



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R55:1983

Sänkning av fjärrvärme- temperaturer

**Bertil Johansson
Tommy Öhman**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Ser

*K
And*

Byggtforskningsrådet

R55:1983

SÄNKNING AV FJÄRRVÄRMETEMPERATURER

Bertil Johansson
Tommy Öhman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800612-3
från Statens råd för byggnadsforskning till Rejlers
Ingenjörbyrå AB, Stockholm.

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

R55:1983

ISBN 91-540-3944-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

	SAMMANFATTNING	5
1.	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Målsättning	7
1.3	Arbetsmetod	8
2.	VÄRMEFÖRSÖRJNING MED FJÄRRVÄRME	9
2.1	Allmänt	9
2.2	Produktion	9
2.3	Distribution	10
2.4	Abbonnentcentraler-sekundärsystem	10
3.	ENERGIHUSHÅLLNING-LÄGTEMPERATURSYSTEM	13
3.1	Varför lågtemperatursystem	13
3.2	Energihushållning	13
4.	DATORMODELL AV ABONNENTCENTRAL I FJÄRRVÄRMENÄTET ...	15
4.1	Uppbyggnad	15
4.2	Förutsättningar i modell, förenklade antaganden ...	15
4.3	Reglerprinciper	16
4.4	Anpassning till fabrikantdata	17
5.	SIMULERING, DRIFTSÄSONG FÖR BOSTÄDER AV OLIKA ÅLDER .	21
5.1	System dimensionerat för konventionella temperaturer	22
5.2	Fyra åldersgrupper med sinsemellan varierande grad av överdimensionering	24
5.3	Sänkning av tappvarmvattentemperaturen	31
6.	FÖRSLAG TILL UTNYTTJANDE AV LÄGTEMPERATURIDEER I BEFINTLIGA SYSTEM	33
6.1	Tekniska konsekvenser/möjligheter - produktion ...	33
6.1.1	Värmepumpar	33
6.1.1.1	Värmepumpar	34
6.1.2	Kraftvärme	40
6.1.3	Solfångare	42
6.2	Tekniska konsekvenser/möjligheter - distribution ...	45
6.2.1	Kulvertförluster	45
6.2.2	Pumpenergi	46
6.3	Tekniska konsekvenser/möjligheter - abonnentcentral	47
6.3.1	Abbonnentcentraler för bostadsändamål	50
6.3.2	Abbonnentcentraler för andra ändamål	50
7.	Slutsatser och rekommendationer	51
	REFERENSER	52

SÄNKNING AV FJÄRRVÄRMETEMPERATURER

Sammanfattning

Konventionella fjärrvärmesystem är uppbyggda för hetvattenproduktion baserad huvudsakligen på oljeeldning. Distributionsnät och abonnentcentraler har därför anpassats för rationell fjärrvärmedistribution utan särskilt tryck på behovet att hålla ner distributionstemperaturen. Endast på ett fåtal orter där mottrycksmaskiner används för samtidig el- och värmeproduktion har intresset i någon mån inriktats på att hålla returtemperaturerna låga för att därigenom öka utrymmet för elproduktion i produktionsanläggningarna. Först på senare år har intresset för sänkta temperaturnivåer i fjärrvärmenäten aktualiserats. Orsaken till detta intresse är de möjligheter som kan finnas att använda lågtempererade värmekällor för fjärrvärmeproduktionen. De energisystem som härvid är aktuella är dels spillvärme vid måttlig eller låg temperatur, dels värmepumpsystem och slutligen solenergi.

Rejlens Ingenjörbyrå har erhållit anslag från Statens Råd för Byggnadsforskning för att i en förstudie mera systematiskt belysa möjligheterna till och konsekvenserna av en sänkning av temperaturnivån i befintliga fjärrvärmedistributionsystem. Resultatet av förstudien redovisas i denna rapport.

Möjligheten att sänka temperaturen i fjärrvärmenätet är starkt avhängigt av de anslutna abonnenternas sekundärsystem. I äldre fastigheter är dessa starkt överdimensionerade och dessutom byggda för relativt höga energibehov, som på senare år minskats genom energibesparande åtgärder. Med hjälp av en framtagna datamodell av en abonnentcentral visas hur dessa konstruktionsmarginaler kan användas för att sänka framlednings- respektive returledningstemperaturen på fjärrvärmenätet. I fastigheter byggda enligt SBN 75 är sekundärsystemen i allmänhet dimensionerade så att fjärrvärmemetemperaturerna ej eller endast obetydligt kan sänkas utan att särskilda åtgärder vidtages i fastigheternas värmesystem, t ex inkoppling av en spetslastanläggning för kallaste utetemperatur. I fastigheter byggda enligt SBN 80 dimensioneras abonnentcentralerna för lägre temperaturer i sekundärsystemet än vad som tidigare var standard och medger således viss sänkning av fjärrvärmemetemperaturerna.

De allmänt uttalade behoven av sänkt temperaturnivå i fjärrvärmesystemen nämner ej uttryckligen om intresset i första hand avser en sänkning av framlednings- eller returledningstemperaturer i nätet. En närmare analys visar att intresset i första hand bör knytas till sänkning av returledningstemperaturen. Under låglastperiod är även framledningstemperaturen av betydelse, medan framledningstemperaturen har mindre betydelse under de delar av året då spetslast ändå köres med olje- eller koleldade anläggningar. Hur stor del av belastningskurvan som skall anses vara låglast bestäms således av den andel lågtemperaturvärme i form av t ex värmepumpar som finns i systemet. Utredningen exemplifierar hur mycket värmefaktorn respektive utnyttningstiden för värmepumpar i ett fjärrvärmesystem med olika temperaturförutsättningar kan förbättras. En motsvarande ekonomisk utvärdering beträffande användning av mottryckskraft är mycket svår att göra, eftersom dagens mottrycksanläggningar baserade på oljeeldning ej är konkurrenskraftiga och kostnadsbildningen för

de mottrycksanläggningar som kan förutses i slutet av 80 och början av 90-talet är så litet känd. Även elkostnadsprognoser i detta tidsperspektiv är tämligen osäkra. Beträffande solenergi i fjärrvärmesystem kan allmänt konstateras att lägre temperaturer förbättrar förutsättningarna för inmatning av solvärme. Det har dock i andra utredningar fastlagts att solvärme ej kan ekonomiskt konkurrera med andra produktionsalternativ i fjärrvärmenät åtminstone inte under 1980-talet. Någon siffermässig värdering är av denna anledning ej motiverad.

En sänkning av temperaturnivån i fjärrvärmesystemen innebär även en minskning av kulvertförlusterna i distributionssystemet. En sådan minskning av förlusterna erhålls i första hand genom en sänkning av framledningstemperaturen. En sådan sänkning av framledningstemperaturen kan därför vara motiverad i sådana områden där samtliga anslutna abonnenter har överdimensionerade sekundärsystem, och kan bära en sänkning av framledningstemperaturen utan ombyggnader i abonnentanläggningarna.

Strategin för befintliga fjärrvärmenät bör således vara att i första hand genom injustering av sekundärsystem och reglerenheter minska returtemperaturen från varje abonnent så långt som möjligt. Härigenom minskas även flödesbehovet till abonnenterna. Detta mål kan exempelvis uppnås genom att i taxan lägga in en flödesberoende del i princip på sätt som tillämpas av Stockholms Energiverk. Då detta genomförts har dels returtemperaturen över året minskats i fjärrvärmenäten dessutom en överkapacitet i flöde skapats. Denna överkapacitet kan användas antingen för anslutning av ytterligare abonnenter inom fjärrvärmeområdet eller för att sänka även framledningstemperaturen något. En sänkning av framledningstemperaturen leder till ökat flödesbehov och något ökad returtemperatur, varför sänkningen av framledningstemperaturen ej är lika självklar som strategins första steg. Under låglastperiod bör framledningstemperaturen i fjärrvärmenätet sättas så låg att acceptabel varmvattentemperatur kan upprätthållas. En strävan bör vara att temperaturkravet 45°C i SBN 80 tillämpas i hela byggnadsbeståndet.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Då fjärrvärmeutbyggnaden i Sverige startade på 1950 och 60-talet, skedde värmeproduktionen i främst oljebaserade eldningsanläggningar. Flöden och temperaturer i distributionsnätet anpassades till dimensioneringsreglerna för abonnenternas sekundärsystem och optimerades för dåtidens oljepriser. Framledningstemperatur vid dimensionerande utetemperatur (LUT) valdes till 120^o för att vid stigande utetemperatur sjunka till 75^o å 80^oC vid ca 5^o eller högre utetemperatur. Endast på ett fåtal orter, där kraftvärmeproduktion förekom, fäste man avseende vid att hålla returtemperaturen i fjärrvärmenätet låg.

Först i samband med 1970-talets oljeprishöjningar har intresset väckts för fjärrvärmeproduktion från spillvärmeanläggningar, värmepumpar och solfångare. Ekonomin för sådana fjärrvärmeproduktionsanläggningar blir bättre om temperaturnivån i distributionsnätet kan sänkas. Möjligheterna till sådan sänkning har delvis förbättrats genom de energibesparande åtgärder som genomförts eller planeras hos abonnenterna.

En sänkning av temperaturnivån i fjärrvärmenätet kan göras på flera olika sätt. Med hänsyn till möjligheter och kostnader för att ändra temperaturbilden i distributionssystemet krävs närmare undersökningar såväl av möjligheterna i abonnentanläggningarna som av nyttan för de olika tänkbara produktionsanläggningarna för lågtemperaturfjärrvärme. BFR har givit Rejlers Ingenjörbyrå i uppdrag att i denna förstudie presentera en första systematisk analys av hur temperatursänkningen bör genomföras i första hand i ett befintligt fjärrvärmenät.

1.2 Målsättning

Målsättningen med föreliggande förstudie är att:

- Studera möjligheterna i abonnentanläggningar av olika ålder att sänka fram- respektive returtemperaturer vid olika årstider.
- Studera värmepumpars förbättrade prestanda vid olika förutsatta temperaturbilder i distributionsnätet.
- Studera distributionsförlusternas beroende av temperaturbilden i distributionsnätet.
- Diskutera inverkan av temperaturbilden vid olika årstider för kraftvärme och andra alternativa energikällor
- Föreslå strategi för temperatursänkning i befintliga fjärrvärmenät.

1.3 Arbetsmetod

För att genomföra studien har en datormodell av en tresteg-kopplad abonnentcentral framtagits. Med denna modell har abonnentanläggningar med olika dimensioneringsförutsättningar studerats och olika driftstrategier kunnat simuleras. För värmepumpsystemet har även en inom Rejlers utvecklade datormodell för beräkning av värmefaktorer m m använts, med denna har utnyttjningstid och årsvärmefaktor för ett antal driftstrategier kunnat jämföras. I arbetet har beaktats att storleken av lågtemperatursystemet i förhållande till hela fjärrvärmesystemet kan vara olika i olika fjärrvärmenät. Den procentuella andelen av fjärrvärmenätets dimensionerande effekt som täcks av t ex värmepump-effekt är en väsentlig parameter vid valet av temperatursänkingsstrategi i fjärrvärmesystemet.

Vid valet av parametrar i samband med studierna och vid framtagande av övrigt underlag för rapportens utarbetande har underlag dels från Svenska Värmeverksföreningen, dels från diskussioner med medarbetare vid Uppsala Energiverk och Stockholms Energi- verk använts.

2. VÄRMEFÖRSÖRJNING MED FJÄRRVÄRME

2.1 Allmänt

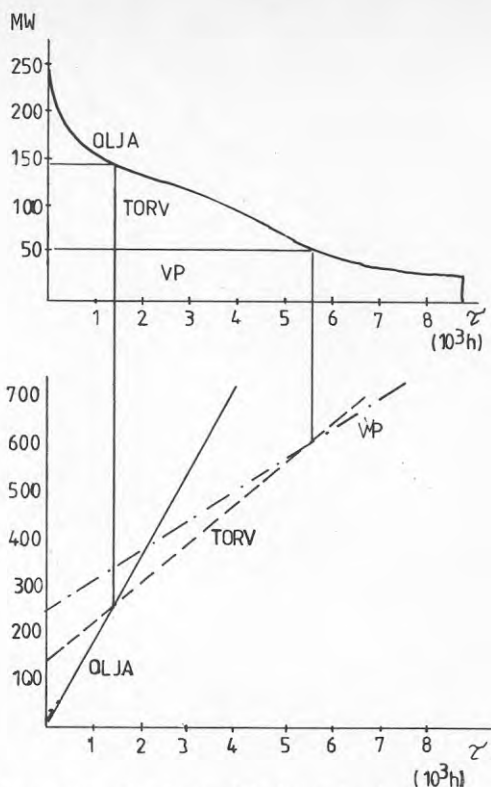
Fjärrvärmesystem karakteriseras i förhållande till system för enskild fastighetsuppvärmning av stora investeringar och därmed högre kapitalkostnader, men lägre driftkostnader. De lägre driftkostnaderna kan uppnås dels genom stora effektiva produktionsanläggningar, dels genom att produktionsanläggningarna kan förses med billigare bränslen än vad som är möjligt vid enskild uppvärmning. Utöver lägre bränslekostnader bidrar lägre personalkostnader till att göra fjärrvärmesystemen konkurrenskraftiga.

