

"BLACK-BOX"-UNDERSÖKNING AV FJÄRRVÄRMECENTRALER

*Håkan Walletun och Bernt Svensson
ZW Energiteknik AB*

"BLACK BOX"–UNDERSÖKNING AV FJÄRRVÄRMECENTRALER

*Håkan Walletun och Bernt Svensson
ZW Energiteknik AB*

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt. Publiceringen innebär inte att Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB tagit ställning till slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning

Omfattande analysarbeten har de senaste åren genomförts i syfte att snabbt och systematiskt kunna finna fjärrvärmecentraler (FC) med bristfällig funktion i ett distributionsnät.

Avsikten med detta projekt är att *jämföra två olika analys- och arbetsmetoder* för att utifrån givna mätdata kunna fastställa fel i FC. Dels för att öka kunskapen om metodernas tillämpbarhet och var respektive arbetssätt passar bättre respektive mindre bra. Dels för att finna vilka randvillkor som bör vara uppfyllda för metodernas tillämpbarhet.

Tanken med hela projektet är att vi i inför analysarbetet varit helt obekanta med respektive FC och vad den eventuellt kan innehålla för felfunktioner. Uppgiften har varit att med enbart analysarbetets hjälp kunna fastställa fjärrvärmecentralens eventuella felfunktion.

Metod 1 utnyttjar endast data som man normalt erhåller från värmemätaren, d v s värmelast och volymflöde, för att detektera fel. Metoden bygger på ett förväntat linjärt förhållande mellan värmelast och volymflöde och jämför detta med vissa dimensioneringskriterier.

I metod 2 sker analysen med hjälp av *mätvärden i timupplösning*. Analysen bygger på att man studerar nyckeltal eller grafiska presentationer vid olika lastsituationer. Dels sker studierna vid olika utomhustemperaturer och dels vid olika tidpunkter under dygnet. Under projektets gång har metodiken utvecklats så att det grafiska arbetssättet uteslutande har använts. Metodens indata är värmelast och volymdata i timupplösning, samt utomhustemperatur och korresponderande klockslag.

Ett s k randvillkor som måste vara uppfyllt för båda metoderna gäller dimensionering av flödesmätaren. Om denna är överdimensionerad eller har för låg upplösning, försämras möjligheterna till att kunna fastställa eventuella fel.

Viktiga slutsatser metod 1:

- Metoden är enkel och baserad endast på debiteringsdata.
- Felaktigheter i FC bedöms upptäckas i ca 50-75% av fallen.
- Utvärderingsmetodens brister kan ofta hänföras till dålig/låg mätdataupplösning.
- Det är lättast att upptäcka låsta ventiler/trasiga ställdon.

Viktiga slutsatser metod 2:

- Möjligheten att specificera om det finns fel i tappvarmvatten- eller uppvärmningssystem är mycket god och upptäcks i minst 90% av fallen.
- Vi anser att det är fullt möjligt att bedöma funktionen i en godtycklig FC med metoden och felaktigheter kan beskrivas i detalj i ca 50% av fallen.
- En bra fungerande fjärrvärmecentral har ett karaktäristiskt och väldefinierat grafiskt utseende (eller kan beskrivas med givna nyckeltal vid olika last-situationer).
- Det är svårt att göra den fullständiga diagnosen med enbart indata från fjärrvärmesidan. Vill man ha en mer detaljerad beskrivning av status krävs mer indata från sekundärsidan också. Orsaken är att flera olika felfunktioner uppvisar ett likartat beteende på fjärrvärmeparametrarna temperatur och flöde.

Projektet kan sammanfattas på följande sätt: *Det förefaller som om de båda metoderna med gott resultat kan användas för att ur en stor datamängd sortera fram fjärrvärmecentraler med felfunktioner. För att ställa den exakta diagnosen krävs dock ofta mer information i form av mätdata även från fjärrvärmecentralens sekundära sida.*

Nyckelord: Fjärrvärmecentral, felsökning, feltyper

Summary

Much effort has been spent in the last years for elaborating methods facilitating the way of identifying malfunctioning consumer substations in district heating networks.

The purpose of this project is to compare two different methods of analysing measurement data for identifying malfunctions in consumer substations. One aim is to increase the knowledge of the applicability of each method in order to see, which method is most suitable under given conditions. Another aim is to define the boundary conditions that must be fulfilled in order to apply the respective method.

The working principle of the project was that at the start of the project the status of the consumer substation and its eventual malfunction was completely unknown to us. Hence, the challenge was to diagnose eventual malfunctions only by means of the data analysis.

Method 1 uses only data for diagnosis that normally can be received by the heat meter, i.e. supplied energy and volume flow rate. The method is based on the expected linear relationship between heating power and volume flow rate and compares this with certain dimensioning criteria.

Method 2 uses hourly measurement data. The analysis is based on key values and/or graphical presentations of different load situations. The analysis comprises data at different day times and at different outdoor temperatures. The method evolved under the project towards solely using graphical presentations for analysis. Input data are hourly values of heat load, volume flow rate and outdoor temperature (together with time information).

One necessary boundary condition for both methods is the rating of the flow meter. If the meter is oversized or if its resolution is too low, the diagnostic performance will be impaired or even made impossible.

Important conclusions method 1:

- Simple method based on accounting data.
- Malfunctions in consumer substations can be detected in 50-75% of all cases.
- Diagnostic insufficiencies can often be ascribed to low resolution of measurement data.
- The most common malfunction to be detected are blocked valves or broken transmitters.

Important conclusions method 2:

- We judge that it is possible to diagnose a given consumer substation for
- malfunction (yes or no) and the type of malfunction can be described in 50% of all cases.
- In 90 % of all cases, it is possible to specify whether the malfunction
- belongs to the heating or the tap water system.
- A well functioning consumer substation has a well-defined and characteristic graphical profile (or can be described with given key-numbers at different load situations).
- It is difficult to make a complete diagnosis solely based on measurement data from the district heating side. In order to perform a more detailed status diagnosis, measurement data from the secondary side are also necessary. The reason is that some type of malfunctions result in the same behaviour of the parameters flow rate and temperature.

The project can be summarised as following:

It seems that both methods with good result can be used for sorting out malfunctioning consumer substations from a large amount of district heating measurement data. In general, however, in order to make an exact diagnosis, additional measurement information from the secondary system side must be available.

Keywords:

District heating consumer substation; diagnostic of consumer substations; type of malfunction.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

SUMMARY

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Problembeskrivning	7
1.3	Defintioner	8
1.4	Syfte och mål	10
2	BESKRIVNING	11
2.1	Beräkningsmetodik/Analysmetoder	11
2.1.1	Metod 1	12
2.1.2	Metod 2	16
2.2	Orter i projektet	19
2.2.1	Nyköping	19
2.2.2	Gävle	19
3	ANALYS OCH RESULTAT	20
3.1	Analys och resultat av mätdata från Nyköping	20
3.1.1	FC309	21
3.1.2	FC29	23
3.1.3	FC94	24
3.1.4	FC312	26
3.2	Analys och resultat av mätdata från Gävle	27
3.2.1	FC1249	27
3.2.2	FC1258	28
3.2.3	FC1259	30
3.2.4	FC1260	31
4	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	33
	REFERENSFÖRTECKNING	35

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

En modern fjärrvärmecentral (FC) består av värmeväxlare, reglerkomponenter, mätutrustning och cirkulationspumpar mm. I de flesta fall är en korrekt dimensionerad och installerad FC en robust anläggning med få felfunktioner. Dock så innehåller ju FC ett flertal komponenter som kan orsaka problem av olika slag. Dessa komponentproblem kan leda till förhöjd energiåtgång, dålig avkylning eller försämrad komfort. Orsaken till problemen kan vara att komponenterna har tillverkningsfel, är feldimensionerade (eller har blivit feldimensionerade p g a ändrade driftförhållanden i distributionsnätet), felaktigt injusterade eller bara naturligt slitna.

Större felaktigheter i en fjärrvärmecentral som orsakar t ex värmeavbrott eller läckage, upptäcks normalt relativt omgående av fastighetsägare och boende. Då det gäller att upptäcka felaktigheter som däremot inte är helt uppenbara, är detta både tidskrävande i form av mantid och kostsamt.

Parallellt med ambitionen att upptäcka fel i fjärrvärmecentraler så löper ofta projekt eller aktiviteter som syftar till att sänka temperaturnivån i fjärrvärmenätet generellt eller att förbättra distributionsförutsättningarna. Orsaken till dessa aktiviteter är att värdet av en temperatursänkning i fjärrvärmenät vanligtvis är betydande, ofta mer än 100 kkr/°C per år.

Då det gäller förbättrade förutsättningar i distributionsnätet är det istället mer angeläget att minimera effektpendlingar eller överdrivna flödesbehov. I merparten av dessa projekt är det helt avgörande att insatserna läggs på att upptäcka de FC som har störst orsak till höjande temperaturnivåer och att åtgärda dessa. Det finns därför ett stort värde i att ta fram metoder som underlättar detta detektionsarbete.

1.2 Problembeskrivning

Omfattande analysarbeten har de senaste åren genomförts i syfte att snabbt och systematiskt kunna finna fjärrvärmecentraler med bristfällig funktion i ett distributionsnät. Flera projekt som genomförts och som pågår har också vidareutvecklats och sammanställt tidigare kända erfarenheter till allt mer praktiskt tillämpbara arbetssätt.

Kan man ytterligare effektivisera sina arbetssätt genom att analysera mätdata och utifrån dessa fastställa feltyper finns möjligheter till tidsbesparingar. Eventuellt kan det också leda till mindre behov av besök på plats i kundanläggningarna, s k funktionskontroller.

1.3 Definitioner

Det finns flera sätt att kategorisera vilka feltyper som kan förekomma i en FC. Fel kan uppstå redan under installationen eller vid byte av någon komponent i centralen. Fel kan även uppstå efter hand i centralen på grund av slitage och ålder. Fel kan vidare bero på att man ställt in olämpliga värden i reglercentralen eller att omgivande system är så utformade eller inställda så att funktionen hos fjärrvärmecentralen försämras. Feltyperna kan således påverka både komfort och avkylning. En del fel leder också till ökad energiåtgång.

I tabellerna nedan presenteras feltyperna efter indelning med beteckning och felorsak samt om feltypen påverkar komforten eller avkylningen negativt. Felen kategoriseras efter följande indelning:

- R, Feltyper som hänförs till radiatorkretsen (eller ventilationskretsen)
- T, Feltyper som hänförs till tappvarmvattenkretsen
- K, Feltyper som hänförs till ingående komponenter
- O, Feltyper som hänförs till omgivande system

Tabell 1: Möjliga feltyper i radiatorkrets.

Table 1: Possible types of faults in the space heating circuit.

