



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

R29:1978

**Lågtemperatursystem i
existerande byggnader**

Agne Gustafsson

Olle Olsson

Erik Wahlman

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R29:1978

LÅGTEMPERATURSYSTEM I
EXISTERANDE BYGGNADER

Agne Gustafsson
Olle Olsson
Erik Wahlman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750323-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Theorell &
Martin Energikonsulter AB, Solna

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

Nyckelord:

befintliga byggnader
äldre fastigheter
uppvärmning
dimensionering
energibesparing
radiatortemperaturer
lågtemperatursystem
fjärrvärme
spillvärmekällor

UDK 697.003
697.34

R29:1978

ISBN 91-540-2843-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	4
1 INLEDNING	5
2 TEMPERATURKRAV	6
2.1 Radiatorsystem	6
2.1.1 Dimensioneringsprinciper	6
2.1.2 Osäkerhetsfaktorer vid dimensionering	
2.1.3 Beräkningsparametrarnas överdimensionering	12
2.1.4 Verkliga radiatortemperaturer i befintliga anläggningar	14
2.1.5 Lägsta möjliga radiatortemperatur	18
2.2 <u>Ventilationssystem</u>	20
2.3 <u>Tappvarmvattensystem</u>	23
2.4 <u>Lägsta temperatur på fastigheternas värmesystem</u>	24
3 UNDERCENTRALER	25
4 LÅGTEMPERATURSYSTEM	28
4.1 <u>Befintliga värmesystem</u>	28
4.2 <u>Nya värmesystem</u>	28
5 VÄRMEKÄLLOR MED LÅG TEMPERATUR	34
5.1 <u>Spillvärmekällor inom industrin</u>	36
5.2 <u>Övriga värmekällor</u>	38
6 MAXIMAL ÅRLIG ENERGIBESPARING	39
7 LITTERATURFÖRTECKNING	44
8 SAMMANFATTNING	45

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

k	Värmeöverföringstal	W/m^2K
A	Area	m^2
ϑ_m	Medeltemperaturdifferens	$^{\circ}C$
LUT	Lägsta dimensionerande utetemperatur	$^{\circ}C$
DUT	Dimensionerande utetemperatur	$^{\circ}C$

1 INLEDNING

Värmeanläggningar i äldre fastigheter är av erfarenhet ofta överdimensionerade. Den varmvattentemperatur till radiatorerna (80-90 °C) och temperaturdifferens över dessa (ca 20 °C) som förutsättes vid den dimensionerande temperaturdifferensen över husväggen uppnås inte i verkligheten. Orsaken till detta är att man vid osäkerheter i dimensioneringsunderlaget ofta konsekvent väljer det mest ogynnsamma fallet och att beräkningsunderlaget förändrats under åren.

Om dessa fastigheter anslutes till en gemensam värmekälla kan temperaturen på det gemensamma värmesystemets framledning sättas lägre än motsvarande temperatur på dagens fjärrvärmesystem (vinter = 120 °C, sommar = 80 °C). En lägre temperaturnivå innebär att andra värmekällor än kraftvärmeverk och hetvattencentraler kan utnyttjas för uppvärmning av vatten. Ju lägre temperaturnivå kan sättas ju fler värmekällor kan utnyttjas för värmegenereringen. Lämpliga värmekällor där värme av lägre temperatur i dag tillförs kylvattnet finns t.ex. inom järn-, stål- och massaindustrin. Vid utvinning av solenergi och geotermisk energi samt vid användning av värmepumpar blir värmeutbytet större ju mer temperaturen kan sänkas.

Vattentemperaturen i radiatorkretsarna är under större delen av året betydligt lägre än vid den dimensionerande utetemperaturen. Detta innebär att en relativt stor del av fastigheternas värmebehov kan tillgodoses med värme från ett lågtemperatursystem där temperaturen understiger den temperatur som krävs under de kallare vinterdagarna. En överdimensionering av radiatorsystemen innebär att den del av energin som kan täckas med värme från lågtemperatursystem blir större.

I denna utredning som utförs åt Statens råd för byggnadsforskning undersöks genom litteraturstudier, journalstudier och intervjuer den lägsta möjliga framledningstemperatur som erfordras i befintliga värmesystem för att upprätthålla normal standard på inomhusklimat och tappvarmvatten. Storleken av den årliga energibesparing som kan erhållas från lågtemperaturkällor med olika temperaturer undersöks.

2 TEMPERATURKRAV

Ett varmvattensystem som används för uppvärmningsändamål i fastigheter måste leverera varmvatten med tillräckligt hög framledningstemperatur för att försse radiatorer, ventilationsaggregat och varmvattenberedare med värme. För att kunna bedöma hur låg temperaturnivå som kan sättas på värmesystemet under de kallaste vinterdagarna utan att sänka inomhustemperatur och tappvarmvattentemperatur undersöks de tre olika värmeförbrukarna var för sig.

2.1 Radiatorssystem

2.1.1 Dimensioneringsprinciper

Värmegivningen från radiatorerna regleras till önskat värde med hjälp av inom- och utomhustermostater. Termostaterna påverkar radiatorns medeltemperatur genom att returvatten shuntas in i framledningen.

En lägre radiatortemperatur innebär att värmeavgivningen och därmed även temperaturdifferensen på vattensidan är lägre vid samma vattenflöde. Vattentemperaturens beroende av utomhustemperaturen visas schematiskt i fig. 1. Värmeavgivningen till olika radiatorer och radiatorgrupper regleras förutom genom temperaturshuntning även genom strypning av vattenflödet i proportion till värmebehovet.

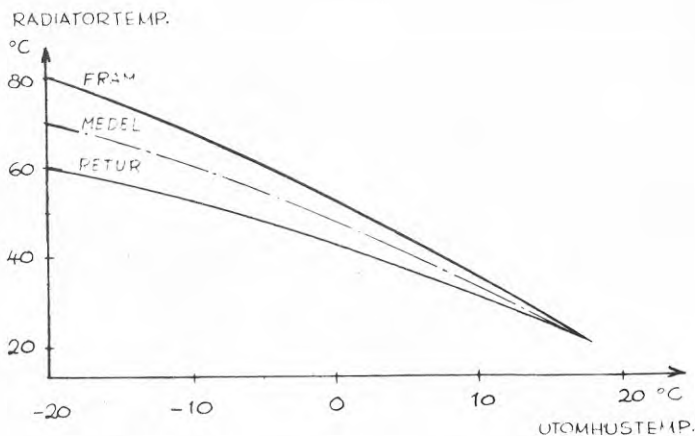


FIG. 1 RADIATORTEMPERATUR I FÖRHÅLLANDE TILL UTOMHUSTEMPERATUR

Lämpliga värden på vattentemperaturen till radiatorerna vid den dimensionerande lägsta utetemperaturen, LUT (tidigare användes beteckningen DUT), brukar normalt anses vara 80 °C, ibland 90 °C. En differens i vattentemperatur över radiatorerna på ca 20 °C vid LUT eftersträvas vid dimensioneringen.

Med ovanstående förutsättningar dimensioneras radiatorns yta och radiatorns vattenflöde på basis av värmebehovs- och transmissionsberäkningar.

Dessa beräkningar påverkas av ett stort antal svårbedömda parametrar. Förenklade värmebehovs- och transmissionsberäkningar utföres därför och korrigeras med påslags- och korrektionsfaktorer vilka är beroende av skilda förutsättningar.

Vid bedömningen av dessa faktorer kompenseras ofta osäkerheter genom en medveten överdimensionering. Eftersom felet i de enskilda parametrarna adderas kan en betydande överdimensionering av värmeanläggningen uppkomma. Överdimensioneringen innebär något högre installationskostnader och, om även pannan överdimensioneras, något högre driftskostnader. Dessa högre kostnader har tidigare ansetts acceptabla varför en viss överdimensionering tillåts.

En överdimensionering av ett värmesystem kan dessutom orsakas av förändringar i byggnaden vilka i efterhand ändrar dimensioneringsförutsättningarna.

Om värmesystemet överdimensioneras installeras alltför stora radiatorytor vilket innebär att värmeavgivningen vid dimensionerande data är alltför hög. För att inomhustemperaturen inte skall överstiga den antagna temperaturen måste vattentemperaturen till radiatoren eller vattenflödet genom radiatoren sänkas under det dimensionerande värdet, dvs anläggningen inregleras.

Storleken av överdimensioneringen (temperatursänkningen) beskrivs i avsnitt 2.1.4 och varierar beroende på byggnadstyp och byggnadsår.

2.1.2 Osäkerhetsfaktorer vid dimensionering

Osäkerheten vid bestämning av värdet på de olika beräkningsparametrarna åskådliggörs i tabell 1 där olika rekommendationer för vissa parametrar visas.

TAB. 1 Värden på vissa beräkningsparametrar
(Ref 3, 4, 6)

Beräknings- parameter	Beräkningsmetod Påslag i %		W Fager- ström 1922	Gille/Heim- burger 1946		SBN 1967
				Vägg	Fönster Dörr	
Väderstreck	N, NO, NV		10	10	10	10
		O	5	10	10	
	SV, SO	V	5	5	5	
					5	5
Ofrivillig ventilation	utsatt för vind			5	25	
	hög grad utsatt			10	50	
Fler ytter- väggar/bur- språk(hörn- rum)	En vägg			5	10	
	Hörnrum					10
	Fler väggar			5	25	
	Tak enplan					10
	Tak flervån.					15
Ventilation, frånluft o. självlag	Flerfam.hus			0,5	(omsättning/h)	
	Småhus			0,7	(omsättning/h)	

Nedanstående beräkningsparametrar används vid värme-
behovs- och transmissionsberäkningar och följande o-
säkerheter förekommer vid bestämningen av parametrarnas
värde.

Rumstemperatur - Rumstemperaturens lämpliga värde
kan variera mellan ca. 17 °C och 25 °C beroende på
rummets utrustning och användning. Temperaturen är
beroende av beklädnad och ålder på de personer som
vistas i rummet, samt om dessa är i rörelse, stilla-
sittande eller i vila. Temperaturen upplevs dess-
utom olika vid olika luftfuktighet.

Den önskade inomhustemperaturen har under senare
tid ökat bl.a. beroende på ändrade kläddvanor.
Denna temperaturstegring har möjliggjorts p.g.a.
den tidigare beskrivna överdimensioneringen. Nu-
mera skall emellertid rumstemperaturen åter mins-
kas på grund av kravet att spara energi.

Beroende på strålningen från rummets ytor kan rummets temperatur upplevas som avvikande från rumsluftens temperatur.

Den upplevda temperaturen kan beräknas och betecknas "den riktade operativa temperaturen". Denna temperatur och dess skillnader i olika punkter och riktningar utgör ett kriterium på inomhusklimatet och skall enligt SBN 75 ligga till grund för värmebehovberäkningarna.

Äldre beräkningsmetoder kan alltså ge upphov till högre inomhustemperatur än nödvändigt, dessutom kan lufttemperaturen inom rummet variera, varför transmissionen genom väggarna kan avvika från beräkningarna.

Utomhustemperatur - Den för varje plats i Sverige dimensionerande lägsta utetemperatur LUT - utläses ur isotermkartor som uppgjorts genom statistisk bearbetning av meteorologiska data. LUT presenteras i två varianter LUT 1 och LUT 5 (äldre beteckningar DUT 1 och DUT 5). LUT 1, medeltemperaturen under det kallaste dygnet, användes för väggmaterial med ytvtikt $< 100 \text{ kg/m}^2$. LUT 5, medeltemperaturen under de kallaste 5 dygnen, användes för väggmaterial med ytvtikt $> 100 \text{ kg/m}^2$.

I äldre transmissionsberäkningar räknades som lägsta utetemperatur medeltemperaturen under de 3 kallaste 3-dagars perioderna under 50 år. Det gjordes ingen skillnad mellan lätta och tunga väggkonstruktioner. Begreppet DUT 1 och DUT 5 infördes i början på 1960-talet (Ref 8) och fick officiell status genom SBN 67.

Noggrannare meteorologiska data och ändrade antaganden om hur en kortare köldperiod påverkar beräkningarna har inneburit att LUT höjts under åren. Enligt SBN 75 är LUT 5 i Stockholm $-17 \text{ }^\circ\text{C}$ medan motsvarande värde enligt Theorell år 1922 var -20°C .

K-värde - K-värdet beräknas för varje yta i väggar, fönster, tak och golv och är sammansatt av värmegenomgångstal och värmeövergångstal.

Värmeövergångstalet fastställs vid en viss luft hastighet och avviker väsentligt från detta värde vid andra lufthastigheter.

Värmegenomgångstalet är väl känt för olika byggnadsmaterial men avviker från detta om väggen inte är utförd enligt föreskrifterna, om materialets fukthalt avviker från förutsättningarna, väggen innehåller ett antal köldbryggor m.m.

K-värdet för fönster antas erfarenhetsmässigt högre än som motsvarar verkligheten. Två-glasfönster kommer i framtiden att i viss utsträckning utbytas mot tre-glasfönster, dvs K-värdet sänks betydligt.

Äldre fastigheter kan tilläggsisoleras för att sänka energiförbrukningen. Dvs K-värdet sänks under det beräknade värdet.

K-värdet är i dag av storleksordning 0,9 - 1,3 W/m²K för tunga väggmaterial och varierar med läget inom landet. Enligt Svensk Byggnorm 75 skall K-värdet för nybyggnation endast uppgå till 0,25 - 0,3 W/m²K i väggar och till 0,17 - 0,20 W/m²K i tak (ref 6).

Ventilation - Storleken av den värmemängd som åtgår för att värma luft som läcker in i fastigheten är beroende av dörr- och fönsterspringors storlek, av vindriktning, vindstyrka, m.m. och bestäms genom erfarenhetsvärden.