Med dagens höga räntenivå ställs stora krav på fjärrvärmeverkens planering för att såväl tekniskt som tidsmässigt optimalt utnyttja gjorda kapitalinvesteringar både i produktionsanläggningar och fjärrvärmenät. De för närvarande låga elpriserna bidrar även till att försvåra fjärrvärmeverkens konkurrenssituation, eftersom investeringarna i fjärrvärmesystem måste göras för långa avskrivningstider och tillfälliga kostnadsfluktuationer ej kan slå igenom i fjärrvärmetaxorna.

2.2 Produktion

Traditionellt har fjärrvärmesystem producerats i tjockoljeeldade hetvattencentraler. Såväl oljepriserna som politiskt uttalade mål att minska landets oljeberoende har medverkat till att morgondagens fjärrvärmesystem kommer att innehålla en serie olika produktionsanläggningar var och en med sin kostnadskaraktäristik. Således kommer antingen spillvärme-/ värmepumpsystem eller sopförbrännings-/ fastbränsleeldningsanläggningar att utgöra baslast i fjärrvärmesystemet, medan oljeeldade hetvattencentraler får kortare drifttid och läggs som spets och reservanläggningar. Solvärmebaserad fjärrvärmeproduktion synes av ekonomiska skäl ej vara motiverad under 80-talet. Under en kortare övergångsperiod kan elvärmepannor vara aktuella i fjärrvärmesystem för energiproduktion under elnätets låglastperioder. I ett längre perspektiv, särskilt då kärnkraftavveckling inleds, ökar intresset att bygga kolbaserade mottrycksanläggningar.

Genom att således använda produktionsanläggningar med olika kostnadsstruktur, exempelvis kolkraftens höga investering och låga bränslekostnad kombinerad med oljepannans låga investeringskostnad och höga bränslekostnad, kan den totala produktionskostnaden för fjärrvärmesystem hållas låg. Exempel på en "produktionsmix" i en fjärrvärmeanläggning framgår av nedanstående s k utnyttjningsdiagram.



Figur 2.2.a Exempel på produktionsmix i FV-anl på 250 MW

2.3 Distribution

Värmedistributionen från produktionsanläggningen till abonnent sker normalt i markförlagda kulvertsystem, i enstaka fall förläggs stora ledningar i tunnel. Optimeringen av flöde och temperaturer i distributionssystemet gjordes ursprungligen då oljepriserna var låga. Vid dimensionerande utetemperatur (LUT) sattes framledningstemperaturen till 120° , och sjönk med stigande utetemperatur till 75 å 80° C vid $+5^{\circ}$ utetemperatur. Dessa värden har bibehållits oförändrade sedan 60-talet, medan kulvertisoleringen optimerats till gällande bränslepriser efter hand som dessa ändrats. Dagens krav på kulvertisolering är således högre än de som gällde på 60-talet. Först för fjärrvärmesystem utbyggda under 80-talet har denna temperaturkurva ifrågasatts.

2.4 Abonmentcentraler-sekundärsystem

I abonnentcentralen växlas fjärrvärmenätets primärvärme över till fastighetens radiatorsystem och tappvarmvattenberedare. Sekundärsystemens radiatorkrets är normalt dimensionerad för 80° C stigartemperatur vid LUT. Varmvattenkretsen är dimensionerad för 55° varmvattentemperatur. I SBN 80, föreskrivs dimensioneringsvärden på 45° C för varmvattnet.

Som framgår av avsnitt 5 har det äldre fastighetsbeståndet i betydande grad överdimensionerade sekundärsystem. Dessa kräver således ej de höga temperaturer för vilka primärsystemet dimensionerats, utan ger utrymme för ändring av framlednings- och/eller returtemperatur i primärsystemet. Tappvarmvattensystemen är i allmänhet ej i motsvarande grad överdimensionerade.

3. ENERGIHUSHÅLLNING-LÅGTEMPERATURSYSTEM

3.1 Varför lågtemperatursystem

För fjärrvärmesystem med olja eller fastbränsleeldning i produktionen har distributionstemperaturen för fjärrvärme betydelse endast för tryckdimensioneringen av rörsystemet och för förlusterna i distributionsnätet. Önskemålet om låga temperaturer kan således hänföras till följande konstaterade:

- Värmeförlusterna i distributionsnätet minskar, vinsten av denna besparing blir beroende av det bränsle som används i fjärrvärmeanläggningen, eftersom besparingen utgör en marginell minskning av bränsleåtgången.
- Tillgången på "prima" spillvärme ökar med sjunkande temperaturnivå i vilken spillvärmets skall användas.
- Värmepumpens värmefaktor och därmed kostnaden för drivenergi minskar ju mindre spannet mellan värmekällans temperatur och fjärrvärmenätets temperatur är.
- Solfångares verkningsgrad förbättras och utnyttjningstiden per år ökar med sjunkande temperatur i fjärrvärmenätet.
- Utrymmet för elproduktion i kraftvärmeanläggningar ökar med sjunkande fjärrvärmesystemtemperatur.

Samtliga ovanstående punkter har på grund av bränsleprishöjningar och önskemål att minska landets oljeberoende kraftigt accentuerats under senare år.

3.2. Energihushållning

De höga bränslepriserna har lett till omfattande insatser för minskning av energiförbrukningen i befintliga fastigheter. Genom energibesparande åtgärder kan energiförbrukningen i många fastigheter minskas med upp till 30%. Dessa energibesparande åtgärder tillsammans med en särskilt i äldre fastigheter förekommande betydande överdimensionering av sekundärsystemet för uppvärmning innebär goda möjligheter att sänka sekundärsystemens temperaturnivåer. För nybyggda fastigheter utförda enligt senaste byggnorm föreskriver flera värmeverk sänkta dimensioneringsvärden från 80/60 till 60/45°C för radiatorkretsen. Härigenom möjliggörs en temperatursänkning i fjärrvärmenätet även för moderna välisolerade fastigheter.

Även på tappvarmvattensidan har energisparande genomförts i stor utsträckning. Exempel på sådana åtgärder är insättande av snålspolande varmvattenarmaturer och sänkning av varmvattentemperaturen. Den senare åtgärden leder bl a till mindre värmeförluster från tappvarmvattensystemet. Enligt senaste byggnorm får tappvarmvatten distribueras vid en temperatur av 45°, att jämföras med tidigare värde 55°C. Även för tappvarmvattenberedning finns således utrymme för sänkning av fjärrvärmesystemets temperaturer.

Energhushållningsåtgärder har således möjliggjort att önskemålen nämnda under 3.1 ovan, kan tillmötesgå. I följande avsnitt visas beräkningar av på vilket sätt temperaturnivån i fjärrvärmenätet bäst skall sänkas för att kostnaderna minimeras och möjligheterna att utnyttja lågtemperaturkällor bäst tillgodoses.

4. DATORMODELL AV ABONNENTCENTRAL I FJÄRRVÄRMENÄTET

För utredningen "Sänkning av fjärrvärmtemperaturer" har en datormodell av en abonnentcentral utarbetats. Modellen är uppbyggd av tre stycken värmeväxlare som sammankopplats enligt trestegs-principen. Värmeväxlarna arbetar med motströmmande medier.

4.1 Uppbyggnad

En abonnentcentral för ett bostadshus kan, beroende på olika typer av värmebehov, olika faciliteter i huset etc, variera betydligt i utförande.

Bland de vanligaste kopplingsprinciperna i en undercentral återfinns två- respektive trestegskopplingen. Beräkningsmodellen representerar trestegskoppling. Vid framtagandet av denna har en central antagits, innehållande enbart huvudkomponenterna, värmeväxlarna för tappvarmvatten och radiatorkretsen.

Abonnentcentralens samverkan med nätet beror främst på dessa komponenter. Trestegskopplingen innebär att värmeväxlarna (3 delar) är seriekopplade på primärsidan, med vattenvärmarens eftervärmardel först, följt av i vattnets strömningsriktning radiatorväxlaren samt vattenvärmarens förvärmardel.

Datormodellen som framtagits i programspråket FORTRAN, består av ett huvudprogram och ett antal subrutiner. En rutin beskriver en allmän motströmsvärmeväxlare och genom varierande indata till denna, kan den representera alla olika delar i centralen. En annan beskriver sekundärsystemets fram- och returtemperaturer vid olika utetemperaturer då temperaturförhållandet vid dimensionerande utetemperatur givits.

På iterativ väg bygger huvudprogrammet med hjälp av den nämnda rutinen ihop undercentralens olika delar så att resultatet vid varje körning blir en lösning beträffande flöden och temperaturer vid ett stationärt drifttillstånd.

4.2 Förutsättningar i modell, förenklade antaganden

Modellen innehåller för överskådlighetens skull följande förenklingar.

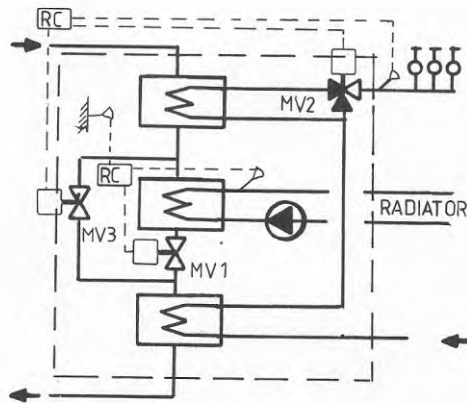
Ett antagande är att maximalt tryckfall erhålls i det dimensionerande fallet vid största möjliga belastning av abonnentcentralen. Detta betyder också att det finns ett visst maximalt flöde som aldrig kan överskridas. Detta flöde är inlagt som en begränsning i programmet.

För radiatorvärmeväxlaren finns på samma sätt ett maxvärde som ligger under primärflödets totala max och som därigenom begränsar värmeuttaget på denna.

- Eventuella effekter från vvc (varmvattencirkulation) bortses ifrån.
- Värmeväxlarna är uppbyggda som rena motströmsapparater.
- Abbonnentcentralen arbetar alltid så att önskade temperaturer erhålles i den mån det är möjligt, på grund av flödesgränser, reglerprinciper och iterationsprocessen.

4.3 Reglerprinciper

Simuleringsmodellen enligt trestegsprincipen ger följande funktioner, se figur.



Figur 4.3.a Principschema trestegskopplad abonnentcentral

Värmeväxlare 1 och 3 användes för uppvärmning av tappvarmvatten på sekundärsidan. Värmeväxlare 2 för radiatorkretsuppvärmning.

Då huvudsakligen värme för radiatorkretsen uttas styrs primärsidans flöde på grund av värmebehovet via reglerventil MV1 så att föreskriven temperatur " T_F " uppnås. På grund av att tappvarmvattenflödet är litet räcker förvärmaren, (värmeväxlare 3), för att uppnå tillräcklig temperatur på tappvarmvattnet.

Då värmebehovet börjar bli litet i förhållande till tappvarmvattenflödet räcker det enligt radiatorkretsens behov styrda primärflödet ej längre för att enbart förvärmaren (v vx 3) skall kunna få upp tappvarmvattentemperaturen till önskad nivå. Trevägsventilen MV2 måste nu börja reglera in ett delflöde av tappvarmvattnet från förvärmaren in i eftervärmaren för att uppnå rätt tappvarmvattentemperatur. Följden blir att temperaturen på primärvattnet till radiatorväxlaren blir något lägre än framledningstemperaturen på nätet, varför flödet måste regleras upp något för att rätt framledningstemperatur skall uppnås på sekundärsidan. På så sätt regleras primärflödet i detta fall.

