

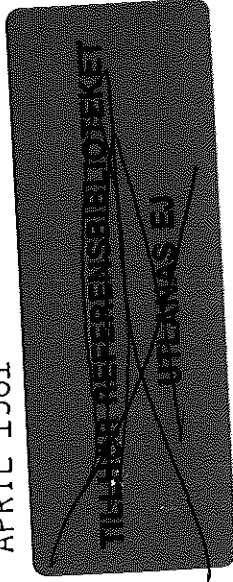
CODEN: LUTFD2/(TFRT-5247)/1-080/(1981)

SIMULERING AV FJÄRRVÄRMENÄT

JAN-ÅKE MÅNSSON
STEN-ÅKE BERGMAN

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
APRIL 1981

ORIGINAL

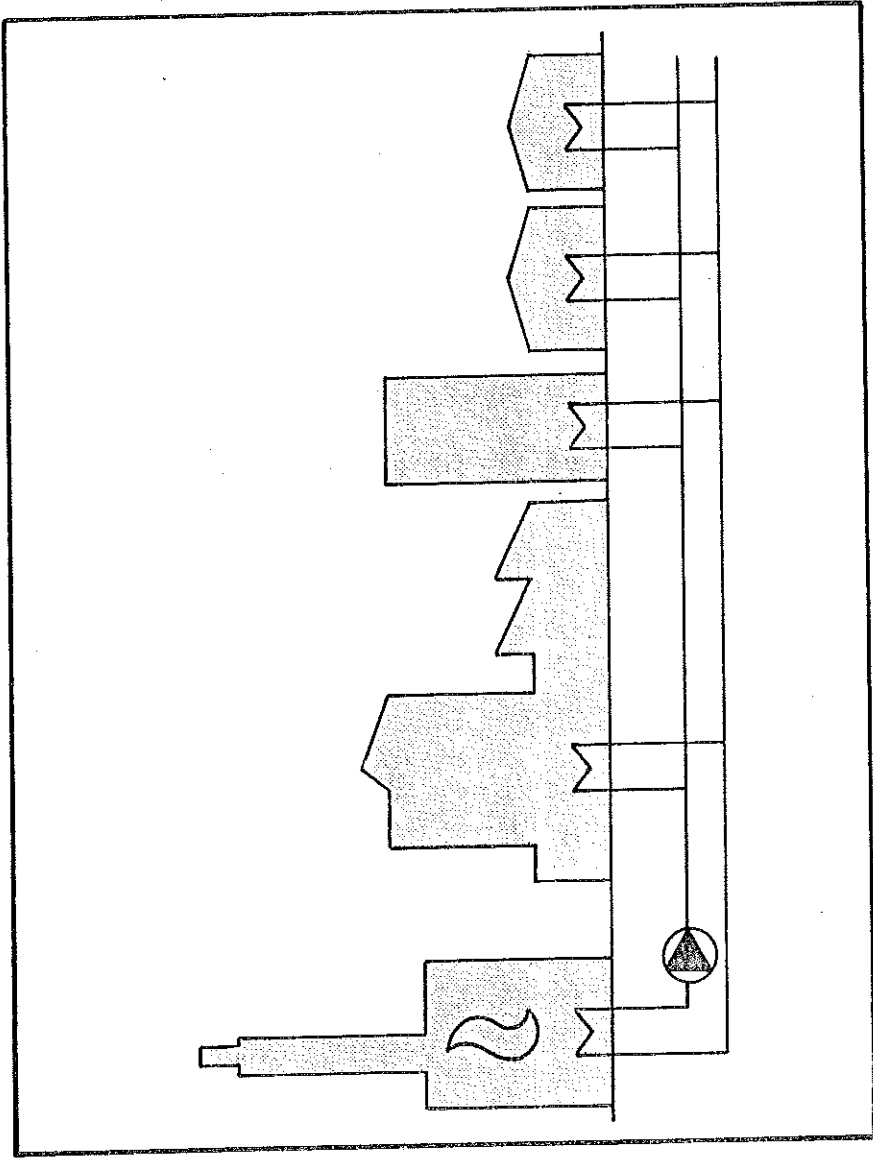


LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden	Document name Master thesis
	Date of issue April 1981
	Document number CODEN: LUTFD2/(TFRT-5247)/1-080/(1981)
Author(s) Jan-Åke Månsson Sten-Åke Bergman	Supervisor Björn Wittenmark
	Sponsoring organization
Title and subtitle Simulering av fjärrvärmenät (Simulation of a district heating system)	
Abstract In this work we build up a simple mathematical model of a district heating system. The model consists of three parts: Distributing pipe, pump, and user area. To test the validity of the models we have done an adaption to a real district heating net (Gävle). After the adaption an investigation is made to look how the costs depend on the forward temperature with constant load (constant out-temperature).	
Key words	
Classification system and/or index terms (if any)	
Supplementary bibliographical information	
ISSN and key title	
Language Swedish	Number of pages 80
Recipient's notes	
Security classification	
ISBN	

DOKUMENTIDATABLAD RI 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 lubbis lund.

SIMULERING AV ETT FJÄRRVÄRMENÄT



Malmö 1981 04-02

Jan-Åke Månsson
J-Å Månsson

Sten-Åke Bergman
S-Å Bergman



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 0. Inledning
- 1. Fjärrvärmeprocessen
- 2. Modelluppbyggnad
- 3. Fördelningsrör
- 4. Pump
- 5. Abonnentområde
- 6. Värmeväxlare/abbonent
- 7. Anpassning av modell
- 8. Optimering

Referenser

Bilaga

Värden ifrån driftsprotokoll



0. Inledning

I detta examensarbete har vi tagit fram en matematisk modell av ett fjärrvärmenät. Modellen beskriver ej värmeproduktionen. Målet med modelluppbyggnaden är att beskriva fjärrvärmenätets dynamiska beteende så att olika styr- och reglerstrategier kan testas genom simulering. Modellen är uppbyggd av ett antal moduler som svarar mot fjärrvärmesystemets fysiska enheter som t ex pump, rör och abonnent. För att undersöka modellens riktighet och anpassa den till ett verkligt fjärrvärmenät, har underlag och mätdata hämtats från Gävle fjärrvärmenät. Trots att modellen bygger på förenklade beskrivningar av fysikaliska samband har den med god överensstämmelse anpassats till ovan nämnda fjärrvärmenät. Hur generell modellen är har inte kontrollerats i detta arbete.

Den anpassade modellen har här använts för att finna en styrstrategi som optimerar driften av ett fjärrvärmenät, så att kostnaderna för distributionen av värmeenergin minimeras. Vi har dock endast tagit fram en driftstrategi som gäller bäst vid konstanta effektuttag. Observera att alla resultat där Gävle fjärrvärmenät är inblandat naturligtvis gäller endast dito. Simuleringarna av modellen har skett på datorn vid Reglerteknik, LTH. Simuleringspråket är SIMNON (5).

Handledare: Björn Wittenmark, LTH

Uppdragsgivare: AF-Energi konsult i Malmö

Rapporten är uppbyggd enligt följande:

Självaste teorin för modellen av ett fjärrvärmenät med dess olika beståndsdelar bygges upp i kapitel 1-6. I kapitel 7 görs en anpassning av modellen till verkligheten (Gävle fjärrvärmenät). Hur pass bra vi lyckats visas i några plottar för olika belastningsfall. Slutligen i kap 8 sker en "statisk optimering" med hjälp av den anpassade modellen i kap 7. Några plottar visar här hur känslig "körstrategin" är vid olika konstanta belastningar och olika energipriser.

1. Fjärrvärmeprocessen

Figur 1.1 visar ett enkelt fjärrvärmennät med sina huvudbeståndsdelar nämligen:

- Värmeverk/kraftvärmeverk
- Rör
- Abonnenter
- Pumpar

Värmeverket/kraftvärmeverket är den enhet som står för uppvärmningen av vattnet. Effekten den ger ut beror bl a på uttemperaturen.

Rörr nätet kan delas upp i två nät, ett framledningsnät för överföring av vatten från kraftvärmeverket till abonnenten och ett returnnät för överföring av vatten från abonnenter till kraftvärmeverk. Nätet "läcker" ut en viss effekt (kulvertförluster) som bl a beror på isoleringen kring rören, vattentemperaturen och flödet.

Abonnenten är den enhet som värmeenergin är avsedd för. Den har ett visst effektbehov bl a beroende på uttemperaturen. Abonnenten begär alltså ett visst flöde beroende på vilken framledningstemperatur som gives.

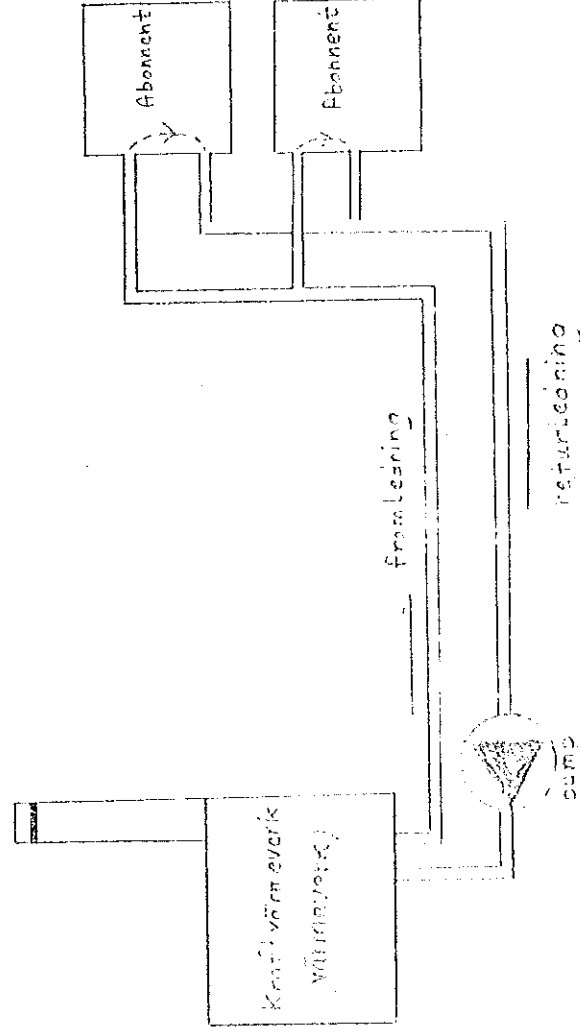


Fig 1.1

Pumpen skall se till att abonnenterna får tillräckligt differenstryck. Effekten pumpen förbrukar beror på vilket flöde abonnenten begär och därigenom vilken uppfordringshöjd (differenstryck) som behövs.

2. Modelluppbyggnad

I detta kapitel skall vi försöka få fram ett lämpligt val av modellenheter.

Ett första naturligt förslag till modellbeskrivning är att använda "huvudbeständsdelarna" rör, abonnent och pump som modellenheter. Men det kommer att kräva en alltför stor mängd rör och abonnentmodeller. Antal pumpar i ett fjärrvärmenät är oftast begränsat till ett fåtal vilket medför att det är en lämplig modellenhet.

Vi skall nu försöka att slå samman flera rör och abonnenter till större enheter. Rörsystemet består av en framledningsdel och en returledningsdel, vilka är identiska. Vi börjar med att studera fig. 2.1 nedan som visar ett fjärrvärmenäts framledningssystem.

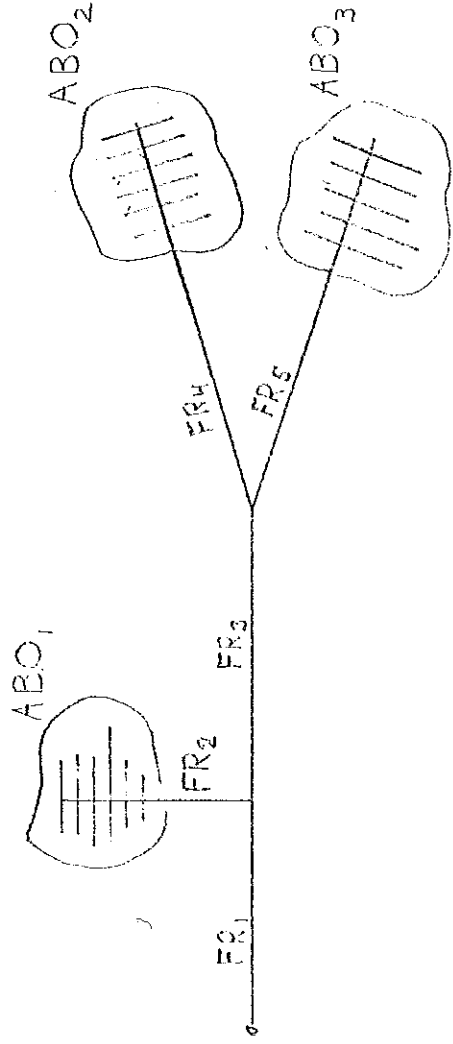


fig. 2.1.

Ett fjärrvärmenät innehåller en stor mängd småabbonenter, vilka kan delas in i huvudgrupper där huvudgrupperna definieras av värmeväxlarnas dimensionerings-temperaturer. Ett godtyckligt nät kan då delas in i områden med abonnenter tillhörande samma huvudgrupp. I fig. illustreras detta av områdena ABO₁, ABO₂, ABO₃ där t ex ABO₁ beskriver ett villasamhälle, ABO₂ ett industriområde och ABO₃ innehåller bostadshus. Nätet ovan kan då beskrivas med följande blockschema (fig. 2.2).

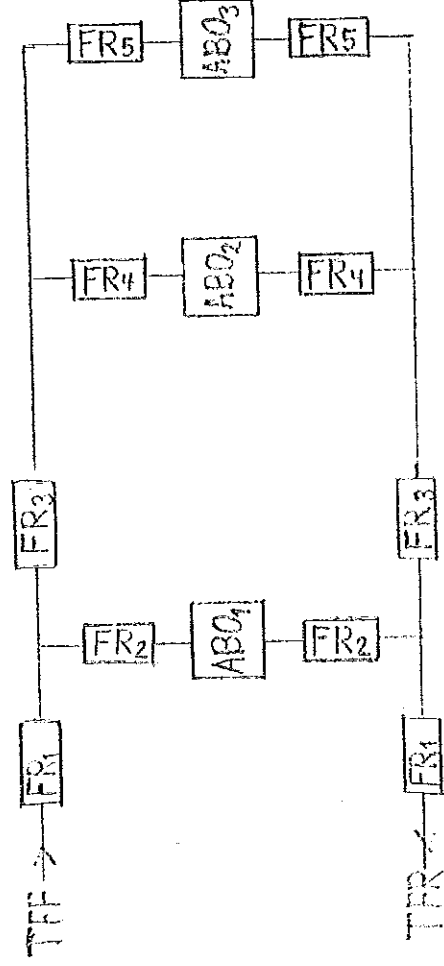


fig. 2.2

Vi kommer att bygga vidare på detta förslag och antar därmed att ett fjärrvärmenät kan beskrivas med två grundmodeller vilka enligt fig. ovan är (FR) fördelningsrör och ABO (abonnentområde).



3. Fördelningsrör (FR)

I rörsystemet uppstår förluster av typen

- strömningsförluster
- kulvertförluster

Vi antar ett rör med en viss diameter d och längd l . Strömningsförluster uppkommer på grund av friktionen i röret. Vi antar för enkelhetens skull att strömningsförlusterna är h_f (mvp) (h_f beror ju på Reynoldstal, ytråhet, flöde etc). Erforderlig pumpeffekt blir då minst:

$$P = \rho * g * \Theta * h_f \quad (3.1)$$

Θ = flödet

g = tyngdacc.

ρ = densiteten

Friktionen omvandlar denna energi till värme som värmer upp vattnet. Röret värms upp med en viss effekt/l.e. Vi betraktar en vattenpeelare av längden l m som rör sig genom röret ($l \gg /m$).

Uppvärmning sker då enligt:

$$\begin{aligned} P/l * t_x &= C_p * m * dT \\ dT &= P * t_x / (l * C_p * m) \end{aligned} \quad (3.2)$$

C_p = värmekapacititeten (vatten)

m = massan av l m vattenpelare

dT = temperaturökning

Strömningsförlusterna står alltså för en viss uppvärmning av vattnet. Men kuvlertförlusterna medför en viss avsvälning som i praktiken oftast överstiger uppvärmningen. För att beskriva avsvälningen antar vi ett rör enligt fig. 3.1.

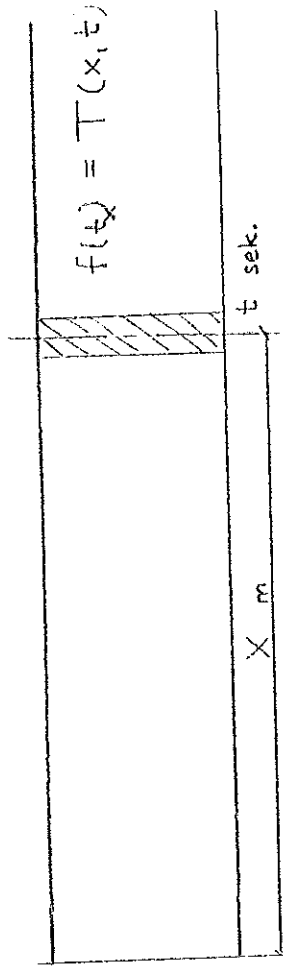


fig. 3.1

- x = sträckan som vattenpelaren tillryggalagt i röret.
- $f(t_x)$ = Vattenpelarens temperatur
- t_x = tiden som vattenpelaren tillbringat i röret (genom att "åka" sträckan x)



Betrakta en vattenpelare som tillryggalagt en sträcka x i röret och vid tiden t (som är fix nedan). Antag vidare att vattenpelarens temperatur är $f(t_x)$ där t_x är tiden som pelaren tillbringat i röret.

Värmeöverföringen till omgivningen sker då enligt Newtons "avsvalningslag", som lyder:

$$df(t_x) / dt_x = \rho * V * C_p = I * k_v * (f(t_x) - T_{om}) \quad (3.3)$$

T_{om} = omgivningstemperatur
 k_v = k-värdet på rörisoleringen
 I = rörets längd
 V = rörets volym

Omskrivning av (3.3) ger

$$df(t_x)/dt_x = 1/K * (f(t_x) - T_{om}) \quad (3.4)$$

där $1/K = I * k_v / (\rho * V * C_p)$

Lösning av (3.4) ger:

$$f(t_x) = T_{om} + C * \exp(-t_x/k)$$

$$t_x = 0 \quad \text{ger } f(0) = T(0, t - t_x) = T_{om} + C$$

där $T(0, t - t_x)$ var den temperatur vattenpelaren hade när den kom in i röret.

$$f(t_x) = T_{om} + (T(0, t - t_x) - T_{om}) * \exp(-t_x/k) \quad (3.5)$$

Vi har nu fått ett uttryck (3.5) som anger hur vattentemperaturen ändrar sig med k , t_x och $T(0, t - t_x)$. Men för att kunna använda denna ekvation behövs ett uttryck på t_x .

Beräkning av t_x

Medelströmningen i röret under tidsintervallet $[t - t_x, t]$ är

$$\bar{\theta}(t) = 1/t_x * \int_{t-t_x}^t \theta(s) ds \quad (3.6)$$



Om man utnyttjar att volymen i röret är konstant får man

$$\Theta(t) * t_x = x * A \quad (3.7)$$

$$(1/t_x) * \int_{t-t_x}^t \Theta(s) ds * t_x = x * A \quad (3.8)$$

Derivering av ekv (3.8) ger

$$\Theta(t) - \Theta(t-t_x) * (1 - dt_x/dt) = 0$$

$$dt_x/dt = 1 - \Theta(t) / \Theta(t-t_x) \quad (3.9)$$

Ekv. (3.9) går bra att använda för att räkna fram t_x .

Beräkning av kulvertförlusterna

Ekv (3.3) ger direkt kulvertförlusterna som

$$P_k = 1 * k_v (f(t_x) - T_{om}) \quad (3.10)$$

där man får anse $f(t_x)$ som en medeltemperatur i röret.

Men (3.3) ger även

$$P_k = C_p * \rho * V * (df(t_x)/dt_x) \quad (3.11)$$

vilket approximativt kan uttryckas.

$$P_k = C_p * \rho * V * (T(0,t-t_x) - T(1,t))/t_x \quad (3.12)$$

I (3.12) beräknas förlusterna i efterhand vilket är giltigt vid statisk lösningar dvs då framledningstemperaturen in i röret är konstant.



Vid variabel framledningstemperatur blir ekv. (3.12) "efter" i tiden men det fel som uppkommer då beror på hur framledningstemperaturen varierar i tiden.

Program

Vi skall nu göra en simulering av ett rör där avsvälningen och kulvertförlusterna beräknas med hjälp av systemet COOL och delsystemet TDELI.

Förutsättningar.

fig. 3.2.

- dimensioner och beteckningar enligt figur
- flödet Θ körs först konstant (se nedan) och sedan sinusformat
- framledningstemperaturen TFF är konstant
- tar ej hänsyn till strömningsförlusternas uppvärmning

Behövliga ekvationer är (3.5), (3.9) och (3.12).

Ekv. (3.9) behöver ett startvärde. Ifrån ekv. (3.6) fås $(t_x)_0 = 1 * A / \Theta_0(t)$

$\Theta(t-t_x)$ i ekv. (3.9) är inte definierad förrän efter $(t_x)_0$ s vilket innebär att körningen skall inledas med flödet $\Theta_0(t) = \text{konstant}$ i minst $(t_x)_0$ s.

Fig 3.3 visar resultatet av simuleringen.

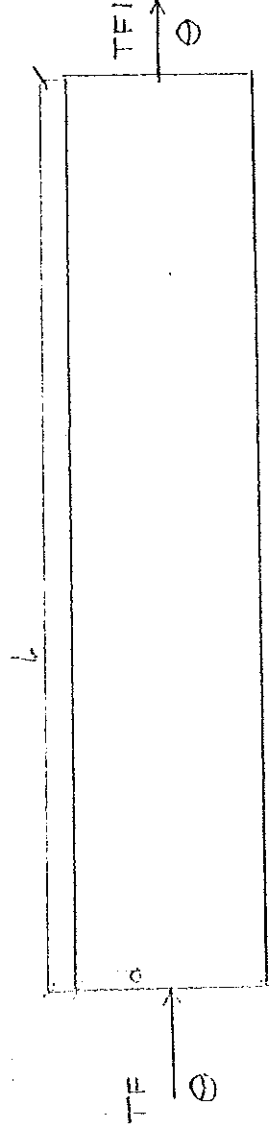


fig. 3.2

Rörets diameter $d = 0,8$ m

Rörets längd $l = 5000$ m

Vattnets intemperatur TF

Vattnets uttemperatur TFI

Isoleringens k-värde $k_v = 4.6$ W/(m * K)

" SIMULERING AV FORLUSTERNA OCH AVSVALNINGEN I ETT ROR.