Nr	Feltyp	Påverkar komfort	Påverkar kylning
R1	Styrventil SV1 låst/handställd	Ja, oftast	Ja, oftast
R2	Styrventil SV1 ej tät	Nej	Ja
R3	Försmutsning av radiatorväxlare	Nej, normalt inte	Ja
R4	Värmeväxlare medströmskopplad	Nej, normalt inte	Ja
R5	Cirkulationspump ej i drift	Ja	Nej, inte om SV1 stänger
R6	Felaktigt flöde (feldim. pump, shuntning el. defekt varvvalsregl.)	Beror på högt/lågt flöde	Beror på högt/lågt flöde
R7	Felaktigt vald reglerkurva	Ja	Ja, om kurva för högt ställd
R8	Shuntgruppens reglerkurva < primärsystemets reglerkurva	Nej	Ja
R9	Utetemperaturgivare GT _{ute} defekt eller felplacerad	Ja	Ja, oftast
R10	Givare GT1 defekt eller felplacerad	Ja	Ja, oftast
R11	Expansionskärl tomt / läckande värmesystem	Ja	Nej, normalt inte
R12	Ojämn flödesfördeln. mellan parallellkoppl. värmeväxlare	Nej	Ja, oftast
R13	Korta termiska längder på radiator eller ventilationsbatteri	Ja, oftast	Ja
R14	Radiatortermoventiler saknas eller är defekta	Ja	Ja, oftast
R15	Kont. oregrerade radiatorflöden, ev. med kortslutningar	Ja, oftast	Ja
R16	Dåligt injusterat radiatorsystem	Ja	Ja
R17	Återshuntande blandningsventiler i radiatorkretsar	Nej	Ja

Feltyper kan även gälla ventilationskretsen, men betecknas då V1, V2 osv.

RC1 = Reglerutrustning värme med ventil SV1, temperaturgivare GT1 och GT_{ute}

RC2 = Reglerutrustning varmvatten med ventil SV2 och temperaturgivare GT2

RC3 = Reglerutrustn. blandning av varmvatten med ventil SV3 och givare GT3

VVC1 = Del av vvc-flöde som ansluts till inlopp på eftervärmaren

VVC2 = Del av vvc-flöde som ansluts till blandningsventilens (om den förekommer) utlopp eller dess kalla port.

Tabell 2: Möjliga feltyper i tappvarmvattenkrets.

Table 2: Possible types of faults in the domestic hotwater circuit

Nr	Feltyp	Påverkar komfort	Påverkar kylning
----	--------	------------------	------------------

T1	Styrventil SV2 låst/handställd	Ja, oftast	Ja, oftast
T2	Styrventil SV2 ej tät	Nej	Ja
T3	Försmutsning av tappvarmvattenväxlare	Nej, normalt inte	Ja
T4	Värmeväxlare medströmskopplad	Nej, normalt inte	Ja
T5	Kombination snabb värmeväxlare/långsamt ställdon	Ja, oftast	Ja, oftast
T6	VVC-pump ej i drift	Ja	Nej, inte om SV2 stänger
T7	Felaktigt börvärde i RC2	Ja, oftast	Ja, om det är för högt ställt
T8	Dåligt inställda reglerparametrar i RC2	Ja, oftast	Nej, normalt inte
T9	Börvärde RC2>börvärde RC3	Nej	Ja
T10	SV2 sekvenskopplad med SV3	Nej, normalt inte	Ja, oftast
T11	Givare GT2 defekt eller placerad långt från VVX-utlopp	Ja	Ja
T12	Kort termisk längd på varmvattenberedare	Ja, oftast	Ja
T13	VVC-flöde felaktigt shuntat	Nej	Ja
T14	Backflöde genom vvc2-ledningen	Ja, oftast	Ja
T15	Styrventil SV3 låst i något läge	Beror på reglering av SV2	Beror på reglering av SV2
T16	Styrventil SV3 ej tät	Ja, oftast	Ja
T17	Givare GT3 defekt eller felplacerad	Ja, oftast	Ja, oftast
T18	VVC saknas, vilket ger dålig reglering vid låga TVV-uttag	Ja	Ja
T19	Felaktigt vvc-flöde	Ja, om för lågt	Ja, om för högt
T20	Sekundär TVV-beredning med sekundär vvc	Nej	Ja

Tabell 3: Möjliga feltyper p.g.a. komponenter.

Table 3: Possible types of faults because of components

Nr	Feltyp	Påverkar komfort	Påverkar kylning
K1	Felaktig värmeväxlare, tillverkningsfel etc	Nej, normalt inte	Ja, oftast
K2	Felaktig regulator, tillverkningsfel etc	Ja	Ja, oftast
K3	Regulator ej i drift, trasig säkring, elöverslag etc	Ja	Ja, oftast
K4	Felaktig ventil/ställdon, tillverkningsfel etc	Ja	Ja, oftast
K5	Felaktigt dimensionerad ventil	Ja	Ja, oftast
K6	Igensatt filter primärt	Ja	Nej
K7	Igensatt filter sekundärt	Ja	Nej, normalt inte
K8	Felaktigt dimensionerad flödesmätare	Nej, normalt inte	Ja, om ventilauktoritet påv
K9	Felaktig funktion på värmemätare (integr.verk, givare)	Nej	Nej
K10	Felaktig funktion på sekvenskopplade ventiler	Ja, oftast	Ja

Tabell 4: Möjliga feltyper p.g.a. omgivningsförutsättningar.

Table 4: Possible types of faults because of the surrounding conditions.

Nr	Feltyp	Påverkar komfort	Påverkar kylning
O1	Låg inkommande fjärrvärmetemperatur	Ja, om den är för låg	Ja
O2	Sekundär användning av värmepump eller värmeåtervinning av sekundära returflöden (Behöver ej vara ett fel med avseende på resurshushållning, men det kan vara en orsak till högre temperatur i fjärrvärmesystem).	Nej	Ja

1.4 Syfte och mål

Avsikten med detta projekt är att *jämföra två olika analys- och arbetsmetoder* för att utifrån givna mätdata kunna fastställa fel i FC. Dels för att öka kunskapen om metodernas tillämpbarhet och var respektive arbetssätt passar bättre respektive mindre bra. Dels för att finna vilka randvillkor som bör vara uppfyllda för metodernas tillämpbarhet.

Vid många energiföretag råder ett intensivt arbetstempo och ofta förekommer det brist på resurser i form av mantid för att avsätta tid till denna typ av analysarbete. Vi tror därför också att intresset och motivationen för FC-analyser kan öka i samband med genomförandet av ett projekt av denna typ.

Vårt mål är att i första hand kunna sätta någon typ av kvalitetsstämpel på arbetssätten och metoderna, men även att föra ut arbetssätten vid de medverkande energiföretagen.

Projektets referensgrupp har bestått av:

Toni Andreasson, Göteborg Energi

Christer Forslund, Gävle Energi

Gunnar Nilsson, Göteborg Energi

Lars Göran Olsson, Fortum Värme (Stockholm)

Patrik Selinder, Vattenfall (Nyköping)

2 BESKRIVNING

Vi har i projektet avsett att arbeta med mätdata från olika energiföretag (och av de inledningsvis tillfrågade företagen har samtliga ställt sig positiva till medverkan, bl a från Luleå, Nyköping, Göteborg och Gävle). Vi har också ansett att det varit angeläget att sprida ut deltagandet över hela landet.

I projektupplägget hade vi ursprungligen satt upp följande krav och önskemål på indata:

Mätdata ska vara från 3-5 fjärrvärmecentraler vid 5-6 olika energiföretag, dvs totalt 20-30 olika FC. Vi har i projektet enbart valt att arbeta med flerfamiljsbostäder. De aktuella företagen väljer själva ut sina objekt och levererar sedan mätdata i form av timmedelvärden för volym [m^3] och energi [MWh]. I de fall andra parametervärden registrerats (t ex utomhustemperatur, primära temperaturer eller sekundära framledningstemperaturer) så kan även dessa ingå i levererade mätdata.

Vi har i arbetet haft önskemål om att analysperioden skall omfatta en så fullständig lastperiod som möjligt, även om vi varit medvetna om de praktiska svårigheterna. Det är ju kanske inte rimligt att förvänta sig att det finns mätdata sparade från FC med något fel som man låtit kvarstå under alltför långa perioder. Alla tidsperioder är dock av intresse och det har även visat sig bli aktuellt med separat loggning i valda FC under projektets gång.

Avsikten med hela projektet är att vi i inför analysarbetet är helt obekanta med respektive FC och vad den eventuellt kan innehålla för felfunktioner. Uppgiften är att med enbart analysarbetets hjälp kunna fastställa fjärrvärmecentralens eventuella felfunktion. Energiföretagen väljer lämpligen ut en avvägd mängd "väl fungerande" fjärrvärmecentraler och ett antal med troliga eller kända fel, dock inte alltför uppenbara felaktigheter. Det finns dessutom möjlighet att medvetet preparera fjärrvärmecentraler med felaktigheter under mätperiodens gång.

2.1 Beräkningsmetodik / Analysmetoder

I stora fjärrvärmenät med flera hundra- eller tusentals FC behövs enkla och generella metoder för feldetektering som är billiga att använda och som kan reducera kontroll-, mättnings- och utvärderingstider.

2.1.1 Metod 1

Metod 1 är utvecklad som ett doktorandarbete av Bernt Svensson, inom ramen för forskningsprojekt "Mätnoggrannhet i fjärrvärmesystem" under ledning av Professor Jerker Delsing vid Luleå Tekniska Universitet. (Forskningsprojektet har finansierats av Svenska Fjärrvärmeföreningen och NUTEK). Denna metod utnyttjar endast data som man normalt erhåller från värmemätaren, d v s värmelast och volymflöde, för att detektera fel [Ref. 2 & 8.]. Metoden bygger på ett förväntat linjärt förhållande mellan värmelast och volymflöde och jämför detta med vissa dimensioneringskriterier.

Den normala principen vid värmemängdsmätning är att då en viss vattenvolym passerat flödesmätaren (dV [m^3]) så mäts fram- och returtemperaturen, och elektronikenheten eller det s k integreringsverket beräknar temperaturdifferensen (dT [K]), den temperaturberoende värmekoefficienten (k [$kJ/m^3, K$]) samt energiförbrukningen (dQ [kJ]). Detta ger följande energiekvation:

$$dQ = k \cdot dT \cdot dV$$

Om man antar att värmelasten i ett fjärrvärmenät i huvudsak bestäms av utomhus-temperaturen, så gäller att vid högre utomhustemperaturer varierar volymflödet medan returtemperaturen är relativt konstant. Då utomhustemperaturen sjunker under den så kallade brytpunkten, ökas framledningstemperaturen och därmed blir även temperaturdifferensen en varierande parameter. Genom att använda mätdata för värmelast och volymflöde under en längre period och bilda en regressionslinje mellan dessa två parametrar, så blir regressionslinjens ekvation:

$$dQ = a + b \cdot dV$$

En regressionslinje är en linje dragen genom en datamängd som beskriver ett förhållande mellan två olika variabler, i vårt fall värmelast och volymflöde. Regressionslinjen beräknas med s k "Minsta kvadratmetoden", så att skillnaden mellan datapunkter och regressionslinje minimeras. Korrelationskoefficienten (r) kan därefter räknas fram och utgör ett mått på hur väl regressionslinjen och det verkliga förhållandet mellan variablerna överensstämmer. Vid perfekt överensstämmelse blir koefficienten ett (1) eller minus ett (-1) beroende på linjens lutning och när variablerna helt saknar koppling till varandra blir koefficienten noll (0).