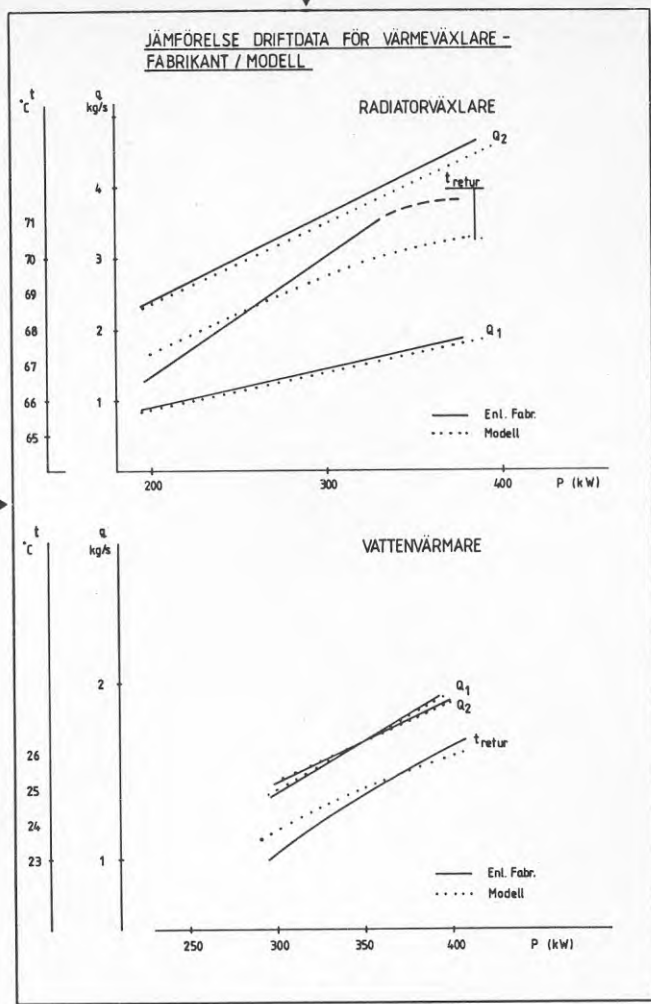
Vid ytterligare varmvattenuttag kan tappvarmvattnets hela flöde regleras in i eftervärmaren och tappvarmvattentemperaturen ändå inte bli tillräckligt hög. Flödet på primärsidan har då reglerats upp så högt att tryckfallet genom radiatorväxlaren motsvarar det givna drivtryckfallet hos nätet. Större flöde genom denna kan således ej erhållas. För att ändå öka flödet på primärsidan måste centralens totala tryckfall på primärsidan sänkas och detta sker med reglerventilen MV3 som bypassar radiatorväxlaren. MV3 kan öppna även när värmebehovet är lågt och den erforderliga tappvarmvatteneffekten samtidigt hög.

4.4 Anpassning till fabrikantdata

För simuleringen av en abonnentcentral har först en central för 50 lägenheter dimensionerats. Värmeväxlare har valts i datablad från en fabrikant. Alla driftdata som från fabrikanten erhållits för varje värmeväxlare har sammanställts. Modellens indata för varje motsvarande värmeväxlare har sedan valts så att modellen så nära som möjligt överensstämmer med databladet vid motsvarande driftfall. En jämförelse mellan datablad och modell efter anpassning har presenterats i en figur nedan. I figuren framgår överförd effekt som funktion av primär- och sekundärflöde samt returtemperatur på primärsidan.

De driftfall som behandlats för respektive värmeväxlare har beräknats med utgångspunkt från följande temperaturer

	primär fram	sekundär fram/retur
radiatorväxlare	120°C	80/60
tappvarmvattenvärmare	75	55/5



Fabrikantens driftdata för varje enskild värmeväxlare föreligger i form av tabeller där vissa parametrar har varierats och vissa hållits konstanta.

I fallet med radiatorvärmeväxlare har således den primära framledningstemperaturen och fram- respektive retur-temperaturen på sekundärsidan hållits konstanta. Primär- och sekundärflödena har sedan varierats så att olika effekter överförts i värmeväxlaren, samt att följaktligen varierande returtemperaturer på primärsidan samtidigt erhållits.

På motsvarande sätt har korresponderande parametrar hos tappvarmvattenvärmeväxlaren varierats, varvid resulterande effekt- och returtemperaturer på primärsidan redovisats.

Vid jämförelsen mellan modellen och fabrikantens data har god överensstämmelse erhållits efter anpassning av geometri- och värmeöverföringsdata.

5. SIMULERING, DRIFTSÄSONG FÖR BOSTÄDER AV OLIKA ALDER

Det tidigare nämnda datorprogrammet har använts för att simulera ett antal olika driftfall för en abonnentcentral. I programmet finns en subrutin som beräknar fram- och returledningstemperaturer vid ett antaget konstantflöde på sekundärsidan. Som grund för denna beräkning ligger ett antagande om att den erforderliga effekten för konstanthållning av rumstemperaturen är linjärt beroende av skillnaden mellan temperaturerna ute och inne. Samtidigt antas att k -värdet i en radiator förhåller sig som $\Delta\theta_m$ 1.25 där $\Delta\theta_m$ är medeltemperaturskillnaden mellan radiatoren och rumsluften. Temperaturerna som på detta sätt fås fram grundas på en avsedd temperaturskillnad/nivå vid den dimensionerande utetemperaturen.

Med dessa förutsättningar och med konkreta siffror representerande graden av överdimensionering av sekundärsystem för abonnentcentralerna inom de olika ålderskategorierna i VVF's utredning, kan således en driftsäsong för respektive grupp simuleras.

De simuleringar som göres är i första hand utförda med konstant tappvarmvattenuttag.

Detta är en förenkling som i sin tur ger en slags medelvärde av de övriga parametrarna vid varje utetemperatur.

Eftersom tappvarmvattenflödet och värmeuttaget för det första beror av sådana mer eller mindre stokastiska variabler som de boendes sammanlagrade vanor respektive väder och vind och för det andra varierar både över dygnet och över året enligt olika cykler är medelvärden den noggrannaste representationen som kan erhållas, om framställningen skall hållas inom rimliga gränser.

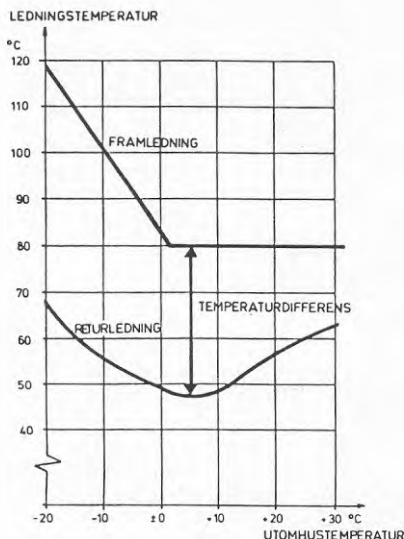
Resultaten kan ändå användas för jämförelser sinsemellan eftersom alla förutsättningar förutom förändringar i sekundärsystemet för att simulera olika grad av exempelvis överdimensionering är de samma.

Det första fallet får utgöra en referenssituation. Driftsäsongen simuleras där för en abonnentcentral som dimensionerats för konventionella temperaturer.

De övriga fallen representerar olika typer av extrema driftsituationer, orsakade av varierande grad av överdimensionering hos sekundärsystemet, samt anpassning till nya byggnormer.

5.1 System dimensionerat för konventionella temperaturer

I samband med anpassningen av datormodellen till en abonnentcentral med data från en fabrikant, gjordes en studie av en driftsäsong med den modellerade centralen. Dimensioneringskriterier för denna central har varit konventionella framledningstemperaturer på primärsidan (se figur).



Figur 5.1.a Exempel på temperaturer i fjärrvärmesystem

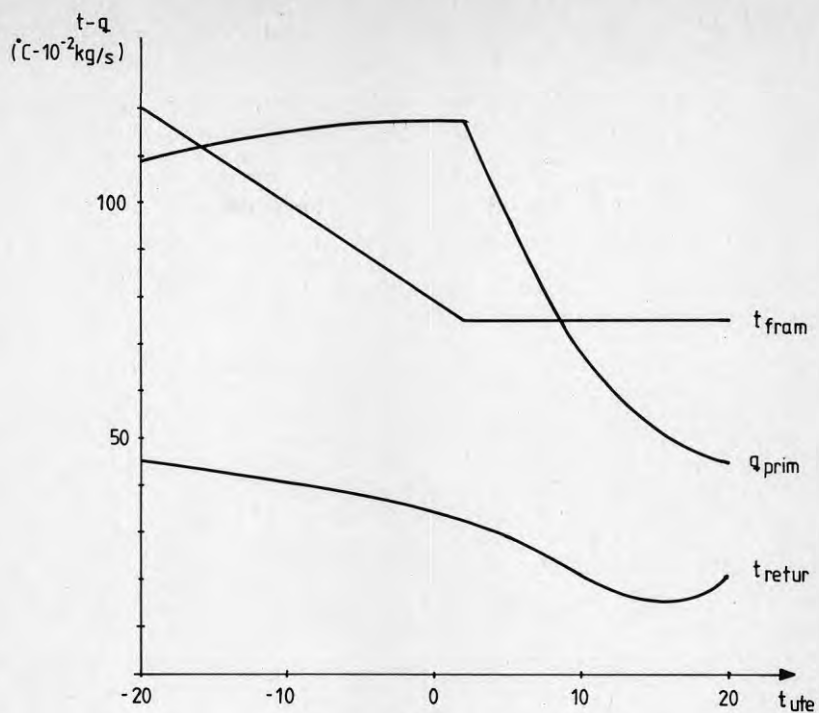
Modellens sekundärsida representerar ett 80/60 -system och tappvarmvattnet värms till 55°C.

För att åskådliggöra beräkningarna på lämpligt sätt med diagram kan ej allt för många parametrar varieras. Medelvärden som hålles konstanta vid variation av den fria variabeln användes i stället. Således antages tappvarmvattnet ha ett flöde på 0,5 kg/s under hela beräkningsintervallet. Detta flöde är ca 3 gånger det värde som enligt BFR-rapport R51:73 anges som grundeffekt för ett bostadshus på 48 lägenheter. Nämnda rapport redovisar resultat från mätningar beträffande tappvarmvattenförbrukning utförda i abonnentcentraler i Göteborgsregionen.

Det dimensionerande flödet enligt VA-byggnorm ligger på 2,2 kg/s. Resultatet av beräkningen kan ses i figur 5.1.b.

I diagrammet finns inritat dels vilken framledningstemperaturvariation som valts, (120/15), dels sekundärsidans returtemperatur dels abonnentcentralens primära returtemperatur.

Det primärflöde som krävs för att den önskade effektöverföringen skall upprätthållas har också markerats i figuren.



Figur 5.1.b Resultat av en simulering av en driftsäsong med en korrekt dimensionerad abonnentcentral med konventionella dimensioneringskriterier 120-75/80-60

5.2 Fyra åldersgrupper med sinsemellan varierande grad av överdimensionering

En av målsättningarna med föreliggande utredning har varit att belysa möjligheterna till och verkningarna av sänkta temperaturnivåer i fjärrvärmesystemet.

Varierande problem förekommer givetvis i varierande åldrar av bebyggelsen och dessa sammanhänger med byggnadsperiodens gällande byggnormer och även kvaliteten på den teknik som använts vid dimensioneringen av vvs-systemen.

Radiatorsystemet är ofta ordentligt överdimensionerat, både vad gäller radiatorytor och flöde i systemet, vilket ger goda möjligheter att genom inreglering och justering sänka temperaturnivån på sekundärsidan vilket i sin tur är en förutsättning för att kunna sänka temperaturer på primärsidan. Effekterna av överdimensionerade radiatorsystem kan också ytterligare förstärkas om energisparåtgärder som tilläggsisolering, sänkning av tappvarmvattentemperatur, sänkning av inomhustemperatur etc genomföres.

VVF's utredning "Lågtempererad energi i fjärrvärmesystem" delar in äldre bebyggelse i fyra kategorier på grund av graden av överdimensionering hos radiatorsystemet i kombination med byggnadsperiodens krav på byggnadsteknik.

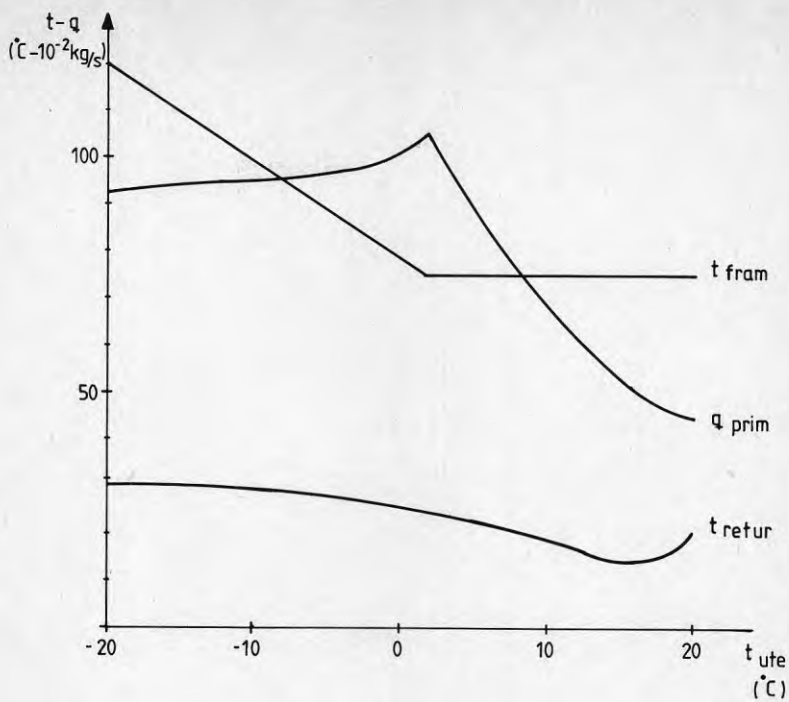
Grupp	byggår	80/60 system klarar sig med	anm.
1	1930-1950	55/40	
2	1951-1965	55/43	
3	1966-1977	67/52	
4	1978->		

Här har man dessutom gjort en bedömning av vilket temperaturintervall radiatorsystemet skulle kunna arbeta inom, vid dimensionerande utetemperatur, om inreglering och enklare energisparande införes.