" CP = VATTNETS VARMEKAPACITIVITET [J/KG/K]

" D = RORETS DIAMETER [M]

" L = RORETS LANGD [M]

" MO1= ISLERINGENS K-VARDE [1/S]

" PROR = EFFEKTFORLUSTEN I RORET [KW]

" Q = FLODET [TON/H]

" TAUO = BEGYNNELSEVARDE [S]

" TF = RORETS TILLOPPSTEMPERATUR [°C]

" TF1 = RORETS UTLOPPSTEMPERATUR [°C]

" TOM = RORETS OMGIVNINGSTEMPERATUR [°C]

" V = RORETS VOLYM [M*M*M]

" CONNECTING SYSTEM COOL

" SUBSYSTEM : TDEL1 , DELAY

" TIME T

" TF=A

U1[DELAY]=TF

TD1[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]

" Q=IF T>TAUO THEN QD+B*SIN((T-TAUO)*OM) ELSE QD

U2[DELAY]=Q

TD2[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]

" HELP=IF T>TAUO THEN Y1[DELAY] ELSE TF

TF1=TOM+(HELP-TOM)*EXP(-TAU1[TDDEL1]*MO1)

Q1[TDDEL1]=Q

QDEL1[TDDEL1]=IF T>TAUO THEN Y2[DELAY] ELSE Q

" PROR=(TF-TF1)*V/TAU1[TDDEL1]*CP

" A:100

B:1000

CP:4.18E3

MO1:2.2E-6

QD:2714

TAUO:3600

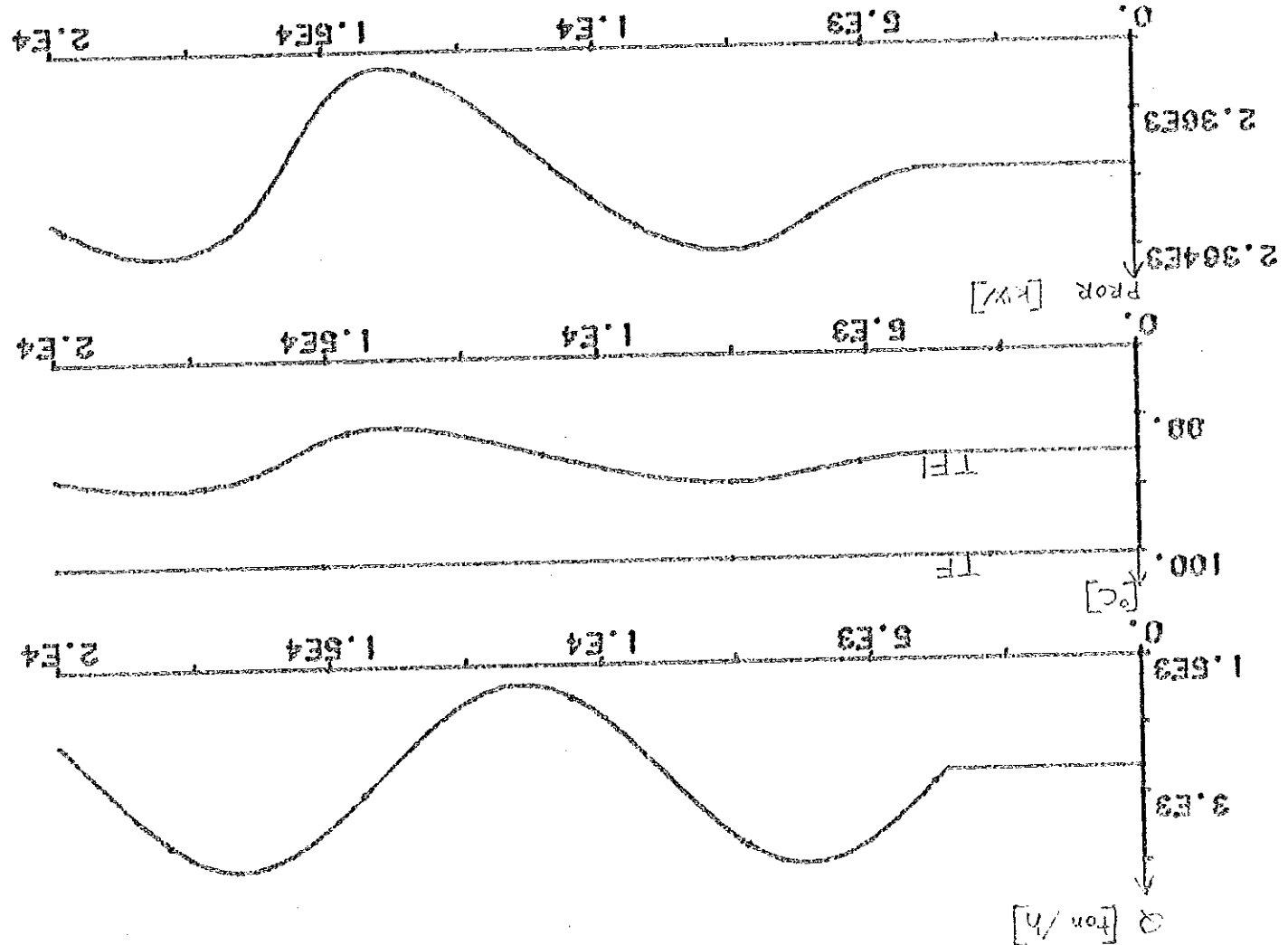
TOM:5

V:2714

" END


```
" BERAKNAR TIDSFORDROJNINGEN I RORET
"
" Q1 = FLODET I RORET      [TON/HJ]
" QDEL1 = FLODET I RORET FOR TAU1 SEK. SEDAN  [TON/HJ]
" TAU1 = TIDSFORDROJNINGEN I RORET  [S]
"
" CONTINUOUS SYSTEM TDEL1
STATE TAU1
DER DTAU1
INPUT Q1 QDEL1
INITIAL
TAU1:3600
"
" DTAU1=1-Q1/QDEL1
"
" END
```

80.11.30 - 17:37:57 NR: 3
HCOPY - SIMULERING AV FÖRLUSTERNA OCH AVSÄLVNINGEN I ETT RÖR



Anpassning (fördelningsrör)

Fördelningsrören i modellen behövs vid långa matningsavstånd då tidsfördröjningen och avsvälningen i systemet kan bli betydelsefulla för abonnenterna. De ekvationer som beskriver detta delsystem är (3.5), (3.9) och (3.12).

$$f(t_x) = T_{om} + (T(\theta, t-t_x) - T_{om}) * \exp(-t_x / k)$$

$$1/k = k_v * I / (C_p * \rho * V)$$

$$dt_x / dt = 1 - \theta(t) / \theta(t-t_x)$$

$$P_k = C_p * \rho * V / t_x * (T(\theta, t-t_x) - T(1, t))$$

Vid anpassning till verkligheten behövs följande data på matningsrören;

längd	l
volym	V
omgivningstemperatur	T _{om}
isoleringen k-värde	k _v



4. Pump

Vi har i föregående avsnitten konstaterat att abonnenterna bestämmer flödet i systemet. Pumpens uppgift är att upprätthålla tillräckligt differensstryck så att sämsta abonnent blir tillgodosedd. Med sämsta abonnent menas de abonnenter som ligger längst ifrån pumparna och därigenom får sitt differensstryck reducerat genom förlusterna i rören. Det vi är intresserade av är hur stor effekt den enskilde pumpen förbrukar för varje driftsfall (P_{in}).

Beteckningar

- P_{in} = erforderlig driveffekt
- P_m = effekt ut ifrån motor
- P_p = axeffekt till pumpen
- η_m = motorns verkningsgrad
- η_{tr} = transmissionens verkningsgrad
- η_p = pumpens verkningsgrad
- ρ = vattnets densitet
- Q = flödet genom pumpen
- H_p = uppförningshöjden
- g = jordaccelerationen
- η_p = pumpens varvtal

Vid max varvtal tillkommer en nolla. Ex. η_{po} = pumpens max varvtal

- P_F = förlusteffekt transmission
- dT = temperaturökning
- C_p = vattnets värmekapacitet

Erforderlig driveffekt är:

$$P_{in} = P_m / \eta_m = P_p / (\eta_m * \eta_{tr}) \quad , \text{ där} \quad (4.1)$$

$$P_p = p * Q * g * H_p / \eta_p \quad (4.2)$$

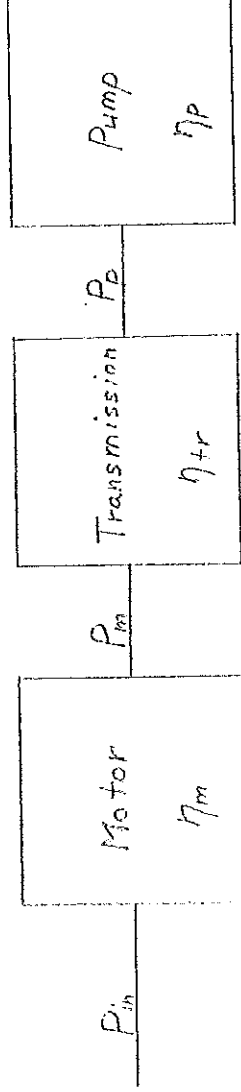


fig. 4.1

Kända invariabler är Θ och H (se ovan).

P_p och n_p kan framräknas ur följande:

$$\eta_{p0}(\Theta) = A1 * \Theta^2 + A2 * \Theta + A3 \quad (4.3)$$

$$H_{p0}(\Theta) = B1 * \Theta^2 + B2 * \Theta + B3 \quad (4.4)$$

Ekv. (4.3) och (4.4) anpassas ifrån pumpens prestandakurvor vid max varvtal (se sid. 37).

$$H_{po} / H_p = (n_{po} / n_p)^2 \quad (4.5)$$

$$P_{po} / P_p = (n_{po} / n_p)^2 \quad (4.6)$$

Ekv. (4.5) och (4.6) är affinitetslagarna

Observera att affinitetslagarna gäller vid jämförelse mellan strömningstillstånd med likformiga hastighetstrianglar, dvs alla punkter längs en parabel $H \sim \Theta^2$.

Vi antar att η_m är känd. Om transmissionen är en hydralkoppling blir

$$\eta_{tr} = n_p / n_{po}$$

(Vid tyristorreglering $\eta_{tr} = 1$)

Hydraulkopplingen behöver kylas och detta kan göras med t ex returvattnet. Därigenom tillvaratas en del förlustenergi.

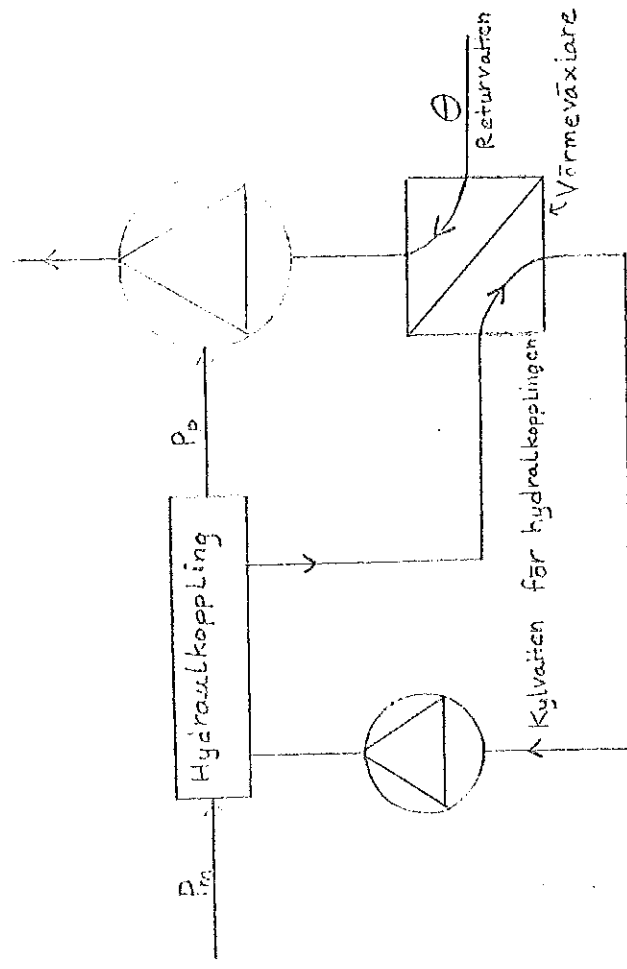


fig. 4.2

Förlusterna i hydraulkopplingen är

$$P_F = P_m - P_p = P_{po} * ((n_p/n_{po})^2 - (n_p/n_{po})^3)$$

Om man antar att all förlusteffekt överföres till returvattnet blir temperaturhöjningen

$$dT = P_F / (\Theta * Cp) \quad (\text{se fig. 4.2})$$

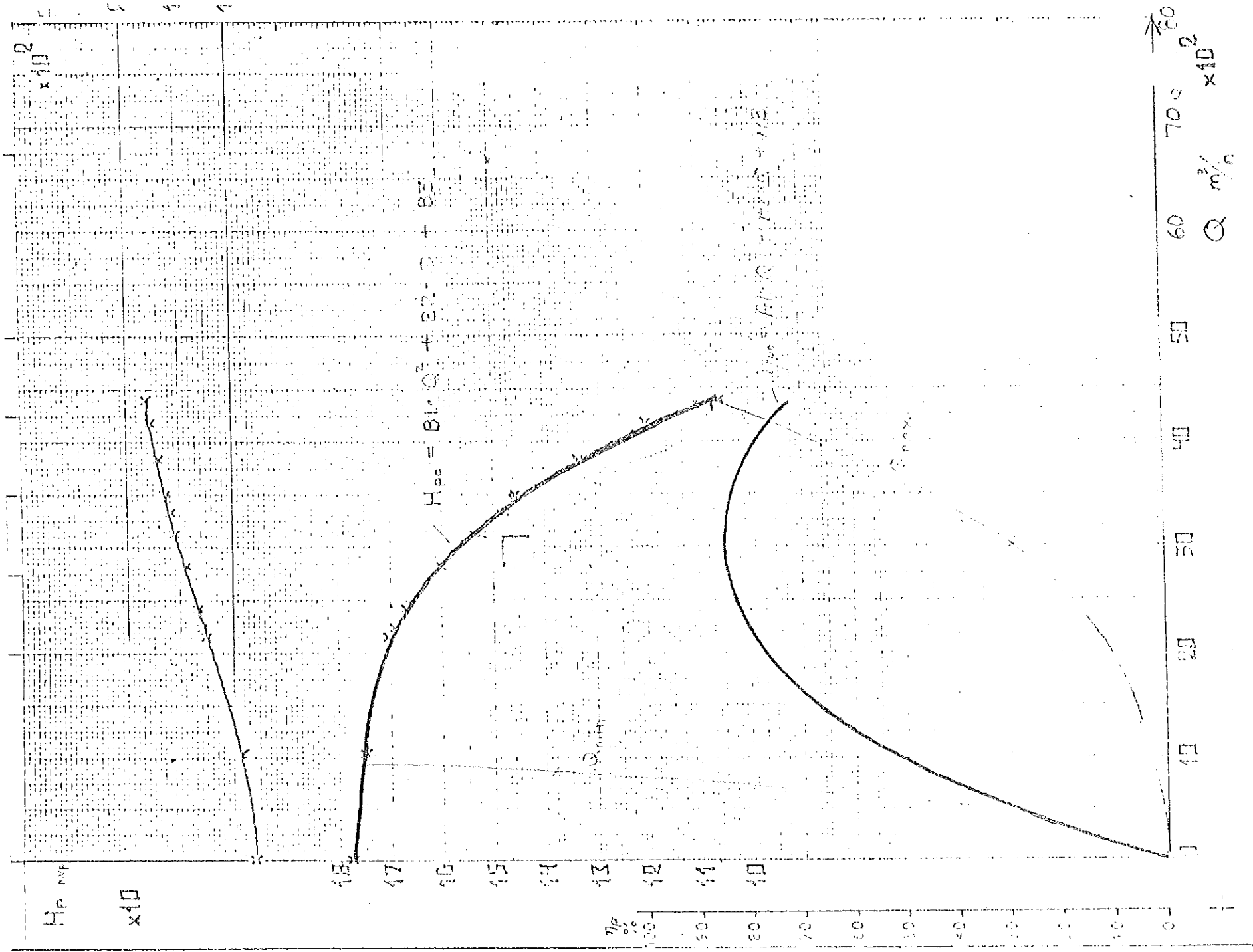
Delprogrammet PUMPK tillämpar ovanstående ekvationer.

```

" BERAKNING AV DEN INEFFEKT (PIN) SOM KRAVS FOR ATT KUNNA KLARA AV
" BEGART FLODE (QK) OCH DIFFTRYCK (DIFF).
" OM MAN BEGAR EN ARBETSPUNKT (DIFF,QK) SOM LIGGER UTANFOR TILLATET
" OMRÅDE FOR PUMPEN ; JUSTERAS DETTA SA ATT MAN HAMNAR INNANFOR.
"
" ATADD = VERKNINGSGRAD VID MAX VARVTAL
" ATAM = MOTORNS VERKNINGSGRAD
" C = TIDSKONSTANT
" CP = VATTNETS VARMEKAPACITIVITET [J/KG/K]
" DLA = TEMPERATURHOJNINGEN AV VATTNET [C]
" DIFF = DIFFERANSTRYCKET OVER PUMPEN [BAR]
" G = TYNGDACC. [M/S/S]
" HFIN = UPFFODRINGSHOJD SOM PUMPEN GER [M.V.P.]
" HOD = UPFFODRINGSHOJD VID MAX VARVTAL [M.V.P.]
" HREQ = BEORDRAD UPFFODRINGSHOJD [M.V.P.]
" JOK1 = PSEDOTILLSTAND
" NOD = MAX VARVTAL [R/MIN]
" PAXEL = AXELEFFEKTEN [W]
" PF = FORLUSTEFFEKTEN [W]
" PIN = AKTIV INEFFEKT [KW]
" PDD = AXELEFFEKT VID MAX VARVTAL [W]
" QK = FLODET [TON/H]
"
CONTINUOUS SYSTEM PUMPK
"
STATE JOK1
DER DJOK1
INPUT QK DIFF ANT
OUTPUT PIN
OUTPUT
"
" BEGRANSNING AV FLODET
"
QLIM=MIN(4300,QK)
"
" VID DRIFT AV TVENNE PUMPAR DELAR DESSA PA FLODET
"
Q=IF ANT<2 THEN QLIM ELSE Q/LIM/2
"
HOD=B1*Q*Q+B2*Q+B3
ATADD=A1*Q*Q+A2*Q
HREQ=1E2*DIFF/G
"
" JUSTERING AV HREQ OM DEN LIGGER UTANFOR PUMPENS ARBETSOMRODE
"
H=MIN(HOD,HREQ)
QMIN=SQRT(ABS(H/KD1))
QMAX=SQRT(ABS(H/KD2))
HFIN=IF Q<QMIN THEN KD1*Q*Q ELSE IF Q>QMAX THEN KD2*Q*Q ELSE H
"
" AFFINITETSLAGARNA
"
K=HFIN/Q/Q
C1=B2/(B1-K)/2
C2=B3/(B1-K)
QHHELP=-C1+SQRT(ABS(C1*C1-C2))
HHHELP=B1*QHHELP*QHHELP+B2*QHHELP+B3
RATE=ABS(HFIN/HHHELP)
"
"

```

```
POO=0.278*Q*G*HDD/ATA00
PAXEL=POO*RATE*SQRT(RATE)
PINX=PAXEL*SQRT(1/RATE)/ATAM
PIN=1E-3*ANT*PINX
"
" UPPVARMNING AV RETURVATTNET
"
PF=POO*RATE*(1-SQRT(RATE))
DLATX=3.6E-3*PF/Q/CP
DLA=ANT*DLATX
"
" PARAMETRAR.
" ALLA A{X} OCH B{x} PARAMETRAR AR ANPASSADE IFRAN PUMPKURVORNA
" VID MAX VARVTAL.
"
B1:-6.667E-6
B2:16.67E-3
B3:165
A1:-0.0963E-6
A2:0.578E-3
"
" KO1 OCH KO2 ANGER BEGRANSNINGARNA TILL PUMPENS ARBETSOMRADE
"
KO1:2.16E-4
KO2:5.885E-6
"
NDO:1440
G:9.81
ATAM:0.9
CP:4.18E3
CCC:1E-4
"
DYNAMICS
DJOK1=-CCC*JOK1
"
END
```



Anpassning

Pumpen anpassas till pumpkurvorna motsvarande H_{po} och η_{po} vilka visas i fig. 4.3. Kurvorna anpassas lämpligen med en andragradsekvation med hjälp av t ex minsta kvadratmetoden.

$$H_{po} = B1 * \Theta^2 + B2 * \Theta + B3$$

$$\eta_{po} = A1 * \Theta^2 + A2 * \Theta + A3$$

Vidare måste man veta η_m och η_{tr} .

5. Abonnentområde (ABO)

Låt abonnenternas placering i området vara enligt fig. 5.1 nedan.

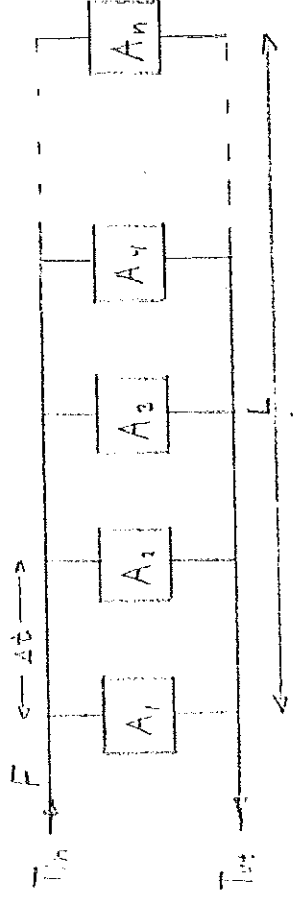


fig. 5.1.

Vi antar här att abonnentområdet har en utbredning (tid) som motsvaras av längden l . Hastigheten i system är proportionell mot flödet F och tidsfördröjningen mellan abonnenterna blir då $dt = l/(v * n)$. Abonnenterna antas bestå av identiska värmväxlare, vilket innebär att returtemperaturen från varje abonnent är identisk vid en given framledningstemperatur. $A_1 \dots A_n$ antas vara i samma storleksordning effektmässigt. Låt området vara i vila T_{ut} är då identisk med abonnenternas returtemperatur om förlusterna försummas. Effektbehovet ökar vid tiden t_1 , flödet till området kommer att öka och returtemperaturen från varje abonnent ändras t ex dT . T_{ut} kommer efter en viss tid, vilket bestäms av områdets utbredning, att nå ett stationärt värde. I fig nedan visas Tutts "insvängningsförlopp" vid gemensamt ändrat effektbehov (utetemp.).

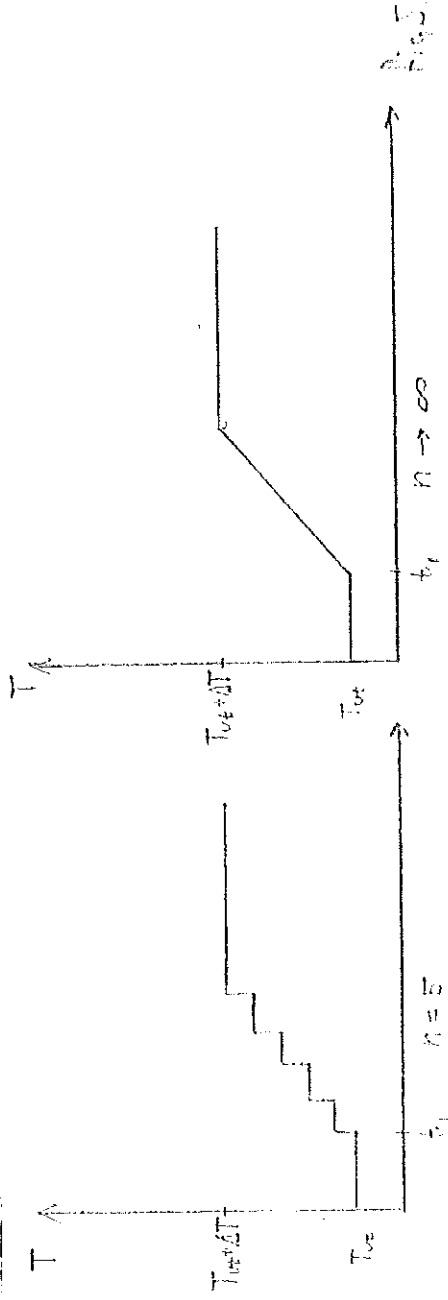


fig. 5.2.

Upprepas resonemanget bör en ändring av T_{in} ges en 2 gånger så lång insvängningstid. Ett lämpligt försök till modellbeskrivning ges nedan

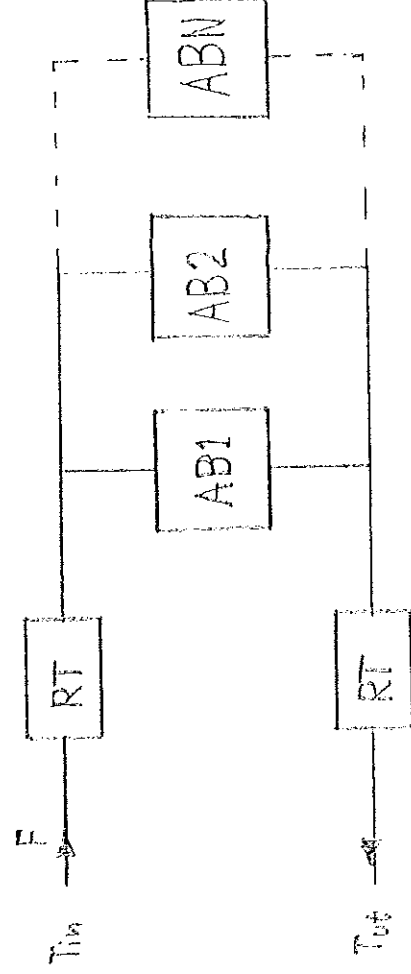


fig. 5.3

där RT skall beskriva "trögheten" i området och AB_1 , AB_2 , ... AB_N är medelabonnanter i området.