I lokaler som endast ventileras med hjälp av frånluftsaggregat eller genom vädring måste hela ventilationsluftsmängden värmas av rummets radiatorer. I ventilationssystem med tilluftsaggregat värms luften i separata värmeväxlare enligt avsnitt 2.2.

Om luftomsättningen minskas genom att fastigheten tätas förändras givetvis värmebehovet.

Extern värmeavgivning - I äldre beräkningar tas inte hänsyn till värmeavgivning från belysningsarmatur, människor, inläckage av värmestrålning från solen, tappvarmvatten m.m.

Erforderligt effektbehov påverkas inte av dessa värmetillskott medan energibehovet minskas.

Vattenflöde - Vattenflödet genom radiatorerna skall inregleras för att det dimensionerande flödet skall erhållas. Pumpkapaciteten valdes tidigare ca 20% större än erforderligt och med bristfällig inreglering av vattenflödet vilket medför högre vattenflöde genom radiatorerna än som förutsatts.

Äldre anläggningar utfördes med självcirkulation. När dessa har kompletterats med cirkulationspump har vattenflödet ökat avsevärt.

Energi- och effektbehov ändras inte om vattenflödet ändras men däremot påverkas radiatortemperaturen.

Radiatoryta - Radiatorerna tillverkas endast i vissa standardstorlekar vilket innebär att närmast större dimension som uppfyller dimensioneringsvillkoret väljes. I vissa fall är andra faktorer än de effektberoende t.ex. fönsterlängd avgörande för storleksvalet.

En ökning av radiatorytan innebär att differensen mellan radiatorns medeltemperatur och lufttemperaturen minskas vid oförändrad värmeavgivning. Radiatorytans medeltemperatur som funktion av ytans storlek visas i figur 2 som beräknats för medeltemperaturen 70°C vid $y_{\text{tan}} = 1$.

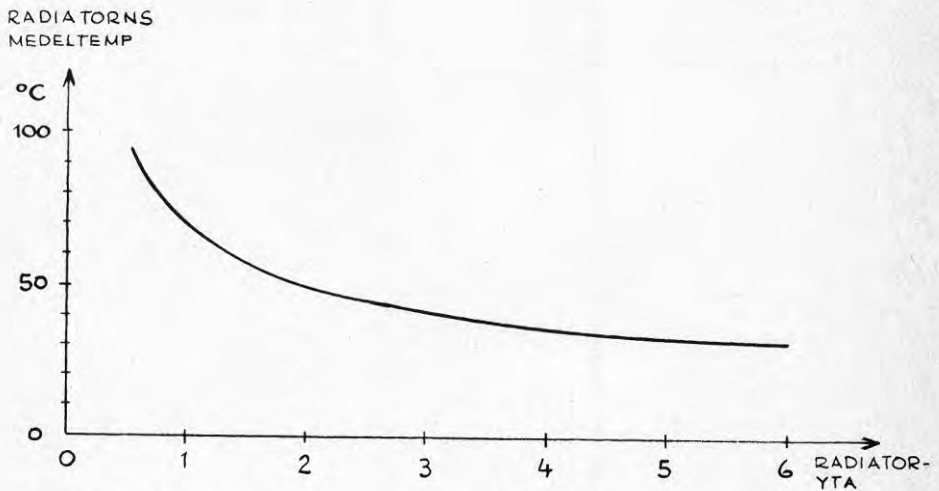


FIG. 2 RADIATORYTANS MEDELTEMPERATUR VID ÄNDRING AV RADIATORYTANS STORLEK

Som värmeytor tjänstgör även de friliggande rören till och från radiatorn.

Ändring av radiatorytan påverkar inte effekt- och energibehov utan endast radiatortemperaturen.

För att åskådliggöra hur förändringar av de ovan beskrivna beräkningsparametrarna påverkar energi- och effektbehovet samt radiatortemperaturen har ett rum i en fastighet överslagsberäknats. Rummet består av en volym på 50 m^3 och med en golvyta på 20 m^2 . Ytterväggen är $12,5\text{ m}^2$ innehållande ett 2-glasfönster på 3 m^2 . Ingen värmegenomgång antas genom innerväggar eller genom golv och tak. Luftomsättningen antas till $1,5\text{ m}^3$ luft per timme och m^3 lägenhetsvolym dvs $75\text{ m}^3/\text{h}$.

Rumstemperaturen antas till $+22^{\circ}\text{C}$, LUT till -17°C , radiatorns medeltemperatur till 70°C , temperatordifferensen mellan fram- och returledning till 20°C , effektens utnyttningstid till 2.300 timmar/år.

Vid beräkning av effektbehovet antas inget tillskott p.g.a. extern värmeförsel. Däremot antas tillskottet till årsenergin uppgå till 350 kWh dvs ca 10 %.

De ovan angivna beräkningsparametrarna har ändrats från normalvärdet och ändringens påverkan på effekt, årsenergi och radiatortemperatur har beräknats och redovisats i tabell 2. Om samtliga parametrar är överdimensionerade med den angivna storleken är effekten överdimensionerad med ca 34% och temperaturen till radiatoren är endast ca 60 °C vid lut.

TAB. 2 Beräkningsparametrarnas påverkan på beräkningsresultatet

Beräkningsparameter	Parametrarnas värde		Ändring i resultat		
	Normalt	Ändring	Effekt behov %	Energi behov %	Temp till radiator vid LUT °C
Rumstemperatur	22 °C	- 2 °C	- 5,1	- 5,6	- 4,5
LUT	-17 °C	+ 2 °C	- 5,1	0	- 2,5
K-värde på vägg	0,8	- 0,2	- 4,6	- 5,0	- 2,2
K-värde på fönster	3	- 1	- 7,2	- 8,0	- 3,1
Ventilation	75 m ³ /h	-15 m ³ /h	-12,0	-13,2	- 5,6
Extern värmeförsel	380 kWh	+100 kWh	0	- 2,9	0
Vattenflöde	0,070m ³ /h	+0,015m ³ /h	0	0	- 1,6
Radiatoryta	4,6 m ²	+ 0,2 m ²	0	0	- 1,0
Summa (Samtliga beräkningsparametrar är överdimensionerade)			-34	-34,7	-20,5

2.1.3 Beräkningsparametrarnas överdimensionering

Vid kontroll av värmeutbytet i befintliga värmeanläggningar installerade i fastigheter byggda före 1965 har en relativt stor överdimensionering konstaterats. Värmeanläggningar som byggts under senare år är emellertid bättre anpassade till fastigheternas värmebehov genom att förfinade beräkningsmetoder använts.

Storleksordningen av den avvikelse mellan beräkning och verklighet som förekommer i de olika beräkningsparametrarna har redovisats av S Björk i en enkätundersökning 1957 beträffande "Riktig värmebehovsberäkning" (Ref 2). Resultatet av undersökningen visas i tabell 3 och 4. Den genomsnittliga överdimensionering

neringen av fastigheternas värmebehov uppgår enl.
S. Björk till i genomsnitt 50-60%

TAB.3 Storlek på överdimensionering av vissa
beräkningsparametrar
(Ref 2)

Parameter	Storlek på överdimensionering i %
Dimensionerande Δt över husvägg	9 - 36
Värme genomgångstal i vägg	2 - 9
Värme genomgångstal i fönster	40 - 48
En sektion för stor radiator	2,5

TAB.4 Storlek på vissa påslagsfaktorer
(Ref 2)

Påslagsfaktor	Faktorns storlek i %	
	Yttervägg	Fönster
2 Väderstreck	9	15
N	10	11
SO, SV	3,5	4
Mekanisk ventilation	10-75	
Naturlig ventilation	10-20	
Övriga påslagsfaktorer	10-20	

2.1.4 Verkliga radiatortemperaturer i befintliga anläggningar

För att erhålla en uppskattning av de i verkligheten förekommande radiatortemperaturerna har driftspersonal intervjuats samt journal- och litteraturstudier bedrivits. Sammanlagt har temperaturuppgifter från ca 300 fastigheter bearbetats.

I figur 3 och 4 redogörs för uppmätta temperaturer på stamledningen till radiatorerna för 80 st fastigheter vid dimensionerande utetemperatur. Temperaturuppgifter från 40 st av dessa har erhållits från BFR-rapporten "kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar" av U Ström och B Lindström (Ref 5). Denna rapport beskriver överdimensioneringen i fastigheter med byggnadsår 1957 till 1967 fördelade på 6 kommuner i Sverige. Övriga temperaturuppgifter har erhållits från journaler och vid samtal med driftspersonal på bostadsföretag.

I fig. 3 visas avvikelser från den teoretiska framledningstemperaturen 80 °C vid 60 st fastigheter. Medelavvikelsen från 80 °C är - 10,7 °C.

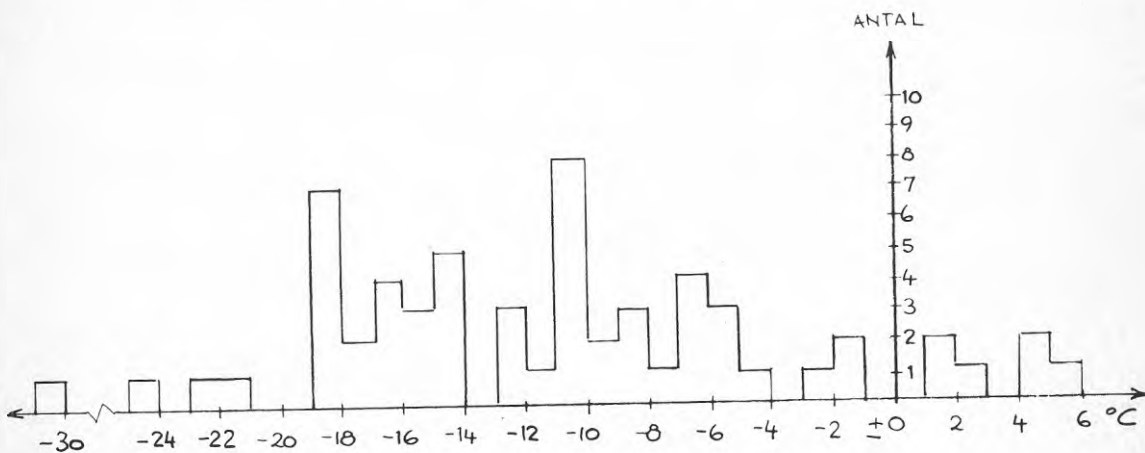


FIG 3 FRAMLEDNINGENS TEMPERATURAVVIKELSE FRÅN 80°C FÖR 60 ST FASTIGHETERS RADIATORKRETSAR. MEDELAVVIKELSE 10,7°C, FRAMLEDNINGSTEMPERATUR 69,3°C.

I fig. 4 visas avvikelser från den teoretiska framledningstemperaturen 90 °C vid de resterande 20 st fastigheterna. Medelavvikelsen från 90 °C är - 14,0 °C.

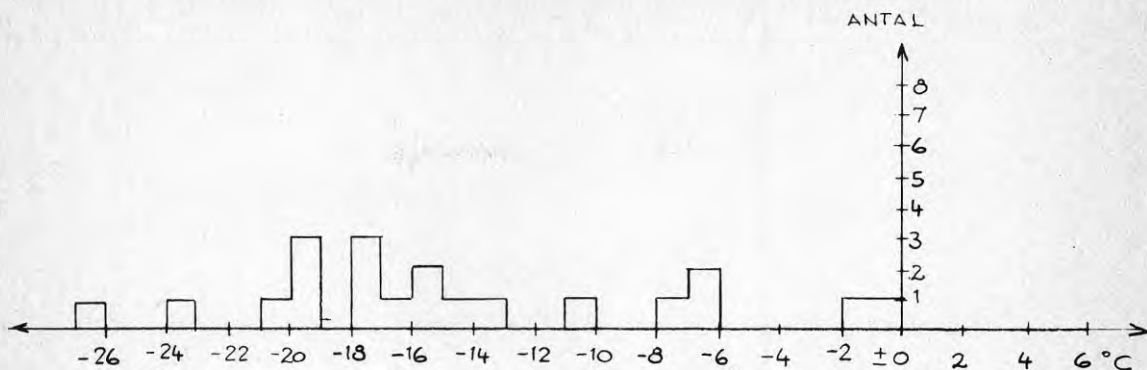


FIG. 4 FRAMLEDNINGENS TEMPERATURAVVIKELSE FRÅN 90°C FÖR 20 ST FASTIGHETERS RADIATORKRETSAR. MEDELAVVIKELSEN 14.0°C, FRAMLEDNINGSTEMP. 76.0°C

Vid intervjuerna med driftpersonalen diskuterades den erforderliga framtemperaturens variation med utetemperaturen. Enligt bostadsföretagens erfarenhet uppgår den verkliga framledningstemperaturen vid dimensionerande utetemperatur till de värden som presenteras i tabell 5.

TAB. 5 Erfarenhetsmässig framtemperatur

Bostadsföretag	Framledningstemp. °C	
	Verklig	Teoretisk
Malmö Kommunala Bostads AB	63 - 64	80
Regulatorfirma	< 65	80
	< 70	90
Riksbyggen	< 60	80
HSB	65	80
	70	90
Svenska Bostäder	< 70	80

I en dansk undersökning som presenterats i "VVS-teknisk tidskrift" i maj 1957 (Ref 7) redovisas temperaturuppgifter från ca 200 fastighetscentraler tillsammans omfattande ca 40.000 lägenheter. Framledningstemperaturen var i samtliga fall dimensionerad till 90 °C vid utetemperaturen - 15 °C, och temperaturdifferensen över radiatorerna till 20 °C. Resultatet av undersökningen visas i fig. 5 med följande histogram.