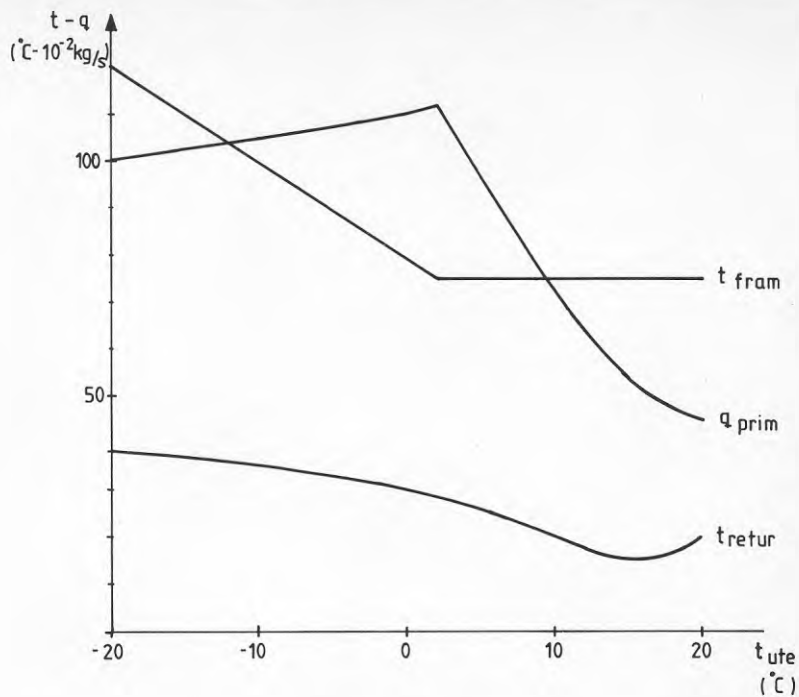
Vi har med hjälp av datamodellen försökt åskådliggöra dessa förhållanden och resultaten föreligger i en rad figurer med diagram där fram- och returtemperaturen primärt och det därmed erforderliga primärflödet anges som funktion av utetemperaturen.

Man kan i dessa diagram utläsa vilka utrymmen för sänkning av framledningstemperatur som föreligger i dessa fall jämfört med ett fall där samma typ av undercentral används fast korrekt dimensionerad. För jämförelsen bör då flödet bli vävisande.

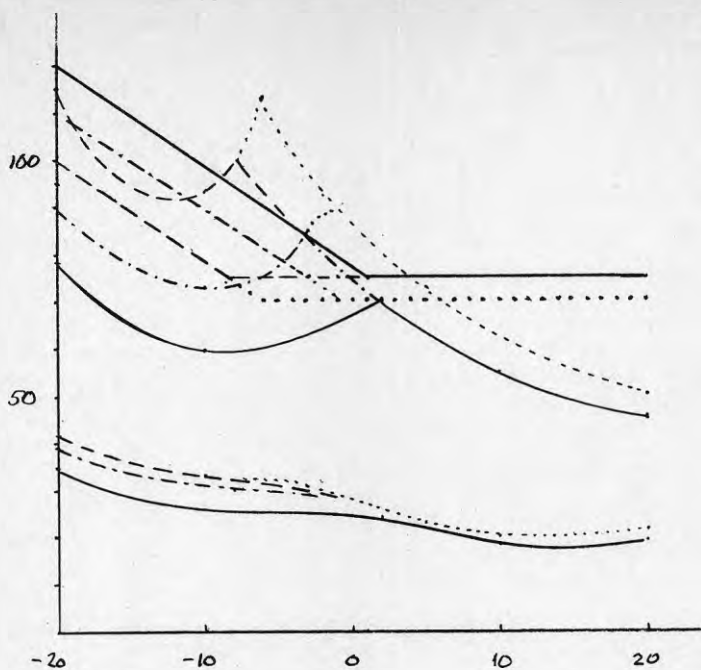
Se figur 5.2.a, 5.2.b och 5.2.c.



Figur 5.2.a Resultat från simulering av en driftsäsong för en abonnentcentral vars sekundärsida karakteriseras av ett överdimensionerat radiatorsystem som efter injustering erhållit fram- och returtemperaturer enligt grupp 1 i föregående tabell. (120-75/55-40).



Figur 5.2.b Resultat från simulering av en driftsäsong för en abonnentcentral vars sekundärsida karakteriseras av ett överdimensionerat radiatorsystem som efter injustering erhållit fram- och returtemperaturer enligt grupp 3 i föregående tabell. (120-75/67-52).



Figur 5.2.c Resultat från simulering av en driftsäsong för en abonnentcentral vars sekundärsida karakteriseras av ett överdimensionerat radiatorsystem som efter injustering erhållit fram- och returtemperaturer enligt grupp 1. Primärsidans framledningstemperatur har varierats.

Vid betraktande av redovisade diagram från beräkningar med abonnentcentralmodellen bör man ha ett par saker i minnet.

För det första är tappvarmvattenflödet i samtliga beräkningsfall konstant och med en nivå som är ca tre gånger större än grundeffekten enligt mätningar i tidigare nämnd rapport (R51:1973).

Vidare antas tappvarmvattentemperaturen i fig. 5.2.a-c till 55°C.

Att tappvarmvattenflödet valts något större än enligt normal grundeffekt bör ej påverka jämförelsen mellan ovan delgivna diagram, avseende bedömningen av möjligheter till eventuella temperatursänkningar, gentemot referensfallet. Det har visserligen lett till att den primära returtemperaturen hamnat något lägre än vad som är representativt för ekvivalenta anläggningar om tidsmedelvärden beaktas, men kan även ses som en påvisning om trestegskopplingens goda kylande egenskaper redan vid små tappvarmvattenflöden.

Detta flöde är ändå endast ca 25% av det sammanlagrade flödet för tappvarmvatten enligt VA-byggnorm.

Om man nu tittar litet närmare på ovan redovisade figurer iakttar man tämligen omedelbart att den mest kritiska punkten beträffande kravet på fjärrvärmeflöde förefaller att vara kring brytpunkten för övergången från utetemperaturberoende framledningstemperatur till konstant dito. Att denna konsekvens i dessa beräkningsfall blivit så påtaglig får i första hand förklaras med att abonnentcentralen är "överbelastad" på tappvarmvattensidan jämfört med medelfallet. Men, helhetsintrycket av den gjorda studien pekar på att denna punkts förläggning med hänsyn till utetemperatur ändå har stor betydelse för abonnentcentralens drift.

Som tidigare nämnts är datamodellen av abonnentcentralen utformad så att primärflöde uttas så att de, av utetemperatur och angivet tappvarmvattenflöde, styrda värmebehoven i mån av rent fysikaliska egenskaper hos värmväxlarna tillgodoses. Således erhålles vid varje utetemperatur en returtemperatur från centralen och ett korresponderande sannolikt primärflöde i fjärrvärmekretsen.

På grundval av denna modells egenskaper bör därför en jämförelse av primärflödet i å ena sidan det enligt tidigare s k korrekt dimensionerade fallet och å andra sidan betraktat fall vara godtagbar som en första indikation på möjligheterna till sänkning av framledningstemperaturen.

Vid betraktande av ett beräkningsfall där man med bibehållen framledningstemperaturprofil, simulerat ett system där radiatorkretsen justerats så att lägsta möjliga fram- och returtemperaturer föreligger, kan följande iakttagelser göras. (fig. 5.2.a)

1. Returtemperaturen vid LUT (dimensionerande utetemperatur) ligger ca 15°C lägre än referensfallet (fig. 5.1.a) vid bibehållande av erforderlig värmeeffekt.
2. Primärflödet ligger ca 13% lägre vid den kritiska punkten än motsvarande för referensfallet.

Returtemperaturens sänkning kan hänföras till den sänkta temperaturenivån hos den justerade radiatorkretsen. Denna effekt har till följd att centralens Δt ökar och således minskar det erforderliga primärflödet.

I figur 5.2.b, som avser byggnadskategori grupp 3 med ett temperaturbehov efter injustering av sekundärsystemet till 67/52°C vid LUT, redovisas sämre kylning i abonentcentralen pga den högre temperaturnivån på sekundärsidan. Följdaktligen fås en något mindre sänkning (ca 6-7°C) hos primära returtemperaturen vid LUT.

Resultatet blir att Δt över centralen inte ökar lika mycket som i föregående fall samt en mindre flödessänkning vid den kritiska punkten (brytpunkten) än i föregående fall, relativt referensfallet. Sänkningen blir ca 6%.

Vi har nu diskuterat resultatet av simuleringar av åtgärder för grupp 1 och grupp 3.

Skillnaderna, temperaturmässigt, mellan grupp 1 och grupp 2 ligger troligtvis inom felmarginalerna för beräkningsmodellen, varför ingen särskild beräkning för grupp 2 utförts. Diskussionsvis kan dock påpekas att returtemperaturen, efter justering av radiatorsystem, i kategorin 2 kommer att ligga 3°C högre än i fallet grupp 1. Detta kommer i sin tur att leda till mindre ökning av Δt och således mindre sänkning av primärflödet. Totalt sett är avvikelserna i jämförelse med grupp 1 liten.

Vad händer nu om man försöker sänka framledningstemperaturen och minskar systemets utnyttjningsbara fjärrvärmetemperaturintervall?

- För att åskådliggöra detta har en annan simulering gjorts. (Se figur 2.5.c). Här har antagits att vi har en abonentcentral, försörjande ett bostadshus ur kategorin nr 1, dvs där justeringen av radiatorsystemet innebär den förhållandevis största möjliga temperatursänkningen på sekundärsidan. I de tidigare fallen har ingen energibesparing antagits eftersom åtgärden att enbart justera radiatorkretsen är intressant i sig. För att visa på potentialen för temperatursänkning om man tillgriper de möjligheter som står till buds genom injustering och energibesparing har här antagits att effektbehovet vid LUT minskats med 25%. Vid jämförelse av denna betraktelse och referensfallet, med bibehållande av konventionella framledningstemperaturer (heldragna linjer), iakttagas följande:

1. Returtemperaturen primärt ändras inte av en energibesparing. Detta styrker i princip att denna styrs av returtemperaturen på sekundärsidan.
2. Vinsten, det minskade effektbehovet, kommer således främst tillgodo i sänkt primärflöde ca 40% vid den kritiska punkten och vid LUT blir sänkningen ca 25-30%.

Detta resonemang leder också till att diagram 2.5.c lätt kan räknas om till att gälla exempelvis kategorin 3 eftersom energisparing enbart leder till sänkt primärflöde.

Beräkningar har utförts dels för konventionella fjärrvärmepunkter och dels på varierande sänkningar av framledningstemperaturen. Den utetemperaturberoende delen av framledningstemperaturen har sålunda sänkts i två "10-graderssteg" och den konstanta (sommardelen) har sänkts i ett "5-graderssteg", varför även principiellt sett sex olika belägenheter av den "kritiska" brytpunkten kunnat studeras.

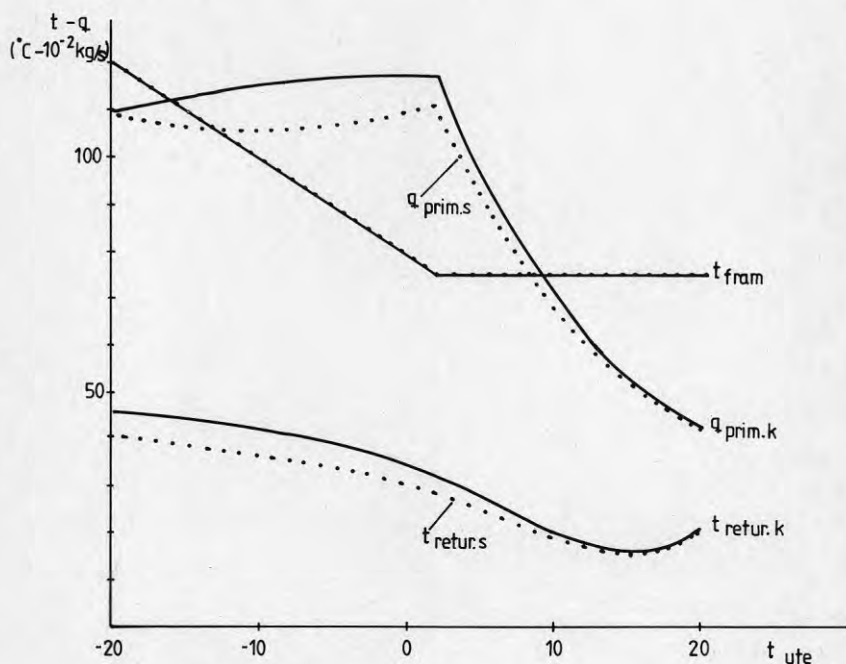
Vad som då primärt kan konstateras är att en förflyttning av brytpunkten mot lägre absoluta framledningstemperaturer respektive mot lägre utomhustemperaturer (och därmed ökat värmebehov) givetvis ökar det primära flödesbehovet.