RT

I detta kapitel behandlas abonnentområdets rörstruktur RT. Modellen RT skall ge en god approximation av dynamiken och förlusterna i ABO. RT skall ha in- resp utsignaler enligt fig. 5.4.

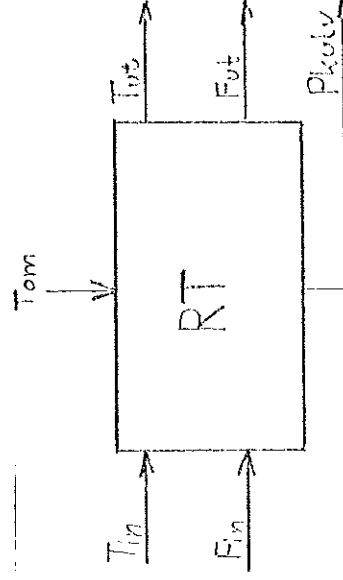


fig. 5.4

T_{in}	=	temp. in i RT	$^{\circ}\text{C}$
T_{ut}	=	temp. ut ur RT	$^{\circ}\text{C}$
F_{in}	=	F_{ut} = flödet i rörsystemets matning	kg/s
T_{om}	=	medeltemp. i rörens omgivning	$^{\circ}\text{C}$
Q_m	=	rörsystemets förluster till omgivningen	W

Ett fjärrvärmenät innehåller två identiska system framlednings- resp returledningssystem. I fortsättningen beaktas endast det ena ledningssystemet.

Enligt tidigare vet vi att RT skall beskriva ett trögt system där trögheten är beroende av flödet. Ur data på fjärrvärmenät kan volymen i rörsystemet beräknas. Ett lämpligt modellförslag ges nedan.

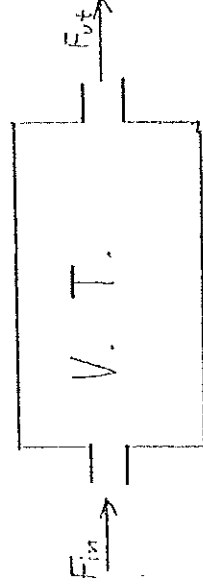


fig. 5.5

Modellen består av en volym som är identisk med volymen i rörsystemet. Temp. T beskrivs med ett tillstånd och ger medeltemp. i rörnätet.

Förlusterna i ABO:s rörsystem kan delas in i två delar, värmeledning och strömningsförluster. Strömningsförlusterna är vid normala flöde klart mindre än värmeledningförlusterna och kommer därmed inte att påverka temperaturen $T(t)$. Rörsystemet består av ett antal rör vilka är isolerade från omgivningstemperaturen. Förlusterna till omgivningen fås på ett enkelt sätt om rörsystemet beskrivs



med en värmeväxlare med konstant temperatur på det ena mediet. Effekten till omgivningen ges då av följande:

$$P_{om} = (T_{in} - T_{om}) * (1 - e^{-(k \cdot l / (F \cdot C_p))}) * F * C_p$$

$k \cdot l$ sätts lika med summan av systemets rörförluster. $e^{-(k \cdot l / (F \cdot C_p))}$ är oftast mycket nära 1, vilket ger

$$P_{om} = (T_{in} - T_{om}) * k * l$$

Differentialkvationen för RT blir nu

$$\frac{dT}{dt} * \rho * V * C_v = F_{in} * (T_{in} - T) * C_v - (T - T_{om}) * k * l$$

ρ = vattnets densitet kg/m^3

Anpassning av RT

För anpassning krävs värden på följande parametrar

- V = volymen i rörsystemet
- $k \cdot l$ = totala värmeövergångstalet för det ingående rörsystemet
- T_{om} = rörens medelomgivningstemp.

6. Värmeväxlare

I ett fjärrvärmenät strävar man efter en låg returtemperatur ifrån abonnenten eftersom effektförföringen per volymenhet ökar samtidigt som förlusterna till omgivningen i returnätet minskar. Låg returtemperatur fås med en motströmsvärmeväxlare vilken därmed är den mest förekommande typen. Följande kapitel innehåller teorin för en motströmsvärmeväxlare och hur denna kan användas till modellbeskrivningen av abonnentens vvx.

Värmeväxlaren av motströmstyp och i in- resp utsignaler framgår av fig. 6.1 nedan:

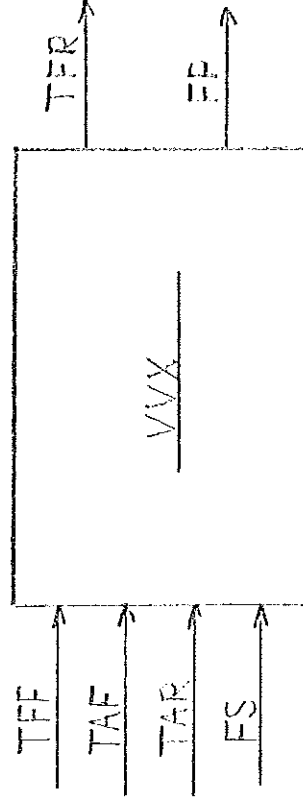


fig. 6.1

Insignaler:	TFF	Primär framledningstemp.	°C
	TAF	Sekundär framledningstemp.	°C
	TAR	Sekundär returtemp.	°C
	FS	Flöde sekundärt	kg/s
Utsignaler	TFR	Primär returtemp.	°C
	FP	Flöde primärt	kg/s

Da tidskonstanterna i fjärrvärmenätet är av storleksordningen timmar kan vvx dynamik försummas. Det sökta uttrycket blir nu:

$$TRF = f(TFF, TAF, TAR, FS, FP)$$

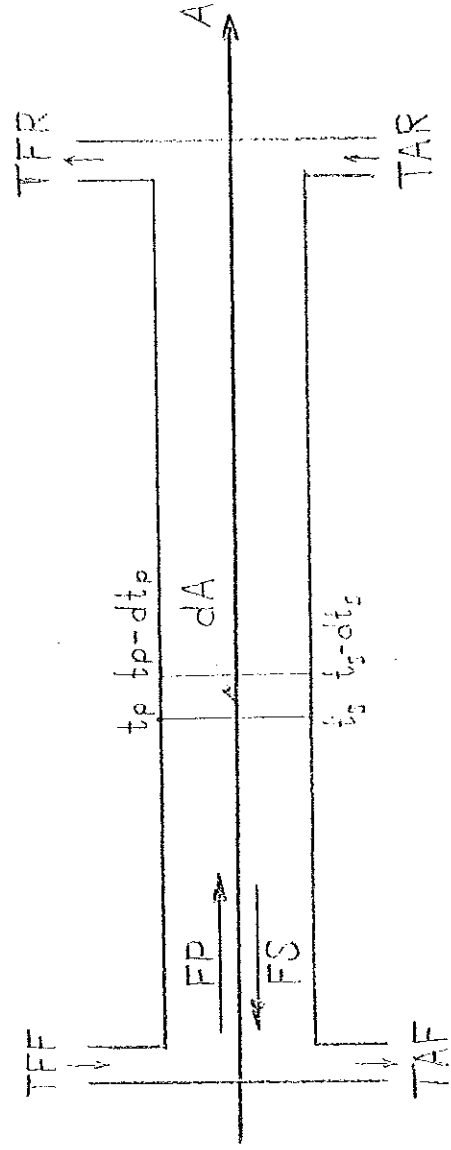


fig. 6.2

- dA = ytelement
- tp = temperaturen i det valda ytelementet på primärsidan
- ts = temperaturen i det valda ytelementet på sekundärsidan

Da systemet anses statiskt gäller vid varje tidpunkt följande värmebalans ekvation.

$$Q = FP * (TFF - TFR) * C_p = FS * (TAF - TAR) * C_p \quad (6.1)$$

Q = VVX:s effektöverföring

C_p = Vattnets värmekapacitet



Antag att värmegenomgångstalet i VVX är K.
Värmetransporten genom ytan dA kan då skrivas

$$dQ = K * (tp-ts) * dA \quad (6.2)$$

Eftersom vvX är statisk skall den vattenmängd som passerar ytan dA avge resp. uppta värmemängden dQ. Detta beskrivs med följande ekvation.

$$dQ = F_p * dtp * C_v = F_s * dts * C_v \quad (6.3)$$

Vi inför temperaturdifferensen $t_d = tp - ts$. Ur fig. 6.2 ges följande uttryck på dtd.

$$dtd = - dtp + dts \quad (6.4)$$

Ekv. 2, 3 o 4 ger följande lösbara ekvation:

$$dtd/t_d = K * (1/(F_s * C_p) - 1/(F_p * C_p)) * dA \quad (6.5)$$

Genom att integrera (5) och använda ekv. (1) ges lösningen av ekvationen nedan.

$$Q = K * A * (T_{FF} - T_{AF} - T_{FR} + T_{AR}) / (\ln(T_{FF} - T_{AF}) / (T_{FR} - T_{AR})) \quad (6.6)$$

Ett i litteraturen vanligt förekommande uttryck är medeltemperaturdifferensen vilket betecknas Θ_m . Den av värmväxlaren överförda effekten kan då skrivas

$$Q = K * A * \Theta_m \quad (6.7)$$

Genom att identifiera Θ_m ur ekvation (6) fås Θ_m enligt nedan

$$\Theta_m = (T_1 - T_2) / \ln(T_1 / T_2) \quad , \text{ där} \quad (6.8)$$

$$T_1 = T_{FF} - T_{AF}, \quad T_2 = T_{FR} - T_{AR}$$



Sammanställs framkomna ekvationer fås följande ekvationssystem

$$Q = K * A * \Theta_m$$

$$Q = C_p * F_p (T_{FF} - T_{RF}) = C_p * F_s (T_{AF} - T_{AR})$$

$$\Theta_m = (T_1 - T_2) / \ln(T_1 / T_2)$$

Man inser mycket snart att detta ekvationssystem kräver någon typ av iterativ lösning. I den tänkta modellen vill vi undvika detta och försöker därmed finna någon lämplig approximation.

Medeltemperaturdifferensen

Vi söker ett uttryck som approximerar Θ_m . I ett fjärrvärmenät är $T_1 > T_2$ under förutsättning att abonnenaten är tillgodosedd. I litteraturen kan man finna följande approximation.

$$\Theta_m = (T_1 * T_2)^{0,5} \tag{6.10}$$

vilken stämmer bra för $0,5 < T_1 / T_2 < 2$

Enligt fig. 4.3 är passningen dålig utanför detta område. En bättre approximation kan göras eftersom $T_1 > T_2$ och denna får följande utseende

$$\Theta_m = (T_1)^{0,58} * (T_2)^{0,42} \tag{6.11}$$

$$f(A) = \frac{A-1}{LNA}$$

$$P(A) = (A)^x$$

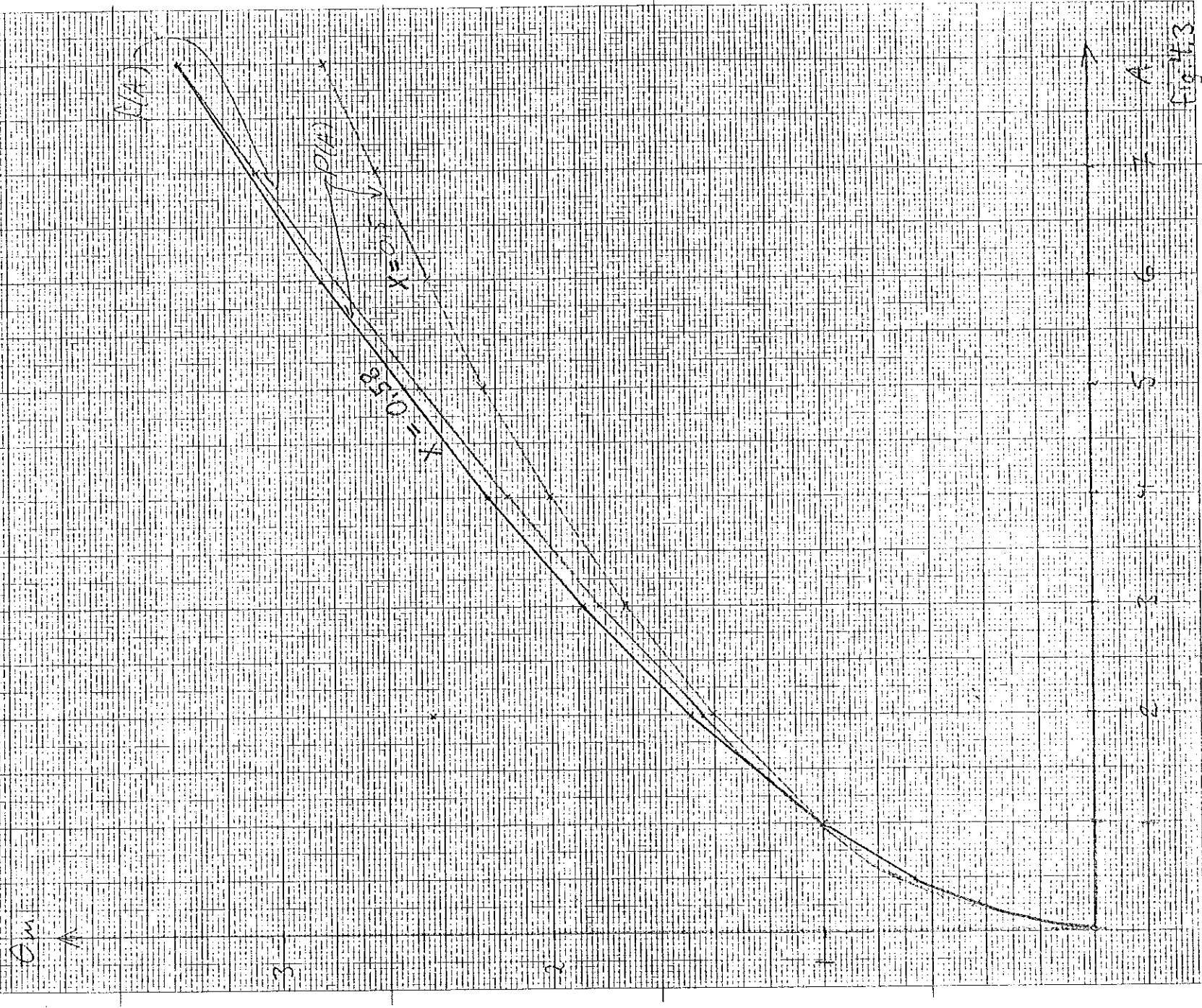


Fig. 13



Kurvan $X = 0,58$ i fig. 4.3 visar att passningen är bra inom området $1 < T_1/T_2 < 10$.

Lösningen på ekvationssystemet ges nu av följande ekv.

$$\begin{aligned} TFR &= TAR + (Q/(K * A))^{2,38} * (TFF - TAF)^{-1,38} \\ 1 < T_1/T_2 < 10 \end{aligned} \quad (6.12)$$

$$\begin{aligned} TFR &= TAR + (Q/(KA))^2 * (TFF - TAF)^{-1} \\ 0,5 < T_1/T_2 < 2 \end{aligned} \quad (6.13)$$



Värmeomgångstalet K

I vvx-modellen är värmeomgångstalet oberoende av flödet och temp. Detta avsnitt skall undersöka hur modellen kan förbättras.

Antag att väggen i vvx mellan primär och sekundärsida är plan då får K följande utseende:

$$K = 1/(1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_3)$$

Där k_3 är väggens (Plåtens) värmeomgångstal. k_1 resp k_2 är värmeövergångstalen för respektive sida.

Värmeöverföring genom konvektion är en mycket komplicerad process, där framtagna samband till stor del bygger på experiment.

Inom teorin för påtvingad konvektion har dimensionslösa grupper införts. Några viktiga dimensionslösa talgrupper ges nedan.

Reynoldstalet	$Re = W * d/V$
Prandlitalet	$Pv = C_p * n/l$
Nusseltstalet	$Nu = K * d/l$

Vid påtvingad konvektion inuti långa rör med turbulent strömning ($Re > 10000$) kan följande ekvation användas:

$$Nu = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{0,4}$$

En omskrivning av ekv. ovan ger följande uttryck på värmeövergångstalet.

$$K = 0,023 * d^{-0,2} * B_1 * W^{0,8} \quad (4.14)$$

$$\text{där } B_1 = l^{0,6} * C_p^{0,4} * n^{0,4} * v^{-0,8}$$

Ekv. (4.14) ger direkt att k är proportionell mot $W^{0,8}$. För att få fram temp.beroendet beräknas B_1 för ett antal temp. Tab. 1 visar resultatet. I modellen bortser vi ifrån temp. inverkan på värmeövergångstalet.

Tab. 1

Temp. °C	C_p Ws/kggrad	l W/mgrad	$10^6 n$ kg/sm	$10^6 v$ m^2/s	$10^5 B_1$
40	4178	0.629	653	0.658	1.0
60	4184	0.652	467	0.475	1.2
80	4196	0.669	355	0.365	1.3
100	4216	0.681	282	0.295	1.4
120	4245	0.686	234	0.249	1.5

- k = värmeövergångstal, $W/m^2 °C$
- w = flödhastighet, m/s
- d = rörets diameter, m
- v = kinematisk viskositet, m^2/s
- C_p = specifik värme, $Ws/kg °C$
- n = dynamisk viskositet, kg/ms
- l = värmeledningsförmåga, $W/m °C$
- Re = Reynolds tal
- Pv = Prandts tal
- Nu = Nusselts tal

Flödets inverkan på K kan nu beskrivas med ekv. nedan.

$$K = 1/(1/(k_1 * FP_n^{0,8}) + (1/k_2 * FS_n^{0,8}) + 1/k_3) \quad (4.9)$$

8

Flödena FP_n och FS_n är normerade.

Ekvationssystemet för v_{vx} kan nu inte lösas direkt utan kräver en iterativ lösning.



En möjlighet att få med denna förbättring av vvx-modellen i ett simnonn program beskrivs nedan.

Låt K vara insignal till ett enkelt lågpasfilter, utsignalen ges då av ekv.

$$dK'/dt = k_t * (K-K')$$

K i ekv. 6,14 ersätts med K' vilket medför att TFR beräknas på ett värde som ligger något fel i tiden. Insignalerna till vvx antas nu variera mycket långsamt jämfört med tidskonstanten K_t . Felet $|K-K'|$ kommer därmed att bli litet. Simuleringar har visat att systemet är stabilt.

Dimensionering och anpassning av värmeväxlaren

Vi har i föregående kapitel visat att vvx kan beskrivas med ekv 6.9 och 6.12. Dessa ekv skall anpassas till en given vvx. För att underlätta detta har följande krav ställts:

Modellens ekvationer skall enkelt kunna anpassas till givna dim.temp. resp effekt.

VVX's värmeövergångstal och värmegenomgångstal skall enkelt kunna ändras utan att detta påverkar givna dim.data.

Följande dimensioneringsdata är givna.

$$\begin{aligned} TAF_0 &= TAF_0 & TFF &= TFF_0 & Q &= Q_0 \\ TAR_0 &= TAR_0 & TFR &= TFR_0 \end{aligned}$$

Sättes dessa värde in i vvx-ekvationen 4.12 fås

$$TFR_0 = TAF_0 + (Q_0/K_0A)^{2,38} / (TFF_0 - TAF_0)^{1,38}$$



För att få systemet något renare sätter vi $K_0 = 1$ vid dim.drift. Flödena som ingår i värmeövergångstalet K normeras och definieras enligt nedan:

$$FP_n = Q * (TFF_0 - TFR_0) / Q_0 * (TFF - TFR)$$

$$FS_n = Q * (TAF_0 - TAR_0) / Q_0 * (TAF - TAR)$$

Inför även den normerade effekten Q_n där $Q_n = Q/Q_0$

Den dimensionerade värmeväxlaren beskrivs nu av ekvationerna nedan

$$TFR = TAR + (T_{10}^{0,58} * T_{20}^{0,42} * Q_n / K)^{2,38} * (TFF - TAF)^{-1,38} \quad (6.14)$$

$\{ < T_1 / T_2 < 2$

$$TFR = TAR + (T_{10}^{0,5} * T_{20}^{0,5} * Q_n / K)^2 * (TFF - TAF)^{-1} \quad (6.15)$$

$0,5 < T_1 / T_2 < 2$

$$K = (1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_3) / (1/(k_1 * FP_n^{0,8}) + 1/(k_2 * FS_n^{0,8}) + 1/k_3) \quad (6.16)$$

$$T_{10} = TFF_0 - TAF_0$$

$$T_{20} = TFR_0 - TAR_0$$

k_1 och k_2 anger värmeövergångstalet på primär- resp sekundärsidan. k_3 anger värmeöverföringsförmågan i plåten mellan sekundär och primärsida. Det räcker här att känna till förhållandet mellan dessa.

För anpassning till verkligheten behövs:

Värmeväxlararens dim.temp. $TFF_0, TFR_0, TAF_0, TAR_0$
Värmeväxlararens värmeöverg.tal k_1, k_2, k_3



Abonnent modell

Ett fjärrvärmenät innehåller en stor mängd abonnentanslutningar. Abonnenten består av ett antal värmväxlare av motströmstyp vilka har till uppgift att förse abonnentens effektbehov. Vanligt förekommande effektbehov är radiator (vattenburen värme), luftvärme, torkaggregat och tappvarmvatten. Varje värmväxlare dimensioneras med hänsyn till sekundärsidans framledningstemperatur och effekt vid ogynnsammaste driftsfall. Fjärrvärmeverket har leveranskrav på framledningstemperatur och diffftryck.

Värmväxlaren styrs utav en PI-regulator vars uppgift är att hålla en given temperatur i framledningen på sekundärsidan.

Modellen av abonnenten kommer att beskrivas av ett antal parallellkopplade värmväxlare.

Följande skall gälla:

Abbonenterna är tillgodosedda varje tidsögonblick. Värmväxlaren regleras så att effekten till abonnenten är identisk med effektbehovet vid varje tidsögonblick.

