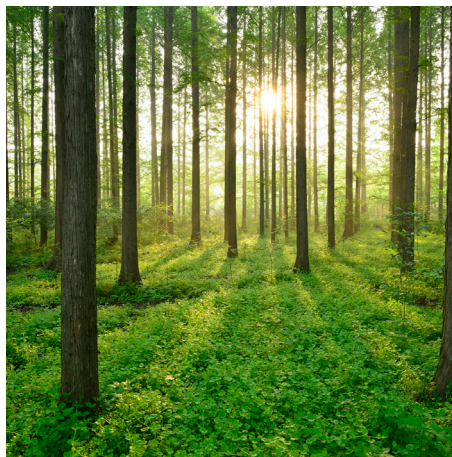
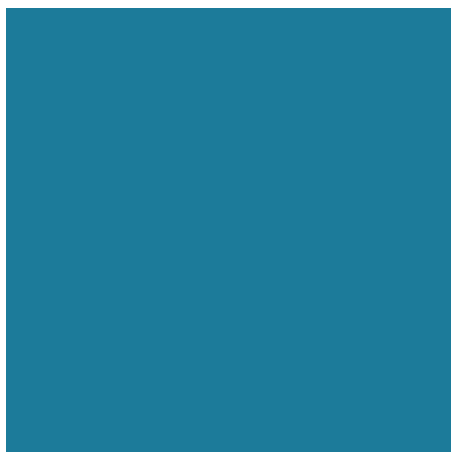


HANDBOK FÖR SÄNKTA FJÄRRVÄRMETEMPERATURER

RAPPORT 2024:1059



 FUTUREHEAT



Handbok för sänkta fjärrvärmemetemperaturer

CILLA DAHLBERG LARSSON

THOMAS NORDIN

ULRIKA SAGEBRAND

ISBN 978-91-89919-59-4 | © Energiforsk november 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Att sänka temperaturnivån i fjärrvärmenätet är en viktig del i anpassningen till framtidens värmekällor. Fjärrvärmens affärsidé är att ta vara på energiflöden som annars skulle gå förlorade. I takt med att konkurrensen om energiflöden i samhället ökar behövs fler lågvärdiga värmekällor i produktionsmixen. Ju lägre temperaturnivå det lokala fjärrvärmesystemet har desto enklare, och därmed mer lönsamt, blir det att inkludera dessa i värmeförsörjningen.

Denna rapport är i form av en handbok riktad till tekniska ledare inom fjärrvärme och fastighet. Handboken ger verktyg till att nå lägre systemtemperaturer i befintliga fjärrvärmesystem och dess anslutna byggnader, bland annat genom exempel på lyckade projekt från några olika fjärrvärmenät.

Handboken fokuserar på tillvägagångssätt för att sänka framledningstemperatur och returtemperatur i fjärrvärmesystemet; hur man identifierar kunder som riskerar försämrad leverans kvalitet vid en sänkning av framledningstemperaturen och hur problemen kan åtgärdas. Den ger råd i hur man vid till exempel utbyte av fjärrvärmecentraler eller dess komponenter bör tänka vid dimensionering så att man uppdaterar med komponenter som förbättrar anläggningens prestanda. Handboken är tänkt som ett stöd i samverkan mellan fjärrvärmebolag och fastighetsägare och inspirera till varför, vad och hur dessa kan samarbeta för att nå lägre systemtemperaturer.

Projektet att ta fram handboken har letts av Cilla Dahlberg Larsson, FVB. Projektet har haft en referensgrupp bestående av Harald Andersson, E.on, (sammanhållande); Magnus Ohlsson, Öresundskraft; Fredrik Udén, Luleå Energi; Johan Barenfeld, Mölndal Energi; Patrik Selinder, Vattenfall; Gustav Arnberg, Vattenfall; Leif Nordengren, Energiföretagen Sverige; Mikael Karlsson, Energiforsk. Projektet ingår i programmet FutureHeat vars långsiktiga mål är att bidra till visionen om ett hållbart uppvärmningssystem med framgångsrika företag som utnyttjar nya tekniska möjligheter och där de samhällsinvesteringar som gjorts i fjärrvärme- och fjärrkyla tas till vara på bästa sätt. Detta projekt ingår i programmets tredje etapp. Programmet leds av en styrgrupp bestående av Cecilia Bergquist (ordförande), Halmstad Energi och Miljö; Stefan Hjærtstam, Borås Energi och Miljö; Peter Mattsson, Södertörns Fjärrvärme; Svante Carlsson, Skellefteå Kraft; Stina Berg, Tekniska Verken i Linköping; Dado Hadziomerovic, Vattenfall; Fabian Levihn, Stockholm Exergi; Lisa Granström, Mälarenergi; Magnus Ohlsson, Öresundskraft; Magnus Revland, Finspångs Tekniska Verk; Harald Andersson, E.ON Energiinfrastruktur; Linda Östberg, Karlstads Energi; Ulf Lindqvist, Jämtkraft; Patrik Grönbeck, Norrenergi; Erik Axelsson Göteborg Energi

Mikael Karlsson, Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Temperaturnivåerna i svenska fjärrvärmesystem har inte förändrats nämnvärt de senaste 20 åren, förmodligen p.g.a. låga ekonomiska drivkrafterna för åtgärder mot lägre temperaturer. De senaste åren har dock förutsättningarna förändrats snabbt. De ekonomiska drivkrafterna för att sänka temperaturerna har bedömts öka upp till fem gånger i framtidens energisystem. För att nå dit måste branschen arbeta systematiskt och effektivt så att energisystemen anpassas till framtidens förutsättningar. Denna handbok visar hur detta arbete kan göras.

Handboken beskriver en metod för att effektivt och framgångsrikt sänka fjärrvärmesystemets temperaturer. Metodiken omfattar hur arbetet bör organiseras och drivas. Projektet inleds med en ekonomisk värdering av fördelarna sänkt temperatur (fram-/returledning eller båda). Med den ekonomiska nyttan som grund bestäms syfte och målsättning för arbetet. Sedan utformas en åtgärdsplan, följt av anpassade åtgärder i nät och hos kund. Arbetet dokumenteras löpande och resultatet utvärderas regelbundet.

Åtgärder för att sänka temperaturerna i fjärrvärmesystemet kan sammanfattas i tre huvuddelar:

- Identifiera och åtgärda fel i kundernas fjärrvärmecentraler och interna värmesystem
- Identifiera onödiga cirkulationsflöden i ledningsnätet och minimera dessa
- I befintliga fjärrvärmesystem -sänk framledningstemperaturen så mycket som möjligt för olika driftfall

Handboken presenterar även tre framgångsrika fallstudier, som inspiration när fjärrvärmesystemet ska anpassas till framtidens villkor. Dessa är:

- Luleå Energi, som kommit långt med att kraftigt sänka nätets framledningstemperatur. Målet är att behålla en stor andel restvärme i energimixen när SSAB ställer om sin produktion.
- Ulricehamns Energi, som fortlöpande följer upp fel i kundernas fjärrvärmecentraler och snabbt åtgärdar dessa, då låg returtemperatur utökar energiutbytet för restvärmen, som utgör huvudparten av fjärrvärmeförseln.
- Esbjerg i Danmark; DIN Forsyning har på kort tid kraftigt sänkt temperaturnivån i systemet för att uppnå god energieffektivitet i sina nyinstallerade havsvärmepumpar.

Nyckelord

Fjärrvärme, temperaturnivå, systemeffektivisering, cirkulationsflöde, flödesavgift, fjärrvärmecentral

Summary

Temperature levels in Swedish district heating systems have not significantly changed in the past 20 years, most likely due to low economic incentives for measures towards lower system temperatures. Conditions have, however, changed rapidly in recent years. For energy systems of tomorrow, financial driving forces for lower temperatures have been predicted to increase up to five times. To reach that point, it is vital for the energy sector to work systematically and efficiently to ensure that energy systems are adapted for the future. This guidebook describes how to carry out this task.

The guidebook demonstrates a way to effectively and successfully lower district heating temperatures. The methodology comprises recommendations on how to organize and lead this task. A system efficiency project begins with an economic assessment of the benefits from reduced temperatures (flow/return pipe or both). With a base in that economic potential, purpose and goals of the project are set. This leads to forming an action plan, followed by applicable measures in the district heating net and at the consumer. Project work is documented continuously, and results are evaluated on a regular basis.

Measures to lower temperatures in the district heating system can be summed up in three main parts:

- Identify and remedy faults in consumer substations and their internal heating systems
- Identify excessive circulation flows in the piping network and minimize these
- In existing district heating systems -lower the supply temperatures as much as possible for various operating conditions

The guidebook also presents three successful case studies, which can be used as inspiration in adapting the district heating system to the conditions of the future.

These are:

- Luleå Energi, who have come a long way in significantly lowering the supply temperature. The aim is to keep a large proportion of residual heat in the energy mix although the steel company SSAB, after production changes, no longer will provide as high temperatures.
- Ulricehamns Energi, who diligently detects every fault in consumer substations and quickly remedy them, as low return temperatures increase the output of residual heat that provides most of the supplied district heating.
- Esbjerg in Denmark; DIN Forsyning has in a short time greatly lowered the temperature level of the system in order to achieve good energy efficiency in their recently installed seawater heat pumps.

Innehåll

1	Bakgrund	12
1.1	Fjärrvärmens systemfunktion	13
1.2	Status temperaturnivåer	17
2	Problembeskrivning	21
2.1	Varför lyckas inte branschen med detta?	22
2.1.1	Resurs- och kompetensbrist vid företagen	22
2.1.2	Företagens organisation	23
2.1.3	Kundrelationer	23
2.2	Tekniska hinder för sänkta temperaturnivåer	23
2.2.1	Kunders värmesystem	23
2.2.2	Fjärrvärmecentraler	24
2.2.3	Fjärrvärmenät	24
2.2.4	Flödesavgifter – för- och nackdelar	24
2.3	Hur ska branschen lyckas med detta?	26
3	Erfarenheter från framgångsrika projekt	28
3.1	Luleå Energi	28
3.1.1	Bakgrund och huvudsakligt motiv till arbete med systemtemperaturerna	28
3.1.2	Ekonomi och personalresurser	28
3.1.3	Målsättningsarbete	29
3.1.4	Åtgärdsplan	30
3.1.5	Arbetsmetodik	31
3.1.6	Arbetsflöde och dokumentation	32
3.1.7	Åtgärder i distributionsnät	32
3.1.8	Uppföljning	33
3.2	Ulricehamns Energi	34
3.2.1	Bakgrund	34
3.2.2	Arbetsmetodik	35
3.2.3	Uppföljning	35
3.3	DIN Forsyning, Esbjerg	37
3.3.1	Bakgrund	37
3.3.2	Arbetsmetodik	38
4	Metodik för en framgångsrik temperatursänkning i nätet	40
5	Värdering av sänkt systemtemperatur	42
5.1	Beräkna kostnadsbesparing	44
5.1.1	Utgångsläge för analysen	44
5.1.2	Gör en lönsamhetskalkyl	44
5.2	Värdet i framtidens system	45
6	Syfte och målsättning för sänkning av temperaturnivåer	47

6.1	Identifiera huvudsyfte för att sänka temperaturerna	47
6.2	Sätt specifika mål	48
6.2.1	Tydliga, mätbara mål	48
6.2.2	Mål framledningstemperatur	49
6.2.3	Returtemperaturmål	49
6.2.4	Genomförbara mål	50
6.2.5	Flödesmål	50
7	Åtgärdsplan	52
7.1	Åtgärder anpassade till målsättning	52
7.2	Organisation	52
7.3	Analys av driftförhållanden	52
7.3.1	Analys av driftstatistik	53
7.4	Identifiera fjärrvärmecentraler med åtgärdsbehov	54
7.5	Kundkontakten	55
7.5.1	Inför kundbesöket	55
7.6	Löpande uppföljning	55
8	Sänkt returtemperatur	56
8.1	Förebyggande	56
8.2	Löpande	58
8.2.1	Identifiering och prioritering av kunder med dålig avkylning	58
8.2.2	Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde	59
8.2.3	Platsbesök/ funktionskontroller	60
8.2.4	Driftloggning/effektjäring	60
8.2.5	Lösamhetsberäkning för åtgärd av FVC	61
8.2.6	Kundkontakt	61
8.2.7	Dimensionering och genomförande av åtgärd	62
8.3	Flödesavgift	62
9	Sänkt framledningstemperatur	64
9.1	Körs nätet rätt?	65
9.2	Stresstest sänkt temperatur	65
9.3	Identifiera kunder med höga temperaturbehov	65
9.4	Åtgärder hos kunder med höga temperaturbehov	66
9.4.1	Börvärden	67
9.4.2	Kapacitetsbrist i värmeavgivande komponenter	67
9.4.3	Sekundärnät	69
9.4.4	Industrikunder	70
10	Flöde	72
10.1	Nätberäkningar	72
10.2	Cirkulationsflöden	74
10.2.1	Legitima cirkulationsflöden - rundgångar	75
10.2.2	Var hittar vi onödiga cirkulationsflöden?	76

10.2.3	Hur hittar vi cirkulationsflöden?	77
10.2.4	Inventering rundgångar	78
10.2.5	Flödesåtgärder i fjärrvärmecentralen	79
11	Felsökning i fjärrvärmecentralen	80
11.1	Funktionskontroll	80
11.1.1	Handledning/checklista till funktionskontroll	81
11.1.2	Notera temperaturer och tryck samt mätarställningar	82
11.1.3	Undersök och dokumentera systemets komponenter	83
11.1.4	Upptäcka och dokumentera fel i fjärrvärmecentralen	84
11.2	Fel som kan uppstå och hur man upptäcker dem	84
11.2.1	Värmeväxlare	85
11.2.2	Temperaturgivare	86
11.2.3	Reglerventiler och ställdon	86
11.2.4	Reglering	87
11.2.5	Pumpar	87
11.2.6	Primärkrets	87
11.2.7	Uppvärmningskrets, fjärrvärmecentral	89
11.2.8	Varmvattenkrets, fjärrvärmecentral	89
11.2.9	Sekundärsystem	91
11.2.10	Komponentfel utan direkt påverkan på avkylning i fjärrvärmecentralen	92
11.2.11	Fjärrvärmemätning	93
11.3	Dokumentera	94
11.4	Genomföra förbättringar	94
12	Uppföljning	95
12.1	Avkylningsåtgärder	95
12.1.1	Systematik	95
12.2	Cirkulationsflöden	95
13	Slutord	98
14	Referenslista	100
15	Bilagor	103

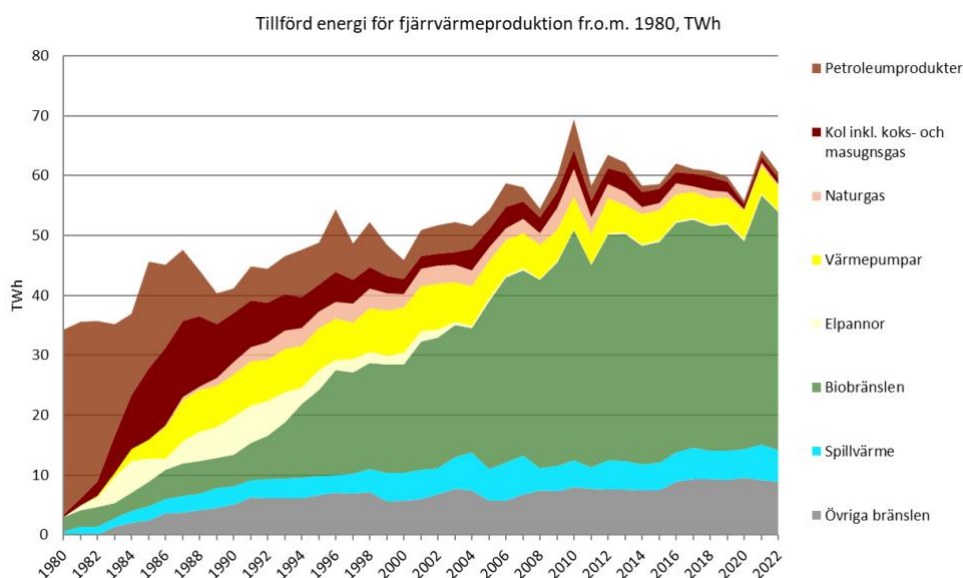
1 Bakgrund

Svenska fjärrvärmesystem har under lång tid förlitat sig på god tillgång på bibränslen från närbelägna skogar samt värme som produceras då avfall destrueras (Figur 1). Bränslet eldas i pannor med höga förbränningstemperaturer och därmed närmast obegränsad tillgång till höga temperaturer i fjärrvärmesystemen.

Dock ökar konkurrensen om skogens restflöden i takt med att fler sektorer vill ställa om från fossilt till förnybart. Träråvara kan till exempel användas till att producera biodrivmedel, biokol för ståltillverkning eller diverse kemiska produkter, inklusive plast.

En annan riskfaktor är att användning av biomassa riskerar försvåras eller begränsas politiskt. I EU pågår fortfarande en diskussion om klimatpåverkan i förbränning av biomassa, vilket innebär en generell osäkerhet kring användningen av biobränslen för energiändamål på lång sikt¹. Även avfallsförbränningen har ifrågasatts såväl politiskt som av kunder (t.ex. plastinnehållet), vilket kommer inverka på framtida värmeproduktion.

Detta gör att fler lågvärdiga värmekällor behövs i produktionsmixen. Att sänka temperaturnivån i fjärrvärmesystemet är en viktig del i anpassningen till framtidens värmekällor. Fjärrvärmens affärsidé är att ta vara på energiflöden som annars skulle gå förlorade. Ju lägre temperaturnivå det lokala fjärrvärmesystemet har desto enklare, och därmed mer lönsamt, blir det att inkludera dessa energiflöden i värmeförsörjningen.



Figur 1 Tillförd energi för fjärrvärmeproduktion 1980-2022, TWh². I diagrammet ingår biobränsleandelen i avfallet i "Biobränslen" och resterande andel utgör huvuddelen av "Övriga bränslen".

¹ Förslag till en fjärrvärme och kraftvärmestrategi - Slutleverans Förslag till en strategi för en långsiktig hållbar utveckling av fjärr- och kraftvärmesektorn Del 2 av 2, ER 2023:27

² Energiläget i siffror 2023, Energimyndigheten

Fossilfritt 2030

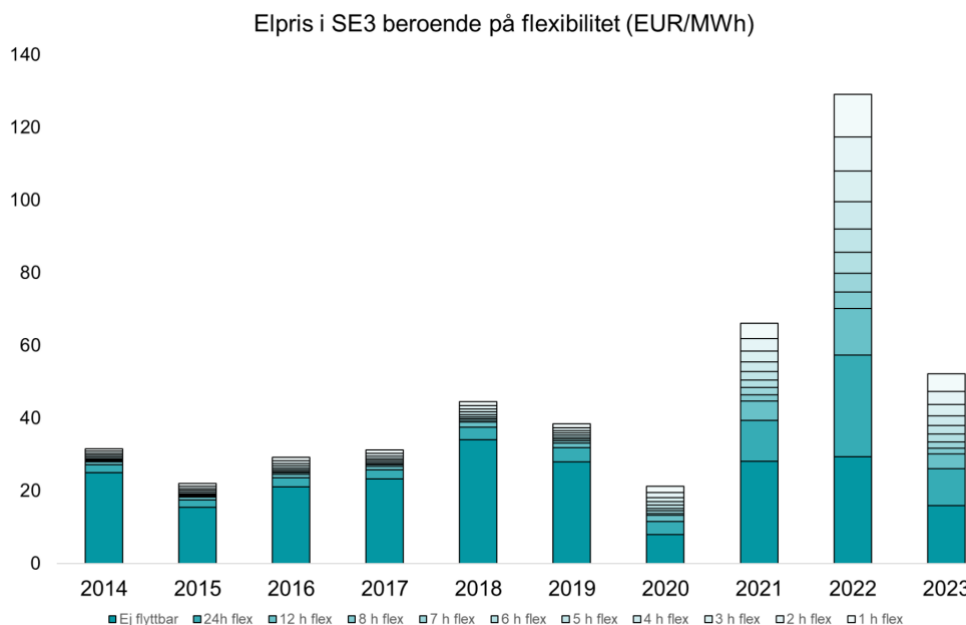
Många svenska fjärrvärmeföretag har ställt sig bakom *Färdplanen för fossilfri uppvärmning*³ och därmed lovat att bli fossilfria till 2030. I färdplanen identifieras bl.a. industriell restvärme och säsongvärmelager som redskap i vägen mot fossilfrihet. Gemensamt för båda är att nyttjandegraden är starkt kopplad till fram- och returtemperaturnivåer.

Flexibilitetstjänster i elsystemet och storskaliga värmelager

Elmarknaden har under senare år präglats av hög volatilitet i elpriser. De flesta analytiker är överens om att detta kommer fortsätta under den närmaste framtiden. Den elproducent som kan styra sin elproduktion till tider med höga elpriser har mycket att tjäna, se Figur 2. För att kunna åstadkomma detta i en kraftvärmeanläggning krävs ett stort värmelager som jämnar ut värmelasten.

Vid det omvända fallet, låga eller negativa elpriser, kan man producera värme med t.ex. värmepumpar för att lagra till framtida behov.

För alla typer av värmelager är det viktigt med stor temperaturdifferens mellan fram- och returtemperatur eftersom lagrets storlek ökar med lägre temperaturdifferens. Det är även en fördel om framledningstemperatur från värmelagret inte behöver höjas utan kan användas direkt i nätet.



Figur 2 Elpris i SE3 mellan 2014 och 2023. Högst elpris för producenter med hög flexibilitet⁴.

1.1 FJÄRRVÄRMENS SYSTEMFUNKTION

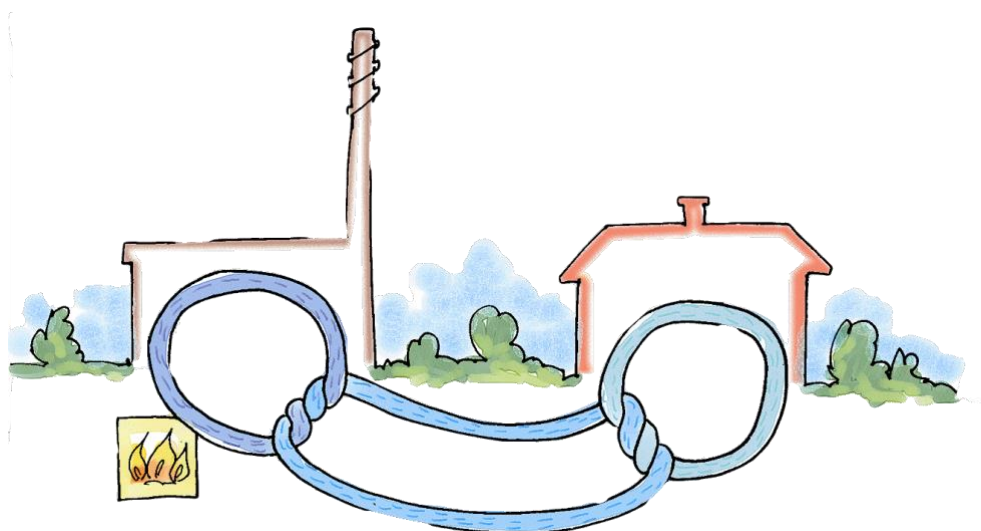
Innan man börjar arbeta mot sänkta temperaturnivåer är det viktigt att ha en övergripande förståelse för hur fjärrvärmesystemet fungerar. Strukturen med

³ Fossilfritt Sverige, Färdplan för fossilfri konkurrenskraft- fossilfriuppvärmning, Stockholm, 2018

⁴ Niclas Sigholm, Svensk Fjärrvärme – älska förändringen?, presentation på Fjärrvärmedagarna 10 april 2024, Energiföretagen

produktion, distribution och kundsystem (Figur 3) innebär att systemet, totalt sett, är mycket komplext. Utifrån värmebehov hos kunder, spridda geografiskt och med olika topografiska förhållanden, skall värmeförseln, med sina olika alternativ och begränsningar, ske på billigast möjliga sätt -med hänsyn till de begränsningar som distributionen kan innebära. Målsättningen för det kopplade systemet är att kundernas efterfrågan i varje ögonblick skall tillgodoses så miljövänligt och billigt som möjligt.

I Fjärrsynrapporten *Produktion, distribution och kundcentraler - system i samverkan*⁵ är förhållandet mellan fjärrvärmesystemets olika delar väl beskrivet. Projektet utarbetade en metodik för att göra en totaloptimering av fjärrvärmesystem med avseende på produktion, distribution och även fjärrvärmecentraler. Detta med hjälp av en kombination av ett antal beprövade beräkningsmodeller. Man konstaterade att metodiken fungerar men är kompetenskrävande genom att den kräver något djupare insikter i produktion, distribution och fjärrvärmecentraler. Projektgruppen bestod av tre specialiserade konsulter; ute på företagen skulle arbetet kunna organiseras på motsvarande sätt genom att man samlar olika kompetenser i projektform.



Figur 3 Samverkan mellan produktion, fjärrvärmenät och fastighetens system.⁶

I samverkan mellan systemets huvuddelar spelar ett flertal parametrar in. Handboken kommer inte i detalj beskriva hela teorin, men vi väljer att ta upp ett grundläggande samband, se Ekvation 1, eftersom sambandet mellan temperaturdifferensen (ΔT) mellan fram- och returtemperatur direkt påverkar flöde/effekt. I praktiken kan ett minskat ΔT innebära (om flödet är oförändrat) att effekten (t.ex. spillvärmel leverans) minskar. På motsvarande vis kan flödet i distributionsnätet behöva ökas för att upprätthålla tillräcklig effekt ut till kunderna.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p (T_f - T_r)$$

Ekvation 1

Q = värmeeffekt (W)

\dot{m} = massflöde (kg/s)

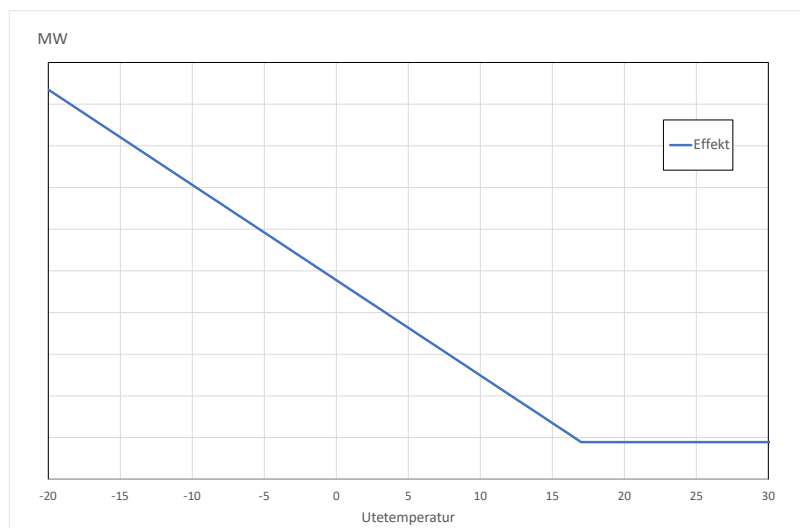
⁵ John Johnsson, Ola Rossing, Håkan Walleun; Produktion, distribution och kundcentraler System i samverkan, Fjärrsynrapport 2009:6; Svensk Fjärrvärme, 2009.

⁶ Södertörns Fjärrvärme AB

C_p = specifik värmekapacitet (J/kg °C)

T_f = framledningstemperatur (°C)

T_r = framledningstemperatur (°C)

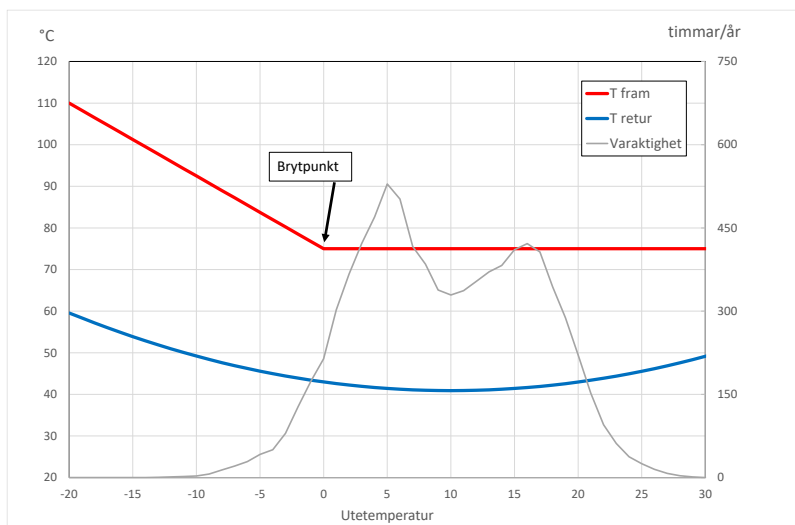


Figur 4 Effektbehov i ett fjärrvärmesystem.

Effektbehovet i ett fjärrvärmesystem (Figur 4) ökar nästan linjärt med lägre utetemperatur från en basnivå sommartid då värme endast går åt till varmvattenberedning och distributionsförluster. Framledningstemperaturen till nätet från produktionsanläggningen sommartid väljs för att klara varmvattenberedningen. Vintertid kan något högre temperaturer krävas för att värma radiatorflöden.

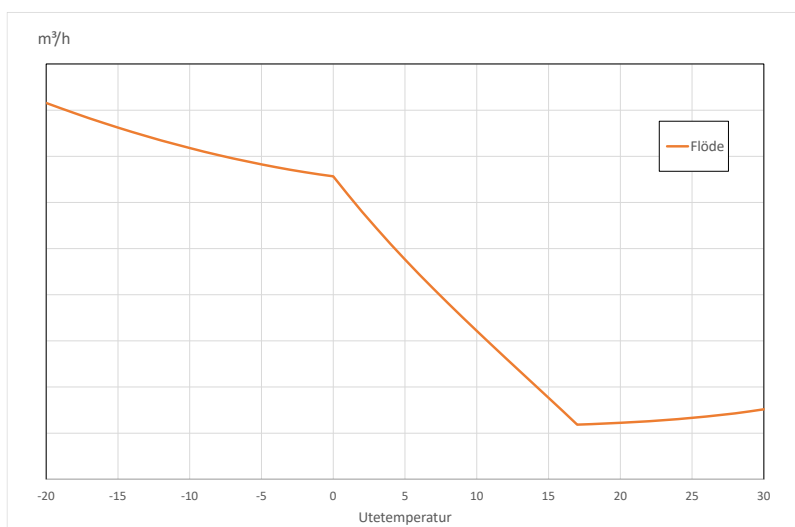
Returtemperaturen i fjärrvärmesystemet bestäms av hur väl kundernas centraler kyler fjärrvärmevattnet. Vanligtvis är returtemperaturen något högre under sommaren och vid riktigt låga utetemperaturer, se Figur 5. Temperaturdifferensen mellan fram- och returtemperatur ger, tillsammans med flödet, den utmatade effekten i fjärrvärmesystemet.

Vid systemeffektiviseringar är det viktigt att fokusera på de driftfall som ger stor påverkan på den totala systemfunktionen. Man bör därför, i de flesta fall, fokusera på de driftfall som inträffar ofta. Ett exempel på utetemperaturens varaktighet visas i Figur 5 där förändringar i temperaturnivåer vid låga utetemperaturer har liten inverkan på fjärrvärmesystemets totalekonomi.



Figur 5 Fram- och returtemperaturer samt varaktighet för olika utetemperaturer.

Fjärrvärmesystemets ledningar måste hålla vissa trycknivåer för att värmen ska kunna levereras och att systemet är säkert. Kundens centraler kräver ett differensstryck mellan fram- och returledning på ungefär 1 bar för att leveransen ska fungera. Dessutom måste trycket i ledningarna hålla ett övertryck för att undvika kokning i höjdpunkterna och det får inte överstiga konstruktionstrycket i lågpunkterna på vanligtvis 16 bar.



Figur 6 Flöde vid olika utetemperaturer då effektbehovet ska tillgodoses med angivna temperaturer.

Flödet i systemet (Figur 6) bestäms av hur mycket kundernas ventiler är öppna (om vi för enkelhets skull bortser från ett visst cirkulationsflöde i ledningsnätet). Det flöde som pumpas från produktionsanläggningen är alltså lika stort som flödet som samtidigt passerar fjärrvärmecentralerna. I produktionsanläggningen regleras pumparna så att ett tillräckligt differensstryck finns tillgängligt längst bort i nätet. Tillsammans med ledningarnas dimensioner och längder samt pumpens uppfordringshöjd ger detta det maximala flöde som kan pumpas ut från produktionsanläggningen.

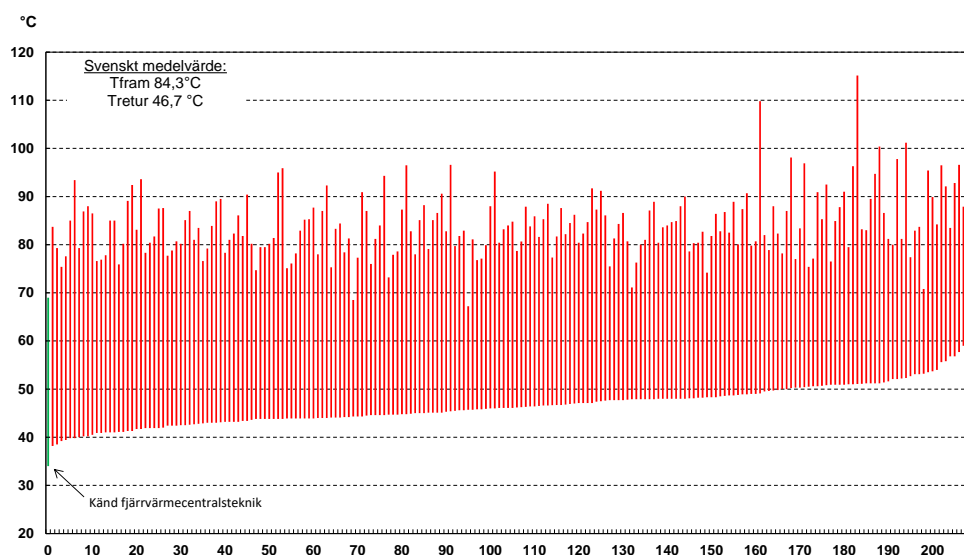
När utetemperaturen sjunker från +15 °C ner mot 0 °C och effektbehovet ökar, höjs flödet för att kunna leverera efterfrågad värme. I exemplet finns den så kallade brytpunkten (Figur 5) vid 0 °C då flödet närmar sig maxnivån och man börjar höja framledningstemperaturen för att öka effektleveransen.

Vid driften av ett fjärrvärmesystem är det viktigt att det finns en flödesmarginal så att det alltid finns möjlighet att öka effekten genom att öka flödet. Den kortsiktiga regleringen är nämligen svår att möta med höjd framledningstemperatur eftersom det vanligtvis tar lång tid att öka temperaturen från t.ex. en fastbränslepanna. Dessutom tar det lång tid att få ut en höjd framtemperatur i nätet för att möta ett ökat värmebehov. Speciellt viktigt är detta runt brytpunkten där utetemperaturen kan variera kraftigt under vår och höst.

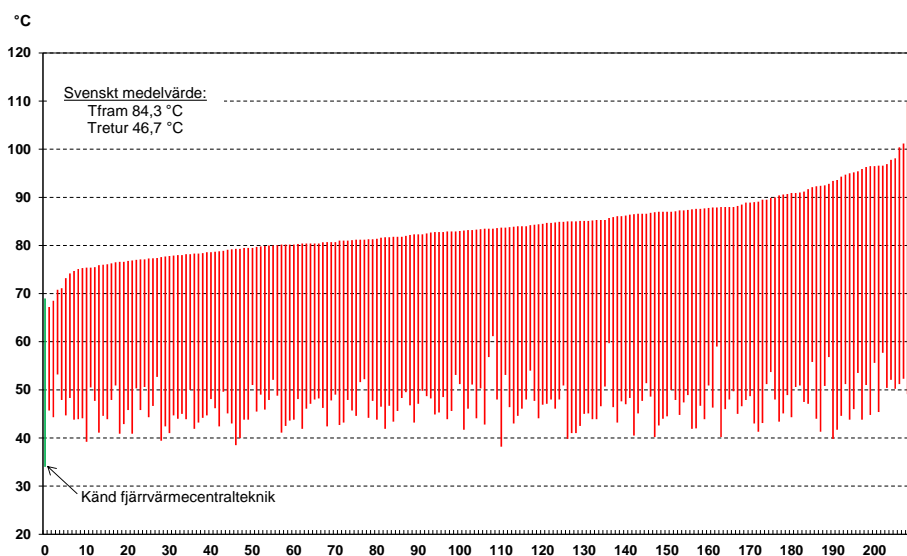
1.2 STATUS TEMPERATURNIVÅER

En databas med temperaturuppgifter från de flesta svenska fjärrvärmeföretag administreras av FVB och fylls på årligen med aktuella temperaturuppgifter. Databasen med temperaturer i svenska fjärrvärmesystem har successivt utökats med data från fler fjärrvärmeföretag och omfattar sedan början av 2000-talet mer än 85 % av de årliga leveranserna. Därmed kan tillförlitliga slutsatser dras om medeltemperaturer i Sverige och trender för utvecklingen över tid.

Fjärrvärmeföretagen får varje år en förfrågan om att lämna temperaturdata för att fylla på databasen. Alla indata behandlas konfidentiellt och företagets statistik lämnas inte ut till någon utomstående. De som skickar in uppgifter får tillbaka en sammanställning i form av Figur 7 där deras system markeras, så de kan se hur de ligger till i statistiken jämfört med andra svenska fjärrvärmesystem.



Figur 7 Årsmedeltemperaturer i 213 svenska fjärrvärmesystem sorterat efter returtemperatur.

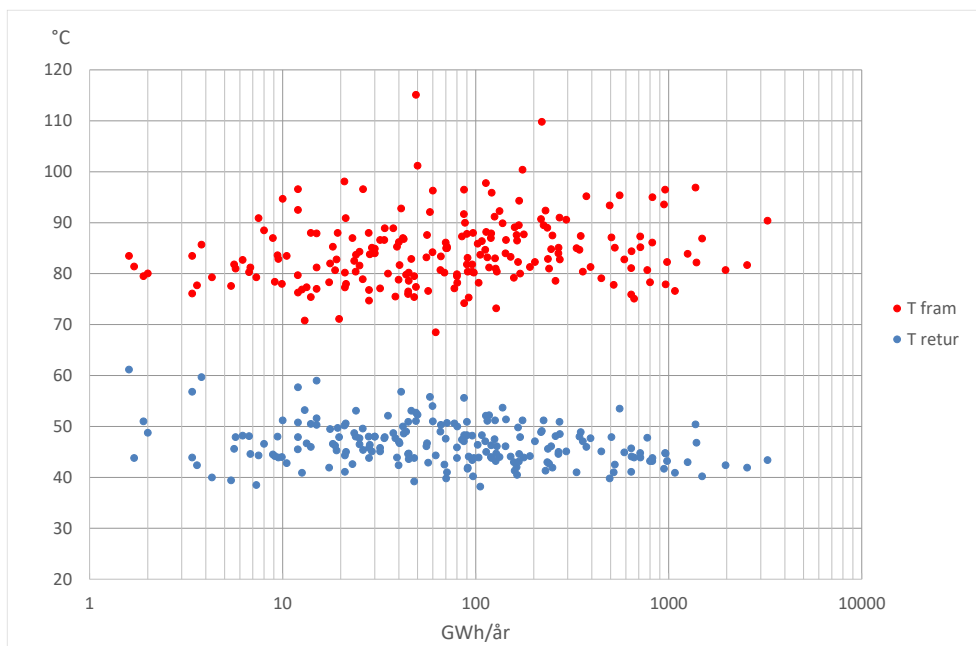


Figur 8 Årsmedeltemperaturer i 213 svenska fjärrvärmesystem sorterat efter framtemperatur.

Längst till vänster i diagrammen finns en grön stapel som markerar en teoretiskt ideal temperaturnivå i ett perfekt fjärrvärmesystem⁷ där alla ingående komponenter är korrekt dimensionerade och fungerar korrekt. Men som synes har de flesta svenska fjärrvärmesystem temperaturnivåer långt från den teoretiska nivån.

I Figur 9 visas årsmedeltemperaturerna i Figur 8 tillsammans med information om årlig värmeleverans. Som synes finns knappast något samband mellan temperaturnivåer och storlek på leveransen. Det är alltså inte så att större fjärrvärmebolag arbetar mer effektivt med denna frågeställning än mindre bolag.

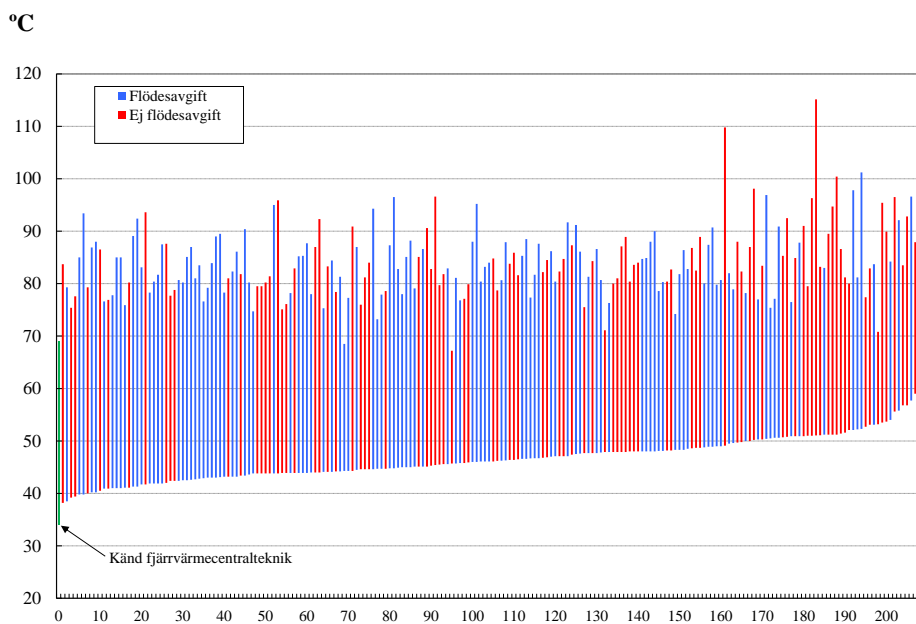
⁷ Peter Gummerus, Analys av konventionella abonnentcentraler i fjärrvärmesystem, Doktorsavhandling, Chalmers, 1989.



Figur 9 Årsmedeltemperaturer i 213 svenska fjärrvärmesystem. Årlig levererad värme på x-axeln.

Många fjärrvärmeföretag använder någon form av prissättning som premierar kunder med bra avkylning. På så sätt ska kunderna uppmuntras till att underhålla sin fjärrvärmecentral och åtgärda fel som uppstår.

Prissättningen kan konstrueras på olika sätt. Ofta används ett fast pris per m³ vatten som passerar fjärrvärmecentralen eller ett bonus-malus system där kunder med dålig avkylning betalar till de i kollektivet med bättre avkylning. Vanligtvis används detta enbart för större kunder, dvs. villakunder exkluderas. I Figur 10 är de fjärrvärmesystem med någon form av flödesprissättning markerade med blå färg.



Figur 10 Årsmedeltemperaturer i 213 svenska fjärrvärmesystem sorterat efter returtemperatur. Fjärrvärmesystem markerade med blå färg har en prissättning som premierar god avkylning och låga returtemperaturer.

FVBs statistik visar att flödesprissättningen har en viss temperatursänkande effekt. Årsmedelreturtemperaturen är 1,9 grader lägre mätt som energiviktat medelvärde bland fjärrvärmesystemet med flödesprissättning. Framledningstemperaturen är 1,5 grader lägre. Men statistiken visar även att det bland de system med lägst returtemperatur finns flera som saknar flödesprissättning.

2 Problembeskrivning

Sänkt temperaturnivå i fjärrvärmesystem kräver tre olika åtgärder:

- Identifiera och åtgärda fel i kundernas fjärrvärmecentraler och interna värmesystem
- Identifiera icke nödvändiga cirkulationsflöden i ledningsnätet och minimera dessa
- Sänka framledningstemperaturen så mycket som är möjligt i det aktuella fjärrvärmesystemet vid olika driftfall

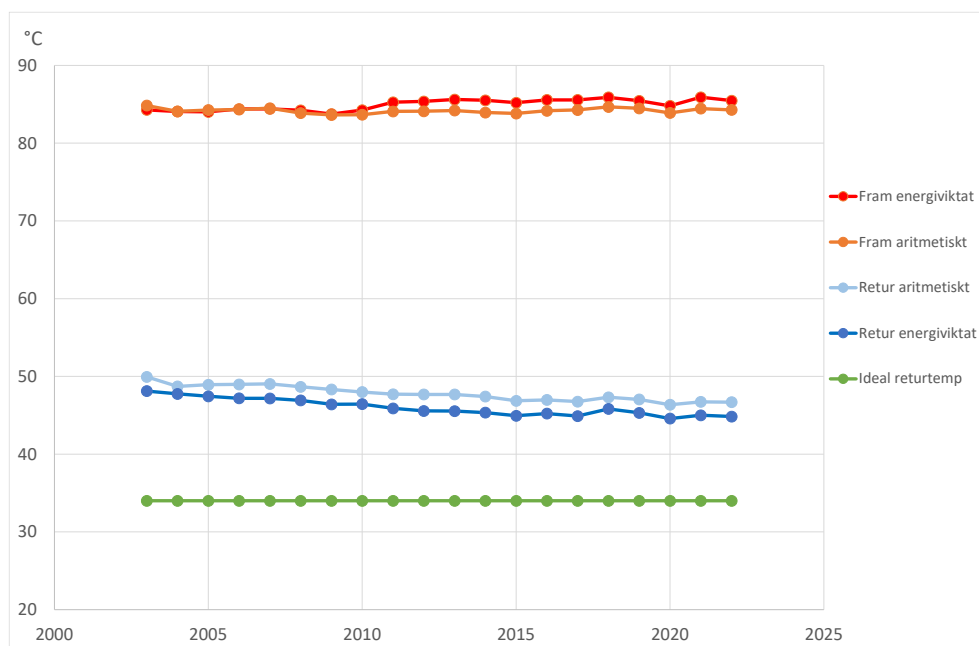
De två första punkterna innebär att leta upp felaktigheter ute i systemet och åtgärda dessa om det är tekniskt och ekonomiskt fördelaktigt. Den tredje punkten kan fjärrvärmeföretaget teoretiskt åtgärda på eget bevåg, men först måste eventuella negativa konsekvenser hos kunder undersökas och åtgärdas. I de flesta befintliga ledningsnät, med begränsad flödeskapacitet, är även förbättrad avkylning och minimerat cirkulationsflöde en förutsättning för sänkt framledningstemperatur.

Trots att det länge varit känt att det finns pengar att tjäna för fjärrvärmeföretagen har utvecklingen mot lägre temperaturer gått väldigt långsamt. Ofta fastnar arbetet i en diskussion om vem som ska göra vad vilket beror på att fjärrvärmesystemet är sammankopplat med fastigheternas interna sekundärsystem och därmed finns flera ägare och delat ansvar. Systemnyttan av lägre temperaturer uppstår hos leverantören, men felet som orsakar förhöjda temperaturer finns ofta hos kundens interna system.

På många håll har man inte prioriterat förbättringar i systemfunktionen eftersom andra stora projekt fått uppta fjärrvärmepersonalens engagemang. Jämfört med exempelvis potentiella vinster från effektiviseringar på produktionssidan har besparingar med sänkta systemtemperaturer bedömts vara små.

Det finns dock fjärrvärmebolag som under många år aktivt arbetat med att förbättra avkylningen hos kunderna. Här har man också kunnat se märkbara resultat av arbetet. Detta gäller inte minst i de system där fjärrvärmebolaget själva äger fjärrvärmecentralerna.

Figur 11 ser vi att returtemperaturen i svenska fjärrvärmesystem har sjunkit något de senaste 20 åren men utvecklingen går långsamt. För framledningstemperaturerna ses ingen sänkning, snarare tvärtom.



Figur 11 Medelvärden av fram- och returtemperaturer i svenska fjärrvärmesystem år 2003 – 2023.

2.1 VARFÖR LYCKAS INTE BRANSCHEN MED DETTA?

Det finns ett växande intresse bland energiföretagen att sänka temperaturerna i fjärrvärmesystemet. Men trots detta så har inte så många större effektiviseringsprogram genomförts. Det kan tyckas förvånande då många brukar hylla idéer och program som leder till "lägre returtemperaturer", men det finns två betydande svårigheter som bromsar upp effektiviserande underhållsaktiviteter:

- Det är svårt för fjärrvärmeföretaget, både tekniskt och administrativt, att på ett strukturerat sätt förbättra/effektivisera tusentals fjärrvärmecentraler. Det saknas ofta resurser och i många fall en tillämpbar metodik.
- Traditionellt äger kunden anläggningen i sin fastighet. Endast på ett fåtal platser i Sverige äger fjärrvärmeföretaget hela eller delar av utrustningen i fjärrvärmecentralen (FVC). Detta medför ibland svårigheter att motivera kunden till investeringar, om den ekonomiska drivkraften inte är så stor.

2.1.1 Resurs- och kompetensbrist vid företagen

- Engagemang för frågorna kan saknas från företagsledningen p.g.a. upplevd resursbrist där annat prioriteras högre. Detta oavsett om någon ekonomisk värdering genomförts. Med resursbrist avses i första hand tid för egen personal, men i andra hand även pengar, då man oftast är försiktig med ekonomiskt stöd till kunder för åtgärder eller inköp av extern personal. Potentiella besparingarna bedöms tyvärr ofta som låga jämfört med kostnader och intäkter kopplade till värme- och elproduktion.
- Dessa projekt blir ofta komplicerade och svårförståeliga, speciellt för icke-specialister inom området. Det måste därför finnas minst en person i företaget som förstår hela den övergripande problembilden. Annars är

riskan stor att man koncentrerar sig på att lösa enskilda delproblem. Personen/personerna måste dessutom ha tillräcklig auktoritet i organisationen och kunna göra tekniska presentationer begripliga för icke-specialisterna i företagsledningen.

- Bland små, men även medelstora företag saknas ibland egen kompetens för att t.ex. göra en funktionskontroll i en kunds fjärrvärmecentral eller ta fram åtgärdsförslag.

2.1.2 Företagens organisation

- Om ett temperaturprojekt påbörjas utan uppställda mål och regelbunden uppföljning blir det oftast ingen riktig fart på projektet. Varför ska man jobba med stort engagemang om ingen efterfrågar resultat?
- Projekt som går tvärs genom organisationen kräver att alla är "med på tåget". Det krävs med andra ord engagemang från produktion, marknad, distribution och administration. Det är dessvärre vanligt att det i stället uppstår en konfliktsituation mellan olika avdelningar; kanske för att någon avdelning fått i uppdrag att påbörja ett projekt utan att alla berörda informerats eller gjorts delaktiga. När man senare behöver varandras kunskap uppstår lätt en prestige- och konfliktsituation eftersom resursbehovet inte klarlagts från början.
- Som företagsledare känner man vanligen till vilka prestige- och konflikt-situationer som kan uppstå. Man undviker därför t.ex. avkylningsprojekt som riskerar onödig irritation då det finns andra och mer hanterbara projekt som är enklare att hantera inom organisationen.

2.1.3 Kundrelationer

Kunden saknar ofta incitament för att förbättra sin anläggning. De flesta åtgärder som krävs innebär ingen omedelbar kostnadsminskning för kunden. För att lyckas krävs därför att fjärrvärmeföretaget har en god relation med kunden, så att man i samråd kan hitta lösningar. Traditionellt har många fjärrvärmebolag tyvärr inte haft så mycket direkt kontakt med kunden, utan överlätit installationsfrågor till lokala konsult- och röfirmor (med hänvisning till F:101) för att inte konkurrera med dessa. På senare år börjar man dock få upp ögonen för vikten av en god kundrelation och arbetar mer aktivt med denna fråga.

2.2 TEKNISKA HINDER FÖR SÄNKTA TEMPERATURNIVÅER

Hinder för sänkta temperaturnivåer finns på olika nivåer i fjärrvärmesystemet.

2.2.1 Kundens värmesystem

Fjärrvärmekundernas egna värmesystem, dvs. radiator- och ventilationssystem behöver vara dimensionerade så de kan utnyttja fjärrvärmesystemets temperaturnivå tillfredsställande. Om värmeavgivande ytan på t.ex. radiatorerna är för liten i förhållande till värmebehovet behöver detta kompenseras med högre temperatur. I verkligheten är detta dock sällan ett problem i befintliga bostadshus

eftersom äldre tiders dimensioneringar med 80/60 °C i radiatorsystemen sällan behövs i dag.

Snarare är det kunder som har sekundärsystem anslutna, där börvärden för sekundär framledningstemperatur av olika anledningar är höga, som kan få problem vid sänkta temperaturer på fjärrvärmerna. Exempel på sekundärnät kan vara villaområden, sjukhus eller industrier.

En annan typ av kunder som kan få problem med lägre fjärrvärmes temperatur är industrikunder, som ha processer med höga temperaturkrav.

2.2.2 Fjärrvärmecentraler

Fjärrvärmecentralernas delar, främst värmeväxlarna ska dimensioneras för en god avkylning. Om fjärrvärmecentralen inte dimensionerats/installerats på korrekt sätt (enligt F:101 Tekniska bestämmelser) kan det leda till dålig avkylning. Värmeväxlare med för kort termisk längd medför t.ex. att returtemperaturen på fjärrvärmesidan blir onödigt hög. Även felfunktioner som uppstår under drift kan leda till höga returtemperaturer.

Lägre framledningstemperatur på fjärrvärmerna än värmeväxlaren dimensionerats för kan innebära att den inte klarar att överföra tillräcklig effekt eller att returtemperaturen från VVX blir hög p.g.a. kapacitetsbristen.

2.2.3 Fjärrvärmenät

Ett fjärrvärmenät är oftast utbyggt successivt under en längre tidsperiod. I början saknas vetskap om hur stort systemet kommer att bli och hur många kunder som kommer att anslutas. Det är oftast inte heller försvarbart, ur ekonomisk eller teknisk synpunkt, att kraftigt överdimensionera systemet i en utbyggnadsfas för eventuella framtida anslutningar. Ledningarna är därför inte perfekt dimensionerade i förhållande till nuvarande värmeomsättning och var i nätet de stora kunderna är placerade.

Om många nya kunder tillkommer i ett område där man tidigare inte förutsåg en stor anslutningspotential uppstår trånga sektorer i nätet (ledningarna med stora tryckfall). Då kan man, för att förbättra flödet i nätet, behöva lägga förstärkningsledningarna. Likaså kan man uppföra nya pannor om huvudproduktionen flyttas från den ursprungliga platsen och därmed förändrar nätets förutsättningar.

Systemet begränsas därmed av hur ett maximalt flöde ska kunna transporteras till kunden som tryckfallsmässigt ligger längst bort från produktionen med ett tillräckligt differenstryck utan att tillåtna min- och maxtryck i ledningarna under- eller överskrids.

2.2.4 Flödesavgifter – för- och nackdelar

Fjärrvärmeföretag kan välja att arbeta aktivt med temperatursänkingsprojekt eller att överlåta arbetet till kunderna. Ett sätt att uppmuntra kunderna till att själva förbättra sina anläggningar är att använda flödesavgifter.

Det finns några olika varianter på hur dessa utformas; en del har ett enkelt upplägg där varje kubikmeter vatten som passerar anläggningen debiteras, andra kan ha modeller där medelavkylningen jämförs med kundkollektivets medelvärde där de över medel får en ekonomisk återbäring medan de övriga debiteras en avgift. Avsikten, oberoende av utformningen, är att kunder med en väl fungerande anläggning ska premieras ekonomiskt jämfört med övriga kunder. De flesta fjärrvärmeföretag undantar småhus från flödesprissättningen eftersom man vill ha en enkel prismodell för privatpersoner samt att total påverkan på systemtemperaturen är relativt låg, p.g.a. deras låga värmebehov.

Det finns dock några problem som gör flödesavgifter problematiska:

Kunderna förstår inte

Fjärrvärmecentralens funktion är komplicerad för gemene man. Om inte en tydlig informationsinsats görs kommer en stor del av kunderna troligtvis inte förstå vad som förväntas av dem. En flödesavgift kan då uppfattas som en extra pålaga på fakturan, som fördyrar värmeleveransen.

Kunden måste även informeras om anläggningens funktion och vad som kan förväntas i fråga om vattenvolym i förhållande till värmeleveransen. Om kunden anlitar en VVS-konsult som offererar en åtgärd finns en risk att konsulten inte har tillräcklig erfarenhet för att bedöma konsekvensen av åtgärden. Därmed kan en åtgärd tänkt att förbättra bli olönsam, eller så uteblir lönsamma åtgärder p.g.a. att konsekvenserna felbedöms.

Flödesavgiften blir en intäkt för leverantören

För de system som använder en enkel modell med ett pris per m³ vatten som passerar fjärrvärmecentralen blir flödesavgiften en tydlig intäkt i verksamhetens resultaträkning. Systemkostnaden kopplad till hög returtemperatur märks inte på samma sätt, då sämre verkningsgrad i rökgaskondensorer eller högre produktionsbehov i topplastanläggningar inte syns lika tydligt. Det kan då vara lockande att ignorera problem med höga returtemperaturer eftersom det ändå medför en betydande intäkt till verksamheten.

Risk för suboptimering

För att förbättra avkylningen i ett fjärrvärmesystem bör fjärrvärmecentralerna sorteras efter volymen överkonsumerat fjärrvärmevatten (se 8.2.2). Denna överblick finns enbart hos leverantören och inte hos de enskilda kunderna.

Överkonsumtionen kan direkt kopplas till den kostnad som fjärrvärmecentralens dåliga funktion orsakar fjärrvärmesystemet. En erfaren tekniker kan bedöma möjlig förbättringspotential och kostnad för åtgärden. Men eftersom många olika typer av fel kan uppkomma i en fjärrvärmecentral krävs en gedigen erfarenhet, vilket är svårt att uppnå om man inte arbetar regelbundet med dessa arbetsuppgifter.

En enkel lösning, som exemplifieras av Ulricehamns Energi i avsnitt 3.2.2, är att fjärrvärmeleverantören åtar sig att inventera fel som uppstår och prioritera åtgärder. När fel upptäcks görs i allmänhet en överenskommelse med kunden där Ulricehamns Energis personal bygger bort fel med materiel som bekostats av kunden. På så sätt uppnås en hög kompetens bland de egna medarbetarna och

man bygger kunskap om förbättringspotentialer och kostnadsuppskattningar för åtgärderna.

Även i Ulricehamn kan dock problem uppstå om kunden inte är intresserad av att medverka till att förbättringar görs.

Hinder för rationella åtgärder

I många fall kan fjärrvärmeleverantören räkna med en bra lönsamhet på förbättringsåtgärder, men kunden är mindre intresserad av att utföra dessa. Eftersom vinsten av förbättringen hamnar hos leverantören bör denne kunna ta initiativ till åtgärden och även hjälpa till att finansiera investeringen. Om leverantören tillämpar flödesprissättning kommer i så fall åtgärden att sänka kundens kostnader. Enligt konkurrenslagen är det inte tillåtet att en kund premieras i förhållande till övriga kunder vilket innebär att leverantören i så fall riskerar att andra kunder kan ifrågasätta detta förfarande.

Slutsats

Flödesprissättning ger engagerade kunder en möjlighet att förbättra sin anläggning och sänka sina kostnader. De flesta kunder har dock varken kompetens eller engagemang för att tolka budskapet med flödesavgiften rätt. Det gör att arbetet med att nå lägre temperaturnivåer fördröjs i onödan.

För att effektivisera arbetet bör fjärrvärmeföretagen i stället ta ett övergripande ansvar och samordna åtgärder som bedöms lönsamma. På så sätt kan temperaturarbetet utövas rationellt av en arbetsgrupp med mycket hög kompetens på området.

Många fjärrvärmeföretag erbjuder olika former av serviceavtal där t.ex. ett årligt besök kan ingå. Men detta är ett frivilligt tillägg för kunden som debiteras extra och leverantörens besök sker inte efter någon prioritering utifrån vilka anläggningar som fungerar sämst. Ofta ingår inte heller åtgärder som förbättrar avkylning utan kunden uppmanas utföra detta själv.

Flödesavgifter kan alltså uppnå sitt syfte förutsatt att fjärrvärmekunderna är väl insatta i hur fjärrvärmecentraler ska fungera optimalt och kan göra väl avvägda investeringskalkyler för förbättringsåtgärder. Men det är mer sannolikt att flödesavgifter fördyrar i onödan för kunderna, medför att fel åtgärder prioriteras och hindrar fjärrvärmeföretag från ett effektivt arbetssätt.

För att rationalisera arbetet med förbättrad avkylning bör fjärrvärmeföretagen ta en mer aktiv del i att förbättra fjärrvärmecentralerna hos kunderna även om man då går över leveransgränsen och utför arbete på kundens sida. Att fortsättningsvis dela upp ansvaret så att kunden svarar för fjärrvärmecentralernas funktion och leverantören för övriga delar riskerar att fördröja lönsamma åtgärder.

2.3 HUR SKA BRANSCHEN LYCKAS MED DETTA?

Det finns ett antal fjärrvärmebolag som genom att arbeta strukturerat och dedikerat nått mycket goda resultat med att sänka systemtemperaturerna i nätet, t.ex. Luleå Energi, Ulricehamn och Esbjerg, som presenteras i kapitel 3. De har

olika bakgrund till varför de valt att fokusera och arbeta dedikerat med systemtemperatur och flöden, men vi har identifierat några gemensamma framgångsfaktorer som har varit avgörande för deras framgångar:

- Bra stöd inom företaget; såväl från ledning som inom berörda avdelningar
- En eller ett par personer som är engagerade och drivande i projektet
- Strukturerad plan för genomförande och uppföljning
- Nära samarbete med kunderna

3 Erfarenheter från framgångsrika projekt

Detta kapitel fokuserar på några exempel på fjärrvärmebolag som lyckats bra med att sänka sina systemtemperaturer. Vi vill dock lyfta fram att rapporten även bygger på erfarenheter från flera andra fjärrvärmebolag, bland annat de företag som representeras i referensgruppen och fjärrvärmebolag som författarna samarbetat med under åren.

3.1 LULEÅ ENERGI

3.1.1 Bakgrund och huvudsakligt motiv till arbete med systemtemperaturerna

Luleå Energi, (LEAB) har ca 10 200 kundanläggningar anslutna till fjärrvärmenätet. Merparten av fjärrvärmen produceras idag i ett kraftvärmeverk samägt av SSAB och Luleå Energi, där bränslet är överskottsgas från ståltillverkningen. Kraftvärmeverket har en kapacitet på 200 MW värme och närmare 100 MW el. Ca 90 % av energibehovet (60 % av effektbehovet) täcks av den leveransen. Utöver det har Luleå Energi fyra reserv- och spetslastanläggningar, totalt 350 MW. Bränslet i dessa anläggningar är främst överskottsgas, pellets, el och bioolja.

2021 meddelade SSAB att produktionen, som en del i Hybrit-projektet, kommer ställas om för att bli fossilfri. Detta innebär att koksugn och masugn kommer läggas ned och ersättas med ljusbågsugn, vilket medför att bränslet (överskottsgas från koks- och masugn) till kraftvärmeverket försvinner. SSAB kommer dock fortfarande kunna leverera spillvärme till Luleå Energi efter omställningen, men den temperatur som ljusbågsugnen förväntas tillföra till fjärrvärmenätet blir sannolikt betydligt lägre än dagens nivå. Man vet dock inte ännu riktigt vilken temperatur som kan förväntas.

Förutom SSAB finns även fler potentiella spillvärmekällor i närområdet; t. ex LKAB industripark och flera aktörer inom vätgasproduktion (Hybrit, LTU Green Fuels och Uniper). LEAB kommer dock behöva förstärka spetsvärmeproduktionen i vissa delar av nätet, samtidigt som målet är ett fossilfritt fjärrvärmesystem.

3.1.2 Ekonomi och personalresurser

Om LEAB inte skulle kunna använda spillvärmen från SSAB och övriga aktörer, skulle man i stället behöva investera i helt ny värmeproduktion. Då den ekonomiska och miljömässiga vinsten med att i stället nyttja befintliga energiflöden är uppenbar har man från LEABs sida inte gjort någon djupare alternativkostnads kalkyl för det scenariot.

I gruppen som arbetar med att sänka systemtemperaturerna är man ca 10 anställda. Ingen gör dock detta på heltid utan kombinerar systemeffektiviseringsarbetet med andra arbetsuppgifter.

3.1.3 Målsättningsarbete

2017 fick Luleå Energi en uttalad vision om lägre framledningstemperatur i fjärrvärmesystemet. Alla nya fjärrvärmeanslutningar därefter dimensioneras för en framledningstemperatur på 80 °C.

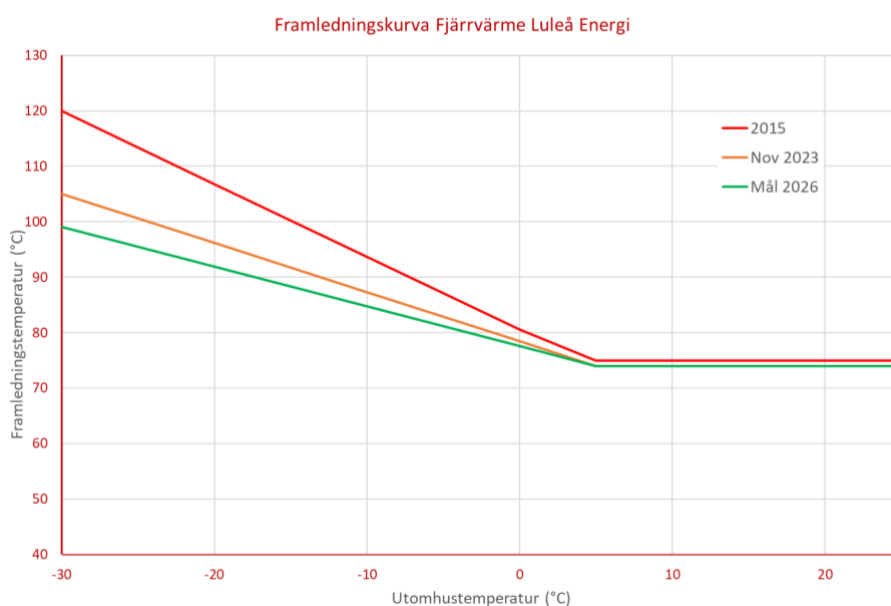
2022 definierades en målbild för 2026: Hela nätet ska klara en dimensionerande framledningstemp under 100 °C. Från 2016 sänks framledningstemperaturen också något; från 75 °C till 74 °C Vid brytpunkten (+5 °C utetemperatur). Se även Tabell 1 och Figur 12.

Luleå Energi har även, under resans gång, satt mål för delprojekt i arbetet med att sänka framledningstemperaturen. Några av dessa är:

- Årsavkylning på minst 40 °C för samtliga kunder.
- Få bort allt överflöde i fjärrvärmenätet (se stycket Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde nedan). Överflödet kopplas till avkylningsmålet.

Tabell 1 Genomförda och planerade sänkningar av framledningstemperatur i Luleå Energis fjärrvärmenät.

År	Dimensionerande FV-temperatur, fram		Kommentar
	$T_{ute} = -30\text{ °C}$	$T_{ute} > +5\text{ °C}$	
2015	120 °C	75 °C	Ingen bestämd målbild eller strategi
2016	115 °C	74 °C	Sänkt temperatur. Inga bestämda målbilder eller strategi.
2017	115 °C	74 °C	Vision om lägre framledningstemperatur; 80 °C. Inget aktivt arbete
2022	115 °C	74 °C	Koncerngemensam målbild för 2026 definierad.
2023	110 °C	74 °C	Första sänkningen för att nå mål 2026.
nov-23	105 °C	74 °C	Andra sänkningen för att nå mål 2026.
2025	102 °C	74 °C	Tredje sänkningen för att nå mål 2026.
2026	99 °C	74 °C	Första bestämda delmålet som koncernen jobbar mot



Figur 12 Framledningskurva för Luleå Energi; ursprungsläge (2015), nuläge (november 2023) samt delmål 2026.

3.1.4 Åtgärdsplan

Största fokuset har hittills varit på:

- Sänkt returtemperatur för att öka nätets kapacitet och på så vis möjliggöra för sänkta framledningstemperaturer
- Nätåtgärder: Med nätberäkning (se 10.1 Nätberäkningar) har LEAB även identifierat en gräns för hur låg framtemperatur som nätet klarar kapacitetsmässigt (gäller framför allt huvudledningarna). Nätberäkningar används även för att identifiera områden i nätet som kommer behöva förstärkas.
- Energilager; En 30 000 m³ hetvattenackumulator (Figur 13) färdigställdes 2022. Ackumulatortanken, med syfte att jämna ut leveransvariationer från bl.a. SSABs ljusbågsugn, har kapacitet för att leverera upp emot 160 MW värme till nätet.



Figur 13 Luleå Energis hetvattenackumulator, 30 000 m³ som invigdes 2022. Källa: Luleå Energi

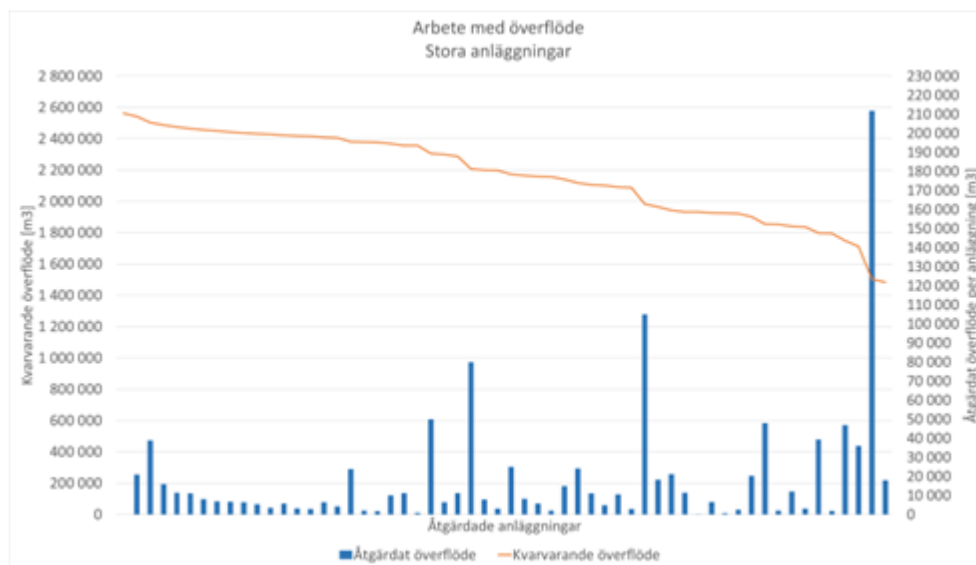
Driftprov med sänkt framledningstemperatur

Ett par driftprov med sänkt framledningstemperatur har gjorts. När framledningstemperaturen sänktes noterades även en sänkning av returtemperaturen, vilket indikerar cirkulationsflöden i nätet. Man har även observerat andra tecken på högt omänt rundgångsflöde. Det finns därför även planer på att påbörja ett systematiskt arbete med att få bort onödiga cirkulationsflöden i nätet.

Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde

Luleå Energi har arbetat systematiskt och målmedvetet för att minska överkonsumtion av fjärrvärmeflöde i fjärrvärmenätet, se avsnitt 3.1.5.

Överkonsumtionen av flöde (eller överflöde) är det flöde som går igenom fjärrvärmecentralen utöver det flöde som skulle passerat om anläggningen haft en ideal avkylning, se även avsnitt 8.2.2 Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde.



Figur 14 Överflöde i stora anläggningar i Luleå Energis fjärrvärmenät. Varje blå stapel motsvarar åtgärdat överflöde hos kund.

3.1.5 Arbetsmetodik

Fokusera på ett litet nät

Parallellt med åtgärder i huvudnätet valde man att tidigt fokusera på åtgärder i Råneå fjärrvärmenät, som är ett mindre nät i Luleå Energis ägo. Detta gjorde att man snabbare kunde se ett resultat samt kunde testa och utvärdera åtgärder som sedan implementerades i större skala i Luleå.

Åtgärder av fel i fjärrvärmecentraler

När man initialt började kontrollera och följa upp avkylningen i nätet med hjälp av överkonsumtionslistor hittade man många villor med höga flöden. Man tog då beslutet att åtgärda alla fjärrvärmecentraler, oavsett om kunderna hade serviceavtal eller inte. En positiv bieffekt av detta blev att flera kunder, efter genomförd åtgärd i FVC, tecknade nya serviceavtal hos Luleå Energi; "TryggVärme". Tidigare hade LEAB översyn hos TryggVärme-kunder vartannat år oavsett behov. Numera gäller mätvärdesövervakning; bara de FVC som ger tecken på felfunktion besöks.

De vanligaste felen i villacentralerna är:

1. Trasig flödesreglering (inte sällan en läckande regulator eller ventil för varmvatten).
2. Fel i sekundära system som leder till att kunden ställer börvärde på värmekretsen för högt.
3. Fabriksinställd värmekurva i prefab-centralen är för högt ställd och rörmokare/kund har inte justerat kurvan efter verkligt behov.
4. Oreglerad varmhållningsventil (rundgång) utanför fjärrvärmecentralen.

Man har även, i samarbete med kunderna, gjort åtgärder hos flera av företagskunderna. Prioritering av vilka kunder som besöks har huvudsakligen gjort utifrån överkonsumtion, men områden där risk för kapacitetsbrist identifierats nätberäkningar, se avsnitt 3.1.6.

Styrmedel i prismodellen för fjärrvärme

LEAB har flödesavgift (se även 8.3 Flödesavgift) för både företag och privatkunder med ett kostnad per m³ förbrukat flöde. Flödesavgiften för sekundärnät är lägre än övriga nätet, p.g.a. lägre framledningstemperatur. När T_{fram} sänks så sänks kostnaden per m³ förbrukat flöde.

3.1.6 Arbetsflöde och dokumentation

Arbetsflöde inför platsbesök såväl som dokumentation läggs upp i dokumentationssystemet dP-heating.

Innan kontakt tas med kund räknas kostnad fram för kund idag, med befintlig avkylning. En alternativkalkyl tas också fram, baserad på 40 °C avkylning. För specialkunder som inte har teknisk möjlighet att nå 40 °C anpassas avkylningsmålet. Kunder, som tidigare överträffat 40 °C avkylning kan få en kalkyl baserad på vad de uppnått tidigare.

Därefter kontaktas kund och möte bokas in. Ibland har kunden egen personal, konsult eller entreprenör som jobbar med frågan och anser då inte alltid att en träff med LEAB är nödvändig. Oftast blir dock ett kundbesök där LEAB presenterar kalkylerna och diskuterar åtgärder. Kundbesöket är alltid gratis för kunden.

3.1.7 Åtgärder i distributionsnät*Nätsimuleringar av framtida nät*

En viktig del i att möjliggöra temperatursänkningen har varit att göra beräkningar av nätets kapacitet, vid olika utetemperaturer, när framledningstemperaturen kommer sänkas framöver. Trots ett framgångsrikt arbete med att sänka returtemperatur i nätet för att, så långt det är möjligt, hålla flödet nere, kommer inte nätets kapacitet vara tillräcklig i alla områden. I simuleringarna har man även tagit hänsyn till framtida planerade värmelaster i nätet så långt det är möjligt.

Åtgärder på nätet

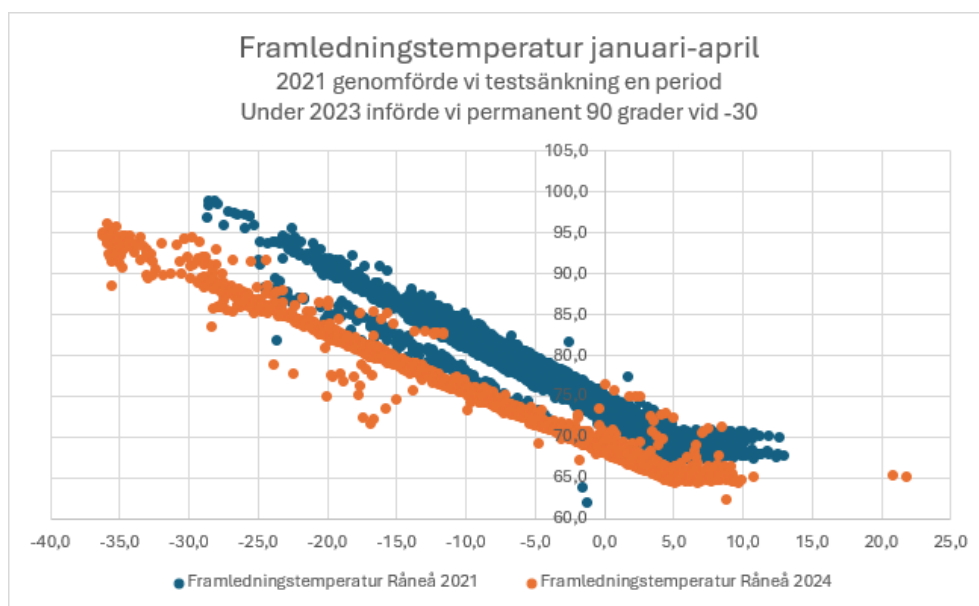
Med hjälp av nätsimuleringar har man fått en god överblick över vilka nätförstärkningar som kommer krävas och har tagit fram en plan för investerings- och åtgärdsbehov. Nätberäkningar har även gett underlag till prioriteringsordning för nätförstärkningarna, men även för vilka kunder som ska prioriteras i avkylningsarbetet. Man har även inlett arbete med projektering och förläggning av de nya rörledningarna som ligger högst på prioriteringslistan.

För att komma åt onödiga cirkulationsflöden inventeras funktionen på varmhållningsventiler vid kundbesök. Vid riktade inventeringar i sekundärnät har man sett stor skillnad i inmätt flöde hos kund jämfört med flöde i fjärrvärmecentralen. I dessa anläggningar upptäcktes att en stor andel av varmhållningsventilerna inte fungerade. P.g.a. det stora antalet villacentraler från samma årtal har man bedömt att det blir alltför stor insats att åtgärda samtliga centraler och beslutat att, tills vidare, endast åtgärda i samband med byte av villacentralerna.

3.1.8 Uppföljning

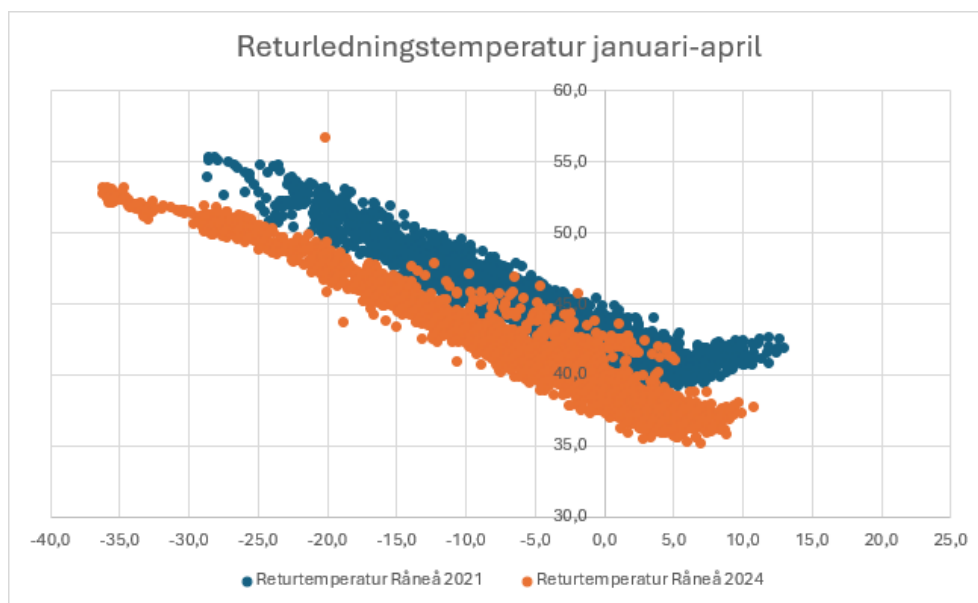
Vintern 2023/2024 har varit kall; utomhustemperaturen har flera dygn legat under $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, vissa drifttimmar har t.o.m. haft utomhustemperaturer nära $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, vilket är ordentligt lägre temperaturer än dimensioneringskriterier de haft. Detta har gett goda förhållanden för att utvärdera driftförutsättningarna under dimensionerande förhållanden. Trots den sänkta framledningstemperaturen har värmeleveransen fungerat tillfredsställande. I Råneå fjärrvärmenet (knappt 500 kundanläggningar) har man kommit allra längst. VVX och nät dimensioneras där på samma sätt som i Luleå. Driftmässigt har såväl produktion som distribution fungerat över förväntan.

Figur 15 visar framledningstemperaturen under vinterperioden 2021 respektive 2024. Vid $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ utomhustemperatur har man senaste vintern kunnat hålla framledningstemperaturen så låg som $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, trots att de flesta anläggningar är dimensionerade för $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ framledningstemperatur. Även returtemperaturen har man, tack vare nedlagt arbete, lyckats sänka fint, se Figur 16 där returtemperaturen för vinterperioden 2021 jämförs med motsvarande period 2024. Vid riktigt låga utetemperaturer är returtemperaturen fortfarande något hög, men med tanke på att man samtidigt lyckats sänka framledningstemperaturen uppemot $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ är detta ett mycket lyckat resultat.



Figur 15 Framledningstemperaturen i Råneå under vinterperioden 2021 respektive 2024.⁸

⁸ Fredrik Udén, Luleå Energi.



Figur 16 Fjärrvärmens returtemperatur i Råneå under vinterperioden 2021 respektive 2024.

3.2 ULRICEHAMNS ENERGI

Ulricehamns Energi är ett litet fjärrvärmesystem med drygt 350 kunder som levererar ca 50 GWh värme per år. Prismodellen för fjärrvärme saknar flödesavgift eller liknande komponent som används av många fjärrvärmeföretag för att uppmuntra kunderna till att se över sin fjärrvärmecentral och optimera funktionen. I stället har Ulricehamns Energi till stor del en central kontroll över hela systemets funktion och har genom ett effektivt arbetssätt lyckats nå en position bland de allra lägsta returtemperaturerna i svenska fjärrvärmesystem.

3.2.1 Bakgrund

Drygt hälften av årsenergin till Ulricehamns fjärrvärmesystem levereras från Scanbios pelletsfabrik några km norr om Ulricehamn. Vid tillverkningen torkas sågspån och den avgivna fukten kondenseras varvid värmen överförs till fjärrvärmevattnet. Huvuddelen av spillvärmens kommer från en rökgaskondensator på produktionsugnen. Effekten från rökgaskondensorn är ca 10 MW. Ytterligare 7 MW spillvärme plockas ut ur torkgaserna (ca 1 000 °C). Tillgängligheten för denna restvärme är ca 4 000 h/år. Under resten av året producerar Ulricehamns Energi värme i sina egna produktionsanläggningar.

Ulricehamns Energi har en relativt liten organisation och det finns en samsyn om att ett välfungerande fjärrvärmesystem med låga temperaturnivåer förbättrar möjligheterna till att tillvarata restvärme, minska behovet av egen produktion och förbättra miljövärdena för fjärrvärmens.

Värmeöverföringen i värmeväxlaren för kondensering av fukten från sågspånen ökar med lägre temperatur på returen. Denna restvärme är billigare än den egenproducerade värmen och det finns därför en stark ekonomisk drivkraft för att hålla en låg returtemperaturnivå i fjärrvärmenätet. Den höga temperaturen på

torkgaserna gör att incitament för att sänka framledningstemperaturen inte är lika stor.

Mängden möjlig spillvärme är flödesberoende. Med lägre flöde minskar effekten från fabriken så, till skillnad från många andra försöker man hålla upp flödet i nätet. Dock finns förstås en gräns för hur högt flödet kan vara i nätet utifrån nätkapacitet. Ulricehamn siktar mot ett flöde på 220-230 m³/h.

3.2.2 Arbetsmetodik

Personalen på Ulricehamns Energi använder ett egenutvecklat Excel/Web-verktyg där de dagligen tar ut listor där fjärrvärmekunderna sorteras efter ett kvalitetsindex, som ger ett mått på hur mycket anläggningen påverkar nätets totala returtemperatur. Detta kvalitetsindex definieras som överkonsumtion, dvs. hur mycket vatten som passerar en kunds anläggning i förhållande till vad ett optimalt flöde skulle varit. På så sätt rangordnas kundanläggningarna utifrån vilken påverkan de har på fjärrvärmesystemet som helhet.

Om en kundanläggnings kvalitetsindex plötsligt försämras görs ett besök av Ulricehamns Energis drifttekniker. Detta besök ingår i de dagliga rutinerna och kräver inte någon arbetsorder. Besöket görs helt enkelt när man har tid över. Byråkratin kring arbetet med felavhjälpning är därmed minimal.

Vanliga fel man hittar är att temperaturgivare sitter på fel ställe, fel börvärden på sekundärsidan eller att ställdon/styrventiler inte fungerar som de ska.

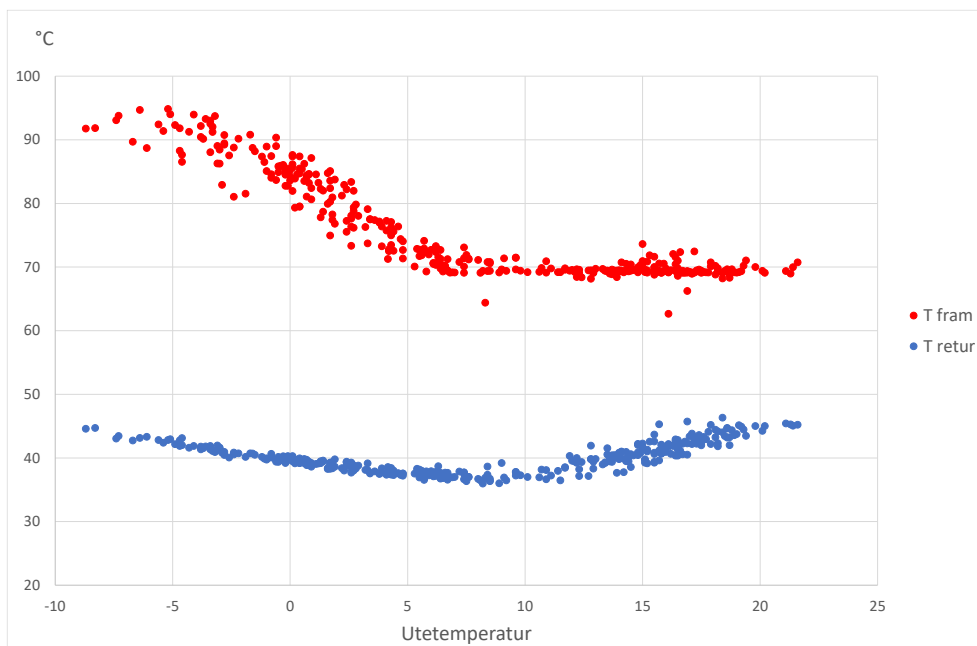
Ulricehamns Energi äger fjärrvärmecentralerna för kunder med högre förbrukning än 100 MWh (ca 170). När fel upptäcks i dessa görs åtgärder med kort varsel av den egna personalen utan kostnad för kunden. Genom att den egna personalen kontinuerligt kontrollerar kundanläggningar och detekterar fel får man även en hög kompetens internt i organisationen.

De mindre kunderna med värmebehov under 100 MWh per år äger sina egna fjärrvärmecentraler (ca 190). När fel upptäcks i dessa anläggningar tas en kontakt där man förklarar felet. Om någon komponent behöver bytas ut upplyses kunden om detta. Ulricehamns Energi erbjuder sig då att utföra reparationen utan kostnad mot att kunden betalar för den del som behöver bytas. Enligt uppgift fungerar detta smidigt och i princip alla kunder tackar ja till erbjudandet om att få hjälp med reparationen. På så sätt elimineras fel omgående i kundkollektivet.

Ulricehamns Energi har ingen flödes- eller returtemperaturavgift i sin prislista.

3.2.3 Uppföljning

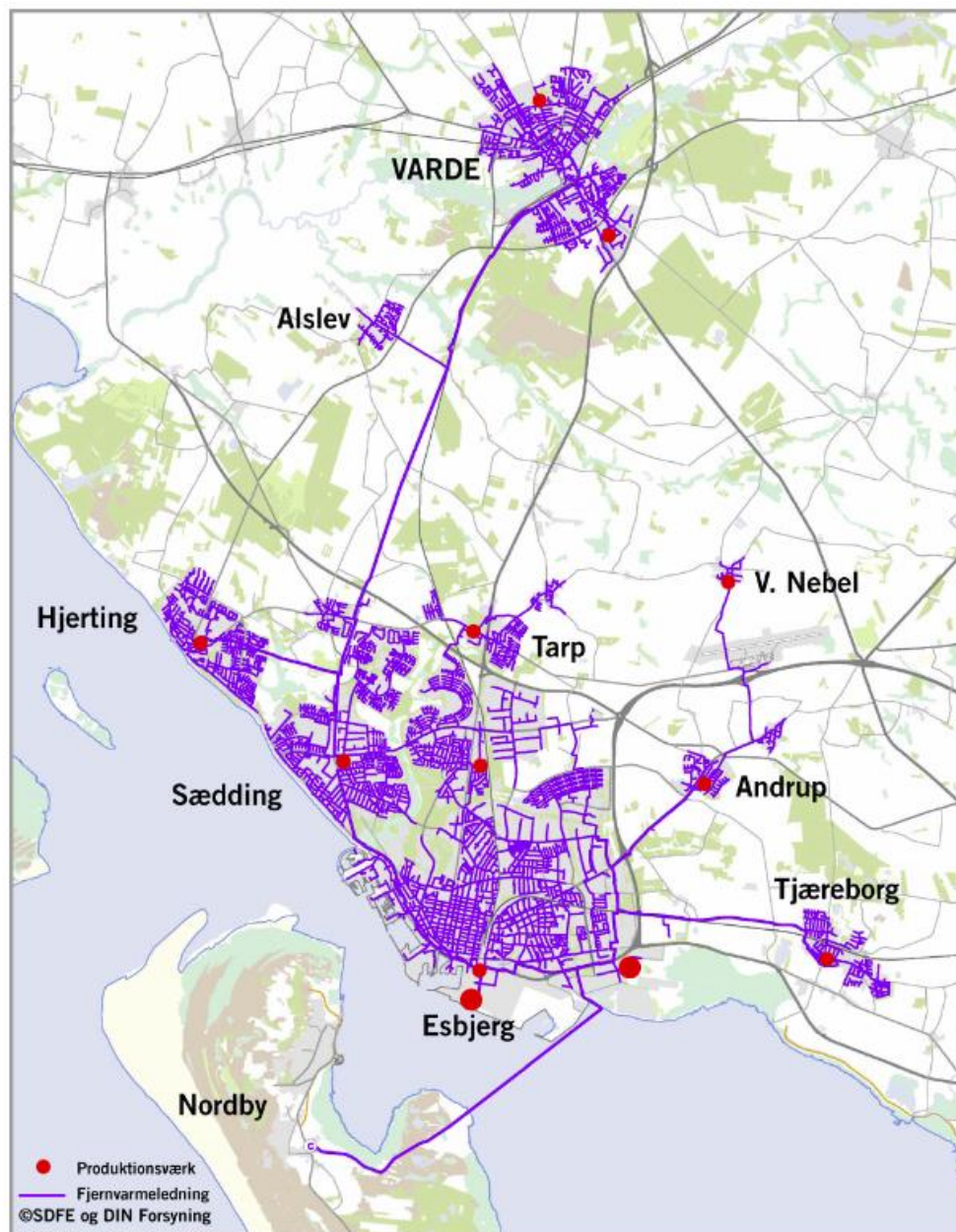
Returtemperatur ingår som ett nyckeltal i Ulricehamns Energis kvartalsrapporter. Man har nu nått så låg nivå på returtemperaturen man önskar, men fortsätter bevaka kundernas kvalitetsindex. För 2023 var den effektviktade returtemperaturen 39,7 °C och framledningstemperaturen var 80,3 °C, se även diagrammet nedan



Figur 17 Fram- och returtemperatur i Ulricehamns fjärrvärmenät under 2023 som en funktion av uttemperaturen.

3.3 DIN FORSYNING, ESBJERG

DIN Forsyning levererar fjärrvärme till cirka 25 500 hushåll i Esbjerg och Varde kommuner i västra Jylland i Danmark. Värmen har tidigare främst kommit från ett koleldat kraftvärmeverk och en avfallspanna.



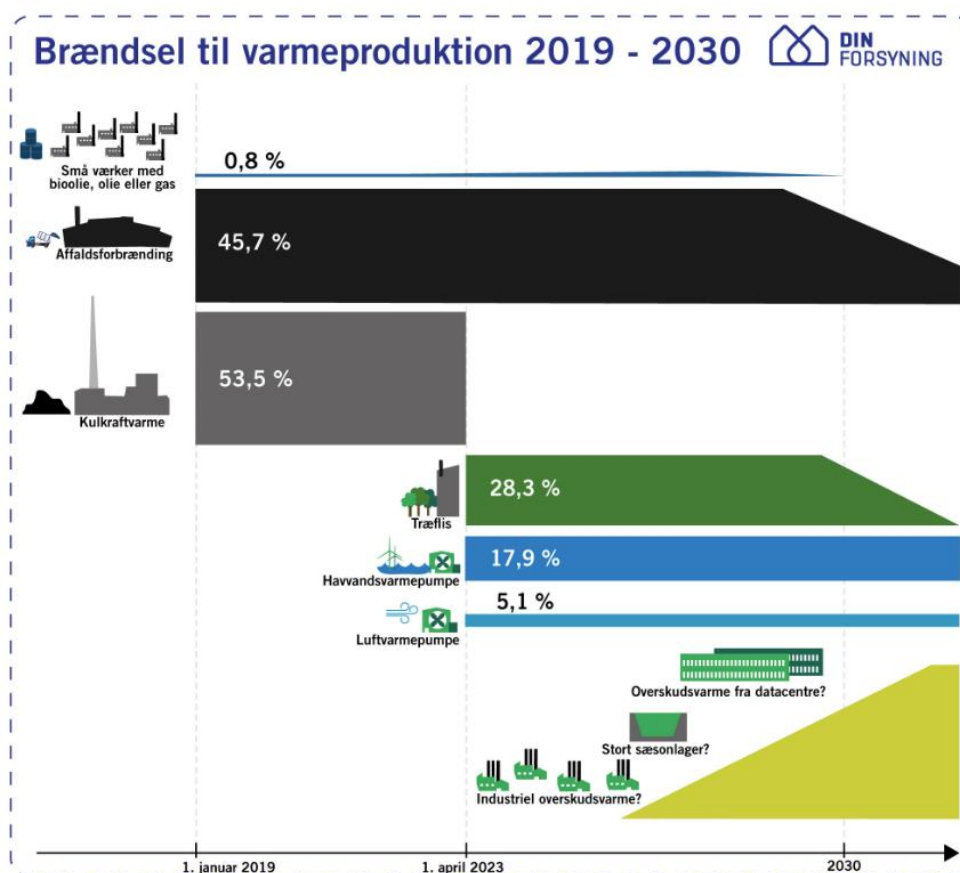
Figur 18 DIN Forsynings fjärrvärmesystem i Esbjerg med omnejd i Danmark.

3.3.1 Bakgrund

Det danska folketinget beslutade 2018 att de danska kraftvärmeverken skulle fasa ut kol som bränsle före 2030. Energiföretaget Ørsted som äger kolkraftvärmeverket i Esbjerg ville dock gå fortare fram och stänga redan 31 december 2022. Detta levererade 350 MW värme till Esbjerg vilket motsvarade halva effektbehovet. Efter

förhandling sköts stängningen upp till 1 april 2023 och som konsekvens av Ukrainakriget ytterligare ett år.

För att snabbt ersätta värmen från kraftvärmeverket har man investerat i 50 MW havsvattenvärmepumpar, en 60 MW fliseldad panna och 40 MW elpanna som topp- och reservlastanläggning. Dessa anläggningar täcker projektets Fas 1. Därmed har man lagt grunden för en flexibel fjärrvärme med god försörjningssäkerhet. Därefter tar Fas 2 vid då än mer gröna, hållbara och fossilfria energilösningar ska implementeras i systemet.



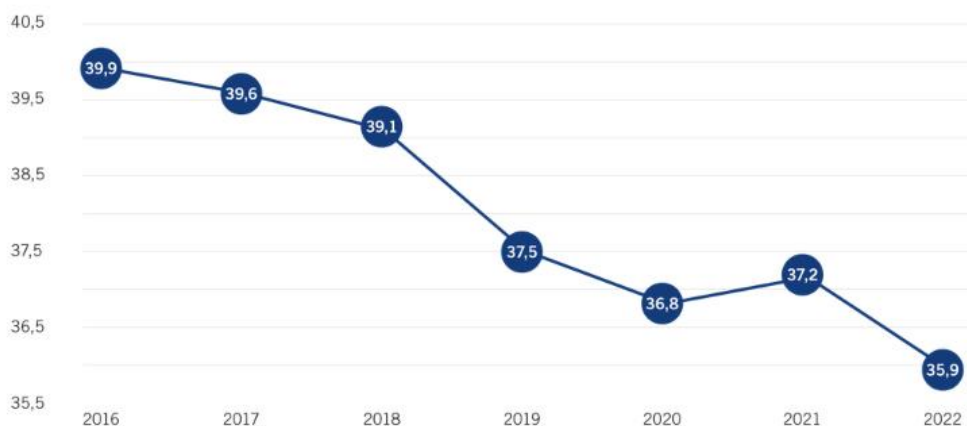
Figur 19 Tidsplan med förväntad energimix de närmsta tio åren i Esbjergområdet.

För att förbättra förutsättningarna för de nya energikällorna vill man sänka temperaturnivån i systemet, men även att sänka värmeförlusterna i ledningsnätet är en stark drivkraft. När returtemperaturen sänks ser man möjligheter till att även sänka framledningstemperaturen.

3.3.2 Arbetsmetodik

Sedan 2016 har kunder som har en returtemperatur som överskrider 41 grader från sin fjärrvärmecentral fått ett brev där de uppmanas att ta en titt på installationerna i huset. Tidigare använde man avkylning som mått på funktionen, men eftersom man använder olika framledningstemperaturer i olika delar av nätet beslutade man att i stället fokusera på returtemperaturen från varje kundanläggning.

År 2019 infördes en temperaturkomponent i prismodellen, en s.k. motivationstariff, där kunder som har en returtemperatur under 30 grader erhåller en rabatt på fakturan och de som har returtemperatur på över 41 grader får en extra avgift.



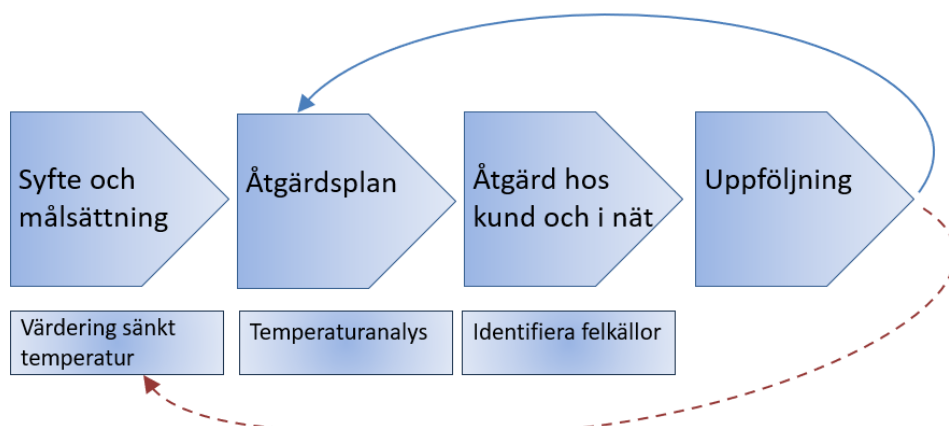
Figur 20 Årsmedelvärden för returtemperaturen i DIN Forsynings fjärrvärmesystem i Esbjerg Danmark. Under våren 2024 har värdet gått ner till 35 grader.⁹

Den normala arbetsgången är att kunderna får vända sig till en VVS-firma för att åtgärda fel och förbättra avkylningen, men om kunden behöver mer hjälp ger fjärrvärmeföretaget gärna råd för att ytterligare förbättra anläggningen. Utöver denna rådgivning arbetar man inte aktivt med felsökning och åtgärder i kundens anläggningar. DIN Forsyning har alltså ingen egen organisation för detta arbete, men har ändå varit mycket lyckosamma.

⁹ DIN Forsyning hemsida

4 Metodik för en framgångsrik temperatursänkning i nätet

I detta kapitel ges en översiktlig, steg för steg-beskrivning av tillvägagångssättet för att sänka temperaturnivåerna i fjärrvärmesystemet. Varje steg beskrivs sedan mer utförligt i efterföljande kapitel.



Figur 21 Översiktligt flödesschema för arbete med nättemperaturer.

Värdering av sänkt systemtemperatur

Innan målsättning för arbetet fastställs bör det ekonomiska värdet av sänkta systemtemperaturer beräknas.

Kalkylen måste anpassas till förutsättningarna i det lokala fjärrvärmesystemet, se även kapitel 5 Värdering av sänkt systemtemperatur. Om det inte sedan tidigare står klart, kan man med hjälp av kalkylen se var huvudfokus för temperaturarbetet bör ligga; sänkt framledningstemperatur, sänkt returtemperatur eller en kombination av båda.

Generellt kan man säga att sänkt returtemperatur, dvs. förbättrad avkylning i kundernas fjärrvärmecentraler och minimering av kortslutningsflöden i nätet är det som lönar sig bäst. När man nått en lägre returtemperatur finns möjligheten att även sänka framledningstemperaturen utan att flödet ökar och därmed risk för överföringsproblem i befintligt ledningsnät. Sänkt returtemperatur är därmed ofta en förutsättning för att sänka framledningstemperaturen. Med sänkt framledningstemperatur ökar lönsamheten ytterligare.

Syfte och målsättning

Fjärrvärmebolaget bör tidigt bestämma syfte och målsättning för projektet. Utifrån detta skapas en gemensam målbild som används till att ta fram drivkrafter för de som ska bidra till arbetet. En av de viktigaste faktorerna för framgång är att alla inblandade parter samverkar i projektet redan från start. Försök därför få med flera

delar ur organisationen i målsättningsarbetet. Kapitel 6 Syfte och målsättning för sänkning av temperaturnivåer beskriver närmare hur detta arbete kan göras.

De mål man sätter bör förstås vara kopplat till vad man vill uppnå. Ett förenklat exempel; om den största vinningen ligger i att effekten i rök-gaskondensorn ökar från 9 MW till 11 MW¹⁰ (ca 10 GWh ökning i årlig energi från RGK) om returtemperaturen sänks 5 °C kan målet lämpligen vara att sänka returtemperaturen från nätet med 5 °C jämfört med nuvarande nivå. På motsvarande sätt kan man resonera när det gäller framledningstemperaturen, kopplat till t.ex. ökat spillvärmeutnyttjande eller högre elverkningsgrad. Kapitel 6 beskriver detta närmare.

Åtgärdsplan

Utifrån den övergripande målsättningen sätts en åtgärdsplan (se kapitel 7). I åtgärdsplanen ingår bl.a. skapandet av en organisation för projektet, finansiering, strategi för kundkontakter och hur man lägger upp ett systematiskt tillvägagångssätt utifrån projektets målsättning.

Åtgärd i nät och hos kund (Sänkt returtemperatur, framledningstemperatur resp. flöde)

I kapitel 8, 9 och 10 beskrivs tillvägagångssättet för att sänka systemtemperaturer och flöde, medan kapitel 11 ger en handledning för felsökning på plats i fjärrvärmecentralen.

Åtgärder hos kund ska alltid ske i samförstånd mellan fjärrvärmebolaget och kunden. Det underlättar framdriften av projektet om man tagit fram en strategi/policy för vilka kostnader som ska täckas av projektet respektive förväntas bekostas av kund. Modell för finansiering av åtgärden kan vara allt från att fjärrvärmebolaget väljer att ta hela kostnaden för åtgärden, att viss finansiering av sker av fjärrvärmebolaget till att kunden själv får bära hela kostnaden. Även om man beslutat om en policy kan det behöva göra olika avvägningar i enskilda fall.

Man får inte glömma bort att åtgärder även kan behövas i det egna systemet. I distributionsnätet kan det t.ex. finnas cirkulationsflöden (rundgångar) som behöver tas bort eller trimmas in. Det kan även finnas betydande cirkulationsflöden i produktionsanläggningar som behöver regleras.

Uppföljning

Uppföljning och avstämning av nuläget i förhållande till målsättningen bör göras med jämna intervall. Beroende på slutsatser från uppföljningen kan eventuellt målsättning eller åtgärdsplan behöva justeras.

¹⁰ För att konkretisera exemplet har vi valt ut en av flera parametrar som gynnas av sänkt returtemperatur. Naturligtvis ska alla parametrar tas med i värderingskalkylen för att få en sammanlagt värde av förändrade temperaturer.

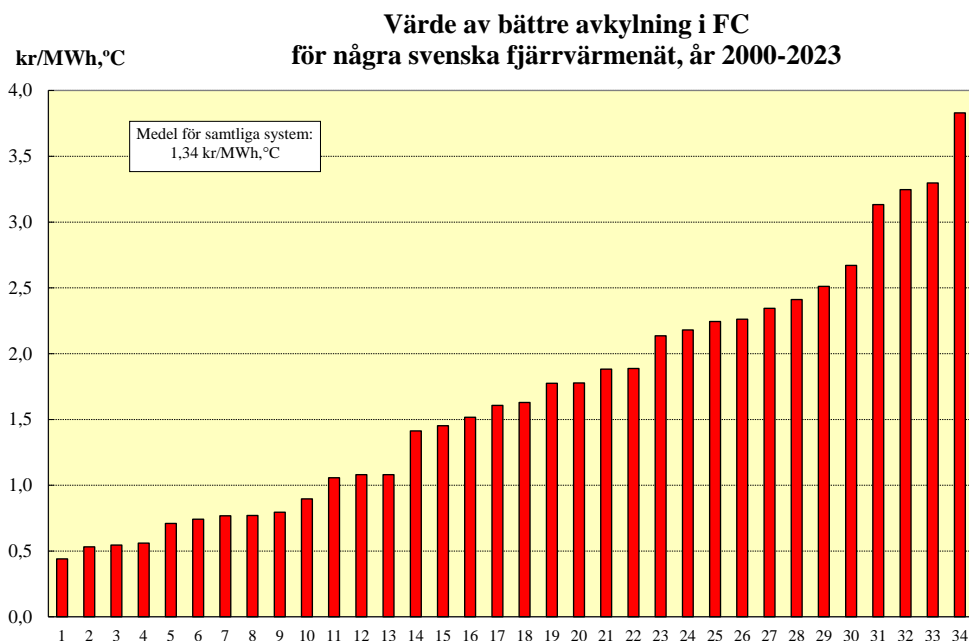
5 Värdering av sänkt systemtemperatur

I fjärrvärmesystem leder lägre temperaturnivå till lägre driftkostnader. Dessa består exempelvis av lägre värmeförluster i ledningsnätet och lägre pumpkostnader (om avkylningen ökar). Beroende på typ av värmeförluster kan även bränslekostnaderna minska, t.ex. om rökgaskondensorer och värmepumpar får bättre förutsättningar. Lägre framtemperaturer kan öka elutbytet i kraftvärmeverk och även nyttjandet av spillvärme.

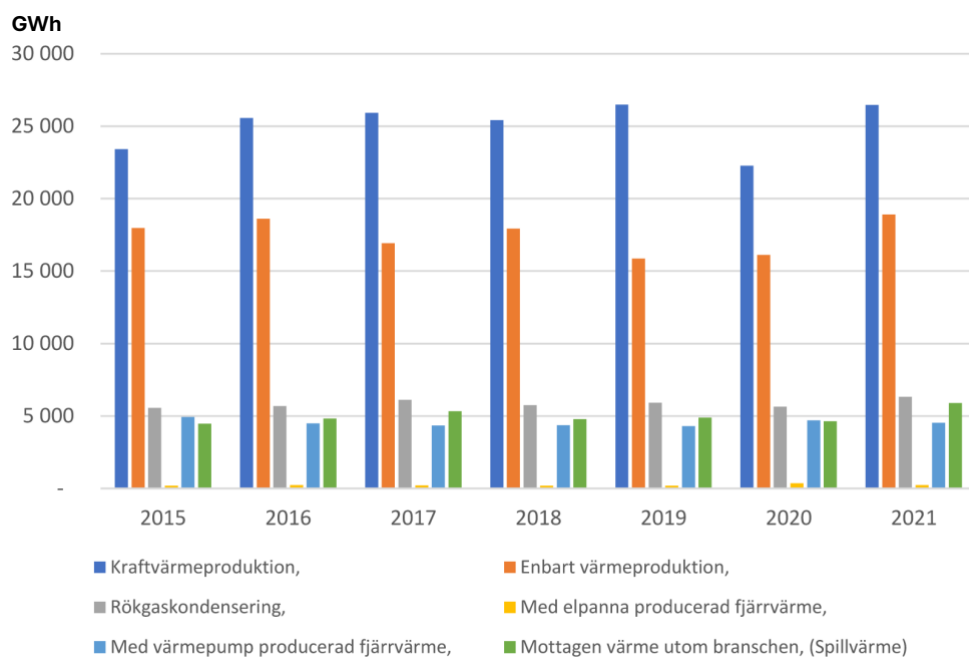
Den ekonomiska drivkraften för sänkta temperaturer varierar alltså kraftigt beroende på de lokala förutsättningarna, vilket kan ses i Figur 22. Observera att diagrammet anger värdet per grad som temperaturen sänks. Om man t.ex. sänker årsmedeltemperaturen med 5 °C ökar värdet, men i de flesta fall är det inte ett linjärt samband (första graden som sänks är oftast den mest lönsamma).

Till höger i diagrammet återfinns fjärrvärmesystem där billig spillvärme kan ersätta dyrare produktion då temperaturen i nätet sänks, vilket ger en mycket hög lönsamhet. Till vänster i diagrammet finns de fjärrvärmesystem som enbart vinner lägre distributionsförluster vid sänkt temperaturnivå. I mitten hittar vi de fjärrvärmesystem som har ett större eller mindre inslag av spillvärme, rökgaskondensering och/eller kraftvärme. Eftersom variationerna är mycket stora bör varje fjärrvärmeföretag beräkna den lokala nyttan med sänkta temperaturer för att kunna sätta ramarna för vilka åtgärder som bör prioriteras.

Figur 23 visar fördelning av fjärrvärmeproduktion fördelat på tekniker mellan åren 2015 och 2021 och Figur 24 visar produktionsslag för värme till svenska fjärrvärmenät 2023. Nästan 8 % av tillförd värme till fjärrvärmesystemet kom från spillvärme, rökgaskondensering stod för nästan 11 % och värmepumpar ca 7 %. Över en fjärdedel av producerad fjärrvärme skulle alltså ha stor nytta av en sänkt returledningstemperatur. Kraftvärme, som står för över 40 % av den producerade värmen gynnas främst av sänkt framledningstemperatur, vilket även är fallet för värmepumpar och viss spillvärme.

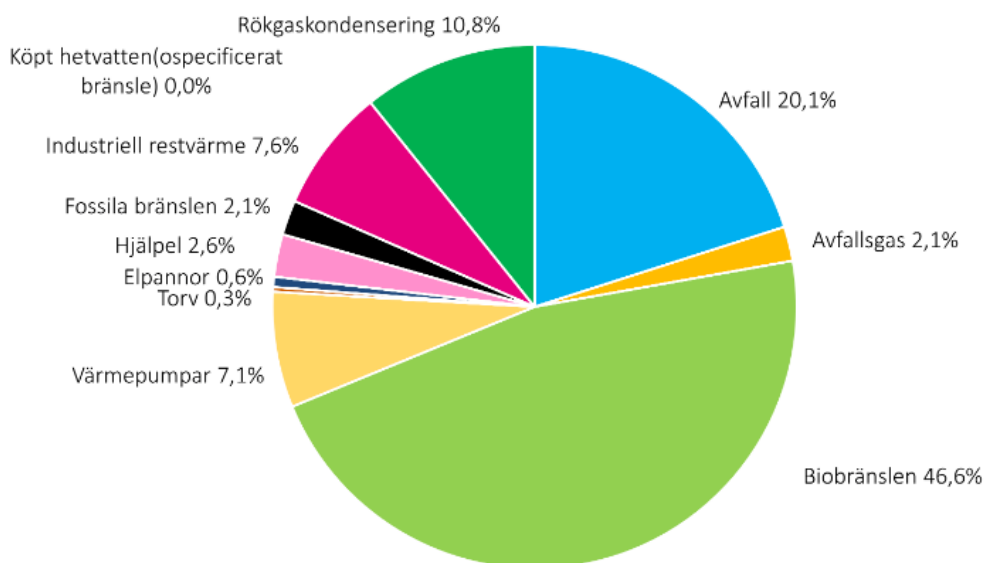


Figur 22 Ekonomiskt värde av att sänka temperaturnivån i 34 svenska fjärrvärmesystem. Sänkning av framledningstemperatur kombinerat med samtidig returtemperatursänkning.



Figur 23 Fjärrvärmeproduktion fördelat på tekniker.¹¹

¹¹ Förslag till en fjärrvärme- och kraftvärmestrategi ER 2023:14, Energimyndigheten, 2023



Figur 24 Fjärrvärmens bränslemix 2023.¹²

5.1 BERÄKNA KOSTNADSBESPARING

5.1.1 Utgångsläge för analysen

Temperaturvärderingen inleds med en nulägesbeskrivning. Utan relevanta indata och en korrekt beskrivning av aktuellt läge kan inte några meningsfulla slutsatser dras.

Ta fram nyckeltal ur befintlig driftstatistik och kunddata och gör en analys av aktuella värmekällor. När timmedelvärden finns att tillgå är det en lämplig tidsupplösning. Data bör helst omfatta kompletta driftår, men inte nödvändigtvis kalenderår.

Därefter kan man göra en analys av besparingspotentialen och vad som, via förändringar i distributionsnätet och fjärrvärmecentralerna eller förändrad driftstrategi av produktionsmixen, är möjligt.

5.1.2 Gör en lönsamhetskalkyl

Som vi tidigare nämnt så varierar det ekonomiska incitamentet för sänkta temperaturer hos olika fjärrvärmebolag kraftigt beroende på de lokala förutsättningarna. Kostnadsbedömningen måste alltså baseras på förutsättningar i det aktuella nätet.

¹² Energiföretagen Sverige. Statistik över bränslemix.
<https://www.energiforetagen.se/statistik/fjarrvarmestatik/tillford-energi/>

Denna handbok tar inte upp i detalj hur kostnadskalkylen för att bedöma lönsamheten tas fram. Patrik Selinder och Håkan Walletun tog fram ett verktyg i Excel för att använda till denna typ av kalkyl: *Värderingsmodell LAVA2*¹³.

Excelmodellen går i skrivande stund fortfarande att ladda ner från Energiforsks hemsida men kompatibilitet med senare Excelprogram saknas. Den rapport som skrevs i anslutning till projektet¹⁴ går dock också att ladda ned och innehåller underlag och riktlinjer för den som vill göra sin egen kalkyl.

Kalkylen ska ta hänsyn till ett flertal parametrar inom värmeförsel och distribution som påverkas av förändrade temperaturer i fram- och/eller returledning. LAVA-kalkylen täcker inte kostnadsbesparingar som kan åstadkommas om man kan undvika investeringskostnader i systemet, t.ex. nätförstärkningar eller nya produktionsanläggningar. När alternativet till sänkt framlednings- och/eller returtemperatur är ny produktion och/eller nätförstärkningar är det lämpligt att komplettera beräkningarna med att göra en alternativkostnadskalkyl.

Flera av faktorerna som nämns nedan kan även ge minskad miljöpåverkan i form av lägre behov av topplastanläggningar, ökad produktion av förnybar el, ökat nyttjande av lågtempererad restvärme, m.m.

Faktorer att ta med i den ekonomiska kalkylen

- a) Högre elutbyte
- b) Lägre driftskostnader (t.ex. lägre pumparbete)
- c) Minskat nyttjande av spetspannor
- d) Bättre förutsättningar för rökgaskondensering
- e) Ökat nyttjande av spillvärme och andra lågtempererade värmekällor
- f) Lägre värmeförluster
- g) Minska flödet i nätet (med sänkt returtemperatur)
- h) Bättre förutsättningar för värmelager

5.2 VÄRDET I FRAMTIDENS SYSTEM

Beräkningar av nyttan av att sänka temperaturnivån som presenteras i Figur 22 är gjorda utifrån dagens förutsättningar och bränsleprisnivåer och där biobränslen och avfall dominerar i bränslemixen.

De förändringar som förväntas i framtiden med ökad konkurrens om fossilfria bränslen antas medföra att värdet av lägre temperaturnivå kan bli i

¹³ Patrik Selinder, Håkan Walletun, Värderingsmodell LAVA2, beräkningsmodell i Excel, 2009, (sökväg 2024-09-13 <https://energiforsk.se/program/futureheat/rapporter/modell-for-andrade-forutsattningar-i-fjarrvarmenat/>)

¹⁴ Patrik Selinder, Håkan Walletun, Modell för ändrade förutsättningar i fjärrvärmesystem, Fjärrsynrapport 2009:50, Svensk Fjärrvärme 2009

storleksordningen fem gånger högre¹⁵. Detta som en konsekvens av att man övergår från fjärrvärme till största delen baserad på förbränning till en framtida energimix där mer lågtempererad restvärme, värmepumpar och solvärme kommer att nyttjas och där storskaliga värmelager sannolikt blir vanligare. Tabell 2 presenterar potentialen för kostnadsreduceringar för dessa olika typer av värmekällor i fjärrvärmesystemet, kopplat till sänkning av systemtemperaturen. Tabell 3 visar en sammanställning över beräknad besparingspotential för ett antal lokala fjärrvärmenät samt på nationell nivå, med en antagen temperatursänkning på 30 °C.

Tabell 2 Översikt av kostnadsbesparingspotential för olika typer av komponenter i fjärrvärmesystem vid sänkning av systemtemperatur¹⁶. Anges som CRG (Cost reduction gradient) med enheten euro/(MWh * °C).

Chapter section and heat supply technology (either the technology itself or as the dominant component of a system)	Cost reduction gradient (CRG) in euro/(MWh·°C)	
	Investment cases where investment costs are reduced	Existing cases where operation costs are reduced
2.1 Low-temperature geothermal heat	0.45–0.74	0.67–0.68
2.2 Heat pump	0.41	0.63–0.67
2.3 Low-temperature waste heat	0.65	0.51
2.4 Solar thermal – flat plate collectors	0.35–0.75	Not available
2.4 Solar thermal – evacuated tube collectors	0.26	Not available
2.6 Biomass-CHP with back-pressure turbine	Not available	0.10-0.16
2.6 Biomass-CHP with extraction turbine	Not available	0.09
2.6 Waste-CHP with flue gas condensation	Not available	0.07
2.7 Daily storage as tank thermal storage	0.01	0.07
2.7 Seasonal storage as pit thermal storage	0.07	0.07
2.8 Heat distribution loss	Not available	0–0.13

Tabell 3 Översikt av kostnadsbesparingspotential för olika orter resp. länder¹⁷. LCOH står för Levelized cost of heat, dvs total kostnadsreduktion per MWh vid en sänkning av systemtemperaturen med i medeltal 30°C.

	Cost Reduction Gradient [euro/(MWh·°C)]	LCOH Benefit ¹ [euro/MWh]	Reference
Local district heating systems			
Borås (SE; 1996)	0.05	1.5	(Dahlberg & Werner, 1997)
Enköping (SE; 2015)	0.12	3.6	(Castro Flores et al., 2017)
Middelfart (DK; 2015)	0.49	15	(Sipilä & Rämä, 2016)
Viborg (DK; 2016)	0.29	8.7	(Diget, 2019)
Göteborg (SE; 2017)	0.20	6	(Eriksson, 2020)
Gleisdorf (AT; 2020)	0.11	3.3	Estimation by AEE INTEC
Gleisdorf (AT; 2025)	0.28	8.4	Estimation by AEE INTEC
Aalborg (DK; 2050)	0.57	17	(Sorknæs et al., 2020)
National estimations			
Sweden (1996–2010)	0.12	3.6	(Frederiksen & Werner, 2013)
Austria (2019)	0.12	3.6	Estimation by AIT
Austria (2050)	0.38	11	Estimation by AIT
Denmark (2050)	0.55	17	(Lund et al., 2018)
¹ temperature reduction is assumed to be 30 °C in average			

¹⁵ IEA DHC Final report, Low-temperature district heating implementation guidebook

¹⁶ Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook, Lygnerud och Werner

¹⁷ Low-Temperature District Heating Implementation Guidebook, Lygnerud och Werner

6 Syfte och målsättning för sänkning av temperaturnivåer

6.1 IDENTIFIERA HUVUDSYFTE FÖR ATT SÄNKA TEMPERATURERNA

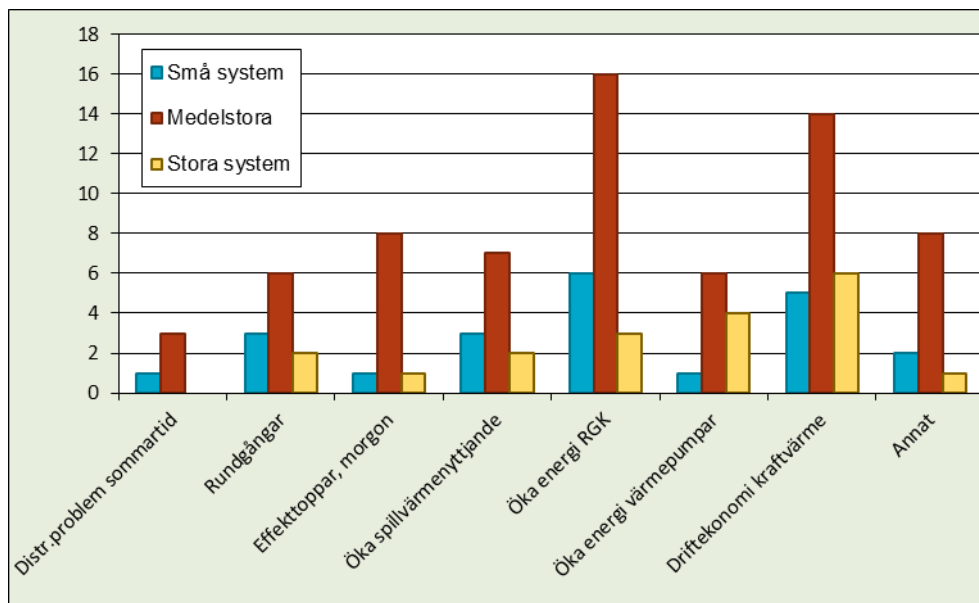
Arbetet med att sänka temperaturnivåerna i nätet är ett långsiktigt arbete som berör hela organisationen. För att behålla motivationen är det viktigt att veta varför man gör detta. Oftast kan man utifrån den ekonomiska analysen se den ekonomiska nyttan och formulera ett huvudsyfte utifrån det. Syftet kan även vara kopplat till klimatnytta. Kanske har man redan tidigare identifierat ett behov; t.ex. kapacitetsbrist i nätet som kan lösas med ökad avkylning eller önskan att optimera ett stort värmelager.

I projektet "Grundläggande faktorer för lyckosamma avkylningsprojekt"¹⁸ gjorde man en enkätundersökning bland totalt 95 fjärrvärmebolag. En av frågorna gällde orsaker till att arbeta med avkylning i fjärrvärmesystemet. Trots att enkäten gjordes redan 2005, och endast rörde returtemperaturen, ser vi fortfarande samma syften till att arbeta med temperaturnivåer i nätet. Vi ser i Figur 25 att drivkraften för de flesta var att öka utbytet i rökgaskondensering (RGK) och värmepumpar samt förbättra driftsekonomi i kraftvärmeproduktionen.

De projekt som presenterades i kapitel 3 Erfarenheter från framgångsrika projekt har nedanstående huvudsyften med sina arbeten:

- För Luleå Energi (avsnitt 3.1) var det en drastisk ändring av förutsättningarna för spillvärme från SSAB som gav en stark drivkraft till att sänka framledningstemperaturerna i fjärrvärmesystemet. Huvudsyftet blev då att även i framtiden kunna nyttja så mycket spillvärme som möjligt.
- Ulricehamns Energi (avsnitt 3.2) har också en stor andel spillvärme i fjärrvärmeleveransen; en pelletsfabrik där värmen kommer från kondensering av fukt i sågspån. Även här är huvudsyftet att kunna nyttja så mycket spillvärme som möjligt. Eftersom värmeöverföringen i värmeväxlaren ökar med lägre temperatur jobbar man främst med nätets returtemperaturer.
- Det övergripande syftet för DIN Forsyning, som är fjärrvärmeleverantör i Esbjerg (avsnitt 3.3) är att fasa ut det fossila kolet, bl.a. genom att ersätta kolkraftverket med en 50 MW värmepumpsanläggning. Det har då varit viktigt med låga systemtemperaturer för att få så hög COP som möjligt.

¹⁸ Håkan Walletun, John Johnsson, Grundläggande faktorer för lyckosamma avkylningsprojekt. Rapport FoU 2005:137, Svensk Fjärrvärme, 2005



Figur 25 Svar från 95 fjärrvärmebolag på frågan "Vilka orsaker finns till att ni anser att ni, eller era kunder, bör arbeta med avkylningsprojekt?". Källa: Grundläggande faktorer för lyckosamma avkylningsprojekt (Walletun, H och Johnsson, J, 2005).

6.2 SÄTT SPECIFIKA MÅL

När man gjort en ekonomisk kalkyl som tydliggör värdet att sänka systemtemperaturer (Kapitel 5 Värdering av sänkt systemtemperatur) kan man utifrån den ekonomiska potentialen bestämma relevanta mål.

Skilj mellan övergripande mål (t.ex. öka elutbytet) och temperaturmål. Som med allt målsättningsarbete är det viktigt att målen är tydliga, mätbara och genomförbara. Om man arbetar med flera delprojekt kan det även vara bra att sätta individuella mål för de olika delprojekten.

6.2.1 Tydliga, mätbara mål

Den övergripande målsättningen behöver inte nödvändigtvis vara ett mätbart mål. Om huvudsyftet med temperaturarbetet t.ex. är ett ökat utnyttjande av spillvärme kan det finnas ett flertal faktorer, utöver temperaturerna som påverkar detta. Exempelvis kan tillgänglighet eller temperatur på spillvärmen förändras utan fjärrvärmebolagets rådighet. Det blir då svårt att följa upp målet om produktionen ändras hos den industri som levererar spillvärmen.

Ju större sänkning man sätter som mål desto mer kommer att krävas för att uppnå målet. T.ex. kan en mindre justering av framledningstemperaturen ofta göras utan större ingrepp i vare sig nät eller hos kund, medan det för stora temperatursänkningar kan krävas betydande nätförstärkningar och reducering av cirkulationsflöden, kombinerat med åtgärder i fjärrvärmecentraler och ombyggnationer av kundanläggningar.

Målet bör uttryckas i text så att alla som aktivt jobbar med projektet känner till det. Exempelvis: "Målet är att sänka returtemperaturen i fjärrvärmenätet på helårsbasis.

Konkret ska returtemperaturen sänkas utifrån dagens nivå med 5 °C under ett treårsperiod utan någon påverkan av framledningstemperaturen. Den sänkta returtemperatuten ska uppnås genom förbättrad avkylning i fjärrvärmecentralerna samt inventering och injustering av distributionsnätets s.k. rundgångar¹⁹.

Varje avdelning sätter sina egna mål för arbetet.

6.2.2 Mål framledningstemperatur

För framledningstemperatur skulle ett mål kunna sättas baserat på den nytta man vill uppnå med den sänkta temperaturen. Målet kan då se olika ut beroende på om man t.ex. önskar en högre elverkningsgrad i kraftvärmeverket eller om man vill öka nyttjandet av spillvärme (se t.ex. avsnitt 3.1.2 om Luleå Energis val av mål för framledningstemperaturen).

Vid sänkning av framledningstemperaturen är det oftast lämpligt att samtidigt sätta ett mål för sänkning av returtemperaturen för att undvika flödesökningar som kan orsaka överföringsproblem i ledningsnätet.

6.2.3 Returtemperaturmål

Generellt gäller att *alla returtemperaturer över 40 °C vid 0 °C utomhustemperatur beror på felaktiga FVC i fjärrvärmesystemet eller ej injusterade radiatorsystem i fastigheten*. Även vid något högre utetemperatur (upp till ca 15°C) bör man kunna nå den returtemperaturen. Det är dock ett fåtal fjärrvärmenät som håller så pass låg returtemperatur på årsbasis (se Figur 7); vid såväl lägre som högre utetemperaturer finns flera faktorer som driver returtemperaturen uppåt.

Då varje fjärrvärmesystem har olika förutsättningar både när det gäller värmeförsörjning och kundsammansättning finns det ingen "one size fits all". Som nämns inledningsvis bör målet för returtemperatur i fjärrvärmenätet sättas utifrån lönsamhet i det aktuella fjärrvärmesystemet. Sätter man ett för högt mål finns risken att man aldrig når målet och med ett omotiverat lågt mål sänker man kanske ambitionsnivån i projektet. Det är dock bättre att sätta ett mål som kanske hamnar lite fel än att inte sätta något mål alls.

Är man osäker på vilket returtemperaturmål man ska sätta kan man exempelvis sätta som mål att den, på månadsbasis, ska vara 5 °C lägre än dagens nivå. Om/när målet nås kan man sätta ett nytt mål -som spänner bågen ytterligare.

Man kan även välja att mål för temperatursänkningen sätts utifrån utetemperatur eller driftperiod, t.ex. att returtemperaturen under perioden oktober-mars ska sänkas 7 °C.

Vid returtemperaturprojekt kopplade till en sänkning av framledningstemperaturen bör man, om möjligt, sätta målet för returtemperatursänkningen i en nivå som minst motsvarar framledningstemperaturens sänkning.

¹⁹ Håkan Walletun, Effektivisering av fjärrvärmecentraler. Rapport FoU 1999:27, Fjärrvärmeföreningen, 1999

6.2.4 Genomförbara mål

För att målet ska vara genomförbart måste det vara realistiskt. Det räcker inte att målet är realistiskt satt. Den eller de som ansvarar för att målet ska uppnås måste även ha de resurser som krävs för att uppnå målet, framför allt om man vill se en märkbar skiftning i fjärrvärmenätets temperaturnivåer. Utan rätt förutsättningar för arbetet riskerar uppgiften bli ett Sisyfosarbete; ett krävande arbete där man aldrig når målet. Se även avsnitt 7.2 Organisation.

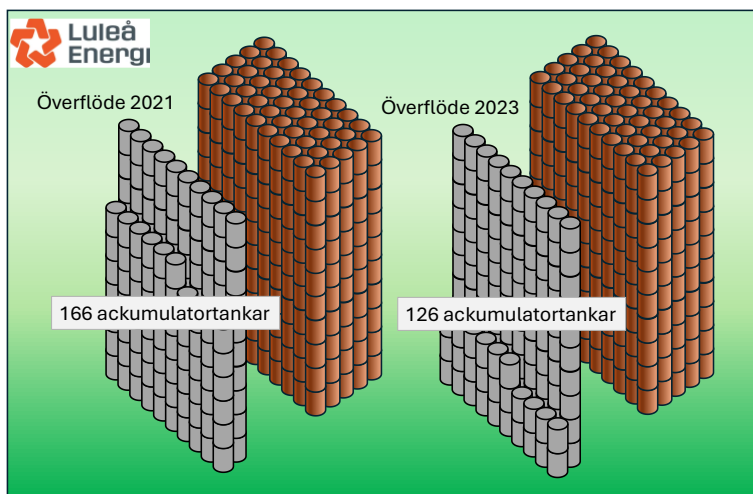
Målet kan också vara att man vill nå ner till en viss returtemperatur varje månad, som 40 °C under sommarmånaderna och 45 °C under resten av året.

Hur man bestämmer mål kan göras på flera sätt. Det allra enklaste målet är att använda den aktuella periodens värde på medelavkylningen som mål för samtliga FVC. Man kommer då aldrig att nå sitt mål eftersom det hela tiden skjuts framåt i takt med att förbättringar görs, men det är ett enkelt och begripligt sätt att arbeta.

Ett annat alternativ är att t.ex. månad för månad arbeta mot olika målvärden. Dessa målvärden har då fastställts efter en nulägesbeskrivning och ett efterföljande beslut om vilka temperaturnivåer man önskar uppnå.

6.2.5 Flödesmål

Eftersom reduktion av onödiga flöden i nätet är viktigt för att sänka temperaturen på såväl fram- som returledning kan man med fördel sätta mätbara mål för delprojekt som arbetar med detta. Ett exempel på mål för flöde ses i Figur 26. De roströda tankarna i figuren motsvarar målet för årligt fjärrvärmeflöde i Luleå, dvs. totalt årsflöde om alla fjärrvärmecentraler skulle fungera bra, ΔT 40 °C. I figuren presenteras årsvolymer fjärrvärmevatten som staplade ackumulatortankar - vardera med volymen 30 000 m³, vilket motsvarar storleken på Luleå Energis nybyggda ackumulatortank. Bilden visar en uppföljning på hur överflödet i nätet har minskat 2023 jämfört med år 2021 på ett sätt som alla på Luleå Energi tydligt kan relatera till. Jämfört med 2021 minskades alltså överflödet med 40 acktankar till 2023.



Figur 26 Flöde i Luleå Energis fjärrvärmenät under ett år; 2021 resp. 2023 presenterat som staplade ackumulatortankar, vardera med volymen 30 000 m³ (storleken på Luleå Energis nybyggda ackumulatortank). Roströda tankarna motsvarar allt flöde om alla fjärrvärmecentraler skulle fungera bra (ΔT 40 °C).

7 Åtgärdsplan

7.1 ÅTGÄRDER ANPASSADE TILL MÅLSÄTTNING

Detta kapitel går igenom de grundläggande elementen i en åtgärdsplan. Det är dock nödvändigt att åtgärdsplanerna anpassas efter vad man önskar uppnå med arbetet. Kapitel 8-10 går detaljerat in på tillvägagångssätt vad gäller sänkt retur- och framledningstemperatur respektive sänkt cirkulationsflöde.

7.2 ORGANISATION

Arbetet med att sänka fram-/returtemperaturer i fjärrvärmesystemet berör i stort sett alla avdelningar på ett fjärrvärmebolag; inte minst de tre delområdena värmeproduktion, -distribution och fjärrvärmecentraler, men även exempelvis marknad och ekonomi. I projektgruppen bör man därför samla kompetenser från olika områden. Detta kan i en del fall innebära en extra svårighet eftersom kommunikation över organisatoriska systemgränser krävs, men det bidrar samtidigt till en samsyn på systemet, vilket bör leda till en större hänsyn och samverkan (som kan gynna företaget inom fler områden). Det räcker ofta med att gruppen träffas en gång per kvartal för en lägesrapportering och för att diskutera problemställningar som uppstått. Tidigare använda nyckeltal redovisas i projektgruppen löpande för uppföljning.

En avgörande faktor för att kunna genomföra temperatursänkningarna är att den personal (på alla nivåer) som ska utföra arbetet har rätt förutsättningar för sitt uppdrag. Stöttning från företaget innebär t.ex.:

- Tid avsatt för att utföra arbetet (dvs. inte en arbetsuppgift som läggs på ett redan fullbokat schema). Eventuellt kan extra resurs(er) behöva anställas för att möjliggöra detta.
- Alla inblandade är väl insatta i målsättningen. Ännu bättre om de fått vara delaktiga i målsättningsarbetet.
- Rådighet när det gäller kundkontakter, investeringar, mm. (delegerat ansvar eller att någon i beslutsposition är med i projektgruppen)
- Långsiktighet i arbetet

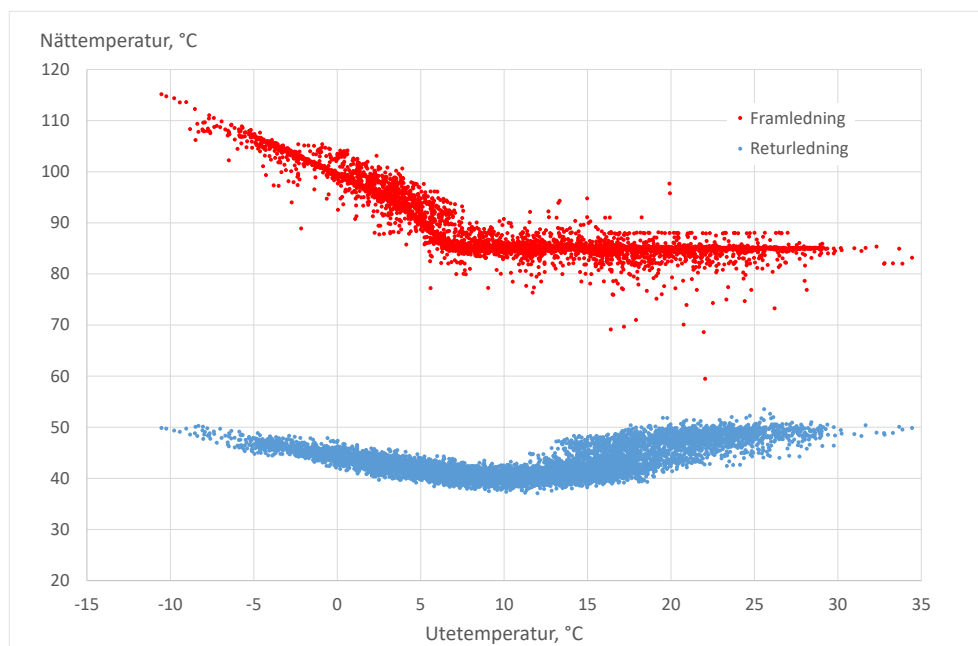
7.3 ANALYS AV DRIFTFÖRHÅLLANDEN

Förväntade konsekvenser av temperatursänkningarna behöver man ta reda på om man inte redan i lönsamhetskalkylen (kapitel 5) gjort den analysen.

Temperaturvärderingen bör inledas med att en nulägesbeskrivning görs. Det kan t.ex. vara lämpligt att sammanställa allmän basinformation om systemet som beskriver distributionsnätet och lastbehovet. Utan relevanta indata och en korrekt beskrivning av aktuellt läge kan inte några meningsfulla slutsatser dras.

7.3.1 Analys av driftstatistik

Genom att studera och följa upp driftdata avseende fram- och returtemperatur (Figur 27), delta-T, effekt, flöde, mm kan känsliga driftfall och geografiska fokusområden identifieras. De basparametrar som alltid behövs för beräkningsarbetet är T_{retur} och T_{fram} samt utomhustemperaturen T_{ute} . Dessutom behövs flödet \dot{m} och/eller effekten Q .



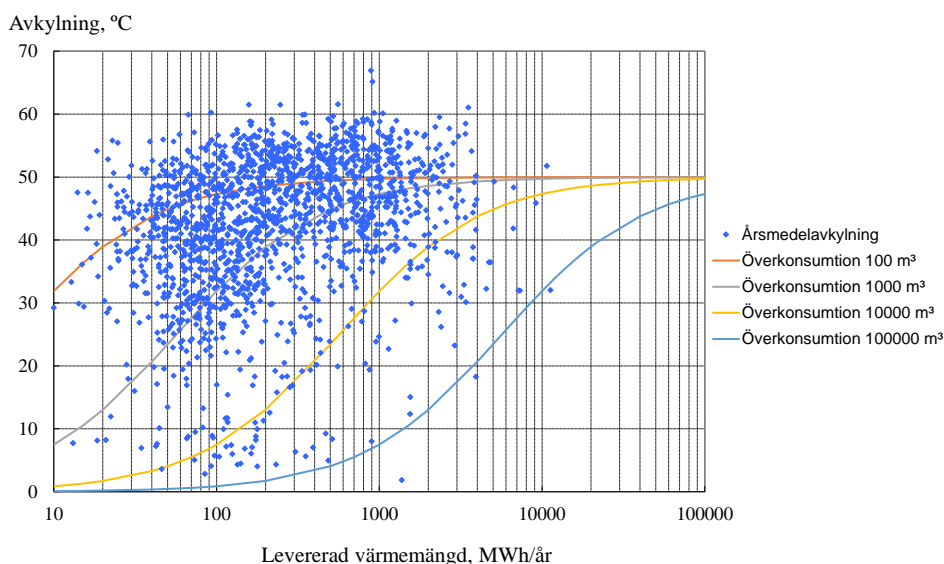
Figur 27 Exempel på temperatursignaturer för ett (mindre) fjärrvärmenät.

Exempel på frågeställningar som bör tas upp utifrån temperaturstatistiken i Figur 27 är:

- Temperaturen på framledningen sommartid är ca 85 °C, men även 88 °C används ofta. Är det ett skiftlag i kontrollrummet som har en annan åsikt om hur man bör köra systemet? Varför?
- De flesta fjärrvärmesystem använder en framledningstemperatur på 70 – 75 °C sommartid. Krävs verkligen så hög temperatur i det här systemet?
- Temperaturdifferensen vintertid är omkring 60 grader. Vid brytpunkten då utetemperaturen är +7 °C är differensen 45 grader när effektbehovet borde vara en tredjedel av maxeffektbehovet. Flödet vid brytpunkten bör då vara ca 45 % av flödet vintertid. Genom att flytta brytpunkten mot en lägre utetemperatur och öka flödet kan ledningarnas flödeskapacitet utnyttjas bättre. Därmed kan framledningstemperaturen sänkas under många driftfallstimmar per år.

7.4 IDENTIFIERA FJÄRRVÄRMECENTRALER MED ÅTGÄRDSBEHOV

Oavsett om målet är en sänkning av fram- eller returledningstemperatur kommer det bli nödvändigt med åtgärder i nätets fjärrvärmecentraler. Inte sällan kan även åtgärder behöva tas i kundens värmesystem.



Figur 28 Årlig värmeleverans, medelavkylning per år för varje fjärrvärmecentral i ett svenskt fjärrvärmesystem samt linjer för överkonsumtion vid en antagen optimal årsavkylning på 50 grader.

Kundernas avkylning av fjärrvärmevattnet varierar stort i de flesta fjärrvärmesystem vilket framgår i Figur 28. Många kunder uppvisar en mycket bra avkylning, i detta fall över 50 grader som årsmedelvärde. Samtidigt finns många kunder med mediokra eller riktigt dåliga värden för avkylningen.

Genom att använda begreppet överkonsumtion (se avsnitt 8.2.1) kan kunderna sorteras efter i vilken mån de påverkar returtemperaturen i hela fjärrvärmesystemet.

I Figur 28 kan man se att överkonsumtionen är lika stor för en större kund med ett årligt värmebehov på 10 000 MWh och en årsavkylning på 32 grader som för en mindre kund med 500 MWh och 4 graders avkylning. Detta exempel visar att det är viktigt att inte enbart fokusera på avkylningen utan även väga in storleken på värmeleveransen.

Med ett beräknat värde på hur mycket en lägre temperaturnivå är värd i det aktuella fjärrvärmesystemet kan en kostnad beräknas för varje överkonsumerad kubikmeter, vilket ger tydlig överblick av hur mycket en kundanläggnings dåliga funktion kostar i systemet som helhet.

Med en funktionskontroll på plats i fjärrvärmecentralen (se avsnitt 11.1) har man möjlighet att detektera orsak till felfunktionen.

7.5 KUNDKONTAKTEN

För att lyckas sänka temperaturer i fjärrvärmesystemet, oavsett om det gäller fram- eller returtemperatur, är det nödvändigt att ha ett gott samarbete med sina kunder. I de allra flesta fall uppskattar kunderna feedback på hur deras fjärrvärmecentraler fungerar. Ofta tjänar kunden själv på att åtgärda fel i anläggningen.

Det fungerar däremot inte med ett "myndighetsbrev" där man påpekar dålig avkyllning och beordrar kunden att förbättra anläggningen. Ett korrekt brev eller mejl som i stället ger helhetsituationen med en bedömning av energiförbrukning, komfort och effektivitet gör oftast kunden mer intresserad.

Är det sedan aktuellt att byta komponenter i fjärrvärmecentralen är det ett positivt om man kan erbjuda kostnadsfri dimensioneringshjälp av VVX, ventiler eller pumpar. Det är också viktigt att man kan presentera nyttan med åtgärden för kunden och motivera den ekonomiskt.

