels efter installationen av en ny anläggning. I detta fall har vi valt att bara se på en vinterperiod, januari, och en sommarperiod, juni, juli och augusti sammantaget. Avkylningsmålet är satt utifrån Södertörns Fjärrvärms övergripande returtemperaturmål för hela fjärrvärmenätet som utarbetats under 2003. Detta innebär att man i januari vill uppnå en returtemperatur på 43°C, vilket tillsammans med aktuell framledningstemperatur ger oss avkylningsmålet för denna period. Avkylningsmålet kommer därmed att variera år från år, beroende på framledningstemperaturen. Ett liknande returtemperaturmål har satts för sommaren, även här 43°C, och beräkningarna har genomförts på samma vis.

Flertalet av fjärrvärmecentralerna uppvisar betydligt lägre överkonsumtion efter det att en ny anläggning tagits i drift. Ett par frågetecken finns dock för FC 164, där värmesystemet (januari) verkar fungera sämre efteråt, men som tidigare nämnts har det förekommit problem med läckage i det sekundära värmekulvertsystemet vid denna FC.

Ser man även till en längre tidsperiod (flera år), har dock den genomsnittliga returtemperaturen sjunkit entydigt. I FC 165 och FC 178 finns det några frågetecken angående tappvarmvattensystemet (sommarperioden), där avkylningen försämrats. Ingen av dessa fjärrvärmecentraler har dock direkt låg avkylning, och eventuella förändringar av börvärden, förändringar i VVC-system etc. kan mycket väl ligga bakom denna förändring.

Tabell 9 Överkonsumtion i januari och under sommaren året före respektive året efter nyinstallation av fjärrvärmecentraler i Slagsta

FC	År**	Överkonsumtion*** [m ³]			
		Januari		Sommaren	
		Före	Efter	Före	Efter
147	2000	+89	-386	-494	-485
162	1999	-139	-109	0	-220
163	1998	0	0	-302	-349
164	1999	-38	178	-218	-265
165*	1996	967	85	-836	-126
178	1998	-69	-160	-603	-293
180	1998	97	-211	806	-511

* För år 1995 (före) är framledningstemperaturen i beräkningarna antagen.

** Året för installation av ny fjärrvärmecentral

*** Året före respektive året efter nyinstallation.

3.2.3. FC 179

Efter det att anläggningen i FC 179 blev utbytt mot en ny prefabricerad fjärrvärmecentral har avkylningsförmågan under vinterperioden ökat markant (Jämför tabell 10 och tabell 5).

Tabell 10 Överkonsumtionslista över fjärrvärmecentralerna i Slagsta i januari 2004. Avkylningsmålet, 57°, är satt till 5° över fjärrvärmenätets genomsnittliga avkylning.

Framledn. temp. i nätet 97,8 °C		Returledn. temp. i nätet 46,1 °C		SLAGSTA	
Avkylningsmål 56,7 °C				Januari 2004	
FC nr	Energi[MWh]	dT [°C]	Volym [m³]	Överkonsumtion	
165	355,9	55,2	5658,3	147 m³	
164	151,1	56,0	2368,4	28 m³	
179	181,5	58,8	2708,9	-101 m³	
146	315,4	58,2	4759,1	-125 m³	
163	169,4	59,9	2482,3	-141 m³	
162	137,2	63,3	1902,1	-223 m³	Delvis nattsänka
178	279,6	61,3	4003,1	-326 m³	Delvis nattsänka
180	364,2	62,3	5135,0	-505 m³	Delvis nattsänka
147	298,0	63,8	4104,1	-511 m³	
2252		59,7	33121		

Fjärrvärmecentralen klarar nu de uppställda avkylningsmålen i fjärrvärmenätet, men flertalet av de analyserade fjärrvärmecentralerna är dock fortfarande bättre med avseende på avkylningen. Orsaken till detta går med all säkerhet att finna på systemets sekundära sida, samt att ytterligare ett par små justeringar behöver göras i fjärrvärmecentralen av börvärden, värmekurva mm.

Den nya FC har medfört att den genomsnittliga returtemperaturen sjunkit med ungefär 10°C.

Temperaturverkningsgraden påverkas givetvis också som följd av en lägre returtemperatur. I figur 17 syns tydligt skillnaden före respektive efter utbytet av fjärrvärmecentralen. Temperaturverkningsgraden har ökat med ungefär 14-15 procent i genomsnitt från ungefär 51 procent till ungefär 65 procent.

Även sommartid har effektiviteten förbättrats betydligt, och överkonsumtionen är totalt sett negativ, se figur 18. Detta innebär att FC numera uppfyller det avkylningsmål, en returtemperatur på 43°C under sommaren, som fjärrvärmeföretaget ställer på anslutna fjärrvärmecentraler.

Bild 17 Förändring av temperaturverkningsgraden (mörkgrön före, ljusgrön efter) och returtemperaturen (blå före, lila efter) i FC 179 vid byte av fjärrvärmecentral.

Return temperature (blue before, violet after) and calculated temperature efficiency (dark green before, light green after) of substation 179, before and after exchange of substation.

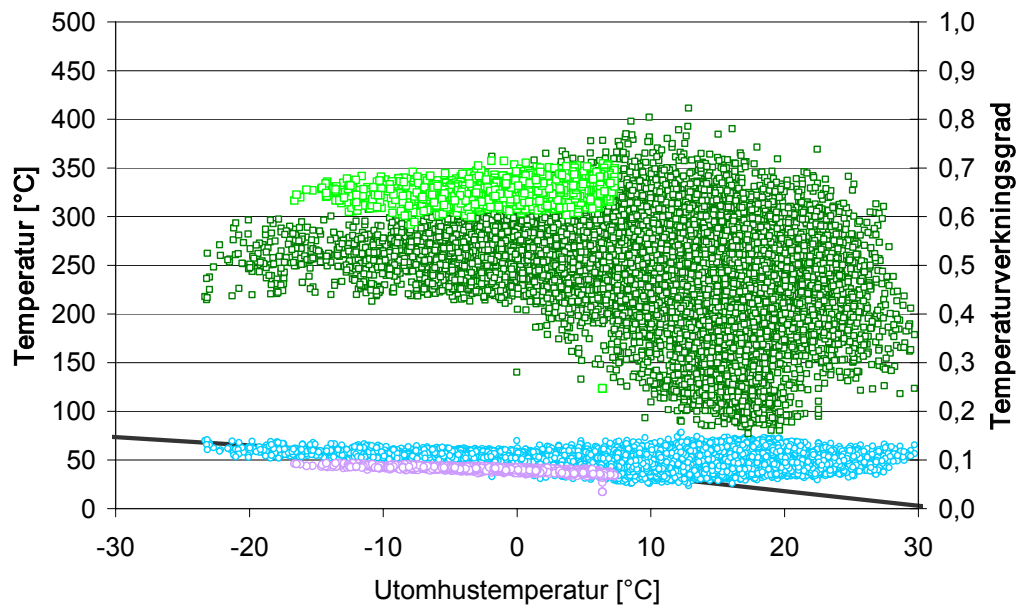
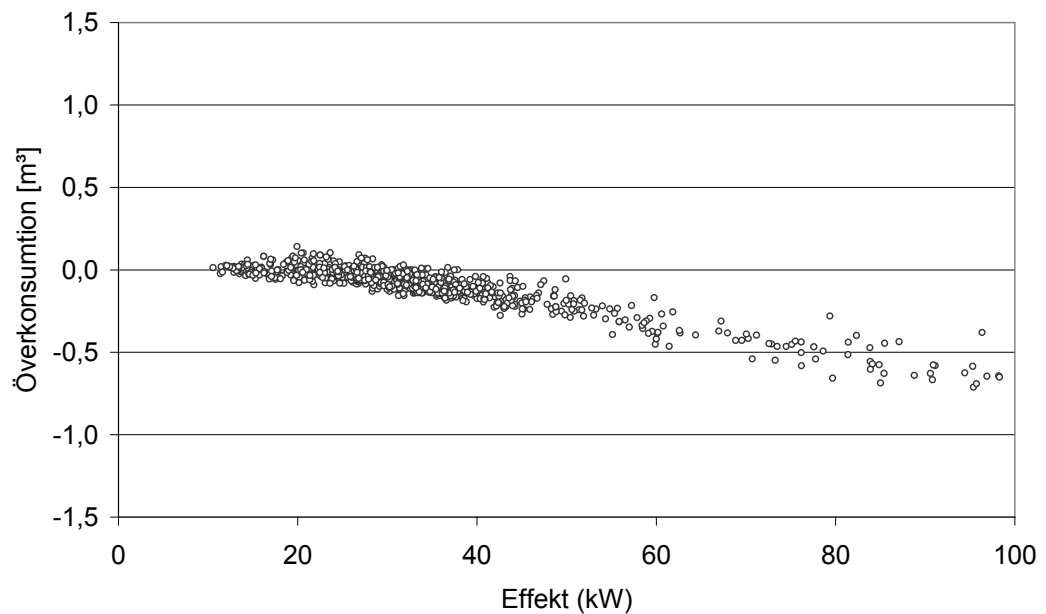


Bild 18 Överkonsumtion i FC 179 under sommaren 2004. Returtemperaturmål är 43°C.

Excess flow in substation 179 during the summer 2004. Return temperature target is 43°C.



3.3. 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler

När projektet inleddes var endast en fjärrvärmecentral parallellkopplad (1-steg), medan sex fjärrvärmecentraler var 2-stegskopplade. De resterande två fjärrvärmecentralerna var/är 3-stegskopplade.

Under senare delen av 1990-talet, när flertalet av utbytena av fjärrvärmecentralerna skedde, var det fortfarande självklart att installera 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler i denna typ av fastigheter. Därefter har man dock kunnat konstatera att en parallellkopplad fjärrvärmecentral i många fall kan vara fullt tillräcklig, framförallt i fastigheter med liten tappvarmvattenlast.

En omfattande teoretisk studie genomfördes i projektet ”Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler” (FOU 2002:76), där de två kopplingsprincipernas avkylningsförmåga bland annat jämfördes. Den studien visade på mycket små skillnader i årsmedelavkylning mellan kopplingsprinciperna, men 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler ger normalt några tiondels grad lägre årsmedelreturtemperaturer. För att effekten av 2-stegskopplingens två avkylningssteg skall bli så stor som möjligt krävs att fastigheten har en relativt stor tappvarmvattenlast samt använder ett äldre temperaturprogram, till exempel 80/60°C, på värmesystemet.

Genom att data från FC 162, som är parallellkopplad, jämförts med de sex 2-stegskopplade fjärrvärmecentralerna, har eventuella skillnader sökts, med avseende på avkylning. (Samtliga avkylningsdata för år 2002 återfinns i tabell 2 i avsnitt 3.1.1 Energianvändning och avkylning.)

Under ovan givna förutsättningar, det vill säga stor tappvarmvattenlast samt högt temperaturprogram på värmesystemet, är det i FC 147, 165 och 180 som 2-stegskopplingen borde ge störst genomslag. Med andra ord, de tre största samfälligheterna, där framförallt FC 180 tillämpar ett högt temperaturprogram.

I FC 162, och liknande mindre fjärrvärmecentraler, finns ingen direkt anledning att installera 2-stegskopplingen, då tappvarmvattenlasten får anses vara liten. FC 162 som är 1-stegskopplad får anses vara ett bra exempel på att denna kopplingsprincip är tillräcklig i dessa avseenden.

Beträffande temperaturverkningsgrad så är FC 162 den allra bästa anläggningen av samtliga. Detta gäller både temperaturverkningsgrad totalt respektive enbart värmesystem, se tabell 7. Vi finner också de absolut högsta värdena (ca 90 %) i temperaturverkningsgrad sommartid för FC 162, även om också FC 146 och FC 178 nästan når samma nivå med ca 85 %. Men som tidigare påpekats har de två sistnämnda en betydligt lägre VVC-temperatur än övriga samfälligheter vilket medför fördelar vid denna typ av beräkning.

Även avkylningsmässigt klarar sig FC 162 mycket bra vid jämförelser. Det är faktiskt bara FC 147, en av de större anläggningarna, som har något bättre avkylningsvärden på årsbasis.

Eftersom vi inte har haft möjlighet att alternera en och samma fjärrvärmecentral mellan både 1- och 2-stegskoppling är det mycket svårt att säga hur fjärrvärmecentralen skulle fungera med en alternativ kopplingsprincip. Med ovanstående resultat som bakgrund, borde man dock kunna säga att skillnaderna mellan de två kopplingsprinciperna är små, och de variationer som vi uppmätt beror på andra faktorer i fjärrvärmecentralerna som till exempel temperaturprogram, hur värmesystemen injusterats samt börvärdet på tappvarmvatten etc.

Med andra ord, det är viktigare att dimensionera rätt samt att justera in värmesystemet och varmvattencirkulationen, än att välja en viss kopplingsprincip.

3.4. Tappvarmvatten och varmvattencirkulation

Boverkets krav på tappvarmvattnets temperatur i tappstället är lägst 50°C på det icke blandade varmvattnet och temperaturen får heller inte överstiga 65°C. Svensk Fjärrvärme rekommenderar att man undviker lagring av undertempererat tappvarmvatten och istället tillhandahåller 55°C varmvatten med värmeväxlare. Detta för att uppnå bästa möjliga kvalitet på varmvattnet.

Det är också viktigt att varmvattencirkulationen är reglerbar så att rätt temperatur på tappvarmvattnet erhålls vid tappstället, men även att rätt temperatur erhålls tillbaka till värmeväxlaren. Enligt ovanstående krav skall returledningen på varmvattencirkulationen vara som lägst 50°C, dvs. att 50°C erhålls tillbaka till värmeväxlaren.

3.4.1. Börvärdesinställningar

Svensk Fjärrvärme rekommenderar att hålla 55°C på utgående tappvarmvatten tillämpas i de flesta av samfälligheterna i Slagsta. En del avvikande börvärden förekommer, mestadels högre, för att kompensera för dåligt injusterad varmvattencirkulation i kombination med långa VVC-slingor som ger betydande värmeförluster. Under projektets gång har temperaturen på utgående tappvarmvatten dokumenterats i tre fjärrvärmecentraler. Försök har genomförts med olika inställningar på börvärdet.

Regleravvikelsen IAE, enligt ekvation 3, har använts för att bedöma komforten på utgående tappvarmvatten i de olika fjärrvärmecentralerna vid olika börvärden.