- 5 a - Framledningstemperatur vid utetemperatur - 15°C. Medelvärde uppgår till 79 °C.
- 5 b - Temperaturdifferens över radiatorn vid utetemperatur - 15 °C. Medeltemperaturdifferensen uppgår till 11,6 °C.
- 5 c - Framledningstemperatur den kallaste dagen på året. Medelvärde uppgår till 83 °C.

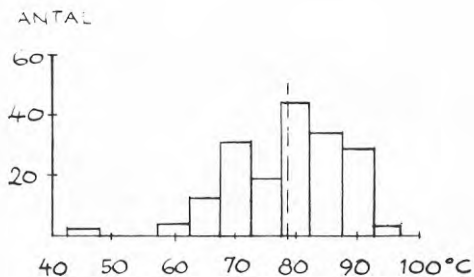


FIG. 5a HISTOGRAM FRÅN 179 ST VÄRMEANLÄGGNINGAR ÖVER FRAMLEDNINGSTEMPERATUREN VID UTETEMPERATUREN -15°C. KLASSINTERVALL 5°C. MEDELVÄRDE 79°C.

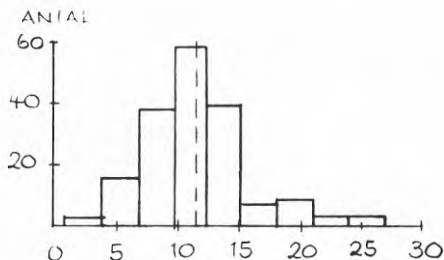


FIG. 5b HISTOGRAM FRÅN 177 ST VÄRMEANLÄGGNINGAR ÖVER VÄRMEVATTNETS AVKYLLNING VID UTETEMPERATUREN -15°C. KLASSINTERVALL 3°C. MEDELVÄRDE 11.6°C

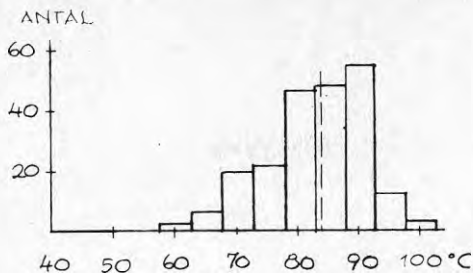


FIG.5c HISTOGRAM FRÅN 206 VÄRMEANLÄGGNINGAR ÖVER ABSOLUT HÖGSTA FRAMLEDNINGSTEMPERATUR. KLASSINTERVALL 5°C. MEDELVÄRDE 83°C.

Enligt figur 3, 4 och 5 a - 5 c är de verkliga temperaturerna på radiatorns framledning ca 10 °C lägre än den dimensionerade temperaturen. Enligt driftpersonalens erfarenhetsmässiga värden som visas i tab. 5 är emellertid temperaturen vanligen ca 15 °C under den dimensionerande eller kan med hjälp av inreglering nästan alltid sänkas med dessa 15 °C om den dimensionerande temperaturen är 80 °C. Motsvarande sänkning vid den dimensionerande temperaturen 90 °C är 20 °C.

Om den dimensionerade temperaturen till radiatorernas framledning uppgår till 80 °C är den erforderliga temperaturen vid dimensionerande utetemperatur alltså i verkligheten endast ca 65 °C och vid 90 °C är temperaturen endast ca 70 °C.

Denna temperatur varierar naturligtvis mellan olika fastigheter och är betydligt högre i byggnader som uppförts under senare år.

För att erhålla mer exakta uppgifter om framledningstemperaturen och dennas variation mellan olika fastigheter bör mätningar av framledningstemperatur, returtemperatur och temperaturdifferens över husväggen utföras vid eller i närheten av LUT.

Om vattenflödet genom radiatorn är av den storleksordning som förutsatts vid dimensioneringen innebär en sänkning av framledningstemperaturen från 80 °C till 65 °C att returtemperaturen sänks från 60 °C till 51 °C. Detta skulle innebära att överdimensioneringen är så stor som ca 45%.

I verkligheten är returtemperaturen, p.g.a. större vattenflöde än beräknat, betydligt högre. Om returtemperaturen, vid framledningstemperaturen 80°C , uppgår till 70°C är flödet ung.dubbelt så högt som erfordras och radiatorns effekt är högre än vid $80/60^{\circ}\text{C}$. När framledningstemperaturen sänkts till 65°C är returtemperaturen i detta fall ca 58°C vilket innebär att överdimensioneringen uppgår till ca 30% vilket är ett rimligare värde.

För att vid en inreglering av systemet erhålla den lägsta möjliga returtemperaturen kan vissa radiatorytor i enstaka utrymmen behöva ökas för att övriga radiatorer, med större överdimensionering, skall kunna utnyttjas maximalt.

2.1.5 Lägsta möjliga radiatortemperatur

Om fastighetens nuvarande radiatorer utökas genom att ytterligare radiatorer parallellkopplas med de befintliga, kan temperaturnivån på fastigheternas värmesystem sänkas ytterligare. Sambandet mellan temperatur och radiatoryta visas i fig.2 sid.11. Motsvarande temperatursänkning erhålles om ett värmesystem som inte kopplas till vattensystemet, t.ex. elvärmare, installeras.

Om temperaturen i ett av dagens värmesystem vid LUT kan sänkas till 65°C och temperaturen på en tillgänglig lågtemperaturkälla understiger denna temperatur måste någon form av tillskottsvärme tillföras bostäderna under den kallaste tiden. Den lägsta installationskostnaden erhålles om lågtemperaturvattnets temperatur höjs i t.ex. en oljeldad värmecentral vilken normalt används som reserv. Detta medför emellertid att returtemperaturen efter radiatorerna stiger. När returtemperaturen uppnår 65°C kan ingen värme utvinnas ur lågtemperaturkällan. Om elradiatorer installeras måste en viss, betydligt mindre, energimängd tillsättas från dessa när värmeavgivningen från vattenradiatorerna inte är tillräckligt hög. I detta fall utnyttjas lågtemperaturkällan maximalt även under denna tid. Ökas de befintliga radiatorerna i tillräcklig omfattning behövs ingen tillskottsvärmning.

Radiatortemperaturen kan sänkas något utöver den temperatur som enligt avsnitt 2.1.4 i verkligheten krävs vid LUT genom att vattenflödet genom radiatorerna ökas. Den befintliga cirkulationspumpen kan utbytas mot en pump med större kapacitet och vattenflödet kan teoretiskt ökas tills strömningsljud uppstår.

En ökning av vattenflödet innebär, förutom att framtemperaturen till radiatorn sänks, även att returtemperaturen höjs dvs temperaturfallet minskar. En minskning av temperaturfallet innebär att rördimensionerna måste ökas dvs installationskostnaderna stiger. Om en värmeväxlare installeras mellan radiatorsystemet och ett lågtemperatursystem och om värmeväxlaren dimensioneras för samma temperaturdifferens mellan fram- och returledning på primär- och sekundärsidan kommer primärsidans rördimensioner att ökas i samma proportion som sekundärsidans.

Storleken av ökningen i rördiameter jämförs i figur 6 med ett normalt fjärrvärmesystem (temperaturdifferens = 50 °C) och ett normalt sekundärsystem (temperaturdifferens = 20 °C) vid ökning av flödet genom radiatorerna. Vattenhastigheten antas vara oberoende av rördiametern. Ändringen av rördiameter har beräknats för ett radiatorsystem som vid LUT kräver fram- och returtemperaturerna 80/60, 65/51, 80/70 och 65/58.

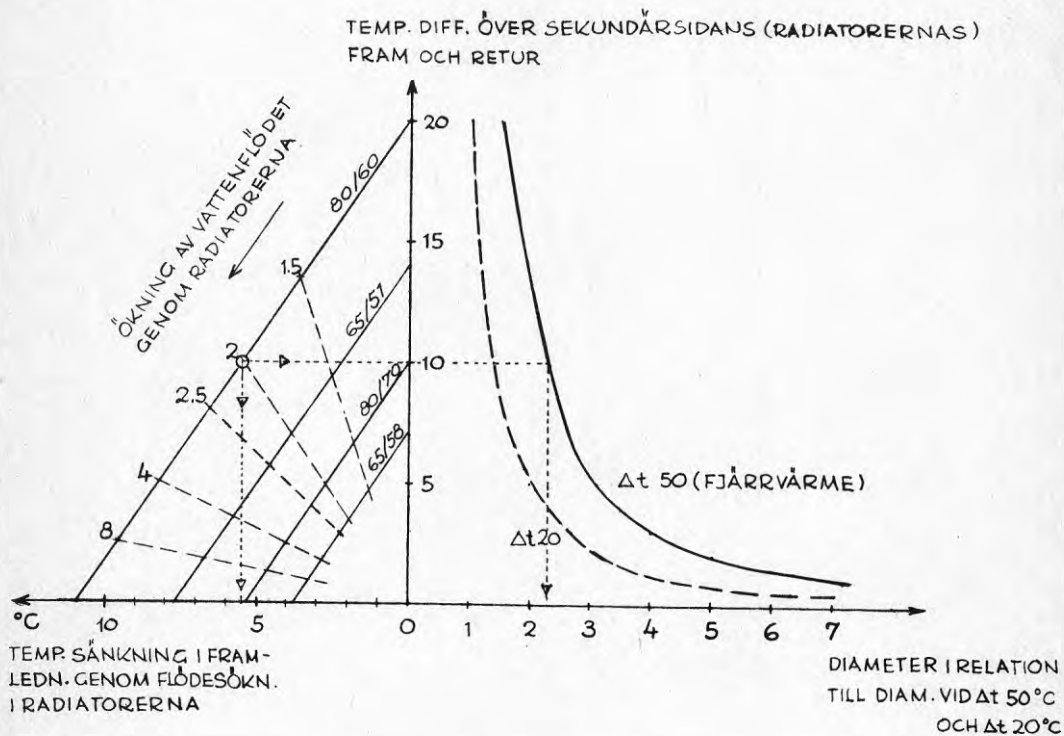


FIG. 6 SÄNKNING AV SEKUNDÄRSIDANS FRAMLEDNINGSTEMPERATUR OCH ÖKNING AV RÖRDIMENSIONEN VID ÖKNING AV VATTENFLÖDET GENOM RADIATORN.

Om vattenflödet genom en radiator fördubblas i ett 80/60-system sänks framledningstemperaturen enligt figur 6 med ca 5,5 °C medan temperaturdifferensen över radiatorn minskar från 20 till 10 °C och rördimensionen blir ca 2,2 i stället för 1,6 ggr större än dimensionerna i ett normalt fjärrvärmesystem. Motsvarande siffror för ett 65/58-system blir en sänkning av framledningstemperaturen med ca 2 °C, en minskning av temperaturdifferensen över radiatorn från 7 till 3,5 °C och en ökning av rördiametern från 2,6 till 3,7 ggr diametern i ett fjärrvärmesystem.

En ökning av flödet i sådana värmesystem som vid LUT fordrar en låg temperaturdifferens över radiatorerna innebär en måttlig sänkning av temperaturen medan rördimensionerna ökar betydligt varför metoden endast är användbar vid system med hög temperaturdifferens.

2.2 Ventilationssystem

Vattentemperaturen före ventilationsaggregatets värmebatteri regleras i en separat shuntkrets i förhållande till utomhustemperaturen. Luftflödet minskas i allmänhet under natten men är däremot lika stort under vintern som under sommaren.

Temperaturen före värmebatteriet är, vid den dimensionerande utomhustemperaturen, normalt ca 80 °C. En sänkning av denna temperatur innebär att tillufttemperaturen i dimensioneringspunkten inte kan upprätthållas. Lufttemperaturen varierar med vattentemperaturen enligt fig. 7. Diagrammet i figur 7 har beräknats för 4 olika värmebatterier som i dimensioneringspunkten kan värma uteluft av vattentemperaturerna 80/60, 80/70, 65/58 och 65/51 °C. I figuren visas att om vattentemperaturen till värmebatteriet i ett 80/60-system sänks från 80 till 65 °C så sänks tillufttemperaturen från 22 till ca 15 °C.

TILLUFTTEMPERATUR

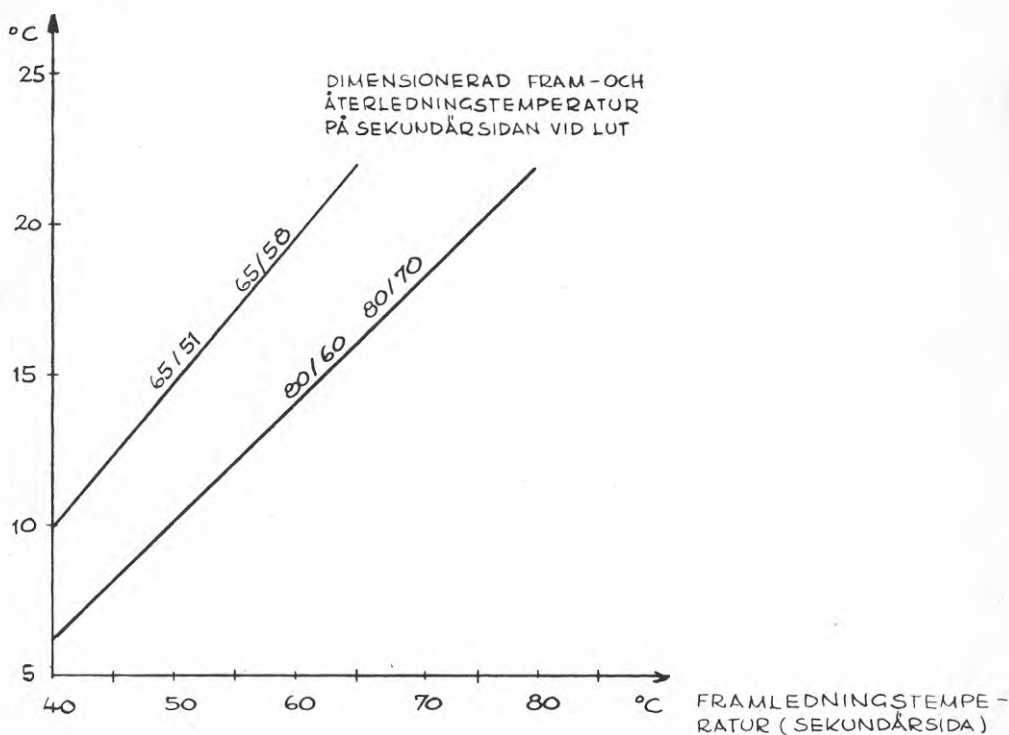


FIG. 7 ÄNDRING AV TILLUFTTEMPERATUREN VID LUT VID MINSKNING AV VATTENTEMPERATUREN.