RADIATOR MODELL

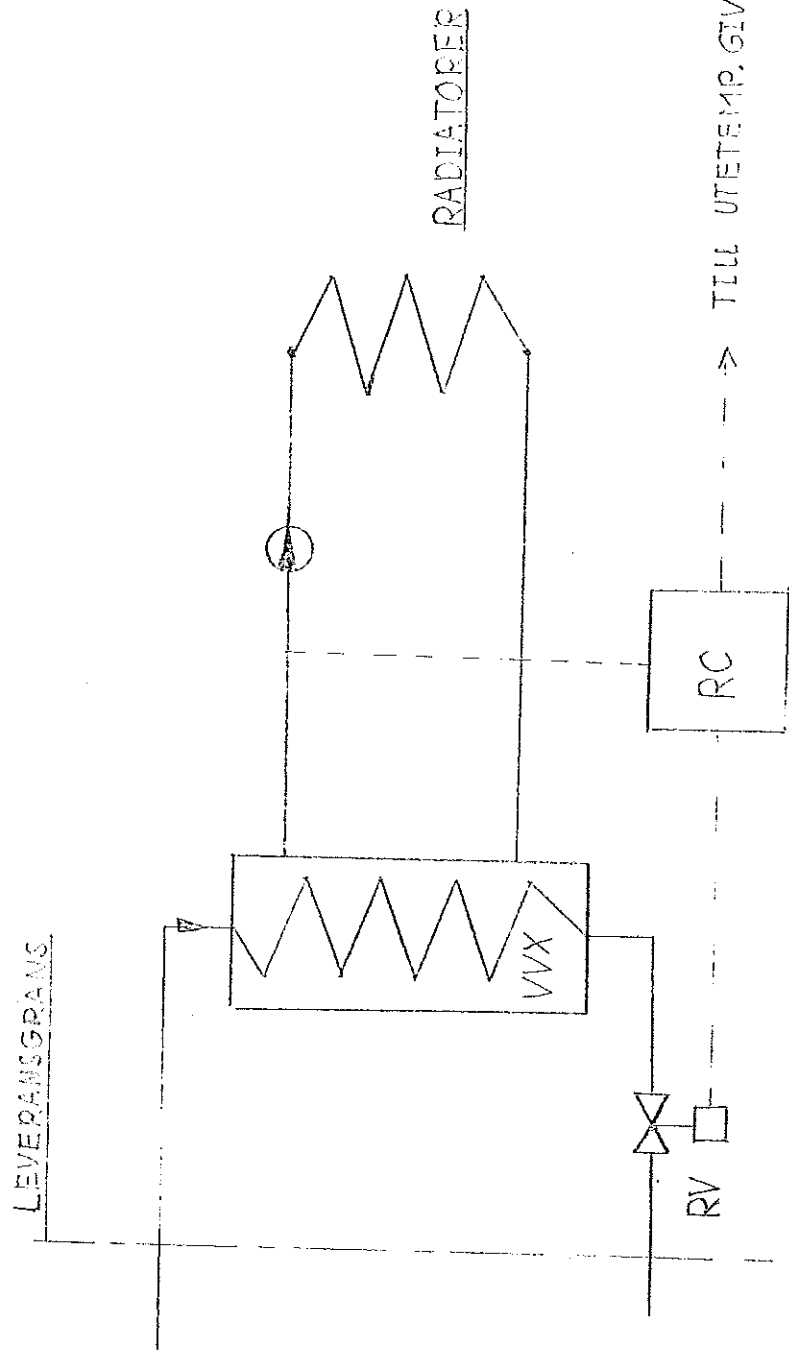


fig. 4.4

VARMVATTEN MODELL

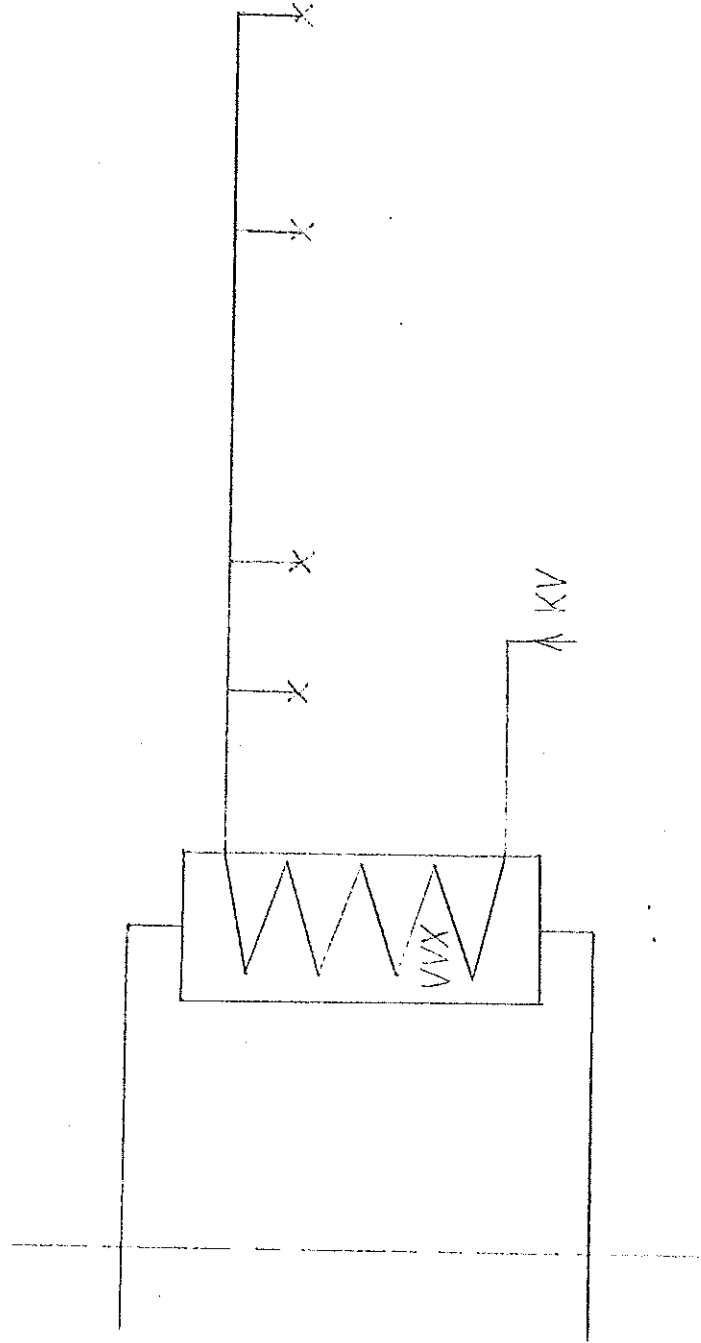


fig. 4.5

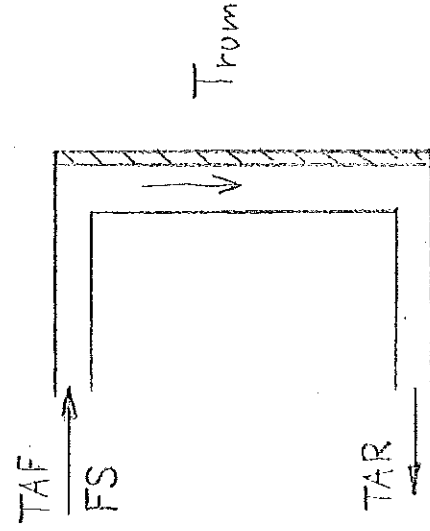
Radiator modell

Modellens ingående delar visas i fig 6.4. Temperaturen till radiatorkretsen styrs utav utetemperaturen till förutbestämda värde. Effektbehovet kan anses vara linjärt beroende av utetemperaturen. För att "spara" energi förekommer ofta nattsänkning i systemet.

Radiatorerna kan beskrivas med en värmeväxlare där temperaturen på det ena mediet anses konstant. Värmeöverföringen till omgivningen (rummet) sker genom konvektion och strålning.

För en vertikal plan yta som befinner sig i atmosfärisk luft av rumstemp. är det konvektiva värmeövergångstalet k_k proportionellt mot $\Theta_m^{0,25}$. Θ_m är medeltemperaturdifferensen mellan platen och omgivningstemperaturen.

Ett försök att beskriva radiatoren är att använda vx ekvationerna. Fig. nedan visar radiatormodellen



Sekundärsidan antages här vara utsatt för en konstant temp som sätts lika med T_{rum} .



k_1 och k_3 är i en radiator mycket större än k_k , vilket medför att det totala värmeövergångstalet får följande utseende:

$$K = K_1 * \Theta_m^{0,25}$$

Enligt datablad på marknadsförda radiatorer används ett något större värde på exponenten:

$$K = K_1 * \Theta_m^{0,28}$$

Strålningsutbytet tar vi ej med i denna modell.

Radiator-modellen får nu följande ekvationssystem:

Q är den överförda effekten.

$$Q = K_1 * A * \Theta_m^{1,28}$$

$$\Theta_m = (TAF - T_{rum})^{0,5} \quad (TAF - T_{rum})^{0,5}$$

$$Q = F_s * C_p * (TAF - TAR)$$

Θ_m har fått det givna utseendet eftersom

$$0,5 \leq (TAF - T_{rum}) / (TAR - T_{rum}) \leq 2.$$

Radiatormodellen skall ha in- resp utsignaler enligt nedan:

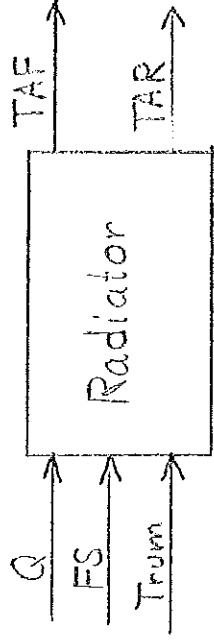


fig. 6.6

Radiator - modellen beskrivs nu av följande ekvationer

$$TAR = T_{rum} - Q/2*FS*C_p + ((Q/2*FS*C_p)^2 + (Q/(K_1*A)^{1,56})0,5)$$

$$TAF = TAR + Q/(FS*C_p)$$

Dimensionering av radiatort

Antag följande dimensioneringsdata:

$$TAF = TAF_o \quad TAR = TAR_o \quad Q = Q_o$$

Flödet i radiatorkretsen antages vara konstant.

Den dimensionerande radiatort kan nu ges följande beskrivning:

$$TAR = T_{rum} - Q_n * A_1 + ((Q_n * A_1)^2 + (Q_n * A_2)^{1,56})0,5)$$

$$TAF = TAR + 2 * A_1 * Q_n$$

$$A_1 = (TAF_o - TAR_o)/2$$

$$A_2 = (TAF_o - T_{rum}) * (TAR_o - T_{rum})$$

$$Q_n = Q/Q_o$$

Dessa ekvationer bildar tillsammans med ekv 6.14 och 6.16 en abonnentmodell för vattenburen uppvärmning.

FP_n betecknar att flödet är normerat.

Tappvarmvatten modell

I figur 6.5 visas modellen för tappvarmvatten. Sekundärsidans flöde (FS) antas här vara lika med tappningsflödet. Effekttuttaget ges av följande ekvation.

$$Q = FS * C_p * (TAF-TAR)$$

TAR sätts här lika med kallvattnets temp. Varmvattentemperaturen ligger oftast mellan 50-60°. Ekvationerna för en värmeväxlare ger direkt följande modellbeskrivning.

$$TFR = TAR + (Q / KA)^{2,36} * (TFF-TAF)^{-1,36}$$

$$K = 1/(1/(k_1 FP_n)^{0,8} + 1/(k_2 FS_n)^{0,8} + 1/k_3)$$

Anpassning se vvx-modell.

Program

I anslutning till detta avsnitt visas ett program som beskriver ett ABO.

```

" PROGRAMMET NEDAN BESKRIVER ABONENTOMRADET I KARSKAR.
" ABO BESKRIVS HAR AV 4 ABONENTTYPER AB1, AB2, AB3 OCH AB4
" RORSYSTEMET BESKRIVS AV RT1 OCH RT2
" ABO INNEHALLER AVEN ETT KORTSLUTNINGSFLODE FPL
" INGAENDE BETECKNINGAR VISAS NEDAN
"
" TFFXX = PRIMAR FRAMLEDNINGSTEMP. TILL VVX XX [C]
" TFRXX = PRIMAR RETURTEMP. FRAN VVX XX [C]
" TAFXX = SEKUNDAR FRAMLEDNINGSTEMP. FRAN VVX XX [C]
" TARXX = SEKUNDAR RETURTEMP. TILL VVX XX [C]
" FPXX = FLODE I VVX XX PRIMAR SIDA [TON/H]
" SFP = TOTALT FLODE GENOM ABO [TON/H]
" KVXX = VARMEOVERGANGSTALET I VVX XX [W/M*M]
" PXX = NORMERAD EFFEKTOVERFORING I VVX XX
" DXX = VVX XX DIMENSIONERINGSEFFEKT [MW]
" CV = VATTNETS VARMEKAPACITIVITET [J/KG/K]
" TUTE = UTETEMPERATUREN [C]
" NS = NATTSANKNINGSTEMP. [C]
" PKULV = RORSYSTEMETS TOTALA FORLUST TILL OMGIVNING [KW]
" V = RORSYSTEMETS VOLYM [M*M*M]
"
CONTINUOUS SYSTEM AB20
TIME T
OUTPUT PKULV
INPUT TFF TUTE FSS FSW NS
STATE KVH KVV TFF1 TFR SFP KVH1 NS1
DER DKVH DKVW DTFF1 DTFR DSFP DKVH1 DNS1
"
" AB1 BESKRIVER ABONENTER MED VATTENBUREN UPPVARMNING
" DIMENSIONERINGSTEMP. AR 120-70 RESP. 80-60
" EFFEKTBEOHDET STYRS MOMENTANT AV TUTE
" K1;K2;K3 SE KAP. ANPASSNING
" TILLSTANDET NS1 BEGRANSAR DERIVATAN
"
NS1:0
KVH:1
DNS1=KNS*(NS-NS1)
X=1/K1+1/K2+1/K3
DKVH=K*(X/(1/K1*EXP(-0.8*LN(PH*50/(TFF1-TFRH)))+1/K2+1/K3)-KVH)
TV=MIN(19.9,TUTE+NS1)
PH=(20-MIN(19.9,TUTE))/40
TARH=40-10*PH+SQRT(PH*PH*100+800*EXP(1.56*LN(PH)))
TAFH=TARH+PH*20
TFRH=TARH+1625*EXP(1.38*LN(PH/KVH/(TFF1-TAFH)))*PH/KVH
FPH=DH*PH*3.6E6/(TFF1-TFRH)/CV
DH:120
KNS:3E-4
K1:1
K2:1
K3:1
"
" AB2 BESKRIVER ABONENTER MED VATTENBUREN UPPVARMNING
" DIMENSIONERINGSTEMP. AR SOM I AB1
" EFEBKTBEOHDET STYRS AV ETT TEMPERATURDYGNSMEDELVARDE UTE2
"
DKVH1=K*(X/(1/K1*EXP(-0.8*LN(PH1*50/(TFF1-TFRH1)))+1/K2+1/K3)-KVH1)
PH1=(20-MIN(19.9,UTE2+NS1))/40
TARH1=40-10*PH1+SQRT(PH1*PH1*100+800*EXP(1.56*LN(PH1)))

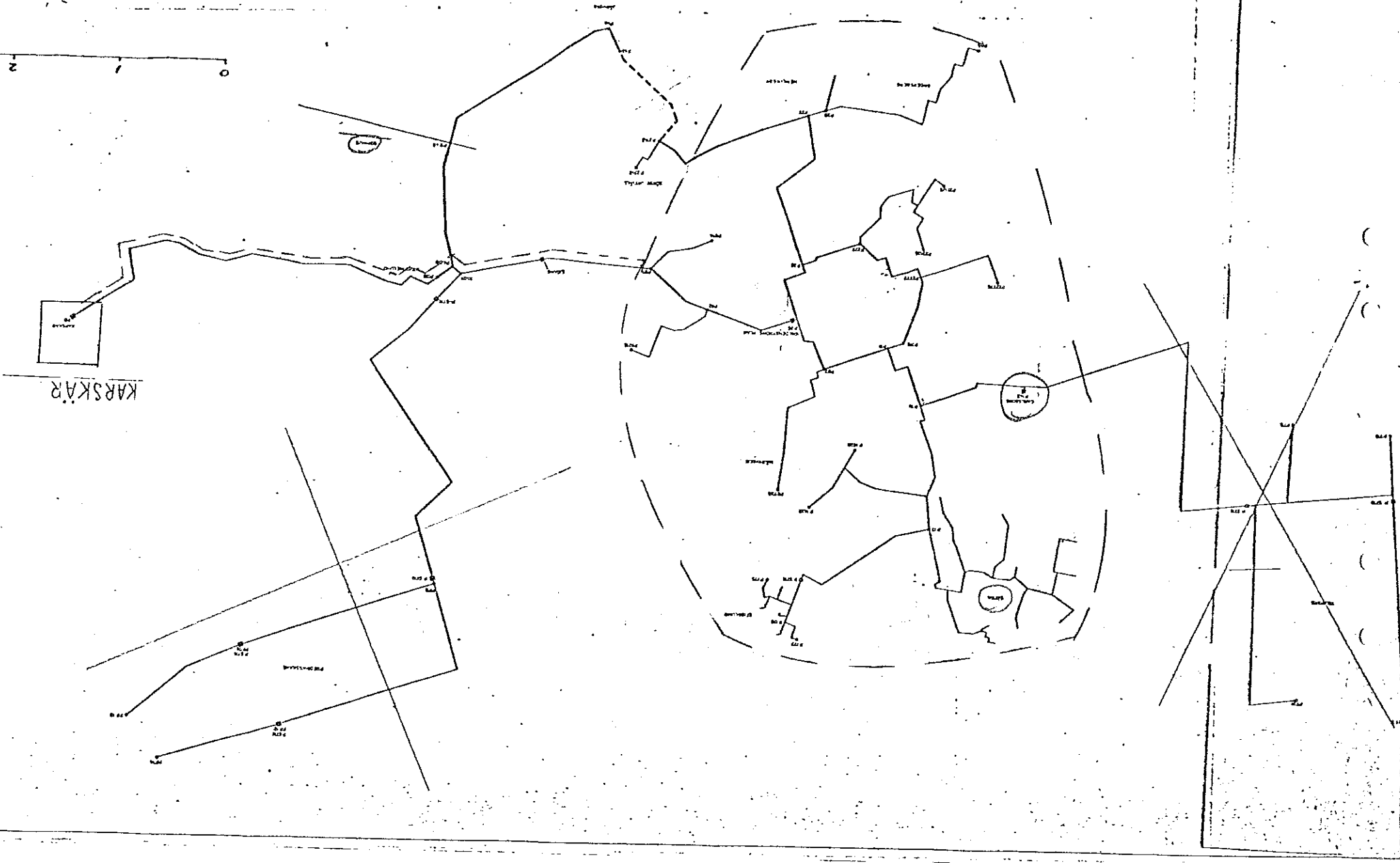
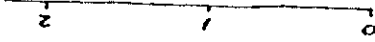
```



```
TAFH1=TARH1+PH1*20
TFRH1=TARH1+1625*EXP(1.38*LN(PH1/KVH1/(TFF1-TAFH1)))*PH1/KVH1
FPH1=DH1*PH1*3.6E6/(TFF1-TFRH1)/CV
DH1=70
K:3E-3
CV:4.18E3
UTE2:-7
"
" ABS BESKRIVER ABONNENTER MED VARMVATTENBEHOV
" DIMENSIONERINGSTEMP. AR 75-25 RESP. 5-55
" EFFEKTBEHOVET STYRS AV FSW
" FSW AR NORMERAD OCH DESS VARDE BERAKNAS I CONNECTING SYSTEM
"
KVM:1
DKVW=K*(2/(1+EXP(-0.8*LN(PW*50/(TFF1-TFRW)))))-KVM)
PW=FSW
TFRW=10+204*EXP(1.36*LN(PW/KVW/(TFF1-55)))*PW/KVW
FPW=DW*PW*3.6E6/(TFF1-TFRW)/CV
DW:10
"
" AB4 BESKRIVER ABONNENTER MED KONSTANT RETURTEMP
" RETURTEMP. AR HAR 65
" EFEKTBEHOVET STYRS AV FSS
" FSS AR NORMERAD OCH DESS VARDE BERAKNAS I CONNECTING SYSTEM
"
P65=FSS
TFR65=65
FP65=D65*P65*3.6E6/(TFF1-TFR65)/CV
D65:6
"
" KORTSLUTNINGENS INVERKAN GES AV FOLJANDE 2 EKVATIONER
"
TFRL=TFF1
FPL=DFPL "" [M**M/M/H]
DFPL:375
"
" HAR BERAKNAS DET RESULTERANDE FLODET RESP. RETURTEMP.
" SFP BESKRIVS HAR MED ETT TILLSTAND OCH FIXERAS UNDER INSVANGNINGSTIDEN :
"
SFP:2714
SFPD=FPH+FPH1+FPW+FPL+FP65
DSFP=IF T(TAU THEN 0 ELSE KF*(SFPD-SFP)
TFR1=(FPH*TFRH+FPH1*TFRH1+FPW*TFRW+FP65*TFR65+FPL*TFRL)/SFP
KF:6E-4
TAU:3600
"
" RT1 BERAKNAR TEMP. O FORLUSTERNA I ABO FRAMLEDNINGSSYSTEM
"
TFF1:120
DTFF1=SFPD/3600/V*(TFF-TFF1)-KL/V/CV*(TFF1-5)
PKUL1=KL*(TFF1-5)
V:2500
KL:18.381
"
" RT2 BERAKNAR TEMP. O FORLUSTER I ABO RETURLEDNINGSSYSTEM
"
TFR:60
DTFR=SFPD/3600/V*(TFR1-TFR)-KL/V/CV*(TFR-5)
PKUL2=KL*(TFR-5)
```

"
" TOTAL FORLUST TILL OMGIVNING
"
PKULV=PKUL1+PKUL2
"
END

Fig. 71



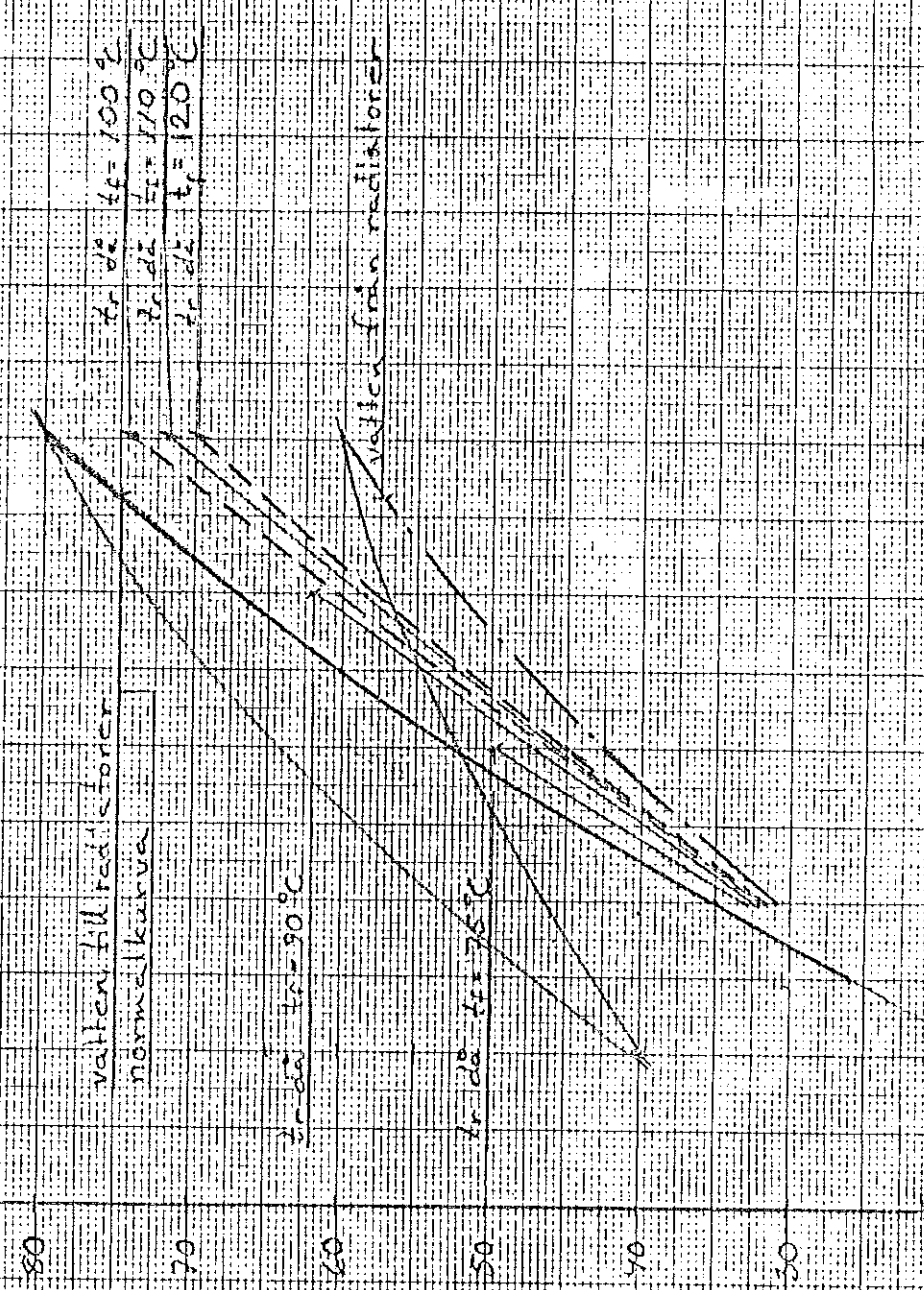
irrigationen i Gävle
 Vattentemperaturer för en
 typvärmväxlare 120-70/60-80 °C

År
 Malmö

förklaring

Skuggat område: Radiatortemperaturers (tillopp) avvikelser i förhållande till normalkurvan
 Värmväxlarens temperaturer för beräknade i förhållande till radiatorns (tillopp) normalkurva
 t_r = temp. FV-vattnets returledning
 t_p = temp. FV-vattnets framledning

(°C)
 vatten-
 temp.



20 10 0 -10 -20
 0 25 50 75 100
 uttemp (°C)
 last vvx (%)

7. Anpassning av modell till Gävle fjärrvärmenät

Modellen skall nu anpassas till Gävle fjärrvärmenät vars struktur visas i fig. 7.1. Det inringade området visar var huvuddelen av abonnenterna är anslutna. Vi väljer att beskriva ovan nämnda område som ett ABO. Fördelningsröret definieras då av förbindelsen mellan Karskär och ABO:s gräns. Blockschemat på modellen blir då enligt fig 7.2.