7.5.1 Inför kundbesöket

När man identifierat en fjärrvärmecentral som behöver åtgärdas är förstås det bästa att ta en personlig kontakt på telefon och följa upp med ett kundbesök. Här är det en fördel att ha en rutin för detta så att arbetet löper effektivt.

Förbered kalkyl

Inför kundbesöket kan det vara en god idé att ta med en kalkyl till kunden. Detta ser bl.a. Luleå Energi som en av sina framgångsmetoder (avsnitt 3.1.5). Kalkylen bör baseras på ett års månadsvis förbrukning av energi och flöde för aktuell fjärrvärmecentral. Kundens lönsamhetskalkyl utformas efter hur aktuell prismodell ser ut. För de som har en flödes- eller returtemperaturkomponent i prismodellen kan man göra en bedömning av potentiell förbättring (t.ex. minskat överflöde med 13 000 m³ under den period på året då flödeskomponenten tillämpas). På det viset kan man peka på en tydlig besparingspotential för kunden. Ofta går det även att hitta ytterligare fel på kundens sekundärsida som ökar kundens incitament till att investera i åtgärden.

7.6 LÖPANDE UPPFÖLJNING

Man bör även följa upp den ekonomiska lönsamheten i temperaturprojekten. Genom att rätta till de fel som finns i systemet med störst påverkan på temperaturnivån, som samtidigt har relativt låga kostnader för åtgärderna, får man i allmänhet mycket god lönsamhet i början då man "plockar de lägst hängande frukterna". På detta sätt bör man driva förbättringsarbetet så länge som man finner det ekonomiskt lönsamt. I takt med ökad erfarenhet är det rimligt att anta att felsökningen blir mer effektiv och kostnaderna för åtgärder kan sänkas. Därmed finns det ofta några åtgärder att utföra efter att de enklaste felen rättats till eftersom nya fel även kan tillkomma.

8 Sänkt returtemperatur

Det finns två huvudorsaker till hög returtemperatur i fjärrvärmenät; fel i kundernas anläggningar samt cirkulationsflöden (kortslutningar) i distributionsnäten. I kapitel 10 tas cirkulationsflöden upp tillsammans med andra utmaningar gällande flöde.

8.1 FÖREBYGGANDE

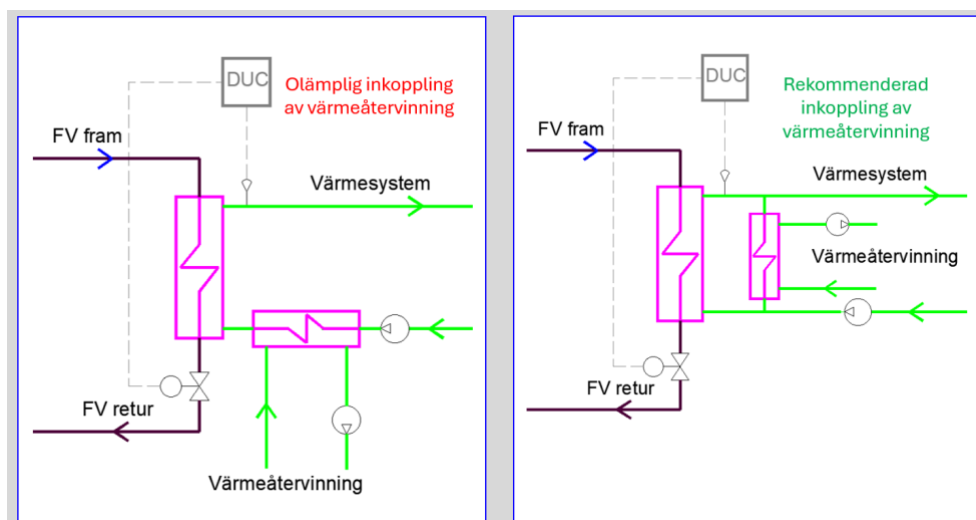
För att undvika onödigt höga returtemperaturer från kundens fjärrvärmecentral är det viktigt att vara med tidigt i processen. Felaktiga inkopplingar och/eller feldimensionerade nyckelkomponenter kan bli kostsamt att åtgärda i efterhand och det finns då en risk att felen lämnas utan åtgärd.

Anslutning och installation

Innan en kund tillåts ansluta sin fastighet till fjärrvärmenätet ska principschema för inkoppling granskas av fjärrvärmebolaget för att undvika felaktiga installationer som kan leda till blir onödigt hög²⁰ returtemperatur. Förslag på lämpliga kopplingsprinciper för olika typer av anslutningar finns i Energiföretagens skrift "FJV 001 Kopplingsprinciper".

Exempel på olämpliga installationer kan t.ex. vara

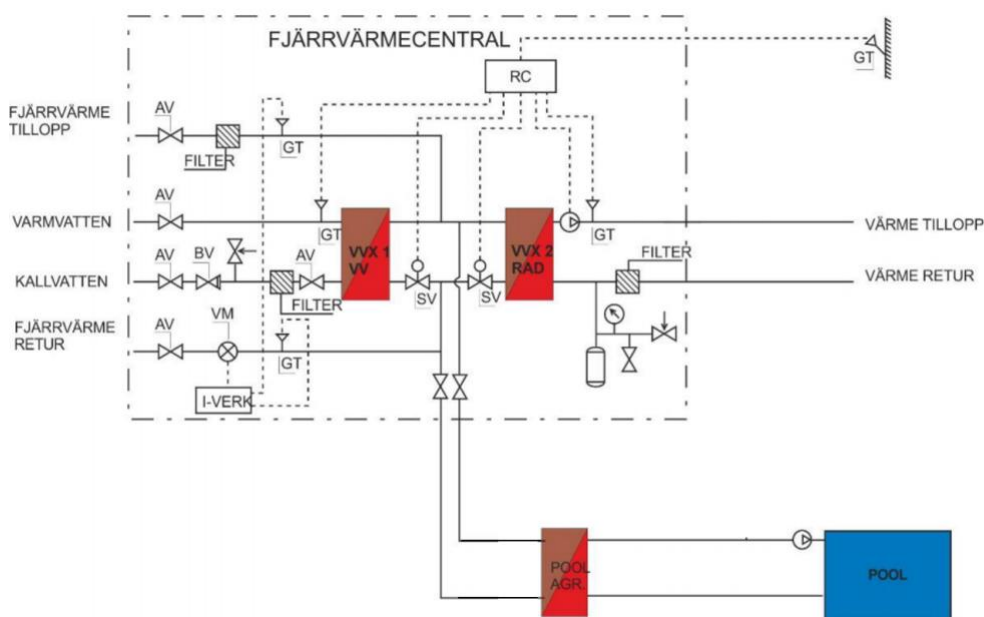
- Värmepump eller värmeåtervinning inkopplad mot radiatorreturen i serie före fjärrvärmeväxlare (se nedan). Kan vara motiverat med avseende på resurshushållning men om möjligt bör annan typ av kopplingsprincip användas, t.ex. parallellkoppling av VVX för värmeåtervinning och fjärrvärme.



Figur 29 Vänstra bilden: exempel på värmeåtervinning inkopplad mot värmesystemets returledning före fjärrvärmeväxlare. Högra bilden: värmeåtervinningen är i stället parallellkopplad med fjärrvärmeväxlaren.

²⁰ Anslutningen bör även granskas ur andra aspekter, se F:101 Fjärrvärmecentralen - Utförande och installation

- Primär inkoppling med bristfällig eller ingen flödesreglering. Exemplet i Figur 30 upptäcktes i en större villa vid funktionskontroll p.g.a. överkonsumtion av flöde.



Figur 30 Exempel på fjärrvärmeväxlare för pooluppvärmning som saknar flödesreglering.

- 3-vägs blandningsventil på sekundärsida efter fjärrvärmeväxlare som har funktionen att shunta ned framledningstemperaturen till en lägre nivå än börvärde för styrventil på primärsida (se Figur 44). 3-vägsventil kan vara berättigad som extra skydd mot skällning, t.ex. på förskola eller äldreboende, men styrning av primärflöde ska då ske mot börvärdesgivare efter 3-vägsventilen.
- Medströmskopplad värmeväxlare (görs knappast medvetet men kan ske av misstag).
- Feldimensionering (t.ex. för stora styrventiler eller för termiskt korta/små värmeväxlare)

Nybyggnation

Vid nybyggnation bör fjärrvärmebolaget ha en tidig dialog med byggherren. Byggnadens interna värmesystem måste ha en låg returtemperatur om det ska finnas möjlighet för den primära returtemperaturen att hållas låg. Om en industrikund ska anslutas behöver industriprocessernas behov också samverka

med fjärrvärmesystemets förutsättningar (se t.ex. Fjärrvärme till industriprocesser²¹).

Ombyggnation hos kund

När en befintlig kund gör tillbyggnad, ändrar verksamheten i lokalen, förändrar värmesystemet eller gör andra betydande förändringar som påverkar fjärrvärmesystemet ska detta göras i samråd med fjärrvärmebolaget. Fjärrvärmeföretaget bör då passa på att tillse att allt blir korrekt dimensionerat och utfört.

Varmhållning vid ledningsinstallation

Vid ledningsförläggning installeras ofta en varmhållningsventil för att förhindra att vattenfyllda ledningar fryser i väntan på kundanslutning eller hopkoppling med huvudnätet. Om dessa inte utförs korrekt får man med tiden betydande cirkulationsflöden i nätet. Se även under avsnitt 10.2.2 *Var hittar vi onödiga cirkulationsflöden?* Flera exempel på lämpliga åtgärder redovisas i den FoU-rapport²² där erfarenheter från Göteborg Energi har sammanställts.

8.2 LÖPANDE

Detta avsnitt går igenom hela arbetsgången för det löpande arbetet med sänkt returtemperatur; från att identifiera fjärrvärmecentraler som orsakar hög returtemperatur i nätet fram till att problemet är åtgärdat. En översikt av arbetsgången presenteras i Tabell 4.

Tabell 4 Förslag till åtgärdsplan där målet är sänkt returledningstemperatur

Åtgärd	Resulterar i
1. Överkonsumtionslistor, avkylningsstatistik	Analys och beslut om funktionskontroller
2. Funktionskontroller, FC –Platsbesök	Protokoll –Åtgärdsförslag –Kundkontakt
2.1 Kunder med normala behov	
2.2 Kunder med speciella krav	
3. Lönsamhetsberäkning för åtgärd av FC (kund)	Incitament för kunden att åtgärda
4. Driftloggning, effektmätning FC	Ökad kunskap om driftproblem –Kundkontakt
5. Dimensionering av åtgärd FC	Spec. av VVX- och/eller ventilstorlek, pump
6. Injustering, ombyggnation eller utbyte FC	Åtgärdat problem i FVC

8.2.1 Identifiering och prioritering av kunder med dålig avkylning

För att identifiera fjärrvärmecentraler med oönskat höga returtemperaturer behövs någon form av analysmetod. Då avsikten är att hitta de FVC som har störst negativ påverkan på nätets returtemperatur måste hänsyn tas till både dålig avkylning ΔT och energiförbrukning.

²¹ Karl-Mikael Steen, Ulrika Sagebrand, Håkan Wallethun, Att använda fjärrvärme i industriprocesser. Rapport 2015:155, Fjärrsyn, 2015

²² Anders Fransson, Avkylningsarbete på Göteborg Energi AB 1995-2004. Rapport 2005:132, Svensk Fjärrvärme

På fjärrvärmebolag som arbetar med detta används olika typer av verktyg med varierade komplexitet, några egenutvecklade, andra utvecklade av tredje part. Vissa utför analysen några gånger per år medan andra får larm direkt från mätsystemet. Gemensamt är att metoderna baseras på data från värmemätare för kunddebitering.

8.2.2 Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde

Vi har valt att, i denna handbok, beskriva en metod för prioritering som är tillämpbar i alla fjärrvärmesystem, utan behov av extra programvara; Överkonsumtionslista. Denna metod används av exempelvis Luleå Energi, se *Överkonsumtion av fjärrvärmeflöde* under avsnitt 3.1.4 Åtgärdsplan.

Metoden finns tidigast beskriven i rapporten *Effektivisering av fjärrvärmecentraler*²³ och är ett utmärkt sätt att hitta de värsta "temperaturbovarna" genom att beräkna varje fjärrvärmecentralers överkonsumtion (eller "merförbrukning") av fjärrvärmevatten i förhållande till ett uppställt mål.

Överkonsumtionen definieras som det flöde som passerar en kundanläggning utöver det flöde som skulle passerat om anläggningen uppvisat en önskad avkylningstemperatur. Överkonsumtionen blir alltså ett direkt mått på hur mycket en enskild kund höjer returtemperaturen i hela fjärrvärmesystemet.

Avgörande här är att man har en fullständig överblick av kundernas fjärrvärmecentralers funktion. Man behöver därför ha kontroll på inte bara värmeleveranser till alla kunder utan även vilka flöden som passerar varje FVC. Därför måste man utan dröjsmål uppmärksamma felvärden från flödesgivaren som resulterar i orimliga nivåer för avkylningen (se även avsnitt 11.2.11).

Överkonsumtionslista

Ett exempel på överkonsumtionslista visas i Figur 31. Inom ramen för detta handboksarbete har en mall, i Excelformat, gjorts tillgänglig för nedladdning på Energiforsks hemsida.

²³ Walletun, Effektivisering av fjärrvärmecentraler

Överkonsumtionslista Fjärrvärmeflöde

Oktober, 2024

Aktuell T_{fram}	83 °C
Mål:	35 °C
Medelkyllning:	30 °C

Över 2000 m ³	Ber. Retur:	53 °C
1000-2000 m ³	Verklig retur:	50 °C
0-1000 m ³		
Negativ volym	(bättre än målet)	

FVC ID	Energi [MWh]	ΔT [°C]	Volym [m ³]	Överkonsumtion [m ³]	Fastighetsbeteckning
123459	1667	15,2	96264	54 272 m ³	Ankeborg 1:4
123462	29	9,1	2797	2 067 m ³	Åkerbäret 1:18
123461	6	2,4	2195	2 042 m ³	Blacksta 3
123458	4876	34,4	124523	1 707 m ³	Dunderklumpen 2
123464	21	9,3	1964	1 438 m ³	Kraftvärmens 4
123465	0	0,3	1201	1 191 m ³	Folkets Park 1
123463	76	27,9	2399	480 m ³	Blåsippan 2
123456	42	33,1	1124	58 m ³	Lappen 8
123457	113	59,1	1680	-1 166 m ³	Egypten 1
123460	653	42,1	13631	-2 821 m ³	Östern 4
123458	574	59,6	8458	-6 004 m ³	Almen 3
123466	1250	62,8	17482	-14 006 m ³	Biet 2
Totalt	9309	29,9	273717		

Figur 31 Typexempel på överkonsumtionslista för fjärrvärmeflöde. FVC är rangordnade efter överkonsumtion av vatten, mål 35 °C (5 °C lägre returtemperatur än idag).

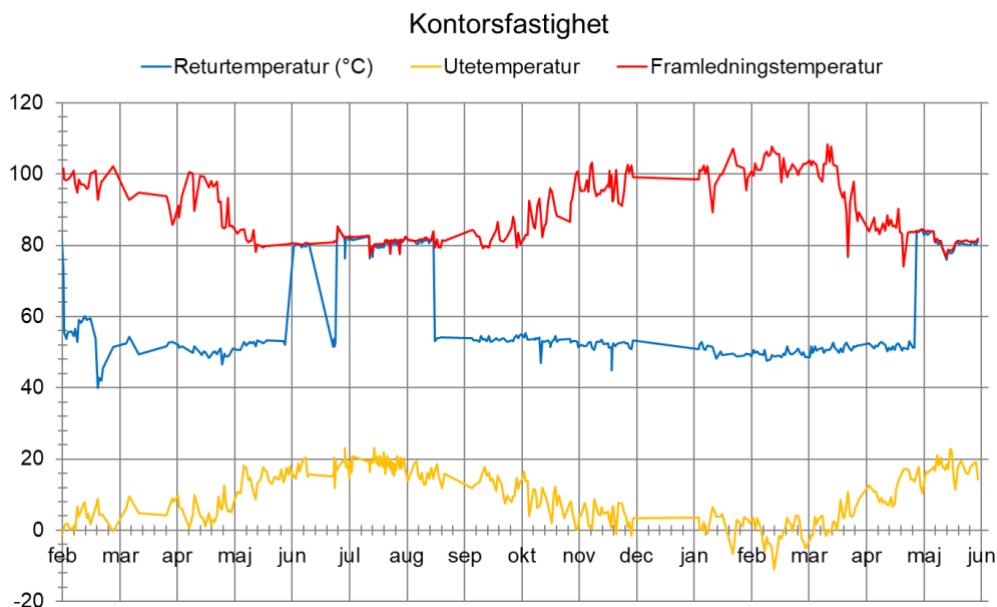
8.2.3 Platsbesök/ funktionskontroller

När man, med hjälp av överkonsumtionslistan, identifierat kunder med hög överkonsumtion så blir nästa steg att besöka anläggningarna, se kapitel 11. Till det strukturerade arbetssättet hör att genomföra korrekta funktionskontroller vid besöket i fjärrvärmecentralen. Att genomföra en diagnos på en fjärrvärmecentral är inte alltid enkelt och självklart. Man bör därför i uppstarten av arbetet med systemtemperaturerna komma överens om hur funktionskontrollen och diagnosen skall genomföras. Grundläggande är ett besöksprotokoll (se Bilaga 1) som innebär att relevant information nedtecknas på ett enhetligt sätt oavsett vem som genomför funktionskontrollen. Ofta har det vid varje energiföretag utvecklats rutiner för detta, men eftersom fjärrvärmecentralen har många möjligheter till funktionsfel så måste den som genomför en funktionskontroll vara medveten om alla feltyper och hur man kan upptäcka dessa. Ett förslaget tillvägagångssätt och vilka feltyper man kan hitta beskrivs närmare i kapitel 11.

8.2.4 Driftloggning/effektmetning

I vissa fall kan en fördjupad utredning av driftproblemen behövas. Genom att analysera timvärden på effekt, flöde och temperatur som oftast finns tillgängliga från energimätare kan man få en tydligare bild över felet. Ett exempel på detta visas i Figur 32; under sommarmånaderna hade fjärrvärmens returflöde i princip samma temperatur som tilloppsflödet. Orsaken visade sig vara ett fel i

styrssystemet. När byggnaden inte hade något värmebehov stoppades cirkulationspumpen men styrventilen fortsatte reglera.



Figur 32 Fram- och returtemperatur fjärrvärme för en kontorsfastighet under 18 månader. Diagrammet visar även utetemperaturen.

8.2.5 Lönsamhetsberäkning för åtgärd av FVC

Felfunktioner som upptäcks vid funktionskontroll kan i vissa fall åtgärdas på plats, utan extra kostnad för vare sig kund eller fjärrvärmebolag. Sedan finns det åtgärder i fjärrvärmecentralen eller i det sekundära värme-/varmvattensystemet som kan innebära en kostnad för kunden. Genom att ta fram en lönsamhetskalkyl kan man ge incitament åt kunden att genomföra åtgärden. Om det finns en flödeskomponent i prismodellen förfjärrvärme tas den naturligtvis med i kalkylen. Beroende på vilken åtgärd som genomförs kan det även finnas besparingar i fjärrvärme- eller elförbrukning (t.ex. minskade sekundära värmeförluster, lägre pumparbete eller en begränsning av övertemperaturer i byggnaden).

Ibland kan det röra sig om felfunktioner där kunden inte har något annat val än att åtgärda problemet, även om det innebär en kostnad -om fjärrvärmecentralen ska uppfylla funktionskraven.

8.2.6 Kundkontakt

Kontakten med kunden kan med fördel ske tidigt i processen. Ibland kan kundkontakten bestå av flera olika personer i olika faser t.ex. vaktmästare/driftpersonal, fastighetsförvaltare eller ekonomiansvarig.

För att få ett bra samarbete med kunden är det viktigt att kunden får en förståelse för hur dennes anläggning påverkar fjärrvärmesystemet. I dialogen med kunden är det därför viktigt att förklara detta. Kunderna är oftast villiga att hjälpa till om de förstår nyttan. Om man dessutom kan visa att åtgärden i sig är lönsam (se avsnitt 8.2.5) ökar förstås incitamentet.

För kunder med större fastighetsbestånd är det en fördel att om man, i samarbete med kunden, kan göra en samlad insats. Något som visat sig framgångsrikt är att erbjuda kunden en egen överkonsumtionslista (avsnitt 8.2.2) för sitt fastighetsbestånd.

8.2.7 Dimensionering och genomförande av åtgärd

Detta steg är den viktigaste delen; att felet faktiskt blir åtgärdade! I annat fall gör allt annat arbete inte någon större nytta. Kapitel 11 går in djupare på detta men åtgärder som kan bli aktuella är injustering, ombyggnation eller utbyte i fjärrvärmecentralen eller sekundärt. Om åtgärden kräver byte av komponenter som gått sönder eller som är feldimensionerade bör fjärrvärmebolaget kunna hjälpa till med dimensioneringen. Dimensioneringen kan t.ex. gälla specifikation av VVX- och/eller ventilstorlek, pump eller ny prefab-enhet. En del fjärrvärmebolag erbjuder sig även att lämna offert på installationen, ibland med viss medfinansiering. Om fastighetsägaren själv genomför dimensioneringen är det viktigt att fjärrvärmebolag granskar underlaget innan genomförande.

När detta sista steg är slutfört är problemet i fjärrvärmecentralen åtgärdat!

8.3 FLÖDESAVGIFT

Traditionellt äger kunden fjärrvärmecentralen. Det är endast på ett fåtal platser i Sverige som fjärrvärmebolaget äger hela eller delar av utrustningen i FVC. Detta medför ibland svårigheter att kunna motivera kunden till att utföra större och långsiktiga åtgärder, vilket innebär att drivkraften och motivationen för förbättring normalt inte är så stor hos kunden. Motivationen kan däremot bli större där någon form av flödesavgift finns med i prismodellen, så kunden känner att det går att påverka sin energikostnad genom åtgärder som sänker returtemperaturen från FVC. Exempel på prismodeller som använder en flödes- eller temperaturkomponent finns på flera platser i Sverige och är ett sätt att öka kundens engagemang i fjärrvärmecentralens funktion.

Det finns dock både för- och nackdelar med returtemperatur/flödesavgifter vilket beskrivits i avsnitt 2.2.4. Tillsammans med övriga delar i prismodellen (fast resp. rörlig andel, effektdel som kan beräknas lite olika i olika nät, mm) finns en kritik från många kunder som anser att det är svårt att förstå fakturan och att det inte är så lätt att veta hur de kan påverka det sammanlagda priset. Det finns därför fortfarande ganska många fjärrvärmeföretag som väljer att inte införa en sådan komponent i prismodellen utan i stället väljer att arbeta nära sina kunder med information och hålla en levande dialog där långsiktiga insatser planeras gemensamt.

2013 hade ca 55 % av fjärrvärmebolagen en flödesavgift i sina priser. I den Fjärrsynstudie²⁴ som det året undersökte ifall flödesavgift hade önskad effekt konstaterades att det oftast inte räcker att enbart införa systemet. För att få önskad effekt krävs att fjärrvärmeföretaget har en bra kommunikation med sina kunder.

²⁴ Stefan Petersson, Cilla Dahlberg Larsson, Samband mellan flödespremie och returtemperatur, Fjärrsynrapport 2013:25, Svensk Fjärrvärme, 2013

Det är också viktigt att varje kund förstår motivet med flödespremien; att det är en ekonomisk drivkraft att effektivisera sin egen anläggning.

9 Sänkt framledningstemperatur

I arbetet med en sänkt framledningstemperatur i fjärrvärmesystemet handlar det främst om att skapa utrymme för en sänkning, dvs. förebygga problem som kan uppstå om fjärrvärmemetemperaturen ut på nätet sänks:

- Försämrad funktion för kunder med höga temperaturkrav. Orsakerna till temperaturkraven kan variera och kommer beskrivas mer ingående i detta kapitel.
- Kapacitetsbrist i distributionsnätet som en följd av ökat flöde. Ett ökat flöde får man om inte returtemperaturen sänks i lika hög grad som framledningstemperaturen (ΔT minskar) samtidigt som effektbehovet är oförändrat.
- Ökade kostnader orsakade av högt flöde och/eller hög returtemperatur, exempelvis ökad pumpkostnad, minskad rökgaskondensering eller behov av distribuerad spetsproduktion p.g.a. trånga sektioner i nätet.

Det går med andra ord inte att bortse från systemsamband i arbetet med att sänka framledningstemperaturen. För att framgångsrikt sänka framledningstemperaturen för hela nätet behöver man, parallellt med insatser specifikt inriktade mot framledningstemperatur, arbeta med såväl returtemperatur som flöde. Det går inte heller att utesluta behov av nätförstärkningar.

Tabell 5 Förslag till åtgärdsplan där målet är sänkt framledningstemperatur

Åtgärd	Resulterar i
1. Nätberäkningar	Potential för framtemperatursänkning i befintligt nät. Vid större sänkning: Identifiering av trånga nätsektioner i behov av förstärkning.
2. "Stresstest" -Sänkt framledningstemperatur	Kunskap i hur fjärrvärmenätet svarar på en lägre framledningstemperatur. Identifiering av FVC där åtgärder krävs för att kunden ska få önskvärd funktion.
3. Överkonsumtionslistor för period(er) med utförd stresstest.	Identifiering av FVC där åtgärder kan krävas för att få önskvärd funktion och god avkylning av fjärrvärmevattnet.
4. Platsbesök hos kund, funktionskontroll	Protokoll –Åtgärdsförslag –Kundkontakt
5. Driftloggning, effektmätning FVC	Ökad kunskap om driftproblem – Kundkontakt
6. Dimensionering av åtgärd	Spec. av VVX och/eller ventilstorlek, pump, m.m.
7. Injustering, ombyggnation eller utbyte FVC/sekundärsystem	Kundanläggning anpassad för lägre T_{fram}
8. Åtgärder för sänkning av returtemp (Tabell 4)	Minskad risk för kapacitetsbrist i nätet med sänkt T_{fram}

9.1 KÖRS NÄTET RÄTT?

En pågående diskussion vid många energiföretag gäller om fjärrvärmenätet "körs med rätt" framledningstemperatur. Det är naturligtvis många faktorer som vägs in när man avgör hur nätet ska matas med framledningstemperatur och pumpning för att hålla differenstryck och leverera energin i givna kontroll och i grunden finns oftast en gedigen analys, kombinerad med tidigare drifterfarenheter, bakom fastlagda driftinstruktioner. Men fjärrvärmenätet modifieras hela tiden, kunder ändrar sina effektbehov, byter äldre FVC eller försvinner som kunder, samtidigt som nya kommer till. Pumpar, produktionsenheter och värmelager tillkommer eller byggs om.

Börja alltså att kontrollera strategin för framledningstemperaturen så att den har anpassats efter aktuella förhållanden i fjärrvärmesystemet. Annars behöver den ses över genom att med praktiska försök och test lära sig hur nätets egenskaper förändrats, t.ex. genom förändrad framledningstemperatur eller differenstryck.

9.2 STRESSTEST SÄNKT TEMPERATUR

För att se hur en låg framledningstemperatur påverkar systemet, med tryck, flöden och temperaturer, utsätts nätet för stress genom att skicka ut en lägre framledningstemperatur än man är bekväm med (t.ex. under den lägsta temperatur man enligt nätberäkningarna kan hålla). Detta görs under kontrollerad provdrift.

Stresstestet bör göras för ett vinterfall med låga utomhustemperaturer och även för ett vår/höstfall och/eller sommar, lite beroende på hur den framtida styrkurvan planeras. Detta är en åtgärd som kan vara relativt enkel att genomföra i ett mindre fjärr-värmsystem med relativt okomplicerat produktionsstyrning, där man helt enkelt kan göra ett försök med sänkt framledningstemperatur under en begränsad period (t.ex. en vecka). Om testdriften går det dåligt kan man avbryta och höja upp temperaturen igen. I ett sammansatt nät med flera olika produktionsenheter och avancerad driftstrategi kan dock en noga förberedd plan för genomförandet krävas

Under provdriften dokumenteras problem och avvikelser som uppstår. Tillsammans med timdata från produktion och kunder kan man få en god problembild som blir underlag till att ta fram en åtgärdsplan för nätet och anslutna kunder (se 9.4 nedan).

När ett försök med lägre framledningstemperatur görs är det viktigt att kontrollera hur returtemperaturen påverkas av stresstestet. Om returtemperaturen sjunker är detta ett tecken på ett relativt högt cirkulationsflöde, se avsnitt 10.2 Cirkulationsflöden.

9.3 IDENTIFIERA KUNDER MED HÖGA TEMPERATURBEHOV

När ett stresstest av framledningstemperaturen utförts kan man identifiera vilka kunder som riskerar få problem framöver, när en varaktig sänkning av fjärrvärmenätets framledningstemperatur inleds. Här kan man använda sig av samma analysverktyg som används för att identifiera kunder med dålig avkylning

(avsnitt 8.2.1) genom att analysera överkonsumtionsflödet under testperioden. Kunder som vid låg framledningstemperatur får dålig avkylning, kommer placera sig högt på överkonsumtionslistan. Om detta är kunder som normalt inte hamnar högt på listan kan det betyda att de har komponenter i fjärrvärmecentralen eller sekundärt inne i fastigheten som har otillräcklig kapacitet. En annan anledning till att de får hög överkonsumtion av flöde kan vara att sekundära börvärden är ställda högre än fjärrvärmens framledningstemperatur under Hur klarar kunderna av den lägre framledningstemperaturen. 5 °C skulle kunna vara en lämplig sänkning. Det finns fler faktorer att ta hänsyn till i större nät vilket gör att man måste sätta randvillkor för genomförandet. Det är också extra viktigt med gott samarbete och kommunikation med driftorganisationen. Driftpersonal vill ha marginal för oförutsedda händelser och förändring i utetemperatur.

9.4 ÅTGÄRDER HOS KUNDER MED HÖGA TEMPERATURBEHOV

För att kunna hjälpa de kunder som riskerar bristande leveranskvalitet vid en sänkning av framledningstemperaturen behövs ett platsbesök i kundens anläggning. Även om det i detta fall inte nödvändigtvis är fråga om felfunktion i fjärrvärmecentralen kan man, som utgångspunkt, ta hjälp av rutiner för funktionskontroll (avsnitt 11.1). Det man framför allt bör kolla upp är sekundära börvärden och kapacitet på värmeväxlare och värmeöverförande komponenter i sekundärsystemet samt flödeskapacitet på sekundärsidan.

Anpassningen hos kunden kräver nära samarbete för att lyckas. Kommunikation om kommande förändring i fjärrvärmenätet och varför detta är viktigt behöver tas i god tid med kunden. Det är viktigt att kunden förstår nyttan av förändringen och har ett incitament för denna. I en nyligen publicerad Energiforskrapport²⁵ har man i kundsamverkan tagit fram erbjudanden för efterfrågefleksibilitet. Trots att temperaturanpassning för sänkt framledning inte ingått i studien, finns det ändå lärdomar som är relevanta:

- Kunderna vill bidra till systemnyttan, men ekonomisk nytta är en förutsättning för att stora fastighetsbolag ska engagera sig.
- Kunderna har förtroende för energibolagens kompetens inom systemoptimering.
- Det är viktigt för kunderna att känna förtroende för att energibolagen styr på ett sätt som gynnar kunderna, hjälper dem nå sina mål och att man delar rättvist på de nyttor som uppstår.
- Författarna uppmanar energibolagen att bjuda in kunderna för att lyssna in kundernas vilja och tillsammans titta på ekonomiska beräkningar.

²⁵ Mårten Haraldsson, Gunilla Jalbin; Kundorienterad utveckling av erbjudanden för efterfrågefleksibilitet i fjärrvärmenätet, Energiforskrapport 2024:1002

9.4.1 Börvärden

Är det ett verkligt behov?

Ett högt börvärde på värmeväxlarens sekundärsida behöver inte per automatik betyda att det verkliga temperaturbehovet är lika stort. I diskussion med kunden och genom att se vad som händer om man ändrar börvärdeskurvan för värmesystem eller börvärdet för utgående varmvatten. För varmvattensystem måste man dock hela tiden ha risken för Legionellatillväxt i åtanke. Djupare information om detta hittar man bl.a. i skriften Legionella i vatteninstallationer²⁶.

Höga börvärden av en anledning

Det kan finnas flera orsaker till att börvärden på sekundärsidan är högt ställda:

- Flödesbegränsningar i sekundära distributionskretsen gör att det krävs en hög framledningstemperatur för att tillräcklig värmeeffekt ska nå alla leveranspunkter i fastigheten. Flödesbegränsningen kan även gälla luftflödet i ventilationssystemet om man har luftburen värmedistribution. Här blir första steget att arbeta för att sänka returtemperaturen i kretsen. Om det inte räcker till kan en ny cirkulations-/VVC-pump/fläkt behövas (t.ex. om returtemperaturen redan är låg).
- VVC-krets med höga värmeförluster. Om fastigheten har ett stort VVC-system med långa och grova ledningar i förhållande till flödet kan det krävas en hög temperatur på varmvattnet för att inte riskera legionellatillväxt i ytterkanterna av VVC-kretsen. Vintertid innebär detta förmodligen inga problem eftersom fjärrvärmens framledningstemperatur då oftast är tillräckligt hög, men om målet är att även sänka framledningstemperaturen sommartid kan det bli nödvändigt med åtgärder.
- Värmeavgivande komponenter i sekundärsystemet har otillräcklig kapacitet, vilket gör att det en hög framledningstemperatur krävs för att kompensera för en otillräcklig överföringsyta.

9.4.2 Kapacitetsbrist i värmeavgivande komponenter

När framledningstemperaturen sänks finns risk att det uppstår en kapacitetsbrist i komponenter som dimensionerats för en högre framledningstemperatur. Kapacitetsbristen kan yttra sig i en förhöjd returtemperatur eller, i värsta fall, effektbrist hos kunden.

Värmeväxlare

Om värmeväxlarna i fastigheten har dimensionerats efter Energiföretagens Tekniska bestämmelser²⁷ är de uttagna för en framledningstemperatur vintertid på

²⁶ Legionella i vatteninstallationer, Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärdad legionellainfektion, Boverket, Smittskyddsinstitutet och VVS-Installatörerna, 2006.

²⁷ Fjärrvärmecentralen – utförande och installation Tekniska bestämmelser F:101, Energiföretagen Sverige AB, september 2021

100 °C respektive 65 °C sommartid (varmvatten). Äldre fjärrvärmecentraler kan vara dimensionerade för ännu högre temperaturer.

Med lägre framledningstemperatur på fjärrvärmesystemen kan det innebära att värmeväxlaren inte klarar att överföra tillräcklig effekt eller att returtemperaturen från VVX blir hög p.g.a. kapacitetsbristen. Om befintlig värmeväxlare är relativt ny kan det räcka att komplettera med ytterligare en värmeväxlare som installeras antingen parallellt eller i serie med befintlig, beroende på om det är flöde eller termisk längd som är den begränsande faktorn. För en värmeväxlare som kan anses ha passerat sin tekniska livslängd rekommenderas att den i stället byts till en ny VVX, dimensionerad efter behovet.

Styrventiler

Styrventiler i fjärrvärmecentraler är oftast överdimensionerade och innebär sällan någon begränsning för effektkapaciteten. Om flödesbehovet ökar som en följd av sänkt framledningstemperatur finns dock en risk att styrventilen blir för liten.

Ventilationssystem

Ventilationssystem i nya byggnader är oftast dimensionerade för en dimensionerande framledningstemperatur på max 60 °C. I äldre byggnader kan dock ventilationsaggregaten vara dimensionerade för högre framledningstemperatur och därmed inte klara att ge tillräcklig effekt om temperaturen sänks. Att byta ut befintliga ventilationsaggregat är en relativt investeringstung åtgärd. Om ventilationsaggregaten är gamla kan det dock finnas fler anledningar att byta ut dem:

- Om värmeåtervinning (VÅV) saknas på ventilationsaggregaten kan frånluftsåtervinning i form av FTX installeras, vilket sänker effektbehov för ventilationsaggregaten och minskar energiåtgången för uppvärmning. Observera dock att en frånluftsvarmepump inte reducerar effekten lika väl.
- Nyare ventilationsaggregat har effektivare fläktar, vilket medför en lägre elförbrukning för aggregaten
- Med ett planerat utbyte undviks olägenheter som uppstår om befintlig ventilationsanläggning skulle gå sönder.

Som alternativ till att byta ut aggregaten kan man komplettera med kompletterande värmekällor (t.ex. aerotemperar eller radiatorer). Detta är dock en bedömning som behöver göras från fall till fall.

Radiatorer

De flesta radiatorsystem i dagens byggnader kräver inga höga framledningstemperaturer. Även äldre radiatorsystem, som dimensionerades för en framledningstemperatur på 80 °C, är oftast så pass överdimensionerade att de utan problem klarar betydligt lägre framledningstemperatur. Orsaken är att befintliga byggnader har förbättrats med bättre isolering sedan de byggdes och därigenom fungerar med en lägre temperaturnivå. Dessutom sker nästan alltid en

viss överdimensionering när man installerar värmesystem och måste välja radiatorer i specifika storlekar och därmed väljer närmaste större modell jämfört med den teoretiskt beräknade optimala storleken. Det kan dock finnas behov av att byta ut eller komplettera enstaka radiatorer. Radiatorkretsen kan även behöva injusteras.

9.4.3 Sekundärnät

Till antalet representerar fjärrvärmecentraler till sekundära värmesystem en ganska liten del av anslutningarna i ett svenskt fjärrvärmenät (<5 %). Samtidigt kan de stå för en stor del av den levererade energin (15-20 % eller mer²⁸), ofta med dimensionerande effekt >1 MW.

Med sekundära fjärrvärmesystem menas system som får sin värmeleverans från huvudnätet, men fysiskt är avskilda med någon typ av värmeväxling. De sekundära systemen består t.ex. av sjukhus, industrier och bostadsområden (fastighetsgrupper i form av t.ex. samfälligheter eller bostadsrättsföreningar). Historiskt sett har dessa grupper tidigare producerat sin egen värme, t.ex. från en olje- eller kokspanna, dvs. mindre eller medelstora lokala närvärmesystem med helt andra krav och driftsförutsättningar än dagens fjärrvärmesystem.

Förr kallades fjärrvärmecentraler för sekundärnät ofta för blockcentraler men vi har valt att använda fjärrvärmecentral som benämning för alla primäranslutna anläggningar. Ett exempel på systemkoppling för sekundärnät visas i Figur 33. Från fjärrvärmecentralen går ett sekundärnät. Oftast består sekundärnätet av ett 2-rörssystem med värme/hetvatten till undercentralerna, där värmning av tappvarmvatten och fastigheternas uppvärmningssystem sker. Undercentralerna påminner då ofta om en primäransluten fjärrvärmecentral, men delar av undercentralen kan hålla en lägre tryckklass än 16 bar. Det finns även sekundärnät med 4 rör (hetvatten resp. varmvatten och VVC) eller t.o.m. 5 rör (där kallvatten går i femte röret).

Förslag på åtgärder

Första steget är att analysera sekundärsystemet. Beroende på planerad sänkning av framledningstemperaturen kan det vara tillräckligt att förbättra effektiviteten i befintligt system. Ofta finns möjligheten att åstadkomma framsteg med relativt enkla insatser. De metoder som beskrivs i tidigare avsnitt i detta kapitel gäller även för sekundärnät; trimma in börvärden på sekundär framledningstemperatur så de inte är onödigt höga, se över flöden i systemet så de är injusterade och åtgärda kapacitetsbrist i komponenter. Rapporten *Förbättringspotential i sekundärnät*²⁹ innehåller vägledande exempel på åtgärder avseende avkyllning, där hänsyn tas till hela det sekundära systemet. Exemplen är hämtade från flera fjärrvärmeorter och följande åtgärder har vidtagits (olika från fall till fall):

- Förbättrad flödesreglering i sekundärnätets undercentraler

²⁸ Lennart Eriksson, Håkan Walletun; Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät, Svenska Fjärrvärmeföreningen FOU 1999:37, 1999

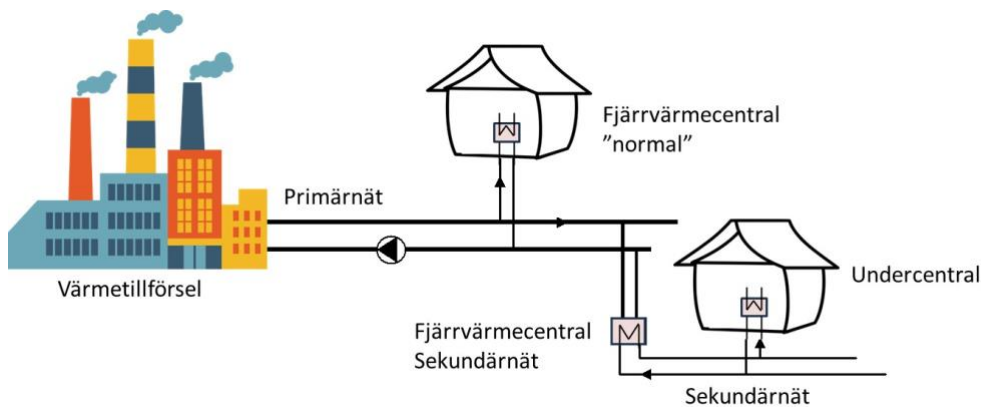
²⁹ Lennart Eriksson, Stefan Petersson, Håkan Walletun; Förbättringspotential i sekundärnät, Svenska Fjärrvärmeföreningen FOU 2002:78, 2002

- Inställning av lämpliga temperaturnivåer
- Byte av pumpar och reglerutrustning samt flytt av differenstrycksgivare
- Byte av fjärrvärmecentralens värmeväxlare, reglercentral, ventiler och ställdon

Vid en sänkning av framledningstemperaturen är det inte minst viktigt att se över att man inte tappar för mycket temperatur över VVX:en. Här kan det t.o.m. vara befogat att byta eller komplettera VVX:en, trots OK funktion, om man kan vinna de extra graderna som behövs.

Ett par av de studerade sekundärnäten konverterades även till direktanslutning till fjärrvärmenet (primäranslutning). Sedan rapporten skrevs har ett flertal liknande sekundärnät primäranslutits, inte sällan på önskemål av fastighetsägare/samfällighet, då befintligt sekundärnät blivit gammalt med läckage och höga värmeförluster som följd.

I arbetet med att sänka nätets framledningstemperatur kan konvertering till primäranslutna områden vara det bästa lösningen för en del sekundärnät. Det är en rätt investeringstung åtgärd som dock innebär en effektivt och hållbar lösning. Såväl fjärrvärmebolag som fastighetsägare gynnas av detta och behöver hitta en bra upplägg för ekonomi och samarbete i ett sådant projekt.



Figur 33 Exempel på systemkoppling för ett typiskt sekundärt fjärrvärmesystem.

9.4.4 Industrikunder

När de gäller åtgärder som krävs i industrianläggningar är det också viktigt att fjärrvärmelieferantören är öppen och flexibel i kontakten med industrikunden. Det kan finnas temperaturkrav kopplade till verksamhet och processer där särskild hänsyn behöver tas. Varje industriprocess har skilda förutsättningar och man behöver därför göra en analys av behovet och skraddarsy en lösning som passar den aktuella verksamheten. För industrikunder som redan ger högre returtemperaturer kan en sänkning av framtemperaturen innebära ett högre flödesbehov, vilket ledningarna inte alltid har kapacitet till. Vissa industriprocesser kräver en hög temperatur för att fungera vilket måste hanteras om fjärrvärmemetemperaturen sänks. I en del fall kan det krävas en del injusterings- och

anpassningsarbeten för att erhålla goda driftdata, exempelvis låg returtemperatur. Fjärrvärmeleverantören behöver därför arbeta tillsammans med kunden för att lösa den problematik som kan uppstå.

Rapporten *Att använda fjärrvärme i industriprocesser*³⁰ tar upp olika sätt att lösa utmaningar gällande konvertering till fjärrvärme med dagens temperaturnivå. De utmaningar och lösningar som tas upp i rapporten kan likafullt ge vägledning i hur man kan hantera höga temperaturkrav respektive hög returtemperatur från processer vid en sänkning av fjärrvärmemetemperaturerna. Det finns t.ex. en hel del etablerade tekniska lösningar man kan använda sig av, några exempel ges nedan:

- Temperaturspetspanna. För enstaka kunder som har ett faktiskt behov av en hög temperatur under vissa driftfall kan det vara befogat med en panna för temperaturspets, t.ex. en elpanna som kopplas in i serie efter fjärrvärmeväxlaren.
- Ackumulator. Vid en sänkning av framledningstemperaturen utan motsvarande sänkning i returtemperatur (t.ex. där processen inte medger en sänkning av returtemperaturen) kan fjärrvärmeflödet till fastighet/område blir begränsande. För industrier som kör stora batchar eller motsvarande i processen (höga, intermittenta effektuttag) kan ackumulatortankar krävas för jämna ut effektuttag och flöde.
- För industriprocesser med låg avkylning kan en s.k. fram-/fram-anslutning vara en lösning, dvs. primära returflödet från processen förs tillbaka till fjärrvärmens framledning.
- Primäranslutning mot fjärrvärme. För processer som idag anslutna mot en sekundär hetvattenkrets kan en konvertering till primäranslutning vara ett sätt att möta temperaturkraven på fram- och/eller returledning.

³⁰ Karl-Mikael Steen, Ulrika Sagebrand, Håkan Walletun; Att använda fjärrvärme i industriprocesser, Energiforskrapport 2015:155.

10 Flöde

Huvudsyfte med denna handbok är visserligen inte hur man hanterar alltför höga flöden i nätet, men det går inte att lyckas fullt ut att sänka vare sig fram- eller returtemperatur utan att ta sig an nätflödet:

- Kortslutningar/rundgångar i systemet kommer bli ett hinder om man har som mål att sänka framledningstemperaturen.

I samband med projekt för sänkt framledningstemperatur riskerar man oftast nå gränsen för vad ledningsnätet klarar kapacitetsmässigt p.g.a. den flödeshöjning som följer av att temperaturdifferensen mellan fram- och returvatten minskar. Flöde/tryckfall i nätet blir en begränsning för temperatursänkningen och det blir då nödvändigt att sänka eller åtminstone begränsa en ökning av flödet.

Ett långsiktigt mål är att alla fjärrvärmecentraler ska ha ventiler installerade som motsvarar verkligt flödesbehov.

10.1 NÄTBERÄKNINGAR

Om man planerar en markant sänkning av framledningstemperaturen t.ex., som i Luleå Energis fall, sänka maximal T_{fram} vid dimensionerande utetemperatur; från 120 °C till under 100 °C (avsnitt 3.1.2) är det inte alltid möjligt att sänka returtemperaturen i motsvarande grad. Det är därför viktigt att göra beräkning av hur fjärrvärmeleveransen i nätet kommer påverkas av en lägre framledningstemperatur. Med beräkningarnas hjälp kan man se hur man kan klara leveransen med befintligt nät genom att få ned returtemperaturen eller, om det inte räcker, var i nätet man behöver göra förstärkningar.

Man kan även använda nätberäkningar för att se hur låg temperatur nätet hydrauliskt klarar av att leverera utan åtgärder i nät eller hos kund, dvs. hur mycket man kan sänka T_{fram} vid produktionen utan att kunderna påverkas. I flera nät har det visat sig att man kunnat sänka framledningen märkbart utan annan åtgärd (vilket också genomförts).

Det finns ett antal kommersiellt tillgängliga simuleringsprogram på den svenska marknaden där man kan göra denna typ av beräkningar på temperaturer, tryck och flöden. Många fjärrvärmeföretag har oftast tillgång till ett sådant verktyg där en modell av nätet redan finns upplagt. I annat fall får man börja med att skapa en modell där fjärrvärmesystemets värmeförsel (pannor, spillvärme, mm), distributionsnät och fjärrvärmecentraler läggs in.

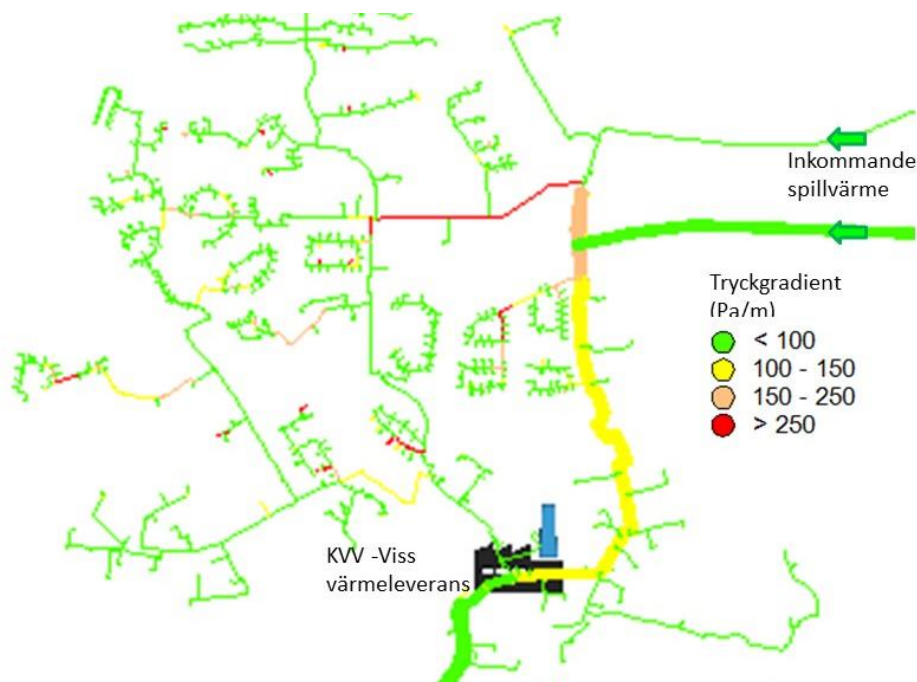
Det är oerhört viktigt att simuleringsmodellen verifieras mot uppmätta värden så man inte använder en detaljerad modell för tryck- och flödesberäkning av distributionsnätet som skiljer sig från verkligheten.

Efter att modellen kalibrerats kan beräkning på framtida scenario med lägre framledningstemperatur göras. I beräkningen behöver man förstås även ta med andra planerade förändringar, t.ex. inmatning från annat håll, tillkommande eller avgående fjärrvärmekunder, m.m.

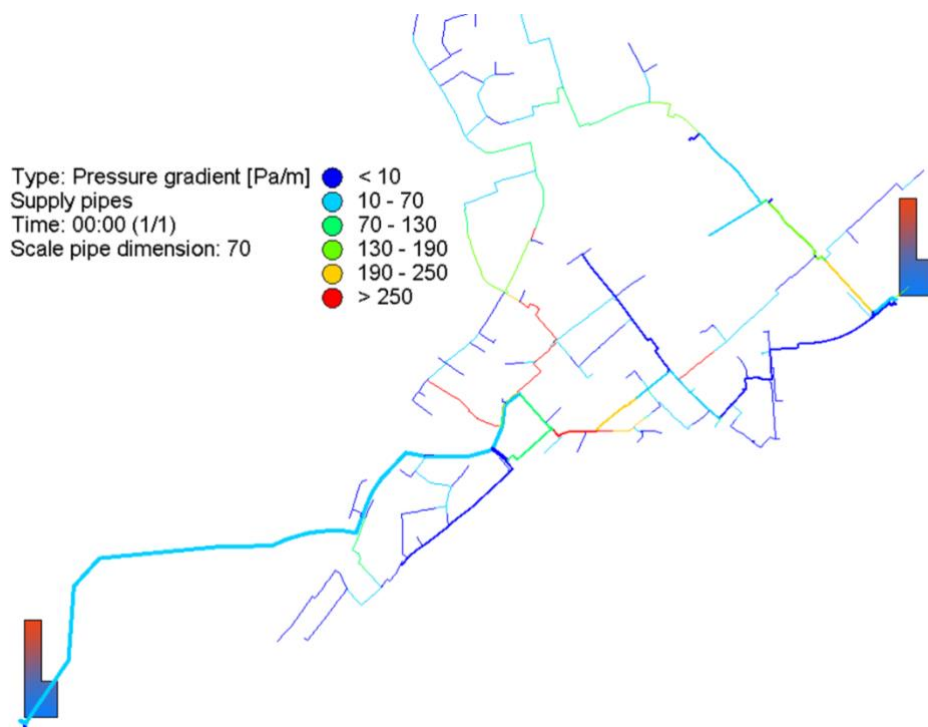
I Figur 34 visas ett exempel på resultat från en nätberäkning (anonym ort) där framledningstemperatur på spillvärmeleverans till nätet (ca 70 % av totala behovet) ligger på 90 °C, samtidigt som övrig värmeleverans (ca 30 %) håller temperaturen 110 °C. I exemplet identifieras ett par trånga passager där tryckfall i ledningarna är över 150 Pa/m resp. över 250 Pa/m.

Figur 35 visar en nätberäkning för en annan ort. Även här gäller beräkningen ett framtida scenario; ökad värmelast i nätet jämfört med dagens nivå samt ny värmeförsörjning från nätets västra del (spillvärme samt egen produktion). I beräknat scenario ingår även en transitleddning från ny produktionsenhet till nätets centralare delar. I beräkningsfallet kommer ca 70 % av totala effekten kommer från nya produktionen. Även här kan man identifiera delar av nätet som riskerar bli flaskhalsar i framtiden.

Med beräkningarnas hjälp kan man utse områden som ska prioriteras i åtgärdslistan för avkylning, framför allt om det finns större kunder med förhöjd returtemperatur i området. Man får även underlag för att, med god framförhållning, ta beslut om kommande nätförstärkningar.



Figur 34 Exempel på nätberäkning av framtida scenario med sänkt framledningstemperatur samt ny inmatning av spillvärme från öster.



Figur 35 Exempel på nätberäkning av framtida scenario med ökad värmelast samt ny värmeförsörjning från nätets västra del (ca 70 % av total effekt), inkl. transitledning.

10.2 CIRKULATIONSFLÖDEN

I fjärrvärmenät finns nästan alltid ett visst cirkulationsflöde (rundgångsflöde, kortslutningsflöde eller bypassflöde; "kärt barn har många namn"), vilket är flöde som går från fram- till returledningen utan att passera en fjärrvärmecentral, se **Error! Reference source not found.** Många kortslutningsflöden är helt oreglerade. Man får då cirkulationsflöden som oftast är onödiga, till skillnad från leveransflöde, som är den nyttiga delen. I några fall är det legitimt med cirkulationsflöden (t.ex. för att varmhålla ledningen sommartid så att tillräckligt hög temperatur alltid finns direkt tillgänglig), men de ska då vara reglerade så inte onödigt högt flöde går igenom.

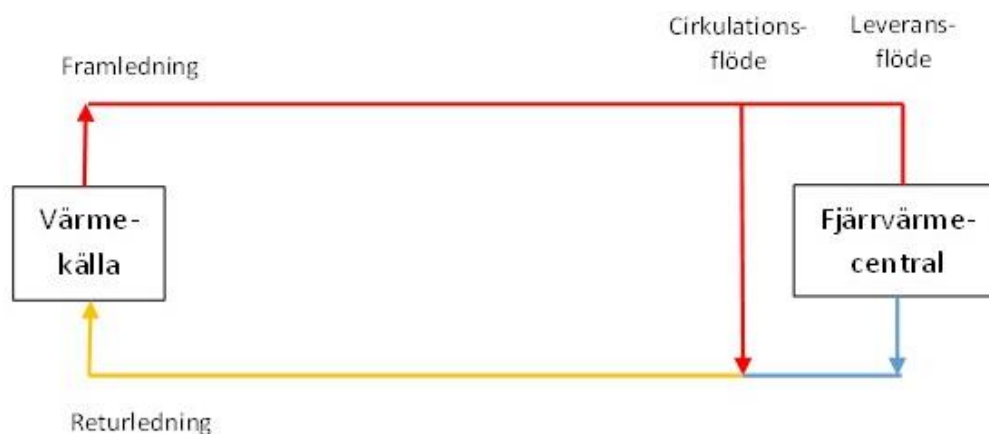
Ett effektivt sätt att sänka temperaturnivån är att rensa bort onödiga cirkulationsflöden i nätet. Cirkulationsflöden gör att det blir trängre i distributionsledningarna och därför kan framtemperaturen behöva höjas när effektbehovet är högt för att kompensera då utmatat flöde är nära nätets maximala överföringskapacitet.

Dessutom höjs den samlade returtemperaturen av att varmt cirkulationsflöde blandas med fjärrvärmecentralernas svalare retur. Cirkulationsflöden höjer alltså både fram- och returtemperaturer i fjärrvärmenäten.

I nät med stor andel oreglerade rundgångsflöden kan även problem att hålla tillräckligt differenstryck uppstå p.g.a. för många öppna rundgångar samtidigt.

Från denna korta översikt över kortslutningar och tillhörande cirkulationsflöden kan följande slutsatser dras:

- En viktig insikt är att det finns både onödiga och legitima cirkulationsflöden.
- En minsta gemensam nämnare för de flesta onödiga cirkulationsflöden är att de är helt oreglerade.
- Onödiga cirkulationsflöden bör elimineras så att nättemperaturerna kan sänkas.



Figur 36 Principiell uppdelning av flödet i fjärrvärmenät i ett aktivt leveransflöde och ett ofta oönskat cirkulationsflöde.

10.2.1 Legitima cirkulationsflöden - rundgångar

Exempel på legitima cirkulationsflöden är:

- Varmhållning vintertid av ledningar utan anslutna kunder. Cirkulationsflödet används då för att förhindra frysning i ledningar med stillastående vatten. Detta behövs där ledningar lagts utan att det ännu finns kunder inkopplade. Rekommendation för termostatiske rundgångar som används för att förhindra frysning är att ställa in börvärdet på 20–35 °C.
- Varmhållning under sommaren av framledningar i värmeglesa småhusområden. Genom att på detta vis öka flödet i ledningarna hindras framtemperaturer att sjunka för lågt av värmeförlusten mot omgivande mark. För att upprätthålla ett lämpligt genomströmningsflöde sommartid behöver man här välja något högre börvärde på returtemperaturen än för varmhållning p.g.a. frysrisk, så kunden får önskad varmvattentemperatur.

Rundgångar kan vara placerade i mark, kammare, ventilbrunnar, huvar ovan mark eller hus (Figur 37). Det är viktigt att dokumentera var i fjärrvärmenätet rundgångar monteras då "bortglömda" rundgångar är en vanlig felorsak.

Alla legitima cirkulationsflöden ska vara reglerade så att de bara används när de behövs -då minimeras det totala cirkulationsflödet. Grunden för legitima cirkulationsflöden är att konsekvent använda termiskt styrda tvåvägsventiler inom

fjärrvärmekniken. Traditionellt har man dock ofta lämnat inströpta nålventiler som rundgångar; på en del ställen gör man fortfarande så, inte minst när det gäller tillfälliga rundgångar.

Varje rundgång bör kontrolleras minst två gånger per år (även de termostatiska) så att korrekt flöde uppnås.

På fasta rundgångar (nålventil) utförs underhållet genom att motionera ventilen. I underhållet ingår kontroll av spindelätning samt kontroll av funktion/justera in flöde. På termostatiska rundgångar utförs underhållet genom att motionera ventilen/termostaten, okulärkontroll (täthet bl.a.), kontroll av funktion/injustering temperatur samt att inställt värde kontrolleras med temperaturinstrument/termometer.



Figur 37 Reglerad rundgång inne i fastighet³¹

10.2.2 Var hittar vi onödiga cirkulationsflöden?

Onödiga cirkulationsflöden kan finnas i alla delar av ett fjärrvärmesystem: produktion, distributionsnät, fjärrvärmecentraler och sekundära värmesystem. I detta kapitel kommer vi främst fokusera på cirkulationsflöden i produktion och

³¹ Anders Fransson; Avkylningsarbete på Göteborg Energi AB 1995-2004, FOU 2005:132, Svensk Fjärrvärme, 2005.

distributionsnät eftersom de felfunktioner som kan uppstå i fjärrvärmecentralen och sekundära värmesystem bl.a. tas upp i kapitel 9.

Värmeproduktion

I anläggningar för värmeförsörjning kan det finnas betydande cirkulationsflöden som inte alltid mäts in. Kortslutningar förekommer främst i panncentraler men även i lager av flytande bränslen. För att upptäcka dessa krävs en genomgång av anläggningens rörsystem, där sammankopplade rör och öppna ventiler granskas. Flöde i ledningen kan även, vid behov, kontrolleras med utanpåliggande mätare. Ibland sker varmhållning med ett oreglerat flöde från fjärrvärmens framledning vilket resulterar i mycket höga returtemperaturer från anläggningen. Här bör man, om möjligt, i stället föra tillbaka den höga returen till framledningen genom en så kallad fram-till-fram-koppling med hjälp av en pump.

Nät

Exempel på kortslutningar i fjärrvärmenät är:

- **Varmhållning av distributions- och servisledningar.** Vattenfyllda ledningar som väntar på kundanslutning varmhålls med ett litet cirkulationsflöde för att förhindra frysning. Detta cirkulationsflöde ska dock regleras med en termostatventil, men tyvärr är det fortfarande ganska vanligt på en del ställen att rundgången består av en nålventil eller, ännu värre; s.k. "offerterventil" som strypts in "på en höft" eller att ett klenrör förbinder rörändarna. Detta innebär då att reglering saknas och onödigt stort cirkulationsflöde uppstår.
- **Ökning av flöden i värmeglesa nät** för att få upp framtemperaturen under sommaren. I fjärrvärmeanslutna småhusområden har man ibland installerat kortslutningar för att hålla uppe framledningstemperaturen under sommaren, som annars blir för låg p.g.a. höga distributionsförluster. Även dessa cirkulationsflöden bör vara reglerade, så att de inte är öppna under uppvärmningssäsongen.
- **Felkopplingar** när ledningar möts i en ring i maskade nät (problematik med antingen höger- eller vänstertrafik), dvs. inkommande framledning sammanfogas felaktigt med mötande returledning och inkommande returledning sammanfogas samtidigt felaktigt mötande framledningen (två kortslutningar uppstår samtidigt med denna felkoppling).
- **Kvarglömda öppna ventiler** mellan fram- och returledning, som använts vid påfyllning av vatten i nybyggda ledningar. Om de tillfälliga kortslutningar inte stängs efter påfyllningen uppstår ett onödigt cirkulationsflöde under drift.

10.2.3 Hur hittar vi cirkulationsflöden?

En enkel åtgärd för att identifiera nivån på cirkulationsflödet i ett nät är att höja framtemperaturen under en vecka. I ett välfungerande nät utan stora cirkulationsflöden ska då returtemperaturen sjunka något (eller åtminstone ligga på samma nivå som tidigare), men om returtemperaturen ökar samtidigt som

framtemperaturen höjs, då har man ett betydande cirkulationsflöde i nätet. Se även avsnitt 9.2.

Företag som utvecklar mätvärdesinsamlingssystem har även tagit fram programvaror som på ett intelligent sätt jämför verkliga mätvärden med vad som förväntas vid specifika driftfall. Genom s.k. digitala tvillingar kan på så sätt rundgångsflöden identifieras. Denna utveckling kommer sannolikt att förenkla arbetet med att minimera rundgångsflöden i framtiden.

För att kvantifiera storleken på cirkulationsflödet i ett fjärrvärmenät jämförs totalflödet som går igenom alla värmeförselanläggningar under till exempel ett år med summan av alla flöden som passerat fjärrvärmecentralerna under samma tidsperiod. Skillnaden mellan de två summorna utgör en skattning av cirkulationsflödet. Man kan t.ex. använda Excelverktyg Överkonsumtionslista (som går att ladda ned på Energiforsks hemsida) för att få en indikation på cirkulationsflöden på månadsbasis (eller annan vald period för listan). Genom att regelbundet följa upp variationer i cirkulationsflödet kan man få en god överblick av funktionen i fjärrvärmesystemet.

10.2.4 Inventering rundgångar

Från projektet *Effektiva rundgångar*³² kom ett förslag till arbetsmetodik för att bättre kunna hantera och underhålla kortslutningar/rundgångar. Metodiken kan förenklat sammanfattas i följande punkter:

- Inventering och dokumentation av fjärrvärmenätets rundgångar.
- Ifrågasätt behovet av rundgångar, gör flödesberäkningar.
- Varje motiverad rundgång bör ha ett beräknat genomströmningsflöde.
- Justera in flödet med lämpligt ventilval.
- Instrumentera för temperaturmätning i fasta rundgångar.
- Kontrollera varje rundgång minst 2 gånger/år.
- Ändra framledningstemperatur eller differenstryck och gör samtidigt lokala temperaturloggningar i olika nätavsnitt under kortare perioder.
- Detaljanalysera områden som inte uppvisar förväntade temperaturnivåer.

Gör periodiska jämförelser (t ex kvartalsvis) mellan sammanvägd avkylning i alla FC och nätets uppmätta avkylning vid produktionsanläggningar. I metodiken ingår även en beskrivning av hur en enkel teoretisk modell kan upprättas för att beräkna hur ett visst fjärrvärmenät idealt ska uppföra sig. Genom praktiska försök i det aktuella nätet kan man sedan avgöra om eventuella avvikelser kan härröras till kortslutningsflöden och rundgångsproblem eller till avkylningsproblem i fjärrvärmecentraler

³² Karolina Näsholm och Håkan Walletun; *Effektiva rundgångar*, Forskning och Utveckling 2004:109; Svensk Fjärrvärme, 2004.

10.2.5 Flödesåtgärder i fjärrvärmecentralen

Flera av de felfunktioner som kan uppstå i fjärrvärmecentralen kan ge upphov till onödigt höga flöden. Felen, och hur de åtgärdas beskrivs närmare i kapitel 11.

Reducering av installerade kvs-värden

Även utan direkta fel i fjärrvärmecentralen kan man ändå få ett "överuttag" av flöde (flöden som motsvarar effektuttag vilka överstiger dimensionerad effekt). Överdimensionerade styrventiler i fjärrvärmecentralerna innebär att efterfrågan på fjärrvärmeflöde blir betydligt högre än normalt. Ett exempel är Nyköpings fjärrvärmenät där man, före åtgärder, bedömde totalt installerat kvs-värde³³ på styrventiler (värme och varmvatten) i nätet till ca 7700 m³/h, samtidigt som högst uppmätta timmedelflöde var 2250 m³/h! Motsvarande differens är tyvärr relativt vanlig även i andra fjärrvärmenät. Efter t.ex. en allvarlig driftstörning i produktion eller nät där differenstryck och/eller framledningstemperatur inte räckt till, kommer samtliga styrventiler i fjärrvärmecentralerna stå fullt öppna samtidigt. Detta gör då att flödet i nätet sannolikt blir högre än vad pumparna klarar av, vilket gör att tryck och flöden i nätet inte kommer stabiliseras förrän fjärrvärmecentralernas ventiler stänger/reglerar normalt igen. Liknande kapacitetsbrist uppstår om utetemperaturen under en längre tid understiger fjärrvärmesystemets dimensionerande utetemperatur. Genom att minska storleken på styrventilerna i nätet kommer effekten av en bristsituation att minska eller i bästa fall upphöra helt.

Överdimensionerade ventiler påverkar i första hand hur väl distributionsnätet kan hantera bristsituationer som kan uppstå. Så länge fjärrvärmecentraler och sekundärsystem hos kunden fungerar som de ska kommer inte returtemperaturen påverkas märkbar av ventilstorlekarna. Eftersom större ventiler tillåter ett högre flöde kommer dock överflöde orsakat av fel i fjärrvärmecentralen förvärras om styrventilerna är överdimensionerade.

Det är därför viktigt att begränsa möjligheten till "överuttag" av flöde i FVC. Man kan, som t.ex. Vattenfall Nyköping, välja att aktivt arbeta med att byta ut överdimensionerade styrventiler som en del i att effektivisera driften av fjärrvärmesystemet. Alternativt kan man minska storleken på styrventiler hos de kunder som har störst negativ inverkan på flödet i nätet. Lågstanivå bör vara att kontrollera kvs-värden på styrventiler i alla nyinstallationer av fjärrvärmecentraler.

³³ Kvs-värde: Det volymflöde [m³/h] av vatten (20 °C) som ventilen släpper igenom när den är fullt öppen och differenstrycket över ventilen är 1,0 bar

11 Felsökning i fjärrvärmecentralen

Kapitel 11 kan lyftas ut ur handboken och användas som vägledning till servicetekniker eller andra som arbetar med platsbesök och felsökning.

Fjärrvärmecentralerna består förutom av värmeväxlare av reglerventiler, ställdon, temperaturgivare etc. och dessa kan upphöra att fungera. Enligt Gadd³⁴ uppstår något fel i ungefär 5 % av fjärrvärmecentralerna årligen. Dessutom förekommer fel i fjärrvärmecentralerna genom att komponenterna kan ha monterats felaktigt samt att börvärden i reglercentralerna är felaktiga.

När det gäller funktionsfel i fjärrvärmecentralen eller i kundens värmesystem sekundärt krävs oftast platsbesök för att identifiera felet. Detta kapitel fokuserar främst på felsökning i själva fjärrvärmecentralen. Många fel hos kunden som orsakar hög returtemperatur går att upptäcka i samband med platsbesöket, men ibland kan djupare analys krävas, eventuellt i samband med felsökning i kundens interna uppvärmnings-/varmvattensystem.

Teknisk standard för fjärrvärmecentraler kan variera stort: Äldre fjärrvärmecentraler är inte alltid byggda efter dagens föreskrifter. Sekundärsidans användningsområden för värmen varierar. Styrning av FVC kan bestå av allt från relativt enkla reglercentraler till hopkopplade styrsystem som har adaptiv reglering med maskininlärning och överordnad effektreducering. Metod för funktionskontroll kan därför behöva anpassas något beroende på anläggningens status och komplexitet.

I detta kapitel beskrivs huvudsaklig princip och grundläggande steg för funktionskontrollen. Förutsatt att den som utför funktionskontrollen har en grundkompetens inom fastighet/VVS eller motsvarande bör detta vara tillräckligt för att anpassa felsökningen efter aktuella förutsättningar.

11.1 FUNKTIONSKONTROLL

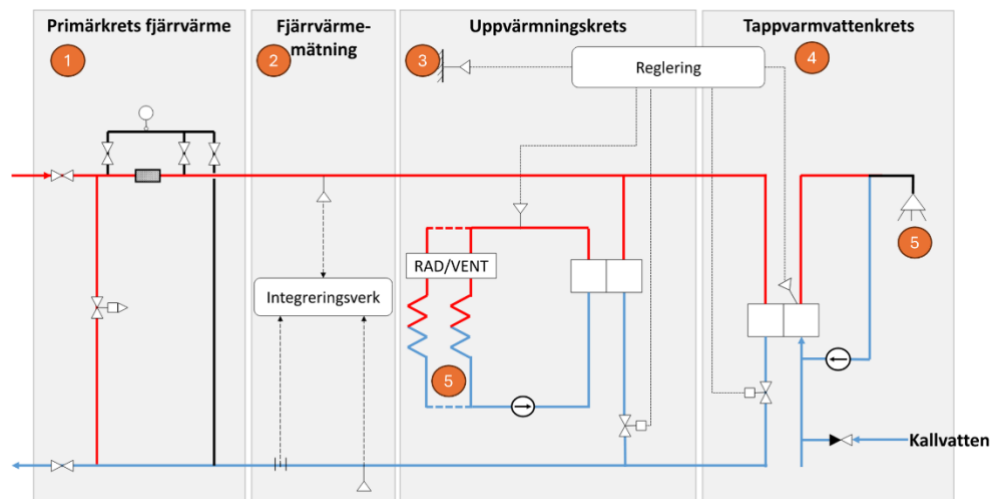
I bilaga 1 finns ett exempel på protokoll att använda vid funktionskontroller. Förutom att protokollet används för att dokumentera förhållanden i fjärrvärmecentralen fungerar den även som en checklista vid felsökning och en rapport över eventuellt genomförda åtgärder.

Protokollets indelning i felorsaker följer, i stort, den systematik som Sara Månson presenterar i sin doktorsavhandling³⁵ (systematiken, eller taxonomin, beskrivs djupare i avsnitt 12.1.1). Protokollet har huvudsakligt fokus på fel i själva fjärrvärmecentralen (System 1- 4 i Figur 38). Fel i byggnadens sekundärsystemet utanför fjärrvärmecentralen anges i protokollet som system 5 (Figur 38). Att

³⁴ Henrik Gadd, Sven Werner, Achieving low return temperatures from district heating substations, Applied Energy 136 (2014) 59-67

³⁵ Sara Månsson; Spot the difference! On the way towards automated fault handling in district heating buildings; Energy Sciences, Lunds universitet, 2021.

fastställa dessa fel kan kräva lite djupare utredning än vad som hinns med under ett platsbesök.



Figur 38 Taxonomi för märkning av avvikelser presenterad av Sara Månsson på webinariet "Data som en gemensam tillgång i fjärrvärmebranschen"³⁶

11.1.1 Handledning/checklista till funktionskontroll

Besöket i fjärrvärmecentralen får inte bli ett passivt nedtecknande av temperaturer, börvärden och komponentinventering. Anledningen till besöket är ju i de flesta fall förorsakat av en felfunktion (i effektivitet och/eller komfort). Målet med funktionskontrollen är alltså att finna orsaken till felfunktionen. Protokollet blir ett stöd i felsökningen.

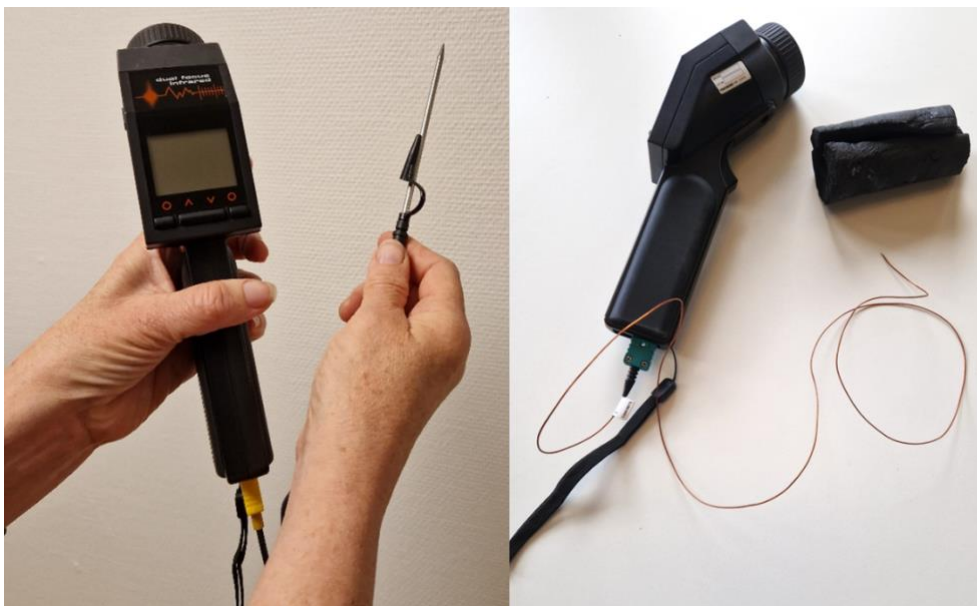
Förutom dokumentation i protokollet rekommenderas att fjärrvärmecentralen fotograferas. Även driftbilder, flödesscheman och liknande kan vara bra att fotografera. Tänk dock på att inte alla verksamheter tillåter fotografering; fråga för säkerhets skull. Fotografierna blir, tillsammans med värden och komponentdata som dokumenteras, till hjälp i fortsatt analys om ett åtgärdsförslag ska tas fram.

I följande avsnitt går vi igenom felsökning och protokoll moment för moment. Grunden för funktionskontrollen är alltid att kundens anläggning lämnas i samma status som innan funktionskontrollen, om man inte, i samråd med kunden, kommer överens om åtgärd på plats (t.ex. ändring av börvärde).

Bra att ha med:

- Handhållen temperaturmätare med robust temperaturgivare (Figur 39 visare mätare med insticksgivare resp. trådgivare).
- Ficklampa och kamera (Mobilen går oftast bra att använda som såväl ficklampa som kamera).
- Skruvmejsel

³⁶ Sara Månsson; Taxonomi för märkning av avvikelser i kunddata från fjärrvärmesystem; presentation på webinariet Data som en gemensam tillgång i fjärrvärmebranschen, Energiforsks Värmekluster 2021-06-10



Figur 39 Temperaturmätare för fältundersökning. Mätaren på bilderna har inbyggd IR-mätning av temperatur samt ingång för givare; vänstra bilden givare av modell insticksprob; trådgivare på högra bilden (För bättre mätresultat används en bit rörisolering för att täcka givaren).

Mäta med insticksprob

I en fjärrvärmecentral är de flesta rör isolerade. Ibland kan man komma åt en bit oisolerat rör med en trådgivare eller IR-mätare. Med en insticksprob som man t.ex. kan föra in i en glipa i isoleringen finns större möjligheter att mäta direkt mot röret/godset.

Mäta med trådgivare

Om man har möjlighet att mäta med en trådgivare är det en fördel att även använda en bit rörisolering och täcka givaren för att få så korrekt mätning på rörets temperatur som möjligt.

Mäta med IR-mätare

På oisolerade rör är det möjligt att använda IR-mätare, vilket kan gå lite snabbare. IR-mätning fungerar dock bäst på plana ytor. Här behöver man även se till att använda rätt inställning för emissionsfaktor. För blanka koppar- eller stålrör, som annars kan vara svåra att mäta på, kan man försöka med en bit eltejp på röret för komma närmare rätt emissionsfaktor.

11.1.2 Notera temperaturer och tryck samt mätarställningar

I protokollet översta del (Figur 40) antecknas värden från analoga termometrar; jämför med motsvarande temperaturer från digitala givare som kan finnas tillgängliga i reglercentral/DUC/PLC. Om termometer saknas eller inte verkar mäta rätt så använd en handhållen temperaturgivare för att mäta temperaturen.

Aktuella mätarställningar från värmemätaren noteras, liksom utetemperatur. Även andra mätarställningar, som vatten eller el, kan vara av intresse, därför finns utrymme i protokollet även för dessa.

Vid platsbesök tillsammans med en representant för kunden kan det även vara möjligt att ta del av data från driftsystemet, antingen via display i PLC/DUC eller på driftdator.

Var uppmärksam på värden som avviker från det normala, t.ex. om temperaturskillnaden mellan primär och sekundär returtemperatur är hög eller ifall någon temperatur på sekundärsidan verkar onödigt hög (kan gälla fram- och/eller returflöde).

FJÄRRVÄRME		Temperatur		FASTIGHETENS VÄRMESYSTEM		
Mätarställningar				Sekundärsida	Rad.	Vent. (shuntas)
1 Volym	59774 m ³	7 Temperatur fram	90 °C	11 Temperatur fram	53-67	41-49 °C
2 Energi	3242 MWh	8 Temperatur retur	43 °C	12 Temperatur retur	ca 40	ca 35 °C
3 Flöde	1,5 m ³ /h	9 Temperatur efter rad. VVX	ca 40 °C	13 TVV fram		55-65 °C
4 Effekt	ca 120 kW	10 Temperatur efter vent. VVX	— °C	14 TVV retur (VVC)		ca 50 °C
Tryck		Övriga mätarställningar		Övrigt		
4 Fram, före filter	7,5 bar/kPa	15 Kallvatten	m ³	18 Utetemperatur		
5 Fram, efter filter	7,5 bar/kPa	16 Varmvatten	m ³	2,2 °C		
6 Tryck retur	5,5 bar/kPa	17 El	MWh			

Figur 40 Dokumentation av tryck, temperaturer och mätarställningar i fjärrvärmecentralen. Exempel på ifyllda värden från funktionskontroll (normal returtemperatur vid tidpunkt för besöket).

11.1.3 Undersök och dokumentera systemets komponenter

Kontrollera fjärrvärmecentralens komponenter. I avsnitt 11.2 beskrivs möjliga felfunktioner för respektive komponent.

Notera särskilt om något saknas eller är trasigt, t.ex. läckage från ventil eller värmeväxlare. Skriv samtidigt ned väsentlig komponentdata om det inte finns dokumenterat sedan tidigare.

Kolla att givarnas är-värden stämmer med respektive bör-värden.

Notera kopplingsprincip för värmeväxlarna, om de är parallellkopplade, 2-stegskopplade eller har någon annan kopplingsprincip (t.ex. 3-stegskoppling) Om någon inkoppling avviker från standard dokumenteras (fota flödesschema om det går eller rita). Gör även en bedömning om detta är något som påverkar fjärrvärmecentralens funktion och returtemperaturens avkyllning.

Värmeväxlare						
Grupp	Fabrikat / Typ	År	Koppling	Märkeffekt	Dim. Temp	
Rad	AlfaTherm CM60-40	-18	2-steg	600kW	ej angivet	
VV	AlfaTherm LG300-24	-18	2-steg	125kW	65/22-10/55	

Reglercentral		Ställdon		Styrventil		
Grupp	Fabrikat / Typ	Börvärde	Fabrikat / Typ	Fabrikat / Typ	Dim	Kvs
Rad	RegDUC	56,5°C	VIX 610.09	Acta VMS4	DN50	40
VV	Bastec 2	55°C	Ventfos 800	Regtek240	DN15	2,5

Pumpar			Temperaturgivare tappvarmvatten	
Grupp	Fabrikat / Typ	Storlek	Fabrikat / Typ	Avstånd från VVX
Rad	Wilfors 34P-100	12 m ³ /h	Anlagningsgivare MUM22	35 cm
VV	Yowara Pinocirc N	4 m ³ /h		

Expansionskärl			
Fabrikat / Typ	Volym	Slutet system	Manuell fyllning
FlexExp	300 l	Ja	Ja

Flödesmätare	
Fabrikat / Typ	Flöde
SNC 700	6 m ³ /h q _p
	Upplösning 2,5 l/puls

Figur 41 Dokumentation av fjärrvärmecentralens komponenter (fingerade komponentnamn).

11.1.4 Upptäcka och dokumentera fel i fjärrvärmecentralen

Större delen av protokollets förstasida lämnar plats för fritext, där upptäckta fel kan noteras (se Figur 42). Avsnitt 11.2 beskriver många av de fel man kan stöta på. En del fel medför ingen förhöjd returtemperatur men bör naturligtvis dokumenteras i alla fall.

För alla felbeskrivningar/anmärkningar anges positionsnummer och status för felet: 1=Akut 2=Bör åtgärdas 3=Information 4=Åtgärdat av kontrollant. Exempel på fel som åtgärdas av kontrollant på plats kan till exempel vara korrigering av inställda börvärden, återställande av handställd ventil till automatläge eller stängning av ventil som orsakat onödigt rundgångsflöde. Detta förutsätter i regel att åtgärden utförts i samråd med kunden.

Pos	System / Komponenter	Pos	Felbeskrivning / Anmärkning	Status 1-4
1	Primärkrets			
1.1	Servisventil			
1.2	Manometersats			
1.3	Smutsfilter			
1.4	Termometer			
1.5	Övrigt			
2	Fjärrvärmemätning			
2.1	Givare			
2.2	Flödesmätare			

Figur 42 Del av avsnittet i funktionskontrollprotokollet som ger plats för felbeskrivning eller anmärkning.

11.2 FEL SOM KAN UPPSTÅ OCH HUR MAN UPPTÄCKER DEM

I detta avsnitt går vi igenom de flesta fel som kan uppstå i en fjärrvärmecentral. Några fel är vanligt förekommande medan andra fel uppstår mer sällan. Det är inte alla fel som leder till ökat flöde/ högre returtemperatur men de kan ändå få allvarliga konsekvenser för fjärrvärmecentralens funktion. För ett urval av felen

presenteras även förslag på lösning, markerat i kursiv stil. För de komponenter som går igenom i avsnittet anges även de positionsnummer som komponenten har i protokollet.

11.2.1 Värmeväxlare

Pos 3.1 och 4.1

Fel på värmeväxlaren kan upptäckas genom att jämföra ingående temperatur på sekundärsidan med utgående returtemperatur på primärsidan (och motsvarande för framledningstemperaturen). För en ny varmvattenvärmeväxlare ska returtemperaturen, vid tappning, inte överstiga 22 °C³⁷. För en ny värmeväxlare för uppvärmning ska primär returtemperatur i regel inte vara mer än 3 °C högre än sekundär returtemperatur³⁸. Om returtemperaturen avviker från detta finns flera möjliga orsaker:

- **Värmeväxlaren är inte en plattvärmeväxlare utan en tubvärmeväxlare.** Denna äldre typ hade inte lika god termisk verkningsgrad som modernare värmeväxlare. Numera finns inte många tubvärmeväxlare kvar i bostadshus, men man kan fortfarande stöta på dem, t.ex. i äldre flerbostadshus och lokaler. Tubvärmeväxlare används också fortfarande inom verksamheter där en plattvärmeväxlare inte är lämpligt med avseende på det medium som ska värmas.
- **Defekt värmeväxlare från fabrik.** Inte vanligt förekommande, men kan inte uteslutas.
- **Underdimensionerad värmeväxlare;** antingen p.g.a. projekteringsfel eller att värmebehovet har ökat sedan värmeväxlaren installerades.
- **Ojämn flödesfördelning genom grupp av värmeväxlare,** dvs. allt flöde går ej parallellt genom alla växlare på primär- eller sekundärsidan.
- **Felaktigt montage av värmeväxlare,** t.ex. medström i stället för motström. Inte så vanligt, men händer ibland av misstag.
- **Felaktig kopplingsprincip,** t.ex. att VVC-retur, vid två- eller trestegskopplad värmeväxlare, leds in i förvärmare i stället för eftervärmare.
- **Dålig värmeöverföring i värmeväxlare p.g.a. smuts- eller kalkbeläggningar.** *Om VVX:en är utrustad med ventiler för CIP (Cleaning In Place) kan den rengöras utan att den behöver kopplas bort från fjärrvärmecentralen. Packningsförsedda VVX kan också rengöras på plats, men man behöver då plockas isär plattorna. För en äldre och/eller mindre värmeväxlare är det oftast mest kostnadseffektivt att byta värmeväxlaren.*

³⁷ F:101 (Tabell 3)

³⁸ F:101 (Tabell 5)

11.2.2 Temperaturgivare

Pos 2,1, 3.3, 4,6 och 5.3

I fjärrvärmecentralen och inom fastigheten är det huvudsakligen temperaturgivare som används för reglering av styrventiler. En temperaturgivare som inte visar korrekt ärvärde innebär att regleringen inte kommer fungera. Detta är en relativt vanlig anledning till höga returtemperaturer. Några orsaker till felvärden från temperaturgivare är:

- Felplacerad givare - den mäter inte den temperatur som regleras av styrventilen. I F:101 framgår det hur en givare placeras för att visa korrekt mätvärde.
- Bristfälligt monterad givare - den får inte tillräcklig kontakt med det flöde som ska mätas.
- Trasig givare -reglercentralen får inte någon signal.
- Fel på signalkabel mellan givare och reglercentral - kabeln har skadats eller klippts av misstag eller klippts av i samband med byggtreprenad.

Vid misstanke om att temperaturgivaren inte mäter rätt bör man kontrollera detta genom att jämföra givarens värde med temperatur uppmätt med den handhållna temperaturmätaren.

11.2.3 Reglerventiler och ställdon

Pos 3.5, 4.5 och 5.2

Hög returtemperatur orsakad av komponentfel beror oftast på trasig styrventil eller ställdon. Om fjärrvärmecentralen plötslig fått högre returtemperatur kan man misstänka att ventil eller ställdon fått något fel. Extremt förhöjd returtemperatur beror i de flesta fall på att ställdon fastnat i öppet läge.

Övriga fel kopplade till reglerventil och/eller ställdon:

- Styrventilen har fastnat, kärvar eller läcker i stängt läge.
- Styrventilen är kraftigt överdimensionerad eller felmonterad.
- Ställdonet är felinstallerat.
- Ställventil har ställts i manuellt läge och reglerar inte. Här behöver orsaken till att ventilen handställts först hanteras innan styrningen kan återgå till normalläge.

Funktion hos reglerventil och ställdon kan testas genom att

- Spola varmvatten en stund och kontrollera att reglerventil för varmvatten öppnar (och sedan stänger). Kolla även returtemperatur från varmvatten-VVX i samband med detta.

- Ställ ställdonet i manuellt läge och låt det sedan återgå till automatisk styrning. De flesta ställdon letar då sina ändlägen innan återgång till normal reglering.
- Ändra börvärde via reglercentralen. Detta under förutsättning att man kommer åt reglercentralen.

11.2.4 Reglering

Pos 3.4, 4.4 och 5.1

Alltför höga börvärden på utgående varmvatten eller på värmekretsens framtemperatur ger upphov till mycket höga flöden från fjärrvärmenätet. Ibland är sekundära börvärden till och med högre än inkommande fjärrvärmetemperatur, vilket leder till fullt öppna reglerventiler. Denna felfunktion är, enligt tidigare erfarenheter, den vanligaste orsaken till höga returtemperaturer från svenska fjärrvärmecentraler.

11.2.5 Pumpar

Pos 3.7, 4.8 och 5.4

Om värmekretsens cirkulationspump eller VVC-pump står stilla (t.ex. vid schemalagt pumpstopp), samtidigt som styrventilens reglering är påslagen kommer ventilerna öppna helt, eftersom vattnet där börvärdesgivaren sitter kommer svalna i det stillastående vattnet.

Cirkulationspumpar som är överdimensionerade och/eller saknar reglerad varvtalsstyrning kan orsaka höga returtemperaturer i värmesystemet. De ger onödigt höga flöden som ger små skillnader mellan värmesystemets fram- och returtemperaturer (ΔT). Då förlorar man möjligheten till att få en låg returtemperatur tillbaka till fjärrvärmenätet.

11.2.6 Primärkrets

Framledningstemperatur (Pos 1.5)

För låg primär framledningstemperatur (lägre än avtalat) kan vara orsaken till dålig avkylning i kundens anläggning. Även om returtemperaturen ligger på en godtagbar nivå ökar oftast flödet för att kompensera för det snävare temperaturspannet.

Om radiatorer/ventilationsaggregat får för låg framledningstemperaturen kommer flöde och returtemperatur från öka. Eftersom värmeväxlare och styrventiler inte är dimensionerade för den lägre framledningstemperaturen finns även risk för effektbrist i anläggningen.

Om felet leder till effektbrist hos kunden, eller om framledningstemperaturen inte är tillräcklig för att säkerställa rätt varmvattentemperatur, är det fjärrvärmebolagets ansvar att felsöka och åtgärda problemet. Många gånger beror en låg framledningstemperatur på att flödet i distributions eller servisledning är lågt. Problemet är oftast vanligast sommartid. *Om problemet uppstår hos någon*

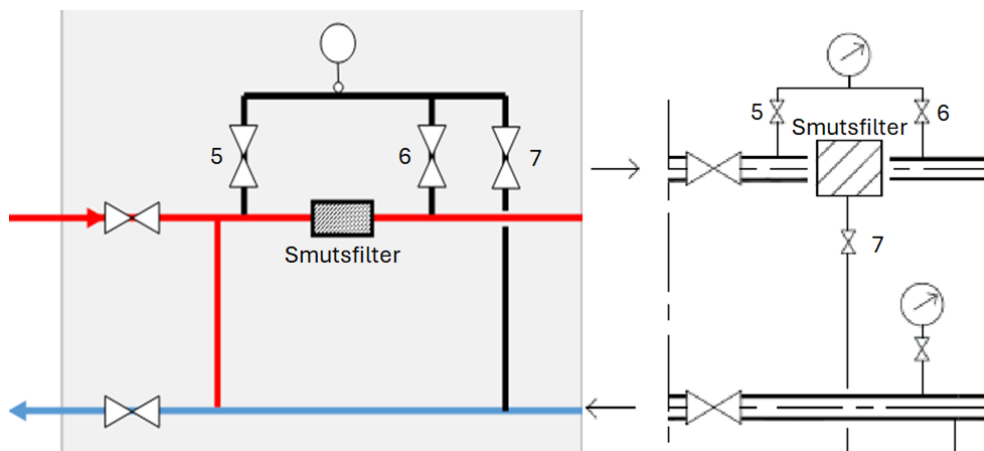
enstaka kund kan lösningen vara att installera en temperaturstyrd rundgång för att öka flödet till anläggningen. Alternativt kan man åtgärda anläggningen så den klarar av en lägre temperatur. I det senare fallet kan samma metoder som tas upp i avsnitt 9.4 vara tillämpbara.

Manometersats/ Differenstryck (Pos 1.2)

Om ventilerna på en manometersats med 3- eller 4-punktsmätning står i fel läge finns risk för kortslutningsflöde genom manometersatsen (dock ovanligt). F:101 föreskriver numera 1+2-punktsmätning; då finns ingen risk för kortslutningsflöde.

Kontrollera differenstryck (dP) över anläggningens manometersats (3-, 4- eller 1+2-punktsmätning). Trycket bör vara i intervallet 1-6 bar. Det finns dock fjärrvärmesystem där dP i vissa delar av nätet är över 6 bar. Där måste man säkerställa att valda ställdon orkar hålla ventilerna stängda.

- Lågt primärt dP kan innebära effektbrist hos kunden (otillräckligt flöde).
- Om dP är större än motkraften i ventilernas ställdon kommer ventilerna tvingas upp och släppa igenom flöde.
- Högt dP kan förstärka problemet om FVC redan har en felfunktion som ger överkonsumtion av flöde.



Figur 43 Manometersats för 3-punktsmätning till vänster. Till höger 2+1-punktsmätning, enligt F:101³⁹. Ventilernas numrering indikerar plats i protokollet.

I stället för manometer, som är en analog tryckmätare, kan centralen ha digitala tryckmätare. Notera i protokollet ifall tryckmätare saknas, är trasiga eller om tryckmätaren inte är graderad upp till minst 16 bar.

Varmhållning servis (Pos 1.5)

Ibland kan fjärrvärmecentralen vara försedd med rundgång för varmhållning. I villacentraler är detta vanligt förekommande och rundgången ser till att hålla ett litet flöde i servisledningen så att fjärrvärmevattnet i framledningen inte svalnar för mycket innan kunden behöver varmvatten. En del rundgångsventiler är större och har kanske dimensionerats för att upprätthålla ett flöde i en större del av nätet.

³⁹ Fjärrvärmecentralen -utförande och installation Tekniska bestämmelser F:101, Energiföretagen, 2021.

En rundgångsventil behöver, i sig, inte vara ett fel, men kan vara en felorsak om ventilen eller dess reglering är trasig. Rundgångsventiler i större fjärrvärmecentraler bör alltid vara temperaturstyrda.

Påfyllningsventil (primär till sekundär) (Pos 1.5)

Detta är inte något som förekommer i alla fjärrvärmecentraler och tillåts inte heller av alla fjärrvärmebolag, men ibland erbjuder fjärrvärmeleverantören en tilläggstjänst där kunden erbjuds köpa fjärrvärmevatten för påfyllnad i sitt uppvärmningskrets (kallas ofta "grönt vatten"). Därför kan det finnas en rörledning mellan primär och sekundär sida i fjärrvärmecentralen där man med hjälp av en påfyllningsventil kan fylla på sekundär värmekrets med fjärrvärmevatten.

En påfyllningsventil som läcker eller av misstag lämnats i öppet läge kan ge för högt tryck på sekundärsidan (leder oftast till att säkerhetsventilen löser ut) men ger ingen förhöjd returtemperatur.

11.2.7 Uppvärmningskrets, fjärrvärmecentral

Temperaturgivare utomhus (Pos 3.3)

Om temperaturgivare utomhus är trasig eller saknas får inte reglercentralen någon signal. Det har även förekommit att signalkabel mellan utegivare och reglercentral klippts av i samband med byggtrepenad. Reglerventilen får då fel styrsignal, vilket kan göra att den öppnar, trots att byggnaden inte har något värmebehov.

Givaren kan även vara felplacerad, så den inte ger rätt värde, även det kommer ge fel styrsignal till reglerventilen. Utegivaren bör helst sitta på en yttervägg i skuggigt läge utan påverkan från utgående ventilationsluft eller liknande.

Övriga fel

Fel som uppstår i denna del av fjärrvärmecentralen beskrivs även i:

- 11.2.1 Värmeväxlare
- 11.2.2 Temperaturgivare
- 11.2.3 Reglerventiler och ställdon
- 11.2.4 Reglering
- 11.2.5 Pumpar

För fel i sekundärsystemet, se avsnitt 11.2.9 Sekundärsystem.

11.2.8 Varmvattenkrets, fjärrvärmecentral

Reglerventil (Pos 4.5)

Ställdonets gångtid har en avgörande betydelse för varmvattenregleringen. Med "snabba" system ska man undvika långsamma ställdon. Med system menas här VVX, styrutrustning och temperaturgivare. Om värmeväxlaren är snabb (vilket gäller för plattvärmeväxlare, som numera är vanligast) och ställdonet långsamt får

man problem med pendlande temperaturer. Vid kombinationer av olika fabrikat rekommenderas att "snabba" och små värmeväxlare förses med snabba ställdon.

Temperaturgivare utgående varmvatten (pos 4.6)

Temperaturgivare ska vara placerade nära VV-värmeväxlaren för att undvika onödigt långa tidsfördröjningar p.g.a. transport. Den ska sitta strax efter utloppet från VVX och strax efter blandningsventilen (om det finns en sådan).

Om temperaturgivaren för varmvatten sitter för långt från VVX leder det ofta till instabil reglering (ventil pendlar mellan att öppna/stänga), vilket leder till ojämn temperatur på varmvatten och återvändande VVC samt stundtals hög returtemperatur till fjärrvärmenätet.

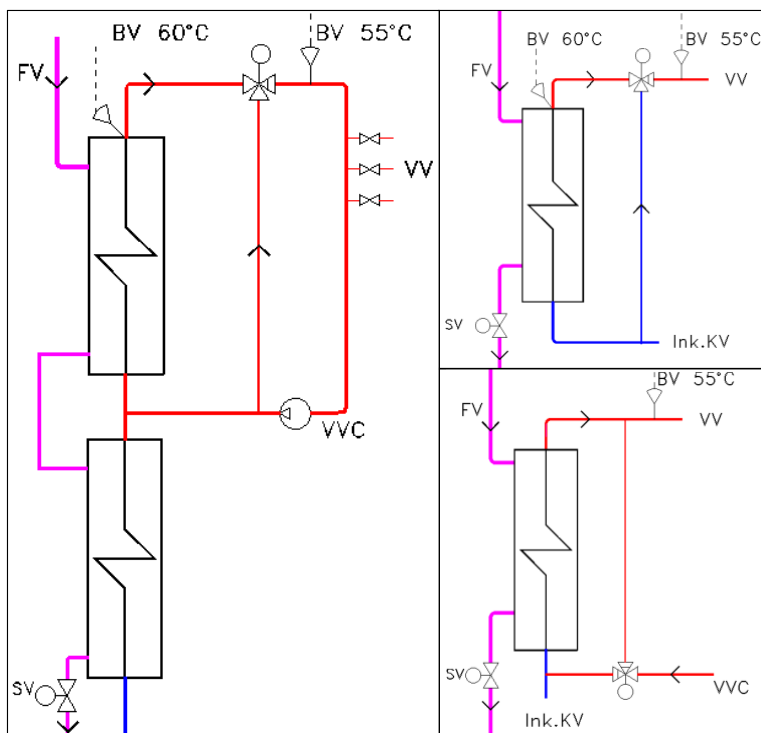
Mindre vanliga fel, som ger extremt hög returtemperatur är

- Trasig VVC-pump så att styrventilen reglerar mot stillastående flöde och därmed öppnar fullt.
- Stopp i ledningen, vid VVC-ledning med efterföljande 3-vägsventil (se Figur 44), så hela VVC-flödet går genom 3-vägsventilen i stället för genom VVX.

Blandningsventil (Pos 4.9)

I en del fjärrvärmecentralen finns en 3-vägsventil inkopplad på utgående varmvattenkrets, efter värmeväxlaren. Oftast finns inget behov av 3-vägsventilen, utan kopplingsprincipen är en kvarleva från system där reglerbarheten på värmekällan var dålig. I vissa verksamheter kan dock användandet av en blandningsventil vara motiverad, som t.ex. förskolor, sjukhus och äldreboende, där man vill ta extra skyddsåtgärder för att förhindra skällningsrisk. Börvärde för blandningsventilen ska då alltid vara några grader högre än börvärde för primärsidans styrventil.

Figur 44 illustrerar några av de reglerfel som kan uppstå med 3-vägsventiler. I den vänstra bilden använder man fjärrvärme för att spetsa temperaturen på VVC-flödet; blandningsventil shuntar ned VV-temperaturen efter styrventilen. Blandningsventilen i övre högra bilden skulle kunna användas som skällningsskydd, på det sätt som beskrivs ovan, men används här för att reglera ned VV-temperaturen. *Båda dessa fel kan enkelt åtgärdas genom att skifta börvärden för primär styrventil (till 55 °C) och blandningsventil (till 60 °C).* Nedre högra bilden visar en blandningsventil som är sekvenskopplad med primär styrventil, där ett delflöde av VVCn går genom VVX och styrventilen reglerar mot ett börvärde efter inblandning av övriga VVC-flödet.



Figur 44 Tre exempel på felinställda börvärden vid sekundär blandningsventil för varmvatten. I vänstra figuren visas nedshuntning av varmvattentemperaturen med inkommande VVC. Övre höger bild visar motsvarande nedshuntning men med inkommande kallvatten.. I nedre höger bild visas hur VV-temperaturen reglering av VV-temperaturen sker med styrventil och blandningsventil i sekvens.

Övriga fel

Fel som uppstår i denna del av fjärrvärmecentralen beskrivs även i:

- 11.2.1 Värmeväxlare
- 11.2.2 Temperaturgivare
- 11.2.3 Reglerventiler och ställdon
- 11.2.4 Reglering
- 11.2.5 Pumpar

För fel i sekundärsystemet, se avsnitt 11.2.9 Sekundärsystem.

11.2.9 Sekundärsystem

Flera av de fel som kan uppstå i fjärrvärmecentralen kan även förekomma i det sekundära uppvärmnings- eller varmvattensystemet. Om den sekundära returtemperaturen till fjärrvärmecentralen är hög kan det bero på en, eller flera, av följande orsaker:

- Uppvärmnings- eller hetvattenkretsar är dåligt injusterade med onödigt höga flöden i sekundärsystemet som följd.
- Underdimensionering i sekundärt värmesystem. T.ex. om radiatorer, ventilationsbatterier, aerotemprar eller varmvattenberedning är

dimensionerade för högre framledningstemperaturer eller ett lägre effektbehov än det aktuella

- Värmepump (VP) eller värmeåtervinning (VÅV) är inkopplad på sekundär retur före fjärrvärmväxlare. Utifrån ett resurshushållningsperspektiv behöver detta inte nödvändigtvis vara fel. Det orsakar dock högre returtemperatur, framför allt om VP/VÅV kopplas in i serie med fjärrvärmväxlaren. Man bör i sådana fall överväga att göra en parallellkoppling i stället.
- Sekundär varmhållningskrets med lokal varmvattenberedning. Kan även vara ett större sekundärnät. *De åtgärder som finns är rätt omfattande; för sekundäranslutna fastigheter kan en åtgärd vara att konvertera till primäranslutning av fastigheterna. I en enskild byggnad/grupp av byggnader kan installation av VVC-krets vara en åtgärd. Det är inte alltid dessa åtgärder går att motivera. då får man göra så gott det går: undvika onödigt hög framledningstemperatur på hetvattenkretsen samt justera in flöden i systemet, se även avsnitt 9.4.3 om åtgärder i sekundärnät.*
- Felaktigt installerad ventil eller läckage genom trasig/oavsiktligt öppen avstängningsventil som ger oönskade cirkulationsflöden
- Återshuntande trevägsventiler som kan finnas kvar i gamla radiatorsystem som en gång varit kopplade till oljepannor. Dessa trevägsventiler användes för att garantera en hög returtemperatur tillbaka till oljepannan för att undvika bildning av korroderande svavelsyra i eldstaden. En enkel åtgärd är att proppa igen den tredje porten i ventilen så att den får samma funktion som en tvåvägsventil.
- Helt oreglerade flöden till delar av kundernas värmesystem, t.ex. vattenburna värmebläktar (aerotemprar) som ofta används inom industrilokaler, där ett kontinuerligt varmt vattenflöde passerar genom värmebläkten och ingen värme tas ut om själva bläkten är avstängd. Det är bara om bläkten slås på som värme tas ut. Detta enkla driftförfarande utan flödesreglering ger en helt oförändrad temperatur på vattenflödet genom värmebläkten om den är avslagen. Ett relativt enkelt sätt att åtgärda detta är att installera magnetventiler på värmeledningen som stänger vattenflödet när bläkten är avstängd.
- Varmvattenkrets med dåligt reglerat flöde på sekundärsida och/eller cirkulationsflöden som leder till onödigt högt VVC-flöde, vilket ger en hög temperatur på VVC-returen.

11.2.10 Komponentfel utan direkt påverkan på avkylning i fjärrvärmecentralen

Servisventil (Pos 1.1)

Exempel på avkylningsfel saknas, men felfunktion i komponent kan försämra t.ex. leveranskvalitet, säkerhet eller debiteringsmätning. I samband med funktionskontroll kan man även passa på att kontrollera ventilernas funktion. Om en av ventilerna är stängd ska inget flöde gå genom fjärrvärmemätaren.

Termometer (Pos 1.4, 3.6 samt 4.7)

En trasig termometer kan försvåra felsökning och funktionskontroll. Likaså om termometer saknas helt.

Smutsfilter (Pos 1.3, 3.2 samt 4.3)

Om primärsidans filtret är för igensatt kommer det påverka fjärrvärmecentralens differenstryck. Igensatt smutsfilter på primärsidan upptäcks genom att med hjälp av manometer jämföra tryck före resp. efter filter (pos 5 och 6 i Figur 43); skillnaden i tryck ska vara liten. Åtgärd vid igensatt smutsfilter; byt silkorg.

Ett annat fel man ser ibland är att filterhuset är placerat ovanför elektronik, t.ex. ovanför energimätaren. Påverkar inte returtemperaturen men försvårar byte av silfilter. Det går sällan att ekonomiskt motivera en åtgärd, men vid ombyggnation bör detta tas med i planeringen.

11.2.11 Fjärrvärmemätning

Värmemätaren består av följande komponenter

- *Pos 2.1 Temperaturgivare*
- *Pos 2.2 Flödesgivare*
- *Pos 2.3 Integreringsverk*

Vad vi erfarit resulterar aldrig felfunktion i värmemätaren i avkylningsfel, men det finns andra möjliga fel som påverkar systemfunktionen.

En trasig eller felaktigt placerad **temperaturgivare** till energimätaren kan ge fel mätdata som av misstas kan tolkas som att avkylningen är sämre, eller bättre än den verkliga är.

Om temperaturgivaren är felplacerad/felmonterad ska den monteras korrekt, enligt leverantörens anvisningar. Om givaren är trasig bör värmemätaren i sin helhet bytas så att mätnoggrannheten kan säkerställas. För att temperaturmätningen ska ske korrekt levereras temperaturgivarna färdiginstallerade i integreringsverket. Temperaturgivarnas kablar får heller inte kortas ned eftersom en förändrad kabelresistens skulle medföra felaktiga värden.

Felfunktion i **flödesgivaren** kan försämra t.ex. felsökning eller debiteringsmätning (Därför finns även ett lagstadgat intervall för revision av fjärrvärmemätare som fjärrvärmebolaget är tvunget att följa).

Det är viktigt att flödesmätaren är korrekt dimensionerad. Om flödesmätaren är för stor kommer det påverka mätnoggrannheten vid låga flöden.

Om flödesmätaren är för liten kommer mätdata visa felaktiga värden när verkligt flöde överskrider maxtaget för mätområdet. Om mätaren är för liten syns det rätt tydligt på dess utdata; värdena "går i taket" på kurvan. Det finns även risk för att höga tryckfall över en underdimensionerad flödesmätare gör att differenstrycket över fjärrvärmecentralen blir för lågt (gäller främst i större anläggningar).

Om flödesmätaren är för liten bör den bytas till större mätare utan dröjsmål. Vid för stor mätare -se till att den dimensioneras rätt inför nästa mätarbyte. Andra eventuella fel i flödesmätningen bör åtgärdas snarast.

Inför planerade mätarbyten bör man alltid samtidigt säkerställa att storlek på mätaren är rätt för respektive fjärrvärmecentral.

Felfunktion i **integreringsverket** kan försämra debiteringsmätning och försvåra identifiering av fjärrvärmecentraler med felfunktion.

Övriga felfunktioner i fjärrvärmemätningen kan bestå av **bristande kommunikation** med den överordnade mätdatasystemet. Fjärrvärmecentralen blir då "osynlig" i ett feldetekteringssystem och/eller får sannolikt missvisande värden i en överkonsumtionslista.