Ett visst utrymme för en temperatursänkning p.g.a. överdimensionering kan finnas om batteriets ytor är något för stora eller tillufttemperaturen något för hög. En större sänkning av vattentemperaturen kan emellertid endast tillåtas om ventilationsluftmängden minskas de kallaste dagarna, om batteriets ytor ökas eller om tillsatsvärmare installeras.

Om tilluftsflödet minskas måste även frånluftsflödet minskas i samma proportion för att bibehålla luftbalansen i huset.

Tillsatsvärmare kan installeras på två skilda sätt. Ytterligare ett batteri (vatten eller el som värmekälla) seriekopplas med varmvattenbatteriet på luftsidan eller vattnet före varmvattenbatteriet tillskottsvärms med t.ex. elpatroner.

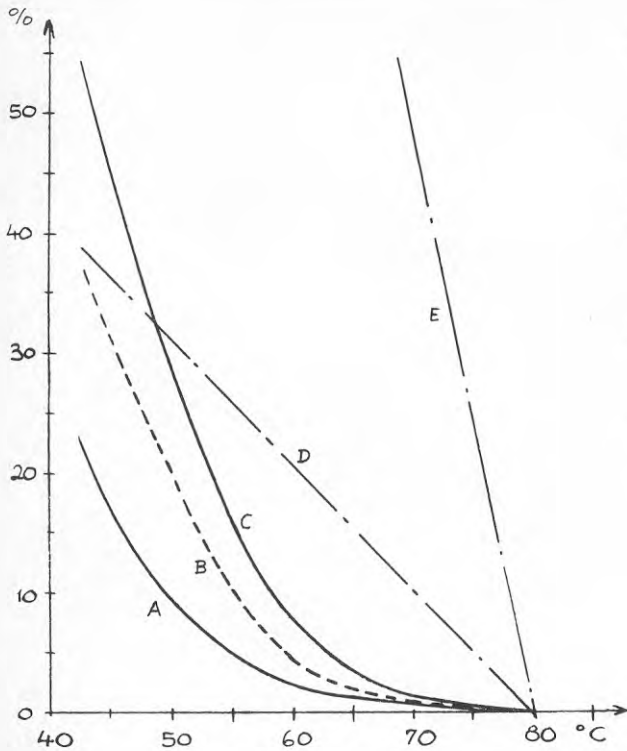
I det senare alternativet värms det lågtempererade vattnet till lämplig temperatur före varmvattenbatteriet, vilket innebär att även returtemperaturen från batteriet stiger. Den högre returtemperaturen innebär att den värmemängd som kan utvinnas ur det lågtempererade vattnet minskar och blir noll när returtemperaturen är lika hög som vattnet före tillskottsvärmaren.

Seriekopplas däremot en tillskottsvärmare på luftsidan kan maximal effekt även uttas när tillskottsvärmaren är inkopplad. Om behovet av tillskottsvärme är stort (den tillgängliga vattentemperaturen låg) måste eventuellt åtgärder för att minska frysriskerna vidtagas.

Alternativet med tillskottsvärme från elpatroner kan, trots det högre värmestillskottet, vara motiverad om ventilationsanläggningen består av ett stort antal värmebatterier som i dag är kopplade till en gemensam värmekälla.

Storleksordningen av erforderligt effekt- och energitillskott och den tid under ett år som tillskottsvärme måste inkopplas visas i figur 8 för de ovan beskrivna metoderna för tillskottsvärmning. Kurvorna i figur 8 är beräknade för en varaktighetskurva enligt figur 20 sid 39 och för ett varmvattenbatteri med följande konstruktionsdata:

- Vattentemperatur till batteriet: 80°C
- Temperaturdifferens över batteriet: 20°C
- Utomhustemperatur (LUT): -17°C
- Tillufttemperatur: 22°C



- A = VÄRMETILLSKOTT UNDER ETT ÅR TILL ETT PÅ LUFTSIDAN SERIEKOPPLAT BATTERI. PROCENT AV TOTALT ENERGITILLSKOTT.
- B = TID SOM NÅGON FORM AV TILLSKOTTSVÄRME ERFORDRAS. PROCENT AV ÅRET.
- C = VÄRMETILLSKOTT UNDER ETT ÅR TILL EN PÅ VATTENSIDAN SERIEKOPPLAD TILLSATSVÄRMARE. PROCENT AV TOTALT ENERGITILLSKOTT.
- D = ERFORDERLIG TILLSKOTTSEFFEKT VID LUT OCH VID TILLSKOTTSVÄRME ENLIGT A. PROCENT AV ERFORDERLIG EFFEKT VID LUT.
- E = ERFORDERLIG TILLSKOTTSEFFEKT VID LUT OCH VID TILLSKOTTSVÄRME ENLIGT B. PROCENT AV ERFORDERLIG EFFEKT VID LUT.

LÅGTEMPERATURSYSTEMETS
FRAMTEMPERATUR (5°C ÖVER
SEKUNDÄRSIDAN FRAMTEMP.)

FIG. 8 TILLSKOTTSVÄRME TILL LUFTFLÖDET DÅ VATTENTEMPERATUREN TILL LUFTBATTERIET SÄNKS.

Av figur 8 framgår att om vattentemperaturen till ett batteri, konstruerat för temperaturen 80 °C, sänks till 65 °C vid LUT måste ca 1% av årsenergin tillföras i ett på luftsidan seriekopplat batteri som konstruerats för 15% av maxeffekten. Ca 3% av årsenergin måste tillföras från ett på vattensidan seriekopplat batteri som konstruerats för en effekt överstigande 55% av max. effekten. Tillskottsvärme behövs under ca 2% av året.

2.3 Tappvarmvattensystem

Tappvarmvatten värms i en speciell varmvattenberedare, ofta inbyggd i fastighetens panna. Vattentemperaturen vid tappstället varierar i dag mellan 55 och 65 °C i olika fastigheter. En sänkning av temperaturen för samtliga fastigheter till 55 °C, eventuellt ända till 45 °C, bör kunna genomföras, utan att dagens komfortkrav minskas. Den enda konsekvensen av en sänkning av tappvarmvattentemperaturen är att varmvattenflödet ökar i motsvarande grad, dvs tryckfallet i varmvattenledningarna ökar något.

Temperaturen i varmvattenberedaren måste överstiga temperaturen vid tappstället med ca 5 °C. Om denna temperatur inte kan upprätthållas måste varmvattnet tillsatsvärmas t.ex. i en elvärm� seriekopplad varmvattenberedare. Den erforderliga tillskottsvärmen utgör en relativt liten del av den totala värmeenergi som erfordras för varmvattenberedning eftersom inkommande kallvattentemperatur är så låg som 5 - 15 °C.

Erforderlig tillsatsvärme i procent av hela värmemängden för varmvattenberedning vid olika temperaturer i varmvattenberedaren visas i figur 9 där kallvatten

ENERGITILLSKOTT
1% AV TOTALA VÄRMEENERGIN
FÖR VARMVATTENBEREDNING

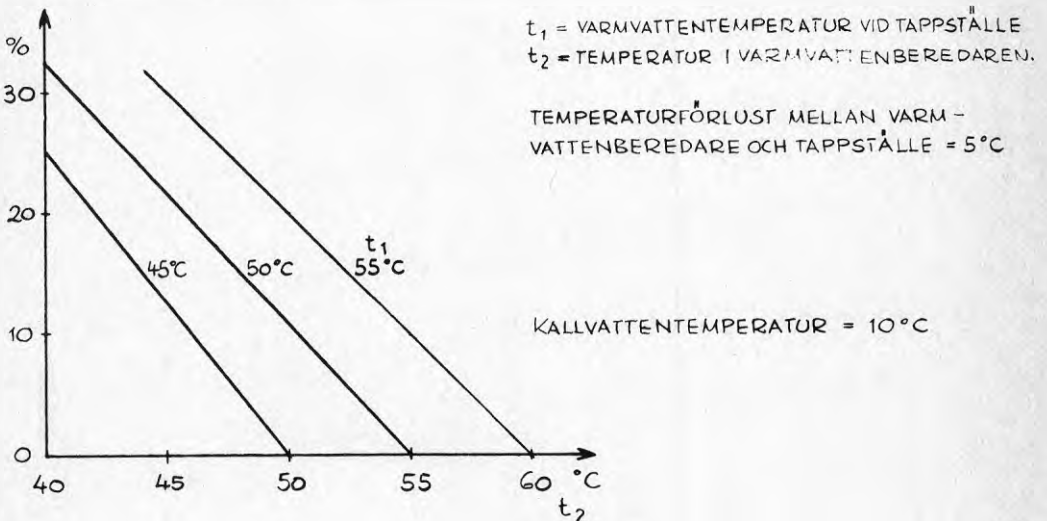


FIG.9 TILLSKOTTVÄRME FÖR VARMVATTENBEREDNING

av 10 °C skall uppvärmas till 60, 55 eller 50 °C för leverans av tappvarmvatten vid 55, 50 resp. 45 °C. Om temperaturen i varmvattenberedaren är 50 °C och tappvarmvattentemperaturen skall vara 55 °C måste ca 20% av den erforderliga energin tillsättas.

2.4 Lägsta temperatur på fastigheternas värmesystem

Enligt ovan beror temperaturnivån på fastigheternas värmesystem framför allt av radiatorsystemets erforderliga temperatur. Temperaturen bör vid LUT kunna sättas till 65 °C i de flesta äldre fastigheter eventuellt efter inreglering av värmesystemet. Ventilationsystemen kräver visserligen en högre temperatur men åtgärder för att kunna utnyttja den lägre temperaturen kan relativt enkelt utföras. Ventilationsluftmängden kan begränsas eller tillskottvärmare installeras.

Vid utetemperaturer som överstiger LUT erfordras en lägre temperatur på värmesystemet. Dimensioneras värmesystemet för denna lägre temperatur måste dessutom radiatorsystemet tillskottvärmas under en del av året. Understiger temperaturen ca 50 °C måste även tillskottvärmare för tappvarmvatten installeras.

3. UNDERCENTRALER

Värme till fastigheternas värmesystem överförs från ett för flera fastigheter gemensamt värmesystem via värmväxlare, undercentraler. För att kunna utnyttja värmesystem med låg temperatur måste undercentralerna i princip utformas enligt figur 10 för att möjliggöra så små temperaturdifferenser som möjligt mellan primär- och sekundärsystemens framledningar. Värmväxlarytorna har parallellkopplats på primärsidan och effektregleringen sker genom att primärflödet stryps. Ingen shuntkoppling förekommer på sekundärsidan. Vid höga spillvärmemetemperaturer används samma kopplingar som vid dagens fjärrvärmesystem.

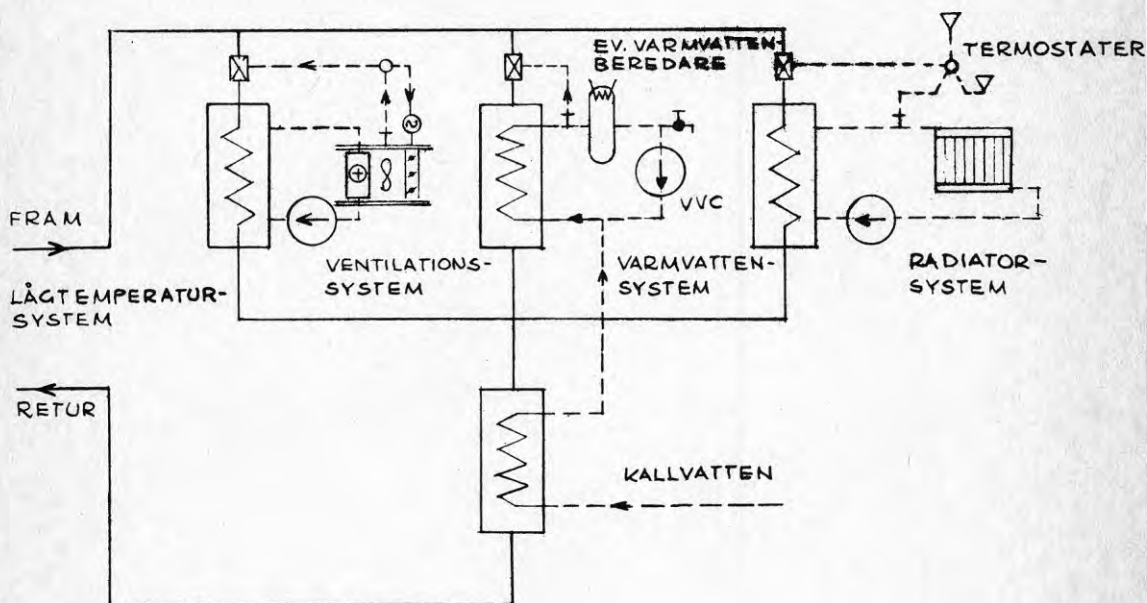


FIG. 10 UNDERCENTRAL I FASTIGHET

Varmvattensystemet kan förses med en ackumulator i stället för en extra varmvattenberedare om tillräcklig temperatur erhålles från värmeväxlaren. Ackumulatoren används för att utjämna värmebehovet vid stört-tappningar.