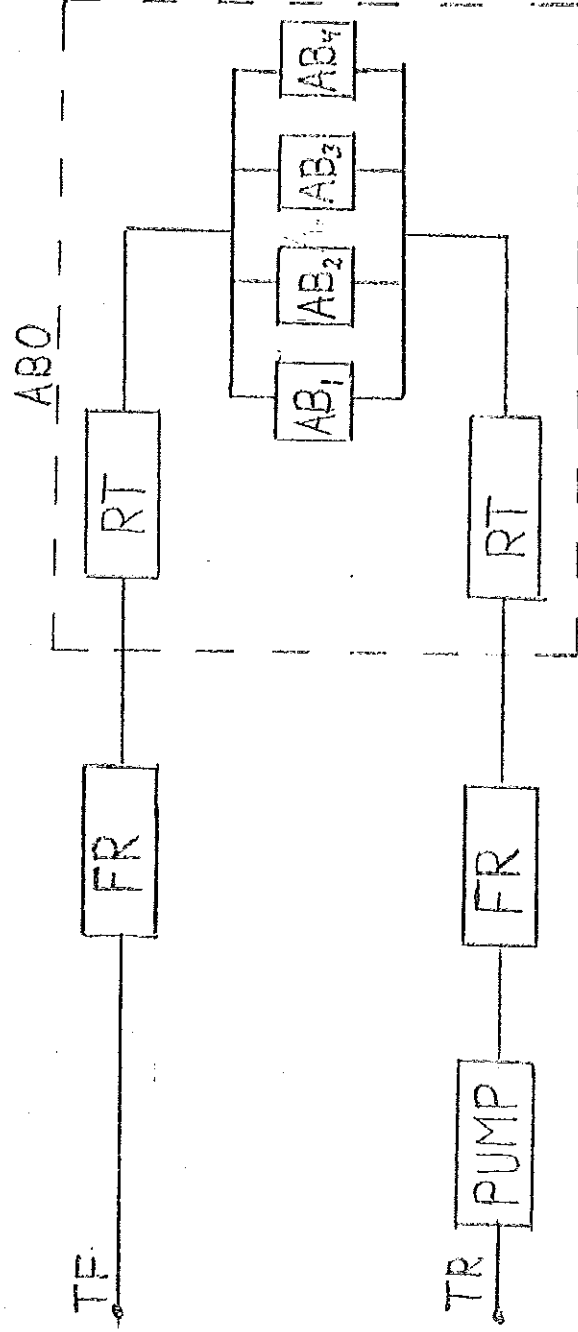


fig. 7.2

Fördelningsröret skall ge en beskrivning av tidsfördröjningen och kulvertförlusterna i överföringen mellan Karskär och ABO. I ABO ges kulvertförlusterna av RT och abonnenterna beskrivs av AB.

Till hjälp för anpassningen har vi lagt in data från driftprotokoll på filer, vilka innehåller värden som motsvarar ungefär 3 dygn. Värdena är utskrivna med 1 timmes intervall, vilket medför att interpolation mellan dessa måste ske då integrationsrutinen vid simuleringen arbetar med 2 min. steg. Värdena är ifrån jan. feb. jun. 1980.

Abonnentområde (se s. 25 o 37)

Följande data behövs RT;

ABC:s totala rörvolym

$$V = 2500 \text{ m}^3$$

"Totala" värmeövergångstaket

$$\sum_{i=0}^n k_i I_i = 18.4 \text{ kW/K}$$

Omgivningstemperaturen

$$T_{om} = 5^{\circ}\text{C}$$

Dimensioneringstemperaturerna för de olika abonnenttyperna är följande;

Vattenburen uppvärmning; 120 - 70 resp. 80 - 60

Varmvattenberedning; 75 - 25 resp. 55 - 5

Anpassning av modellenheterna

Data på fördelningsrören:

Längd $l = 5,5 \text{ km}$

diameter $d = 0,8 \text{ m}$

omgivningstemp. $T_{om} = 5^{\circ}\text{C}$

isoleringens k-värde $k_v = 1,0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$

Pump (se s. 18)

Från pumpkurvorna på s. kan $H_{po} = f_1(Q)$ och $n_{po} = f_2(Q)$ tas fram.

$$H_{po} = -6.667 \text{ E-6} \cdot Q \cdot Q + 16.67 \cdot \text{E-3} \cdot Q + 165$$

$$n_{po} = -0.0963 \text{ E-6} \cdot Q \cdot Q + 0.578 \text{ E-3} \cdot Q$$

$n_{tr} = n_p/n_{po}$ vid hydraulkoppling

Abbonnten i modellen har alltså två typer av effektbehov, uppvärmning av rum (DH) och varmvattenberedning (DW). Ett grovt medelvärde på årsenergibehovet för varmvattenberedning per person är 1600 kWh. Detta ger ett effektmedelvärde på 183 W per person. Antalet personer som är inkopplade till fjärrvärmenätet har uppskattats till ungefär 55000, vilket då ger $DW = 10 \text{ MW}$.

Uppvärmningseffekten vid utetemp. -20°C hämtas ifrån driftprotokollet. 200 MW fås härur och tar man hänsyn till att denna effekt även innehåller varmvattenberedning kan 190 MW anses som en uppskattning på DH.

Efter körning med ovanstående anpassningsvärde blir returtemp. för låg. För att höja returtemp. har vi infört ett kortslutningsflöde (DFPL) dess värde har visat sig ligga kring $375 \text{ m}^3/\text{h}$.

Driftprotokollet ger att effektbehovet sommartid är ungefär 20 MW (utetemp = 20°C). För att komma upp till dett effektbehov har en ny abonnent införts. Returtemp. från denna är konstant och lika med 65°C . Effektbehovet D65 har satts till 6 MW.

Körningar med modellen har därefter gett förändringen av framledningstemp. i radiatorkretsen som visas i fig. "typvärmeväxlare" sid. 50.



Kommentar till anpassningsresultatet

Resultatet visas i 3 st plottar med tillhörande returtemp. I varje plott jämförs modellen med verkligheten. Kurvorna är markerade med 1. (modell) och 2. (verkligt nät).

Anpassning efter sommarvärdena visas i plott nr 9 och 5. Effektbehovet är lågt under denna årstid (ung. 25 MW), vilket därmed gör fjärrvärmenätet känsligt för unika varmvattenbehov och abonnenttyper med speciella effektuttag, t ex industri och sjukhus.

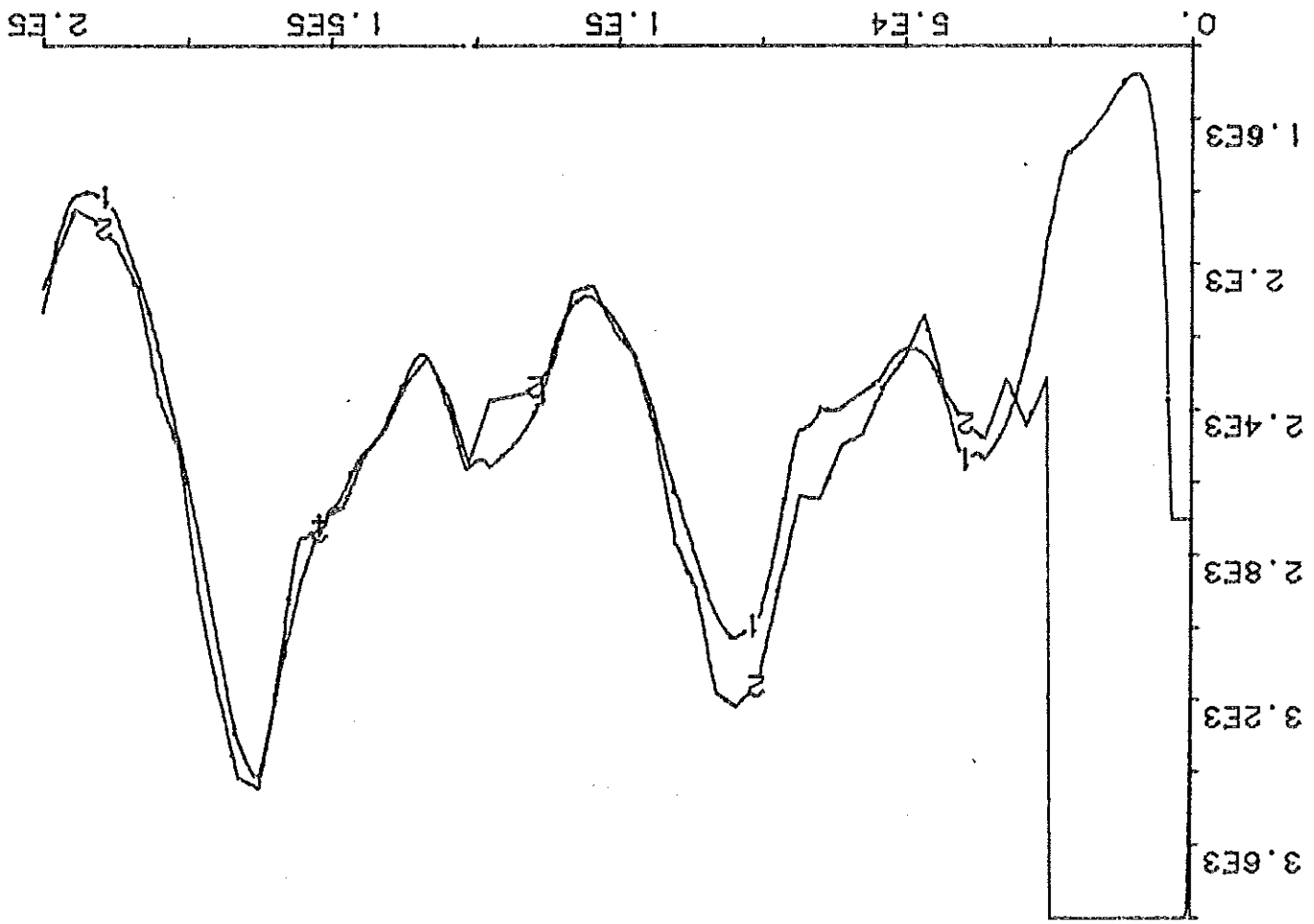
Modellen har även anpassats till vintertid, vilket visas i plott 3, 4, 6 och 8. Effektbehovet ligger här ungefär mellan 100-200 MW.

Varmvattenbehovet har här liten inverkan. Abonnentens effektbehov (uppvärmning) är i modellen en linjär funktion av utetemp. Driftsprotokollet (se bilaga) innehåller mätvärde ifrån 3 st utetemperaturgivare som är placerade i Sätra, Bomhus, Carlsborg se fig 7.1. Vid anpassningen valdes temp. ifrån Bomhus som insignal. Jämföres temperaturen mellan de olika givarna är skillnader på 2°C inte ovanligt detta medför att modellens effektbehov kan skilja sig ifrån det verkliga nätets med 10 MW. Detta effektbehov motsvarar ett flöde på 250 m³/h och förklarar därmed en del av felet i modellen.

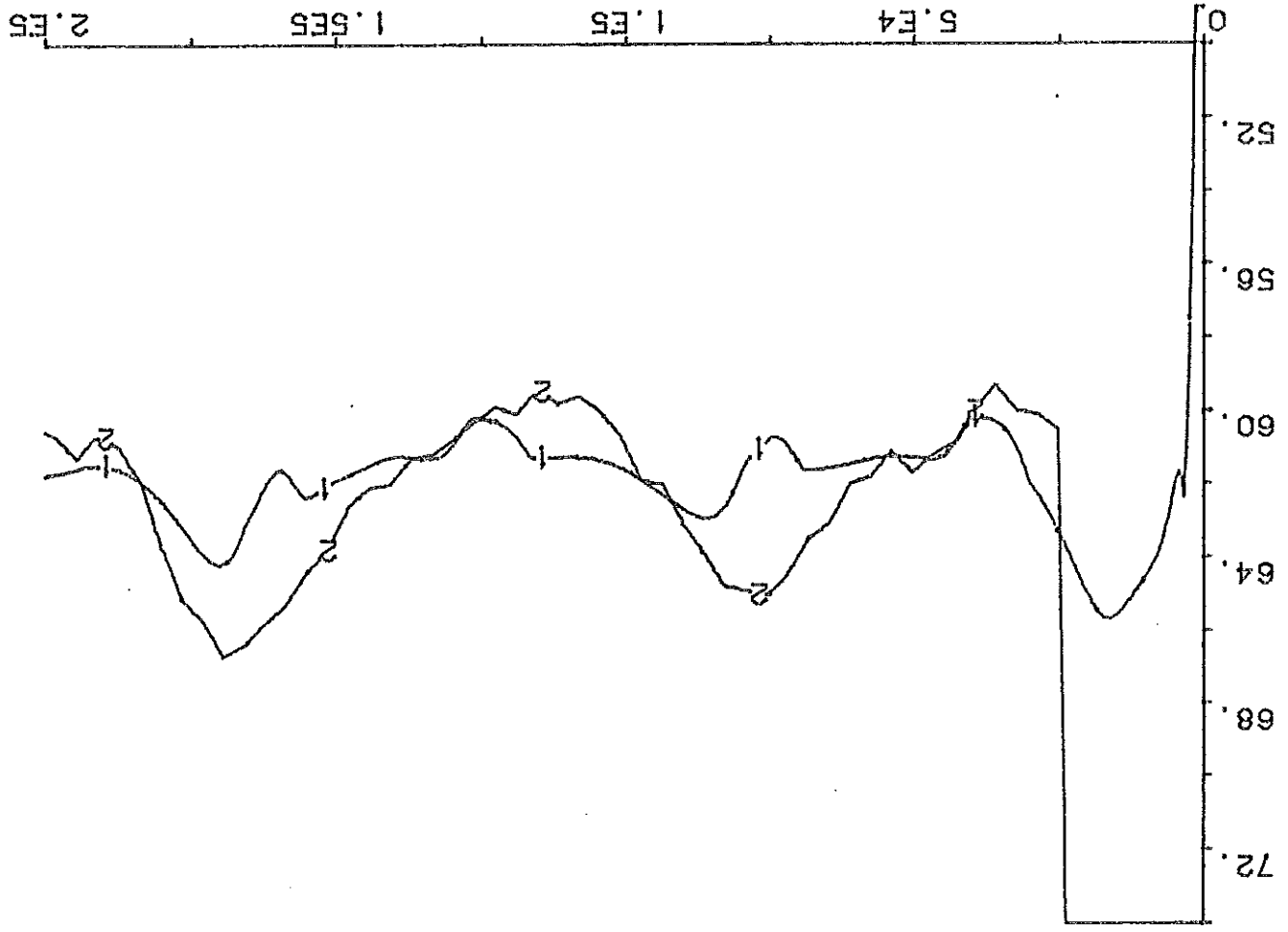

```

" UTNYTTJAS VID BERAKNING AV TAU1
"
V3[DELAY]=QK
TD3[DELAY]=T-TAU1[ITDEL1]
"
" VATTNETS TEMPERATUR VID UTLOPPET AV MATNINGSRORET PA FRAMLEDNINGSSIDAN
TF1=IF T>TAUO THEN Y1[DELAY] ELSE TFR[AB10]
HELP1[PIPE1]=S+(TF1-S)*EXP(-TAU1[ITDEL1]*MO1)
"
" VATTNETS TEMPERATUR VID UTLOPPET AV MATNINGSRORET PA RETURSIDAN
TR1=IF T>TAUO THEN Y2[DELAY] ELSE TFR[AB10]
HELP2[PIPE2]=S+(TR1-S)*EXP(-TAU1[ITDEL1]*MO1)
TR=TRP2[PIPE2]
"
" FOR MARKERING AV TIDEN (KL.12) PA PLOTTERN
X=C1[IFILE]
CK=IF X<1 OR (X<13 AND X>11) THEN XX ELSE YY
"
" BERAKNING AV TAU1
Q1[ITDEL1]=QK
QDEL1[ITDEL1]=IF T>TAUO THEN Y3[DELAY] ELSE QK
"
" INPARAMETRAR TILL PUMPK
QK[PUMPK]=QK
DIFF[PUMPK]=DIFF[RAMP]
ANT[PUMPK]=1
"
" KOSTNADS OCH EFFEKTBERAKNINGAR
PROR1=KV*L*(TFFF-5)
PROR2=KV*L*(TR-5)
PROR=PROR1+PROR2+PKULV[AB10]
ACKKOST[BER]=Z1*PROR+Z2*PIN[PUMPK]
"
TAUO:3600
XX:52
YY:50
MO1:2.2E-6
V:2500
Z1:0.07
ZZ:0.10
CP:4.18E3
KV:0.8
L:5500
"
END

```



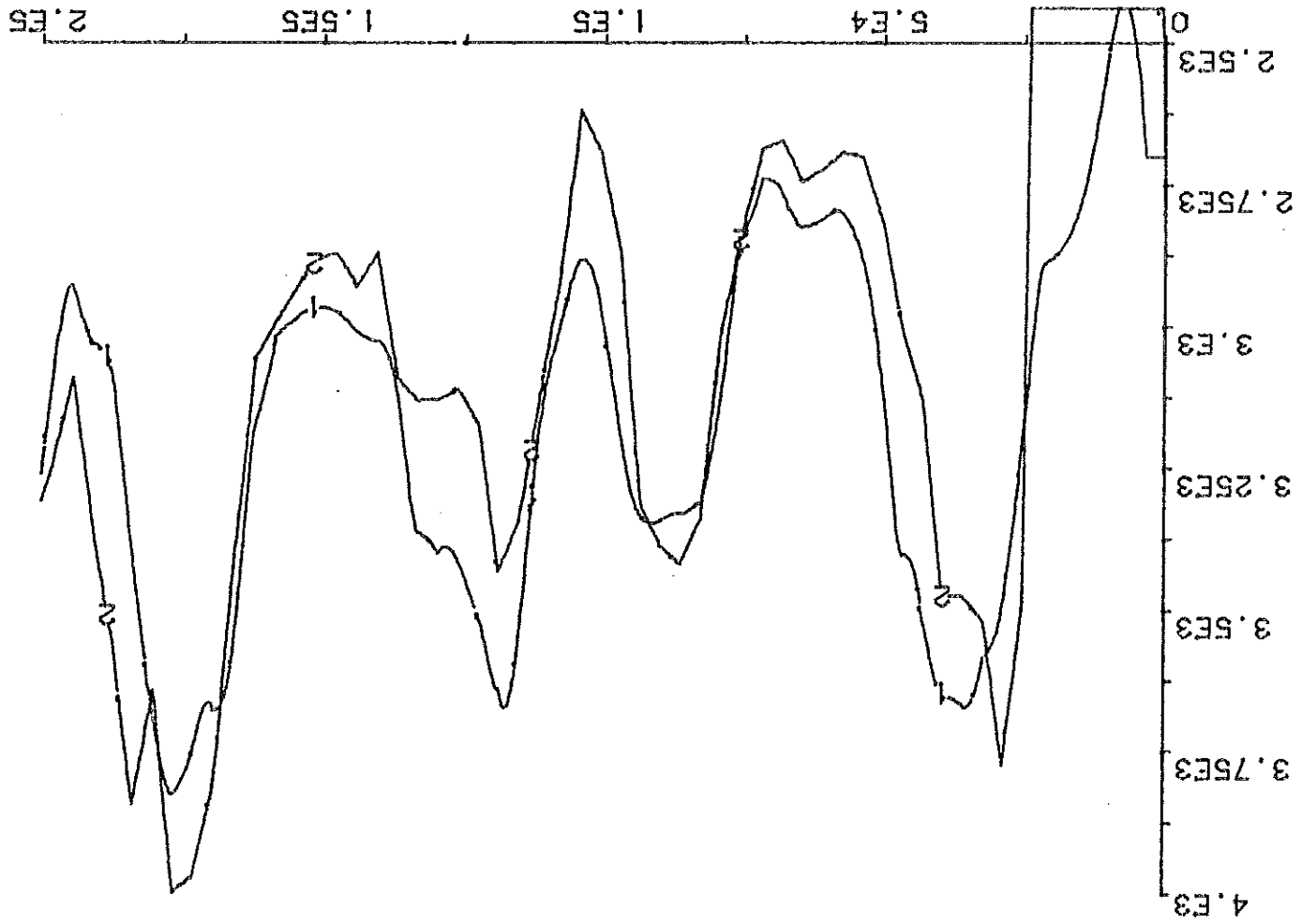
80.11.17 - 22:37:04 NR: 8
 HCOPY? FLODE KARSKAR 800222 [2]
 MODELL [1]



MODELL [1]

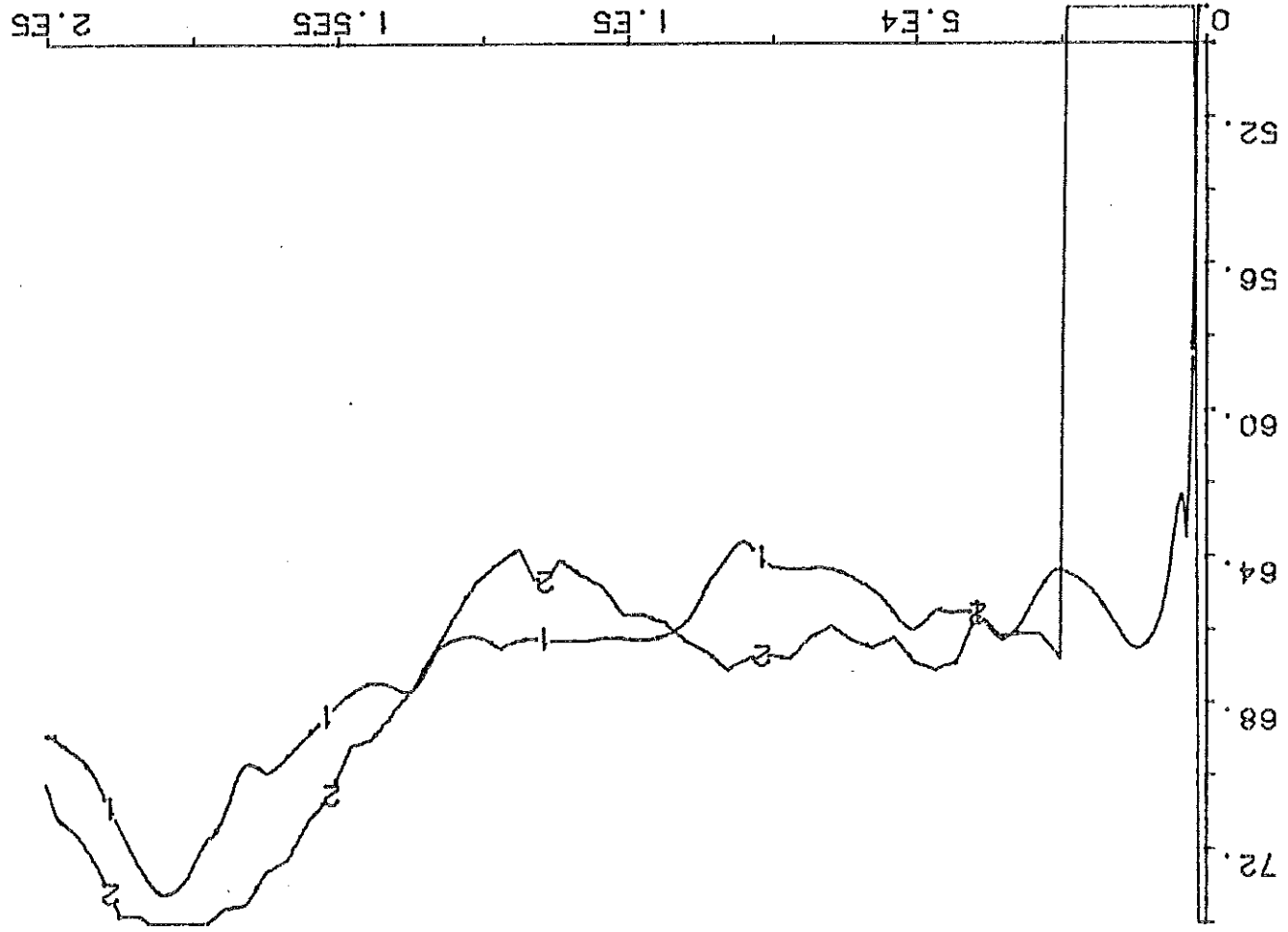
800222 [2]

80.11.17 - 22:21:04 NR: 4
 "COPY" RETURTEMP. KARSKAR



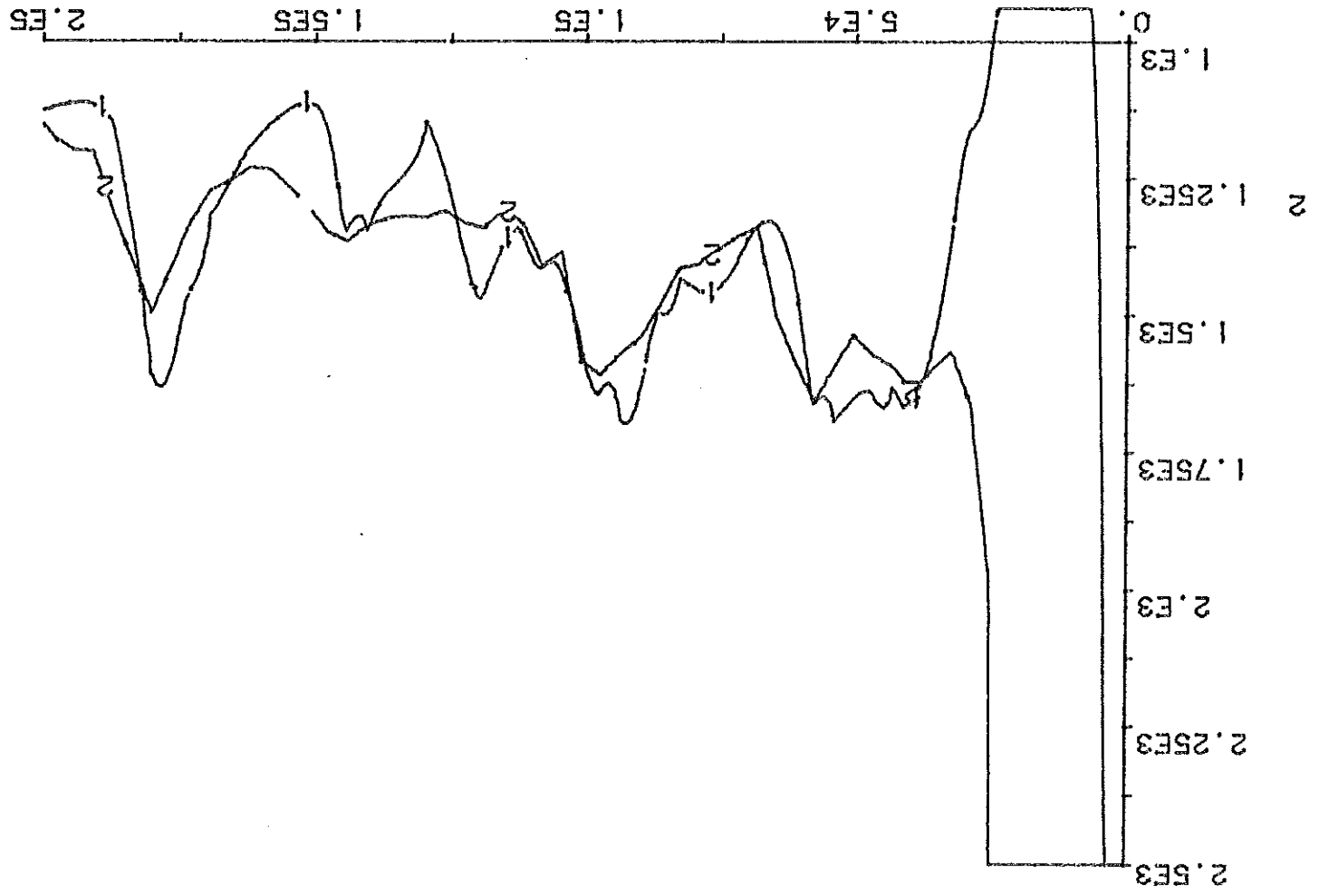
MODELL [1]

80.11.17 - 22:31:18 NR: 6
 HCOPY® FLØDE KARSKAR 800128 [2]

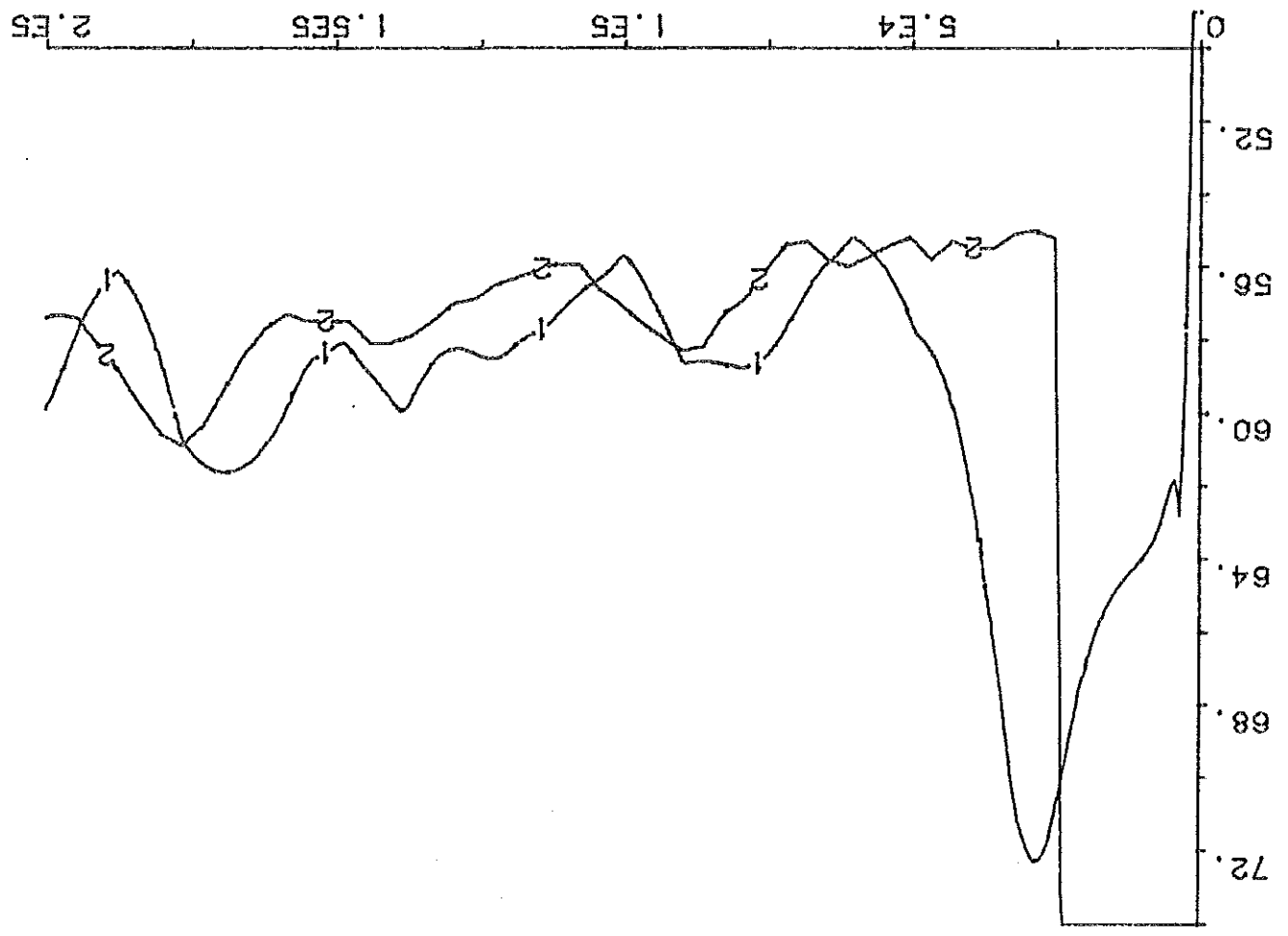


MODELL [1]

80.11.17 - 22:16:34 NR: 3
 HCOPY# RETURTEMP. KARSKAR 800128 [2]



80.11.17 - 22:41:55 NR: 9
 HCOPY# FLODE KARSKAR 800602 [2] MODEL [1]



80.11.17 - 22:25:50 NR: 5
 HCOPIY# RETURTEMP. KARSKAR 800602 [2] MODEL [1]

```

" SIMULERING AV SAVLE FJARRVARMENAT M.H.A. EN ENKEL MODELL.
" MODELLEN BESTAR AV ETT ABONNEMENTOMRADE (AB10) , MATNINGSROR
" TILL DITO OCH EN PUMP (PUMPK).ABONNEMENTOMRADET (AB10) MOTSVARAR
" I VERKLIGHETEN ALLA ABONNENTER I NATET SAMT DEN RORSTRUKTUR
" SOM INTE AR MATNINGSROR.
"
" CP = VATTNETS VARMEKAPACITIVITET [J/KG/K]
" MD1 = ISOLERINGENS K-VARDE [1/S]
" PROR = FORLUSTEFFEKT I MATNINGSROREN [KW]
" PMAT = DEN EFFEKT SOM KARSKAR SKICKAR UT [KW]
" V = MATNINGSRORENS HALVA VOLYM [M*M*M]
" Z1,Z2, . = ENERGIPRISER [KR/KWH]
"
CONNECTING SYSTEM DIST7
"
" SUBSYSTEM:IFILE DE RAMP AB20 PIPE1 PIPE2 BER PUMPK TDEL1 DELAY
"
TIME T
"
" INLASNING AV UTETEMPERATUR , FRAMLEDNINGSTEMPERATUR OCH DIFFTRYCK.
"
UFIL[DEI]=C6[IFILE]
TFIL[DEJ]=C2[IFILE]
DFIL[DEJ]=C3[IFILE]
"
UFIL[RAMP]=C6[IFILE]
TFIL[RAMP]=C2[IFILE]
DFIL[RAMP]=C3[IFILE]
"
UDE[RAMP]=U[DEJ]
TDE[RAMP]=T[DEJ]
DDE[RAMP]=D[DEJ]
"
" FLODE IFRAN AB10
"
QK=SF[AB10]
"
" INPARAMETRAR TILL AB10.C[IFILE] ANGER TIDEN PA DYGNET.
"
UTE[AB10]=UTE[RAMP]
TFF[AB10]=TFP[PIPE1]
A=C[IFILE]
FSW[AB10]=IF A>4 AND A<8 THEN WWW ELSE IF A>17 AND A<21 THEN WWW ELSE 0.25
WWW=1.0
SI[AB10]=IF A>21 OR A<6 THEN NSS ELSE 0
NSS=2.5
FSS[AB10]=1
"
" VATTNETS INTEMPERATUR TILL MATNINGSRORET PA FRAMLEDNINGSSIDAN
"
U1[DELAY]=TF[RAMP]
TD1[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]
"
" VATTNETS INTEMPERATUR TILL MATNINGSRORET PA RETURSIDAN
"
U2[DELAY]=TF[RAB1]
TD2[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]
"

```



```
" FORDROJER INSIGNALEN DT SEKUNDER
"
" DISCRETE SYSTEM DE
"
" STATE U TT D
"
" NEW NU NTT ND
"
" INPUT UFIL TFIL DFIL
"
" TIME T
" TSAMP TS
"
" INITIAL
" U:-20
" TT:120
" D:2800
"
" DYNAMICS
"
" NU=UFIL
" NTT=TFIL
" ND=DFIL
"
" TS=T+DT
"
" DT:3600
"
" END
```

```
" RAMP MJUKAR UPP EN FYRKANTSIGNAL DVS X(T) OCH X(T+1) FORBINDS
" MED EN RAT LINJE
" CONTINUOUS SYSTEM RAMP
"
" STATE UTE TF DIFF
" DER DUTE DTF DDIFF
"
" INPUT UFIL TFIL DFIL UDE TDE DDE
"
" INITIAL
" UTE:-20
" TF:120
" DIFF:2800
"
" DYNAMICS
"
" DUTE=(UFIL-UDE)/DT
" DTF=(TFIL-TDE)/DT
" DDIFF=(DFIL-DDE)/DT
"
" DT:3600
"
" END
```

```
CONTINUOUS SYSTEM PIPE1
STATE TRP1
DER DTRP1
INPUT HELP1
INITIAL
TRP1:120
DYNAMICS
DTRP1=K1*(HELP1-TRP1)
K1:1E-3
"
END
```

```
CONTINUOUS SYSTEM PIPE2
STATE TRP2
DER DTRP2
INPUT HELP2
INITIAL
TRP2:120
DYNAMICS
DTRP2=K1*(HELP2-TRP2)
K1:1E-3
"
END
```

```
DISCRETE SYSTEM BER
STATE KOST
NEW NKOST
INPUT ACKKOST
TIME T
TSAMP TS
DYNAMICS
NKOST=KOST+ACKKOST*DT/3600
TS=T+DT
DT:500
END
```

9.

Optimering

Hur skall systemet köras för att minimera kostnaderna för driften?

Kravet är att abonnenterna skall kunna ta ut den effekt de vill ha. Vi illustrerar minimeringen med ett exempel:

Antag att effektbehovet i systemet är P (MW), dvs kraftvärmeverket måste skicka ut minst P (MW). Detta kan göras i princip med två "extremkörningar" och alla kombinationer däremellan;

Extremkörning 1; Vattnet värms upp i värmeverket till en sådan temperatur att abonnenterna begär fullt flöde (deras reglerventiler är helt öppna) och P uppnås.

Extremkörning 2; Värmeverket skickar ut den högsta temperatur man kan ge.

Fördelen med körning 1 är att kulvertförlusterna blir minimala (stort flöde, låg framledningstemperatur). Nackdelen är att pumpeffekten blir stor.

I körning 2 är det precis tvärtom. Pumpeffekten är liten och kulvertförlusterna blir större än ovan (litet flöde, hög framledningstemperatur). Nämnas kan också att verkningsgraden i abonnentens värmeväxlare minskar vid små flöden.

Förmodligen ligger kostnadsminimum någonstans mittemellan extremkörning 1 och 2.

Var det ligger beror på priset för

- Uppvärmning i värmeverk/kraftvärmeverk
- Pumpning
- Kulvertförluster

Det gäller alltså att hitta sambandet mellan framledningstemperatur, diffstryck och effektbehov som ger kostnadsminimum. Genom att simulera fjärrvärme-systemet med hjälp av en modell som är anpassad till verkligheten kan detta samband tas fram. Giltigheten av resultaten beror givetvis på modellens kvalitet.

Själva minimeringen kan indelas i en statisk och en dynamisk del. Vid den statistiska minimeringen hålles effektbehovet konstant och man tar fram den gynnsammaste framledningstemperaturen. Detta kan då göras för olika effektbehov.

Vid dynamisk minimering varierar effektbehovet. Jämfört med den statiska tages det då även hänsyn till att det viss tar tid för vattnet att nå abonnenterna. Denna tid är olika för olika abonnenter. Det innebär att man måste veta effektbehovet i förväg för att kunna "ligga rätt" med framledningstemperaturen. Förutsägning av effektbehovet kan göras med någon form av prediktion.

Anm. angående kostnadsminimum.

Vi har ovan bara nämnt hur man minimerar kostnadsmässigt. Men om energipri- serna viktas lika för uppvärmning, pumpning och kulvertförluster minimerar man med andra ord energin istället.

Anm. angående "extremkörningar".

1. I princip styr utetemperaturen effektbehovet hos abonnenterna. Kraftvär- meverket har därför oftast ett leveranskrav, dvs man måste hålla en minsta framledningstemperatur vid en viss utetemperatur.
2. Flödet i systemet får inte bli för lågt eftersom detta försvårar flödesför- delningen till abonnenterna.

Vi visar nedan en statisk optimering för några olika belastningsfall.

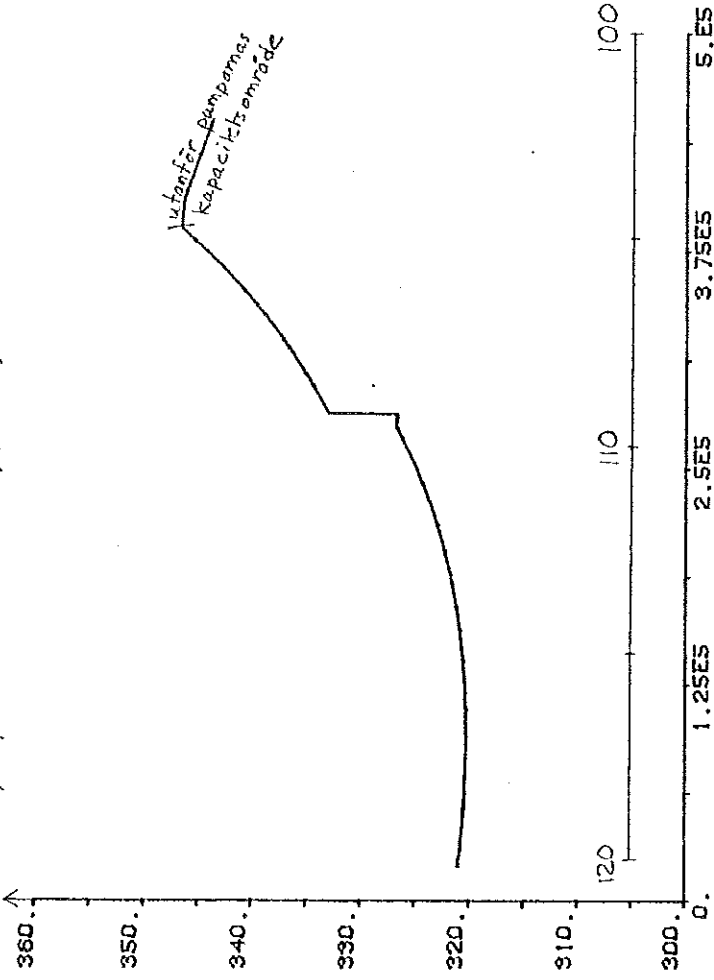


Program

Vid optimeringarna använder vi programmet DIST8 med tillhörande delprogram. För att få fram ett eventuellt kostnadsminimum har vi svept framledningstemperaturen i princip ifrån lägsta körbara till högsta med konstant utetemperatur. Difftrycket antar samma värde som ledvärdet gör i dagsläget i Gävle, dvs ett uttryck av typen $DIFF = K1 + K2 * Q^2$ (se program DIST8).

Plottarna nedan åskådliggör hur kostnaden för pump och rörförluster per timme, varierar med framledningstemperaturen för olika utetemperaturer (-15, 0 och +15°C). För varje utetemperatur har två körningar gjorts, där vi i ena fallet har k_y, k_l enligt anpassning sid 52 och i det andra fallet $k_y = 4,5$ har dessa ökat med en faktor 5. På en del plottar finns ett litet "steg". Detta steg motsvarar att man i Karskär kör igång ytterligare en pump. Vid för låga framledningstemperaturer klarar pumparna i Karskär inte av det höga flöde som krävs på grund av att difftrycket blir för högt, vilket syns i plott nr 7. För att testa priskänsligheten har vi för samma belastningsfall (utetemp. = 0) satt olika elpriser (se plott nr 4 och 8). Detta får givetvis konsekvenser för både driftskostnad/h och läget för kostnadsminimum. Gemensamt för plottarna är att kostnadsminimum är flackt ur matematisk synpunkt. Men ur ekonomisk synpunkt medför en längre tids körning ifrån ovan nämnda minima en icke försumbar extrakostnad. Fig 9.1 visar optimal framledningstemperatur som funktion av utetemperatur.

HCOOPY ' UTETEMP--15 ENERGIKOSTNAD/KWH , EL,0.10 KR VARME,0.07 KR
 Kostnad för pump och rörförluster /h (kr)

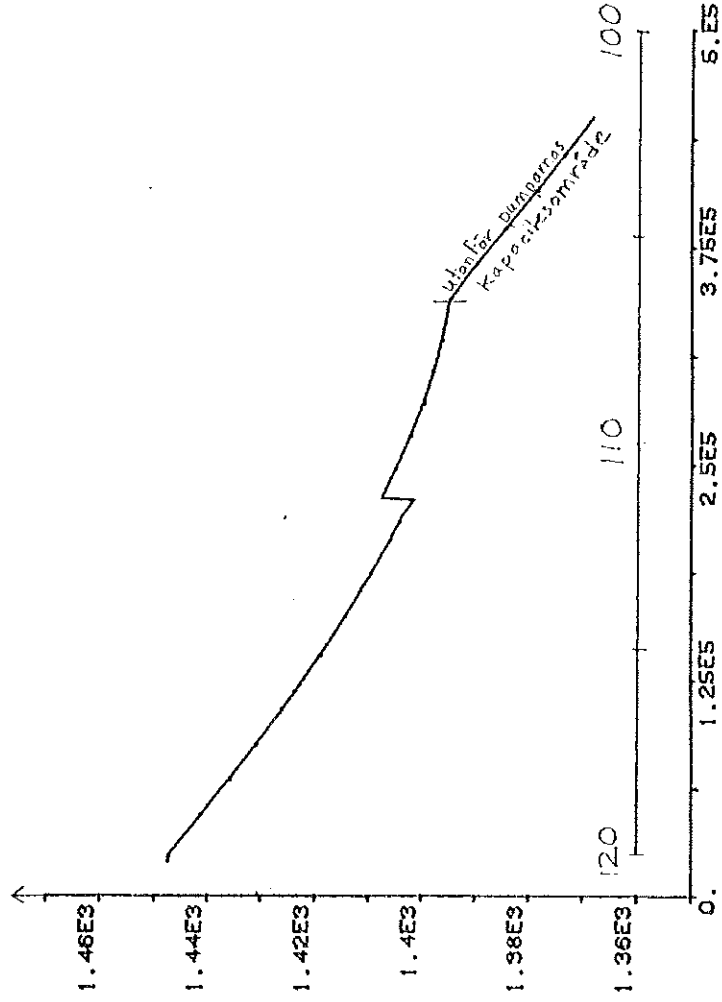


$K_V = 0.8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

$K_L = 18.4 \text{ kW/K}$

(°C) framledningstemperatur

Kostnad för pump och rörförluster /h (kr)

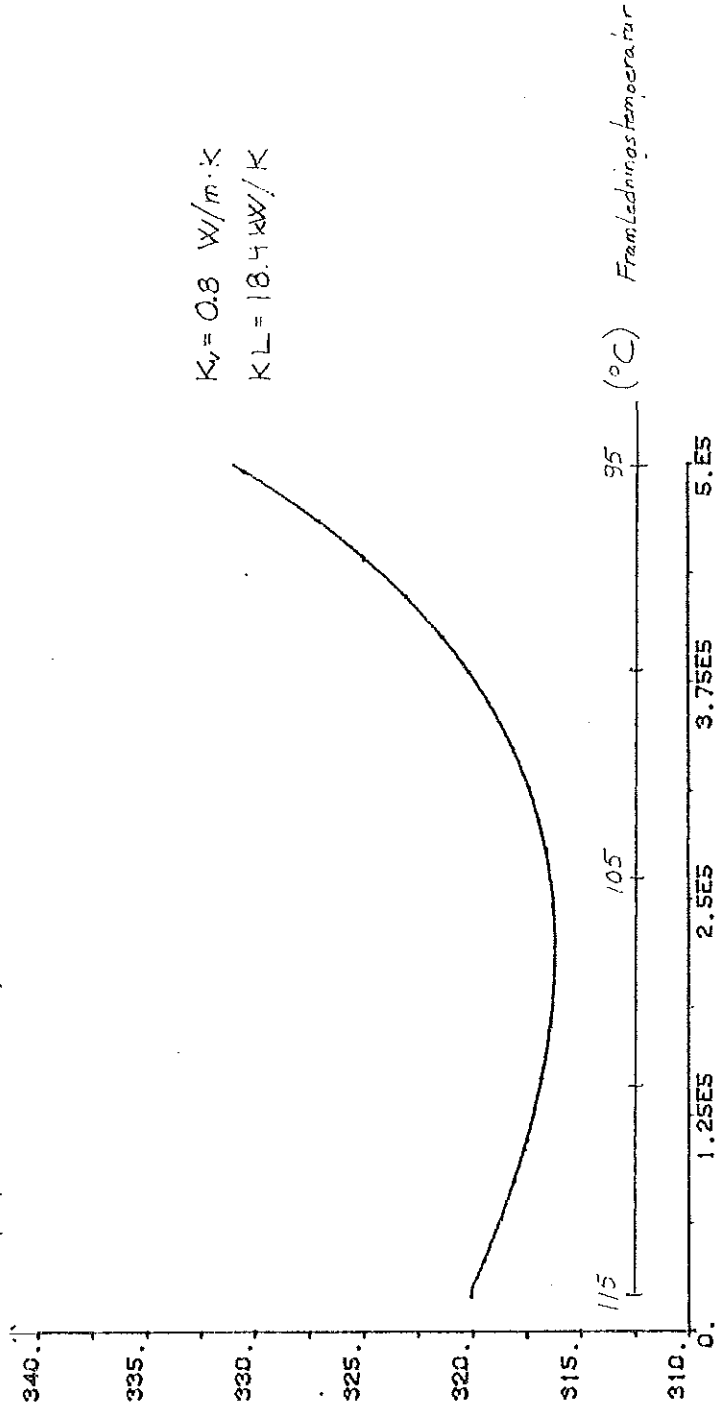


$K_V = 4.0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

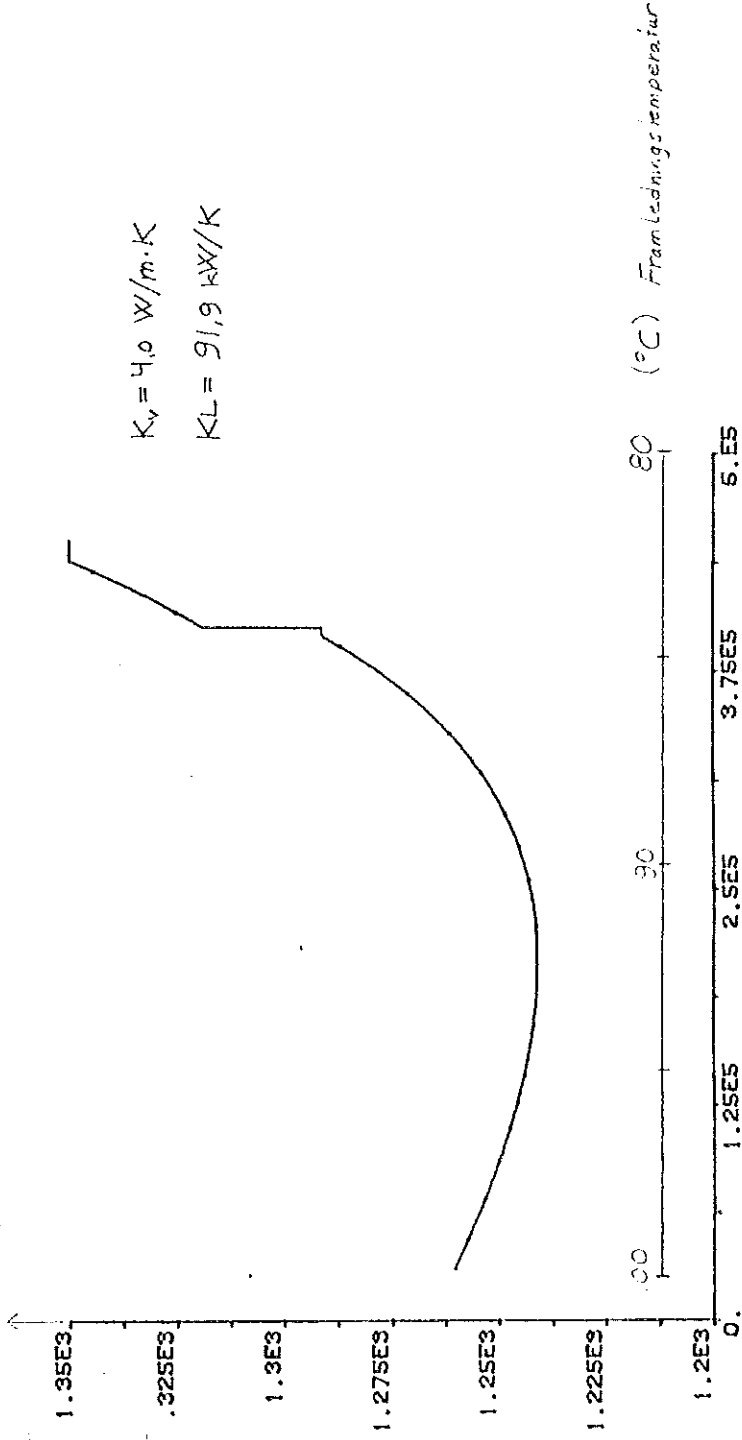
$K_L = 91.9 \text{ kW/K}$

(°C) framledningstemperatur

HCOOPY ' UTETEMP=0 ENERGIKOSTNAD/KWH , EL,0.20 KR VARME,0.07 KR
 Kostnad för pump och rörförluster/h (kr)

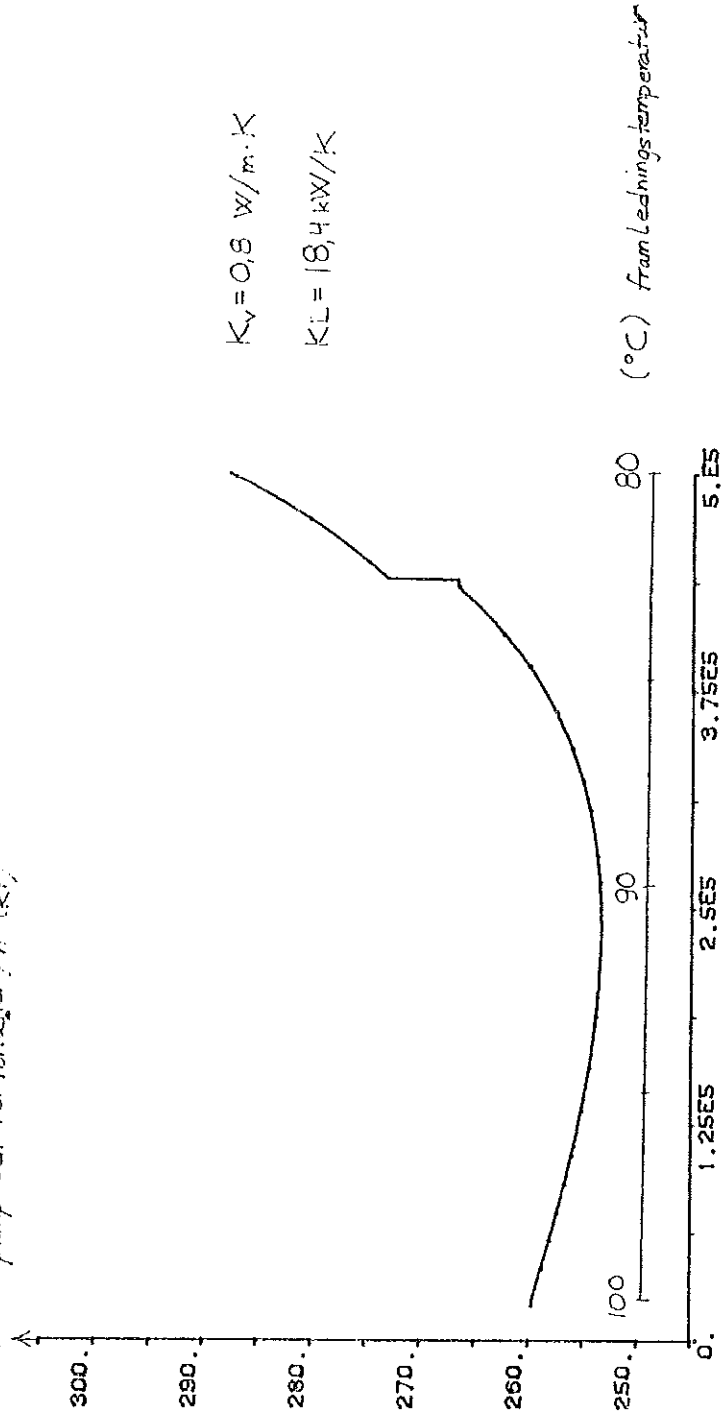


Kostnad för pump och rörförluster/h (kr)

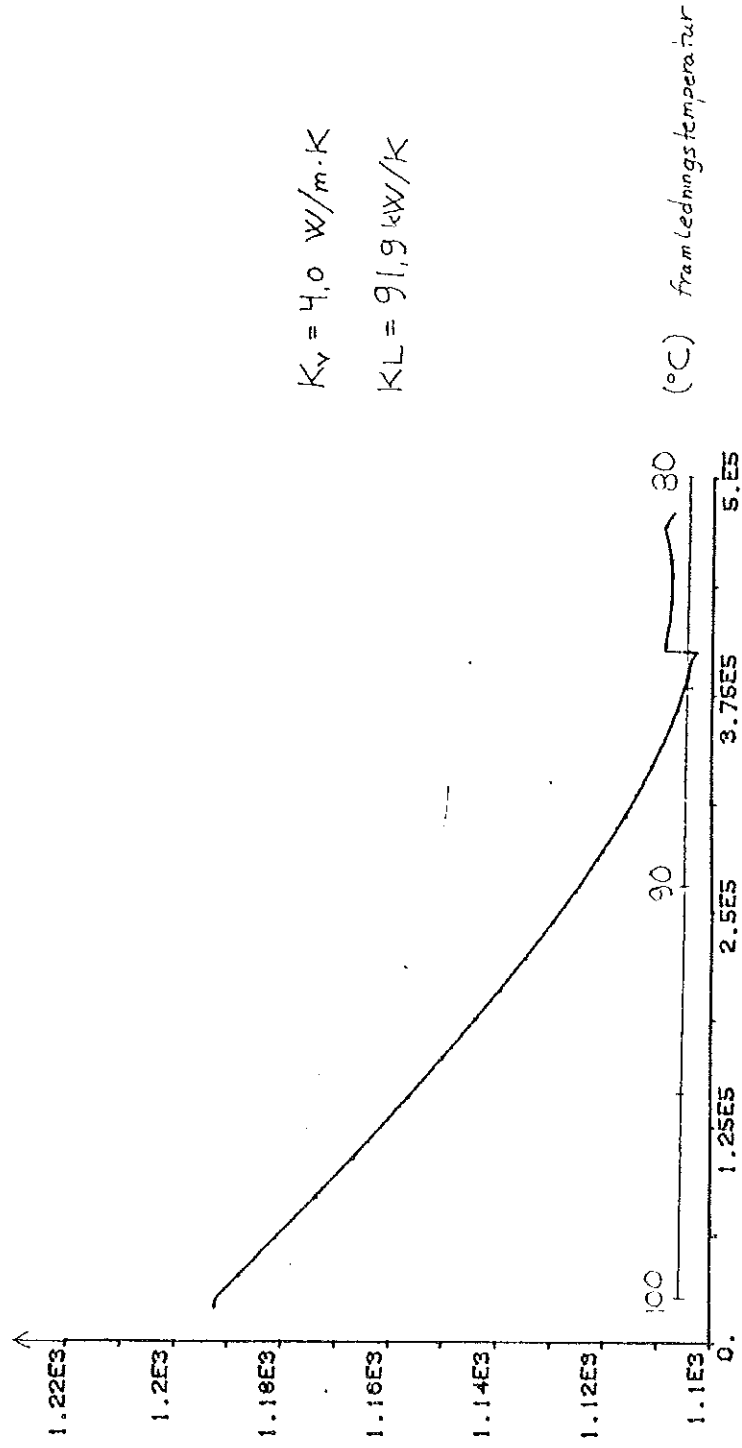


HCOPIY * UTETEMP=0 ENERGIKOSTNAD/KWH , EL,0.1 KR VARME,0.07 KR

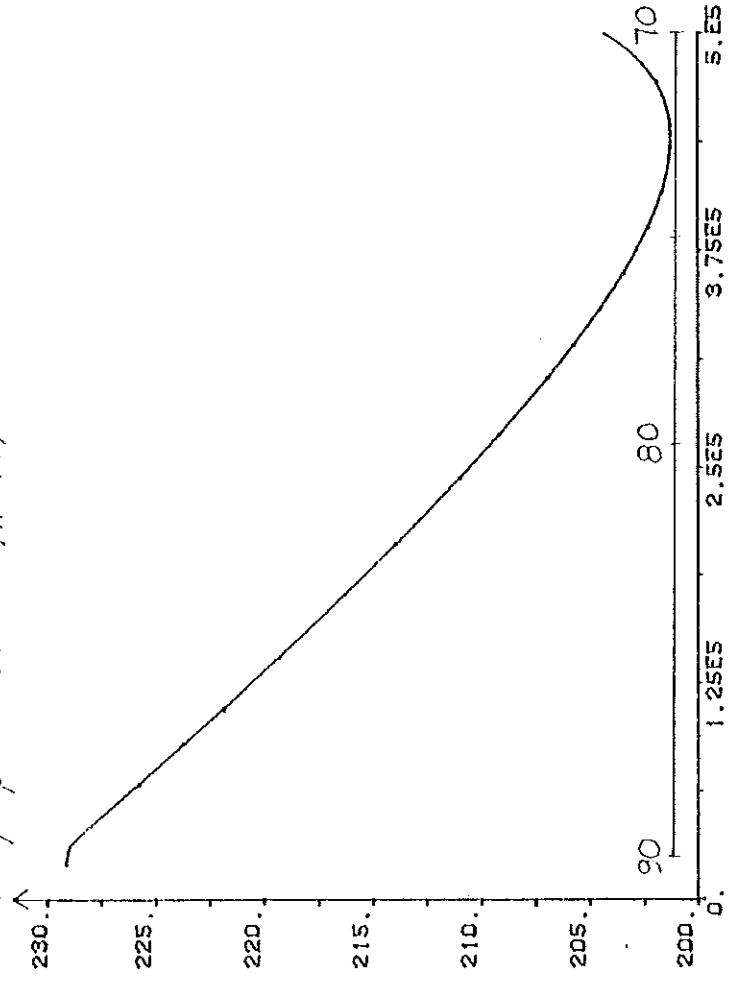
Kostnad för pump och rörförluster / h (kr)



Kostnad för pump och rörförluster / h (kr)



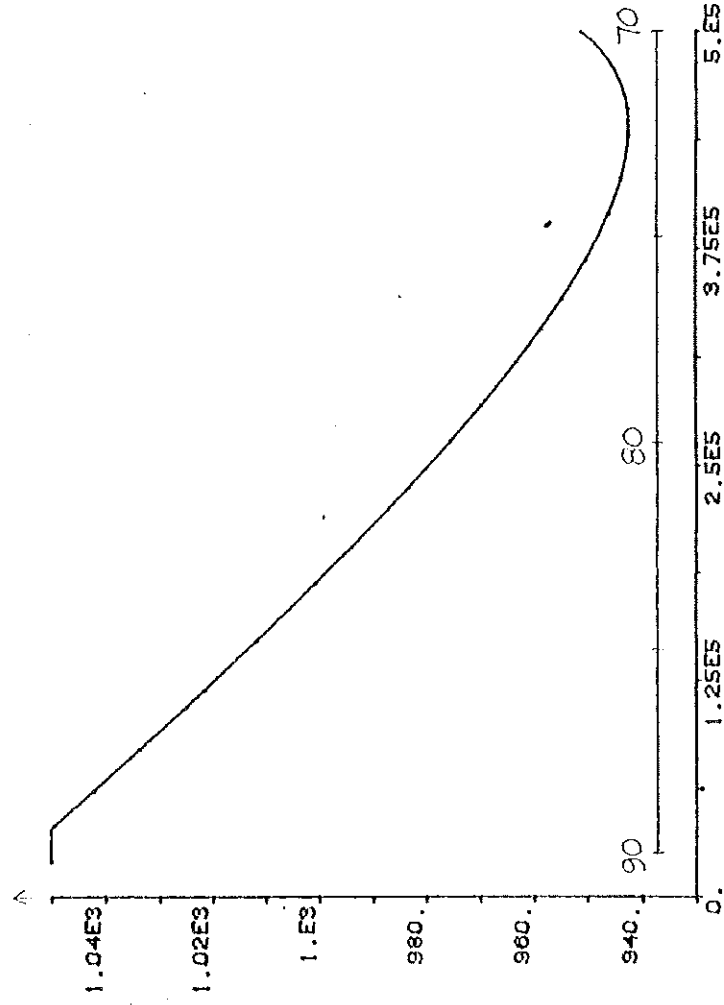
HCOOPY ' UTETEMP=15 ENERGIKOSTNAD/KMH , EL,0.1 KR VARME,0.07 KR
 Kostnad för pump och rörförluster/h (kr)



$$K_v = 0.8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$K_L = 18.4 \text{ kW/K}$$

Kostnad för pump och rörförluster/h (kr)



$$K_v = 4.0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$$

$$K_L = 91.9 \text{ kW/K}$$

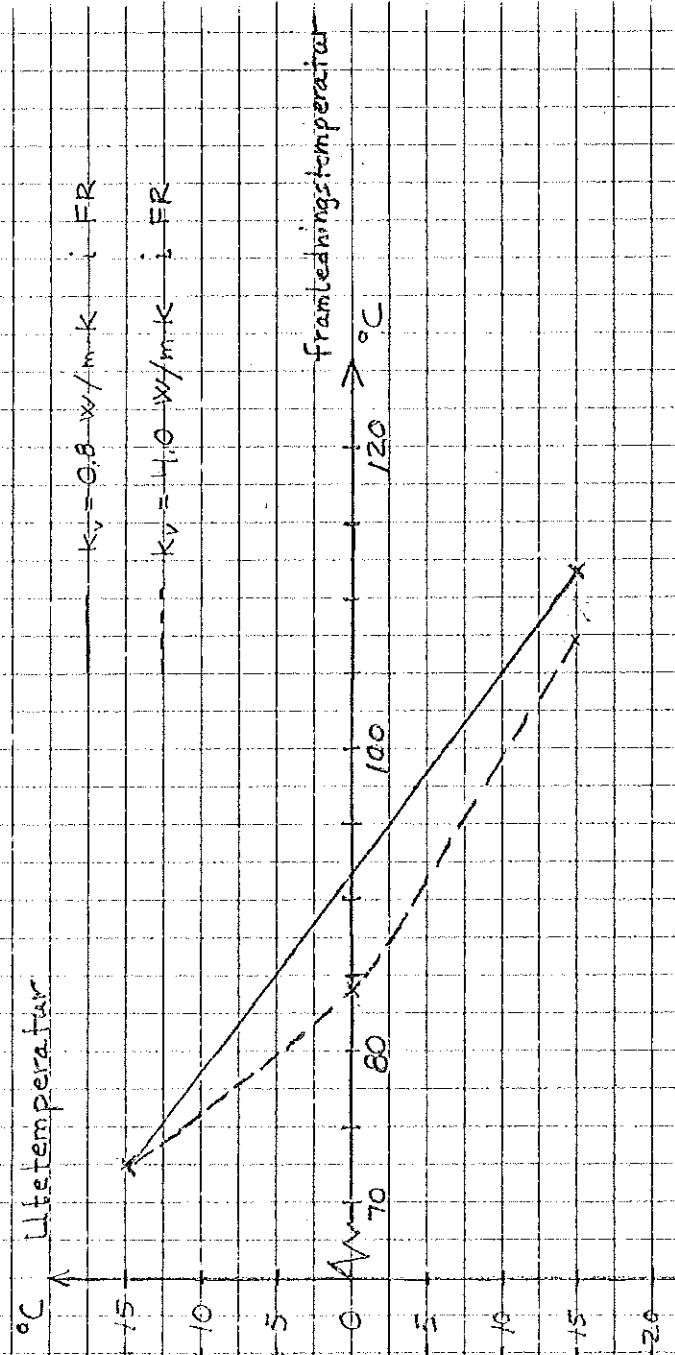


fig 9. Figuren är en sammanställning av de simuleringar som är utförda med priserna $EL = 0.10 \text{ kr}$ och $VÄRME = 0.07 \text{ kr}$. Observera att kurvan endast har tre framsimulerade punkter.

```

CONNECTING SYSTEM DIST8
"
"SUBSYSTEM: AB20 PIPE1 PIPE2 BER PUMPK TDEL1 DELAY
"
" TIME T
"
QK=SFP[AB20]
"
TUTE[AB20]=UTE
TFF[AB20]=TFP1[PIPE1]
NS[AB20]=0
FSW[AB20]=WWW
FSS[AB20]=1
"
TFFF=IF T>TAUF THEN MAX(70,TF-RAMP*(T-TAUF)) ELSE TF
U1[DELAY]=TFFF
TD1[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]
"
U2[DELAY]=TFR[AB20]
TD2[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]
"
U3[DELAY]=QK
TD3[DELAY]=T-TAU1[TDDEL1]
"
TF1=IF T>TAUO THEN Y1[DELAY] ELSE TF
HELP1[PIPE1]=5+(TF1-S)*EXP(-TAU1[TDDEL1]*M01)
"
TR1=IF T>TAUO THEN Y2[DELAY] ELSE TFR[AB20]
HELP2[PIPE2]=5+(TR1-S)*EXP(-TAU1[TDDEL1]*M01)
TR=TRP2[PIPE2]
"
Q1[TDDEL1]=QK
QDEL1[TDDEL1]=IF T>TAUO THEN Y3[DELAY] ELSE QK
"
GPU[PUMPK]=QK
DIFF[PUMPK]=1.27+8.3E-7*QK*QK
ANT[PUMPK]=IF QK>3800 THEN 2 ELSE 1
"
"KOSTNADSBERAKNINGAR
"
PROR1=KV*L*(TFFF-5)
PROR2=KV*L*(TR-5)
PROR=PROR1+PROR2+PKULV[AB10]
ACKKOST[BER]=Z1*PROR+Z2*PIN[PUMPK]

S=PKULV[AB20]
TAUO:4000
TAUF:10000
M01:2.2E-6
V:2714
Z1:0.07
ZZ:0.10
CP:4.18E3
UTE:0
WWW:0.4
RAMP:SE-4
KV:0.8
L:5500
END

```

A = TID PA DYGNET
B = FRAMLEDNINGSTEMP. KARSKAR
C = DIFFTRYCK KARSKAR
D = FLODE KARSKAR
E = TEMP.
F = TEMP.
G = TEMP.
H = DIFFTRYCK PIPER
I = FRAMLEDNINGSTEMP. PIPER
J = RETURTEMP. PIPER
K = FLODE PIPER
L = RETURTEMP. KARSKAR
M = PUMPEFFEKT KARSKAR
N = DIFFTRYCK SATRA
O = DIFFTRYCK ANDERSBERG

VARDEN HÅMTADE IFRAN DRIFTS-PROTOKOLL (GAYLE) MED BÖR JAN 800222

A	B	C	D	E	F	G
17	98.8	6.67	2314	1.90	3.03	1.58
18	98.8	7.16	2443	0.18	1.57	-0.66
19	98.9	6.63	2316	-0.59	0.34	-2.12
20	98.4	7.18	2481	-1.49	-0.32	-2.69
21	98.8	6.90	2440	-2.52	-1.13	-3.38
22	99.2	6.40	2350	-3.32	-2.08	-4.34
23	98.8	5.49	2139	-4.04	-2.93	-4.98
00	99.0	6.17	2263	-4.76	-3.75	-5.77
01	98.6	6.04	2339	-5.62	-5.05	-6.66
02	98.7	7.01	2469	-6.39	-5.40	-7.75
03	98.7	7.00	2503	-6.98	-5.87	-8.13
04	98.9	8.32	2645	-6.97	-5.53	-8.19
05	98.5	7.97	2640	-7.18	-5.63	-8.22
06	98.3	9.06	2900	-7.23	-5.73	-8.37
07	98.2	9.98	3160	-7.38	-6.11	-8.56
08	98.2	10.15	3221	-7.26	-5.93	-8.49
09	98.4	10.20	3182	-6.54	-4.57	-7.31
10	98.5	9.48	2891	-4.84	-2.60	-5.56
11	98.5	8.68	2767	-3.76	-0.75	-3.58
12	98.7	7.69	2457	-1.20	1.95	-1.57
13	99.0	6.62	2249	0.69	3.70	0.66
14	99.0	6.54	2183	2.06	4.76	2.16
15	98.6	6.18	2061	2.63	5.28	2.50
16	98.7	5.40	2075	2.45	4.30	1.93
17	98.4	6.74	2283	1.00	1.89	-0.02
18	98.4	6.55	2353	0.33	1.00	-1.49
19	98.2	6.50	2367	-0.71	0.31	-2.20
20	98.7	6.49	2376	-1.23	-0.09	-3.01
21	98.6	7.24	2549	-2.20	-1.11	-3.90
22	98.7	6.94	2370	-4.20	-2.60	-4.76
23	98.4	6.18	2258	-5.70	-2.71	-6.45
00	98.5	6.59	2329	-7.49	-5.06	-7.44
01	98.4	7.03	2454	-7.25	-6.57	-8.35
02	98.4	7.59	2530	-7.56	-7.12	-8.49
03	98.3	8.30	2670	-8.09	-8.58	-9.28
04	98.5	8.52	2702	-8.91	-8.72	-9.65
05	98.2	9.32	2872	-10.11	-8.45	-10.15
06	99.0	9.91	3124	-9.7	-9.09	-11.20
07	99.1	11.64	3445	-10.19	-9.71	-11.20
08	99.0	11.63	3420	-9.48	-8.11	-11.16
09	99.1	10.52	3182	-7.79	-5.14	-8.15
10	99.0	9.79	2903	-3.76	-1.92	-4.78
11	99.1	7.57	2510	-2.23	0.80	-1.90
12	99.8	7.59	2359	0.84	4.33	0.84
13	99.6	6.18	2069	3.18	6.69	3.14
14	99.5	5.81	1946	4.93	9.02	5.30
15	99.9	5.93	1883	6.20	9.18	6.08
16	99.6	5.43	1850	6.34	8.76	5.84
17	99.5	5.34	1996	5.71	4.87	2.32
18	99.5	5.82	2137	1.50	2.54	-0.54
19	99.4	5.71	2190	0.24	0.93	-2.34
20	99.4	6.76	2387	-0.77	-0.00	-3.57
21	99.4	6.75	2388	-2.13	-0.87	-4.61
22	99.4	6.85	2350	-3.11	-1.81	-5.80
23	98.4	5.58	2132	-3.91	-2.77	-6.28
00	98.5	6.47	2308	-4.84	-3.85	-7.11
01	99.0	7.11	2403	-5.35	-4.13	-7.40
02	99.1	7.35	2473	-5.92	-4.70	-8.11
03	98.1	7.88	2630	-6.66	-5.38	-8.35
04	98.8	8.56	2681	-6.99	-5.91	-9.20
05	98.9	8.42	2702	-7.38	-6.46	-9.34

VARDEN HANTADE IFRAN DRIFTSPROTOKOLL (GAVLE) MED BORJAN 800222

A	H	I	J	K	L	D	M	N	O
17	3.86	97.8	59.2	1807	60.5	2314	791	1.07	2.46
18	4.03	97.8	58.8	1926	60.1	2443	866	0.91	2.38
19	3.78	97.5	59.1	1823	60.0	2316	795	1.19	2.31
20	3.93	97.6	59.6	1954	59.3	2481	881	0.86	2.26
21	3.81	97.6	60.2	1914	60.0	2440	845	1.00	2.16
22	3.51	98.0	60.5	1829	60.9	2350	784	0.95	2.04
23	3.06	97.8	59.7	1698	61.2	2139	674	0.77	1.69
00	3.49	98.1	60.1	1793	61.7	2263	749	0.91	2.00
01	3.23	97.8	60.2	1842	61.1	2340	757	0.73	1.64
02	3.86	97.9	61.5	1944	61.8	2469	862	0.90	2.17
03	3.79	97.9	62.1	1976	62.0	2503	871	0.79	2.15
04	4.74	97.8	63.2	2083	63.1	2645	1003	1.00	2.92
05	4.42	97.8	63.7	2076	63.5	2640	977	0.93	2.59
06	4.86	98.3	63.9	2273	64.5	2900	1132	1.03	2.97
07	5.01	98.0	64.0	2450	65.1	3160	1616	0.97	2.77
08	5.00	97.6	63.7	2473	64.9	3221	1639	1.02	2.68
09	5.23	97.7	62.8	2453	64.8	3182	1631	1.04	3.00
10	5.34	97.6	61.9	2298	63.9	2891	1558	1.24	3.51
11	4.78	97.8	60.3	2194	63.1	2767	1070	1.21	3.22
12	4.53	97.3	59.8	1973	62.0	2457	904	1.34	3.24
13	3.92	97.7	60.1	1795	61.9	2249	773	1.28	2.90
14	4.03	97.7	59.1	1725	60.7	2183	749	1.44	3.04
15	3.84	97.8	58.9	1639	60.0	2061	696	1.43	2.96
16	3.12	97.9	59.1	1653	59.6	2075	652	0.87	2.15
17	4.01	98.0	59.1	1773	59.8	2283	793	1.31	2.89
18	3.65	97.3	59.0	1826	59.4	2353	800	0.96	2.36
19	3.57	97.6	59.2	1844	60.1	2367	808	0.80	2.25
20	3.55	97.4	59.4	1879	59.9	2376	805	0.79	2.16
21	3.95	97.3	60.0	1997	60.3	2549	899	0.90	2.49
22	3.99	97.2	59.3	1894	60.8	2370	833	1.15	2.57
23	3.51	97.5	60.8	1784	61.2	2258	749	0.80	2.10
00	3.72	98.0	61.1	1872	61.3	2328	797	0.87	2.17
01	3.95	97.7	60.9	1920	62.0	2454	857	0.82	2.28
02	4.27	97.6	62.0	1992	62.1	2530	918	0.85	2.58
03	4.65	97.1	63.1	2093	62.6	2670	1004	0.89	2.83
04	4.78	97.3	63.8	2124	63.8	2702	1030	0.91	2.99
05	5.15	97.7	64.2	2277	64.4	2872	1142	0.98	3.05
06	5.06	97.2	64.6	2434	65.3	3124	1274	0.76	2.65
07	5.84	98.2	65.1	2650	65.8	3447	1859	0.90	3.02
08	5.83	98.4	65.5	2659	66.4	3419	1846	1.00	3.00
09	5.49	98.4	65.0	2480	66.7	3182	1676	1.17	3.23
10	5.58	98.6	63.6	2269	65.7	2903	1616	1.60	3.85
11	4.31	98.4	61.6	1974	65.1	2510	909	1.34	3.00
12	4.70	98.3	60.2	1882	63.7	2359	865	1.70	3.51
13	3.85	98.6	59.5	1647	61.9	2069	695	1.49	2.84
14	3.73	99.0	59.8	1535	61.0	1946	641	1.35	2.90
15	3.91	98.4	59.3	1460	60.6	1863	631	1.73	3.34
16	3.52	98.5	59.5	1442	61.3	1850	593	1.51	2.90
17	3.22	98.8	59.2	1570	60.7	1996	622	0.96	2.15
18	3.39	98.8	58.8	1646	60.4	2137	690	0.99	2.24
19	3.14	98.3	58.6	1742	59.8	2190	705	0.70	1.85
20	3.79	98.6	59.8	1886	59.9	2387	824	0.94	2.42
21	3.76	98.6	60.1	1903	60.2	2388	825	1.00	2.37
22	3.93	98.3	60.4	1872	60.6	2350	817	1.09	2.59
23	3.18	98.4	59.5	1701	61.3	2132	676	0.86	1.97
00	3.70	98.9	60.1	1828	61.8	2307	774	0.95	2.36
01	4.11	97.4	60.7	1906	61.4	2403	850	0.96	2.77
02	4.24	97.7	62.3	1917	62.3	2473	881	0.93	2.74
03	4.37	97.9	62.7	2057	63.0	2630	960	0.83	2.74
04	4.87	97.7	63.6	2106	64.1	2681	1022	1.00	3.25
05	4.67	97.7	64.6	2151	64.7	2702	1023	1.01	2.88

VARDEN HANTADE IFRAN DRIFTSPROTOKOLL (GAVLE) MED BORJAN 800128

A	B	C	D	E	F	G
15	102.3	10.51	3483	-10.1	-9.5	-11.6
16	100.7	12.52	3773	-10.4	-10.3	-12.4
17	102.9	11.96	3519	-10.3	-9.3	-11.5
18	103.6	11.79	3474	-11.0	-9.2	-12.5
19	103.9	12.13	3476	-10.6	-10.0	-12.6
20	102.5	10.51	3127	-9.1	-8.4	-11.0
21	104.3	9.83	3003	-8.9	-8.5	-10.5
22	103.8	8.84	2812	-9.0	-8.5	-10.7
23	102.6	8.21	2699	-9.2	-8.9	-11.2
00	103.8	8.09	2693	-9.9	-8.6	-11.7
01	104.4	8.14	2723	-9.8	-9.1	-11.7
02	104.1	8.15	2745	-9.2	-9.6	-11.8
03	104.2	8.21	2672	-9.1	-8.6	-11.0
04	104.4	8.21	2687	-10.1	-8.8	-12.0
05	105.0	8.68	2837	-10.2	-9.7	-12.5
06	103.3	8.98	3013	-10.3	-9.5	-12.6
07	104.1	10.31	3342	-10.7	-9.1	-12.5
08	103.8	11.30	3470	-10.0	-8.5	-11.5
09	104.7	10.89	3387	-10.1	-8.6	-11.5
10	108.7	10.97	3312	-9.8	-8.4	-11.4
11	109.7	9.22	2869	-8.6	-7.3	-10.1
12	105.5	8.33	2694	-7.1	-6.2	-8.0
13	105.5	7.36	2619	-7.0	-6.2	-7.8
14	99.5	8.22	2918	-7.8	-7.2	-8.5
15	100.1	9.10	3137	-8.1	-7.8	-9.0
16	107.1	9.55	3348	-9.2	-9.3	-10.4
17	106.7	10.26	3432	-10.3	-10.3	-11.5
18	108.9	10.23	3173	-11.0	-10.7	-12.0
19	108.2	9.89	3113	-12.2	-11.0	-13.1
20	109.3	9.85	3131	-12.7	-12.2	-14.4
21	110.0	9.83	3132	-13.1	-12.5	-15.2
22	111.0	9.86	3092	-13.5	-13.9	-18.4
23	114.1	8.94	2871	-14.1	-16.0	-20.6
00	115.0	9.05	2929	-16.3	-17.3	-21.8
01	116.1	9.12	2873	-17.4	-18.4	-22.4
02	116.5	9.13	2880	-18.1	-19.4	-22.8
03	115.2	9.16	2934	-20.2	-20.5	-23.8
04	115.7	9.45	2993	-21.1	-21.0	-24.4
05	116.7	9.61	3058	-22.0	-22.3	-25.6
06	115.4	10.9	3405	-22.7	-23.4	-26.6
07	114.6	12.6	3815	-23.2	-21.6	-26.1
08	114.2	13.03	3972	-23.2	-22.3	-26.0
09	113.7	13.7	4000	-23.1	-21.9	-25.7
10	115.8	8.05	3643	-20.9	-19.4	-24.0
11	113.6	9.8	3845	-17.9	-16.6	-21.2
12	115.3	8.7	3567	-15.4	-12.8	-18.3
13	113.3	8.03	3355	-14.7	-13.2	-17.4
14	113.8	6.06	3090	-12.1	-11.1	-15.2
15	111.5	6.16	3248	-14.2	-15.1	-16.7
16	113.2	6.66	3366	-16.8	-18.5	-19.7
17	113.6	7.22	3454	-18.5	-19.4	-21.6
18	113.8	8.28	3534	-19.6	-20.5	-23.2
19	114.6	7.76	3476	-19.6	-21.0	-24.2
20	116.0	7.58	3416	-19.4	-20.9	-24.9
21	117.0	6.96	3247	-16.9	-19.4	-24.5

VARDEN HANTADE IFRAN DRIFTSPROTOKOLL (GAVLE) MED BORJAN 800:128

A	H	I	J	K	L	D	M	N	O
15	4.63	100.6	65.5	2632	66.8	3483	1770	0.94	2.23
16	6.66	102.3	65.1	2896	66.1	3773	2077	0.91	2.1
17	6.03	100.3	65.5	2715	66.1	3518	1925	1.16	3.14
18	5.91	103.9	64.9	2700	66.2	3474	1891	1.07	2.77
19	6.30	104.7	65.8	2677	65.6	3476	1929	1.41	3.43
20	5.75	103.3	66.2	2401	66.9	3127	1649	1.56	3.45
21	5.42	105.6	66.2	2346	67.1	3003	1533	1.57	3.21
22	5.00	103.7	65.7	2227	66.9	2812	1384	1.56	3.12
23	4.67	104.0	66.2	2133	66.2	2700	1295	1.38	2.70
00	4.51	104.5	65.2	2143	66.5	2693	1287	1.14	2.53
01	4.45	103.8	65.1	2124	66.3	2723	1297	1.07	2.50
02	4.49	104.3	65.9	2149	65.9	2745	1299	0.99	2.57
03	4.68	104.6	66.1	2125	66.2	2672	1285	1.13	2.98
04	4.63	104.8	66.2	2154	66.8	2687	1289	1.08	2.88
05	4.66	104.5	66.1	2226	66.7	2837	1375	1.09	2.75
06	4.53	105.7	65.9	2382	66.8	3013	1457	0.94	2.26
07	4.98	104.5	65.7	2591	67.1	3342	1686	1.00	2.41
08	5.49	104.3	65.2	2688	66.6	3420	1827	1.34	2.92
09	5.30	103.6	64.4	2652	66.3	3387	1755	1.16	2.55
10	5.54	105.2	64.1	2609	65.8	3312	1741	1.36	3.18
11	5.12	110.1	63.8	2328	65.6	2869	1444	1.51	3.43
12	4.68	110.4	63.9	2149	65.6	2694	1298	1.34	3.14
13	3.93	105.5	63.5	2045	64.8	2619	1192	1.11	2.56
14	3.80	101.2	62.9	2230	64.5	2918	1355	0.92	2.22
15	4.36	101.1	63.4	2386	64.1	3137	1493	0.97	2.39
16	4.14	99.9	62.3	2599	64.9	3348	1608	0.60	1.42
17	4.55	104.7	63.0	2639	63.8	3433	1700	0.58	1.43
18	5.29	107.7	63.3	2474	64.2	3173	1623	0.91	2.59
19	5.19	108.4	64.3	2417	64.7	3112	1569	1.29	3.09
20	5.11	107.7	65.7	2405	65.6	3131	1570	1.27	2.74
21	5.00	109.1	66.5	2423	66.6	3132	1567	1.17	2.50
22	5.16	109.3	67.6	2389	67.6	3092	1558	1.24	2.68
23	4.78	109.9	67.3	2249	68.3	2871	1421	1.24	2.29
00	4.85	113.8	68.1	2294	69.0	2929	1435	1.13	2.49
01	5.04	114.4	69.3	2257	69.2	2873	1435	1.21	3.03
02	5.04	115.4	70.1	2245	70.6	2880	1433	1.16	2.98
03	4.93	116.2	71.0	2283	71.2	2934	1446	1.05	2.74
04	5.03	116.2	71.9	2292	72.3	2993	1489	1.03	2.79
05	5.01	117.0	72.3	2354	72.6	3058	1528	1.07	2.61
06	5.27	116.4	72.2	2563	73.5	3405	1769	0.90	2.45
07	5.65	115.6	72.9	2842	73.6	3815	2080	1.01	2.59
08	5.42	114.9	72.7	2935	74.1	3972	2736	0.87	1.66
09	5.86	114.3	72.5	2994	74.4	4000	2770	0.91	2.03
10	5.34	114.3	73.1	2775	74.4	3643	1886	1.04	2.16
11	6.57	115.9	72.6	2935	73.8	3845	1791	1.55	3.21
12	6.69	113.7	71.7	2749	73.8	3567	1581	1.76	4.12
13	6.67	115.3	71.0	2604	72.5	3356	1445	2.06	4.35
14	5.69	113.3	70.2	2447	71.6	3091	1171	1.71	3.59
15	5.35	114.3	68.9	2565	71.1	3248	1223	1.17	2.80
16	5.46	110.8	68.9	2603	69.4	3366	1309	1.06	2.47
17	5.36	113.5	69.5	2652	69.3	3454	1391	0.90	1.99
18	6.13	113.8	69.7	2726	69.7	3534	1528	1.21	2.55
19	5.87	113.4	70.6	2661	70.6	3477	1450	1.36	2.43
20	5.81	114.6	71.2	2653	71.1	3416	1422	1.23	2.44
21	5.76	116.0	72.4	2537	72.0	3247	1301	1.49	2.74

VARDEN HANTADE IFRAN DRIFTSPROTOKOLL (GAVLE) MED BORJAN 800602

A	B	C	D	E	F	G
12	75.0	5.34	1982	12.2	12.6	12.8
13	75.0	4.35	1662	14.6	15.4	14.7
14	75.1	3.44	1567	13.2	13.7	13.6
15	75.1	3.63	1601	12.8	13.3	13.6
16	75.3	3.90	1640	13.2	13.4	13.4
17	75.6	4.00	1592	14.0	14.4	14.2
18	75.6	4.02	1573	15.3	15.3	15.4
19	75.3	4.06	1538	14.8	14.7	15.4
20	75.2	4.00	1594	14.2	14.2	15.1
21	75.0	3.83	1658	13.3	13.5	13.8
22	75.6	4.00	1588	12.5	12.9	13.4
23	75.3	3.88	1502	12.1	12.6	12.9
00	75.0	3.43	1341	11.9	11.9	12.6
01	75.2	3.38	1357	11.0	10.9	11.7
02	75.2	3.36	1382	10.4	10.6	11.1
03	75.4	3.31	1408	09.9	10.9	10.6
04	75.3	3.29	1416	09.8	11.1	10.3
05	75.5	3.65	1485	10.7	11.5	11.2
06	74.9	3.76	1545	12.0	12.3	12.3
07	75.7	3.89	1572	13.7	14.1	13.8
08	75.6	4.00	1610	14.2	13.6	14.7
09	75.6	4.00	1584	15.6	15.5	15.8
10	75.4	3.16	1386	16.0	16.5	16.7
11	75.5	3.44	1410	16.2	16.0	16.9
12	75.1	3.29	1333	17.4	17.3	17.4
13	75.2	3.22	1308	18.2	16.3	18.0
14	75.4	3.22	1342	17.2	15.4	17.3
15	75.2	3.24	1334	17.4	17.4	17.6
16	75.3	3.29	1312	18.7	19.1	18.5
17	75.6	3.26	1323	19.7	19.9	20.1
18	75.4	3.27	1320	19.1	19.6	19.9
19	75.1	3.24	1326	18.4	19.2	19.1
20	75.4	3.32	1339	18.1	18.0	18.7
21	75.1	3.25	1367	17.6	16.9	18.1
22	75.2	3.27	1351	15.9	16.2	17.0
23	75.4	3.35	1306	15.0	15.1	15.7
00	75.4	3.46	1268	14.6	14.6	15.0
01	75.5	3.50	1234	14.1	14.2	14.8
02	75.6	3.24	1232	13.9	13.6	13.9
03	75.5	3.19	1256	13.2	12.7	13.4
04	75.6	3.17	1274	12.0	12.0	12.6
05	75.3	3.21	1331	11.8	11.6	11.9
06	75.1	3.39	1415	12.6	12.8	12.4
07	75.5	3.88	1498	15.0	15.1	14.4
08	75.6	3.40	1401	17.2	17.9	17.0
09	75.2	3.22	1312	19.1	20.4	20.1
10	75.2	2.89	1201	22.2	22.0	22.2
11	75.2	2.94	1199	23.7	23.4	23.8
12	75.3	2.73	1177	23.7	24.1	24.5
13	75.3	2.67	1131	23.7	24.6	25.0
14	60.1	2.63	1133	23.6	24.6	25.3
15	59.3	2.67	1130	23.9	25.0	25.0
16	74.4	2.56	1199	22.1	22.3	22.7
17	75.0	3.43	1593	23.5	22.9	23.5
18	75.2	3.41	1696	22.1	22.0	21.9
19	75.8	4.00	1696	21.8	22.5	22.4
20	75.8	3.63	1440	20.5	20.4	20.7
21	75.7	3.94	1431	18.3	18.3	19.4
22	74.0	3.99	1417	17.2	17.4	17.6
23	75.8	3.28	1233	15.4	16.0	15.9
00	76.0	3.33	1221	14.2	14.8	14.9

VARDEN HAMTADE IFRAN DRIFTSPROTOKOLL (GAVLE) MED BORJAN 800602

A	H	I	J	K	L	D	M	N	O
12	3.33	74.0	53.6	1494	55.2	1982	598	0.82	2.44
13	2.85	73.7	53.5	1268	55.0	1662	466	0.80	2.21
14	2.09	74.0	54.3	1161	55.1	1567	392	0.49	1.42
15	2.22	73.5	53.8	1201	55.5	1601	414	0.55	1.56
16	2.42	73.6	53.4	1203	55.5	1640	436	0.57	1.70
17	2.60	74.1	53.4	1156	55.3	1592	434	0.69	2.00
18	2.65	74.2	54.3	1139	55.8	1573	427	0.61	2.07
19	2.76	74.0	54.4	1122	55.2	1538	423	0.73	2.09
20	2.61	73.8	54.4	1162	55.4	1594	431	0.66	1.90
21	2.34	73.5	54.2	1188	55.7	1658	434	0.41	1.58
22	2.60	74.0	53.9	1179	56.0	1588	429	0.62	1.90
23	2.63	73.7	54.0	1110	55.8	1501	406	0.86	1.88
00	2.35	73.9	54.8	1000	55.3	1341	353	0.77	1.79
01	2.32	73.9	56.2	1037	55.4	1357	349	0.64	1.69
02	2.22	73.9	57.0	1052	56.1	1382	354	0.58	1.66
03	2.16	74.0	57.0	1057	56.9	1408	353	0.53	1.57
04	2.13	74.0	56.3	1066	57.3	1416	359	0.50	1.54
05	2.38	73.7	56.1	1128	58.2	1485	390	0.62	1.76
06	2.42	73.9	56.2	1182	58.3	1545	403	0.64	1.85
07	2.67	73.7	55.4	1202	57.9	1572	419	0.65	1.74
08	2.53	73.6	54.8	1201	57.5	1610	432	0.63	1.77
09	2.52	73.8	54.1	1210	57.0	1584	431	0.75	2.02
10	2.01	73.8	54.5	1066	56.6	1386	343	0.63	1.60
11	2.31	73.9	54.7	1020	55.9	1410	361	0.69	1.77
12	2.19	74.0	54.9	986	55.9	1333	340	0.73	1.72
13	2.19	73.6	55.2	965	56.1	1308	331	0.73	1.83
14	2.16	74.0	55.5	978	56.3	1342	336	0.69	1.63
15	2.18	73.6	56.0	999	56.5	1333	335	0.73	1.77
16	2.25	73.6	56.6	943	56.9	1311	336	0.79	1.82
17	2.22	73.7	56.9	956	57.0	1323	332	0.66	1.70
18	2.23	73.8	56.8	953	57.5	1320	335	0.58	1.61
19	2.21	73.7	56.1	960	57.9	1326	336	0.61	1.74
20	2.26	73.9	56.5	974	58.1	1339	345	0.62	1.76
21	2.15	73.8	56.1	974	58.1	1367	346	0.51	1.64
22	2.19	73.6	55.6	963	57.5	1351	344	0.62	1.59
23	2.33	73.8	55.8	953	57.5	1305	340	0.86	1.81
00	2.47	73.5	56.4	928	57.5	1268	338	0.93	2.03
01	2.52	73.7	58.1	911	57.3	1234	335	0.90	2.11
02	2.29	73.6	59.1	902	57.7	1232	320	0.74	1.79
03	2.24	73.7	59.9	933	58.4	1256	321	0.66	1.72
04	2.19	73.8	59.6	937	59.4	1274	324	0.62	1.62
05	2.17	73.7	58.9	973	60.4	1331	331	0.60	1.56
06	2.21	73.9	58.1	1054	60.9	1415	353	0.59	1.57
07	2.62	73.9	56.7	1065	60.6	1498	401	0.82	2.04
08	2.26	73.7	56.0	1058	59.8	1401	354	0.71	1.82
09	2.20	73.7	55.3	980	58.9	1312	328	0.74	1.76
10	1.98	73.7	56.4	896	58.2	1202	291	0.71	1.58
11	2.07	73.7	56.5	829	57.4	1199	296	0.71	1.69
12	1.90	73.5	56.5	838	57.3	1177	278	0.69	1.39
13	1.85	73.8	56.5	774	57.5	1131	269	0.68	1.50
14	1.88	73.4	57.3	612	58.0	1132	270	0.67	1.50
15	1.85	73.7	57.8	602	58.4	1130	271	0.69	1.51
16	1.68	73.6	57.7	811	59.0	1199	278	0.55	1.29
17	2.17	59.1	57.2	928	58.3	1593	397	0.59	1.51
18	1.90	57.8	56.4	1065	58.8	1695	417	0.43	1.35
19	2.40	73.8	54.3	1310	58.2	1696	447	0.67	1.57
20	2.46	73.9	56.0	1048	57.5	1440	373	0.50	1.80
21	2.72	73.6	56.6	1050	56.8	1430	392	0.73	2.07
22	2.81	73.9	55.1	1033	56.4	1417	390	0.89	2.28
23	2.32	73.8	56.4	930	57.8	1233	315	0.86	1.90
00	2.37	74.2	58.5	909	58.3	1221	317	0.91	1.93



Referenser

1. Fluidmekanik av Gunnar O Tylleved, LTH.
2. Energiteknik av Värme o kraftteknik LTH, kap värmetransport.
3. Tab. Energiebehov för varmvatten, Peterson, Ringblom (1978).
4. SIMNON, User's manual, H Elmqvist (1975), LTH.