En annan effekt som erhålles vid sänkta framledningstemperaturer är att returtemperaturen på primärsidan höjs på grund av ökande flöde och därmed ändrade värmeövergångsförhållanden i värmeväxlaren. Detta kanske är en något oönskad effekt vid exempelvis värmepump applikationer på retursidan i fjärrvärmesystemet.

5.3 Sänkning av tappvarmvattentemperaturen

Som ytterligare ett led i undersökningen beträffande möjligheter att sänka temperaturer i fjärrvärmesammanhang ligger byggnormens ändring avseende tappvarmvattentemperatur. Den senaste byggnormen (SBN-80) innehåller ett krav på att tappvarmvattenflödet skall tillgodoses vid 45°C. Denna nivå ligger 10°C under tidigare krav och innebär en möjlighet att sänka temperaturer även i distributionsmediet (fjärrvärmevattnet). En sänkt tappvarmvattentemperatur innebär ett mindre uppvärmningsintervall för varmvattnet (kallvattentemp konstant), vilket i sin tur vid konstant effektbehov bör leda till ett högre flöde.

Hänsyn till denna effekt har tagits vid beräkningarna. I det redovisade diagrammet har returtemperatur och primärflöde för referensfallet (avsnitt 5.1) lagts in och likaså returtemperaturen på sekundärsidans radiatorkrets som funktion av utetemperatur. Primära returtemperaturen och det primära flödet för det nya fallet är sedan inlagt så att direkta skillnader och variationer kan analyseras.



Figur 5.3.a Inverkan av en 10-gradig sänkning av tappvarmvattentemperaturen

Av diagrammet framgår att en sänkning av tappvarmvattentemperaturen har en positiv inverkan på returtemperaturen. Sänkning av börvärdet för tappvarmvattentemperaturen innebär att medeltemperaturen i tappvarmvattenkretsen sänks. Således sänks temperaturnivån för denna typ av kylning i abonnentcentralen och följden blir ett ökat primärt Δt och därmed sänkt primärflöde.

Vid LUT krävs hela det dimensionerande flödet för att tillgodose radiatorvärmväxlarens erforderliga effektöverföring. Detta flöde räcker då gott och väl till för uppvärmningen av tappvarmvattnet, vid denna tappningsintensitet, (ca 25% av dimensionerande flöde).

Påpekas bör att en sänkning av tappvarmvattentemperaturen ger förutom möjligheter till sänkning av temperaturen även energibesparing.

Alla förluster som göres i samband med att glömda varmvattenkranar står och rinner, att injustering av vattentemperaturen utföres etc, leder till att denna del av värmeförbrukningen faktiskt minskar med storleksordningen 20%.

6 FÖRSLAG TILL UTNYTTJANDE AV LÅGTEMPERATURIDEER I BEFINTLIGA SYSTEM

Lågtemperatur innebär som tidigare framgått en strävan att hålla temperaturer i värme- och värmedistributionssystem på lägsta möjliga nivå för att ändå klara den önskade effektöverföringen. Lågtemperatur är fördelaktigt dels ur förlustsynpunkt, dels för att fler och ur energikostnadssynpunkt billigare lösningar på produktionssidan blir möjliga.

En annan viktig anledning till alternativ energiproduktion är den oljebesparande aspekten.

Vårt land har under senare tid dels gått in för energisparande i en väsentlig grad och samtidigt mer och mer inriktat sig på oljeersättningsåtgärder. Dessa blir således med lågtemperatursystem mer slagkraftiga och effektiva.

6.1 Tekniska konsekvenser/möjligheter - produktion

Konsekvenserna av en ökad inriktning på lågtemperatursystem för fjärrvärme bedöms inte innebära några större problem, men givetvis påverkas förutsättningarna för införandet av olika typer av produktionsanläggningar.

Nedan redogöres för några olika typer av produktionsanläggningar samt deras påverkan av varierande drifttemperatur.

6.1.1 Värmepumpar

En allt vanligare tillämpning inom fjärrvärmeproduktionsområdet i dag är utnyttjandet av värmepumpar i olika applikationer och i varierande grad.

Värmepumpar gör det möjligt att utnyttja gratis värmeenergi i form av spillvärmekällor, kylvattenutsläpp, renat avloppsvatten från reningsverk och även åar och andra vattendrag för upptransformering till lämplig distributionstemperatur.

Värmepumpars leveranstemperatur är dock uppåt begränsad beroende på arbetsmediets fysikaliska egenskaper.

Den s k värmefaktorn eller värmepumpens verkningsgrad (producerad mängd värme per tillförd mängd elenergi) är också beroende av vilket kompressorarbete som krävs i förhållande till temperaturskillnaden mellan dess källa och sänka (exempel: å-fjärrvärmenät). Vid en konstant temperaturskillnad blir detta arbete större ju högre detta intervall ligger inom det möjliga temperaturområdet. Största värmefaktorn fås således vid måttliga temperaturuppväxlingar och i stället stora flöden hos källa och sänka. För att exemplifiera värmepumpens varierande användningsmöjligheter vid olika framledningstemperaturer ges nedan en känslighetsanalys, där täckningsgraden för en värmepump studeras som dimensionerats för 70°C max temperatur och 10% av effektbehovet i ett fjärrvärmenät. Fjärrvärmenätet varieras från att vara ett konventionellt 120-80 system till 110-70 respektive 98-55.

Samma variation göres med en värmepump som dimensionerats för 30% av nätets maximala effektbehov.

6.1.11 Värmepumpar

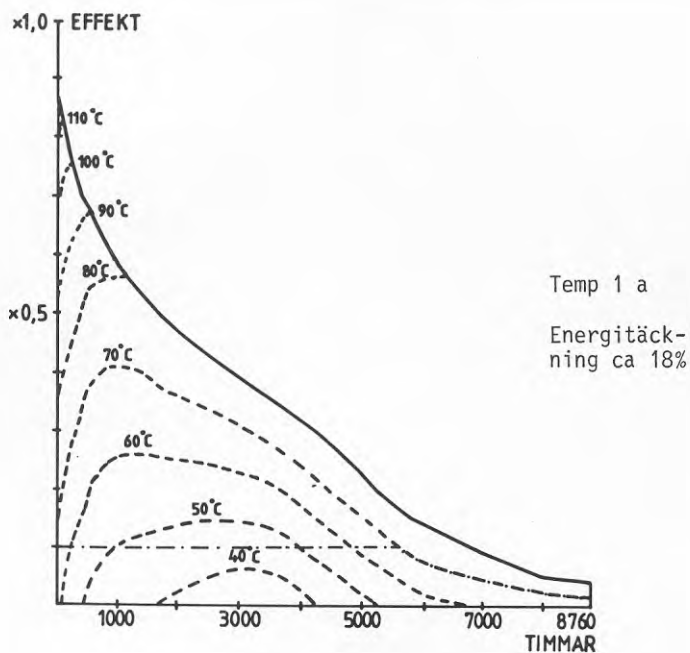
Förutsättningar för värmepumpen:

Effekt = 10% av nätets max effekt.

Pumpen kan leverera värme vid temp 70°C. (R12). Värmekälla för värmepumpen: avloppsvatten + vattendrag. Värmekällan är tillräckligt stor för pumpens max effekt samt är tillgänglig året om.

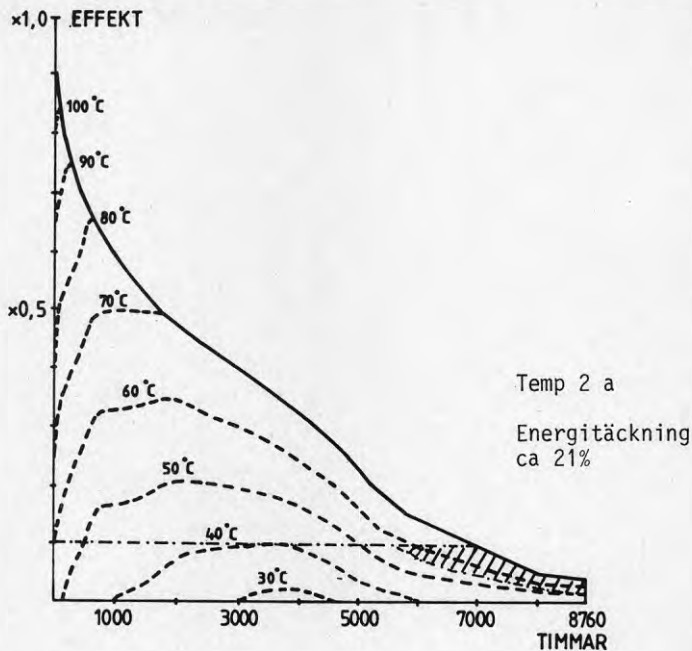
Pumpen kommer att drivas enligt diagram nedan (streckprickad linje).

Brutto värmefaktor under ett år $\varnothing = 2,7$.



Figur 6.1.1.a Energitäckning från värmepump med maxeffekt 10% av DUT-Effekt samt max 70°C leveranstemperatur. Nätet; 120-70 dim prim vattentemp värme 80-40 dimensionerande prim vattentemp varmvatten

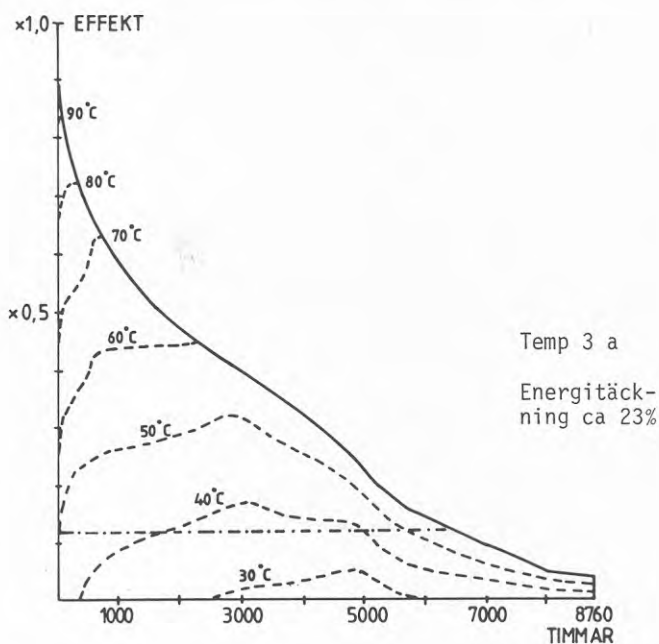
Vid sänkta temperaturförhållanden i fjärrvärmenätet och likadan pump erhålles följande drivperiod för värmepumpen.



Figur 6.1.1.b Energitäckning från värmepump med maxeffekt 10% av DUT-Effekt samt max 70°C leveranstemperatur. Nätet; 110-62 dim prim vattentemp värme 70-30 dimensionerande prim vattentemp varmvatten

Den sektionerade ytan anger den energimängd som ytterligare kunde levereras med samma värmepump. Den levererade energimängden ökade med ca 17%. Marginalvärmefaktor för den extra värmeleveransen bör vara bättre än i förra fallet, ty den sker under den varma delen av året och då har värmekällan en högre temperatur. För att inte komplicera beräkningar antogs det att värmefaktorn är lika i båda fallen.

Ifall man sänker temperaturer i fjärrvärmenätet ytterligare körs pumpen enligt följande:



Figur 6.1.1.c Energitäckning från värmepump med maxeffekt 10% av DUT-Effekt samt max 70 leveranstemperatur. Nätet; 98-55 dim prim vattentemp värme 55-20 dimensionerande prim vattentemp varmvatten

Skillnaden från föregående exempel är att värmepumpen aldrig behöver producera varmare vatten än 55°C och därmed höjs dess årsvärmefaktor med ca 35%, dvs från 2,7 till 3,65. Samtidigt ökar värmeeffekten för samma pump med ca 10% och därmed energitäckningen från 21% till ca 23% av det totala energibehovet.

Nedan följer jämförelsen mellan de tre olika temperaturförhållanden i fjärrvärmenätet för två olika stora nät.

Fall 1

Max nät effekt 10 MW, utnyttjningstid 2800 h, energibehov 28000 MWh, värmepump effekt 1 MW.

Värmefaktor \varnothing 2,7 för temp 1a och 2a samt $\varnothing = 3,65$ för temp 3a. Investeringsbehov för värmepumpanläggningen 2,0 Mkr.