Värmeväxlarna i fastigheten måste utföras för en låg medeltemperaturdifferens, Δt_m , för att spillvärme-systemets temperatur skall kunna hållas låg. Detta innebär att produkten $K \cdot A$ måste vara så hög som möjligt. K -värdet är beroende av vattenhastigheten och kan ökas något i förhållande till konventionella värmeväxlare genom att max.hastigheten, p.g.a. den relativt kortvariga tiden med max.last, tillåts vara högre än som är lämpligt med avseende på erosion. En stor sänkning av Δt_m åstadkommes emellertid genom att ytorna ökas. I energisparsammanhang konstrueras värmeväxlare för $\Delta t_m = 5-8 \text{ } ^\circ\text{C}$ t.o.m. $\Delta t_m = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ är möjlig att åstadkomma.

För att erhålla en uppskattning av värmeväxlarens storlek har i figur 11 en värmeväxlare för lågtemperaturändamål jämförts med en för ett normalt fjärrvärmesystem. Värmeväxlarna lämnar samma effekt. Fjärrvärmeväxlarna är konstruerade för en temperaturdifferens mellan sekundär- och primärsidans framledningar på $40 \text{ } ^\circ\text{C}$ och $\Delta t_m = 21,6 \text{ } ^\circ\text{C}$. I figuren visas t.ex. att en spillvärmeväxlare avsedd för radiatorvatten 65/58, dvs en skillnad på $7 \text{ } ^\circ\text{C}$ mellan sekundärsidans fram- och returledningarna och med primärsidans framledningstemperatur 70°C , dvs en skillnad på $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ mellan framledningstemperatur för primär- och sekundärsida, måste utföras med 5,5 ggr större yta om K -värdet är lika i bägge fallen. Δt_m för denna värmeväxlare är $3,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

I detta fall måste eventuellt temperaturen på lågtemperatursystemets framledning ökas för att erhålla rimlig storlek på värmeväxlaren. Om primärledningens framtemperatur sätts till $75 \text{ } ^\circ\text{C}$ innebär det att ytan i stället blir ca 3,6 ggr större och $\Delta t_m = 6^\circ\text{C}$.

Om varmvattenberedare installeras i tappvarmvattensystemet och dessa dimensioneras för uppladdning av hela beredarvolymen under ca 12 timmar kan returtemperaturen på lågtemperatursystemet sänkas något genom att den låga kallvatten-temperaturen utnyttjas. Värmeväxlarytor och rördimensioner kan minskas något.

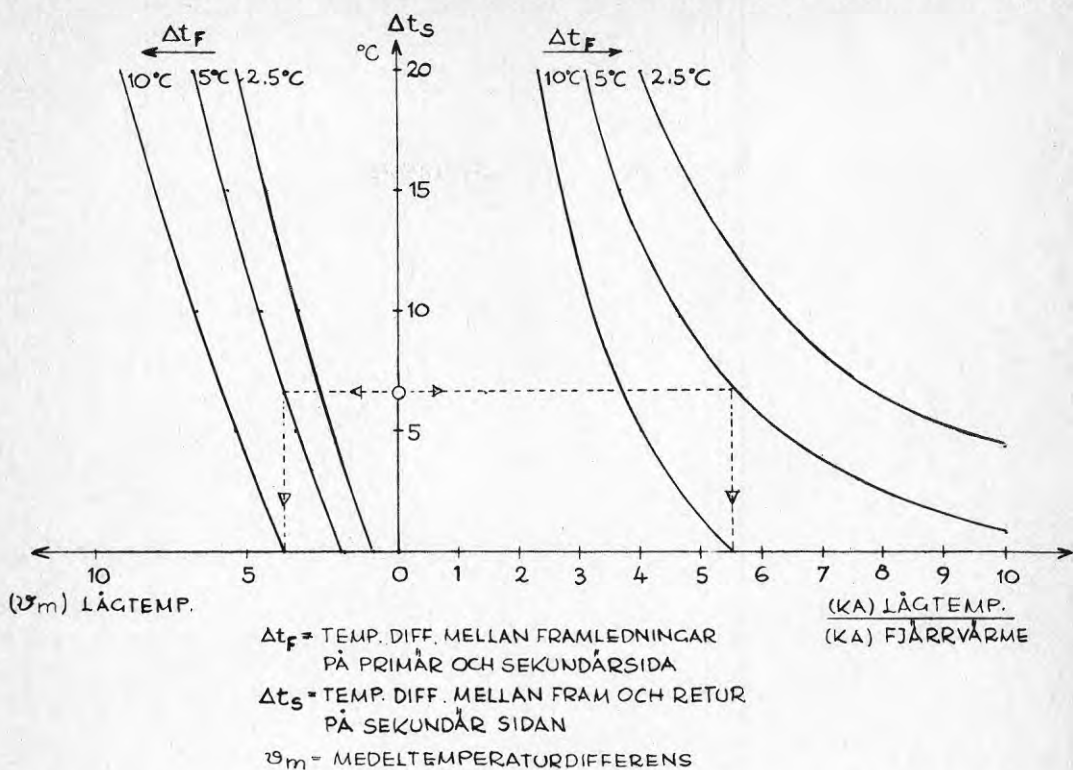


FIG. 11 JÄMFÖRELSE MELLAN YTORNA FÖR EN LÅGTEMP. - OCH EN FJÄRRVÄRME-VÄRMEVÄXLARE VID SÄNKNING AV FRAMLEDNINGSTEMPERATUREN.

4. LÅGTEMPERATURSYSTEM

4.1 Befintliga värmesystem

Lågtempererad värme kan överföras till fastigheternas värmesystem via befintliga fjärrvärmesystem genom att värmen från en lågtemperaturkälla tillförs returledningen. Returtemperaturen varierar över året och uppgår normalt under vintern till ca 70 °C och under vår, höst och sommar till ca 50 °C. En höjning av returtemperaturen minskar värmetillskottet i den befintliga värmecentralen. Om framledningstemperaturen samtidigt sänks innebär detta att rörledningssystemet måste dimensioneras för ett större vattenflöde. Befintliga rör och pumpar kanske måste kompletteras.

4.2 Nybyggda värmesystem

Ett bostadsområde som ligger i närheten av en lämplig källa för produktion av lågtempererat vatten och som inte är ansluten till ett befintligt fjärrvärmenät kan vara lämpligt för uppbyggnad av ett lågtemperatursystem. Fastigheter byggda under senare år kan, beroende på lågtemperatursystemets temperatur, behöva tillskottvärmas från en separat värmekälla vid högbelastning, t.ex. från den nuvarande panncentralen.

Om ett litet antal fastigheter ansluts till lågtemperaturkällan kan nuvarande pannor (om dessa är utslitna installeras nya) användas för spetsbelastning och som reserv vid bortfall av värmeproduktionen. Ansluts däremot ett stort antal fastigheter bör de befintliga pannorna ersättas med en ny gemensam hetvattencentral för att underlätta skötsel och drift samt för att erhålla bästa driftsekonomi. Reservcentralen kopplas i serie med lågtemperaturvärmekällan om denna erfordras för spetslast och parallellt om reservcentralen endast användes vid bortfall av värmeproduktionen.

I figur 12 visas ett system avsett för ett litet bostadsområde och i figur 13 visas ett system för ett stort bostadsområde. Den i figurerna inritade undercentralen utföres i princip enligt figur 10.

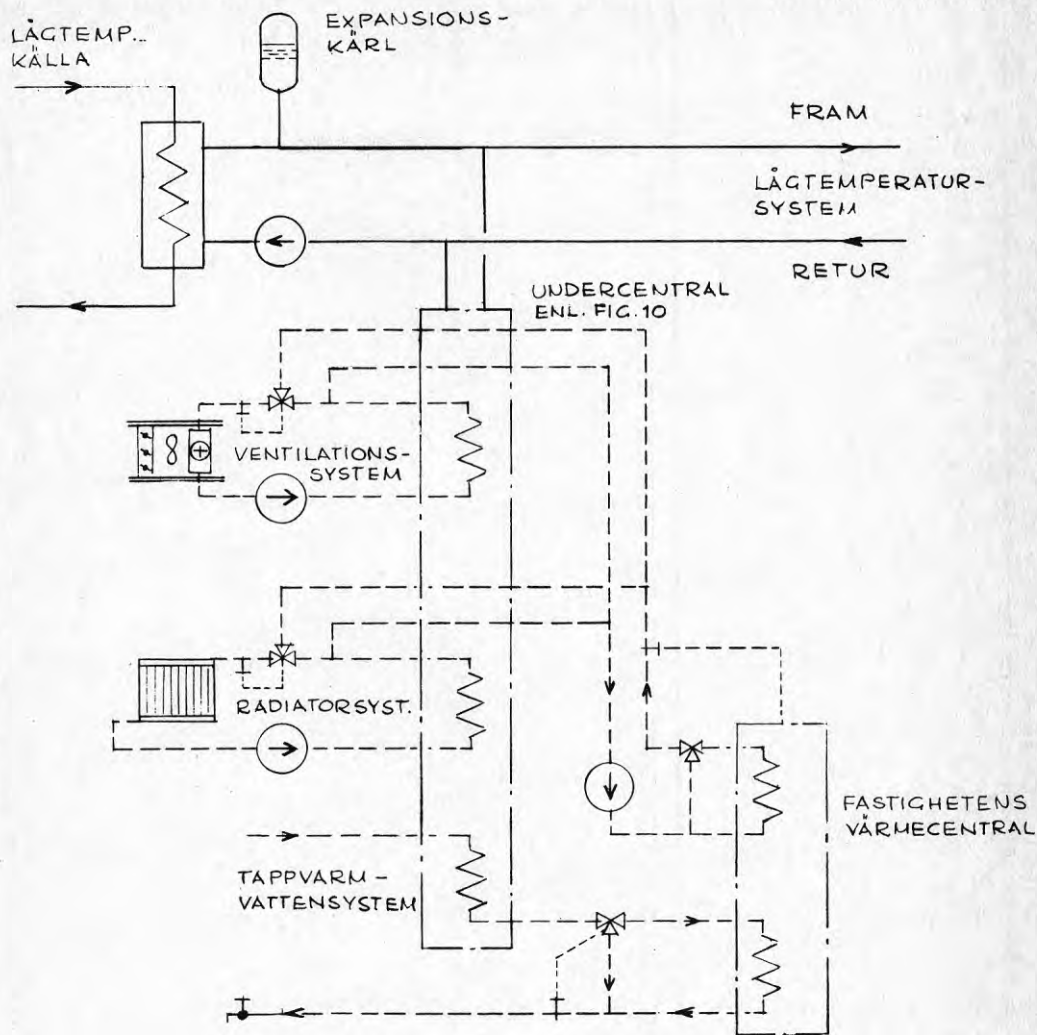


FIG. 12 LÅGTEMPERATURSYSTEM FÖR LITET BOSTADSOMRÅDE

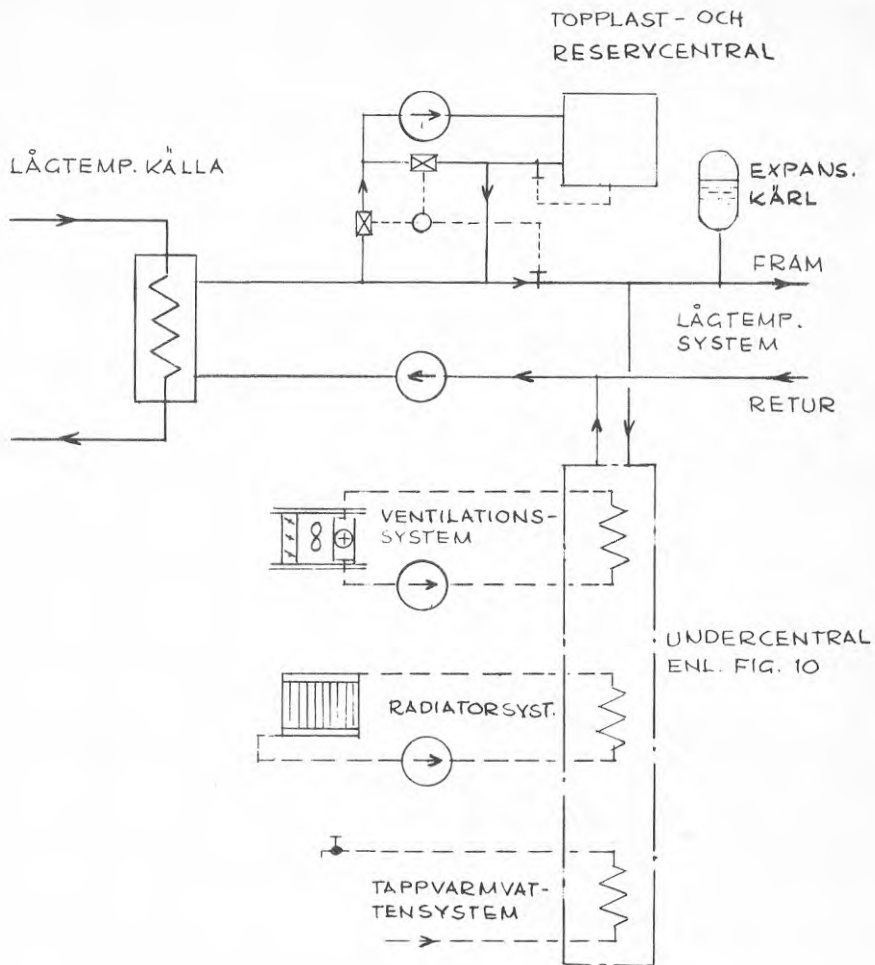


FIG. 13 LÅGTEMPERATURSYSTEM FÖR
STORT BOSTADSOMRÅDE .