11.3 DOKUMENTERA

Protokoll från funktionskontrollerna och bilder tagna vid besöket samt övriga anteckningar eller underlag från kund sparas på lämplig plats i det interna systemet. Det kan t.ex. vara

- Dokumentationssystem för nät och fjärrvärmecentraler. För företag som möjlighet att där lägga in information om individuella fjärrvärmesystem kan detta vara en bra plattform att samla informationen på. T.ex. har Luleå Energi valt att lägga hela arbetsflödet i sitt dokumentationssystem (avsnitt 3.1.6)
- I mappsystem på företagets serveryta. Om man väljer denna plats för lagring av filer bör man se till att alla inblandade i projektet kommer åt mapparna, oavsett vilken del av organisationen de tillhör.
- En yta på Teams eller motsvarande projektplattform. Här ska alla i projektet ingå i det Team där informationen lagras. Det bör dock noteras att det finns en risk med att använda den typen av projektplattform som lagringsyta. T.ex. viktigt att se till att filer på Teams har backup, så att inte informationen går förlorad om ägaren till Teamet slutat på företaget.

11.4 GENOMFÖRA FÖRBÄTTRINGAR

Del viktigaste momentet av alla är naturligtvis insatsen som innebär att förbättringar verkligen blir genomförda. Det är ju helt meningslöst med mål, analyser och planer om inga verkliga åtgärder genomförs.

För att komma i mål med detta krävs ett stort tålamod, mycket envishet och framför allt förståelse för kundernas syn på olika typer av felfunktioner. Se även 7.5 Kundkontakten.

Enklare åtgärder kan dock göras direkt vid platsbesöket, i samråd med kunden. Till exempel justering av börvärden, stänga ventiler som inte borde vara öppna eller återställa en handställd ventil till automation.

12 Uppföljning

12.1 AVKYLNINGÅTGÄRDER

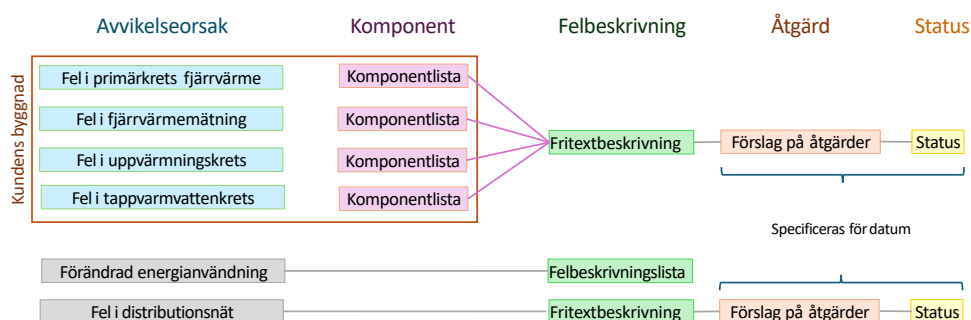
Oberoende av vilken typ av fel som åtgärdats bör en uppföljning göras för att säkerställa att funktionsförbättringen blev den förväntade. Likaså bör en kostnadsuppföljning göras och en bedömning huruvida åtgärden har varit lönsam.

En enkel form av uppföljning är att jämföra volymen överkonsumerat fjärrvärmevatten före och efter åtgärden. Med en beräknad kostnad för varje kubikmeter fås direkt en siffra på åtgärdens kostnadsbesparing. Besparingen tillsammans med åtgärdens kostnad ger därefter en lönsamhet för förbättringsåtgärden.

I takt med att personalen får alltmer erfarenhet av feldetektering och åtgärdsbedömningar kommer fel att kunna avhjälpas mer rationellt. Därmed kan även lönsamheten för åtgärder successivt öka.

12.1.1 Systematik

För att enklare kunna systematisera felsökningsarbetet på företaget, och för branschen i stort, rekommenderar Energiföretagen att man använder sig av den taxonomi som föreslås av Sara Månsson⁴⁰. Taxonomi är en beteckning på karaktärisering av objekt baserad på relationerna mellan dem och har sin ursprungliga betydelse inom botanik och zoologi, men har på senare år börjat användas i flera andra sammanhang. Ordet har sitt ursprung i grekiskans *taxis*, 'ordning' och *nomos*, 'bruk' eller 'regel'. En översikt av avvikelse-taxonomins struktur visas i Figur 45. För att underlätta användandet av detta system följer även funktionskontrollprotokollet (Bilaga 1) denna ordning.



Figur 45 Övergripande struktur för taxonomi för felorsaker i fjärrvärmecentraler.

12.2 CIRKULATIONSFLÖDEN

En kontinuerlig uppföljning bör göras genom att jämföra det levererade flödet i ledningsnätet med det summerade flödet genom alla fjärrvärmecentraler. En lämplig nivå bör vara att detta görs på månadsbasis så att fel kan detekteras

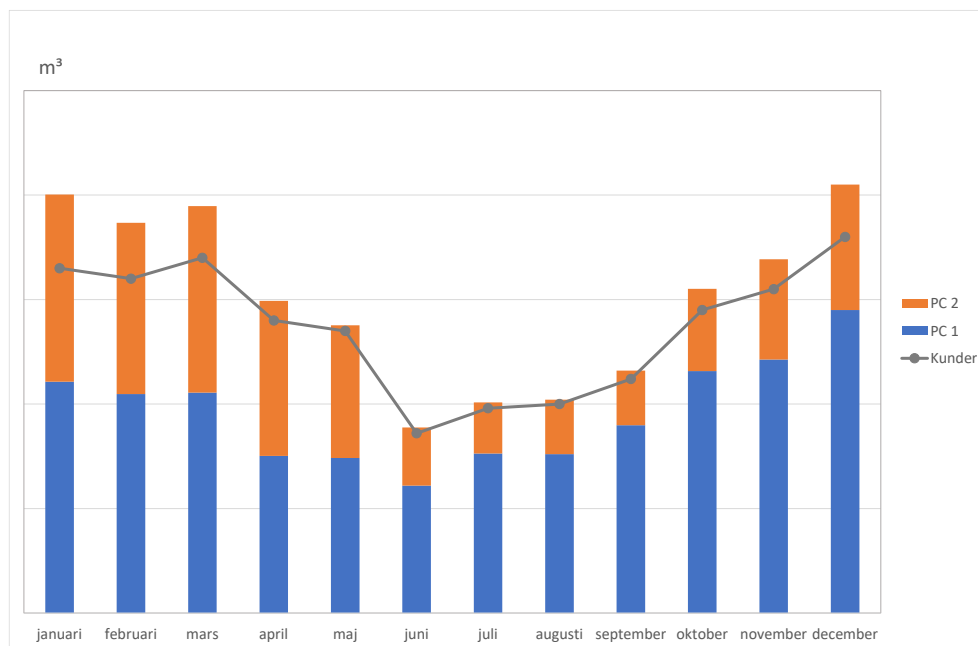
⁴⁰ Sara Månsson; Spot the difference! On the way towards automated fault handling in district heating buildings; Energy Sciences, Lunds universitet, 2021.

relativt snabbt. En högre upplösning, dygns- eller veckonivå kan resultera i att felmätningar får för stort genomslag och överblicken på systemet försämras.

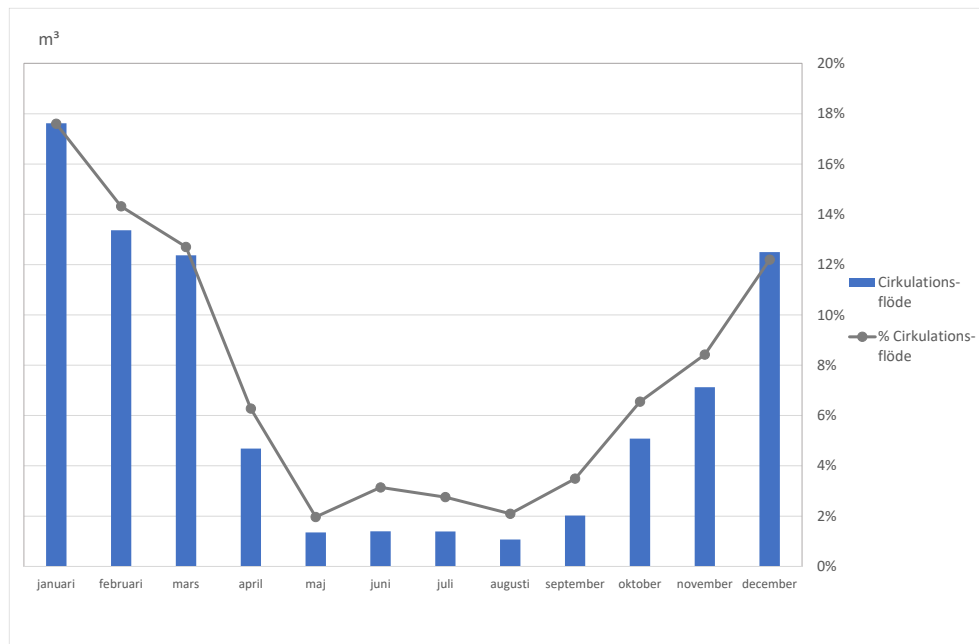
Om man har många oreglerade rundgångsventiler i systemet blir cirkulationsflödet oftast större på vintern än på sommaren. Det beror på att differenstrycket är högre då vilket gör att ventilerna släpper igenom mer vattenflöde.

Med termostatstyrda varmhållningsventiler installerade för att undvika frysning i ledningar utan kundanslutningar öppnar för cirkulation då temperaturen går under ett förinställt värde. Under sommaren kan en stor del av cirkulationsflödet bestå av rundgångar som installerats för att upprätthålla framledningstemperaturen i värmeglesa områden.

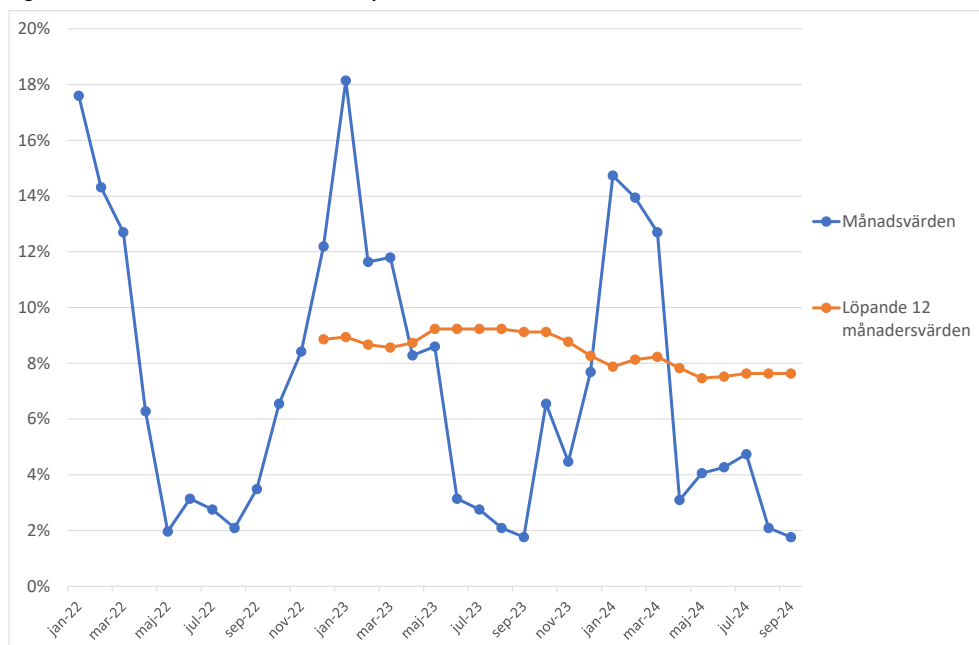
Exempel på hur man kan visualisera storleken på cirkulationsflödet visas i Figur 46 till Figur 48. Det 12-månaders löpande medelvärdet i Figur 48 visar den långsiktiga trenden i systemet.



Figur 46 Differens mellan flöde som passerat produktionsanläggningar och kundanläggningar.



Figur 47 Beräknat cirkulationsflöde samt procentandel av levererat flöde.



Figur 48 Procentuellt cirkulationsflöde samt 12-månaders medelvärden.

13 Slutord

Svenska fjärrvärmesystem körs med ungefär samma temperaturnivåer i dag som för 20 år sedan trots att systemeffektiviseringar i form av sänkta temperaturer ofta är lönsamma åtgärder. Branschens fokus har ofta varit andra frågeställningar.

Vi har under de senaste åren sett en kraftig prisökning för framför allt biobränslen. I framtiden antas att konkurrensen om fossilfria råvaror kommer att öka på den internationella marknaden, men även från andra branscher. Bränslepriserna kommer då att även fortsättningsvis vara höga. Fjärrvärmebranschen kommer därmed att få ett ökat fokus på värmeförsörjning utan förbränning vid höga temperaturer. Detta kan vara t.ex. industriella restvärmekällor med lägre temperaturer som tidigare varit olönsamma att ta tillvara. Vi ser även att flera projekt är på gång avseende säsongslager av värme. Gemensamt för dessa är att funktion och lönsamhet förbättras om temperaturnivån i fjärrvärmesystemen kan sänkas. Uppskattningsvis kommer därmed den ekonomiska drivkraften för att sänka temperaturnivåerna att bli omkring fem gånger högre jämfört med nuvarande förhållanden.

För att forcera arbetet mot lägre temperaturnivåer har denna handbok framtagits där erfarenheter från många års arbete med problemställningen har sammanfattats. Ett mer effektivt arbetssätt möjliggör en snabbare takt för att nå lägre temperaturer. Med ökad erfarenhet av lyckosamma åtgärder kan även förhoppningsvis även kostnaden för detta arbete hållas nere.

Arbetet bör främst fokusera på att öka avkylningen i kundernas fjärrvärmecentraler och minimera onödigt cirkulationsflöde i nätet. Detta ger i sin tur möjlighet att sänka framledningstemperaturen i systemet utan att öka flödet med eventuella överföringsproblem till följd.

I de flesta fjärrvärmesystem äger kunden sin egen fjärrvärmecentral och det är ibland svårt att motivera denne att utföra de åtgärder som behövs för att nå god funktion i sina anläggningar. För att få kunderna att göra förbättringar används ofta en flödesprissättning som ger ekonomiska incitament till kunden att åtgärda fel i systemet. Många större kunder uppskattar detta då man kan göra egna lönsamma åtgärder som både kunden och fjärrvärmeföretaget tjänar på. Det finns dock flera problem med denna typ av prissättning och det är inte självklart att det ger önskat utfall i form av lägre temperaturer. Det viktigaste är att man har en nära dialog med kunderna för att kunna diskutera lämpliga åtgärder eller rådgivning vid t.ex. ombyggnader.

För att ytterligare effektivisera arbetet bör fjärrvärmeföretag ta en mer aktiv roll vad gäller identifiering av fel, åtgärder och uppföljning. Det innebär att man behöver få en överblick över var åtgärder bör sättas in, dvs. hos vilka kunder man kan uppnå störst förbättring i förhållande till kostnaderna för förbättringarna.

En väg kan vara de serviceavtal som erbjuds i vissa system där årliga besiktningar kan göras eller där felavhjälpning ingår. Dessa har traditionellt vänt sig främst till villakunder som har en något begränsad påverkan på systemtemperaturer p.g.a.

deras lägre värmebehov. Flera fjärrvärmebolag erbjuder nu serviceavtal eller motsvarande även till större kunder, vilket ger en bra ingång till dialog.

14 Referenslista

- DIN Forsyning hemsida; <https://dinforsyning.dk/da-dk/presse>. Publicerad 2023-02-14.
- Energiföretagen; Fjärrvärmens bränslemix 2022.
<https://www.energiforetagen.se/energifakta/fjarrvarme/fjarrvarmeproduktion/> (2024-07-09)
- Energimyndigheten; Energiläget i siffror 2023
- Energimyndigheten; Förslag till en fjärrvärme och kraftvärmestrategi – Slutleverans. Förslag till en strategi för en långsiktigt hållbar utveckling av fjärr- och kraftvärmesektorn Del 2 av 2, ER 2023:27
- Eriksson, Lennart, Petersson, Stefan, Walletun, Håkan; Förbättringspotential i sekundärnät, Svenska Fjärrvärmeföreningen FOU 2002:78, 2002
- Eriksson, Lennart, Walletun, Håkan; Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät, FOU 1999:37, Svenska Fjärrvärmeföreningen, 1999
- Fjärrvärmecentralen – utförande och installation Tekniska bestämmelser F:101, Energiföretagen Sverige AB, september 2021
- Fransson, Anders; Avkylningsarbete på Göteborg Energi AB 1995-2004, FOU 2005:132, Svensk Fjärrvärme, 2005.
- Gadd, Henrik, Werner, Sven; Achieving low return temperatures from district heating substations, Applied Energy 136 (2014) 59-67
- Gummerus Peter; Analys av konventionella abonnentcentraler i fjärrvärmesystem, Doktorsavhandling, Chalmers, 1989.
- Haraldsson, Mårten, Jalbin, Gunilla; Kundorienterad utveckling av erbjudanden för efterfrågeflexibilitet i fjärrvärmenätet, Energiforskrapport 2024:1002
- IEA DHC Final report, Low-temperature District Heating Implementation Guidebook
- Johnsson, John, Rossing, Ola, Walletun, Håkan; Produktion, distribution och kundcentraler System i samverkan, Fjärrsynrapport 2009:6; Svensk Fjärrvärme, 2009.
- Legionella i vatteninstallationer Tekniska faktorer med risk för samhällsförvärvad legionellainfektion, Boverket, Smittskyddsinstitutet och VVS-Installatörerna, 2006.
- Näsholm, Karolina och Walletun, Håkan; Effektivare rundgångar, Forskning och Utveckling 2004:109; Svensk Fjärrvärme, 2004.
- Månsson, Sara; Spot the difference! On the way towards automated fault handling in district heating buildings; Energy Sciences, Lunds universitet, 2021.

- Månsson Sara; Taxonomi för märkning av avvikelser i kunddata från fjärrvärmesystem; presentation på webinariet Data som en gemensam tillgång i fjärrvärmebranschen, Energiforsks Värmecluster, 2021-06-10
- Månsson, Sara, Johansson, Kallioniemi, Per-Olof, Thern, Marcus, Van Ovelen, Tijs, Sernhed, Kerstin; Faults in district heating customer installations and ways to approach them: Experiences from Swedish utilities, Energy 180 (2019) 163-174; Elsevier Ltd 2019.
- Petersson, Stefan, Dahlberg Larsson, Cilla; Samband mellan flödespremie och returtemperatur, Fjärrsynrapport 2013:25, Svensk Fjärrvärme, 2013
- Sigholm, Niclas; Älska förändringen? Fjärrvärmedagarna. Stockholm, Sverige 10/4 2024.
- Steen, Karl-Mikael, Sagebrand, Ulrika, Walletun, Håkan; Att använda fjärrvärme i industriprocesser, Energiforskrapport 2015:155
- Steen, Karl-Mikael, Sagebrand, Ulrika, Walletun, Håkan; Handbok: Att använda fjärrvärme i industriprocesser, Energiforskrapport 2016:222
- Selinder, Patrik, Walletun, Håkan; Modell för ändrade förutsättningar i fjärrvärmenät. Fjärrsynrapport 2009:50, Svensk Fjärrvärme 2009
- Walletun, Håkan; Effektivisering av fjärrvärmecentraler. Rapport FoU 1999:27, Fjärrvärmeföreningen, 1999
- Walletun, Håkan, Johnsson, John; Grundläggande faktorer för lyckosamma avkylningsprojekt, Rapport FoU 2005:137, Svensk Fjärrvärme, 2005

Tekniska bestämmelser

Fjärrvärmecentralen	F:101
Utförande och installation	
Fjärrkylecentralen	F:102
Utförande och installation	
Certifiering av fjärrvärmecentral	F:103-3
Program för provning och kontroll	
Värmemätare	F:104
Tekniska branschkrav och råd om mätarhantering	
Provprogram för värmeväxlare och vattenvärmare	F:109
Värmemätare	F:111
Dynamisk funktionskontroll av värmemätare för småhus	

Rapporter

Din fjärrvärmecentral	2004:1
Handbok för dig som sköter huset	
Säkerhet i fjärrvärmeanläggningar	2004:2
Regler och råd för riskbedömning	
Fjärrvärmecentralen	2004:3
Kopplingsprinciper	
Magnetisk-Induktiv flödesmätare	1993
Ultraljudsflödesmätare	1994
Underhållsystem för fjärrvärmecentralen	1998:5
Kravspecifikation att använda vid upphandling	
Fjärrkommunikation för energiföretag	1997:3

15 Bilagor

BILAGA 1 PROTOKOLL FÖR FUNKTIONSKONTROLL (2 SIDOR)

Protokoll från funktionskontroll av Fjärrvärmecentral		Anläggningsnr:
Datum:	Objekt:	Utförd av:
Kund / Företag:		Rutinbesök / Anmäld åtgärd:

FJÄRRVÄRME
Mätarställningar

1 Volym	m ³
2 Energi	MWh
3 Flöde	m ³ /h
4 Effekt	kW

Tryck

5 Fram, före filter	bar/kPa
6 Fram, efter filter	bar/kPa
7 Tryck retur	bar/kPa

FJÄRRVÄRME
Temperatur

8 Temperatur fram	°C
9 Temperatur retur	°C
10 Temperatur efter rad. VVX	°C
11 Temperatur efter vent. VVX	°C

Övriga mätarställningar

17 Kallvatten	m ³
18 Varmvatten	m ³
19 EI	MWh

FASTIGHETENS VÄRMESYSTEM
Sekundärsida Rad. Vent.

12 Temperatur fram	°C
13 Temperatur retur	°C
14 TVV fram	°C
15 TVV retur (VVC)	°C

Övrigt

16 Utetemperatur	°C
------------------	----

Pos	System / Komponenter	Pos	Felbeskrivning / Anmärkning	Status
<small>Status: 1=Akut 2=Bör åtgärdas 3=Information 4=Åtgärdas av kontrollant</small>				1-4
1	Primärkrets			
1.1	Servisventil			
1.2	Manometersats			
1.3	Smutsfilter			
1.4	Termometer			
1.5	Övrigt			
2	Fjärrvärmemätning			
2.1	Givare			
2.2	Flödesmätare			
2.3	Integreringsverk			
2.4	Övrigt			
3	Uppvärmningskrets			
3.1	Värmeväxlare			
3.2	Smutsfilter			
3.3	Givare			
3.4	Reglercentral			
3.5	Reglerventil			
3.6	Termometer			
3.7	Pumpar			
3.8	Exp. kärl / Säkerhetsventil			
3.9	Ventiler			
3.10	Övrigt			
4	Varmvattenkrets			
4.1	Värmeväxlare/beredare			
4.2	Vattenmätare			
4.3	Smutsfilter			
4.4	Reglercentral			
4.5	Reglerventil			
4.6	Givare			
4.7	Termometer			
4.8	VVC-pump			
4.9	Ventiler			
4.10	Övrigt			
5	Sekundärsystem			
5.1	Reglercentral			
5.2	Reglerventil			
5.3	Givare			
5.4	Pumpar			
5.5	Övrigt			
6	Övrigt			

Komponentdata fjärrvärmecentral			Anläggningsnr:
Datum:	Objekt:	Utförd av:	
Kund / Företag:		Rutinbesök / Anmäld åtgärd:	

Värmeväxlare

Grupp	Fabrikat / Typ	År	Koppling	Märkeffekt	Dim. Temp

Reglercentral

Ställdon

Styrventil

Grupp	Fabrikat / Typ	Bövråde	Fabrikat / Typ	Fabrikat / Typ	Dim	Kvs

Pumpar

Grupp	Fabrikat / Typ	Storlek

Temperaturgivare tappvarmvatten

Fabrikat / Typ
Avstånd från VVX cm

Flödesmätare

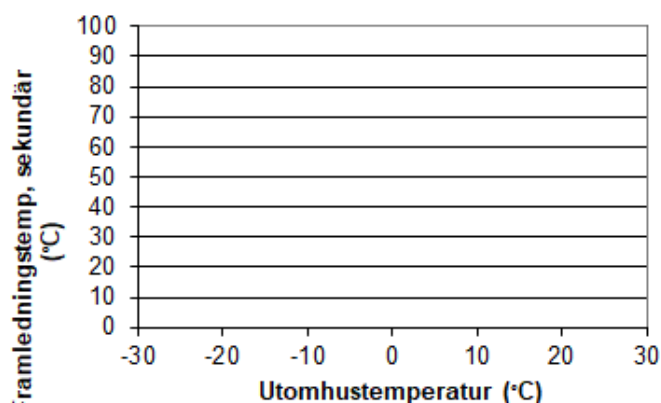
Fabrikat / Typ
Flöde Q_p
Upplösning l/puls

Expansionskärl

Fabrikat / Typ	Volym	Slutet system	Manuell fyllning

Övrigt:

Värmekurva



BILAGA 2 FEL I FJÄRRVÄRMECENTRALEN SOM KAN GE HÖG RETURTEMPERATUR TILL FJÄRRVÄRMENÄTET

Tabell 6 Fel på fjärrvärmecentralens primärkrets resp. fjärrvärmemätning som kan ge hög returtemperatur till fjärrvärmenätet

Felkod	Komponent/Parameter	Typiska exempel
1.1	Servisventil	Saknar exempel på avkylningsfel, men felfunktion i komponent kan försämra t.ex. leverans kvalitet, säkerhet eller debiteringsmätning
1.2	Manometersats	Öppen ventil mellan primär fram- resp. returledning kan ge cirkulationsflöden. (gäller 3- eller 4-punktsmätning)
1.3	Smutsfilter	Saknar exempel på avkylningsfel, men om filtret är för igensatt kommer det påverka fjärrvärmecentralens differenstryck. Om smutsfiltret är placerat ovanför elektrisk utrustning (t.ex. värmemätarens integreringsverk) finns risk att utrustningen skadas vid filterbyte.
1.4	Termometer	Ger inga avkylningsfel, men trasig termometer kan försvåra felsökning och funktionskontroll
1.5	Differenstryck	Lågt primärt differenstryck
1.5	Framledningstemperatur	Låg primär framledningstemperatur kan resultera i hög returtemperatur eller överflöde trots godtagbar nivå på returtemperaturen. Finns även risk för effektbrist i anläggningen
1.5	Påfyllningsventil (primär till sekundär)	Oönskat flöde genom påfyllningsventil (av misstag lämnats i öppet läge eller läckage)
1.5	Varmhållning servis	Oreglerad rundgång (Varmhållning servis)
2.1	Temperaturgivare	Saknar exempel på avkylningsfel, men trasig eller felaktigt placerad temperaturgivare till energimätaren kan ge fel mätdata som kan misstas för dålig avkylning (eller bättre än i verkligheten)
2.2	Flödesgivare	Flödesgivaren har, i sig, ingen påverkan på avkylningen, men felfunktion i komponent kan försämra t.ex. felsökning eller debiteringsmätning. För liten flödesmätare kan t.ex. ge en skenbar god avkylning om beräkning sker m.h.a. uppmätt fjärrvärmevolym. Det finns även risk för höga tryckfall över en underdimensionerad flödesmätare (gäller främst i större anläggningar). Det är syns rätt tydligt på data från givare om den är för liten; värdena "går i taket" i kurvan. För stor flödesmätare är inte heller bra, då det påverkar mätnoggrannheten vid låga flöden.
2.3	Integreringsverk	Saknar exempel på avkylningsfel, men felfunktion i komponent kan försämra t.ex. leverans kvalitet, säkerhet eller debiteringsmätning

Tabell 7 Fel på fjärrvärmecentralens uppvärmningskrets som kan ge hög returtemperatur till fjärrvärmenätet.

Pos.	Komponent/ Parameter	Typiska exempel
3.1	Värmeväxlare	Defekt värmeväxlare från fabrik (tillverkningsfel)
3.1	Värmeväxlare	Underdimensionerad värmeväxlare (projekteringsfel)
3.1	Värmeväxlare	Ojämn flödesfördelning genom grupp av värmeväxlare, dvs. allt flöde går ej parallellt genom alla växlare på primär- eller sekundärsidan.
3.1	Värmeväxlare	Felaktigt montage av värmeväxlare (t.ex. medström i stället för motström)
3.1	Värmeväxlare	Dålig värmeöverföring i värmeväxlare p.g.a. smuts- eller kalkbeläggningar
3.2	Smutsfilter	Saknar exempel på avkylningsfel, men om filtret är för igensatt kommer det påverka fjärrvärmecentralens differenstryck. Om smutsfiltret är placerat ovanför elektrisk utrustning (t.ex. värmemätarens integreringsverk) finns risk att utrustningen skadas vid filterbyte.
3.3	Temperaturgivare tillopp värmekrets	Felplacerad eller bristfälligt monterad temperaturgivare -mäter inte korrekt ärvärde
3.3	Temperaturgivare tillopp värmekrets	Trasig givare för börvärde sekundär framledningstemperatur
3.3	Temperaturgivare utomhus	Givare för utetemperatur trasig, saknas eller tappat kontakt med styrsystemet Felplacerad givare
3.4	Reglercentral	Reglercentral ur funktion
3.4	Reglering	Börvärde för primär styrventil på sekundär framledningstemperatur ligger nära eller över primär framtemperatur
3.4	Reglercentral	Felaktigt monterad reglercentral
3.5	Styrventil	Styrventil kraftigt överdimensionerad, felmonterad eller med felmonterat fjäderpaket
3.5	Styrventil	Styrventil fastnat, kärvar eller läcker i stängt läge
3.5	Ställdon	Ställdon med felaktig gångtid (oftast för varmvattenberedning)
3.5	Ställdon	Trasigt ställdon eller bruten kontakt mellan ställdon och styrventil
3.6	Termometer	Ger inga avkylningsfel, men trasig termometer kan försvåra felsökning och funktionskontroll
3.7	Cirkulationspump	Reglering på stillastående sekundärt flöde (t.ex. att sekundär cirkulationspump är avstängd)
3.7	Cirkulationspump/ injusteringsventil/ annat	Dåligt reglerat flöde på sekundärsida med kortslutningsflöden
3.8	Expansionskärl/ Säkerhetsventil	Saknar exempel på avkylningsfel, men fel i expansionskärl/ säkerhetsventil kan försämra värmedistribution, m.m.
3.9	Avstängningsventil/ Injusteringsventil/ Strypventil/ Påfyllningsventil/ Shuntventil	Felaktigt installerad ventil eller läckage genom trasig/oavsiktligt öppen avstängningsventil kan ge oönskad cirkulationsflöden på sekundärsidan

Tabell 8 Fel på fjärrvärmecentralens varmvattenkrets som kan ge hög returtemperatur till fjärrvärmenätet.

Felkod	Komponent/Parameter	Typiska exempel
4.1	Värmeväxlare	Defekt värmeväxlare från fabrik
4.1		Underdimensionerad värmeväxlare
4.1		Ojämn flödesfördelning genom grupp av värmeväxlare, d.v.s. allt flöde går ej parallellt genom alla växlare på primär- eller sekundärsidan. Med för högt flöde genom en eller flera VVX blir returtemperaturen hög.
4.1		Felaktigt montage av värmeväxlare (t.ex. medström istället för motström)
4.1		VVC-retur leds in i förvärmare i stället för eftervärmare vid två- eller tre-stegskopplad värmeväxlare eller annan felaktig kopplingsprincip
4.1		Dålig värmeöverföring i värmeväxlare p.g.a smuts- eller kalkbeläggningar
4.10	Reglering	Reglering på stillastående sekundärt flöde (t.ex. att VVC-flöde saknas eller är kraftigt strypt)
4.2	Reglerventil	Reglerventil fastnat, kärvar eller läcker i stängt läge.
4.3	Smutsfilter	Saknar exempel på avkylningsfel, men om filtret är för igensatt kommer det påverka fjärrvärmecentralens differenstryck. Om smutsfiltret är placerat ovanför elektrisk utrustning (t.ex. värmemätarens integreringsverk) finns risk att utrustningen skadas vid filterbyte.
4.4	Reglercentral	Reglercentral ur funktion
4.4	Reglering	Börvärde för primär styrventil på sekundär framledningstemperatur ligger nära eller över primär framtemperatur
4.4		Börvärde för framshuntande blandningsventil på sekundärsida är lägre än börvärde för primär styrventil
4.5	Injusteringsventil/ Annat	Dåligt injusterat VVC-system
4.5	Styrventil	Styrventil kraftigt överdimensionerad, vilket ger dålig reglering
4.5		Styrventil felmonterad eller med felmonterat fjäderpaket
4.5		Styrventil fastnat, kärvar eller läcker i stängt läge
4.5	Ställdon	Ställdon med felaktig gångtid (oftast för varmvattenberedning)
4.5		Trasigt ställdon eller bruten kontakt mellan ställdon och styrventil
4.6	Temperaturgivare tillopp varmvatten	Temperaturgivare för varmvatten sitter för långt från VVX, vilket leder instabil reglering (ventil pendlar mellan att öppna/stänga),
4.6		Trasig givare för börvärde sekundär framledningstemperatur
4.6		Felplacerad eller bristfälligt monterad temperaturgivare -mäter inte korrekt ärvärde
4.6	Temperaturgivare blandningsventil	Felplacerad eller bristfälligt monterad temperaturgivare -mäter inte korrekt ärvärde
4.8	VVC-pump/ injusteringsventil/ annat	Hög temperatur på VVC-returen (Onödigt högt VVC-flöde)
4.9	Blandningsventil	Blandningsventil för varmvatten är sekvenskopplad med primär styrventil.

Tabell 9 Fel på fjärrvärmecentralens sekundärkrets som kan ge hög returtemperatur till fjärrvärmenätet.

Felkod	Komponent/Parameter	Typiska exempel
5.2	Shuntventil	3-vägsventiler (återshuntande blandningsventiler) i sekundärt värmesystem
5.3	Givare	Felplacerad eller bristfälligt monterad temperaturgivare -mäter inte korrekt ärvärde Trasig givare för börvärde sekundär framledningstemperatur
5.4	Pumpar	Trasig pump som medför reglering på stillastående sekundärt flöde
5.4		Bristfällig reglering som ger onödigt högt sekundärflöde och hög sekundär returtemperatur
5.5	Övrigt	Sekundär varmhållningskrets med lokal varmvattenberedning
5.5		Underdimensionering i sekundärt värmesystem (t.ex. radiatorer, ventilationsbatterier, aerotemperar eller varmvattenberedning)
5.5		Värmepump eller värmeåtervinning inkopplad på sekundär retur före fjärrvärmeväxlare. (Inte nödvändigtvis ett fel m.a.p. resurshushållning, men orsakar högre returtemperatur).
5.5		Hetvattenkrets med sekundär VV-beredning

HANDBOK FÖR SÄNKTA FJÄRRVÄRMETEMPERATURER

Temperaturnivån i svenska fjärrvärmesystem är ungefär desamma som för 20 år sedan. De höga temperaturerna tyder på att det finns felfunktioner i kundernas anläggningar och i ledningsnätet. Att dessa fel inte har identifierats och åtgärdats i tillräcklig omfattning beror sannolikt på att de ekonomiska drivkrafterna för att effektivisera systemen varit för små.

De senaste åren har bränslepriserna ökat kraftigt och fjärrvärmebranschen märker en ökad konkurrens om fossilfria bränslen. Värmekällor som tidigare inte varit lönsamma att tillvarata, t.ex. för att de har relativt låga temperaturer kan då bli mer intressanta. I flera fjärrvärmeorter genomförs projekt där värme långtidslagras från sommar till vinter. I dessa fall förbättras funktionen och lönsamheten om fjärrvärmesystemen håller en lägre temperaturnivå.

Handboken beskriver hur man på ett systematiskt sätt ska arbeta för att effektivisera fjärrvärmesystemen och sänka temperaturnivåerna. Det handlar om att värdera temperatursänkningen i det aktuella systemet, sätta upp mål för arbetet, hur arbetet bör organiseras, utföras och följas upp. För utförandet finns praktiska råd för hur fel ska upptäckas och åtgärdas samt tips om vanligt förekommande feltyper. Några exempel från framgångsrika fjärrvärmesystem som lyckats sänka temperaturerna presenteras tillsammans med deras förutsättningar och arbetsmetodik.

Förhoppningen är att denna handbok ska underlätta för fjärrvärmerna att snabbare nå lägre temperaturnivåer för att anpassas till framtidens fjärrvärmeteknik.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.