I FC 163 har börvärdet skiftat mellan 55°C och 60°C, under olika perioder (se tabell 11). De två första perioderna har varit under augusti/september och de två senare har varit under oktober/november.

Tabell 11 Regleravvikelsen beräknad per dygn vid olika inställda börvärden för tappvarmvattnet i FC 163

FC 163 Börvärde	Dygn [antal]	Regleravvikelsen, IAE-dygn [°Ch]			
		$\bar{x}$ *	S *	Max *	Min *
55	7	20,7	1,7	23,5	17,9
60	6	22,0	1,6	23,0	19,0
55	6	24,2	5,0	30,9	19,6
60	6	24,1	1,3	25,9	22,5

* Regleravvikelsens (IAE-dygn) medelvärde ($\bar{x}$), standardavvikelse (S), maximala värde (max) samt minimala värde (min).

Beräkningarna av regleravvikelsen tyder på att regleringens exakthet påverkas marginellt av börvärdets inställning. I inget av fallen finns några problem för reglering att hålla det uppställda målet på 48°C. I den tredje försöksperioden, har ett antal driftstörningar inträffat i fjärrvärmenätet, som har medfört att den maximala avvikelsen stigit något, och därmed också standardavvikelsen. Detta beror dock inte på faktorer som varit påverkbara i fjärrvärmecentralen.

Det förefaller också som om bästa komforten (lägst värde på IAE både i medeltal och min. värde) uppnåtts i augusti.

I FC 164, tabell 12, har vi alternerat mellan 55°C, 58°C och 60°C under olika perioder. De tre första perioderna har varit under augusti/september och de tre senare har varit under oktober/november.

Precis som i FC 163 är skillnaderna mellan de olika börvärdena små. I sjätte försöksperioden, inträffade de ovan nämnda driftstörningarna, vilket är orsaken till de avvikande värdena.

Även här registreras lägst värde på IAE (både i medeltal och min. värde) i augusti. Teoretisk borde detta också vara fallet då framledningstemperaturen varit lägre denna period jämfört med senare under hösten. (En lägre framledningstemperatur på ca 80°C medför ett enklare reglerfall jämfört med om framledningstemperaturen är ca 95°C.)

Tabell 12 Regleravvikelsen beräknad per dygn vid olika inställda börvärden för tappvarmvattnet i FC 164

FC 164 Börvärde	Dygn [antal]	Regleravvikelsen, IAE-dygn [°h]			
		$\bar{x}$ *	S*	Max*	Min*
60	10	16,2	1,3	18,9	14,0
58	8	18,1	1,4	19,7	15,5
55	10	18,2	1,3	20,1	16,3
60	8	18,9	1,0	20,7	17,1
58	5	19,3	1,3	20,9	17,8
55	10	25,2	3,4	31,3	21,6

* Regleravvikelsens (IAE-dygn) medelvärde ($\bar{x}$), standardavvikelse (S), maximala värde (max) samt minimala värde (min).

Slutsatsen blir således att det inte självklart leder till bättre komfort med en högre börvärdesinställning. Regleruppgiften blir istället svårare och kan leda till pendlingar.

3.4.2. Varmvattencirkulation

Vattentemperaturen i tappvarmvattenrören sjunker när ingen tappning eller väldigt liten tappning sker, om inte varmvattencirkulationen är rätt insturerad. En låg temperatur på tappvarmvattnet skapar ett missnöje hos brukaren, som får spola länge innan tillräcklig temperatur uppnås. Med en korrekt insturerad varmvattencirkulation kan komforten ökas.

Injustering av varmvattencirkulation kan göras med till exempel ställbar kapacitet på VVC-pump, termostat- och/eller injusteringsventiler.

I samfälligheterna i Slagsta var det, och i vissa fall är det, traditionella manuella injusteringsventiler i ändpunkterna på de olika varmvattenslingorna, för injustering av VVC-flödet. De två studerade samfälligheterna, FC 163 och FC 164, är sedan 1999 utrustade med termostatiska ventiler för justering av varmvattencirkulation.

Ventilerna i FC 163 och FC 164 är av fabrikatet Frese, CirCon+. Detta är en termisk reglerventil för tappvarmvattensystem med cirkulation. Ventilerna skall automatiskt reglera returtemperaturen på det cirkulerade tappvarmvattnet för att en termisk balans i anläggningen ska uppnås. Ventilerna kan förinställas på en önskad temperatur i intervallet 37°C till 65°C. Ytterligare information om denna produkt kan ges av Frese armatur AB³.

³ Frese armatur AB, Fabriksvägen 10, 176 71 Järfälla, 08-309 555, www.frese.se.

Bild 19 **Två termostatiska reglerventiler av fabrikatet Frese, CirCon+, i FC 163.**

Two thermostatic valves, manufactured by Frese, CirCon+, in substation 163.



Under sommaren/hösten 2003 genomfördes dataloggningar i FC 163 och FC 164 på tappvarmvattensystemet, samt ute i sekundära nätet, tappvarmvatten/varmvattencirkulation, i FC 163 (figur 19). Försök genomfördes med olika börvärden på tappvarmvattnet och/eller olika inställningar på de termostatiska ventilerna i varmvattencirkulationen.

Avsikten var att genom en kombination av olika tappvarmvattentemperaturer (variationer enligt tabell 11 och 12) och olika inställningar på de termostatiska ventilerna skulle VVC-systemet kunna injusteras på bästa sätt.

Trots fyra olika inställda värden på de termostatiska ventilerna (45, 50, 52.5 och 55°C) under mätperioden och omfattande mätserier, så har vi endast kunna notera marginella temperaturskillnader ute i VVC-systemet eller vid inkommande VVC i fjärrvärmecentralen.

Resultatet är naturligtvis förbryllande, men vår förklaring är att den befintliga VVC-pumpen är för liten för att kunna skapa ett tillräckligt differenstryck över termostatventilen. Detta innebär att hela systemet med termostatventiler inte utnyttjas eftersom dessa aldrig eller sällan aktiveras.

Ett förslag till åtgärd vore därför att i samråd med leverantören av termostatventilerna installera en kraftfullare VVC-pump för att uppnå avsedd funktion.

3.4.3. Placering av givare för tappvarmvatten

Placeringen av temperaturgivare för tappvarmvattenreglering har i samband med installation av små och högeffektiva plattlödda VVX blivit allt mer betydelsefullt. Det är numera ganska vanligt att den utgående tappvarmvattentemperaturen från värmeväxlaren kan ha kraftiga pendlingar. I de flesta fall "räddas" komforten vid tappstället tack vare att en temperaturutjämning sker i VVC-systemet.

Svårigheten är att om givaren placeras för nära utloppet vid VVX finns det en stor risk att den utsätts för vatten med olika temperatur, beroende på lastuttag och flöde. Detta kan skapa en mycket instabil regler-situation.

Sitter givaren istället placerad för långt ifrån utloppet vid VVX införs en onödig dötid i systemet, vilket också försvårar regleruppgiften.

Inte heller i Fjärrvärmecentralen – Utförande och installation (F:101) finns några riktlinjer för placering av givare för tappvarmvattnet.

I fjärrvärmecentral FC 165 var givaren för tappvarmvattnet placerad på ungefär 800 mm avstånd efter VVX. Givaren har i projektet flyttats och placerats på ett kortare avstånd, ungefär 150 mm (figur 18), från värmeväxlarens utlopp varefter förändringar i tappvarmvattentemperatur studerats. (Det bör noteras att temperaturloggningen har skett med utanpåliggande givare, vilket innebär att mätvärdet har ”dämpats” via kopparrörväggen.)

Bild 20 Optimal placering av tappvarmvatten givare (nere till vänster i figuren) i FC 165.

Optimal position for the domestic hot water transmitter (down, to the left) in substation 165.

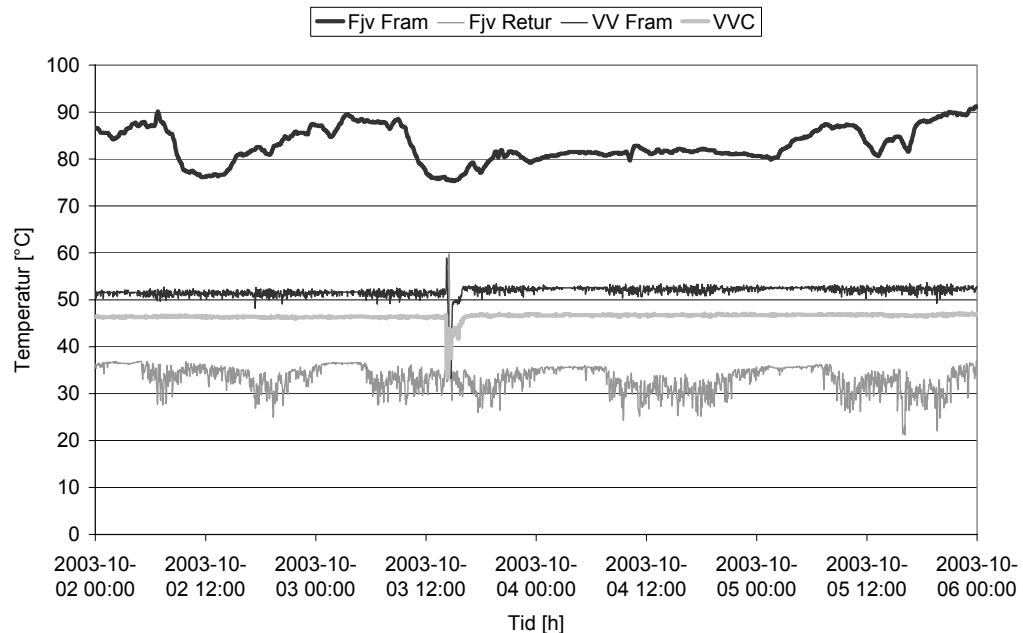


Figur 20 visar den nya placeringen av givaren, i rörböjen. Tidigare var givaren placerad ungefär 650 mm upp på röret, det vill säga ungefär 800 mm från värmeväxlarens utlopp. Den 3/10 2003 flyttades givaren och i figur 21 ser man resultatet av denna flytt.

Den vattenvolym som ryms i röret, mellan växlaren och givaren, bestämmer återkopplingstiden för regleringen. Ett längre avstånd mellan givare och VVX ger alltså en längre återkopplingstid i regleringen av tappvarmvattenventilen, vilket borde leda till större pendlingar på tappvarmvattentemperaturen. Genom att flytta givaren bör regleregenskaperna (komforten) kunna förbättras, då svarstiden för regleringen förkortas.

Bild 21 Mätdata före (-2003-10-03) och efter (2003-10-03-) flytt av givare för tappvarmvatten i FC 165.

Measurement data before (-2003-10-03) and after (2003-10-03-) repositioning the domestic hot water transmitter in substation 165.



Regleravvikelsen, IEA-dygn, har beräknats före respektive efter flytten av givaren. Upplösningen på mätdata har varit 2,5 minuter. Före flytten var regleravvikelsens medelvärde ungefär 12°C*h med en standardavvikelse på 2,3. Efter flytten sjönk medelvärdet till 10 och standardavvikelsen minskade till 0,7. Avvikelsen från börvädet blev alltså mindre vid den nya placeringen, men framförallt blev pendlingarna mindre (spridningen). Framförallt nattetid har regleringen blivit betydligt lugnare, troligtvis med mindre slitage på utrustningen resultat, samtidigt som en jämnare temperatur uppnås på tappvarmvatten under hela dygnet. Varken före eller efter flytten överstegs dock vårt gränsvärde, 48°C*h, vilket framgår av tabell 13.

Tabell 13 Regleravvikelsen beräknad per dygn före respektive efter flytt av givare i FC 165

	Dygn [antal]	Regleravvikelsen, IEA-dygn [°h]			
		$\bar{x}$ *	S *	Max *	Min *
Före	14	11,9	2,3	16,8	8,4
Efter	13	10,0	0,7	11,1	9,0

* Regleravvikelsens (IAE-dygn) medelvärde ($\bar{x}$), standardavvikelse (S), maximala värde (max) samt minimala värde (min).

3.4.4. Tappvarmvattenventil

Samtliga tappvarmvattenventiler i fjärrvärmecentralerna har dimensionerats på nytt, med hjälp av en schablonmetod (tabell 14), dvs. ett visst K_{vs} -värde med hänsyn till antalet lägenheter och aktuellt differenstryck i Slagsta-området. De ventilstorlekar som detta har resulterat i har sedan kontrollerats mot det verkliga flödet i respektive fjärrvärmecentral under den kritiska perioden under sommaren med lägsta framledningstemperatur, en slags behovsanpassad dimensionering.

Det är viktigt att man vid schablonmässig dimensionering tar hänsyn till om det finns ett sekundärt nät samt om varmvattencirkulationen värmer golvradiatorer eller handdukstorkar. Om så är fallet, bör en alternativt två ventilstorlekar större väljas.

Tabell 14 Dimensionering av tappvarmvattenventil

Antal lägenheter	K_{vs} -värde*
10-49	0,63
50-99	1,0
100-	1,6

* En storlek större vid interna sekundära nät samt en storlek större vid golvvärme eller handdukstorkar som värms av varmvattencirkulationen.

Resultatet från nydimensioneringen blev att de tre största samfälligheterna, FC 147, FC 165 och FC 180, kräver en ventil med K_{vs} -värdet 2,5 (dvs. 1,6 plus en storlek större pga. sekundärt nät). Övriga sex fjärrvärmecentraler bör klara sig med ventiler som har K_{vs} -värdet 1,6. I FC 147 och FC 162 är dessa ventilstorlekar redan installerade, utan att några problem uppstått.

I FC 165 med 134 lägenheter, där en ventil med K_{vs} -värde 4,0 tidigare var installerad, har försök genomförts med tappvarmvattenventiler med K_{vs} -värde 2,5 och 1,6. Enligt dimensioneringen var en ventil med K_{vs} -värde 2,5 lämplig, men resultaten från försöket visar att även en 1,6 ventil är fullt tillräckligt (tabell 15).

Tabell 15 Regleravvikelsen beräknad per dygn vid olika storlekar på tappvarmvattenventil i FC 165

Ventil	Dygn [antal]	Regleravvikelsen, IAE-dygn [°h]			
		$\bar{x}$ *	S *	Max *	Min *
4,0	13	10,0	0,7	11,1	9,0
2,5	16	11,3	1,2	14,4	9,4
1,6	12	11,1	1,4	15,1	9,9

* Regleravvikelsens (IAE-dygn) medelvärde ($\bar{x}$), standardavvikelse (S), maximala värde (max) samt minimala värde (min).