I ett system enligt figur 12 och 13 kan lågtemperaturkällan inte avge någon effekt om returtemperaturen överstiger värmekällans framledningstemperatur. För att även under perioder med hög återledningstemperatur kunna utnyttja lågtemperaturkällan kan ett system enligt figur 14 byggas för förvärmning av tappvarmvattnet. Slutlig uppvärmning av vattnet sker i fastighetens undercentral.

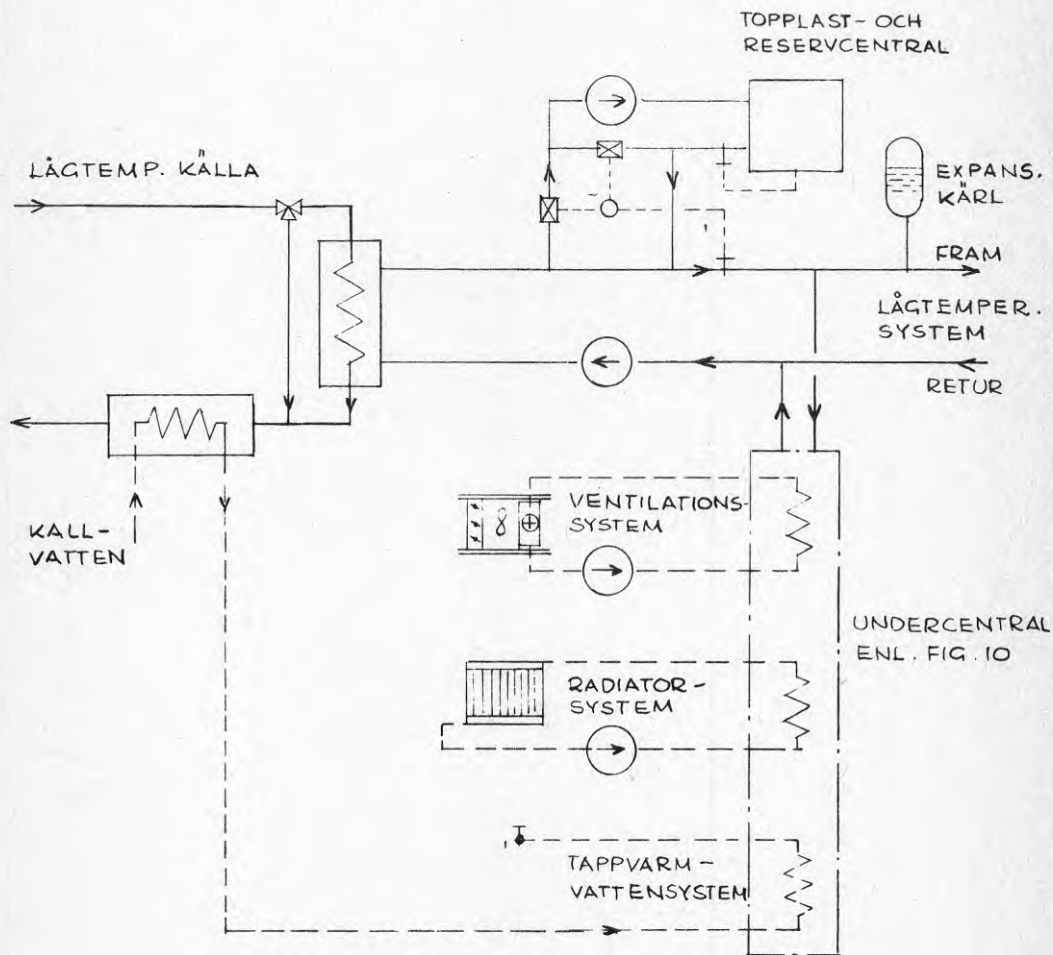


FIG. 14 LÅGTEMPERATURSYSTEM MED FÖRÄRMNING AV TAPPVARMVATTEN FÖR STORT BOSTADSOMRÅDE.

De ovanstående systemtyperna kan kombineras vid olika bostadsområden. Om nya bostadsområden kopplas tillsammans med äldre områden till samma lågtemperatursystem kan de nya områdena t.ex. kopplas enligt figur 12 medan övriga kopplas enligt figur 13.

Rörledningarna i lågtemperatursystemen kan utföras i plast om systemtemperaturen inte höjs över ca 80 °C vid spetslast.

Den erforderliga topplastcentralens storlek beror av lågtemperatursystemets framledningstemperatur. Om temperaturdifferensen mellan framledningarna på undercentralens sekundär- och primärsida är 5 °C, innebär detta att tillskottsvärme erfordras så snart temperaturen understiger 70 °C för värmesystem som vid LUT erfordrar 65 °C på sekundärsidan. Om temperaturen är lägre än 70 °C stiger effektbehovet snabbt för att vid 55 - 60 °C uppgå till 100% av det totala effektbehovet. Förhållandet mellan lågtemperatursystemets temperatur och topplastcentralens storlek visas i figur 15 för olika dimensionerande temperaturer på sekundärsystemet.

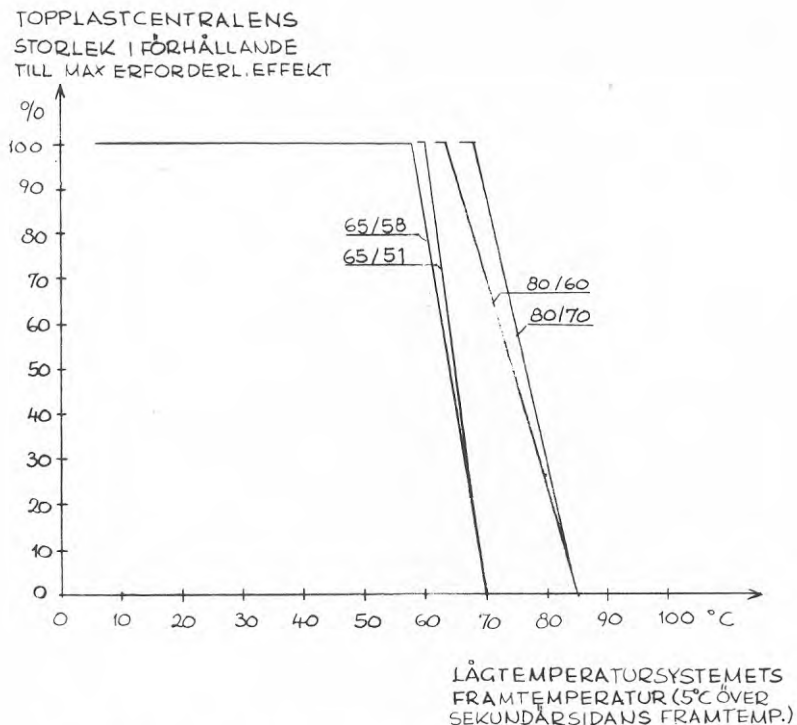


FIG. 15 ERFORDERLIG STORLEK PÅ TOPPLASTCENTRALEN VID VARIERANDE FRAMLEDNINGSTEMPERATUR

Om elradiatorer installeras i samma lokaler som varmvattenradiatorerna kommer elradiatorernas sammanlagda effekt att understiga effektbehovet enligt figur 15. Tillskottseffekten uppgår i detta fall till 100% av erforderlig effekt först när lågtemperatursystemets temperatur är ca 20 °C.

För att säkerställa driften vid bortfall av den största produktionsenheten måste en reserveffekt av denna storlek finnas installerad. Om lågtemperatursystemets temperatur är så låg att en topplastcentral på 100% erfordras utgör troligen någon av enheterna i denna central den största produktionsenheten för vilken reserveffekt måste installeras. Om tillgängligheten för lågtemperaturkällan är hög och temperaturen relativt hög bör emellertid tillräcklig säkerhet erhållas om topplastcentralen även tjänstgör som reserv.

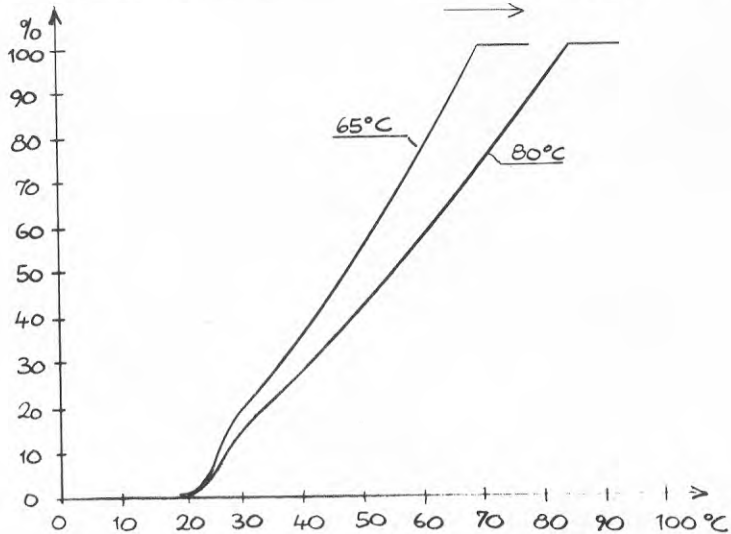
5 VÄRMEKÄLLOR MED LÅG TEMPERATUR

För produktion av värme till lågtemperatursystem kan t.ex. spillvärmekällor inom industrin användas. Värmet transporteras mellan värmeproducenten och värmekonsumenten i ett lågtemperatursystem via två stycken värmväxlare, en vid spillvärmekällan och en i fastigheten. Detta innebär att spillvärmekällans temperatur minst bör ligga ca 10 - 15 °C över den erforderliga temperaturen i fastigheternas värmesystem.

Ju större skillnaden mellan lågtemperatursystemets framledningstemperatur och maximalt erforderlig temperatur på radiatorsystemets framledning är ju mindre blir den maximala effekten som kan uttas ur spillvärmekällan. Sambandet mellan spillvärmekällans maximala effekt och lågtemperatursystemets framtemperatur visas i figur 16 som framräknats för en varaktighetskurva för bostadsuppvärmning enligt figur 20 med den sammanlagrade effektens utnyttjningstid på ca 3.000 timmar/år, vilket med sammanlagringsfaktorn 0,75 motsvarar ca. 2.300 timmar/år för varje fastighet.

LÅGTEMPERATURKÄLLANS
EFFEKT I FÖRHÅLLANDE TILL
MAX ERFORDERL. EFFEKT

FRAMLEDNINGSTEMP.
TILL RADIATORER

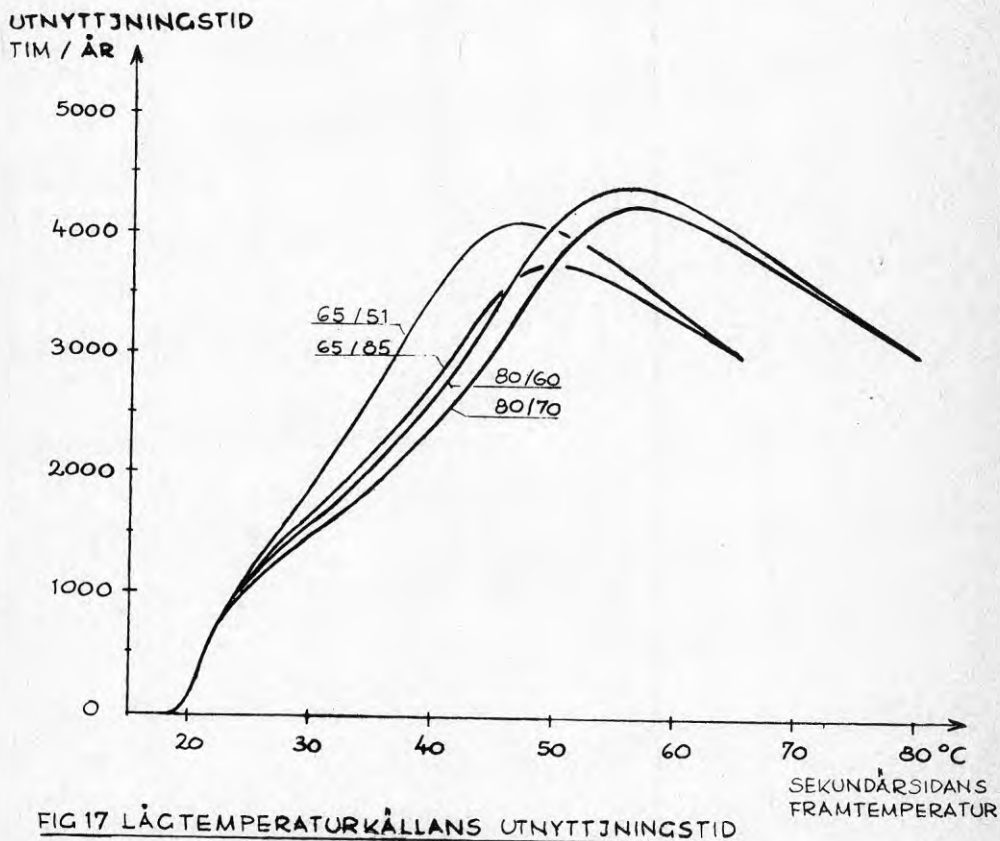


LÅGTEMPERATURSYSTEMS
FRAMTEMPERATUR. (5°C ÖVER
SEKUNDÄRSIDANS FRAMTEMP.)