Om man t ex antar att temperaturdifferensens variation är en störkälla i vår problemställning, så kan vi jämföra regressionslinjens ekvation med energiekvationen. Då finner vi att b -konstanten [kJ/m^3] kan jämföras med produkten av värmekoefficienten och temperaturdifferensen och att a -konstanten [kJ] således är en avvikelse från energiekvationen. Denna parameters avvikelse från noll kan då betraktas som en störning från ett förväntat förhållande mellan värmelast och volymflöde. Korrelationskoefficienten r kommer därför att vara ett mått på hur väl data följer den räta linjens ekvation. Kombinationer av ekvationerna ovan ger:

$$dT = (1+a')*b'$$

där

$$a' = a / (b*dV)$$

$$b' = b / k$$

Vi kan därmed påstå att konstanten

$$b = k*dT$$

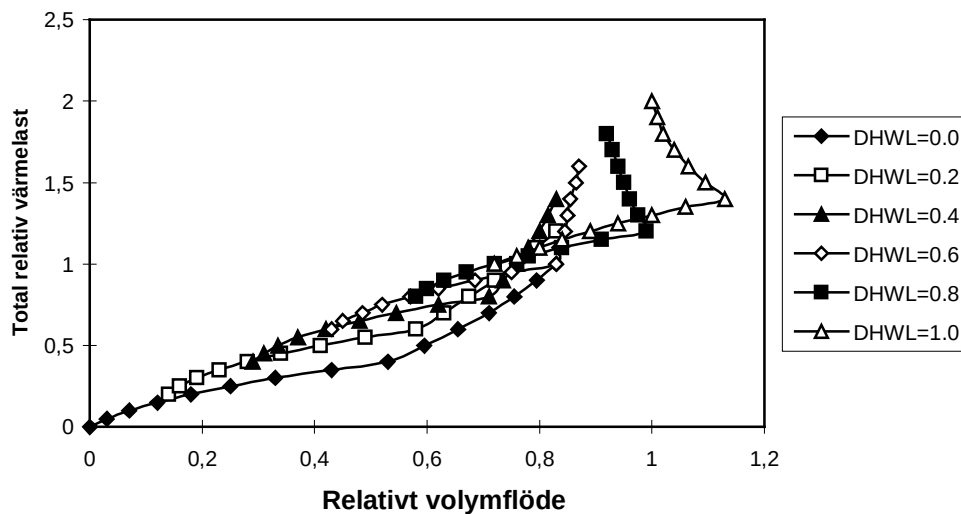
i de fall då avvikelsen (konstanten a) är försumbar. Förhållandet a' blir ett dimensionlöst, relativt mått på denna avvikelse, så att FC med olika värmelast och volymflöde kan jämföras med en och samma parameter.

En parameter som signifikant kommer att påverka regressionslinjen är tappvarmvattenlasten. Då denna ökar relativt radiatorlasten, kommer brytpunkten för det linjära förhållandet mellan värmelast och flöde att förändras och vid riktigt höga varmvattenlaster och höga radiatorlaster så kan t o m flödet minska. Detta beror på att ökad framledningstemperatur och förbättrad avkylning av returvattnet från radiatorn i förvärmaren (vid fler-stegskoppling) ger större temperatur-differens vid större tappvarmvattenlaster.

Dessutom så kan anläggningen arbeta med nattsänkning och med olika varianter av reglering, t ex flödes- eller returtemperaturbegränsning. Reglermetoden påverkar lastmönstret genom att ändra det förväntade värmelast-/volymflöde-förhållandet.

Tappvarmvattenlasten förstör också dessvärre det linjära beteendet som antagits ovan. I tvåstegs- och trestegskopplade FC används värme från radiatorsystemet delvis till att värma varmvatten, och därför kommer en viss mängd fjärrvärmevatten vid en viss bestämd temperatur att överföra mer total energi till sekundärsidan. Så länge som tappvarmvattenlasten är relativt låg i förhållande till radiatorlasten, så störs dock inte det linjära förhållandet mellan värmelast och flödeshastighet. För en korrekt fungerande FC kommer mätdata därför att indikera ett tillstånd som är nära det som beskrivs i figur 1 nedan.

**Total relativ värmelast (THL) s f a relativa volymflödet med relativa varmvattenlasten (DHWL) som parameter.
(Radiatorlasten = THL - DHWL)**



Figur 1: Teoretiskt beräknad statisk driftskaraktistik för en 2-stegskopplad FC med den totala värmelasten (radiatorlast och varmvattenlast) s f a volymflödet med varmvattenlasten som parameter. Parametrarna är dimensionslösa och relativa, så att då volymflödet har värdet =1, så är radiatorlast och varmvattenlast =1. Modifierad figur från [Ref. 5].

Figure 1: Theoretically calculated static operation characterisation for a 2-stage coupled district heating substation showing total heat load (space heating load and hot water load) against primary flow with the hot water load as a parameter. The parameters are dimensionless and relative, so that flow rate is one when space heating load and hot water load are one. Modified from [Ref. 5].

Parametern a' är ett relativt mått på avvikelserna från systemets dimensionering och den ska vara liten i förhållande till ett (1), p g a att då värmelasten är noll ska också volymflödet vara noll.

b' ger ett mått på fjärrvärmecentralens avkylning, och den beräknas ur regressionslinjen. Parametern jämförs med verklig eller uppmätt temperaturdifferens.

Regressionskoefficienten r används som ett spridningsmått. Denna parameter behövs för att kontrollera att inhämtade data inte avviker orimligt mycket från det förväntade teoretiska förhållandet, även då avvikelserna är liten och den beräknade avkylningen är hög. Detta kan inträffa när t ex en styrventil är så överdimensionerad att den arbetar med en "on-off" reglering.

En fjärde parameter krävs för att bestämma om det finns avvikelser i värmemätardata. Denna parameter, V' , definieras som förhållandet mellan uppmätt volymflöde och dimensionerande maxflöde:

$$V' = \Delta \bar{V} / V_{\max, \text{design}}$$

Om denna parameter är klart över ett, så finns det troligen mätfel och data bör elimineras från vidare användning. En enstaka mycket hög felaktig flödessignal, som t ex kan vara orsakad av ett tillfälligt elektriskt fel, kommer att ge ett mycket högt volymflöde och värmelast vid just denna mätpunkt. En sådan felmätning är tillräcklig för att förstöra den linjära regressionsanalysen..

Den femte parametern beskriver beräkningarnas kvalitet. Denna parameter, d , definieras som förhållandet mellan upplösningen på mätdata av volymflöde och det aktuella uppmätta volymflödet. Detta förhållande kan även användas på värmelasten. Parametern ger ett värde på mätdatas upplösning och ur det erhålls en uppskattning på noggrannheten för de övriga fyra parametrarna. Parametern ska vara så liten som möjligt, helst väl under 1/20, för att inte upplösningen på mätdata ska påverka beräkningen av de övriga parametrarna.

Dessa fem parametrar kan användas för att indikera det allmänna tillståndet i FC, och de kan också definieras som kriterier enligt:

* Funktionskriterium	- a' -	avvikelse från dimensionering.
* Avkylningskriterium	- b' -	beräknad temperaturdifferens.
* Spridningskriterium	- r -	spridningskontroll av mätdata.
* Maxflödeskriterium	- V' -	avvikelsekontroll av mätdata.
* Upplösningskriterium	- d -	kvalitetskontroll av mätdata.

Således används de tre senare parametrarna för att bestämma kvaliteten på insamlade mätdata, och dessa tre bestämmer om det går att förlita sig på beräkningar av funktions- och avkylningskriterie. Då en viss andel av rapporterade fel härstammar från värmemätaren, så är det ett problem att bestämma om felaktigheterna beror på värmemätaren eller om de beror på felaktigheter i övriga FC'n. Större värmemätarfel kommer att upptäckas av mätdatakontrollen, men vid mindre mätfel kan övriga parametrar påverkas och därmed ge felaktig information.

Felsökningsmetoden kan vara mer eller mindre opålitlig när t ex varmvattenlasten är hög relativt radiatorlasten, nattsänkning tillämpas eller då radiatorlasten är mycket liten. Denna opålitlighet gör att man måste studera olika integrationstider under kortare och längre perioder för att minska inflytandet av mindre, slumpmässiga störningar och för att öka upplösningen i mätdata. Dessutom kan data uppdelas under delar av dygnet och året så att man kan studera beteendet för anläggningens olika delar. På sommaren används i princip ingen radiatorlast och då motsvarar mätdata endast varmvattenförbrukningen. Under uppvärmnings-säsongens nätter finns oftast mycket liten varmvattenlast och då motsvarar mätdata endast radiatorlasten. De erhållna parametrarna kommer då att beskriva respektive värmeväxlares prestanda.

Parametrarna kan studeras på ett antal olika sätt. En procedur är att först studera dygnsmedelvärden som en grovsortering. Dessa kommer att jämma ut den relativt slumpmässiga varmvattenlasten som stör det linjära förhållandet i detekteringsmodellen.

För en väl fungerande FC ska de fem parametrarnas värde vara:

* Funktionskriterium (a')	$\ll 1,0$
-------------------------------	-----------

* Avkylningskriterium (b')	nära uppmätt/verklig temperaturdifferens
* Spridningskriterium (r)	nära 1,0
* Maxflödeskriterium (V')	< 1,0
* Upplösningsskriterium (d)	< 0,05

Nästa steg är att studera de parametrar som ligger utanför gränserna som specificerades ovan. Timvärde kan användas för att inringa den potentiella felkällan, men upplösningen på data är ibland inte tillräcklig. Därför måste upplösningsskriteriet (d) studeras först.

Det sista steget är att undersöka om parametrar som indikerar fel kan förklaras med orsaker som gör feldetekteringsmetoden opålitlig. Detta kan som tidigare nämnts vara t ex FC med mycket hög varmvattenlast eller olika typer av flödes- eller temperaturbegränsning. Om ingen sådan förklaring finns är sannolikheten för felaktigheter i FC stor och den bör kontrolleras med ett besök på plats.

2.1.2 Metod 2

Metoden (utvecklad av Håkan Walletun) bygger på ett arbetssätt i flera steg som tidigare beskrivits i "Effektivisering av fjärrvärmecentraler" [Ref. 3]. Man kan i korthet säga att analysen sker i två steg:

- Det första steget innebär en genomgång av alla fjärrvärmecentraler som avses att kontrolleras (ett komplett fjärrvärmenät eller ett delområde). Vanligtvis är man mest intresserad av att finna de FC som har störst orsak till en förhöjd returtemperatur i det aktuella området. Vi brukar välja att beräkna s k överkonsumtionslistor, oftast baserade på *månadsvärden* av energi och volym. Utifrån dessa finner man alla FC som har grova fel, men även FC med enklare fel kan sorteras fram.
- I nästa steg sker detaljanalysen på enskilda fjärrvärmecentraler som lyfts fram i överkonsumtionslistorna. Oftast sker denna analys med hjälp av *mätvärden i timupplösning*. Analysen bygger på att man studerar nyckeltal eller grafiska presentationer vid olika lastsituationer. Nyckeltalen är t ex avkylning, temperaturverkningsgrad, flöde etc. Dels sker studierna vid olika utomhustemperaturer och dels vid olika tidpunkter under dygnet. Under projektets gång har metodiken utvecklats, varför vi nu i rapporteringsskedet genomgående har valt att använda det grafiska arbetssättet. Metoden att sammanställa och presentera större mängder mätvärden grafisk är beskriven i "Felidentifiering i FC med 'Flygfoton' – Förstudie" [Ref. 7].