När man går ner i ventilstorlek, ökar regleravvikelsen något, men inget som påverkar komforten i större utsträckning. Det som händer när en mindre ventil installeras är att en ”dipp” i tappvarmvattentemperatur inträffar vid en mycket stor tappning, men framledningstemperaturen på tappvarmvattnet sjunker aldrig i detta fall med mer än ungefär två grader. Regleravvikelsens gränsvärde på 48°h uppfylls alltid med stor marginal.

Förklaringar till varför ett så pass stort sekundärt nät kan betjänas med en sådan liten ventil anser vi vara att det finns en stor ackumulerande vattenvolym i tappvarmvattenledningen. På grund av sammanlagringen i systemet behöver detta bara laddas kontinuerligt av varmvattencirkulationen.

Den inledande försöksperioden var under hösten/vinter när framledningstemperaturen i fjärrvärmenätet var högre än det dimensionerande fallet, och detta misstänktes vara en bidragande orsak till resultatet. Detta eftersom en högre framledningstemperatur innebär att flödet reduceras, och en mindre ventil klarar att leverera mer effekt/energi. Att ventilstorleken är tillräcklig även sommartid har kunnat verifieras under sommarperioden 2004, och den lägre framledningstemperaturen under sommarmånaderna är alltså inget problem i detta område.

3.5. Värmesystem

Husen i de olika samfälligheterna är utrustade med 1-rörssystem för uppvärmning. Till skillnad från 2-rörssystem, där radiatorerna är parallellkopplade, är radiatorerna i 1-rörssystemen seriekopplade. Genom den första radiatorn dras tillräckligt flöde för att täcka detta utrymmes effektbehov. Returvattnet från radiatorn blandas sedan med tillloppet, vilket innebär att radiator två kommer att få en lägre temperatur på inkommande vatten. Detta innebär således att radiatorytan på de följande radiatorerna behöver ökas kontinuerligt för att kunna överföra motsvarande effekt som den första radiatorn. En utförlig beskrivning av 1-rörssystem finns i rapporten "Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet" (FoU 2003:95).

3.5.1. Värmekurva

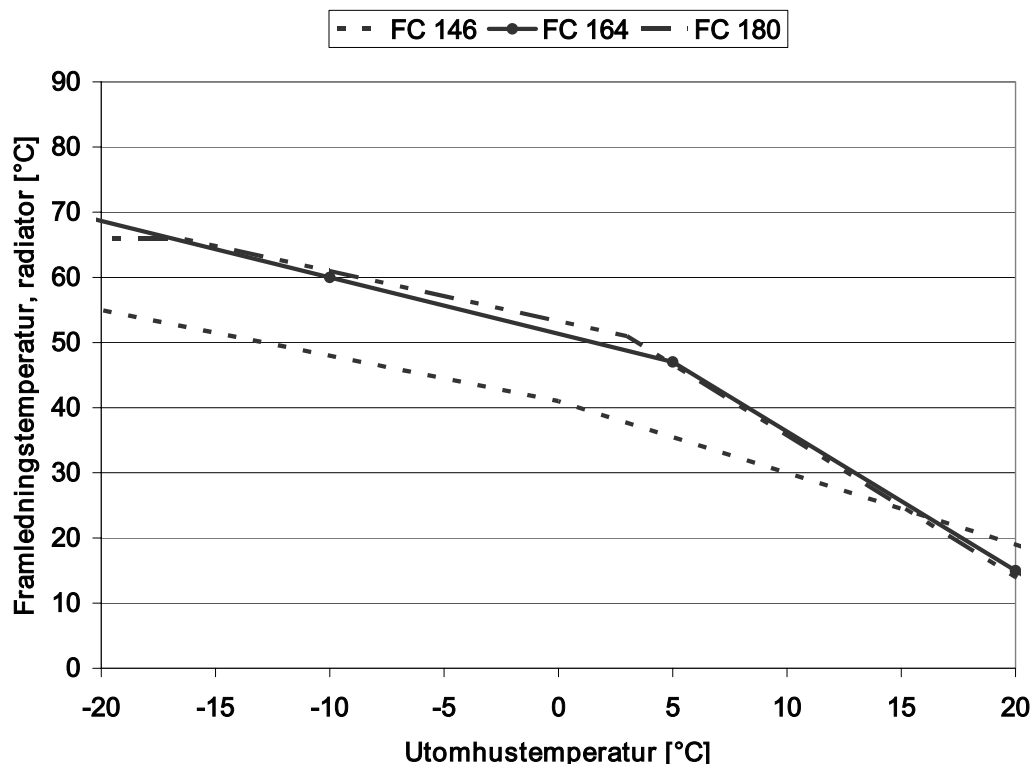
Värmekurvan skall naturligtvis vara anpassad efter fastighetens termiska egenskaper, det vill säga fastighetens energi-/effektbehov. Men en fastighet med ett dåligt injusterat värmesystem kommer att kräva en högre värmekurva alternativt ett högre flöde, för att garantera en given lägsta temperatur i hela fastigheten. Detta på grund av att cirkulationen i värmesystemet ej sker på ett optimalt vis.

I detta projekt har vi ej haft möjlighet att kontrollera och injustera något värmesystem, utan vi har endast undersökt reglercentralens parametrar. Det vill säga värmekurva, pumpstopp, nattsänkning (avsnitt 3.5.2) samt dämpad utomhustemperatur.

De olika värmekurvorna i fjärrvärmecentralerna skiljer sig förvånansvärt mycket, med tanke på att husen är av liknande art. Det finns heller inget tydligt mönster, till exempel att fristående småhus nyttjar en högre eller lägre värmekurva.

I figur 22 presenteras de två högsta värmekurvorna grafiskt tillsammans med den lägsta värmekurvan. Som framgår, skiljer sig framledningstemperaturen med ungefär tio grader vid nollgradig utomhustemperatur. Troligtvis skiljer sig flödena sig åt i dessa system, och en låg värmekurva är därför ingen självklar garanti för låg energianvändning.

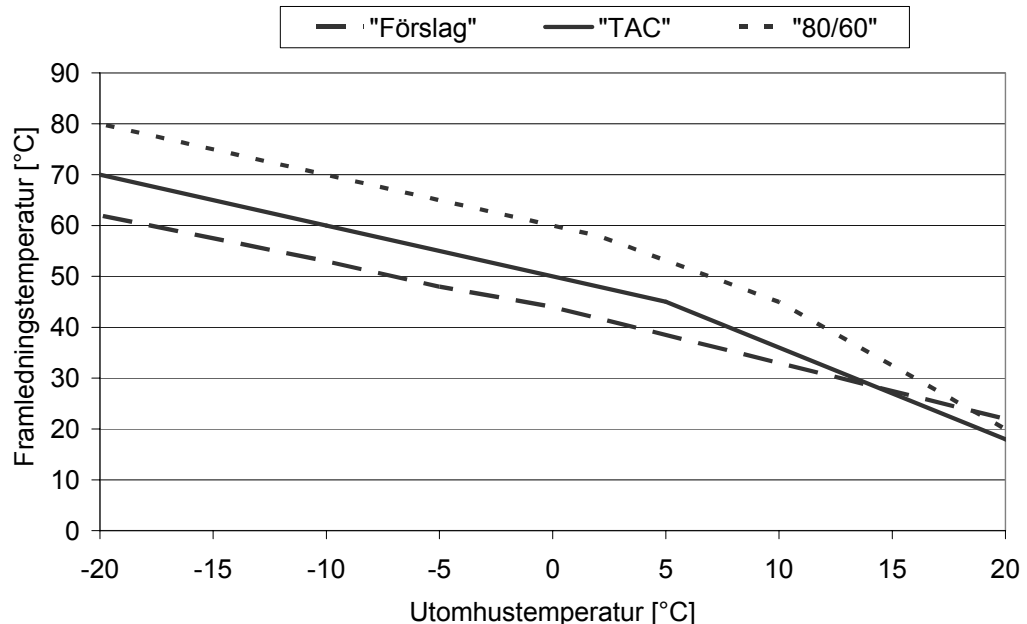
I januari 2004 har en lägre värmekurva (ungefär 5°C lägre vid utomhustemperatur 0°C) varit inställd i FC 180 än under januari 2003, dessutom har nattsänkning periodvis tillämpats. Jämfört med tidigare presenterade överkonsumtionsberäkningar (tabell 5 och 10) så fungerade fjärrvärmecentralen avkylningsmässigt betydligt bättre i januari 2004 än januari 2003. En tidigare överkonsumtion på +207 m³ har i januari 2004 sjunkit till -505m³. Orsakerna till detta kan vara flera, men den sänkta värmekurvan är självfallet en dominerande anledning eftersom värmesystemet i hög grad påverkar returtemperaturen denna tid på året.

Bild 22 Värmekurvor i FC 146, FC 164 och FC 180 under vintern 2002/2003.*Heating curve for substation 146, 164 and 180 during the winter 2002/2003.*

I figur 23 visas TAC:s leveransinställningar på värmekurvan för reglercentraler i serie 2000, samt värmekurvan för ett 80/60-system. 80/60-systemets värmekurva är högst av de två, med en skillnad på cirka 10° vid värmelast. Ytterligare en kurva redovisas, vilket är ett förslag på utgångskurva vid flerbostadshus. Denna kurva är ytterligare 5-6° lägre, och kan tjäna som utgångspunkt som man sedan korregerar neråt eller uppåt ifrån vid behov. Kurvan har visat sig fungera bra i ett flertal bostadshus i Stockholmsområdet, men givetvis måste lokala anpassningar göras samt anpassningar till byggnaden.

Bild 23 Exempel på värmekurvor, TAC leverans inställning och 80/60 system samt förslag på en alternativ värmekurva i flerbostadshus.

Example of heating curve, TAC default heating curve and 80/60 heating system, and a proposal ("Förslag") for heating curve in multi family houses.



Funktionen, pumpstopp, finns i flera olika reglercentraler. I korthet innebär det att man kan ange en högsta utomhustemperatur för värmesystemet. Överstiger utomhustemperaturen detta värde, slås pumparna till värmesystemet av. I TAC:s 2000-serie är leveransinställningen 20°C, vilket vi anser är för högt för denna typ av byggnad. Värmebehovet får anses vara ringa vid denna temperatur, och pumpstoppet bör snarare aktiveras vid 17°C. Här är det givetvis viktigt att ta hänsyn till husets interna värmetillskott, dvs. husets balanstemperatur. Men pumpstopp vid 17°C kan anses rimligt, om den önskade inomhustemperaturen är 20°C.

Om regelsystemet är direktverkande, så kommer börvärdet i värmekurvan att förändras omedelbart när utomhustemperaturen ändras. Detta kommer att ge upphov till fiktivt värmebehov i fjärrvärmecentralen, eftersom värmebehovet i byggnaden inte har förändrats. Det tar en viss tid innan byggnadens temperatur ändras, vilket man kan lösa genom att använda ett icke direktverkande regelsystem, och därmed anpassa tidsförskjutningen. Genom att dämpa regleringen kan onödiga svängningar i effekt och flöde undvikas. I rapporten "Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov" (FOU 1997:10), finns mer att läsa om detta fenomen.

Genom att utnyttja funktionen, dämpad utomhustemperatur, som anger dämpningsgraden för utomhustemperaturen, kan regleringen förskjutas i tiden. I TAC:s 2000-serie är denna inställd på fyra timmar vid leverans. Här, precis som vid pumpstopp, är det viktigt att hänsyn tas till byggnadens egenskaper. I detta fall kan leveransinställningen, fyra timmar, vara en bra utgångspunkt som man senare kan göra justeringar utifrån.

3.5.2. Nattsänkning

Nattsänkning innebär att innetemperaturen sänks under natten, vilket kan spara uppvärmningsenergi. Eventuell besparing uppnås med "lätta" byggnader och med byggnader med liten utnyttjandetid. Viktigt att notera här är att om

inomhustemperaturen inte sänks sett på ett medelvärde under dygnet, kommer man heller inte att spara någon energi. Sänker man temperaturen på natten, men samtidigt tillför mer energi för att kompensera för detta under morgonen kommer den totala energianvändningen att vara ungefär densamma som utan nattsänkning.

Mer om nattsänkning finns att finna i bl a. Aronsson, 1996 och Jensen, 1983.

Endast en samfällighet tillämpar nattsänkning av de nio studerade i Slagsta. Detta är FC 146 (nattsänkningen är 5°C), som dessutom använder den lägst värmekurva av de studerade.

I projektet har vi valt ut tre fastigheter för ytterligare studier av nattsänkning, där intresse att få hjälp med injustering av värmekurvan har funnits från samfälligheterna. Alla dessa fjärrvärmecentraler är utrustade med TAC 2000-serien, dels 2231 och dels 2232. I modellen 2232 finns sk. glidande nattsänkning samt ytterligare ett par funktioner jämfört med modell 2231, bl a. morgonhöjning och morgonuppvärmning.

Utgångspunkten har varit leveransinställningarna på reglerutrustningen gällande nattsänkning och relaterad parametrar. Detta har medfört att följande parametrar har kontrollerats och i viss mån även varierats (försöksverksamhet);

- Glidande nattsänkning
- Morgonuppvärmning
- Morgonhöjning
- Dämpad utomhustemperatur

Nattsänkningen har i förekommande fall varit inkopplad mellan klockan 22.00 och 06.00 och varierat mellan ingen nattsänkning alternativ fem eller tio graders nattsänkning.