	Temp 1 a	Temp 2 a	Temp 3 a
Värmeleverans MWh	5040	5880	6440
Elbehov MWh	1870	2180	1770

Fall 2

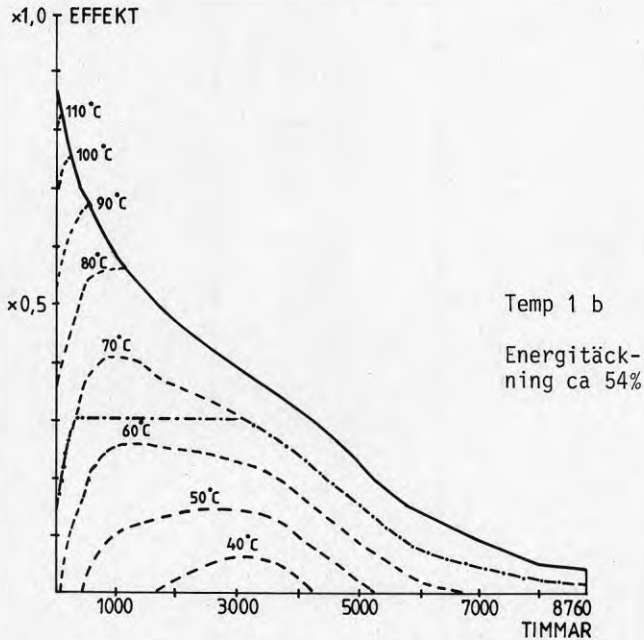
Max effekt 100 MW, utnyttjningstid 2800 MWh, energibehov 28000 Mkr. Värmepump effekt 10 MW. Värmefaktor enligt ovan

Investeringsbehov för värmepumpanläggningen 15 Mkr.

	Temp 1 a	Temp 2 a	Temp 3 A
Värmeleverans MWh	50400	58800	64400
Elbehov MWh	18700	21800	17700

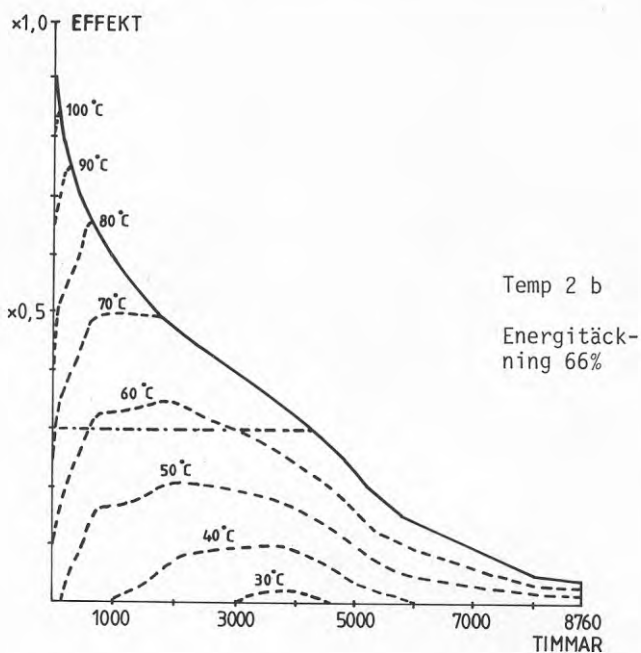
Nedan följer resonemang för tre fjv.nät som har lika temperaturförhållanden som i de tre tidigare fallen fast nu använder man sig av en värmepump som skall täcka 30% av nätets max.effekt.

Nedan följer diagram för tre olika nät med driftlinjer för värmepumpar.



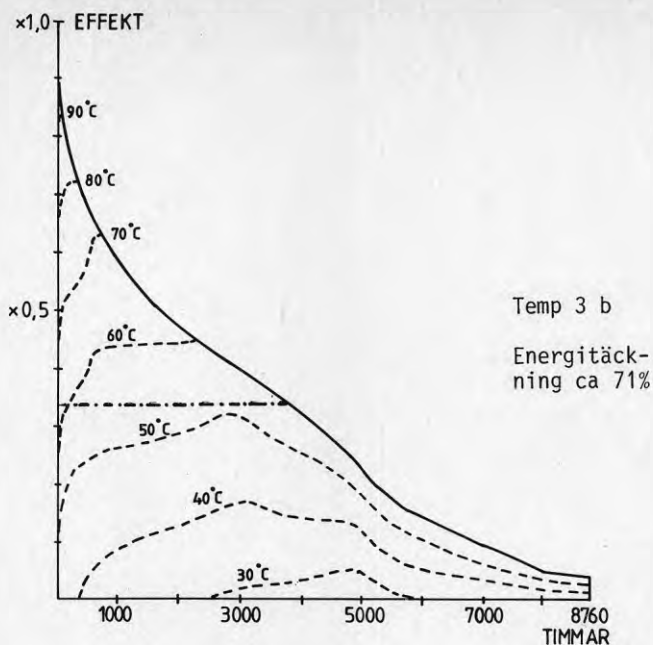
Figur 6.1.1.d Energitäckning från värmepump med maxeffekt 30% av DUT-Effekt samt max 70°C leveranstemperatur. Nätet; 120-70 dim prim vattentemp värme 80-40 dimensionerande prim vattentemp varmvatten

Begränsande för den energimängd som värmepumpen kan leverera är dels pumpens effekt och dels pumpens max.temperatur.



Figur 6.1.1.e Energitäckning från värmepump med maxeffekt 30% av DUT-Effekt samt max 70°C leveranstemperatur. Nätet; 110-62°C dim prim vattentemp värme 70-30° dimensionerande prim vattentemp varmvatten

Begränsande för den energimängd som värmepumpen levererar är endast pumpens effekt.



Figur 6.1.1.f Energitäckning från värmepump med maxeffekt 30% av DUT-effekt samt max 70°C leveranstemperatur. Nätet; 98-55 dim prim vattentemp värme 55 20 dimensionerande prim vattentemp varmvatten

Pumpen arbetar under nästan hela året vid temperatur + 55°C, endast under ca 1000 h/år arbetar pumpen med temperaturer ut från värmepumpen som ligger mellan + 55°C - 62°C. Därmed uppnås bättre värmefaktor för samma aggregat. Den enda begränsningen för den energimängd som pumpen levererar är pumpens effekt.

Fall 3

Max.nät effekt 10 MW, energibehov 28000 MWh. Värmepump effekt 3 MW.

Värmefaktor 0 2,7 för Temp 1 b och 2 b samt 0 3,6 för Temp 3 b.

Investeringsbehov för värmepumpsanläggning ca 5,5 Mkr

	Temp 1 a	Temp 2 a	Temp 3 a
Värmeleverans MWh	15120	18480	19900
Elbehov MWh	5600	6840	5520

Fall 4

Max.nät effekt 100 MW, energibehov 280000 MWh. Värmepump effekt 3 MW. Värmefaktor enligt ovan.

Investeringsbehov för värmepumpsanläggning ca 38-43 Mkr.

Energisiffror kan multipliceras med faktor 10.

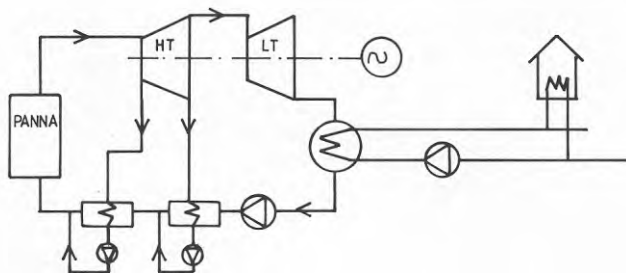
6.1.2 Kraftvärme

Kraftvärmeverk (mottrycksverk) används ofta som baslast-element vid fjärrvärmeproduktion.

Kraftvärmeverken drivs vanligen med olja eller kol.

Stommen i denna typ av produktionsenheter är en ångcykel.

Se figur.



Figur 6.1.2.a Principschema kraftvärmeproduktionsanläggningar

En av fördelarna med en anläggning av denna typ är den mycket höga totalverkningsgrad som kan erhållas.

I ett kondenskraftverk eller kraftverk med samma typ av ångcykel som ett kärnkraftverk kan ångcykelns verkningsgrad nå upp till ett maximalt värde av ca 35-40% av rent termodynamiska skäl, resten kyls bort i något närbeläget vattendrag.

I kraftvärmedrift används värmen från kondensorn efter lågtrycksturbinen för att ge fjärrvärmenätets framledning den önskade temperaturen. Detta betyder visserligen att trycket i kondensorn blir högre än vid kondenskraft till följd av den ökade medeltemperaturen hos det kylande mediet, i detta

fall fjärrvärmenätet. Skadan tas dock igen eftersom kondensationsvärmén tas tillvara och på så sätt blir nyttig energi.

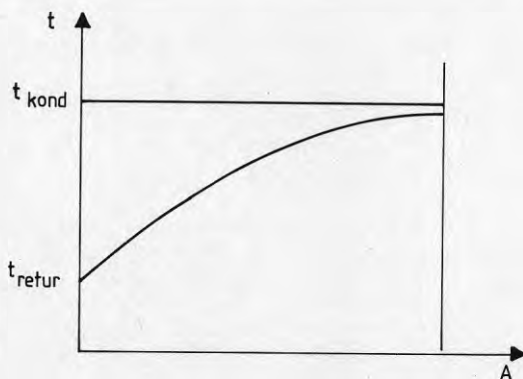
I kraftvärmeanläggningar är dock kraftproduktionen beroende av hur stort värmebehov man har. Stort värmebehov innebär således stor potential för elproduktion. Verkningsgraden hos turbinanläggningen ökar givetvis också ju närmare de (optimala) dimensionerande förutsättningarna man når i driften. Det enda problemet är bara att el-behovet sällan sammanfaller med värmebehovet tidsmässigt.

Man brukar i många anläggningar emellertid utjämna dessa behovsklyvningar genom införande av hetvatten- eller ångackumulator som laddas på dagen då elbehovet är större och utnyttjas på natten då värmebehovet är större.

Vid kraftvärmedrift brukar man också tala om α -värdet för anläggningen. α -värdet uttrycker förhållandet mellan producerad mängd el och producerad mängd värme. Man strävar efter att få ett så stort α -värde som möjligt.

Effekten i lågtrycksturbinen är beroende av tryckfallet över densamma och detta tryckfall påverkas främst av mottrycket eller trycket i kondensorn. Trycket i kondensorn är, på grund av vattnets termodynamiska egenskaper, intimt förknippat med vilken kondensationstemperatur man har.

Framledningstemperaturen på nätet, vilken i princip styr kondensationstemperaturen, har därför stor betydelse för lågtrycksturbinens effekt och därmed förhållandet mellan el- och värmeproduktion.



Figur 6.1.2.b Temperaturdiagram kondensorn

Om man betraktar α -värdets medelvärde över året så innebär en sänkt framledningstemperatur inte någon ökning av detsamma om samtidigt effektbehovet minskar. En sänkning av framledningstemperaturen är således inte särskilt betydelsefull för kraftvärmeverket om denna sänkning sker som följd av energisparande.

En metod att utnyttja fördelarna för verket med sänkt framledningstemperatur torde i stället följande tillvägagångssätt vara.

Energisparandet är ju enligt tidigare givna förutsättningar för uppnåendet av utredningens intentioner en betydelsefull faktor. Det bör således genomföras i den grad som krävs och som är ekonomiskt motiverbart i sammanhanget.

Men samtidigt som energibesparingar och inregleringar av sekundärsystem utföres för att möjliggöra en temperatursänkning på framledningen bör man se till att nya abonnenter ges tillfälle att ansluta sig till nätet, detta för att samtidigt som man sänker temperaturen på nätet, behålla den erforderliga värmeeffekten på en konstant nivå.

Sålunda kan man samtidigt sänka framledningstemperaturen, behålla effektnivån och ändå höja α -värdet för anläggningen vilket positivt påverkar dess ekonomi.

6.1.3 Solfångare

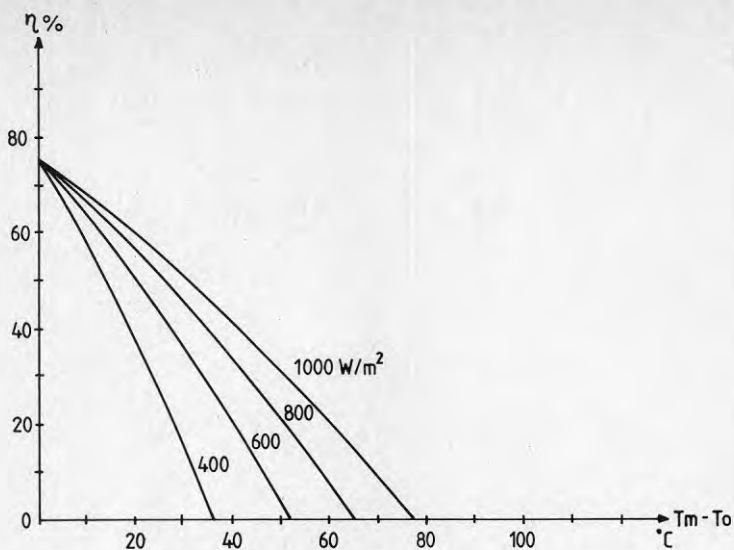
Till de alternativa energikällor som under senare tid varit och fortfarande är under utveckling för effektivare utnyttjande hör - solen.