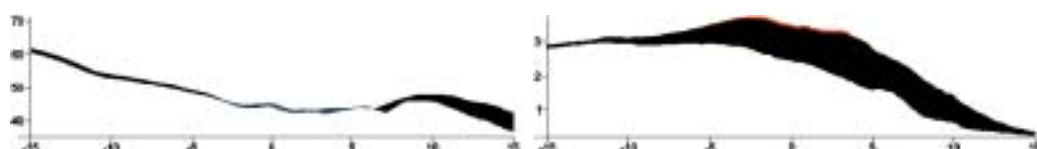
Det bör påpekas att vi i detta projekt redan har fått data från utvalda FC, varför det första steget i metoden överhuvudtaget inte behöver tillämpas.

Metodens indata: Värmelast och volymdata i timupplösning, samt utomhustemperatur och korresponderande klockslag.

Som verktyg används kalkylprogrammet MS Excel för databearbetning och grafikprogrammet Surfer för statistikbearbetningar och för att göra 3D- och ytpresentationer.

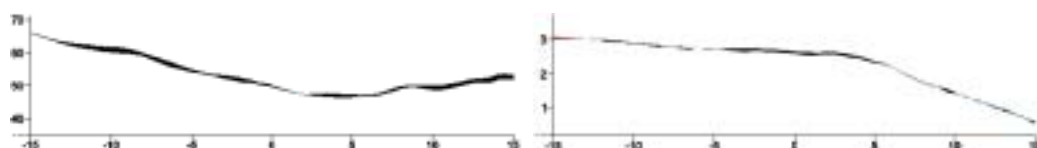
Nedan visas tillvägagångssättet genom att redovisa funktionen i en bra fungerande fjärrvärmecentral (referensanläggning) i ett vanligt svenskt fjärrvärmenät. Det är en 2-stegs Kopplad FC som betjänar en flerfamiljsfastighet med ca 70 lägenheter. Det bör noteras att värmesystemet är inställt med aktiv nattsänka.

För studien av denna referens-FC vid olika utomhustemperatur [°C på x-axeln] har vi valt klockslagen 04.00-05.00 och 16.00-17.00:



Avkylning [°C] klockan 04.00-05.00

Flöde [m³/h] klockan 04.00-05.00



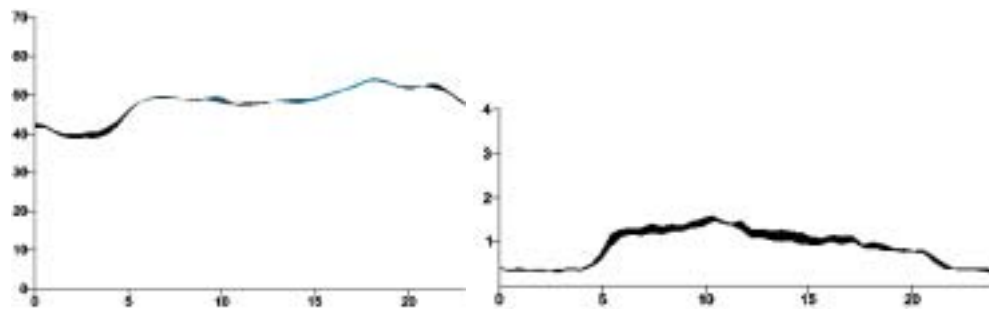
Avkylning [°C] klockan 16.00-17.00

Flöde [m³/h] klockan 16.00-17.00

Avkylningskurvorna är karaktäristiskt ”bananformade”, med undantag för utomhustemperatur över +10°C mellan 04.00-05.00. Litet värmeuttag och endast VVC-laddning medför då försämrade avkylning, men flödet är mycket lågt. Avkylningskurvorna är också ca 5°C förbättrade under dagtid då tappvarmvattenuttag sker.

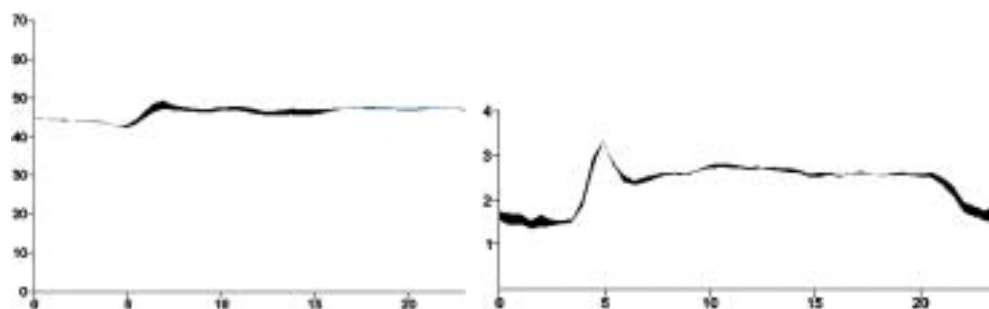
Flödeskurvorna är också karaktäristiska, samtidigt som de ligger långt under anläggningens maximalt möjliga flödesuttag som är drygt 7 m³/h. Flödesvariationen vid klockan 04.00-05.00 förorsakas främst av att nattsänkningen av värmekurvan övergår till dagdrift.

För studien av FC vid olika tidpunkter [tid i timmar på x-axeln] har vi valt utomhustemperaturerna (+12-13°C), (+2-3°C) samt (-8-9°C):



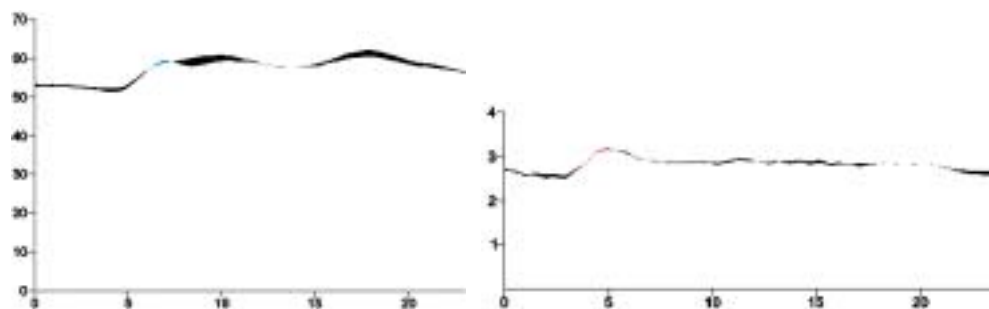
Avkylning [°C] vid utetemp. 12-13°C

Flöde [m³/h] vid utetemp. 12-13°C



Avkylning [°C] vid utetemp. 2-3°C

Flöde [m³/h] vid utetemp. 2-3°C



Avkylning [°C] vid utetemp. -8-9°C

Flöde [m³/h] vid utetemp. -8-9°C

Avkylningskurvorna är karaktäristiska med "toppar" för morgon- och kvällsuttag av tappvarmvatten, samt en stegförändring då nattsänkningen av värmekurvan övergår till dagdrift.

Flödeskurvorna är också karaktäristiska, samtidigt som de ligger långt under anläggningens maximalt möjliga flödesuttag som är drygt 7 m³/h. En tydlig flödesvariation noteras på morgonen vid +2-3°C, då nattsänkan påverkar och kanske även tappvarmvattenuttag medför en rejäl flödesökning.

2.2 Orter i projektet

Under projektets gång har avsevärd tid lagts på att skaffa fram nödvändiga data att analysera. Listan på orter med kontaktade energiföretag består bl a av

- Gävle
- Göteborg
- Helsingborg
- Luleå
- Nyköping

Kraven och förutsättningarna som skapat svårigheter är att rapportförfattarna inte ska ha kännedom om olika feltyper, d v s alla FC och deras eventuella fel ska vara obekanta. Vidare så ska det finnas mätdata som uppfyller de ställda kraven på upplösning och varaktighet.

Detta har lett till att det slutliga urvalet endast består av 4 st FC i Gävle som loggats under projektets gång och med införda fel. Vidare har data från 4 st FC i Nyköping kunnat användas. I dessa har felen varit kända och sedan avhjälpats, men mätdata har funnits sparade för längre perioder.

2.2.1 Nyköping

Fjärrvärmecentralerna som studerats har varit anslutna till Vattenfall AB:s fjärrvärmenät i Nyköping. Nätet har en längd på ca 75 km och har ca 800 FC och ca 20 villor som är primäranslutna (2001).

En speciell förutsättning i Nyköping är att ca 450 FC är anslutna med DUC (Exomatic) i ett större datainsamlingssystem, vilket ger tillgång till även historiska mätdata.

2.2.2 Gävle

Fjärrvärmecentralerna som studerats har varit anslutna till Gävle Energis fjärrvärmenät. Gävle Energi AB förser större delen av Gävles 68 000 invånare med värme och tappvarmvatten. Nätet har en längd på ca 185 km och har ca 1150 större FC och ca 850 villor (2001).

En speciell förutsättning i Gävle är att fjärrvärmecentralerna som är anslutna till distributionsnätet ägs och sköts av energileverantören Gävle Energi. Det vanligaste i Sverige är annars att FC tillhör fastigheten och ägs av kunden.

3 ANALYS OCH RESULTAT

Det bestämdes inom projektgruppen att loggning av data skulle ske på timbasis (medelvärden) och innehålla:

Datum ; Klockslag ; Energi ; Volym ; Tfram ; Tretur ;

Om data fanns tillgängligt på sekundära temperaturer kan även dessa bifogas, men de är egentligen inte nödvändiga för analysen av felorsaker.

Ett övrigt krav var att datafilerna skall kunna läsas i MS Excel utan att något extra konverteringsarbete krävs.

I redovisningen för respektive FC finns följande rubriker:

- Analys 1 = Analys enligt metod 1 utan kännedom om verkligt fel
- Analys 2 = Analys enligt metod 2 utan kännedom om verkligt fel
- Svar = Beskrivning av verkligt fel
- Kommentar = Övrigt information

För samtliga FC redovisas en tabell med respektive parametervärden i metod 1.

Att notera: För FC309 i Nyköping har vi valt att redovisa samtliga analysdiagram i metod 2, men för övriga fjärrvärmecentraler (7 st) är endast de kompakta grafiska diagrammen tillämpade. I samtliga dessa diagram representerar:

- *x-axeln* tid på dygnet [timmar]
- *y-axeln* utomhustemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

3.1 Analys och resultat av mätdata från Nyköping

Fyra fjärrvärmecentraler har valts av Vattenfall AB för analys, FC29, FC94, FC309 och FC312. Mätvärden har samlats in under perioden november 2000 till och med februari 2001. Totalt omfattar mätperioden drygt 2500 timmar med timvärden av medeleffekt och medelflöde, samt utomhustemperatur.

För FC94 och FC309 har felen kvarstått under längre tid, varför dessa två anläggningar även har studerats för mer än 7000 timmar (november 2000 till och med oktober 2001).

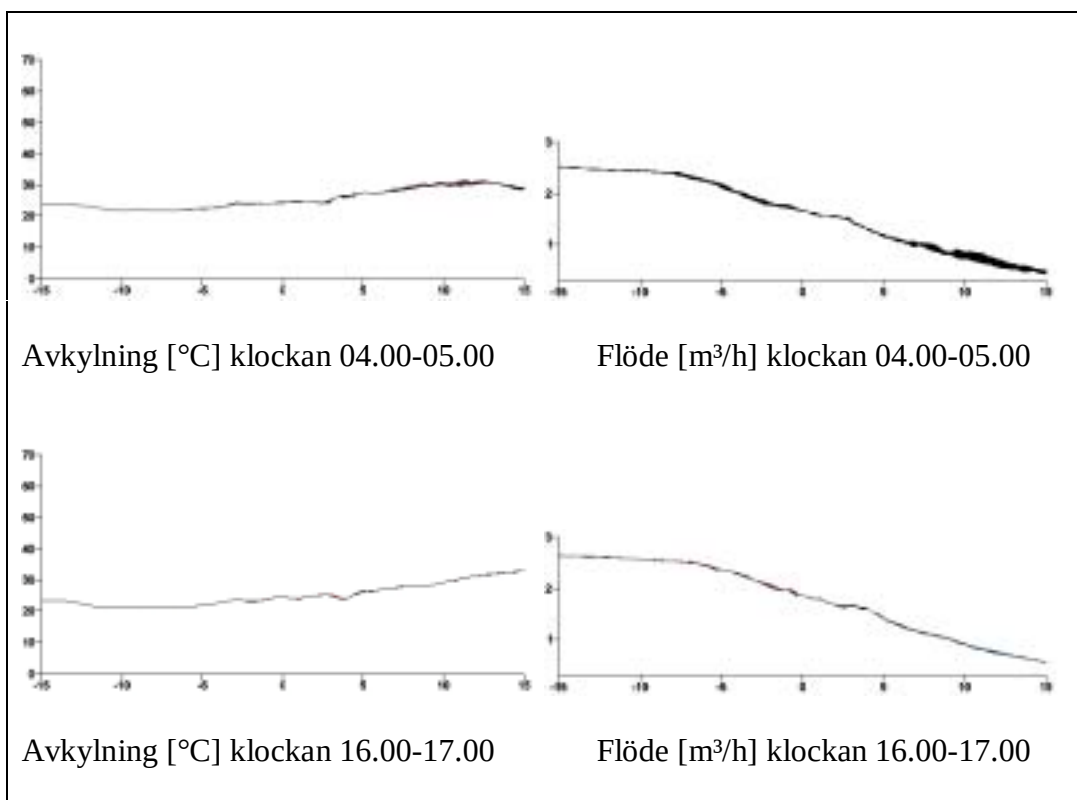
3.1.1 FC309

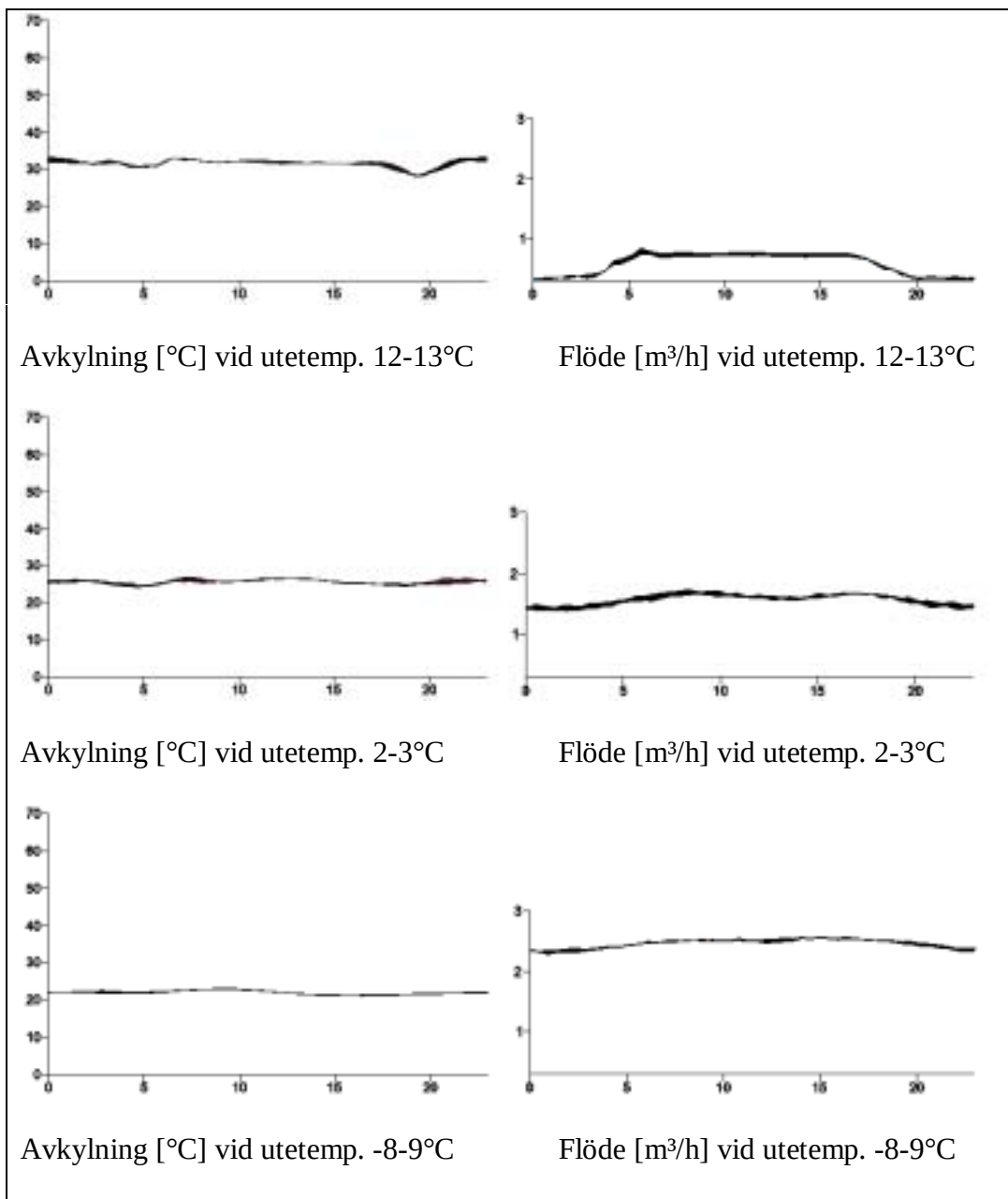
Analys 1: Parameter b' tyder på dålig avkylning. Det syns ingen skillnad på dygn och natt, vilket innebär att det troligen är radiatordelen som är orsak till dålig avkylning.

Åtgärdsförslag: Radiatorsidans funktion bör kontrolleras.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V,max	Godkänd
d	< 0,025	Godkänd
r (dygn)	0,92 - 0,96	Godkänd
r (natt)	0,88 - 0,89	Godkänd
a' (dygn)	0,45 - 0,53	Ngt hög
a' (natt)	0,44 - 0,73	Ngt hög
b' (dygn)	16 - 17	Låg
b' (natt)	15 - 16	Låg

Analys 2: Det framgår ur flödesbilderna nedan att tappvarmvattenregleringen är aktiv under dygnet och fungerar. Avkylning blir också bättre ju högre utomhustemperaturen är, d v s att problemen finns med stor sannolikhet i värmesystemet. Vi tror att felet är en alldeles för högt inställd värmekurva, t ex i form av kraftig börvärdesförskjutning. Eventuellt kan det också vara i kombination med en smutsig VVX. (*Fel R7 eventuellt i kombination med fel R3.*)

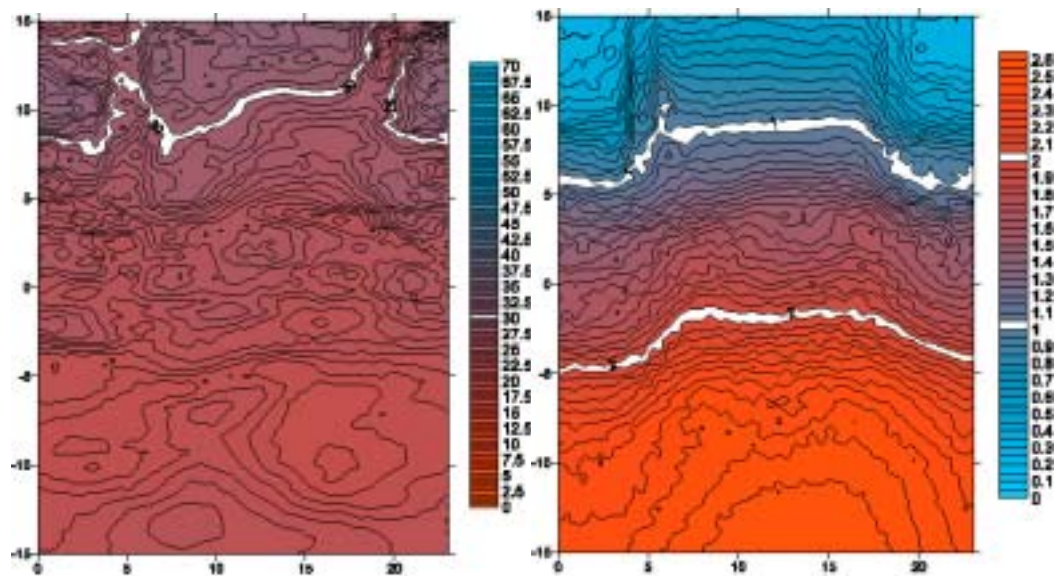




Svar: En anläggning med smutsig tub-VVX för värme (*Fel R3*).

Kommentar: Båda metoderna var nära det rätta svaret.

I figur 3.1 nedan visas den grafiska presentationen av mätdata från FC309.



Figur 3.1: Avkylning [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC309 vid olika lastfall.

Figure 3.1: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC309 presented at various heat load situations.

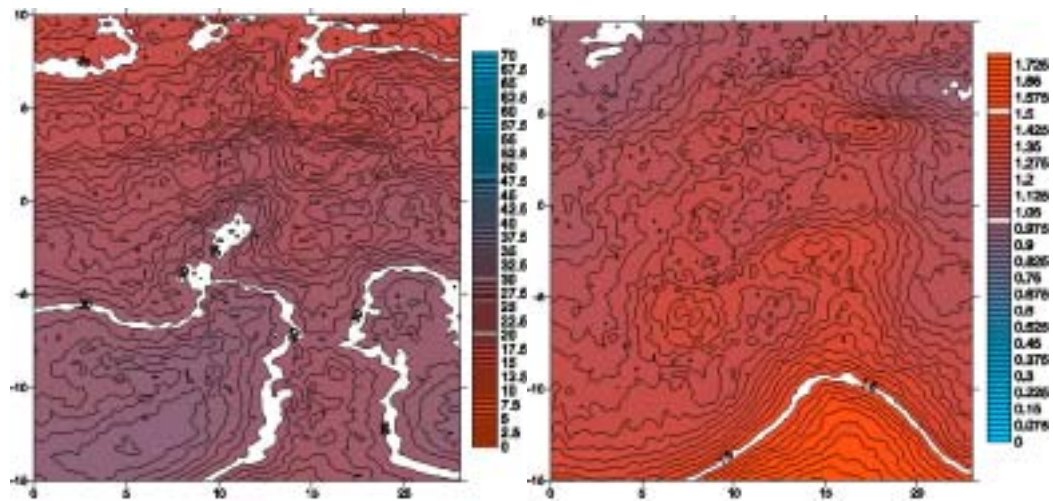
3.1.2 FC29

Analys 1: Parameter b' tyder på dålig avkylning. Då parameter r varierar och samtidigt är låg i kombination med dålig avkylning kan problem kopplas till en styrventil som är överdimensionerad eller som hängt sig i ett läge.

Åtgärdsförslag: Kontrollera styrventilerna.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V,max	Godkänd
d	< 0,005	Godkänd
r (dygn)	0,40 - 0,72	Låg
r (natt)	0,36 - 0,66	Låg
a' (dygn)	0,27 - 0,63	Ngt hög
a' (natt)	0,45 - 0,95	Ngt hög
b' (dygn)	14 - 22	Låg
b' (natt)	11 - 19	Låg

Analys 2: Det förekommer ingen synbar tappvarmvattenreglering, då denna brukar avspglas som tydliga förändringar i både flöde och avkylning. Det är faktiskt ingen större flödesvariation heller, utan hela tiden ett tämligen jämt flöde oavsett utomhustemperatur eller tidpunkt på dygnet. Endast en svag flödesökning kan skönjas dagtid. Eftersom ställdonen inte förefaller fungera tror vi på ett elektriskt fel eller en defekt reglercentral (Fel K3).



Figur 3.2: Avkylning [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC29 vid olika lastfall.

Figure 3.2: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC29 presented at various heat load situations.

Svar: En Samson-ventil har installerats som en mindre rundgång parallellt med fjärrvärmecentralen. Samson-ventilen är hela tiden öppen och bidrar till ett kortslutningsflöde som registreras av flödesmätaren. Flödet genom Samson-ventilen döljer de övriga flödesvariationerna och bidrar också till att eventuella avkylningsvariationer under dygnet blir väldigt små.

Kommentar: Felet är mer av typen olämplig kopplingsprincip eller konstruktionsmiss. Felet kan dock klassas som ett generellt reglerfel, vilket leder till ett onödigt flödesbehov. Att det var ett reglerfel inblandat antydde i båda analyserna.

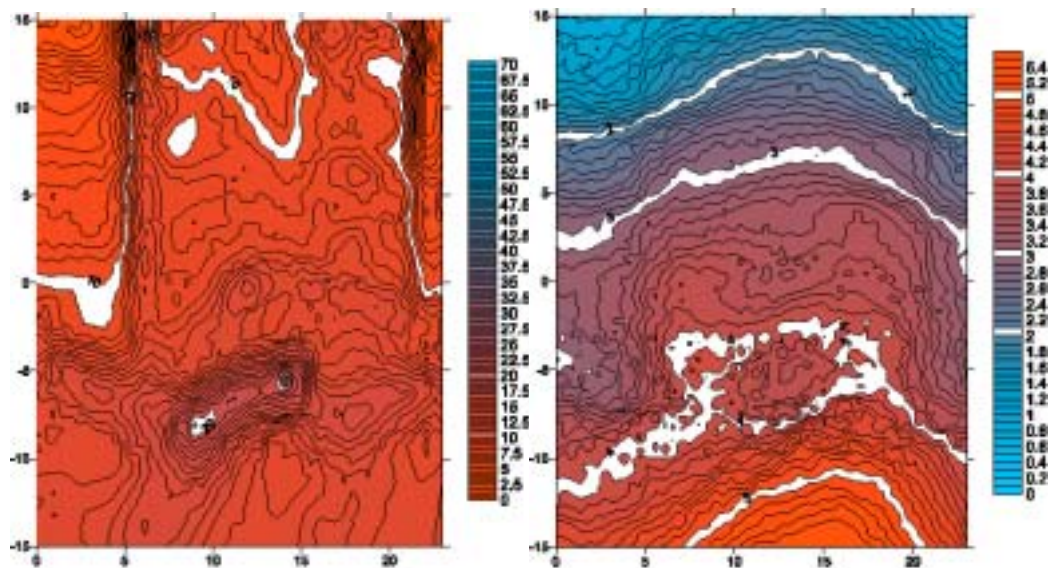
3.1.3 FC94

Analys 1: Denna FC har relativt goda resultat i parameteranalysen. Det som tyder på problem är den dåliga avkylningen och den något låga regressionskoefficienten. Denna kombination leder oftast till problem med någon av styrventilerna, men det går inte att ringa in vilken. Parametervärdena har samma tendens som för FC29 tidigare, men denna FC fungerar något bättre.

Åtgärdsförslag: Kontrollera styrventilerna.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V _{max}	Godkänd
d	< 0,01	Godkänd
r (dygn)	0,61 - 0,88	Ngt låg
r (natt)	0,61 - 0,78	Ngt låg
a' (dygn)	(-0,29) - 0,24	Godkänd
a' (natt)	(-0,17) - (-0,33)	Godkänd
b' (dygn)	9 - 17	Låg
b' (natt)	11 - 16	Låg

Analys 2: Det finns ingen riktigt fungerande tappvarmvattenreglering. Bilden visar ett obegripligt och inkonsekvent flödesbeteende (det är ovanligt att flödesmax. inträffar ca klockan 15) samt dålig avkylning. Däremot förefaller det utifrån avkylningsbeteendet som om nattsänka används, vilket då innebär att regleringen av värme fungerar. Vi tror att felet är ett trasigt ställdon och att ventilens öppningsgrad ändras med differenstrycksvariationerna i nätet (*Fel K4*).



Figur 3.3: Avkylning [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC94 vid olika lastfall.

Figure 3.3: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC94 presented at various heat load situations.

Svar: En Samson-ventil har även här installerats parallellt med fjärrvärme-centralen. I denna anläggning styr ventilen effekten till ett torkrum, vilket kan förklara de märkliga flödesvariationerna.

Kommentar: Vi anser att denna inkoppling ligger utanför vad som borde godkännas av värmeleverantören. Avkylningsökningen som kan noteras klockan 7-15 och då Tute är -5 till -10°C baseras på fjärrvärmecentralens beteende vid två dagar under julhelgen 2000. Sannolikt så beror förändringen på ett extra stort tappvarmvattenbehov som sammanfaller vid samma tidpunkt.

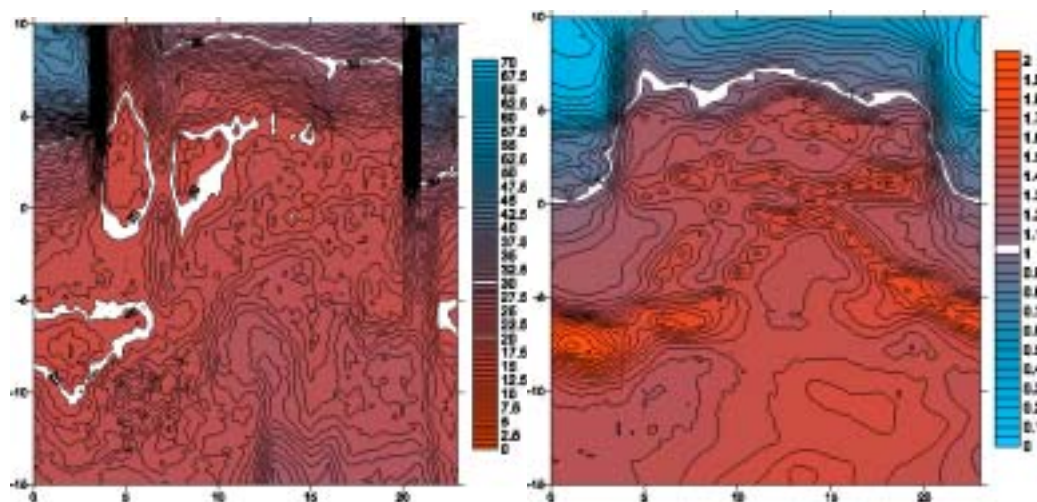
3.1.4 FC312

Analys 1: Dålig avkylning och mycket varierande parametrar. Detta kan orsakas av att olika styrkurvor används vid regleringen.

Åtgärdsförslag: Kontrollera reglerutrustningen.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V _{max}	Godkänd
d	< 0,04	Godkänd
r (dygn)	0,44 - 0,96	Varierande
r (natt)	0,70 - 0,96	Godkänd
a' (dygn)	0,65 - 3,88	Mkt hög
a' (natt)	0,66 - 2,37	Mkt hög
b' (dygn)	4 - 15	Låg
b' (natt)	6 - 14	Låg

Analys 2: Det är helt klart att regleringen av värme fungerar eftersom nattsänkan går i på kvällen och ur på morgonen. Utifrån flödesvariationerna under dagen förefaller även regleringen av tappvarmvatten fungera. Den dåliga avkylningen, som är uppenbar hela tiden utom under natten vid nattsänka, tyder på problem med värmeväxlaren eller värmesystemet. Vi tror att felet är en extremt smutsig VVX (Fel R3).



Figur 3.4: Avkylning [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC312 vid olika lastfall.

Figure 3.4: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC312 presented at various heat load situations.

Svar: En mycket smutsig tub-värmeväxlare (som även ledde till bristande komfort eftersom de boende hade kallt i sina lägenheter) (Fel R3). Troligen finns det flera olika inställningar på värmekurvor under mätperioden vilket leder till ”otydligt” utseende i framförallt flödesbilden.

Kommentar: Analys 2 var rätt. Även Analys 1 är nära rätt svar med ”olika styrkurvor inblandade”.

3.2 Analys och resultat av mätdata från Gävle

Fyra fjärrvärmecentraler har valts av Gävle Energi AB för analys, FC1249, FC1258, FC1259 och FC1260. Mätvärden har samlats in under tre veckor i februari 2001. Totalt omfattar mätperioden drygt 500 timmar med timvärden av medeleffekt och medelflöde, samt fram- och returtemperatur och utomhus-temperatur. Att mätperioden är förhållandevis kort beror på att felen simulerades under mätperioden i fjärrvärmecentraler som egentligen inte har några fel.