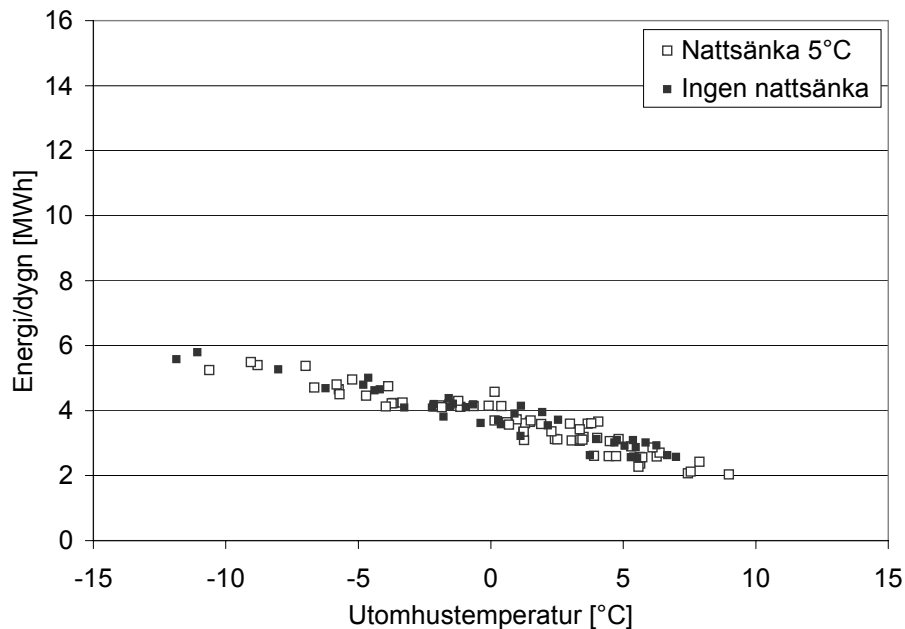
För att säkerställa att värmeanläggningen skall klara att återställa rumstemperaturen efter nattsänkningen vid låga utomhustemperaturer används glidande nattsänkning. Detta innebär att sänkningens storlek blir beroende av den dämpande utomhustemperaturen med början vid +10°C (100 procent nattsänkning) och ned till –10°C (0 procent) (temperaturerna är ställbara).

Likaså är morgonuppvärmningen och morgonhöjningen kopplade till utomhustemperaturen. Morgonuppvärmningen anger tiden för övergång mellan natt och dagdrift, medan morgonhöjningen anger hur mycket framledningstemperaturen skall höjas (max 10°C).

I FC 162, där TAC 2231 är installerad, har vi under en period varierat mellan ingen nattsänkning och fem graders nattsänkning. Eftersom det är glidande nattsänkning, är nattsänkningen två och en halv grad vid noll, och ingen nattsänkning vid minus tio grader. Energianvändningen har sedan beräknades per dygn, från klockan 12 första dagen, till klockan 12 nästa dag.

Bild 24 **Energianvändning i FC 162 med eller utan nattsänkning samt morgonhöjning**

Energy consumption in substation 162, with (white) or without (black) night setback and morning boost.



Energianvändningen har sedan satts i relation till utomhustemperaturen, och som framgår av figur 24 ger inte nattsänkning någon besparing av energi i detta fall.

Liknade försök har genomförts i FC 178 och FC 180. Här har det även varit möjligt att nyttja och variera morgonhöjning, vilket innebär att det vid nattsänkning även har varit tio graders morgonhöjning.

Tendensen är densamma som i FC 162, med undantaget att spridningen på data är större vid högre utomhustemperaturer (se figur 25 & 26). Tyvärr finns inte tillräckligt med data, vid fem till tio plusgrader, där man framförallt i FC 178 kan se tendenser till nattsänkningen eventuellt innebära en lägre energianvändning. Det finns dock inget tydligt mönster, men nattsänkningen skulle troligtvis få mer genomslag över tio plusgrader, men då är å andra sidan energianvändningen lägre.

Bild 25 Energianvändning i FC 178 med och utan nattsänkning och morgonhöjning.

Energy consumption in substation 178, with or without night setback and morning boost.

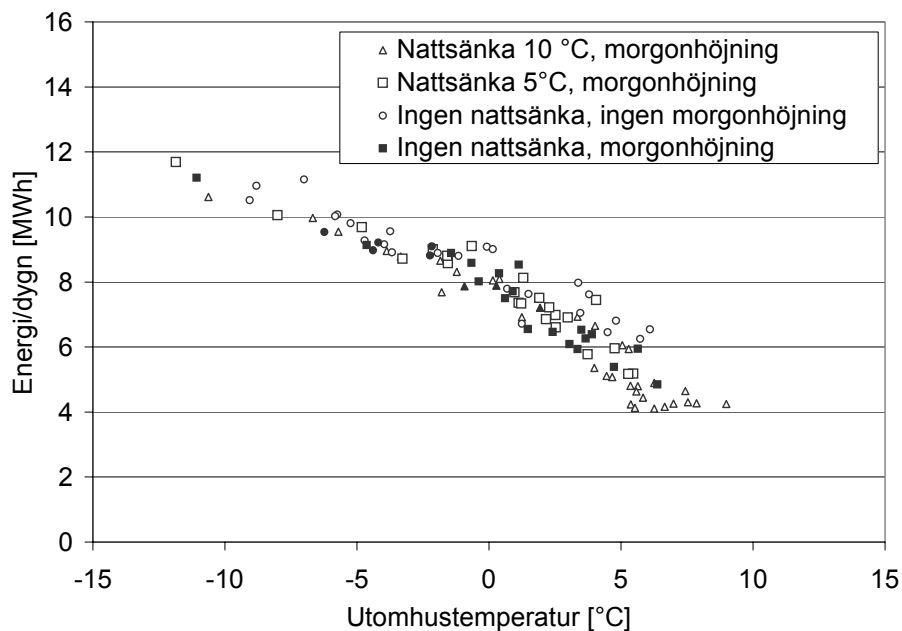
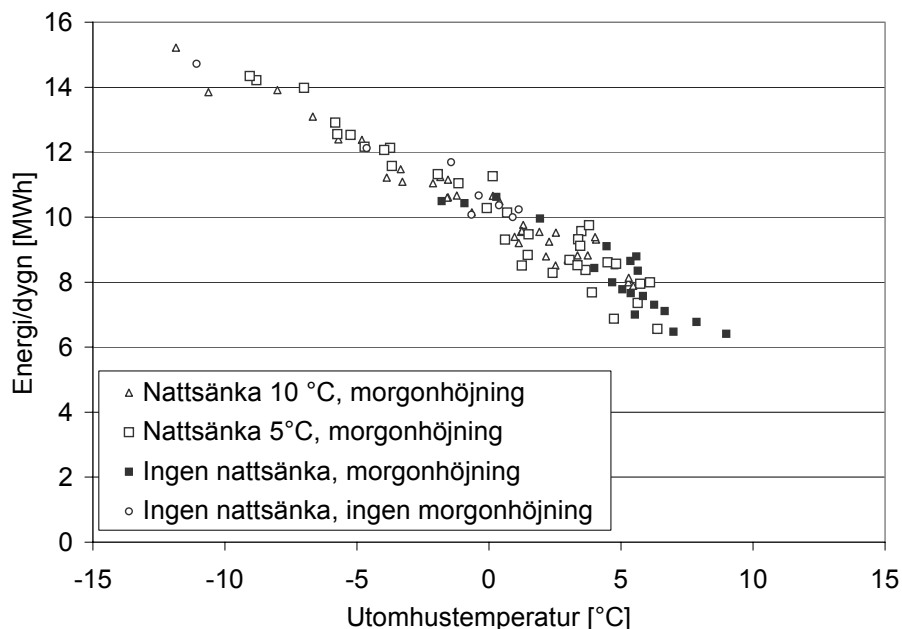


Bild 26 Energianvändning i FC 180 med och utan nattsänkning och morgonhöjning.

Energy consumption in substation 180, with or without night setback and morning boost.



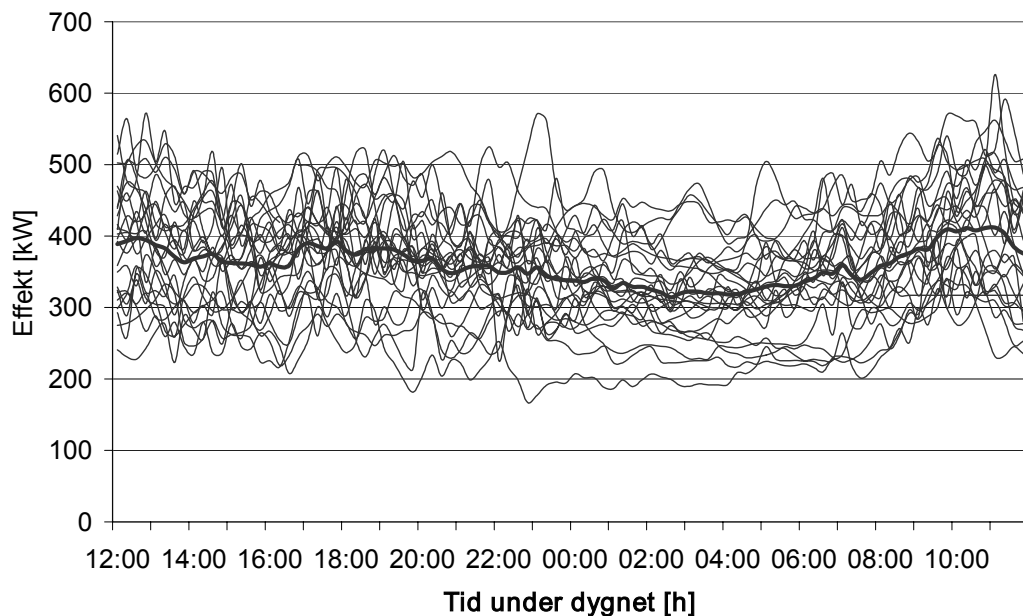
Eftersom energianvändningen vanligtvis minskar vid högre utomhustemperaturer vid användning av nattsänkning, har troligtvis den verkliga inomhustemperaturen under dygnet blivit lägre, kanske även under dagen. Detta är dock svårt att fastställa eftersom vi ej mätt inomhustemperaturen. Faktum kvarstår dock att

inomhustemperaturen måste sjunka om energi skall kunna sparas. Sänkningen av inomhustemperaturen innebär en komfortsänkning för de boende och på sikt kanske värmen behöver höjas.

Det är inte bara energianvändningen vid nattsänkning som har studerats. Även fjärrvärmecentralens effektuttag under dygnet har undersökts, med hjälp av data från Södertörns Fjärrvärms driftövervakningssystem. Upplösningen har här valts till 15-minuters värden.

Bild 27 **Effektuttag under dygnet i FC 178 (tjock svart är medel) utan nattsänkning.**

Heat load demand during a day in substation 178 (average is thick black) without night setback.



Figur 27 visar FC 178 när ingen nattsänkning eller morgonhöjning är inkopplad. Variationen i y-led beror på att utomhustemperaturen varierar mellan dygnet, samt dessutom givetvis tappvarmvattenlasten.

Skillnaden på effektuttaget under dygnet blir markant, när glidande nattsänkning och morgonhöjning används. I figur 28 åskådliggörs detta, där effektuttaget stiger från ungefär 100 kilowatt vid nattsänkning till nästan 600 kilowatt, då nattsänkningen kopplas ur och morgonhöjningen in. Allt detta sker på ca 20 minuter, vilket innebär att primärflödet, som i stort följer effektuttaget, ökar på samma vis. Fjärrvärmecentralens dimensionerande effekt är ungefär 730 kW, vilket innebär att denna effekt nästan nås, redan vid en medelutomhustemperatur på 5°C under den studerade perioden.

Används nattsänkning på detta vis i kombination med morgonhöjning, bidrar det starkt till den s.k. morgontoppen i fjärrvärmenätet.

Bild 28 Effektuttag under dygnet vid glidande nattsänkning, 10°, med 10° morgonhöjning i FC 178.

Heat load demand during a day with variable night setback, 10°, and 10° morning boost in substation 178.

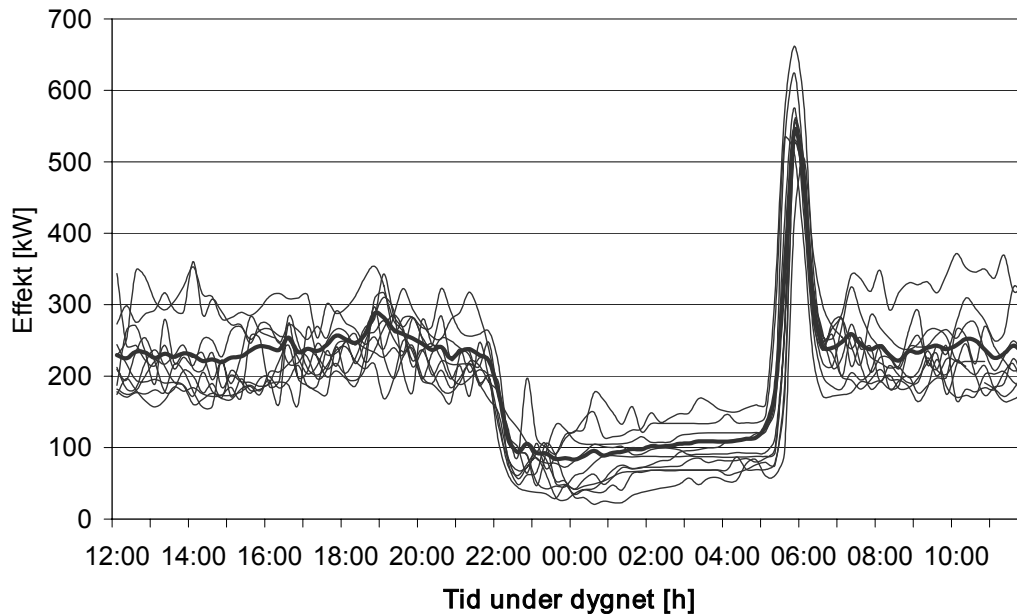
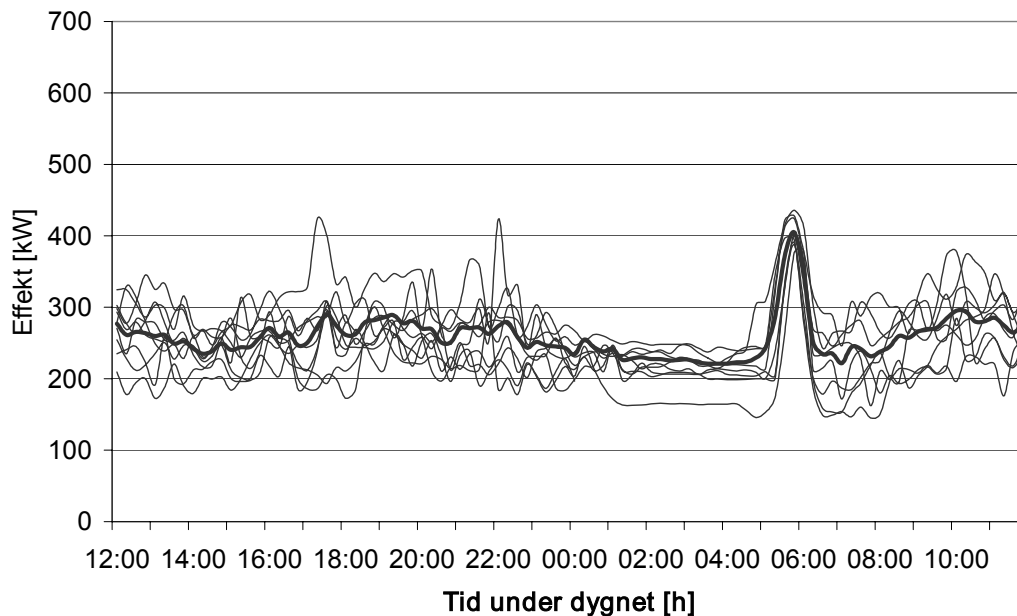


Bild 29 Effektuttag under dygnet med 10° morgonhöjning i FC 178.