FIG. 16 LÅGTEMPERATURKÄLLANS MAXIMALA EFFEKT I FÖRHÅLLANDE MAX ERFORDERLIG EFFEKT VID VARIERANDE FRAMLEDNINGSTEMP.

Eftersom spillvärmekällans maximala effekt är mindre än den erforderliga maximala effekten för fastigheternas värmesystem avviker spillvärmekällans utnyttjningstid från utnyttjningstiden vid ett konventionellt värmesystem. Om lågtemperatursystemets temperatur överstiger den vid LUT erforderliga framtemperaturen på fastighetens värmesystem är utnyttjningstiden lika för lågtemperatursystemet som för ett konventionellt system. Om temperaturen på lågtemperatursystemet sätts lägre kommer utnyttjningstiden på den installerade effekten att öka enligt figur 17 till ett maximum för att därefter minska och till slut understiga den ursprungliga utnyttjningstiden. Figur 21 är konstruerad från en varaktighetskurva enligt figur 20 och ett lågtemperatursystem som tillskottsvärms genom att vattentemperaturen höjs. Sker tillskottsvärmningen i bostäderna med ett oberoende värmesystem t.ex. med värme från elradiatorer stiger utnyttjningstiden oavbrutet ju lägre spillvärmekällans temperatur är för att vid ca 20 °C uppnå maximum vid ca 7000 tim/år.

Värmeväxlaren mellan spillvärmekällan och lågtemperatursystemet måste, liksom värmeväxlaren i fastigheternas undercentral enligt avsnitt 3, utformas för så låg medeltemperaturdifferens som möjligt för att er-hålla maximal värmeutvinning.



5.1 Spillvärmekällor inom industrin

Enligt en inventering som gjorts av Statens Industri-
verk (ref 10) finns i dag ett stort antal industrier
i Sverige som är lämpliga för leverans av värme med
en temperaturnivå på minst 80 °C.

Värmet utgörs av spillvärme från diverse för produktionen nödvändiga kylningsprocesser. Effektvariationerna kan vara mycket betydande under ett dygn eller en vecka beroende på driftbetingelser, stopp under natten eller dylikt. Den tillgängliga energin under en vecka är däremot praktiskt taget oberoende av årstid. De effektvariationer som förekommer inom ett kortare tidsintervall kan utjämnas genom installation av värmeackumulatorer medan längre driftstopp orsakade av veckoslut, storhelger, haverier, produktionsminskningar m.m. måste kompenseras med en yttre värmekälla t.ex. en oljeeldad hetvattencentral.

De olika värmeproducerande enheterna kan kopplas till spillvärmesystemet på ett stort antal sätt beroende på industrityp och på bostadsområdets energibehov. Det enklast tänkbara kopplingssättet visas i figur 18 där ett öppet system utan ackumulator lämpligt för en

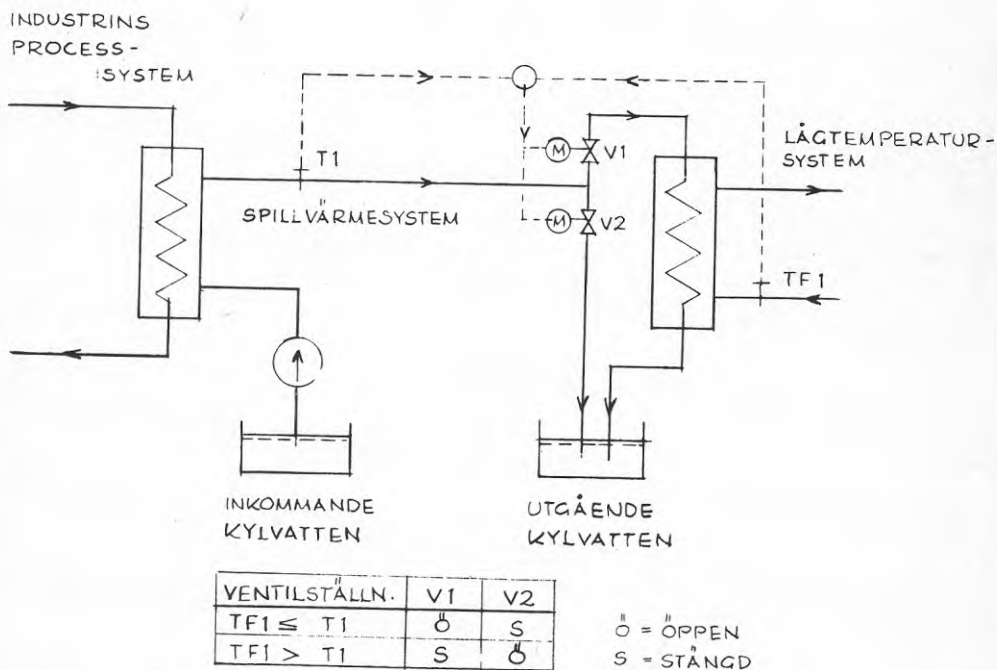
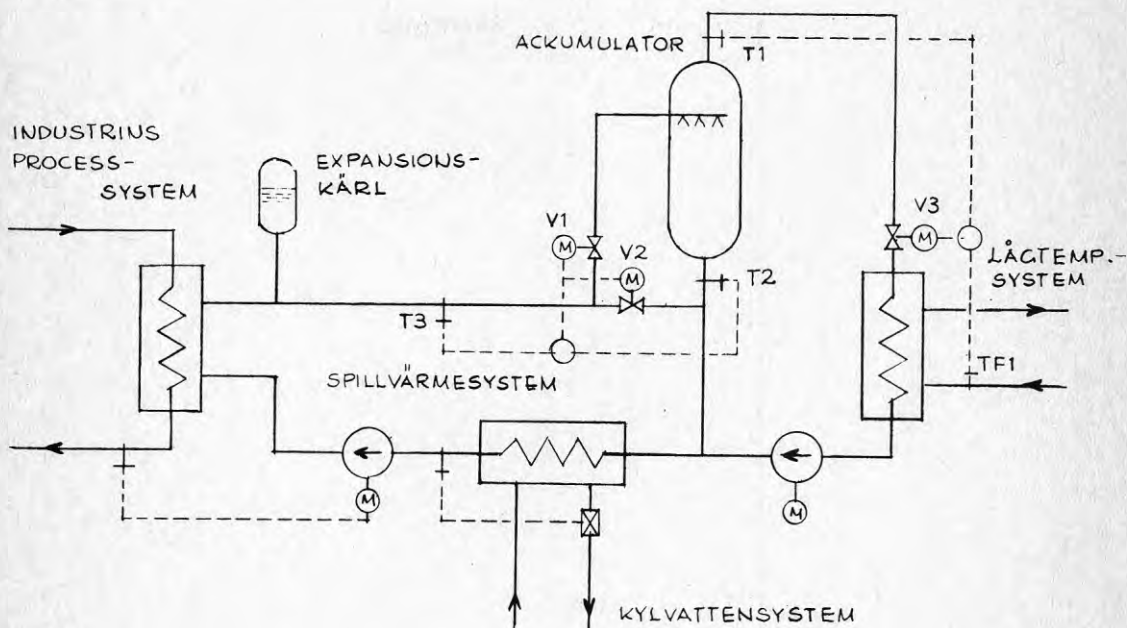


FIG. 18 ÖPPET KYLSYSTEM UTAN ACKUMULATOR

industri med jämn spillvärmeproduktion beskrivs. Ett mer avancerat kopplingsätt visas i figur 19 där ett slutet system med ackumulator beskrivs. I dessa system



VENTILSTÄLLNING		V1	V2	V3
UPPLADDNING	$T2 \leq T3$	○	S	—
URLADDNING	$T2 > T3$	S	○	—
EJ VÄRMELEVERANS	$TF1 > T1$	—	—	S
VÄRMELEVERANS	$TF1 \leq T1$	—	—	○

○ = ÖPPEN
S = STÄNGD

FIG. 19 SLUTET SPILLVÄRMESYSTEM MED ACKUMULATOR

erhålles ett värmeutbyte så snart $TF1 < T1$. Om $TF1$ endast är obetydligt lägre än $T1$ är värmeutbytet lågt och tillskottsvärmning måste tillgripas. I systemet enligt figur 19 laddas ackumulatorn när $T2 \leq T3$ och urladdas när $T2 > T3$. Inom en industri kan ett flertal olika kopplingsätt förekomma där ett antal olika värmekällor sammankopplas för fjärrvärmel leverans.

I befintlig industri är kylvattenmängderna ofta mycket stora och temperaturnivån på utgående kylvatten låg. För att åstadkomma erforderlig temperaturstegring måste vissa ombyggnader företas. Kostnadstäckningen för dessa investeringar är troligen inte tillräckligt

stor för att industrin själv skall motiveras att utföra ombyggnaden. Hjälp med investeringarna måste därför erhållas från kommunen eller staten.

5.2 Övriga värmekällor

Andra värmekällor där värmeutbytet blir högre ju lägre temperaturnivå som kan utnyttjas är utnyttjning av solenergi, geotermisk energi, värmepumpar, vindenergi m.m. i de tillämpningar där energin används för uppvärmningsändamål.

Kraftvärmeverk, kärnkraft eller fossileldade verk, kan i vissa fall användas som värmekälla i dessa sammanhang.

6. MAXIMAL ÅRLIG ENERGIBESPARING

För att kunna beräkna den del av det årliga energi-
behovet för fastigheter som maximalt kan tillgodoses
med värme från en spillvärmekälla har ett spillvärme-
system enligt figur 14 studerats. Den tillvaratagna
energin blir något mindre för system enligt figur 12
och 13. Skillnaden mellan systemtyperna är störst vid
låga spillvärmemetemperaturer.

Beräkningarna har utförts för en ort där effektbehovet
varierar med utomhustemperaturen enligt figur 20. Den
sammanlagrade effektens utnyttjningstid uppgår till
3.000 timmar/år. Varaktighetskurvan har uppdelats i
två delar, del 1 som beror av utomhustemperaturen och
del 2 som är oberoende av utomhustemperaturen och
del 2, ca 25% av energin, utgörs av energi för uppvärmning
av tappvarmvatten, ledningsförluster o.dyl. Effekten
för del 2 pendlar i verkligheten, med relativt stor
amplitud kring den angivna linjen.

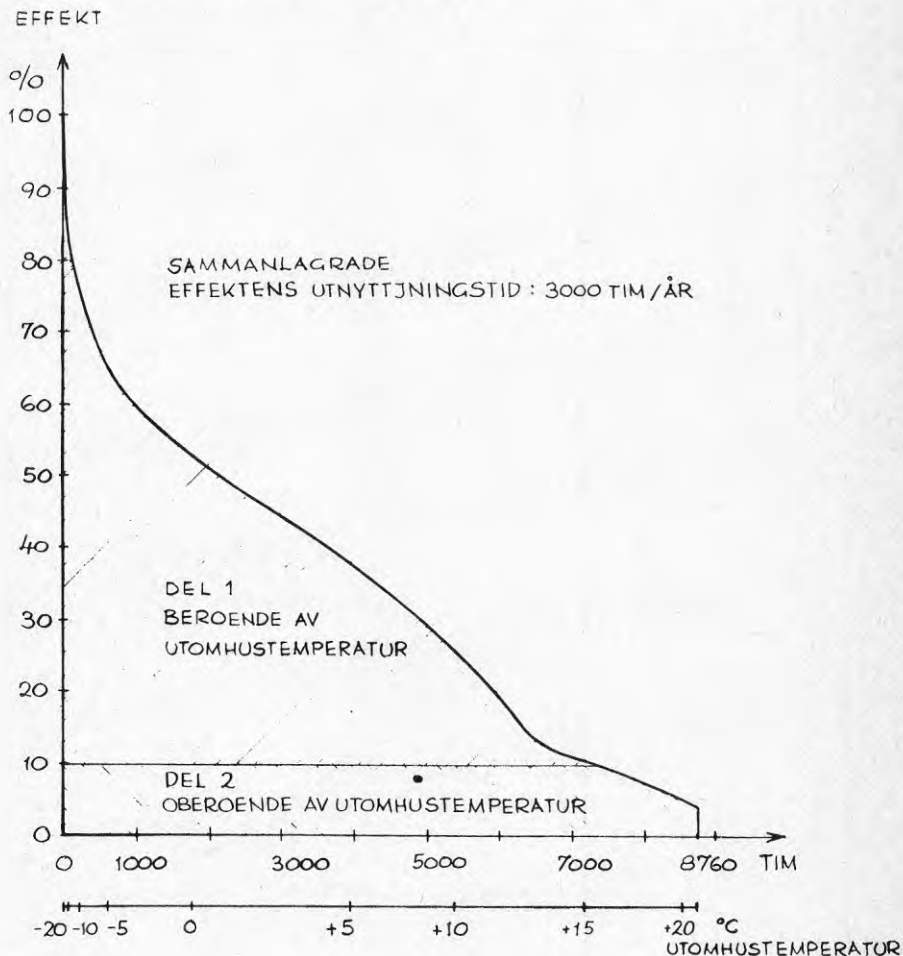


FIG. 20 VARAKTIGHETSKURVA

Den andel av varmvattenenergin som kan ersättas med spillvärme har beräknats separat och adderats till värmeenergin för lokal-uppvärmning. Tappvarmvattentemperaturen har antagits till 55°C .