För samtliga FC från Gävle är mängden mätdata mindre än för Nyköping och därför anges inte något spann vid parameteranalysen i analys 1, utan endast det värde som erhållits vid analysen.

3.2.1 FC1249

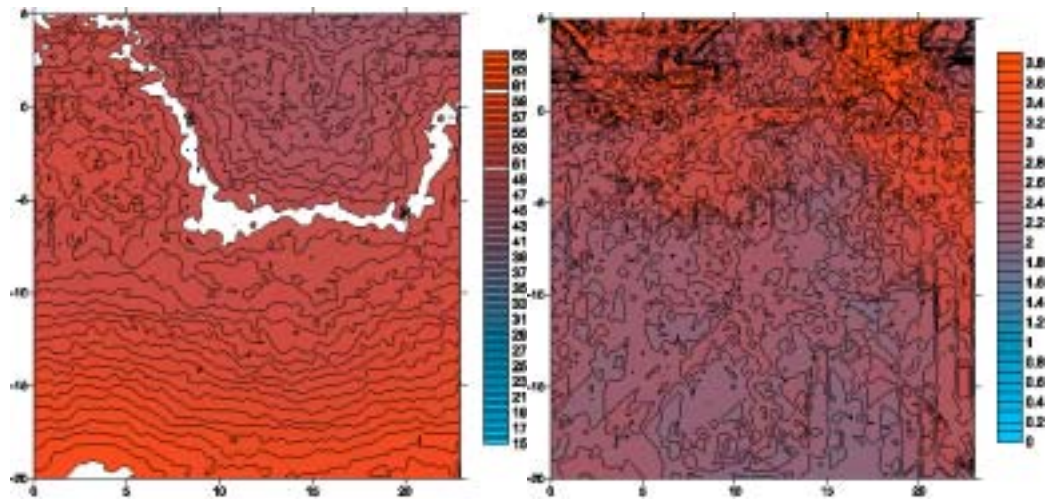
Analys 1: FC1249 har en ej godkänd parameter för upplösning i mätdata och därför kan inte metod 1 tillämpas. Om man trots detta gör en analys så ser man att parametrarna avviker mycket från förväntat beteende då hela dygnet studeras, men när endast nattdata används blir resultatet inte lika illa. Därför kan man anta att det troligen är något fel med styrventilen eller regleringen för tappvarmvatten eftersom varmvattenlasten troligen är mycket liten på natten.

Åtgärdsförslag: Kontrollera styrventil och reglerutrustning för tappvarmvatten.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V _{max}	Godkänd
d	< 1,0	EJ Godkänd
r (dygn)	0,27	Mkt låg
r (natt)	0,68	Ngt låg
a' (dygn)	4,66	Mkt hög
a' (natt)	0,82	Ngt hög
b' (dygn)	6	Mkt låg
b' (natt)	18	Låg

Analys 2: Det förekommer ingen synbar tappvarmvattenreglering, då denna brukar avspeglas som tydliga förändringar i både flöde och avkylning. Det är faktiskt ingen större flödesvariation heller, utan hela tiden ett tämligen jämt flöde oavsett utomhustemperatur eller tidpunkt på dygnet

Vi tror att felet är handställda styrventiler i öppet läge och/eller att reglercentralen är strömlös (*Fel R1 och T1 alternativt K3*).



Figur 3.5: Returtemperatur [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC1249 vid olika lastfall.

Figure 3.5: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC1249 presented at various heat load situations.

Svar: Simulerat fel på temperaturgivaren för reglering av tappvarmvatten. Felet innebär att styrventilen öppnar fullt (*Fel T11*).

Kommentar: Det bör noteras att styrventilen för värme arbetar och att det faktiskt framgår ur flödesbilden. Flödet är ca 3 m³/h vid Tute=0°C och ca 2 m³/h vid Tute är −10°C eller kallare. Om ventilen hade varit handställd så borde flödet ha varit mer likartat vid alla lastfall. Båda analyserna är nära det rätta svaret.

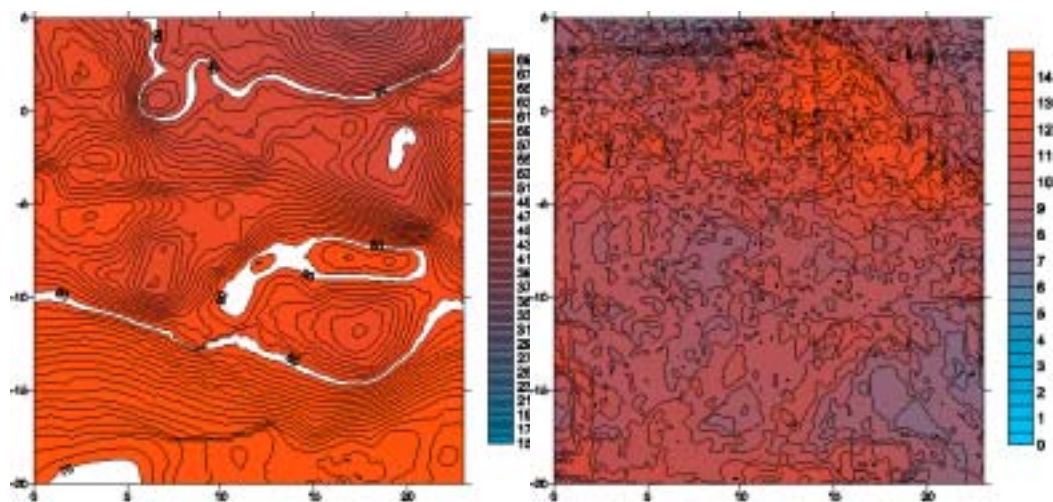
3.2.2 FC1258

Analys 1: FC1258 har en ej godkänd parameter för upplösning i mätdata och därför kan inte metod 1 tillämpas. Om en analys görs trots detta, så är i princip samtliga övriga parametrar godkända. Analysen visar därför inte på något allvarligt fel i fjärrvärmecentralen, men avkylningen är inte särskilt bra.

Åtgärdsförslag: Ingen åtgärd.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V,max	Godkänd
d	< 0,25	EJ Godkänd
r (dygn)	0,77	Ngt låg
r (natt)	0,93	Godkänd
a' (dygn)	0,10	Godkänd
a' (natt)	0,01	Godkänd
b' (dygn)	28	Godkänd
b' (natt)	28	Godkänd

Analys 2: Troligen fungerar tappvarmvattenregleringen med tanke på returtemperaturen vid $T_{ute}=+5^{\circ}\text{C}$. Det verkar inte förekomma någon nattsänka eftersom flödesvariationerna under dygnet är minimala. Det kan mycket väl vara en smutsig VVX för värme som leder till att man har höjt värmekurvan kraftigt. Det blir då en hög fjärrvärmeretur från denna VVX, vilket leder till att tappvarmvattnet i huvudsak produceras i endast förvärmaren. D v s att inga större flödesvariationer uppstår p g a tappvarmvattenbehov. (Fel R3 och R7).



Figur 3.6: Returtemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (vänster) och flöde [m^3/h] (höger) i FC1258 vid olika lastfall.

Figure 3.6: Cooling [$^{\circ}\text{C}$] (left) and flow [m^3/h] (right) in consumer station FC1258 presented at various heat load situations.

Svar: Först handställd styrventil för värme och sedan även fullt öppen handställd tappvarmvattenventil (Fel R1 och sedan även T1).

Kommentar: Båda analyserna är felaktiga. Det kan antas att det svårt att upptäcka flera fel som "går i varandra".

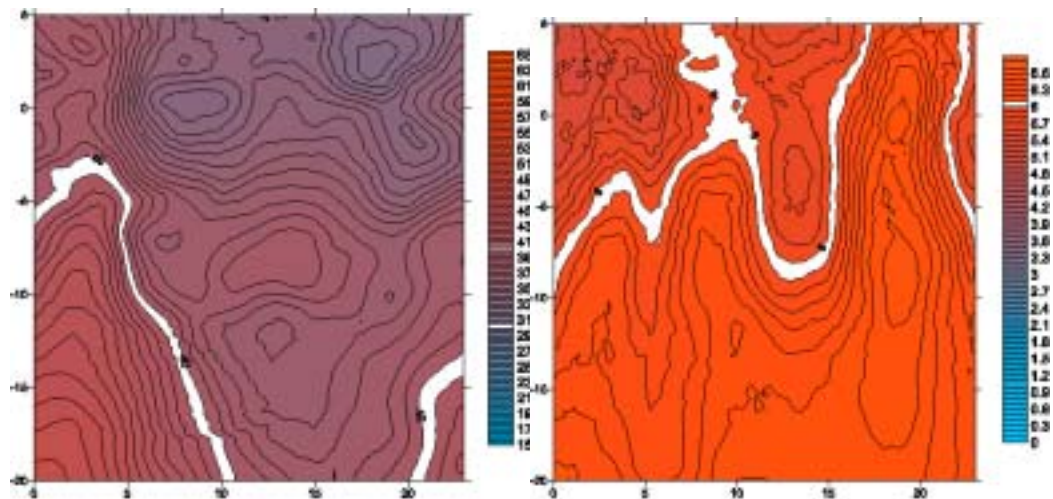
3.2.3 FC1259

Analys 1: FC1259 har en ej godkänd parameter för upplösning i mätdata och därför kan inte metod 1 tillämpas. Om en parameteranalys görs trots detta, så kan den låga regressionskoefficienten på natten eventuellt tyda på tillfälliga fel nattetid. Den mest troliga orsaken är dock dålig upplösning i flödesmätarens volympulser.

Åtgärdsförslag: Ingen åtgärd.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V,max	Godkänd
d	< 0,20	EJ Godkänd
r (dygn)	0,79	Ngt låg
r (natt)	0,47	Mkt låg
a' (dygn)	-0,72	Ngt låg
a' (natt)	0,37	Ngt hög
b' (dygn)	166	Mkt hög
b' (natt)	31	Godkänd

Analys 2: Det är *ingen större fel utan bra returtemperatur under 40°C* en stor del av tiden. Troligen en liten styrventil för tappvarmvatten eftersom flödesvariationerna är små under dygnet. Svårt att avgöra om styrventilen för värme arbetar. Det verkar inte förekomma någon nattsänka.



Figur 3.7: Returtemperatur [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC1259 vid olika lastfall.

Figure 3.7: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC1259 presented at various heat load situations.

Svar: Styrventilen för värme handställd (*Fel R1*). Således finns det ingen nattsänkning.

Kommentar: Uppenbarligen är flödet nästan korrekt (eller för lågt) genom styrventilen för värme, även om den är handställd, eftersom returtemperaturen är godtagbar. Det är således inget ”stort” fel att upptäcka, men ingen av analyserna är rätt.

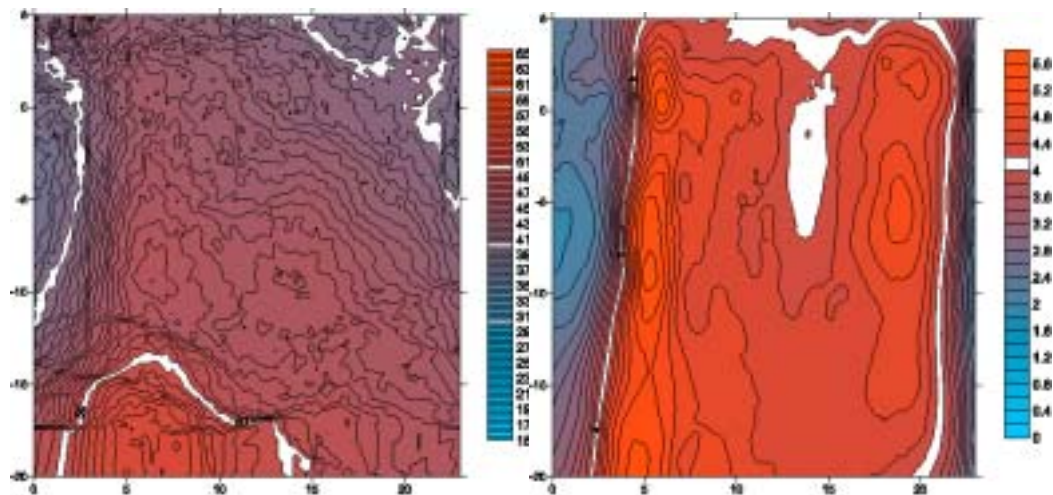
3.2.4 FC1260

Analys 1: FC1260 har en ej godkänd parameter för upplösning i mätdata och därför gäller inte metod 1. Om en analys görs trots detta, så ger i princip samtliga parametrar godkända värde och resultatet blir att det inte finns något allvarligt fel i fjärrvärmecentralen.

Åtgärdsförslag: Ingen åtgärd.

Parameter	Värde	Kommentar
V	< V _{max}	Godkänd
d	< 1,0	EJ Godkänd
r (dygn)	0,44	Mkt låg
r (natt)	0,84	Godkänd
a' (dygn)	-0,04	Godkänd
a' (natt)	0,04	Godkänd
b' (dygn)	43	Godkänd
b' (natt)	12-feb	Godkänd

Analys 2: Bilden visar tydligt på en kraftigt aktiv nattsänka. Returtemperaturen är bättre på natten än på dagen p g a nattsänkan. Problemen finns i tappvarmvattenkretsen. Att returtemperaturen är högre dagtid kan bero på en smutsig VVX för tappvarmvatten (*Fel T3*).



Figur 3.8: Returtemperatur [°C] (vänster) och flöde [m³/h] (höger) i FC1260 vid olika lastfall.

Figure 3.8: Cooling [°C] (left) and flow [m³/h] (right) in consumer station FC1260 presented at various heat load situations.

Svar: Simulering av reglercentral TA 230U vid ett strömavbrott samt att dess back-up-batteri är slut. Detta innebär att reglercentralen återgår till fabriksinställning och arbetar med 15°C nattsänkning samt 6°C morgonhöjning. (En variant av *fel R7*).

Kommentar: Ingen av analyserna är korrekt, men analys 2 har noterat "en kraftigt aktiv nattsänka".

4 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Mätdata från 8 olika fjärrvärmecentraler har studerats. För de 4 anläggningarna i Nyköping omfattar mätperioderna mer än 2500 timmar. För de 4 anläggningarna i Gävle omfattar mätperioden ca 500 timmar, d v s en knapp månad. En naturlig slutsats är det lättare att uttala sig om anläggningar med många drifttimmar redovisade över ett brett lastområde.

Parametrarna som ingår i modellen för metod 1 har visat sig känsliga för felaktigheter i värmemängdsmätaren. En annan faktor som spelar stor roll är att man fortfarande ofta använder flödesmätare med mycket låg puls-frekvens. Detta följer också delvis av att man tyvärr har överdimensionerade mätare installerade.

Sammantaget har detta bl a lett till att *upplösningskriteriet* d i metod 1 ej uppfyllts för mätningarna i Gävle. Det betyder i klartext att mätdatas upplösning har varit sådan att det påverkat beräkningen av de övriga parametrarna i metoden. Det hade t ex i de aktuella fallen varit lämpligare med mindre mätare eller mätare som har bättre upplösning [liter/puls].

Ur diskussionen i [Ref. 8] påtalas behovet av kortare samplingstider. Långa samplingstider kommer att jämna ut tappvarmvattenlasten, varför möjligheten till analys då begränsas. Detta gäller dock för båda analysmetoderna. Idag är entimmesvärden vanliga vid fjärravläsning. I vissa system finns möjligheten till kortare samplingstider, men dessvärre skapas då snabbt mycket stora data-mängder som lätt blir ohanterliga.

Av detta följer att man kanske ska skapa analysmetoder som arbetar i steg. Först görs en ”grov” analys utifrån t ex entimmesvärden där indikationer på problem lyfts fram. Därefter väljs tidsintervall som kan studeras med högre upplösning på mätdata, t ex 5- eller 15-minutersvärden.

Med analysmetod 2 kan man också tänka sig att analysera en FC (ungefär som vid bilbesiktningen) enligt följande:

- Leta efter grova komponentfel , d v s sök efter fel K1 – K10 i tabell 3. De flesta av dessa felen är statiska och bör kunna detekteras med timdata.
- Leta efter fel i värmesystemet, d v s sök efter fel R1 – R17 i tabell 1. Det är fel som har långsamma förlopp, varför data med en timmes upplösning är fullt tillräckligt.
- Leta efter fel i tappvarmvattensystemet, d v s sök efter fel T1 – T20 i tabell 2. Dessa har som tidigare nämnts, ofta snabba och kortvariga förlopp. För att kunna detektera dessa fel i detalj krävs data med avsevärt högre upplösning. En strategi är att studera mätvärden med minutupplösning mellan klockan 5-8 och klockan 17-20. Fel i tappvarmvattensystemet kan också med fördel sökas i anläggningar under hela sommarhalvåret.

Några **generella slutsatser** som kan dras i projektet är att

Analysmetod 1 ger ett mer eller mindre digitalt resultat, d v s felaktig eller godkänd fjärrvärmecentral.

Analysmetod 2 kräver mätdata från ett flertal lastsituationer för att det överhuvudtaget ska vara möjligt att fastställa en feltyp. Däremot krävs en betydligt kortare mätserie för att fastställa om det är en felaktig eller godkänd FC.

Ett s k randvillkor som måste vara uppfyllt för båda metoderna gäller dimensionering av flödesmätaren. Om denna är överdimensionerad eller har för låg upplösning, försämras möjligheterna till att kunna fastställa eventuella fel.

Vissa fel i tappvarmvattensystemet kräver bättre upplösning än timmedelvärden för att kunna bestämmas i detalj oavsett metod.

Fortfarande förefaller det som om de olika metoderna med gott resultat kan användas för att ur en stor datamängd sortera fram fjärrvärmecentraler med felfunktioner. För att med säkerhet kunna ställa den exakta diagnosen krävs dock mer information i form av mätdata även från fjärrvärmecentralens sekundära sida.

Slutsatser metod 1:

- Metoden är enkel och baserad endast på debiteringsdata.
- Felaktigheter i FC bedöms upptäckas i ca 50-75% av fallen.
- Det är svårt att exakt lokalisera felkällan.
- Utvärderingsmetodens brister kan oftast härröras till dålig/låg mätdataupplösning. D v s att det oftast är flödesmätaren som har för dålig upplösning eller är överdimensionerad.
- Det är lättast att upptäcka låsta ventiler/trasiga ställdon.

Slutsatser metod 2:

- Möjligheten att specificera om det finns fel i tappvarmvatten- eller uppvärmningssystem är mycket god och upptäcks i minst 90% av fallen.
- Vi anser att det är fullt möjligt att bedöma funktionen i en godtycklig FC med metoden och felaktigheter kan beskrivas i detalj i ca 50% av fallen.
- En bra fungerande fjärrvärmecentral har ett karaktäristiskt och väldefinierat grafiskt utseende (eller kan beskrivas med givna nyckeltal vid olika lastsituationer).
- Det är svårt att göra den fullständiga diagnosen med enbart indata från fjärrvärmesidan. Vill man ha en mer detaljerad beskrivning av status krävs mer indata från sekundärsidan också. Orsaken är att flera olika felfunktioner uppvisar ett likartat beteende på fjärrvärmeparametrarna temperatur och flöde.

REFERENSFÖRTECKNING

- 1 Fjärrvärmecentralen (Tekniska bestämmelser)
Fjärrvärmeföreningen
Stockholm, maj 2001.
- 2 SVENSSON, BERNT
In-situ test methods in district heating system. Applications to heat
meters and subscriber stations.
ISSN 0280-8242
Luleå Tekniska Universitet, Luleå 1996.
- 3 WALLETUN, HÅKAN
Effektivisering av fjärrvärmecentraler – Metodik, nyckeltal och
användning av driftövervakningssystem
FOU 1999:27
Svenska Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 1999.
- 4 WALLETUN, HÅKAN
Modell för ekonomisk värdering av förändrade temperaturnivåer i
fjärrvärmenät
ZW-99/08
ZW Energiteknik, Nyköping 2000.
- 5 FREDERIKSEN, SVEND och WERNER, SVEN
Fjärrvärme - Teknik, teori och funktion
ISBN 91-44-38011-9
Studentlitteratur, Stockholm 1993.
- 6 GUMMÉRUS, PETER och PETERSSON, STEFAN
Robust fjärrvärmecentral
ISBN 91-7-197-805-4
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1999.
- 7 SELINDER, PATRIK och WALLETUN, HÅKAN
Felidentifiering i FC med "Flygfoton" - Förstudie
FOU 2002:70
Svenska Fjärrvärmeföreningen, Stockholm 2002.
- 8 DELSING, JERKER och SVENSSON, BERNT
En ny metod för funktionsdiagnos och felsökning av
fjärrvärmecentraler utifrån värmemängdsdata.
ISSN 1402-1536
Luleå Tekniska Universitet, Luleå 2001.

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Svensk Fjärrvärmes Förlagsservice.

Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 – 24 90 10, www.fjarrvarme.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

Nr	Titel	Författare	Publicerad
41	Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar	Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos	dec-99
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 blästring 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 Sven-Erik Sällberg	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	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

Nr	Titel	Författare	Publicerad
63	Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör	Sture Andersson Nils Olsson	jan-02
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 rörnät – 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

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

Svenska Fjärrvärmeföreningens Service AB och Statens Energi-
myndighet bedriver forskningsprogram inom området fjärrvärme
hetvattenteknik och fjärrkyla.

SVENSKA FJÄRRVÄRMEFÖRENINGENS SERVICE AB

101 53 STOCKHOLM

Besöksadress: Olof Palmes Gata 31, 6 tr

Telefon 08 - 677 25 50, Telefax 08 - 677 25 55

Förlagsservice, beställning av trycksaker:

Telefon 026 - 24 90 24, Telefax 026 - 24 90 10