Solen kan i och för sig sägas vara en indirekt källa till de flesta energiresurser på jorden men när man i dagligt tal behandlar sol går tanken till solfångaranläggningar i olika utföranden.

Resonemanget gäller således tillvaratagandet av den direkta och även diffusa värmestrålningen som infaller mot jorden med en effekttäthet av cirka 1000 W/m.

Den vanligaste applikationen vid "solfångning" är den enkla absorbatoren (värmeväxlaren) som, inlagd i en väl isolerad låda med glasad översida, på grund av den så kallade drivhuseffekten tillgodogör sig den instrålade värmen genom överförande till värmebäraren. Detta kan ske enligt något skilda principer, t ex med hög- respektive lågtemperatursolfångare.

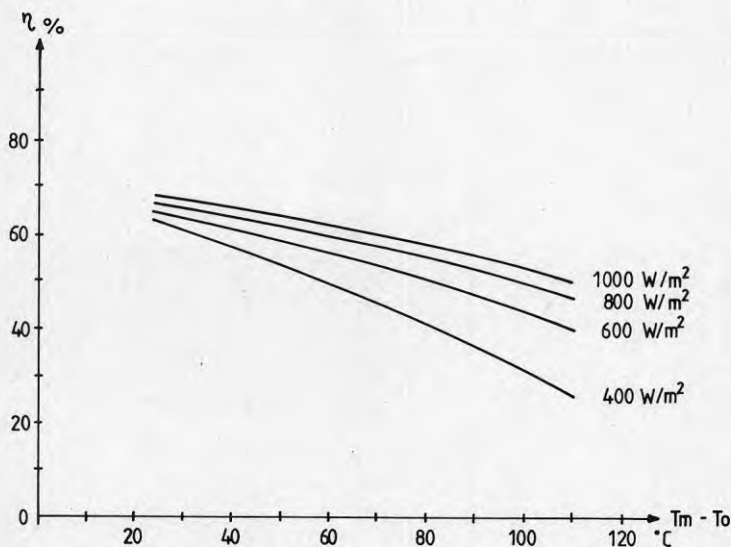
Högtemperatursolfångare arbetar vanligen efter en något modifierad princip jämfört med ovan nämnda, de är oftast av koncentrerande typ och således beroende av direkt solljus. Den första typen ger visserligen lägre temperaturer, men kan i stället sägas vara driftsäkrare då både direkt och diffus strålning kommer den till godo. Nedan visas den momentana verkningsgraden hos en typisk lågtemperatursolfångare och en högtemperatursolfångare.



Figur 6.1.3.a Momentan verkningsgrad lågtemperatursolfångare

Man ser vid studier av båda diagrammen, vilket av värmetekniska skäl är ganska naturligt, att verkningsgraden sjunker vid stigande medeltemperaturskillnad mellan värmebärare och omgivningsluften.

En annan iakttagelse som man gör är att verkningsgraden maximalt sett tenderar åt samma nivå för båda fallen men att högtemperatursolfångarens verkningsgrad sjunker långsammare med medeltemperaturskillnaden än lågtemperatursolfångarens.

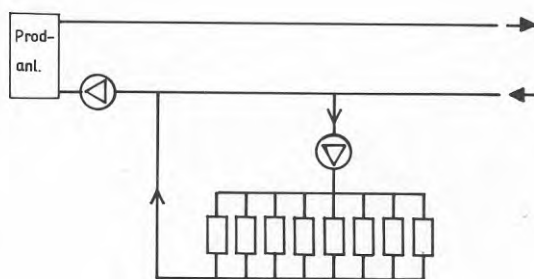
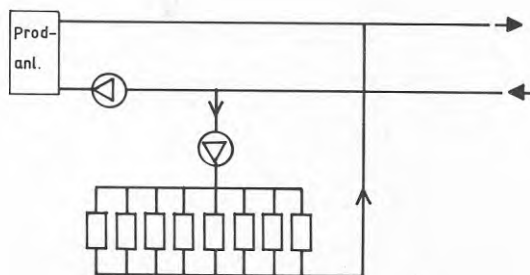


Figur 6.1.3.b Momentan verkningsgrad högtemperatursolfångare

Sammanfattningsvis ser man också att ju lägre temperaturdifferens man har dess bättre blir verkningsgraden.

Således bör en inkoppling av solfångare ske på sådant sätt att den arbetar med lägsta möjliga temperaturdifferens.

Följande två möjligheter för inkoppling är för handen av vilka den senare troligtvis är mer användbar vid befintliga system.



Figur 6.1.3. c Exempel på anslutning av solfångaranläggning till fjärrvärmenätet

6.2 Tekniska konsekvenser/möjligheter - distribution

Med distribution avses kulvertnätet från produktionsanläggningen till abonnentcentralen.

Fjärrvärmenätet dimensioneras normalt för tryckklass NT 16, maximal framledningstemperatur av 120°C och en temperaturdifferens mellan fram- och returledning på 50°C .

I distributionsnätet sörjer hetvattenpumparna för cirkulationen, d.v.s. övervinnandet av de strömningsmotstånd som uppstår i ledningarna samt den tryckuppsättning som krävs för att den mest ogynnsamt belägna abonnenten skall erhålla tillräcklig kapacitet från nätet. Eftersom man den kalla årstiden ofta har temperaturer i nätet nära och även överstigande 100°C , måste hela systemet försäkras om en god tryckhållning för undvikande av de olägenheter som kokningseffekter leder till. Detta sker vanligtvis med någon typ av tryckhållningskärl.

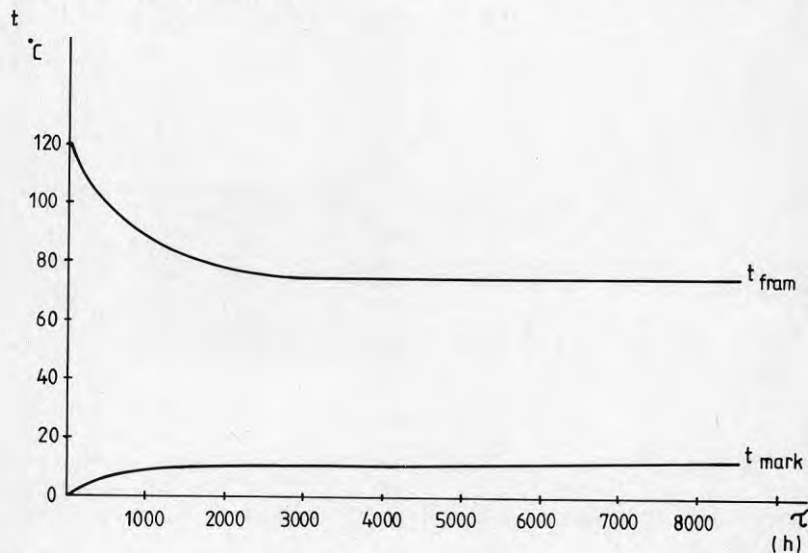
En eventuell ändring av fjärrvärmesystemets leverans- och/eller returtemperaturer får konsekvenser i distributionsnätet på två sätt. Dels påverkas kulvertförlusterna, dels kan, om Δt över fram- och returledning ändras, flödet påverkas vilket i sin tur påverkar hetvattenpumparnas effektbehov.

Nedan kommenteras dessa konsekvenser mer ingående.

6.2.1 Kulvertförluster

En fjärrvärmeanläggnings kulvertförluster brukar utgöra storleksordningen 5-10% av totalt producerad energi. Dessa förluster påverkas direkt av vilka temperaturer fjärrvärmevattnet får.

Följande lilla räkneexempel åskådliggör grovt storleksordningen på den ändring i förluster som en temperaturändring hos exempelvis framledningen medför.



Figur 6.2.1.a Varaktighetsdiagram för förlustberäkning i fjärrvärmenät

Antag att medeltemperaturskillnaden över året är ung 65°C . Då är kulvertarnas förlustbelastning av storleksordningen $65 \times 8760 \text{ h} = 570 \times 10^3 \text{ h}$.

Om temperaturnivån sänks i genomsnitt 1°C under året minskas belastningen med 8760 h, vilket medför att förlusterna för denna kulvert minskas med $8,76/570 = 1,54\%$. Förlusterna från framledningen kan antas svara för $2/3$ av de totala förlusterna. Detta innebär att totalt sett har förlusterna från kulverten minskat med $\frac{2}{3} \times 1,54\% = 1,02\%$.

Man kan på så sätt uppskatta ändringen av förlusterna till 1% per grad sänkning av framledningstemperaturen och 0,5% per grad sänkning av returtemperaturen.

Följande räkneexempel ger en uppfattning av vilka förtjänster som erhålls vid 1°C sänkning (i årsmedelvärde) av framledningstemperaturen i ett befintligt fjärrvärmesystem på 100 MW och en utnyttningstid på 2700 h. De totala förlusterna i nätet uppskattas till ca 8% av totala energiproduktionen. Detta ger i minskade förluster ca 220 MWh, vilket i sin tur ger följande årliga förtjänster vid olika bränsle.

Eo 5 Ls	36,1 kkr
Kol	19,1 kkr
Torv	15,6 kkr
Flis	24,6 kkr

6.2.2 Pumpenergi

De flödesändringar som temperaturförändringar innebär kan sammanfattas i följande frågeställningar.

Skall temperaturnivåerna sänkas med bibehållet Δt ?

Skall framledningens temperaturnivå sänkas med minskat Δt ?

Skall framledningens temperaturnivå behållas med ökat Δt och minskat pumpenergibehov?

Enligt referens 3 (mikrodatorer i fjärrvärmeabonnentcentral) innebär en sänkning av flödet i nätet med 10% en pumpenergiminskning på totalt 27% över året. Då pumpenergin till största delen kommer vattnet till godo och eftersom el för drift av hetvattenpumparna idag oftast är billigare än kostnaden för motsvarande uppvärmning av vattnet är pumpdriftkostnaden försumbar.

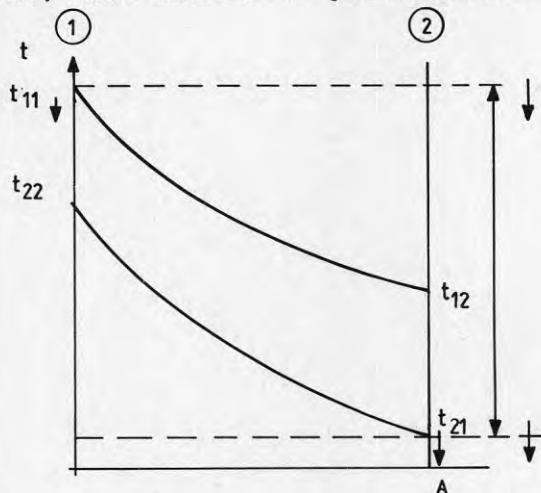
Pumpenergibetraktelser är därför ej särskilt väsentliga.

6.3 Tekniska konsekvenser/möjligheter - abonnentcentral

Förbrukarnas anslutning till nätet sker som tidigare nämnts via en abonnentcentral, en värmeväxlarenhet som kan vara utformad på lite olika sätt, beroende på vad värmen skall användas till.

6.3.1 Abonmentcentraler för bostadsändamål

En ändring av distributionstemperaturer för fjärrvärmenätet innebär inte några större förändringar, då en inreglering av sekundärsystemet i ett äldre hus skapar utrymme för en sänkning av framledningstemperaturen. Så länge man sänker hela temperaturskalan, så att största temperaturskillnaden behålls konstant, dvs sekundärsystemet (radiator-) måste kyla cirkulationsvattnet bättre, kommer inte överföringsfunktionerna att påverkas.



Figur 6.3.1.a Temperaturdiagram för värmepålägg i abonnentcentral

I så fall behöver inte abonnentcentralens värmepålägg omdimensioneras, för oförändrad överförd effekt. Om en värmepålägg som i detta fall i stället skulle dimensioneras upp visar följande diagram vilka förändringar i Δt_2 , $(t_{12} - t_{21})$, som skulle kunna erhållas.