Den del av energin som kan utvinnas ur en spillvärme-källa för att täcka den enligt del 1 erforderliga energin för uppvärmningsändamål har erhållits med den grafiska metod som visas i figur 21. Radiator-temperaturen har med hjälp av hjälpdigrammet till höger i figuren översatts till den ur radiatoren utvunna effekten vilken motsvarar effektaxeln i varaktighetsdiagrammet. Hjälpdigrammet i figur 21 är konstruerat för en fastighet där fram- och återledningstemperaturerna i radiatorkretsen vid LUT är 80°C resp. 60°C .

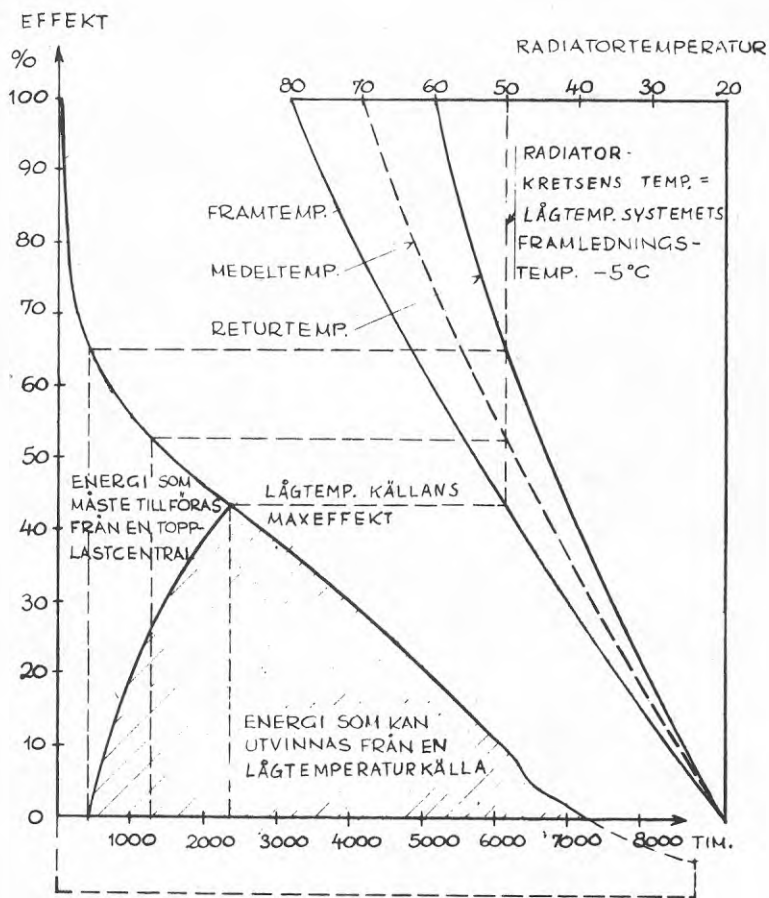


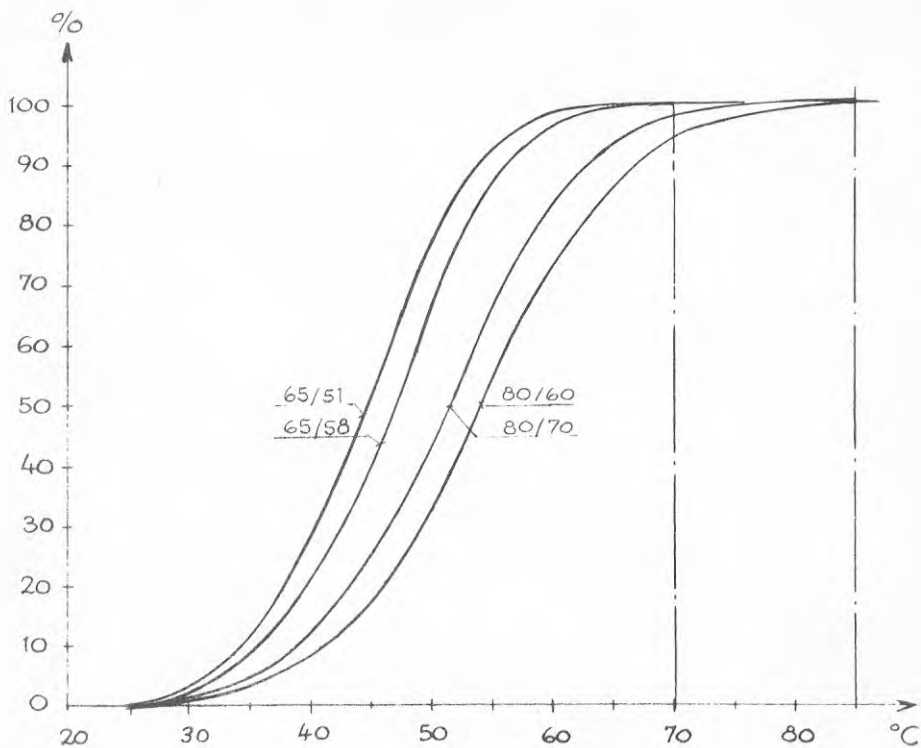
FIG. 21 GRAFISK METOD FÖR BERÄKNING AV ENERGIUTVINNING FRÅN EN LÅGTEMPERATURKÄLLA

I det inritade exemplet visas: Ett spillvärme-system som levererar värme med framlednings-temperatur 55°C (Radiatorsystemets framlednings-temperatur = 50°C) till radiatorer som vid LUT kräver framtemperaturen 80°C och kyler radiatorvattnet till 60°C . Av figur 25 framgår:

- Den energimängd för bostadsuppvärmning som kan utvinnas ur spillvärmekällan representeras av den streckade ytan i diagrammet.
- Den effekt som spillvärmekällan maximalt kan avge för bostadsuppvärmningsändamål utgör ca 42% av det erforderliga effektbehovet för bostadsuppvärmning.
- Den effekt som tillförs av en spetslastcentral vid låg utetemperatur för bostadsuppvärmning måste utgöras av hela det erforderliga effektbehovet och krävs under ca 400 timmar per år.
- En viss energimängd måste tillföras systemet under ca 2.300 timmar per år från en separat värmekälla.
- Den energimängd som måste tillföras från en separat värmekälla för bostadsuppvärmning representeras av den vänstra ytan i diagrammet.

Den energimängd som kan erhållas från en spillvärmekälla med olika vattentemperaturer på spillvärmesystemets framledning och radiatorkretsens fram- och återledningar redovisas i figur 22 och 23. Temperaturskillnaden mellan framledningarna på värmeväxlarens primär- och sekundärsida har i samtliga fall antagits till 5°C . Figur 22 visar den del av den temperaturberoende energidelen som kan utnyttjas och figur 23 hur stor del av den totala energin som kan utnyttjas.

Vid konstruktionen av figur 22 och 23 har det, för radiatortemperaturen 80/60, i figur 21 redovisade hjälpdigrammet även ersatts av motsvarande diagram för radiatortemperaturerna 80/70, 65/51 och 65/58.



LÅGTEMPERATURKÄLLANS
FRÅMLEDNINGSTEMPERATUR.
(5°C ÖVER SEKUNDÄRSIDANS
FRÅMTEMP.)

FIG. 22 ENERGIUTVINNING UR LÅGTEMPERATURKÄLLAN FÖR LOKALUPP-
VÄRMNING I PROCENT AV ERF. ENERGIFÖRBRUKNING FÖR LOKAL-
UPPVÄRMNING.

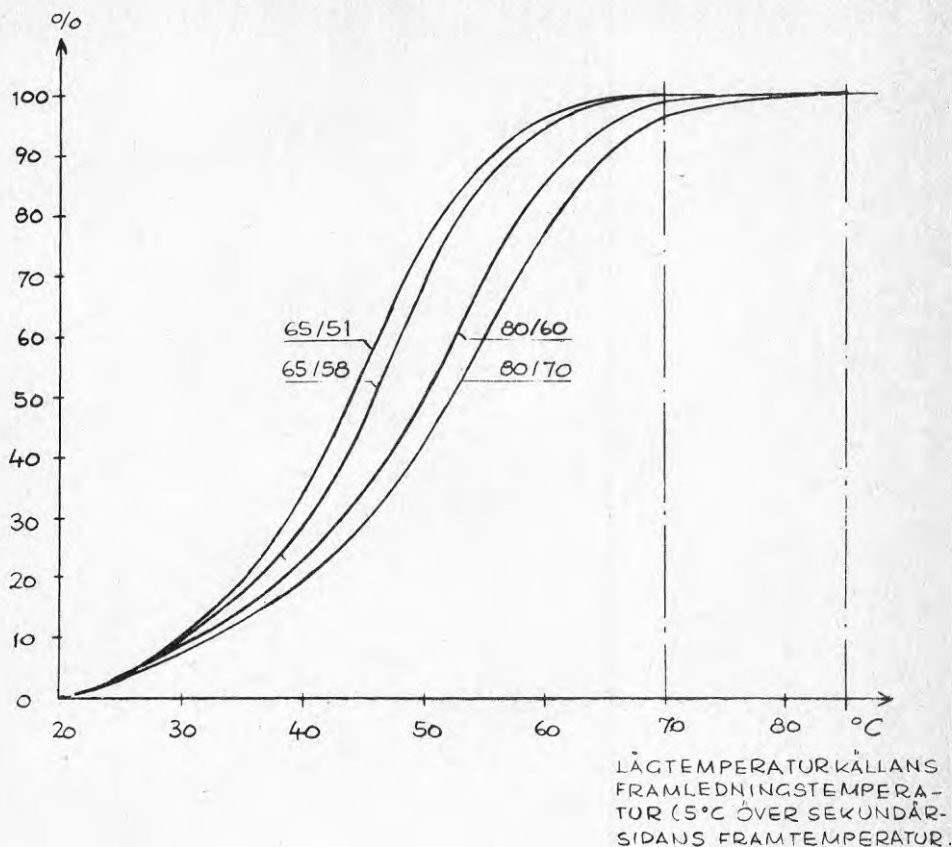


FIG. 23 ENERGIUTVINNING UR LÅGTEMPERATURKÄLLAN I PRO-
CENT AV DEN TOTALA ENERGI FÖRBRUKNINGEN.

Den ovanstående beräkningsmetoden förutsätter att spetslastcentralen uppvärmer lågtemperatursystemets framledningsvatten vilket innebär att returtemperaturen stiger. Om spetsvärmen däremot produceras av elradiatorer ökas den av spillvärmekällan utvunna energin. I exemplet enligt figur 21 minskar den "energi som måste tillföras av en topplastcentral" med ungefär hälften och den utvunna energin ökas med detta belopp. Vid låga spillvärmepemperaturer ökas den tillvaratagna energin betydligt och kurvorna enligt figur 22 och 23 får ett gynnsammare utseende.

7. LITTERATURFÖRETECKNING

1. Adamsson Bo, Hämmler J, Mandorff S. Energibesparing. Rapport R23:1975 (Statens råd för byggnadsforskning)
2. Björk S O. Riktig Värmebehovsberäkning. (Statens Byggnadsbesparingsutredning)
3. Fagerström W. Beräkning av byggnaders värmebehov (Svenska Värme- och Sanitetstekniska Föreningen) 1922
4. Gille H, Heimbürger G. Byggnaders värmebehov (Svenska Värme, ventilation och Sanitet. Del 1, 3:e uppl.) 1946.
5. Lindström B, Ström U. Kontroll av tillämpade värmebehovsberäkningar. Rapport R37:1970 (Statens råd för byggnadsforskning)
6. Svensk Byggnorm 1967 och 1975 (Statens Planverk)
7. VVS-tidskrift 5:57, 8:75, 3:76, 4:76 (VVS-tekniska föreningen)
8. VVS-Handboken, 1963
9. VVS-Handboken. Tabeller och diagram, 1974.
10. Statens Industriverk, Energisamarbete Kommun/Industri 1975
11. Svenska Teknologföreningen, Spillvärme till nytta - industri och samhälle i samverkan. Konferens 1976

8. SAMMANFATTNING

I denna utredning som utförts på uppdrag åt Statens Råd för Byggnadsforskning har de verkliga förekommande radiatortemperaturerna i befintliga fastigheter undersökts för att fastställa den lägsta vattentemperatur som kan användas i lågtemperatursystem avsedda för uppvärmning av bostäder och bostadsområden.

Värmesystemens framledningstemperatur bör, utan omfattande åtgärder, kunna sänkas till ca 65 °C i befintliga, äldre fastigheter vid den dimensionerande utomhustemperaturen. Detta kan genomföras p.g.a. en förekommande överdimensionering av radiatorkretsarna. Den låga framledningstemperaturen innebär emellertid att temperaturdifferensen över värmesystemet blir låg och stora rörledningsdimensioner i lågtemperatursystemet samt stora värmeväxlytor i fastigheternas undercentraler erfordras. Den för varje tillämpning mest ekonomiska temperaturen måste därför väljas och åtgärder för att öka temperaturdifferensen på primärsidan måste eventuellt vidtagas. Primärsidans temperaturdifferens ökar om temperaturdifferensen på sekundärsidan ökas eller om temperaturdifferensen mellan primär- och sekundärsidans framledningar ökas.

De maximalt uttagbara energimängderna per år vid olika dimensionerande temperaturer på fastigheternas radiatorsystem och olika temperaturer på lågtemperatursystemet redovisas.

I utredningen diskuteras dessutom orsaken till radiatorsystemens överdimensionering, lämpliga systemkopplingar för spillvärmekällor, undercentraler och spillvärmesystem.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750323-8 från
Statens råd för byggnadsforskning till Theorell & Martin Energi-
konsulter AB, Solna**

R29:1978

**ISBN 91-540-2843-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600729
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 20 kr exkl moms