Heat load demand during the day with 10° morning boost in substation 178.



De FC som vi undersökt har som tidigare nämnts, varit utrustade med TAC:s 2000-serie. Vid urkoppling av nattsänkningen är det då viktigt att inte bara parameter 06, "nattsänkning framledningstemperatur", sätt till 0, utan att reglerutrustningen kopplas om till "Fast dagdrift". Om endast parameter 06 ändras, och reglerutrustningen

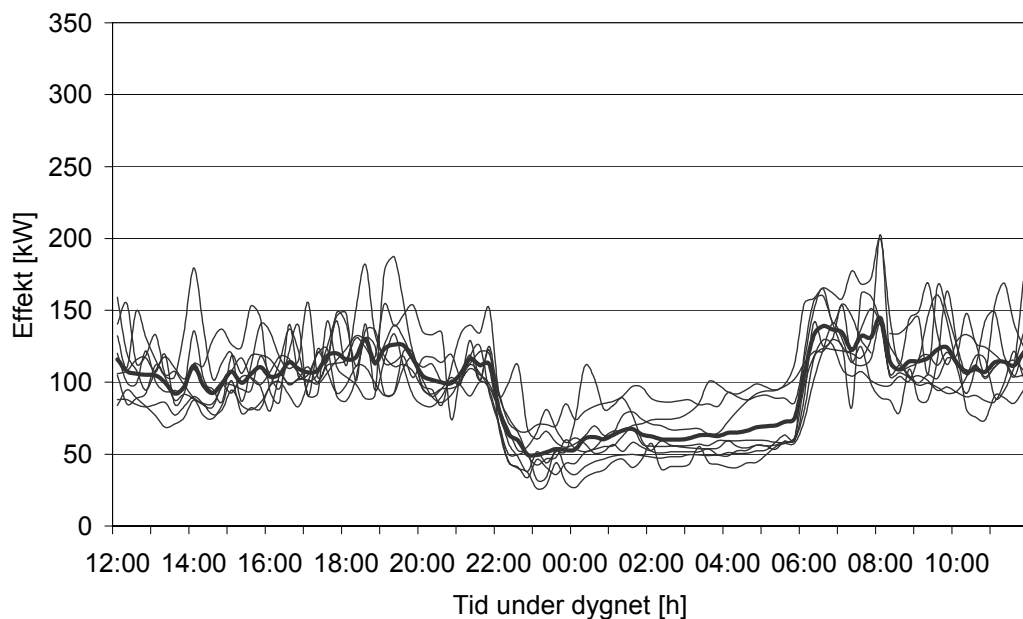
fortsätter att drivas i ”Tidstyrd drift”, kommer morgonhöjningen fortfarande vara aktiv.

I figur 29 visas effektuttaget, då endast nattsänkningen kopplats ur, och morgonhöjningen fortfarande är aktiv. Denna höjning av framledningstemperatur saknar helt betydelse när inte nattsänkningen är aktiv eftersom fastigheten inte har något extra energibehov vid detta tillfälle, men innebär troligtvis högre energianvändning samt att fjärrvärmenätet utsätt för onödiga effekt- och flödesuttag.

Genom att bara utnyttja funktionen nattsänkning, och inte koppla in någon morgonhöjning, kan effektuttaget under dygnet i stort sett hållas på en rimlig nivå. I FC 162 (figur 30) har detta undersökt, i detta fall 5°C nattsänkning vid en genomsnittlig utomhustemperatur under perioden på 6,5°C, och i detta fall när nattsänkningen kopplas ur, kommer inte fjärrvärmenätet att utsättas för orimliga effektuttag. Fjärrvärmecentralens dimensionerande effekt är 350 kW, och nyttjandet av nattsänkning i detta fall innebär ingen effektökning i närheten av den dimensionerande.

Bild 30 **Effektuttag under dygnet vid enbart nattsänkning, 5° i FC 162.**

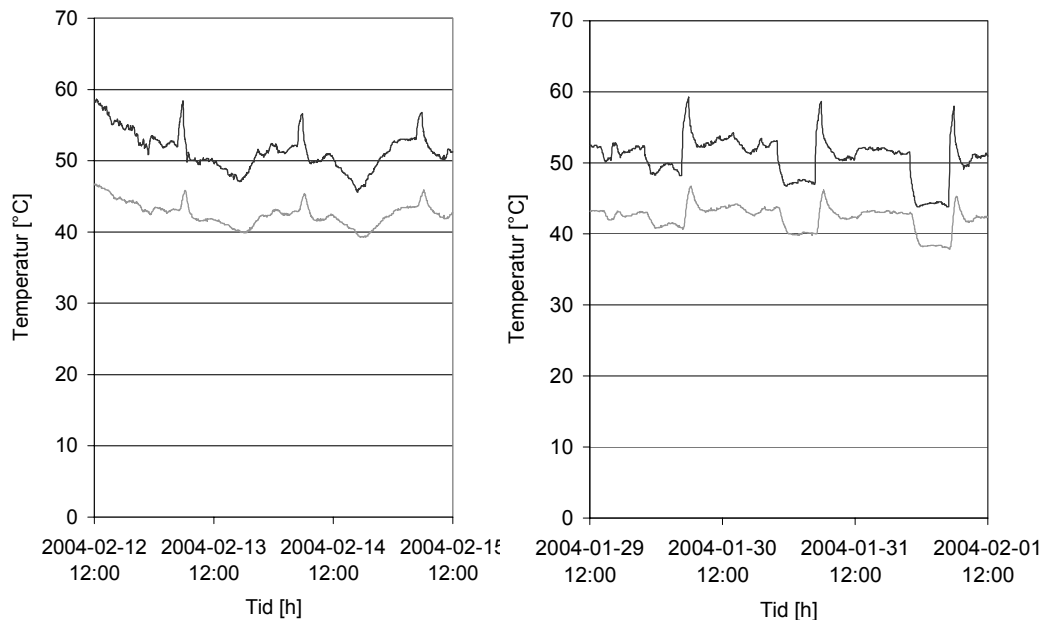
Heat load demand during the day with night setback, 5°, in substation 162.



I figur 31 visas fram- och returtemperatur för det sekundära värmesystemet i FC 178. Den vänstra figuren visar tydligt höjningen av framledningstemperaturen vid morgonhöjningen. Returtemperaturen följer samma mönster med en mindre tidsförskjutning. I den högra figuren är även nattsänkning inkopplad, 10 grader, och den totala höjningen av framledningstemperaturen blir i detta fall strax över 10 grader. Eftersom skillnaden mellan fram- och returtemperaturen, avkylningen, ökar tillförs troligtvis ”oönskad” energi till fastigheten. Detta bör som tidigare nämnts, leda till ökad energianvändning på lång sikt.

Bild 31 Fram- och returledning på värmesystemet i FC 178, med endast morgonhöjning (vänster) samt glidande nattsänkning (10°) och morgonhöjning (10°) (höger).

Supply and return temperature on the heating system in substation 178, with only morning boost (left) and with night setback (10°) and morning boost (10°).

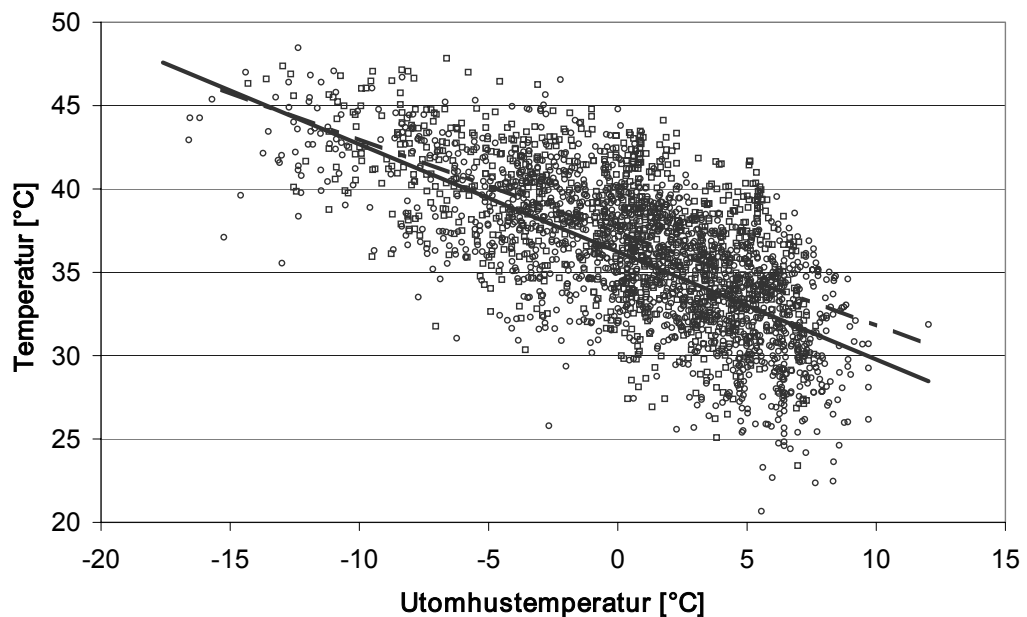


Vi har även undersökt skillnader i returtemperaturen till fjärrvärmenätet, beroende på om nattsänkning används eller ej. I FC 180 finns inga tecken på att returtemperaturen påverkas och i FC 162 finns en liten tendens till att returtemperaturen sjunker ungefär en grad vid utomhustemperatur på ungefär tio grader. Att sänkning blir som störst då beror på att nattsänkning är glidande, och därmed får störst utslag vid temperaturer på tio grader och uppåt.

I FC 178, där nattsänkningen tidvis har varit tio grader, finns större tendenser på att returtemperaturen sjunker. Upp till två graders lägre returtemperatur kan uppmätas i figur 32.

Bild 32 **Sänkning av returtemperatur från värmesystemet vid nattsänkning i FC 178**

Lower return temperature in substation 178 when night setback is in use.



3.5.3. Värmeventil

Med hjälp av ISAC/Analys har samtliga styrventiler för värmesystemet dimensionerats på nytt. I ett par av fjärrvärmecentralerna har dessa sedan installerats. Beräkningarna har resulterat i att de fyra minsta fjärrvärmecentralerna, FC 162, FC 163, FC 164 och FC 179, behöver en styrventil med K_{vs} -värde på 4,0. De resterande fem fjärrvärmecentralerna bör utrustas med styrventiler med K_{vs} -värde på 10 för att täcka behovet.

I FC 146, FC 165 och FC 179 har de nydimensionerade ventilerna installerats under hösten 2003. Det har inte funnits några tecken på att brist har uppstått eller några andra problem.

3.6. Övrigt

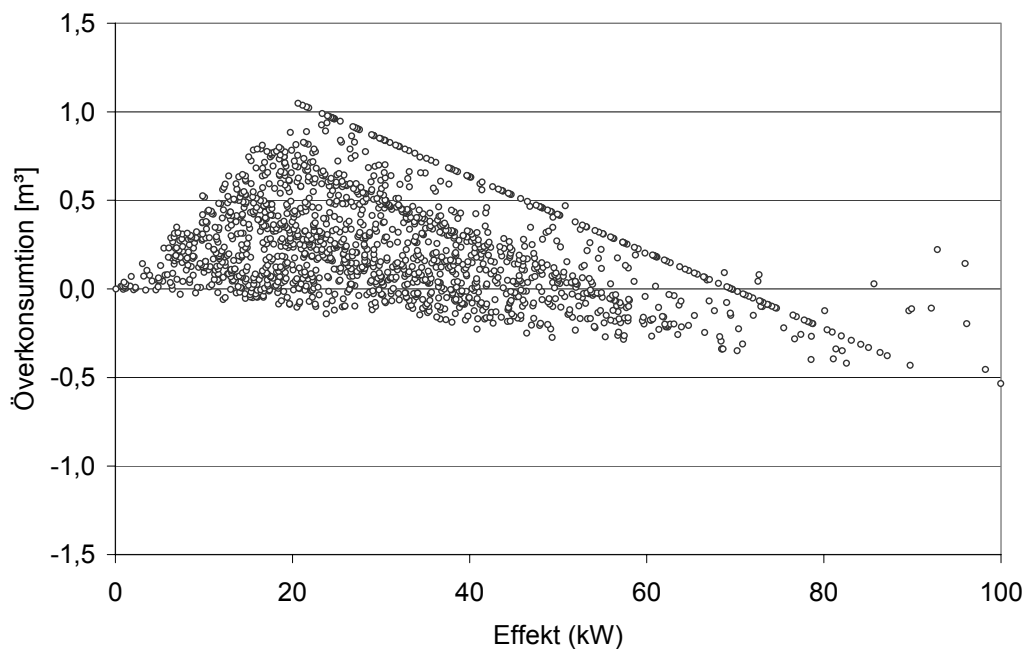
Under projektets gång har vi träffat på och dokumenterat ett antal intressanta fenomen. Till exempel felaktiga flödesmätare (överdimensionerade) och felaktiga reglerinställningar.

3.6.1. Flödesmätare

Vid beräkningarna av överkonsumtion sommartid, upptäcktes ett avvikande beteende i en fjärrvärmecentral, se figur 33. Vid närmare studier visade det sig att mätdata från flödesmätaren var bristfällig och med låg upplösning. Den mekaniska flödesmätaren i FC visade sig vara överdimensionerad (QN 15, 25 l/puls), och eventuellt kan även något annat fel ha förekommit.

Bild 33 **Överkonsumtionsberäkningar med flödesmätare med bristfällig och låg upplösning i FC 179.**

Overflow calculations with insufficient and oversized flow meter in substation 179.

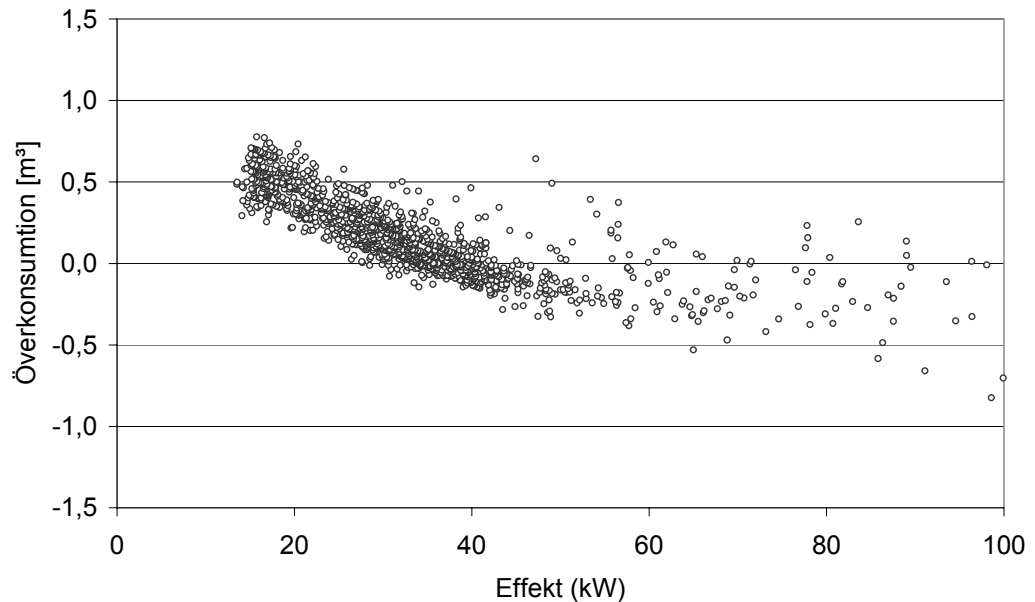


Flödesmätarens brister åskådliggörs i figur 33. Bristerna resulterade i stegvisa förskjutningar, där flödesmätaren under en längre tid avger ett och samma värde.

Efter byte till en korrekt dimensionerad flödesmätare (QN 6, 2,5 l/puls) försvann detta beteende, och fjärrvärmecentralen uppvisar därefter ett liknat beteende som övriga fjärrvärmecentraler (figur 34).

Bild 34 **Överkonsumtionsberäkningar med korrekt dimensionerad flödesmätare i FC 179.**

Overflow calculations with sufficient flow meter in substation 179.

**3.6.2. Reglerinställning**

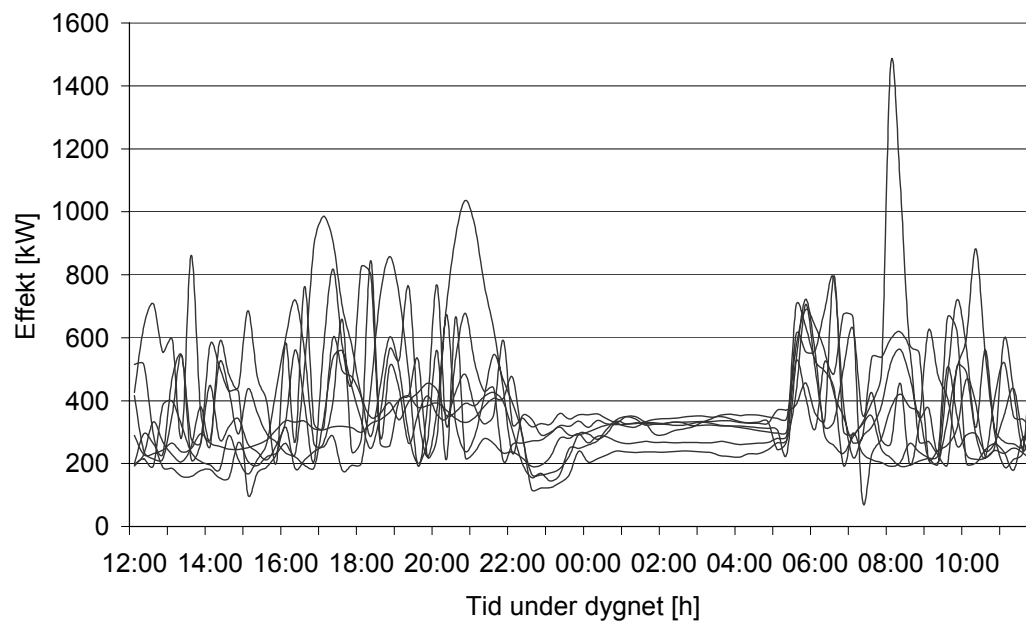
Fjärrvärmecentralen, FC 180 har en dimensionerande effekt på strax över 900 kW. Under ett besök i fjärrvärmecentralen hösten 2003 uppdagades att gångtiden på ställdonet till radiatorventilen hade justerats, troligtvis av misstag. Detta resulterade i kraftiga svängningar på radiatorsystemets framledningstemperatur, med stora effektuttag som följd (se figur 35).

Det maximala effektuttaget under perioden med felaktiga inställningar var ungefär 1500 kW, vilket motsvarar en och en halv gång den dimensionerade effekten.

Detta visar fördelen med ett driftövervakningssystem som snabbt kan upptäcka onormala lastuttag och omgående göra en funktionskontroll eller informera kunden.

Bild 35 **Exempel på effektuttag vid felaktiga inställningar på gångtiden för ställdonet till radiatorventilen i reglercentralen.**

Example of heat demand with incorrect setting on the running time for the actuator on the heating valve in the controller.



4. Slutsatser

Under projekttiden har ett antal studier och analyser genomförts. Projektet har varit upplagt som ett mät- och utvärderingsprojekt.

Några av projektets viktigaste allmänna slutsatser är;

- En ny fjärrvärmecentral jämfört med en 30 år gammal innebär inte någon minskad energianvändning för kunden, däremot kan/bör bättre avkylningen uppnås till fjärrvärmenätet. Däremot kan t ex utbyte av en kraftigt försmutsad VVX för tappvarmvatten istället leda till ökad energiåtgång då en ny och väl fungerande VVX installeras.
- För kunden innebär en ny fjärrvärmecentral i första hand en möjlighet till bättre komfort, till exempel genom att effektbrist på grund av försmutsade värmeväxlare undviks vid DUT, samt tillförlitligare funktion.
- Kopplingsprincip är av underordnad betydelse vid val av ny FC och injustering i fjärrvärmecentralen och dess tillhörande sekundära nät är betydligt viktigare och påverkar fjärrvärmecentralens funktion mer och därmed också fjärrvärmenätet.

När samfälligheternas tappvarmvattensystem har studerats har följande slutsatser framkommit;

- Det är inte självklart att ett högre börvärde på tappvarmvatten (t ex 60°C) leder till bättre komfort. Regleruppgiften blir istället svårare och kan leda till pendlingar.
- I vår undersökning av installerade termostatiska VVC-ventiler fann vi bristfällig funktion. Vi anser utifrån våra mätningar att orsaken sannolikt beror på att befintlig VVC-pump inte kan skapa tillräckligt differenstryck över termostatventilen. Det anses därför angeläget att hela systemfunktionen studeras när dessa typer av ventiler ska installeras.
- Placeringen av givare för tappvarmvattenreglering är betydelsefull. Det har även från andra FC-installationer visat sig att detta kan vara ett stort problem som fortfarande är underskattat. En flytt av givaren i en FC från 800 mm till 150 mm efter VVX-utlopp hade positiv inverkan på både börvärdesavvikelsen och pendlingarna, som minskade.
- För denna typ av sekundära system, kan mycket små styrventiler nyttjas för tappvarmvattenberedning, då varmvattencirkulationen fungerar som en stor ackumulerande volym och endast behöver laddas mer eller mindre kontinuerligt.

När samfälligheternas värmesystem har studerats har följande slutsatser framkommit;

- Värmesystemets injusteringsgrad har större betydelse för val av värmekurva än husen termiska egenskaper. Det är därför av stor vikt att värmesystemet injusteras.
- Nattsänkning i denna typ av byggnad medför ingen besparing av energi. Viktigt att notera är här att för att nattsänkning skall minska energi-användningen, måste verkligen den genomsnittliga inomhustemperaturen sänkas, med en komfortsänkning som följd.

- Nattsänkning i kombination med morgonhöjning innebär en hög toppeffekt på morgonen, vilket starkt medverkar till den s.k. morgontoppen i fjärrvärmenätet.
- Om nattsänkning ändå skall tillämpas, bör detta helst ske utan morgonhöjning, vilket minskar effektuttaget vid urkopplingen. Istället bör nattsänkningens tider anpassas för att ge rätt temperatur vid rätt tidpunkt, till exempel genom att kopplas i tidigare på kvällen och kopplas ur i god tid innan morgonen, anpassat till fastighetens värmetröghet.
- Vid urkoppling av eventuell nattsänkning är det viktigt att även koppla ur eventuell morgonhöjning.
- Det är viktigt att rätt dimensionerad styrventil installeras även på värmesidan, för att begränsa eventuella överuttag i flöde/effekt på grund av exempelvis nattsänkning i kombination av morgonhöjning eller om instabilitet uppstår i reglerkretsen.

5. Referenser

ARONSSON, STEFAN

Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov, Analys baserad på mätresultat från femtio byggnader

Doktorsavhandling, Inst. f. Installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

ISBN 91-7197-383-4, 1996.

FJÄRRVÄRMECENTRALEN – UTFÖRANDE OCH INSTALLATION

Tekniska bestämmelser, F:101

ISSN 1401-9264

Svensk Fjärrvärme, Stockholm 2004.

GUMMÉRUS, PETER

Analys av konventionella abonnentcentraler i fjärrvärmesystem

Doktorsavhandling, Inst. f. Energiteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

ISBN-91-7032-467-0, 1989.

JENSEN, LARS

Nattsänkning av temperatur i flerbostadshus

Statens råd för byggforskning, rapport R64:1983, Stockholm

ISBN 91-540-3925-8, 1983.

LINDKVIST, HÅKAN, SELINDER, PATRIK och WALLETUN, HÅKAN

Utveckling av analysmetoden ”Flygfoto” – Grafisk presentation av stora datamängder

Kommande FOU-rapport från Svensk Fjärrvärme (2005:xx)

ZW Energiteknik, 2004.

PETERSSON, STEFAN & NYBERG, BERNT-ERIK

Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet (FOU 2003:95)

ISSN 1402-5191

Svensk Fjärrvärme, Stockholm 2003

SELINDER, PATRIK och WALLETUN, HÅKAN

Felidentifiering i FC med ”Flygfoton” – Förstudie (FOU 2002:70)

ISSN 1402-5191

Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 2002.

WALLETUN, HÅKAN

Effektivisering av fjärrvärmecentraler (FOU 1999:27)

ISSN 1402-5191

Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 1999.

WALLETUN; HÅKAN

Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler (FOU 2002:76)

ISSN 1402-5191

Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 2002

WERNER, SVEN

Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov (FOU 1997:10)

ISSN 1402-5191

Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 1997

Bilaga 1: Komponentlista för fjärrvärmecentraler i Slagsta

Komponentlista FC 146

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Parca 151-GS	-72	3-steg
RAD	Parca MR 31	-72	

Cirkulationspumparna saknar saknar varvtalsreglering.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/229W	TA/M5P	TA/STL	40	9,2
RAD	TA/230U	TA/M15	TA/STL	65	10*
VVbl	TA/229W	TA/M5P	TA/V386	40	25

* Tidigare K_{vs} 25, bytt under november 2003.

Komponentlista FC 147

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Cetetherm CP 422 80	-00	2-steg
RAD	Cetetherm 622-190	-00	

Cirkulationspumparna är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2222	TA/M750	TA/V241	15	2,5
RAD	TA/2222	TA/M750	TA/V241	25	10

Komponentlista FC 162

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
Prefab	Thermia/VR1	-99	
VV	Thermia/B27-2S/100		1-steg
RAD	Thermia/B50/90		1-steg

Cirkulationspumparna är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2231	TA/M750A	TA/V241	15	1,6
RAD	TA/2231	TA/M750B	TA/V241	15	4,0
VVbl	TA/2231	TA/M750A	TA/V386	25	10

Komponentlista FC 163*Värmeväxlare*

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Alfa Laval/CB76-60H	-98	2-steg
RAD	Alfa Laval/TS-500		

Cirkulationspumparna saknar saknar varvtalsreglering.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2232	TA/M300A	TA/V298	15	2,5
RAD	TA/2232	TA/M750A	TA/V298	20	6,3
VVbl	TA/2232	TA/M750A	TA/V386	25	10

Komponentlista FC 164*Värmeväxlare*

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Alfa Laval/CB76-60H	-97	2-steg
RAD	Alfa Laval/TS-500		

Cirkulationspumparna saknar saknar varvtalsreglering.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2232	TA/M300A	TA/V298	15	2,5
RAD	TA/2232	TA/M750A	TA/V298	20	6,3
VVbl	TA/2232	TA/M15C	TA/V386	40	25

Komponentlista FC 165**Värmeväxlare**

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Cetetherm/Cetepac 422-100	-96	2-steg, förv.
VV	Cetetherm/Cetepac 422- ~50		
RAD	Cetetherm/Cetepac 500-132L		

Cirkulationspumparna är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	Unigyr – PRU1.32	L&S/SKD32	L&S VVF52	15	1,6*
RAD	L&S/RVL55	TA/M15C	TA/STL	65	10**
VVbl	TA/229W	TA/EM5C	TA/V386	40	25

* Tidigare 4,0 och 2,5.

** Tidigare 25

Komponentlista FC 178

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	LPM/HK3-130	-98	2-steg
RAD	LPM/HK2-26/58		

Cirkulationspumparna är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2232	TA/M750A	TA/V294	20	4,0
RAD	TA/2232	TA/M750B	TA/V298	25	10
VVbl	TA/2232	TA/M750A	TA/V386	40	25

Komponentlista FC 179

Fram till och med 20031127.

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	Parca 101-GS	-73	3-steg
RAD	Parca MR-15	-73	

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/229W	TA/EM5C	TA/STL	40	9,2
RAD	TA/230U	TA/M15C	TA/STL	32	6,7
VVbl	TA/229W	TA/M5P	TA/V386	32	16

Ny fjärrvärmecentral från och med 20031127.

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	SweTherm B27-2S/80	-03	1-steg
RAD	SweTherm B50/90	-03	1-steg

Nya cirkulationspumpar är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/Xenta	TA/M800	TA/V241	15	1,6
RAD	TA/Xenta	TA/M800	TA/V241	20	6,3
VVbl	TA Xenta	TA/M800	TA/V341	20	6,3

Komponentlista FC 180

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat/Typ	År	Koppling/övrigt
VV	LPM/HK2-30/78	-98	2-steg
RAD	LPM/HL4-74	-98	

Cirkulationspumparna är varvtalsreglerade.

Reglercentral, ställdon och styrventil

Grupp	Reglercentral Fabrikat/typ	Ställdon Fabrikat/typ	Styrventil Fabrikat/typ	Dim	K _{vs}
VV	TA/2232	TA/M750	TA/V241	15	2,5
RAD	TA/2232	TA/M750	TA/V241	25	10
VVbl	TA/2232	TA/M750	TA/V386	25	10

Bilaga 2: Returtemperatur i de olika fjärrvärmecentralerna.

Bild 2.1 Returtemperatur i FC 146.

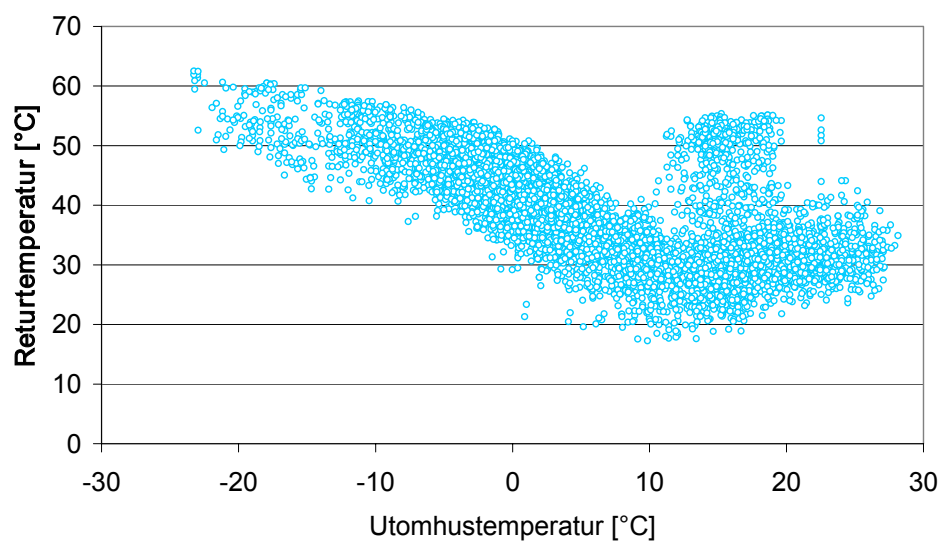


Bild 2.2 Returtemperatur i FC 147.

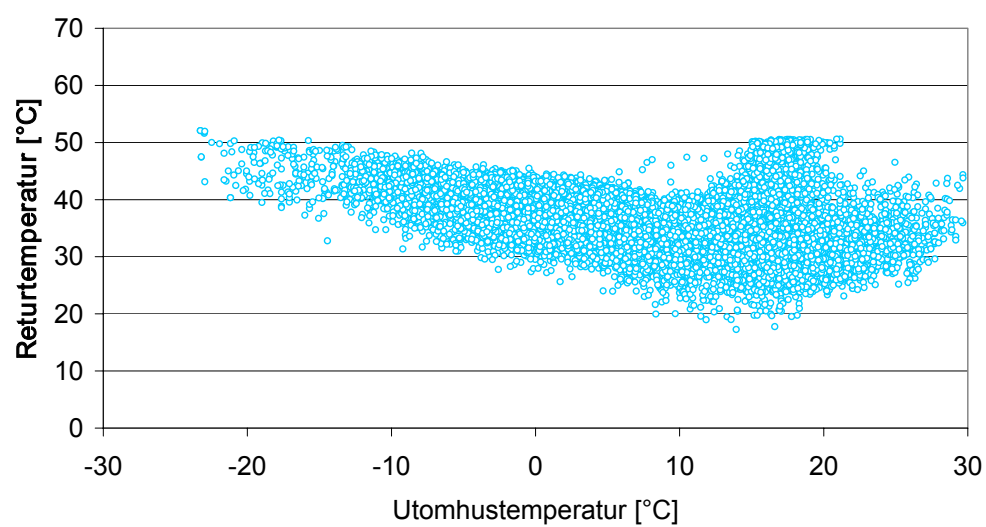


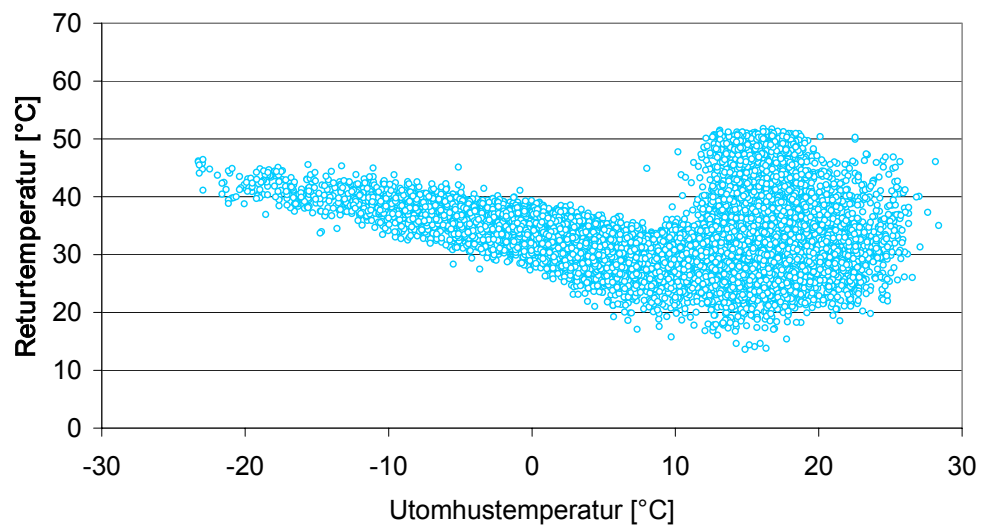
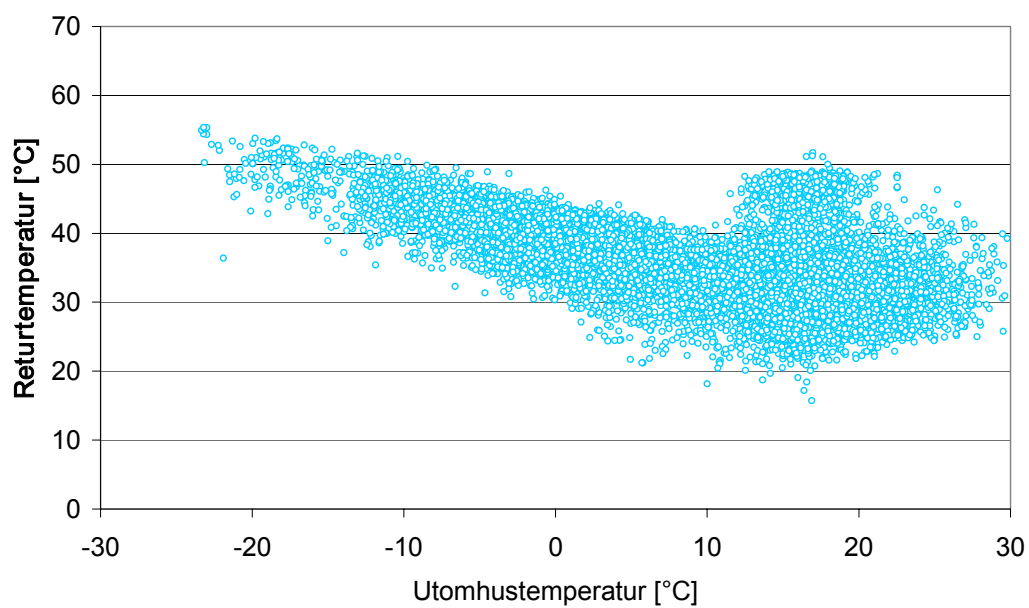
Bild 2.3 **Returtemperatur i FC 162.****Bild 2.4** **Returtemperatur i FC 163.**

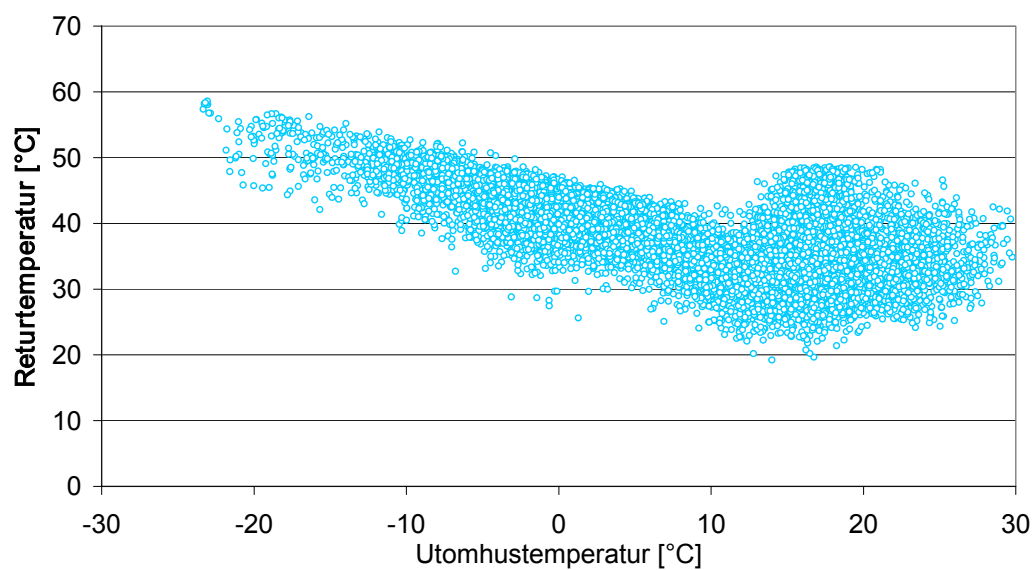
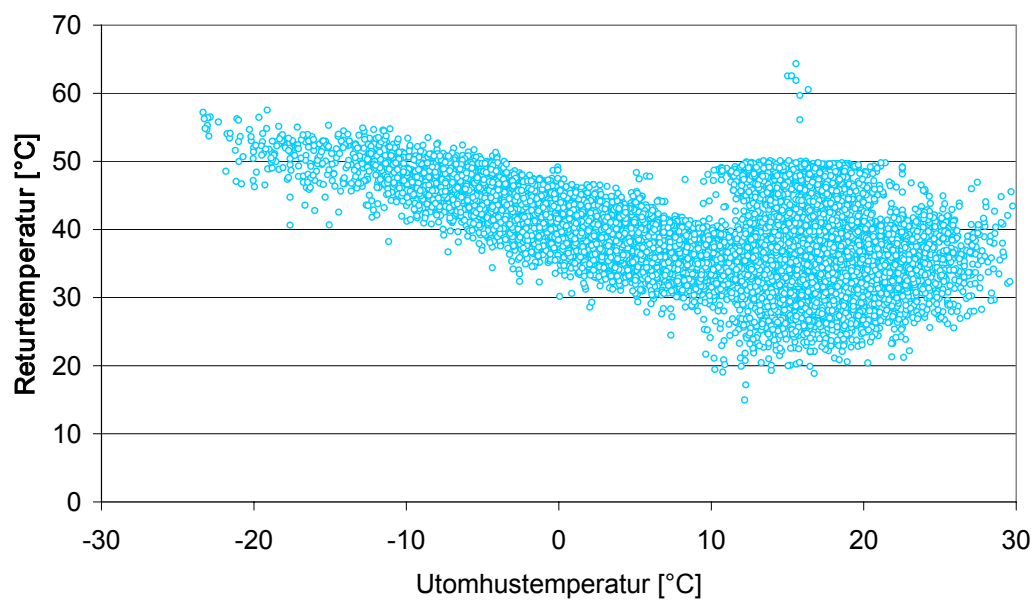
Bild 2.5 Returtemperatur i FC 164.**Bild 2.6** Returtemperatur i FC 165.

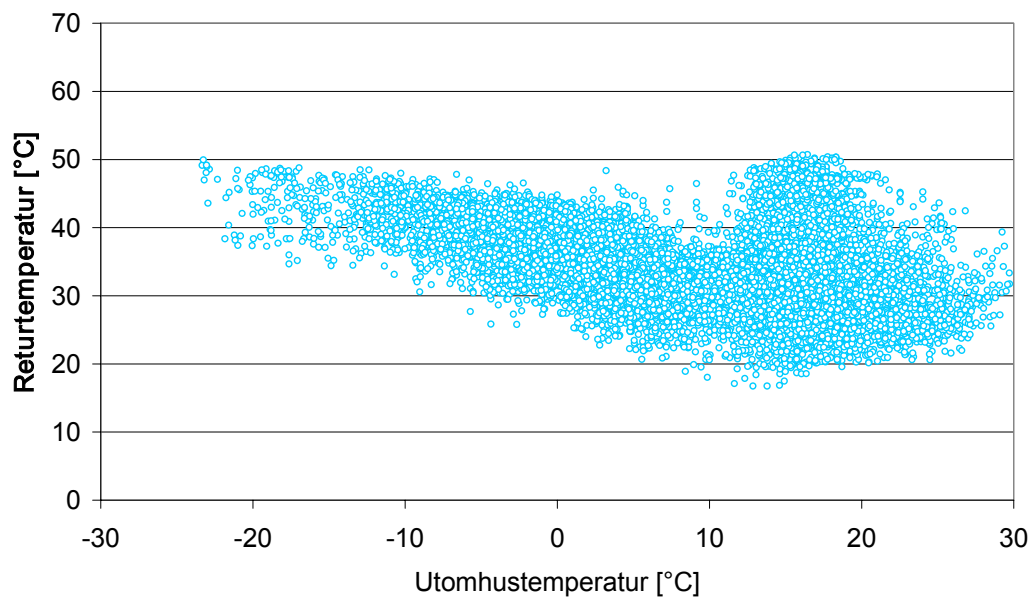
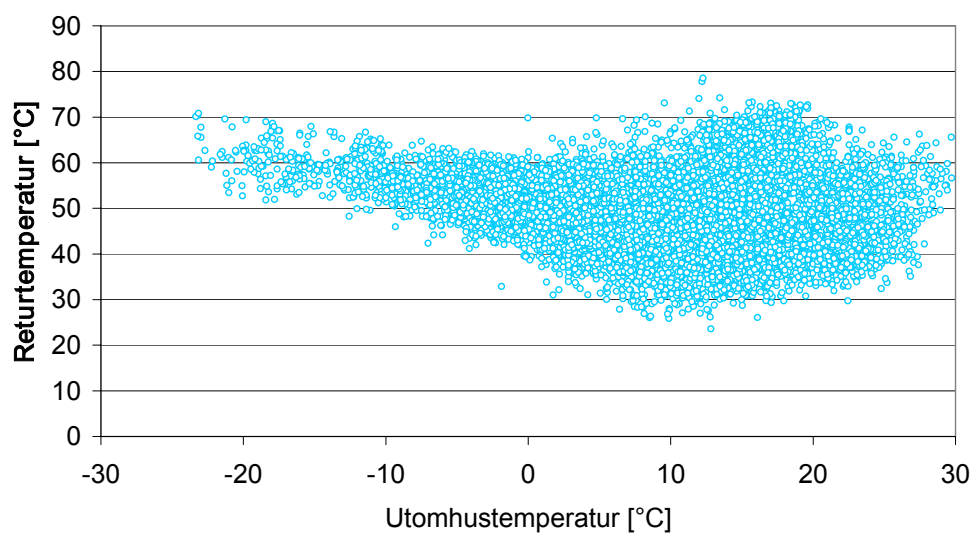
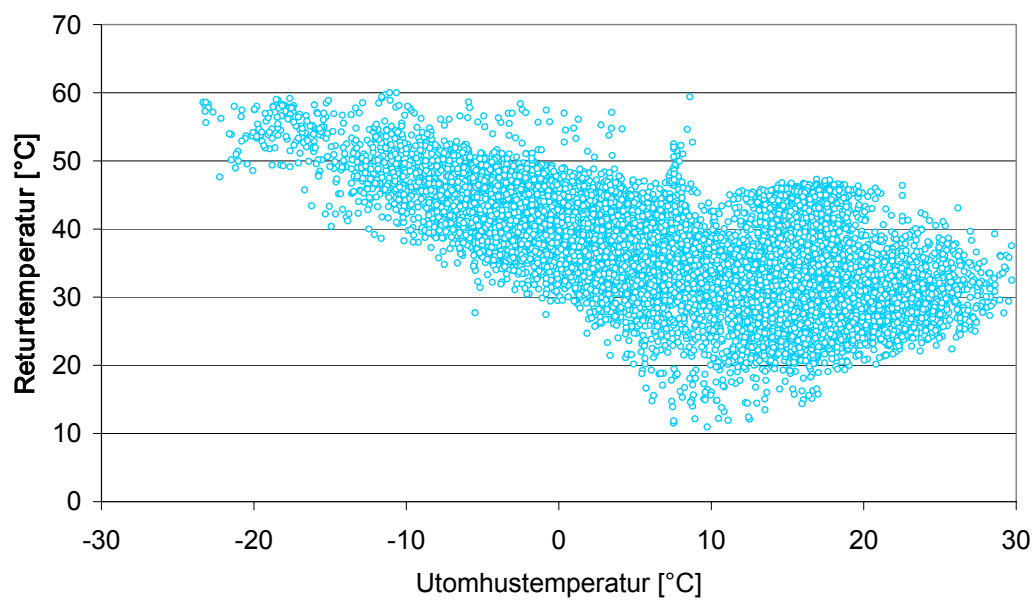
Bild 2.7 **Returtemperatur i FC 178.****Bild 2.8** **Returtemperatur i FC 179.**

Bild 2.9 **Returtemperatur i FC 180.**

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Svensk Fjärrvärmes Förlagsservice.

Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 – 24 90 10, www.fjarrrvarme.org

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING – RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare – Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonnentcentraler)	Lena Råberger Håkan Walletun	okt-96
6	Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering	Lars-Åke Cronholm	okt-96
7	Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar	Jan Molin Gunnar Bergström	dec-96
8	Medierör av plast i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun Heimo Zinko	dec-96
9	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	dec-96
10	Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov	Sven Werner	mars-97
11	Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme	H. Andersson J. Ahlgren	maj-99
12	Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-97
13	Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996	Mikael Henriksson Sven Werner	dec-97
14	Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem – en litteraturstudie	Peeter Tarkpea	dec-97
15	Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme	Daniel Eriksson Bengt Sundén	dec-97
16	Utvärdering av fuktinträngning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör "Hisings-Backa"	Ulf Jarfelt	dec-97
17	Kulvertförläggning med befintliga massor	Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson	dec-97
18	Värmeåtervinning och produktion av frikyla – två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner	Peter Margen	dec-97
19	Projekt och Resultat 1994-1997	Anders Tvärne	mars-98

Nr	Titel	Författare	Publicerad
20	Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov	Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson	mars-98
21	Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer	Mats Lindberg Leif Breitholtz	maj-98
22	Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ulf Jarfelt	maj-98
23	Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem	Håkan Walletun	juni-98
24	Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs	juni-98
25	Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät	Erik Jonson	juni-98
26	Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör	Jarl Nilsson Tommy Gudmundson	juni-98
27	Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem	Håkan Walletun	apr-99
28	Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998	Paul Westin	juli-98
29	Fjärrkyla – systemstudie	Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson	juli-98
30	Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie	Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström	dec-98
31	Optimalt val av värmemätarens flödesgivare	Janusz Wollerstrand	maj-99
32	Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör	Morgan Fröling	dec-98
33	Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik	Marja Englund	maj-99
34	Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör	Lars Ehrlén	apr-99
35	Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten	Tuija Kaunisto Leena Carpén	maj-99
36	Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare	Jerker Delsing	nov-99
37	Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät	Lennart Eriksson Håkan Walletun	maj-99
38	Ändgavlar på fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	sept-99
39	Användning av lågtemperaturfjärrvärme	Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko	sept-99
40	Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten	Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm	nov-99
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin	dec-99

Nr	Titel	Författare	Publicerad
		Carmen Pletikos	
42	Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås.	Stefan Petersson	mars-00
43	Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylanät – Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung”	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01
59	Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla	Guaxiao Yao	dec-01
60	Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Magdalena Svanström	jan-02
61	Korrosionsskydd av en trycklös varmvattenackumulator med kvävgasteknik – fjärrvärmeverket i Falkenberg	Leif Nilsson	jan-02
62	Tappvarmvattenreglering i P-märkta fjärrvärmecentraler för villor – Utvärdering och förslag till förbättring	Tommy Persson	jan-02
63	Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör	Sture Andersson Nils Olsson	jan-02

Nr	Titel	Författare	Publicerad
64	Förändring av fjärrvärmenäts flödesbehov	Håkan Walletun Daniel Lundh	jan-02
65	Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme	Tord Sivertsson Sven Werner	mars-02
66	Fjärravläsning med signaler genom röret – förstudie	Lars Ljung Rolf Sjöblom	mars-02
67	Fukttransport i skarvskum	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	april-02
68	Round Robin test II av isolerförmågan hos fjärrvärmerör	Ture Nordenswan	april-02
69	EkoDim – beräkningsprogram	Ulf Jarfelt	juni-02
70	Felidentifiering i FC med ”flygfoton” – Förstudie	Patrik Selinder Håkan Walletun	juni-02
71	Digitala läckdetekteringssystem	Jan Andersson	aug-02
72	Utvändigt skydd hos fjärrvärmerörsskarvar	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	sept-02
73	Fuktdiffusion i plaströrsystem	Heimo Zinko Gunnar Bergström Stefan Nilsson Ulf Jarfelt	sept-02
74	Nuläge värmegles fjärrvärme	Lennart Larsson Sofie Andersson Sven Werner	sept-02
75	Tappvarmvattensystem – egenskaper, dimensionering och komfort	Janusz Wollerstrand	sept-02
76	Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun	okt-02
77	Isocyanatexponering vid svetsning av fjärrvärmerör	Gunnar Bergström Lisa Lindqvist Stefan Nilsson	okt-02
78	Förbättringspotential i sekundärnät	Lennart Eriksson Stefan Petersson Håkan Walletun	okt-02
79	Jämförelse mellan dubbel- och enkelrör	Ulf Jarfelt	dec-02
80	Utvändig korrosion på fjärrvärmerör	Göran Sund	dec-02
81	Varmvattenkomfort sommartid i småhus	Tommy Persson	dec-02
82	Miljöbelastning från produktion av fjärrvärmerör	Morgan Fröling Camilla Holmgren	dec-02
83	Samverkande produktions- och distributionsmodeller	John Johnsson Ola Rossing	feb-03
84	Användning av aska vid förläggning av fjärrvärmeledningar - förstudie	Rolf Sjöblom	feb-03
85	Marginaler i fjärrvärmesystem	Patrik Selinder Heimo Zinko	mars-03
86	Flödesutjämnande körstrategi	Gunnar Larsson	april-03
87	”Black-Box”-undersökning av fjärrvärmecentraler	Håkan Walletun Bernt Svensson	juni-03
88	Långtidsegenskaper hos lågflödesinjusterade radiatorsystem	Stefan Petersson Sven Werner	aug-03

Nr	Titel	Författare	Publicerad
89	Rationellt byggande av fjärrvärmeledningar	Tommy Gudmundson	sep-03
90	Total – Kontra utförandeentreprenad	Tommy Gudmundson	sep-03
91	Tryckväxlare för fjärrkyla – Teknik och funktion	Bror-Arne Gustafson	sep-03
92	Kylning av kylmaskiners kondensorer med fjärrkyla i livsmedelsbutiker	Caroline Haglund Stignor	sep-03
93	Minskade distributionsförluster med diffusionstäta fjärrvärmerör	Maria Olsson	okt-03
94	Kopplingsprinciper för fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump	Patrik Selinder Håkan Walletun Heimo Zinko	okt-03
95	Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet	Stefan Petersson Bernt-Erik Nyberg	okt-03
96	EPSPEX-kulvert – Utveckling, utförande och uppföljning	Tommy Gudmundson	okt-03
97	EPSPEX-kulvert – Funktion under och efter vattendränkning	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	okt-03
98	Fukt i fjärrvärmerör, larmsystem och detektering Inventering av mätmetoder och gränsvärden	Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm Mats-Olov Edström	okt-03
99	Undersökning av skarvar med isolerhalvor efter nio år i drift	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	nov-03
100	Strategier för framtidens fjärrvärme	Markus Felleesson	dec-03
101	Fjärrvärmevärmda torkrumsanläggningar	Peter Neikell Tobias Nilsson	nov-03
102	Kyllager i befintligt kylnät	Fredrik Setterwall Benny Andersen	nov-03
103	Reglerdynamik, tryckhållning och tryckslag i stora rörsystem	Gunnar Larsson	dec-03
104	Energimätning i småhus. Förstudie.	Jan Eliason Morgan Romvall Håkan Walletun	dec-03
105	Konsekvenser av mindre styrventiler i distributionsnät	Håkan Lindkvist Håkan Walletun	jan-04
106	Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör	Göran Sund	jan-04
107	Kopplingar i fjärrvärmesystem – inventering av alternativ och utvecklingspotential	Rolf Sjöblom Jöns Hilborn	feb-04
108	Gratid för kyla	Peter Lundell	april-04
109	Effektivare rundgångar	Håkan Walletun Karolina Näsholm	april-04
110	Mikrobiell aktivitet i fjärrkylennät	Magnus Nordling	april-04
111	Effektivare distribution av fjärrkyla	Olle Källman Per Hindersson Börje Nord	maj-04
112	Värmedriven kyla	Magnus Rydstrand Viktoria Martin Mats Westermark	maj-04

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
113	Markradar fältförsök	Emelie Vestin Peter Wilén	juni-04
114	EcoTrench läggning av fjärrvärmerör	Alf Lindmark	juni-04
115	Tappvarmvattenanvändning på hotell	Stefan Petersson Sven Werner Martin Sandberg Åsa Wahlström	juni-04
116	PET-skum som isoleringsmaterial i fjärrvärmerör	Sara Mangs Olle Ramnäs Ulf Jarfelt	sept-04
117	Flexibla fjärrvärmerörs isoleringsegenskaper	Ulf Jarfelt Olle Ramnäs Camilla Persson Charlotte Claesson	okt-04
118	Injustering av vvc-kretsar	Janusz Wollerstrand Tommy Persson	okt-04
119	Integration av absorptionskylmaskiner i fjärrvärmesystem - Förstudie	Heimo Zinko Sven-Olof Söderberg Elsa Fahlén Alemayehu Gebremedhin	dec-04
120	Teknisk utvärdering av gamla och nya fjärrvärmecentraler i Slagsta	Håkan Lindkvist och Håkan Walletun	jan-05

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

1	Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling	Sven Werner	jan-98
2	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996.	Lars Lindgren Conny Nikolaisen	jan-98
3	Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996	Lennart Thörnqvist	jan-98
4	Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997.	Conny Nikolaisen	juli-98
5	Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum	Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson	sept-99
6	Optimering av fjärrvärmevattens framledningstemperatur i mindre fjärrvärmesystem	Ilkka Keppo Pekka Ahtila	jan-03
7	Sammanställning över fjärrvärme- och kraftvärmeprojekt med eu-stöd	Sofie Andersson Sven Werner	feb-04
8	Utvärdering av FOU-programmet Hetvattenteknik 2001-2003	John Johnsson Håkan Sköldberg	feb-04
9	Nytta med svensk fjärrvärmeforskning	Sven Werner	feb-04
10	Förenklad metod för energimätning i fjärrvärmecentral	Tommy Jonsson	jan-05
11	Värdet av icke levererad fjärrvärme till kunder – Fjärrvärmecentralers felfrekvenser i fjärrvärmesystem	Tero Loustarinen	jan-05

*Svensk Fjärrvärme AB och Statens energimyndighet bedriver
forskningsprogram inom området fjärrvärme, hetvattenteknik och fjärrkyla.*



Svensk Fjärrvärme • 101 53 Stockholm • Telefon 08-677 25 50 • Fax 08-677 25 55
Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr. • E-post kontakt@fjarrvarme.org • www.fjarrvarme.org