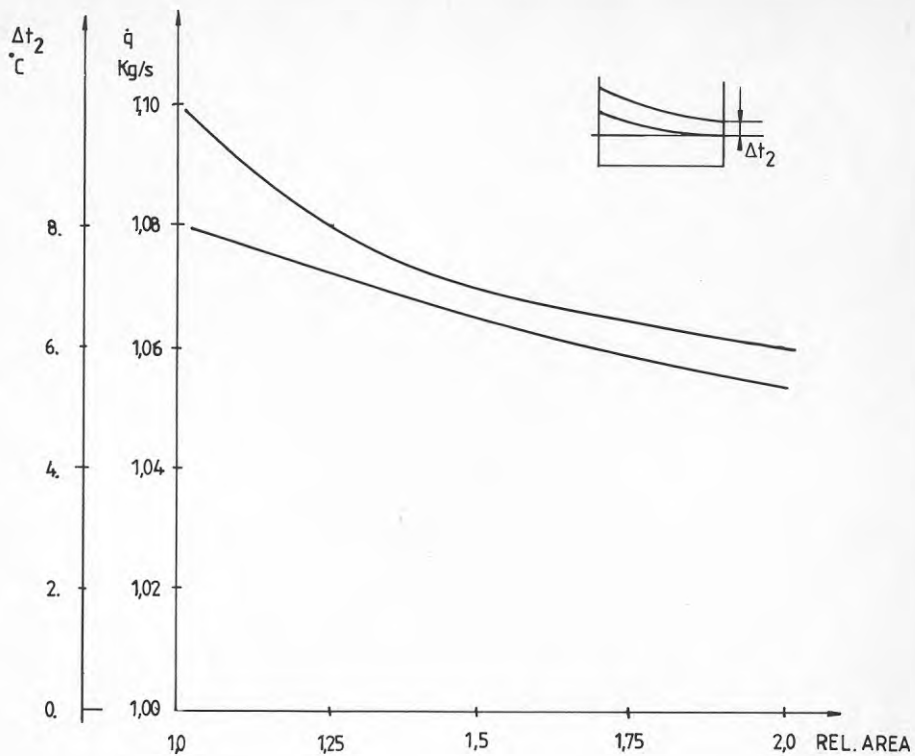


Fig. 6.3.1 b Möjligheter till sänkning av Δt_2 genom ökning av vvx-area

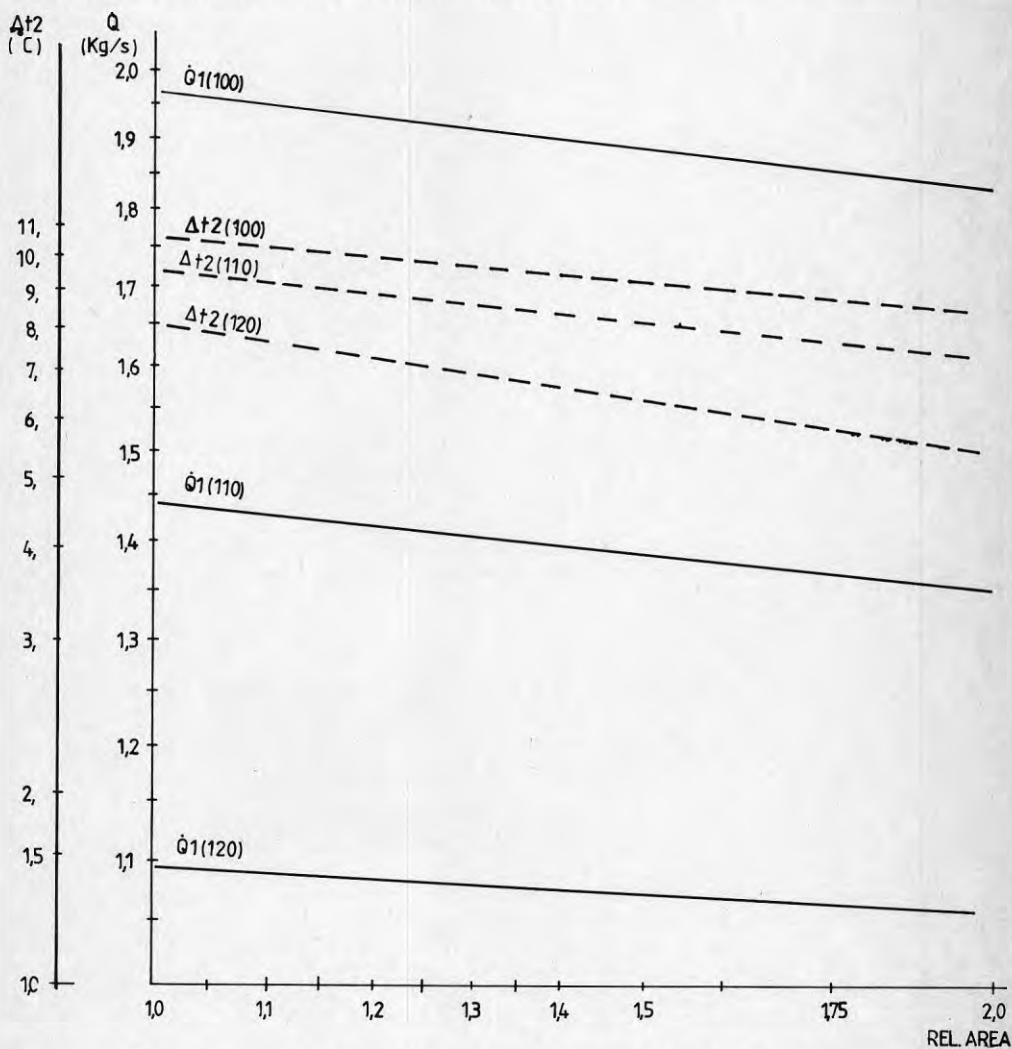
Förutsättningarna för denna beräkning är att abonnentcentralen körs i sitt dimensionerande fall.

Arean på radiatorväxlaren varierar och resulterande primärflöde och ändring i Δt_2 , $\Delta(t_{12} - t_{21})$, beräknas.

Inga övriga förutsättningar har ändrats. Primär fram- och sekundär fram- och returledningstemperatur är således desamma. Man ser att inverkan av en omdimensionering knappast är betydelsefull.

En fördubbling av värmeväxlarens värmeöverförande area innebär 2,5^o ytterligare sänkning av primära returtemperaturen, vilket motsvarar 30% sänkning av den ursprungliga temperturskillnaden.

Om man sedan försöker sänka framledningstemperaturen och samtidigt öka VVX ytan erhålles följande resultat.



Figur 6.3.1.c Jämförelse mellan olika fall där man försöker utöka vvx-arean för att kunna sänka framledningstemperaturen på primärsidan.

Av diagrammet framgår att en uppdimensionering av värmväxlaren knappast är intressant. Den medför ej någon möjlighet att minska temperaturskillnaden mellan högsta och lägsta temperatur i värmväxlaren. En ordentlig översyn av sekundärsystemet borde i stället prioriteras.

En inreglering av flödena i detta system kan medföra en betydande sänkning av temperaturerna på sekundärsidan och en ökad möjlighet till sänkning av framledningstemperaturen på primärsidan.

För att erhålla lägre temperaturer bör åtgärds paketet även innefatta enklare energisparåtgärder, typ tätning av fönster, minskning av tappvarmvattenförbrukning m m.

För långsamma reglersystem i abonnentcentralen medför direkta förluster av användbart primärvatten. Med dagens mer och mer sofistikerade teknik inom detta område torde en besparing av detta slag vara relativt enkelt att genomföra. Dessa justeringar får givetvis ej föras för långt så att abonnentcentralens goda egenskaper beträffande "effektillån" från värmesystemet vid störttappning äventyras. Man bör givetvis från fall till fall göra en avvägning av vad som är lämpligt.

Utökning av radiatorytor, tilläggsisolering m m tillhör de mer omfattande och därmed kostsamma åtgärder som man genomför först i samband med mer omfattande renoveringsarbeten.

6.3.2 Abonnentcentraler för andra ändamål

Abbonentcentraler i någon form används av alla till nätet anslutna abonnenter. Det är således ej på något sätt heltäckande att anta att förhållanden ai nätet beror på hur det påverkas i en abonnentcentral avsedd för bostadsuppvärmning.

Värmeabonnemanget kan innefatta olika åtaganden för värmeverk, exempelvis leveranssäkerhet vid bestämda temperaturnivåer som sammanfaller med konventionella fjärrvärmtemperaturer.

Abbonemang för restauranger, industrier där värmen används i produktionen är exempel på abonnenter som gör leveranstemperaturerna mer eller mindre låsta.

Ett annat exempel är när man på nätet har undercentraler som på grund av arbetsprincipen för värmväxlaren medför varje värmväxling en viss temperaturskillnad mellan framledningen på primär- och sekundärsidan. Huvudsystemets framledningstemperatur blir i ett sådant fall, även om sekundärsystemen i det underordnade distributionssystemen är lågtemperaturorienterade, betydligt mer låst.

Uppkomsten av en systemutformning enligt ovanstående kan exempelvis ha sitt ursprung i skrotningen av pannan i en blockcentral vars kulvertsystem med tillhörande abonnentcentraler fortfarande varit fullt intakt. Blockcentralens panna har då ersatts med en värmväxlare som växlar värmen från huvudsystemet till "blockcentral-systemet". Anledningen till att man inte ansluter "blockcentral-systemet" direkt till fjärrvärmenätet är ofta skillnader i tryckklass och andra konstruktionsmässiga krav som gör systemet oförenliga.

7. Slutsatser och rekommendationer

Av utredningen framgår att en sänkning av temperaturen i befintliga fjärrvärmesystem är möjlig; dock ej i sådan utsträckning att väsentligt ändrade förutsättningar beträffande materialval etc kan gälla. I befintliga fjärrvärmeområden med blandad bebyggelse kan distributionsnätets returtemperatur i första hand sänkas genom en fortsatt inreglering av sekundärsystemen. För att bli effektiv kan denna inreglering behöva kombineras med komplettering med mätutrustning och utbyte av enstaka reglerorgan eller cirkulationspump i sekundärsystemet. Varje abonnent som genomför sådan injustering bidrar till att sänka hela fjärrvärmenätets returtemperatur. Injusteringsåtgärderna innebär i allmänhet sådana energibesparingar hos abonnenten att kostnaderna väl täcks av energibesparingen.

För värmeverkets del innebär dessa åtgärder att flöde sparas i nätet och att värmeförlusterna över året minskar om än i liten utsträckning. Det minskade flödet innebär i sin tur att utrymme skapas i nätet för anslutning av ytterligare abonnenter.

Enbart genom dessa åtgärder har förutsättningarna för användande av värmepumpar eller andra lågtemperaturkällor skapats under hela den del av driftsäsongen då spetsenergi tillföres nätet från eldningsanläggningar. För att under den del av året då enbart lågtemperaturkällan skall förse nätet med fjärrvärme, krävs att även fjärrvärmenätets framledningstemperatur sänks. Detta kan i system med blandad bebyggelse ske endast i mycket liten utsträckning utan att åtgärder vidtages i sekundärsystemet hos den "sämst" ställde abonnenten. Denne bör återfinnas bland fastigheter byggda enligt SBN 75, men även inom detta fastighetsbestånd finns ofta en viss överdimensionering som kan utnyttjas för temperatursänkning. Även speciella abonnenter av typen restauranger eller fastigheter med vattenvärmd ventilationsfläkt för tvättorkning kan utgöra begränsningar. För att närmare bedöma möjligheterna att utan omfattande kostnader sänka framledningstemperaturen sommartid krävs en närmare inventering av graden av överdimensionering i sekundärsystemen. Troligen kan försöksverksamhet vara lika värdefull som utredningar för att kartlägga dessa möjligheter.

Värmeverkets strategi i samband med införande av lågtemperatursystem för fjärrvärmeproduktion bör således vara att i första hand pressa ned fjärrvärmenätets returtemperatur. Detta kan möjligen lättast ske genom omläggning av fjärrvärmesystemet så att en viss andel av energikostnaden betalas i form av en flödesavgift på sätt som sker hos Stockholms Energiverk. En sådan flödesavgift innebär att fastighetsägarna får ett ekonomiskt intresse av att injustera sina värmeanläggningar för lägsta returtemperatur under alla delar av året.

Först i senare steg bör ansträngningar göras för att sänka framledningstemperaturen. Detta bör då främst ske under den varma årstiden och lämpligen ske i samband med att en generell sänkning av garanterad varmvattentemperatur till 45°C görs.

REFERENSER

1. Lågtempererad energi i fjärrvärmesystem
Delrapport 1. VVF 1981
2. Dygnsbehovet av tappvarmvatten
BFR R57:1973, Gösta Svensson
3. Mikrodatorer i Fjärrvärmeabonnentcentraler
Tekniska och ekonomiska förutsättningar
BFR, 80 03 64-2 Rejlers Ingenjörbyrå
4. Solfångarsystem i fjärrvärmenät
Tekniska och ekonomiska förutsättningar
BFR R77:1980, Hans Gransell
5. Spillvärme och solenergi till fjärrvärmenät med
låg temperatur
Förstudie i Kungsbacka
BFR R14:1982
6. Fjärrvärmeutredning -80
Institutionen för termisk energiteknologi
KTH, Stockholm 1980





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800612-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Rejlers Ingenjörbyrå AB, Stockholm.**

R55: 1983

ISBN 91-540-3944-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700755

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms