



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.



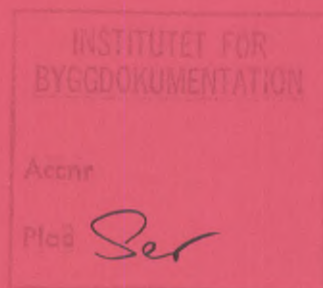
Rapport

R12:1989

REF / sbl

Sjövärmeanläggning i Åre
Mätning och utvärdering

Ingemar Holmlund



Byggforskningsrådet

R12:1989

SJÖVÄRMEANLÄGGNING I ÅRE
Mätning och utvärdering

Ingemar Holmlund

Denna rapport häföer sig till forskningsanslag 841067-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingemar
Holmlund AB, Östersund.

REFERAT

Projektet "Sjövärmeanläggning i Åre - mätning och utvärdering" har haft följande målsättning:
att fastställa dimensioneringsförutsättningar för sjökollektorerna
att fastställa värmepumpsystemets värmefaktor samt
att bestämma de olika energislagens andel av energiförsörjningen

Anläggningen består av två värmepumpar vardera med en effekt av 0,65 MW, en elpanna med effekt 2,0 MW och en oljeanläggning med 2,9 MW effekt.

I Åresjön har placerats två typer av kollektorer. Kollektor 1 med slangdimension 110 mm och c/c mellan rören av 1 m har ett inre rör med diametern 50 mm inskjutet i den yttre slangen. Kollektor 2 har en rördimension av 90 mm och c/c mellan rören av 0,5 m. Inre rör saknas.

Dimensioneringsförutsättningar utgöres främst av sjövattnets temperatur vilken har följts upp med ett betydande antal mätpunkter under tiden f o m vecka 446 (första siffran anger året, d v s 4=1984) t o m 727.

I kollektorsystemet cirkulerar en brine bestående av vatten uppblandat med 20% CaCl₂.

Kollektorenheterna i Åreanläggningen uppvisar möjligheten till ytterligare effektuttag på ca 25%.

Fördelningen för år 1986 mellan värmepumpar, elpanna och oljepanna är i procent 72/22/6. För värmepumparna uppfyller detta dimensioneringsförutsättningarna på 69%.

Värmepumparnas systemvärmefaktor, mätt som förhållandet mellan avgiven energi till fjärrvärmvattnet och tillförd energi till värmepumparna är för:

1985: v 38 - v 52 : 2,04
1986: hela året : 1,94
1987: v 01 - v 35 : 1,87

Avslutningsvis kan konstateras att drifterfarenheterna av Åreanläggningen under perioden 87/88 har varit goda. Det kan också konstateras att värmepumptekniken med ytvatten, ofta kalla vatten, som värmekälla är etablerad och erbjuder en miljövänlig energiteknik.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R12:1989

ISBN 91-540-4995-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
1.1	Problemet	1
1.2	Projektet	2
2	MÄTNINGAR	3
2.1	Vatten- och botten temperaturer i Åresjön	4
2.1.1	Temperaturregistrering	4
2.1.2	Mätresultat	5
2.1.3	Sammanfattning av mätresultat	8
2.2	Marktemperaturer ovanför brineledning	8
2.2.1	Temperaturregistrering	8
2.2.2	Mätresultat	8
2.3	Kollektorernas temperatur- och effektförhållanden	10
2.3.1	Temperaturregistrering	10
2.3.2	Effektuttag för kollektor 1 respektive kollektor 2 - jämförande studie	11
2.3.3	Mätresultat	12
2.3.4	Sammanfattning av kollektorernas temperatur- och effektförhållanden	13
2.4	Energimätningar	13
2.4.1	Energiregistrering	14
2.4.2	Energislagens fördelning	14
2.4.3	Värmefaktorn för värmepumpanläggningen	15
2.4.4	Sammanfattning av resultat från energimätningar	16
3	SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	16

FIGURFÖRTECKNING:

1.1	Systembild över Åre fjärrvärmenät	18
1.2	Kollektor 1	19
1.3	Kollektor 2	19
1.4	Samlingsbrunn och transportledning för brine	20
1.4.1	Samlingsbrunn, detaljer	21
1.5	Distributionsledningar för brine i mark från samlingsbrunn till värmepumpcentral	22
1.6	Flödesschema för den totala värmeanläggningen	23
1.7	Varaktighetsdiagram för fjärrvärmenätet i Åre	23
2.1	Mätgivare för mätning av vatten- och botten- temperaturer i Åresjön	24
2.2	Mätgivare för mätning av kollektortemperaturer	25
2.3.1	Mätgivare för mätning av marktemperaturer ut- efter transportledning för brine. Mätsnittens placering.	26
2.3.2	Mätgivarnas placering i mätsnitten	26
2.4	Mätgivare för mätningar i värmepumpcentralen	27
2.5 -		28
2.10	Diagram, temperatur i sjövatten och botten, 1984.	30
2.11-		31
2.16	" " " " " " , 1985.	33
2.17-		34
2.22	" " " " " " , 1986.	36
2.23-		37
2.28	" " " " " " , 1987	39
2.29,		40
2.30	" " " mark ovanför brineledning, 1984	40

2.31,		41
2.32,	Diagram, temperatur i mark ovanför brineledning, 1985	41
2.33,		42
2.34,	" " " " " " , 1986	42
2.35,		43
2.36,	" " " " " " , 1987	43
2.37	Förhållandet mellan kollektoreffekterna, veckomedelvärde , 1985	44
2.38	" " " " " " , 1986	45
2.39	" " " " " " , 1987	46
2.40	Energifördelning, veckomedelvärden , 1985	47
2.41	" " " " " " , 1986	48
2.42	" " " " " " , 1987	49
2.43	Systemvärmefaktor, " , 1985	50
2.44	" " " " " " , 1986	51
2.45	" " " " " " , 1987	52

BILAGEFÖRTECKNING:

1.1	Tekniska och ekonomiska data. Beräknade värden . .	53
1.2	Brinetemperaturer till/från kollektor 1 respektive 2 år 1985-1987	54

1. INLEDNING

1.1 Problemet

Åre tätort ligger i en dalgång vid foten av Åreskutan invid Åresjön. Turismen utgör den största näringsgrenen. Särskilt under vinterhalvåret ökar Åres befolkning avsevärt. Åre har även sjukhus med tre astmaavdelningar vilka är öppna för patienter från hela landet.

Med hänsyn till dels de krav som ställs på en god luftmiljö, dels de meteorologiska förhållanden som råder i Åredalen, vill man undvika luftföroreningar i form av utsläpp från förbränningsanläggningar.

Mot denna bakgrund valde kommunen att i sitt fjärrvärmenät i Åre satsa på en värmepumpanläggning med Åresjöns vatten som värmekälla.

Åre fjärrvärmeverk är uppbyggt med följande enheter:

2 stycken värmepumpar	om vardera 0,65 MW,	totalt 1,3 MW
1 " elpanna	om 2,0 MW	
1 " oljepanna	om 2,9 "	

Hetvattnet distribueras i ett fjärrvärmenät till ett 30-tal abonnenter.

Värmepumparna svarar för generering av basenergin. Värme hämtas ur Åresjön via två värmeväxlare, sjökollektorer, placerade på sjöbotten. Kollektorerna har skilda utföranden. Värmepumpeffekten 1,3 MW beräknas räcka för utetemperaturer ned till 0°C.

När temperaturen sjunker ytterligare kopplas elpannan in och svarar för tillskottseffekten ned till ca -10°C. Den erforderliga spetseffekten ger sedan oljepannan vilken även utgör reservenhet.

I projektet är det av intresse att studera förutsättningarna för dimensionering av sjökollektorer. Vatten- och bottentemperaturer utgör viktiga parametrar, inte minst i så kalla vatten som Åresjön representerar.

Värmepumpsystemets värmefaktor under olika perioder utgör en annan viktig problemställning.

För ett värmesystem som innehåller de tre enheterna värmepump, elpanna och oljepanna är det viktigt att kartlägga den energibalans som råder under årets olika veckor. En sådan kartläggning kan sedan ligga till grund för en diskussion kring systemets driftstrategi.

Kunskaper om såväl värmefaktor som driftstrategi utgör grundläggande förutsättningar för att erhålla en positiv totalekonomi på anläggningen.

1.2 Projektet

Den totala systembilden framgår av figur 1.1. I Åresjön ligger två stycken värmeväxlare, sjökollektorer, nedlagda på sjöbotten. Kollektoreorna är av olika konstruktion.

Kollektor 1 består av 3 780 m PEH-slang, utlagd enligt figur 1.2. I en yttre slang med ytterdiameter 110 mm och godstjockleken 10 mm är en inre slang med ytterdiameter 50 mm instucken. Konstruktionen är framtagen av Lennart Backlund. Centrumavståndet mellan de utlagda slanglängderna är 1 m. Slangpaketet har en längd av 280 m och en bredd av 14 m. Kollektor 1 har dimensionerats för en effekt av 300 kW.

För att hålla kollektorn kvar vid botten har ett antal betongbalkar placerats över slangpaketet. Trots denna konstruktion visade kollektorn uppflytningstendenser under första driftvintern när ispåslag skedde på kollektorslangarna. Därför har under sommaren 1986 en singelbädd lagts över slangpaketet. Sedan en terramduk placerats över slangarna släpptes singel ned med hjälp av en helikopter.

Kollektor 2 består av 8 960 m PEH-rör i form av 100 m längder vilka skarvats ihop och utlagts enligt figur 1.3. Rörens ytterdiameter är 90 mm och godstjocklek 5,5 mm. Denna kollektor har ingen inner-slang. Centrumavståndet mellan de utlagda rören är 0,5 m och kollektorpaketet har en längd av 320 m och en bredd av 14 m. Kollektor 2 har dimensionerats för en effekt av 600 kW. Även denna enhet är försedd med betongbalkar och singelbädd.

Båda kollektoreorna ligger på en dybotten med steninslag med största djup längst ut vid kollektorpaketen av ca 14 m.

I kollektorsystemet cirkulerar en brinevätska bestående av vatten blandat med 20% CaCl_2 .

Kollektoreorna är anslutna till en samlingsbrunn, figur 1.4, från vilken brine pumpas via distributionsledning, figur 1.5, i mark till förångardelen av de två värmepumparna, systemets "kalla" sida.

Värmepumparna är tillsammans med en elpanna placerad i fjärrvärme-centralen. På systemets "varma" sida sker distributionen via fjärrvärmenätet till abonnenternas undercentraler. Oljepannan är placerad invid Åre sjukhus.

Flödesschema för den totala anläggningen framgår av figur 1.6.

Anläggningens varaktighetsdiagram framgår av figur 1.7. De två värmepumparna skall enligt detta svara för 69% av det totala energibehovet.

Anläggningen har utgjort en totalentreprenad med Skanska som entreprenör och FFV Sjövärme, numera Sjövärme AB, som leverantör av sjövärmesystem inklusive värmepumpar. Tekniska data i övrigt framgår av bilaga 1.1, där även av leverantören beräknade prestandavärden är presenterade.

2. MÄTNINGAR

Mätningar och utvärderingar har haft följande målsättning:

- att fastställa dimensioneringsförutsättningar för sjökollektorerna,
- att fastställa värmepumpsystemets värmefaktor samt
- att upprätta energibalans för de i systemet ingående energislagen.

Förutsättningarna för dimensionering av kollektorerna utgörs främst av Åresjöns vatten- och bottentemperaturer samt dessas variation med årstiderna. Eftersom sjön allmänt sett har ett kallt vatten året runt utgör projektet ett exempel på en tillämpning av värmepumpsteknik med lågtempererad värmekälla.

En noggrann uppföljning av vatten- och bottentemperaturer har utförts. Mätningar har även gjorts av markttemperaturer i två mätsnitt utefter transportledningen för brine.

För att kunna fastställa dels värmepumpsystemets värmefaktor, dels upprätta energibalans för ingående energislag, har energimätningar gjorts för respektive enheter. Även mätning av energiinnehållet för till värmepumparna ingående brine har utförts.

För mätningarna gäller följande figurer:

- Fig. 2.1 : Mätgivare för mätning av vatten- och bottentemperatur i Åresjön
- " 2.2 : Mätgivare för mätning av kollektortemperaturer
- " 2.3 : Mätgivare för mätning av markttemperaturer utefter transportledning för brine
- " 2.4 : Mätgivare för mätningar i värmepumpcentral

Följande data gäller för mätgivarna:

Temperaturgivare:

- Vatten- och bottentemperaturer:

Pt 100, 1/10 DIN 43760, $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$

- Brinetemperaturer i till- och frånledning för kollektorerna:

Pt 100, DIN 43760

- Markttemperaturer i två mätsnitt utefter transportledning för brine:

Pt 100, 1/10 DIN 43760, $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$

- Brine- och vattentemperaturer i värmepumpcentralen:

Pt 100, DIN 43760

Flödesgivare:

- Flöden i värmepumpcentralen:

2 st Remag Magnetoflow, onoggrannhet \pm 0,6%
1 " Fluid Inventor, Flowmeter

Integreringsverk:

- SVME 62

Uppgifterna på vatten-, botten-, mark- och brinetemperaturer i till- och frånledning för kollektorerna har insamlats till en datalogger varvid för varje mätpunkt uppgifter erhållits 2 gånger per dygn.

Temperatur-, flödes- och energiuppgifter i värmepumpcentralen har inhämtats genom manuell avläsning 2 gånger per dygn. Vissa kompletterande uppgifter har erhållits via insamling över dataprogram.

Mätperiodernas längd har varit:

Temperatur i vatten, botten och mark:

1984-11-15 - - 1987-07-04.

Under tiden 1985-07-27 - - 09-28 saknas mätresultat på grund av åsknedslag i apparaturen.

Temperaturer, flöden och energimängder i värmepumpcentralen:

1985-09-09 - - 1987-08-31.

2.1 Vatten- och bottentemperaturer i Åresjön

2.1.1 Temperaturregistrering

Vatten- och bottentemperaturer har registrerats enligt figur 2.1.

De kanaler som sedan sammanförts i diagramform framgår av nedanstående, där läget anges i förhållande till botten, + ovanför botten i vatten och - under botten i bottenmassan.

Temperaturen har registrerats dels i anslutning till sjökollektor, dels utanför kollektorområdet i vatten och botten som ej påverkas av värmeuttag. Det senare mätsnittet tjänstgör som referenssnitt.

Mätkanalernas nummer markeras med C. I diagrammen har två mätkanaler sammanförts, dels lägen ovanför bottennivån \pm 0 m, dels motsvarande läge under bottennivån i bottenmassan.

För tre nivåer har temperaturer i kollektorområde jämförts med temperaturer för motsvarande höjdläge i referenssnittet.

Mättider är:

År 1984 : Vecka 46 t o m vecka 52
 " 1985 : " 01 " " " " 52
 " 1986 : " 01 " " " " 52
 " 1987 : " 01 " " " " 27

Diagrammens figurnummering är följande:

Läge i höjddled i förhållande till bottennivån belägen på \pm 0 m.	Kanal (C) nr	F i g u r n r			
		År 1984	År 1985	År 1986	År 1987
+ 3	57				
- 3	44	2.5	2.11	2.17	2.23
+ 2	56				
- 2	45	2.6	2.12	2.18	2.24
+ 1	54				
- 1	47	2.7	2.13	2.19	2.25
+ 0,5	53				
+ 0,5 referens	43	2.8	2.14	2.20	2.26
+ 0	51				
+ 0 referens	42	2.9	2.15	2.21	2.27
- 0,5	40				
- 0,5 referens	41	2.10	2.16	2.22	2.28

2.1.2 Mätresultat

Åresjön utgör en kall sjö. Följande max- och mintemperaturer har uppmätts i vatten respektive i botten. (Tabellerna 2.1, Vattentemperaturer och 2.2 Bottentemperaturer).

Mätperioderna utgör hela kalenderår för 1985 och 1986 medan för 1984 veckorna 46-52 och för 1987 veckorna 1-27 ingår.

I tabellerna har endast hela kalenderår redovisats.

Tabell 2.1 : Vattentemperaturer

År	Läge i höjded i förh. till botten	Temperatur i kollektorområde				Temperatur, referens			
		Max		Min		Max		Min	
		°C	Vecka	°C	Vecka	°C	Vecka	°C	Vecka
1985	+3	16,8	28	0,1-0,2		01-18 46-52			
	+2	15,4	28	0,1-0,2		01-18 47-52			
	+1	15,4	28	0,1 0,2		46-52 02-18			
	+0,5	15,1	28,29	0,1-0,2		15	29	0,2	14-17
1986	+3	15,7	31	0,1-0,2		01-15 49-52			
	+2	15,6	31	0,1-0,2		01-17 49-52			
	+1	15,4	31	0,1-0,2		01-18 49-52			
	+0,5	15,3	31	0,1-0,2		15,1	31	0,1-0,2	01-19 49-52

Isläggning ägde rum vecka 46 såväl år 1985 som år 1986.

Tabell 2.2 : Bottentemperaturer

År	Läge i höjded i förh. till botten	Temperatur i kollektorområde				Temperatur, referens				
		Max		Min		Max		Min		
		°C	Vecka	°C	Vecka	°C	Vecka	°C	Vecka	
1985	-3	5,6	40-41	3,2	22-26					
	-2	7,2	40	2,4	18-22					
	-1	6,7	40	1,3	17-19					
	+0	15,1	29	0,1-0,2		6-17 47-52	14,9	29	0,3	3-18
	-0,5	12,7	29	0,5	10-17 52	12,2	30	0,8	14-18	
1986	-3	5,6	39-41	2,4	23					
	-2	7,5	35-37	2,0	20-21					
	-1	10,5	32-33	0,5	17-20					
	+0	15,1	31	0,1-0,2		01-18 49-52	13,3	26	0,2-0,3	01-14 50-52
	-0,5	14,0	31,32	-0,1	14-19	13,6	32	0,9	11-18	

Följande tendenser och resultat kan konstateras.

- Temperaturförändringarna under året i vatten och i botten har ett likartat förlopp med en avkylnings- och en uppvärmningsfas.

För nivååläge +3, -3 m är maxtemperaturen förskjuten så att den maximala vattentemperaturen infaller ca vecka 30 och den maximala bottentemperaturen ca vecka 40.

Vid nivån +2, -2 m är motsvarande veckor 30 respektive 35.

Vid nivån +1, -1 m sammanfaller tiden för maxtemperaturen för vatten och botten till ca vecka 31.

- Vattnets uppvärmning sker relativt snabbt från ca $0,5^{\circ}\text{C}$ vecka 19 till en maxtemperatur av ca $+16^{\circ}\text{C}$ vecka 30, d v s omkring 15 graders uppvärmning under 10 veckor.

Vattnets avkylning sker likaledes relativt snabbt under hösten från maximaltemperatur ca vecka 30 till mintemperatur ca $+0,2^{\circ}\text{C}$ omkring vecka 48.

- För nivåerna +0,5, ± 0 och -0,5 m har temperaturer registrerats dels inom kollektorområdet, dels i opåverkat vatten. Det kan icke konstateras någon lägre temperatur inom kollektorområdet jämfört med motsvarande referenspunkt. Visserligen finns en tendens till att under 1986 en ca 0,5 grader lägre temperatur noterats i kollektoropåverkat vattenområde men denna tendens upphävs av andra mätningar.

Slutsatsen blir att någon ökad temperatursänkning av vatten- och bottentemperaturer ej kunnat noteras p g a kollektorns värmeuttag. Vattenströmmar ger i detta fall tillräcklig omblandning av vattnet och därmed utjämning av temperaturerna.

- Den maximalt uppmätta temperaturen i Åre-sjön är $+16,8^{\circ}\text{C}$ i nivån +3 m. Temperaturen inföll vecka 28 (8-14 juli). År 1986 var motsvarande temperatur $+15,7^{\circ}\text{C}$, uppmätt vecka 31 (28 juli-3 augusti).
- Temperaturgradienten, under sommaren uppmätt mellan vattennivåerna +3 m och botten (± 0 m) är liten, år 1985 $16,8-15,1 = 1,7^{\circ}\text{C}$ och år 1986 $15,7-15,1 = 0,6^{\circ}\text{C}$.
- Uppmätta minitemperaturer är $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ i vattnet, oavsett djup. Tiden för denna lägsta vattentemperatur infaller ca veckorna 46-18.
- Uppmätta minitemperaturer i botten visar ca $+2,8^{\circ}\text{C}$ på djupet -3 m omkring vecka 23, ca $+2,2^{\circ}\text{C}$ på djupet -2 m omkring vecka 20 och ca $+0,9^{\circ}\text{C}$ på djupet -1 m omkring vecka 18.

Kring kollektorrrören bildas is under vårvintern men denna isbildning når ej -0,5 m och påverkar ej uppvärmningsfasen av vatten- och bottenområdet.

2.1.3 Sammanfattning av mätresultatet

Till förfogande för värmepumpanläggningen står en relativt sett "kall" värmekälla i form av Åre-sjön med en uppmätt maxtemperatur av ca 16°C i slutet av juli månad. Temperaturen i vattenmassan sjunker sedan till minimum 0,1-0,2°C vilket infaller inom tidsperioden vecka 46 - vecka 18. Vattenströmningarna är sådana att det icke kunnat verifieras att kollektorområdet uppvisar någon lägre vattentemperatur än referensområde i opåverkat vatten.

Uppvärmningsperioden av botten och vatten påverkas ej av det värmeuttag som görs via kollektorpaketen.

2.2 Marktemperaturer ovanför brineledning

2.2.1 Temperaturregistrering

För att möjliggöra en bedömning av marktemperaturens variation i anslutning till brineledning har mätningar utförts i två mätsnitt utefter brineledning, figurerna 2.3.1 och 2.3.2.

Mätkanalerna har nr 22 och 32 för brineledning till värmepumpcentral (tillledning) och 26 och 36 för ledning från värmecentral (frånledning).

För markmätningar gäller samma mättider som för vattenmätningar.

Diagrammens figurnumering är följande:

Tabell 2.3

Mätsnitt	Brine- ledning	F i g u r n r			
		År 1984	År 1985	År 1986	År 1987
Läge 34,35 m från samlingsbrunn	Till värmepump C 22 Från värmepump C 26	2.29	2.31	2.33	2.35
Läge 56,35 m från samlingsbrunn	Till värmepump C 32 Från värmepump C 36	2.30	2.32	2.34	2.36

2.2.2 Mätresultat

Mätsnitten placerades med tanke på att konstatera eventuell skillnad mellan marktemperatur vid snöröjd och icke snöröjd yta. Om-disponering av ytornas användning har emellertid skett under mät-tiden varför detta mät mål inte har kunnat uppfyllas. I stället har mätningarna visat temperaturförloppet i snötäckt mark i anslutning till en brineledning vars lägsta brinetemperatur uppmätts till -10°C.

Marktemperaturens max.- och minvärden framgår av tabell 2.4.

Tabell 2.4

Snitt 34,35 m från samlingsbrunn							
Mätkanal 22				Mätkanal 26			
Max	Vecka	Min	Vecka	Max	Vecka	Min	Vecka
1984:							
-1,1	46,47,49	-2,1	48	-0,7	48	-2,3	46
Mätningar endast vecka 46 - 52							
1985:							
+10	28	-3,1	9	+9,3	28	-4	10
1986:							
+15	31	-3,4	9	+14,3	31	-4,6	9
1987:							
+8,5	27	-3,5	12,13	+7,5	24	-5,2	13
Mätningar endast vecka 01 - 27							

Snitt 56,35 m från samlingsbrunn

Mätkanal 32								Mätkanal 36			
Max	Vecka	Min	Vecka	Max	Vecka	Min	Vecka				
1984:											
-0,8	47	-1,8	48	-1,8	47	-3,5	48				
Mätningar endast vecka 46 - 52											
1985:											
+9,6	30	-2,7	10	+9	30	-3,9	9				
1986:											
+14,9	30	-3,1	9	+14,5	31	-4,4	9				
1987:											
+8	27	-3,3	13	+7,5	27	-4,5	13				
Mätningar endast vecka 01 - 27											

Följande tendenser och resultat kan konstateras.

- Marktemperaturen för såväl till- som frånledning uppvisar minusvärden f o m ca vecka 47 t o m ca vecka 20.
- Temperaturen stiger snabbt från ca -2°C ena veckan (vecka 20) till ca $+2^{\circ}\text{C}$ veckan därpå.
- Marktemperaturen uppvisar en signifikant skillnad mellan mark ovanför tilledning och motsvarande ovanför frånledning. Uppmätt

mintemperatur är för tillledningen $-3,4^{\circ}\text{C}$ och för frånledningen $-4,6^{\circ}\text{C}$, båda temperaturerna mätta i början av mars månad.

Den kallare returbrinen orsakar tydligen temperaturdifferens.

En viss temperaturskillnad bibehålles mellan ledningarna även under sommartid. Här har maximala marktemperaturer på $+15^{\circ}\text{C}$ uppmätts för tillledning och $14,3^{\circ}\text{C}$ för frånledning.

2.3 Kollektorernas temperatur- och effektförhållanden

Som nämnts under rubrik 1.2 består värmeväxlarpaketen i Åresjön av två olika kollektortyper.

Kollektor 1 med sin innerslang och med förut angivna mått har en medeldiameter på yttre slang av 100, mm. Med slanglängden 3 780 m erhålles en värmeväxlaryta av 1 187 m^2 .

Kollektor 2 uppvisar en medeldiameter på växlarröret av 84,5 mm, vilket med en total rörlängd av 8 960 m ger en värmeväxlaryta av 2 377 m^2 .

Detta innebär att kollektor 2 har dubbelt så stor värmeväxlaryta som kollektor 1 och dimensioneringseffekten är också den dubbla, 600 kW mot 300 kW för kollektor 1.

Med likartade strömningsförhållanden för brinen genom kollektorrrören skulle den aktuella konstruktionen ge följande fördelning av effekt/energiupptaget:

Kollektor 1	:	33%
"	2	: 67%

En teoretisk beräkning av värmeutbytet är svår att få rättvisande p g a ingående parametrars variation med tiden. En succesivt uppträdande isbildning runt slangarna, en varierande viskositet på brinen, en viss variation av flödesmängden genom respektive kollektor m m ger variabelt värmeutbyte under året.

Isbildningen är olika för kollektorerna.

Vid kollektor 1 med centrumavstånd 1 m mellan slangarna bildas isen runt respektive slang utan sammanhängande iskaka. Vid kollektor 2 däremot med motsvarande centrumavstånd 0,5 m bildas en sammanhängande iskaka.

Singelbädden gynnar en jämn ispåväxt och skyddar slangarna mot yttre påverkan.

Nackdelen med singelfyllning skulle vara att den konvektiva värmeöverföringen utifrån försämras och att åtkomligheten för eventuella åtgärder på slangpaketet försvåras.

2.3.1 Temperaturregistrering

Brinetemperaturer har registrerats genom utskrift från datalogger två gånger per dygn. I tabellerna enligt bilagor har registreringstillfällena betecknats med förmiddag och eftermiddag där förmiddag huvudsakligen representerar låglastperiod och eftermiddag höglastperiod.

Temperaturernas beteckning framgår av figur 2.2.

Tabellerna upptar veckomedelvärden och omfattar följande tidsperioder:

Tabell 2.5, bilaga	:	Vecka	540 - 552 (5 anger 1985)
"	2.6	"	: " 601 - 626
"	2.7	"	: " 627 - 652
"	2.8	"	: " 701 - 726
"	2.9	"	: " 727 - 736

2.3.2 Effektuttag för kollektor 1 respektive kollektor 2-jämförande studie

En teoretisk beräkning ger följande ungefärliga bakgrund:

Effekt $P = k \times A \times \Delta t$ där

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta}{\lambda}$$

Invändigt konvektionstal:

$$\alpha_1 = 230 + 4 \cdot 200 \times c \text{ W/m}^2, \text{ grad (Mörtstedt)}$$

c = strömningshastighet

$$c = 0,8 \text{ m/s}$$

Utvändigt konvektionstal:

$$\alpha_2 = 230 \text{ W/m}^2, \text{ grad för } c = 0 \text{ m/s}$$

Ledning : Här medtages endast ledning för rörvägg.

$$\lambda = 0,35 \text{ W/m, grad}$$

$$\delta = 10 \text{ mm (vägg tjocklek för kollektor 1)}$$

Med angivna värden erhålles:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{3 \cdot 590} + \frac{1}{230} + \frac{0,010}{0,35}$$

$$k = 30 \text{ W/m}^2, \text{ grad}$$

Mätningarna av vatten- och brinetemperaturer visar att temperatordifferensen mellan yttre och inre medium är 6 - 8°C. För $t = 8$ grader erhålles följande effekt för kollektor 1:

$$P_1 = 30 \times 10^{-3} \times 1 \cdot 187 \times 8 = 285 \text{ kW}$$

I storleksordning motsvarar detta dimensioneringseffekten av 300 kW.

Genom mätning av tryckfallet har kontroll av flödesfördelning mellan de två kollektorerna gjorts. Resultatet är följande:

Flöde genom kollektor 1	:	110 m ³ /h
" " " 2	:	240 " "

För att erhålla en uppfattning om de båda kollektorernas andelar av effektupptaget förs följande resonemang.

Mätningar har kontinuerligt utförts av brinetemperaturen, dels vid inträdet i kollektorerna, dels vid utträdet ur respektive kollektor. Se vidare under rubrik 2.3.1.

Effektupptagen blir då för kollektorerna:

$$P_1 = V_1 \times \rho \times c \times \Delta t_1$$

$$P_2 = V_2 \times \rho \times c \times \Delta t_2$$

Här är :

V = volymströmmen av brine genom kollektorn

ρ = brinens densitet

c = " värmekapacitet

t = " temperaturdifferens mellan in- och utgång
i kollektorn

För maximal belastning av kollektorerna erhålles följande förhållande mellan effekten P_2 för kollektor 2 och P_1 för kollektor 1:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2 \times \rho \times c \times \Delta t_2}{V_1 \times \rho \times c \times \Delta t_1} \quad \text{Men: } \frac{V_2}{V_1} = \frac{240}{110} = 2,18$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 2,18 \times \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}$$

I det följande har detta samband använts för analys av effektförhållandet mellan kollektor 1 och 2. För maximalt effektuttag bör, som nämnts, kollektor 2 svara för dubbla effekten jämfört med kollektor 1.

Av diagram, figur 2.37 t o m figur 2.39 framgår variationen av P_2/P_1 . Temperaturen för brinen vid inträde i kollektorerna har även markerats. Angivna värden utgör veckomedeltal.

2.3.3 Mätresultat

Följande resultat kan konstateras:

- Brinetemperaturen vid inträde i kollektorerna har ett lägsta värde av -10°C , uppmätt vecka 613, 614 och 617.
- Brinetemperaturen har ett högsta värde av $+9,7^{\circ}\text{C}$ vecka 627.
- Kollektor 1 ger allmänt en större temperaturhöjning för brinen än kollektor 2. Maximal temperaturhöjning för kollektor 1 är $3,0^{\circ}$, registrerat vecka 732. Under ett antal veckor uppträder en temperaturhöjning av $2,5 - 2,8^{\circ}$.

Motsvarande maximalvärde för kollektor 2 är $2,6^{\circ}$, registrerat

vecka 606. Under ett antal veckor uppträder en temperaturhöjning av 2,1 - 2,3⁰.

- Högsta utgående brinetemperatur från kollektor 1 är +11,1⁰C, registrerad vecka 631, och lägsta utgående temperatur -7,8⁰C, vecka 715.
- Högsta utgående brinetemperatur från kollektor 2 är +9,9⁰C, vecka 627 och lägsta temperatur -8,4⁰C, vecka 715.
- Driften av värmepumparna, d v s utnyttjandet av kollektorerna, kan göras mer optimal. Bortsett från veckorna 545 - 552 och 601-606 där $P_2/P_1 > 2$ har kvoten varit betydligt under det maximala värdet 2,18. Särskilt under sommartid är detta markant. Under veckorna 620 - 632 uppvisade P_2/P_1 ett medelvärde av 0,94. Motsvarande tendens har även konstaterats under 1987.

Under kallaste perioden, veckorna 606 - 618 är medelvärdet för $P_2/P_1 = 1,71$ under en tidsperiod, där elpannan kontinuerligt är inkopplad.

Det kan alltså konstateras att kollektorernas maximala effekt inte är utnyttjad. Här återstår ytterligare 25 - 30%.

Vilken av kollektorkonstruktionerna som är effektivast är svårare att avgöra. Den större temperaturdifferensen över kollektor 1 skulle kunna tyda på att denna konstruktion är något effektivare i vissa driftlägen, försiktigt räknat 5 - 10%. Men samtidigt utgör kollektor 1 en dyrare konstruktion varför någon entydig fördel för kollektor 1 inte kan påvisas.

2.3.4 Sammanfattning av kollektorernas temperatur och effektförhållanden

Brinetemperaturer vid inträde i kollektorerna har registrerats till ett lägsta värde av -10,0⁰C och ett högsta värde av +9,7⁰C.

Kollektor 1 ger allmänt en större temperaturdifferens för brinen än kollektor 2. I vissa driftlägen kan uppskattas att kollektor 1 är ca 5% effektivare.

Isbildningen kring värmväxlingslangarna är av olika karaktär vid de två kollektorerna. Vid kollektor 1 bildas isen runt slangarna utan att en sammanhängande iskaka bildas, medan vid kollektor 2 isen bildar en sammanhängande isplatta.

En fortsatt utveckling av kollektorkonstruktionen bör inriktas mot kompakta modulerheter med mindre, såväl c/c - avstånd mellan kollektorslangarna som dimensioner på ingående slangar.

Kollektorenheterna i Åre - anläggningen uppvisar möjligheter till ytterligare effektuttag, särskilt under sommartid. Även under den kalla perioden bör ett ytterligare utrymme finnas för effektuttag av storleksordningen 25%.

2.4 Energimätningar

I systemlösningen för Åre - anläggningen ingår energi från värmepumpar, elpanna och oljepanna. Varaktighetsdiagrammet framgår av figur 1.7.

Genom energimätningar i värmepumpcentralen har andelen av de olika energislagen fastställts. Energislagens andel per vecka har beräknats och diagram upprättats. Energibalans och bestämning av värmepumpanläggningens systemvärmefaktor har sedan kunnat utföras.

2.4.1 Energiregistrering

Energiregistreringen har baserats på instrumentering enligt figur 2.4 och manuelle avläsningar har skett 2 gånger per dygn, under för- och eftermiddag. Viss registrering har även skett via ett i systemet inbyggt styr- och datasystem.

Registreringarna har avsett följande:

- Energi från värmepumparna till fjärrvärmevattnet. Det bör observeras att registreringen avser de två pumparna VP1 och VP2 tillsammans.
- Energi från elnätet till vardera värmepumparna.
- Energi från elnätet till elpannan.
- Energi från elpannans värmeväxlare till fjärrvärmevattnet.
- Oljepannans bränsleåtgång via oljemätare.
- Gångtid för VP1 och VP2.

Under mätperioden har kontinuerlig uppföljning av flödesmätarnas mätnoggrannhet skett. Ett antal testkörningar och utbyten av mätare har ägt rum.

Vissa driftproblem avseende värmepumparna har uppträtt. Under tiden 1985-06-11 -- 07-05 var VP2 ur drift för reparation och under tiden 1985-11-29 -- 12-18 gällde motsvarande för VP1.

2.4.2 Energislagens fördelning

Energislagen fördelas enligt följande

År	Värmepumpar		Energifördelning				Totalt
	kWh	%	Elpanna kWh	%	Oljepanna kWh	%	
1985: v 38- v 52	2 465 997	65,1	1 262 800	33,3	58 956	1,6	3 787 753
1986: Hela året	7 648 210	71,6	2 392 100	22,4	634 913	6,0	10 675 223
1987: Hela året	4 564 770	61,6	1 943 600	26,2	902 956	12,2	7 411 326

Energiuppgifterna i tabellen utgör den energi som tillförts fjärrvärmevattnet.

Energifördelning per vecka framgår av följande diagram:

1985 : v 38 - v 52 : Figur 2.40
 1986 : Hela året : " 2.41
 1987 : v 01 - v 35 : " 2.42

I diagrammen finns även utetemperaturen markerad.

Det kan konstateras att under år 1986 uppfyller värmepumparna med 71,6% energitäckning beräkningsunderlagets uppgift om 69%.

Under de delar av 1985 och 1987 som mätningarna omfattar svarade värmepumparna för mindre andel av energin, 65,1 respektive 61,6%.

Gångtiderna för värmepumparna VP1 och VP2 har uppmätts enligt följande:

År	Gångtid h		Klocktid h	Andel gångtid %		
	VP1	VP2		VP1	VP2	Medelvärde
1985	1 903	2 347	2 664	71,4	88,1	79,8
1986	6 812	7 472	8 760	77,8	85,3	81,6
1987	4 927	3 785	5 832	84,5	64,9	74,7

2.4.3 Värmefaktorn för värmepumpanläggningen

Genom de avläsningar som redovisats i det föregående har systemvärmefaktorn bestämts för båda värmepumparna tillsammans som:

$$\text{COP} = \frac{W_{FV}}{W_{EL}}$$

där : W_{FV} = energi tillförd fjärrvärmevattnet

W_{EL} = elenergi tillförd värmepumparna

Värmefaktorns variationer har sammanförts i diagram enligt:

1985 : v 38 - v 52 : Figur 2.43
 1986 : Hela året : " 2.44
 1987 : v 01 - 35 : " 2.45

Värmefaktorns medelvärde för respektive år framgår av följande tabell:

År	W_{FV} kWh	W_{EL} kWh	COP
1985	2 465 997	1 210 160	2,04
1986	7 648 210	3 945 216	1,94
1987	4 564 770	2 442 128	1,87
MV 1985 - 1987			1,95

Högsta uppmätta värde på värmefaktorn är 2,43 och lägsta 1,41.

2.4.4 Sammanfattning av resultat från energimätningar

Fördelningen av de olika energislagen ger för år 1986 en bild av att dimensioneringsförutsättningarna för anläggningen är uppfyll-
da med förhållandet 72/22/6% för respektive värmepumpar, elpanna
och oljepanna.

En ytterligare ökning av andelen värmepumpenergi kunde vara tänk-
bar. Det finns, som förut nämnts, utrymme för att ytterligare be-
lasta kollektorerna. En begränsande faktor är att de två värme-
pumparna, vardera med en effekt av 650 kW, vid många tillfällen
måste drivas med dellast. Detta sänker systemvärmefaktorn. (Jäm-
för Holmlund, Nilsson, BFR - rapport R 108:1986).

Vid nya anläggningar bör flera enheter användas som succesivt ste-
gas in vid ökat effektbehov.

Medelvärde för värmefaktorn har under år 1986 uppmätts till 1,94,
att jämföras med 2,2 - 2,4 enligt bilaga 1.1.

3. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Projektet "Sjövärmeanläggning i Åre - mätning och utvärdering"
har haft följande målsättning:

- att fastställa dimensioneringsförutsättningar för sjökollekto-
rerna.
- att fastställa värmepumpsystemets värmefaktor samt
- att bestämma de olika energislagens andel av energiförsörjningen.

Anläggningen består av två värmepumpar vardera med en effekt av
0,65 MW, en elpanna med effekten 2,0 MW och en oljeanläggning med
2,9 MW effekt.

I Åresjön har placerats två typer av kollektorer, kollektor 1 och
2. Kollektor 1 med slangdimension 110 mm och c/c mellan rören av
1 m har ett inre rör med diametern 50 mm inskjutet i den yttre
slangen. Kollektor 2 har en rördimension av 90 mm och c/c mellan
rören av 0,5 m. Inre rör saknas.

Dimensioneringsförutsättningar utgöres främst av sjövattnets temperatur vilken har följts upp med ett betydande antal mätpunkter under tiden f o m vecka 446 (Första siffran anger året, d v s 4 = 1984) t o m 727. Högsta uppmätta temperatur är $+16,8^{\circ}\text{C}$ under juli och lägsta temperatur $+0,1^{\circ}\text{C}$ f o m mitten av november t o m slutet av april. Uppvärmningen av vattnet sker relativt snabbt med ca 1,5 grader per vecka under en 10-veckors period.

Även marktemperaturen i anslutning till transportledningarna för brinen har registrerats varvid konstaterats att den kallare frånledningen sänker marktemperaturen ca 1° .

I kollektorsystemet cirkulerar en brine bestående av vatten uppblandat med 20% CaCl_2 . Den lägsta brinetemperaturen till kollektorerna har uppmätts till -10°C omkring april månad och den högsta till $+9,7^{\circ}\text{C}$ i juli/augusti.

Kollektor 1 ger en temperaturhöjning för brinen av 3° jämfört med 2,6 för kollektor 2.

Detta skulle kunna tyda på att kollektor 1 i vissa driftlägen är något effektivare, 5-10%. Kollektor 1 utgör emellertid en dyrare konstruktion, varför en entydig fördel inte kan påvisas.

Kollektorenheterna i Åreanläggningen uppvisar möjligheten till ytterligare effektuttag på ca 25%.

Energislagens fördelning har följts upp under senare delen av 1985, hela 1986 samt första delen av 1987.

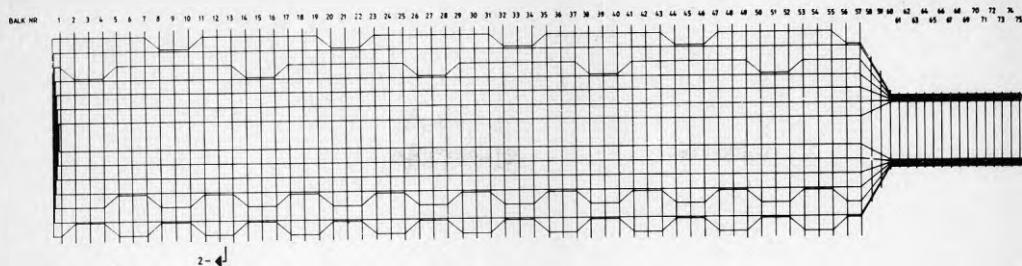
Fördelningen för år 1986 mellan värmepumpar, elpanna och oljepanna är i procent 72/22/6. För värmepumparna uppfyller detta dimensioneringsförutsättningarna på 69%.

Värmepumparnas systemvärmefaktor, mätt som förhållandet mellan avgiven energi till fjärrvärmevattnet och tillförd elenergi till värmepumparna är för:

1985 : v 38 - v 52	:	2,04
1986 : Hela året	:	1,94
1987 : v 01 - v 35	:	1,87

Mättningsresultatet visar ett lägre värde på värmefaktorn än vad som beräkningsmässigt angivits i "Tekniska data", bilaga 1.1. Orsaken till den lägre värmefaktorn mätt över året torde främst vara att sjövattnets och bottenens temperatur under vintertid i verkligheten är lägre än vad som antagits i dimensioneringsförutsättningarna. Den verkliga temperaturen är $0,1 - 0,2^{\circ}\text{C}$ mot beräknade $0,3 - 0,5^{\circ}\text{C}$. Momentant har emellertid under vissa veckor, som förut nämnts, högre värden på värmefaktorn uppmätts.

Avslutningsvis kan konstateras att drifterfarenheterna av Åreanläggningen under perioden 87/88 har varit goda. Det kan också konstateras att värmepump tekniken med ytvatten, ofta kalla vatten, som värmekälla är etablerad och erbjuder en miljövänlig energiteknik.



1 - PLAN VÄXLARE 1

SKALA L: 1:500
B: 1:100

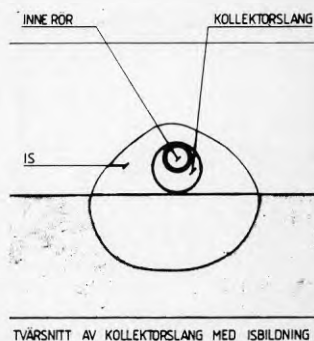


2 - SEKTION

SKALA 1:50

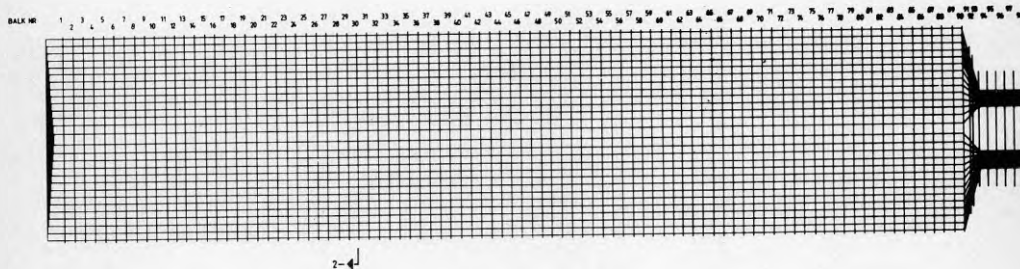
TERRASDENS - SINGEL MELLAN
FÖLJANDE BALKAR

0 - 1	36 - 37
3 - 4	38 - 39
6 - 7	40 - 41
9 - 10	42 - 43
12 - 13	44 - 45
16 - 17	46 - 47
18 - 19	48 - 49
20 - 21	50 - 51
22 - 23	52 - 53
24 - 25	54 - 55
28 - 29	56 - 57
30 - 31	58 - 59
32 - 33	60 - 61
34 - 35	62 - 63



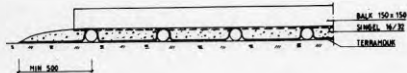
TVÄRSNITT AV KOLLEKTÖRSLANG MED ISBILDNING

Figur 1.2 : Kollektor 1



1 - PLAN VÄXLARE 2

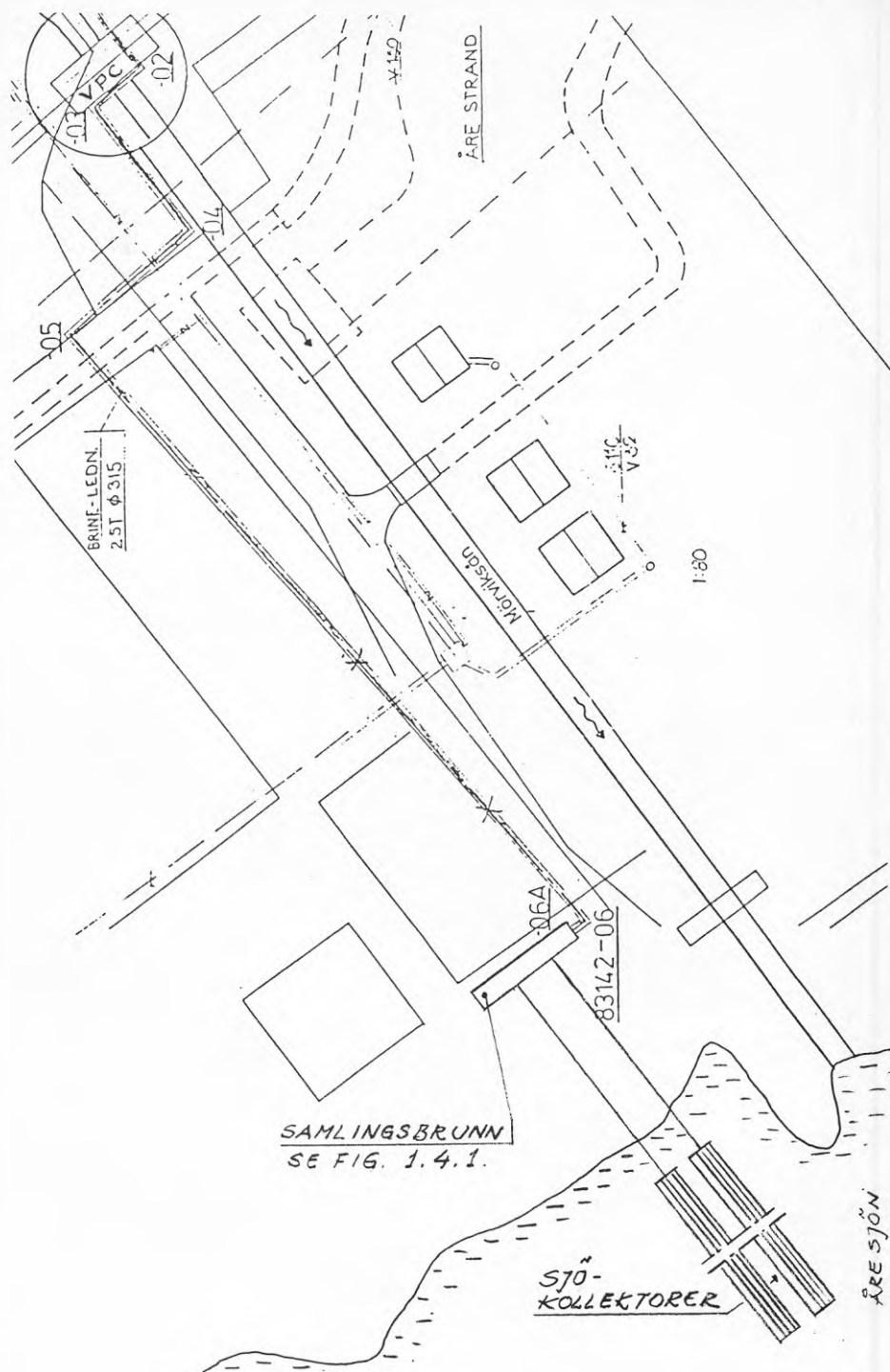
SKALA L: 1:500
B: 1:100



2 - SEKTION

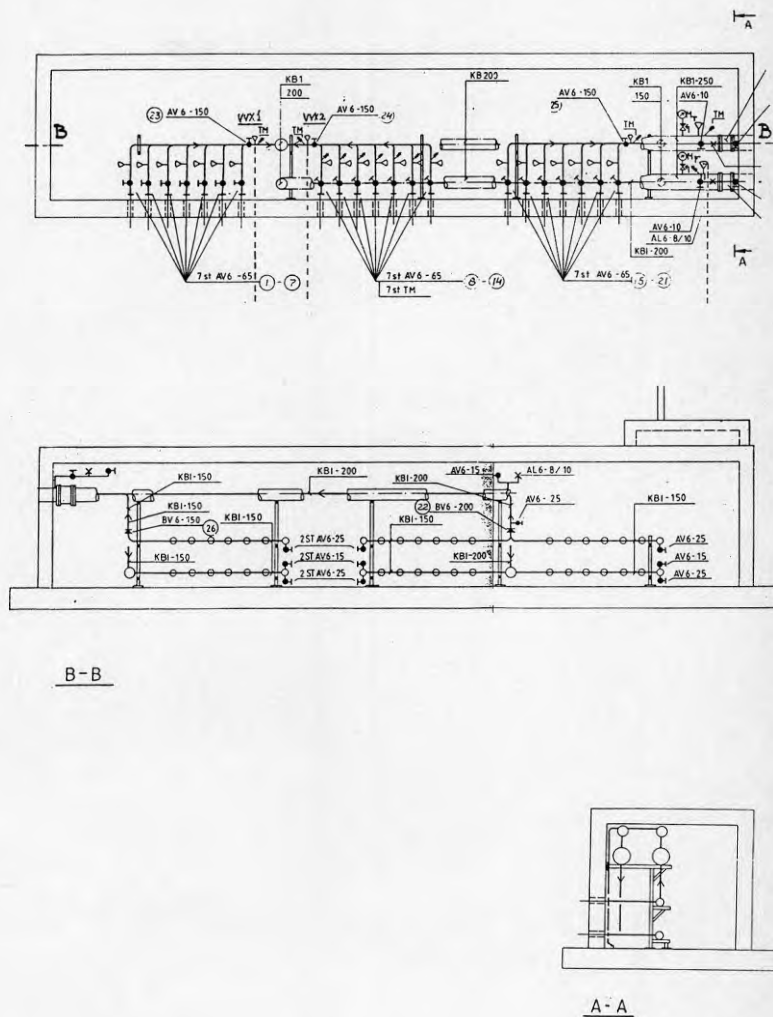
SKALA 1:10

Figur 1.3 : Kollektor 2



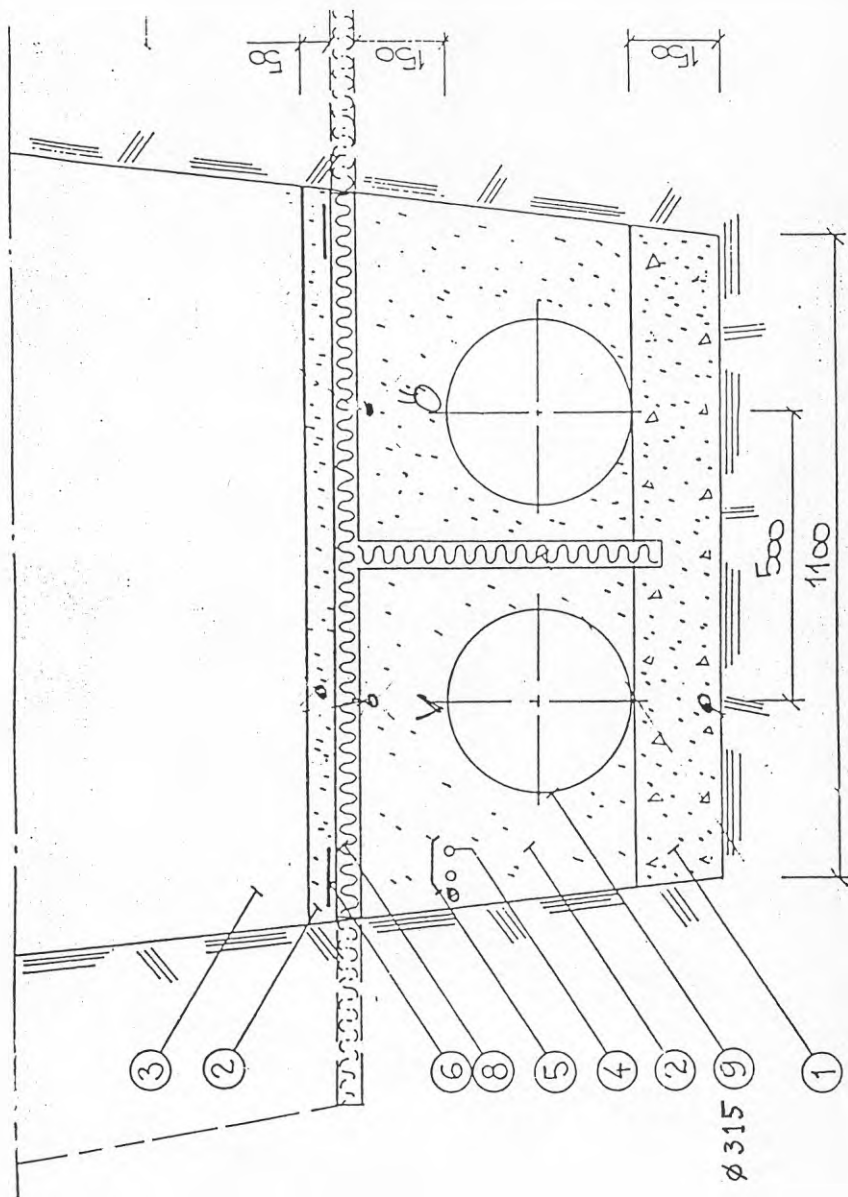
Figur 1.4

Samlingsbrunn och transportledning för brine.



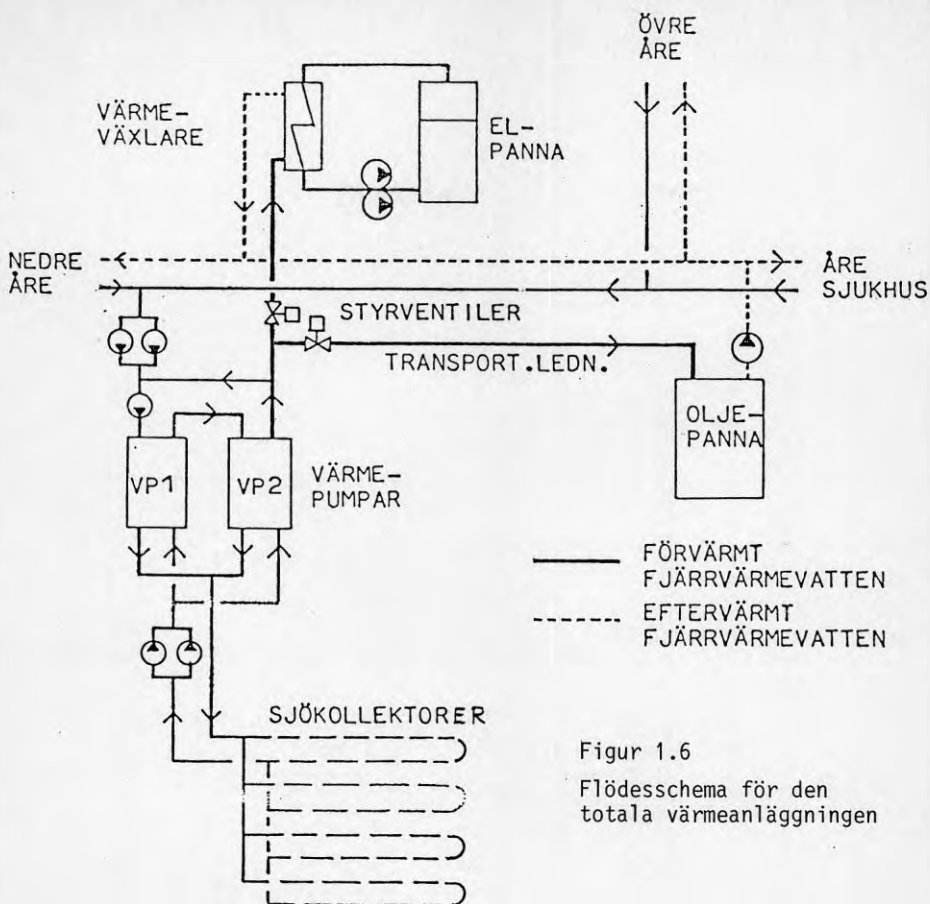
Figur 1.4.1

Samlingsbrunnen i vilken ledningarna från sjökollektorerna samlas och från vilken transportledningen till värmepumpcentralen går ut.



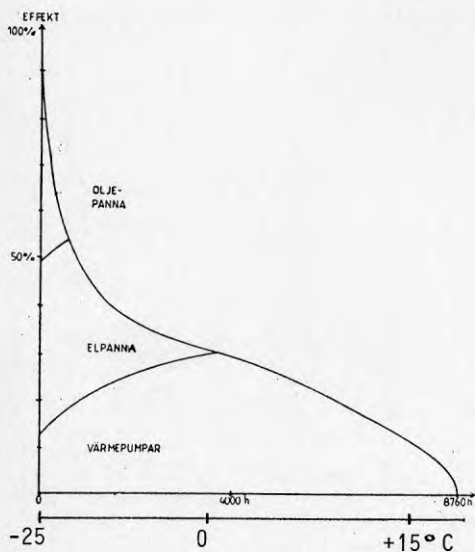
Figur 1.5

Distributionsledningen (transportledningen) för brine i mark från samlingsbrunn till värmepumpcentral.



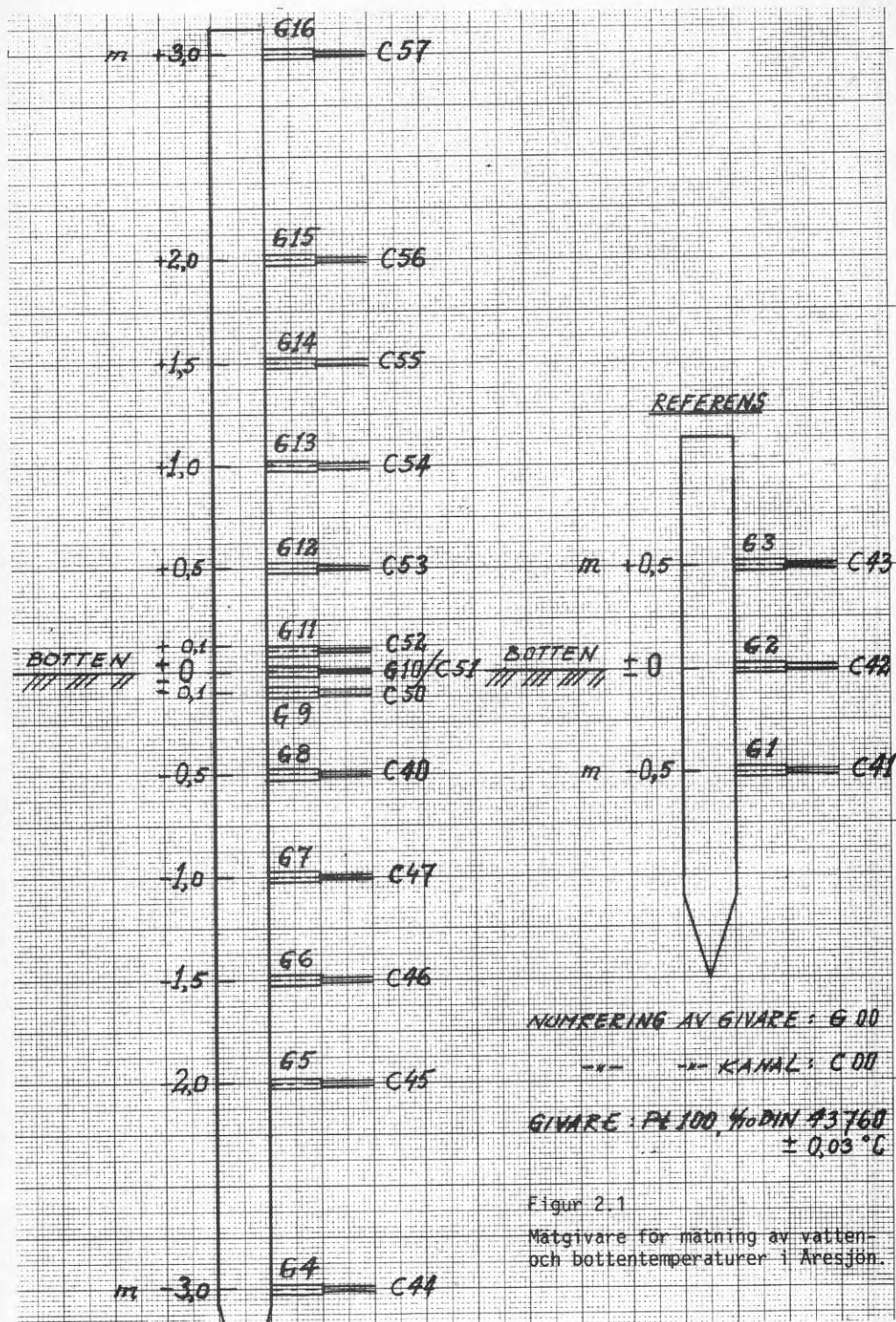
Figur 1.6

Flödesschema för den totala värmeanläggningen



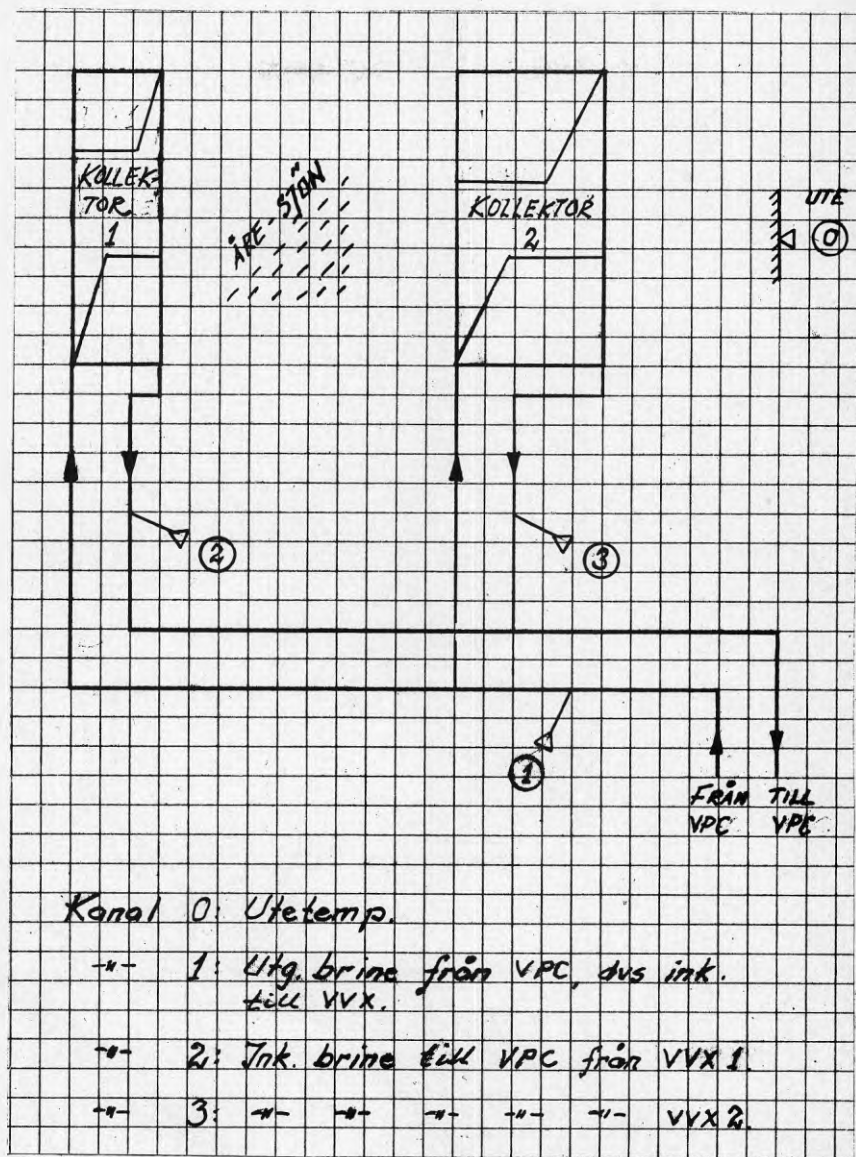
Figur 1.7

Varaktighetsdiagram för fjärrvärmenätet i Åre.



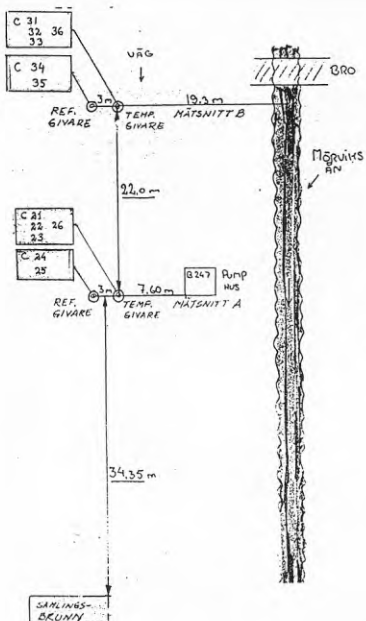
Figur 2.1

Mätgivare för mätning av vatten- och botten temperaturer i Åresjön.



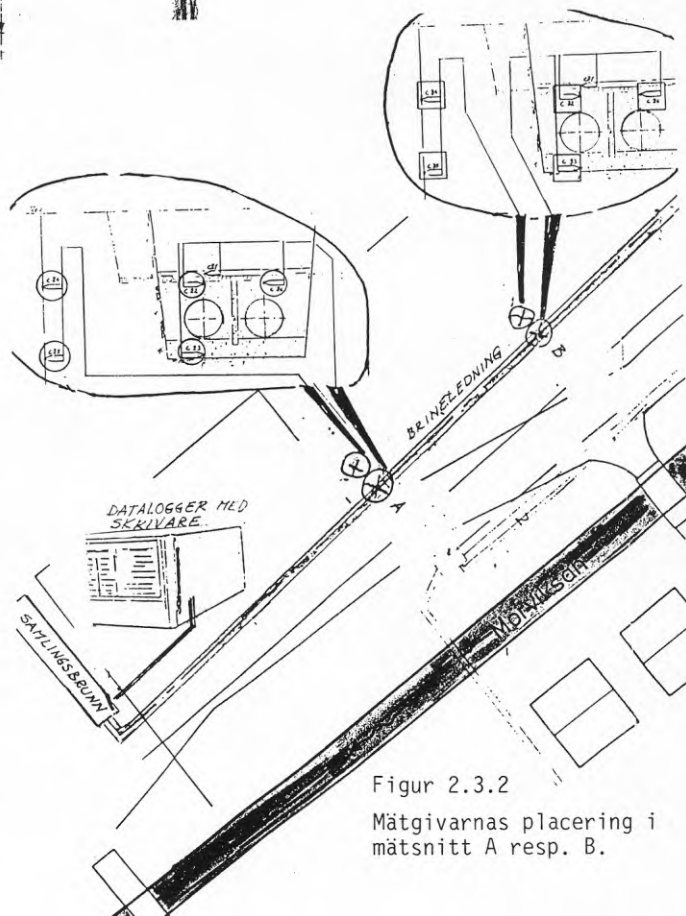
Figur 2.2

Mätgivare för mätning av kollektortemperaturer.

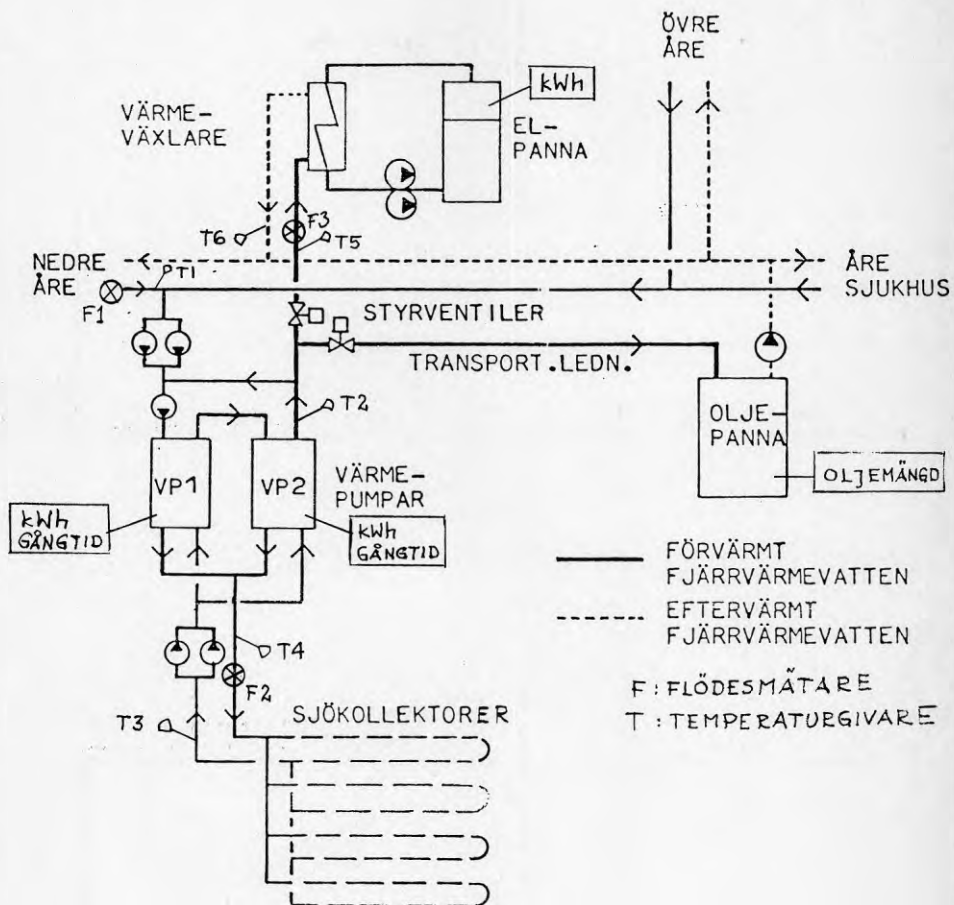


Mätgivare för mätning av marktemperaturer utefter transportledning för brine.

Figur 2.3.1
Mätningens placering.



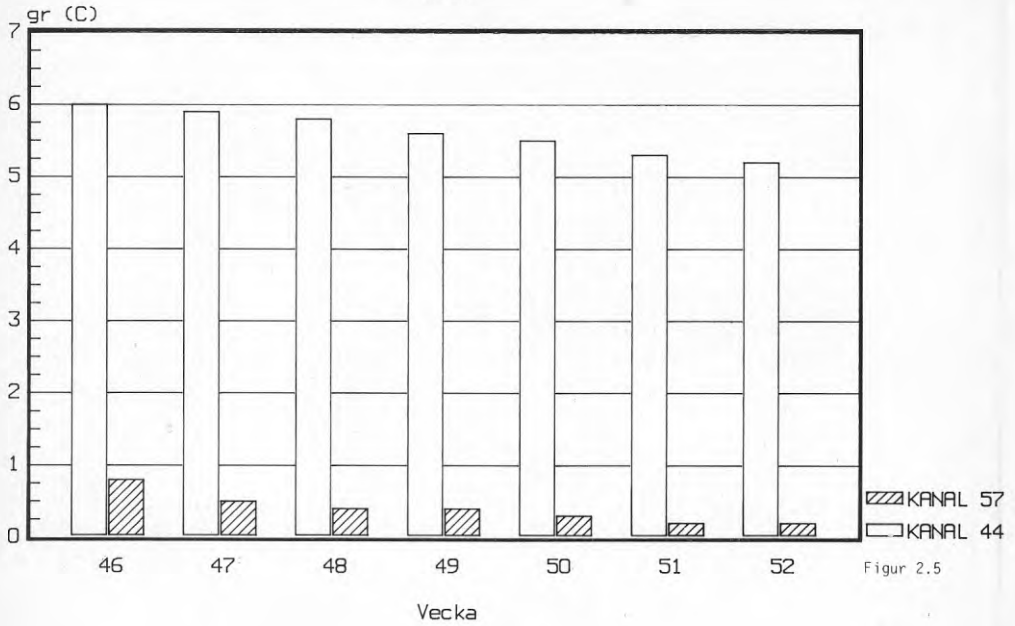
Figur 2.3.2
Mätgivarnas placering i mätsnitt A resp. B.



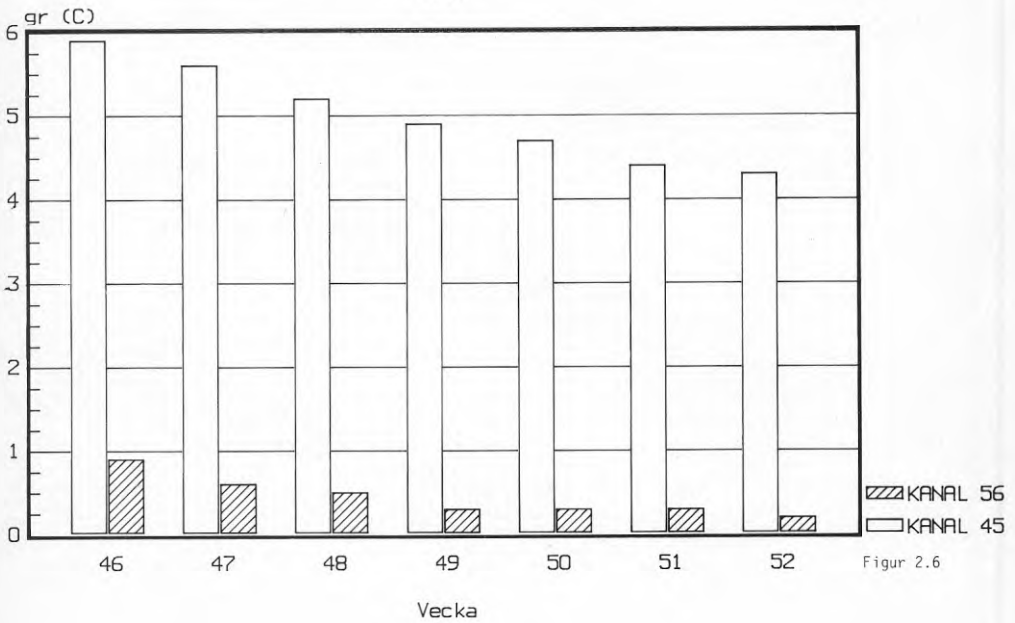
Figur 2.4

Mätningare för mätningar i värmepumpcentralen.

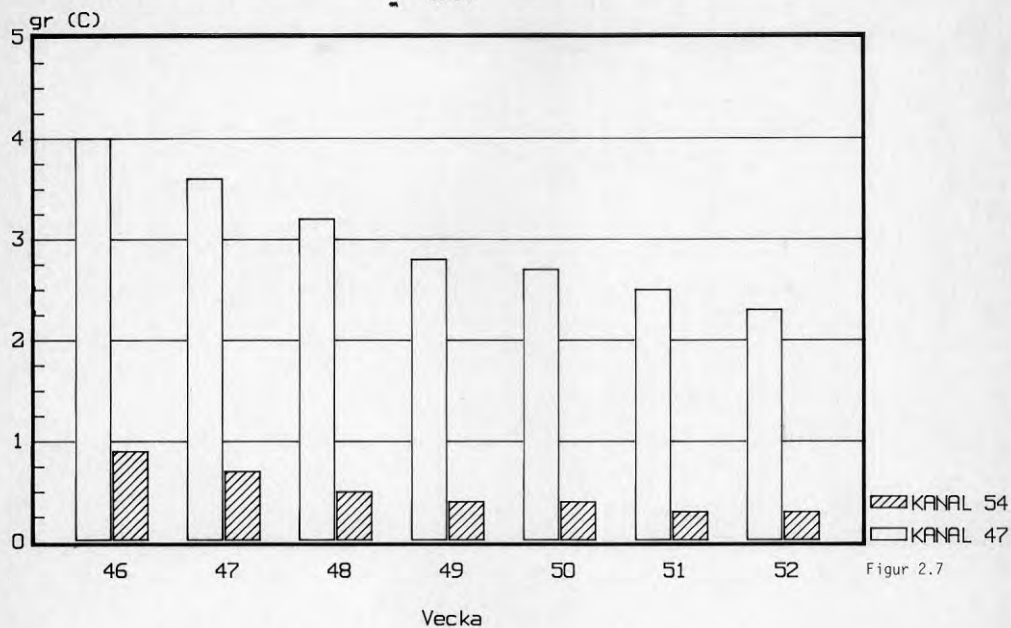
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 44-57
1984



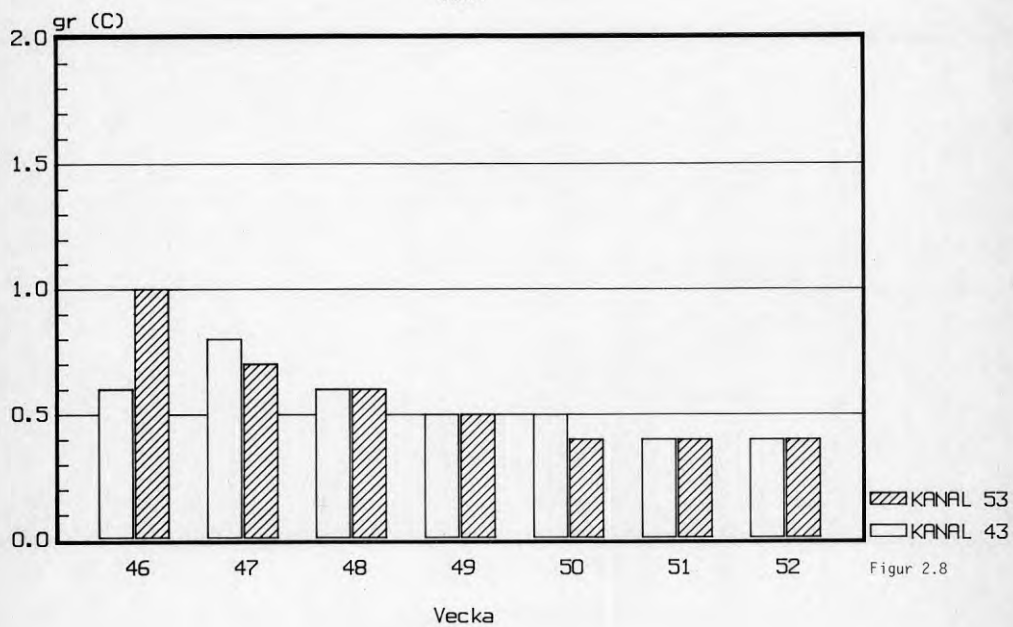
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 45-56
1984



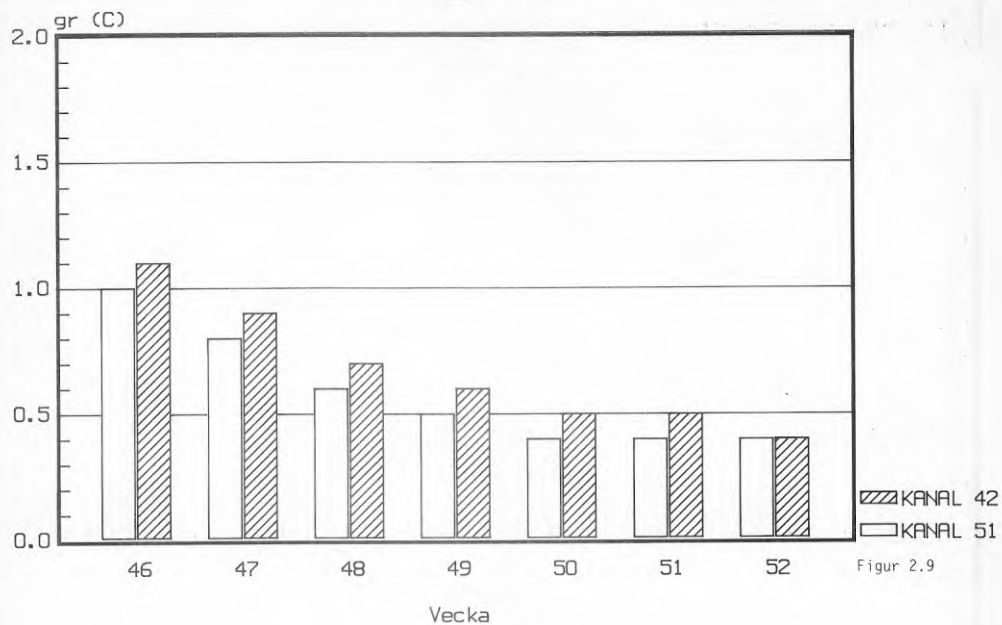
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 47-54
1984



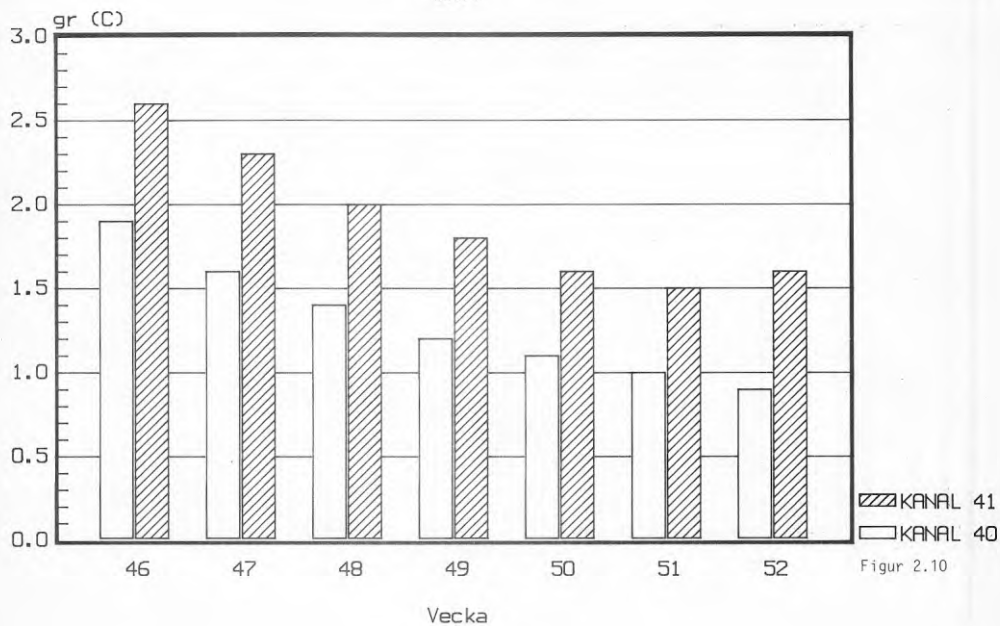
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 43-53
1984



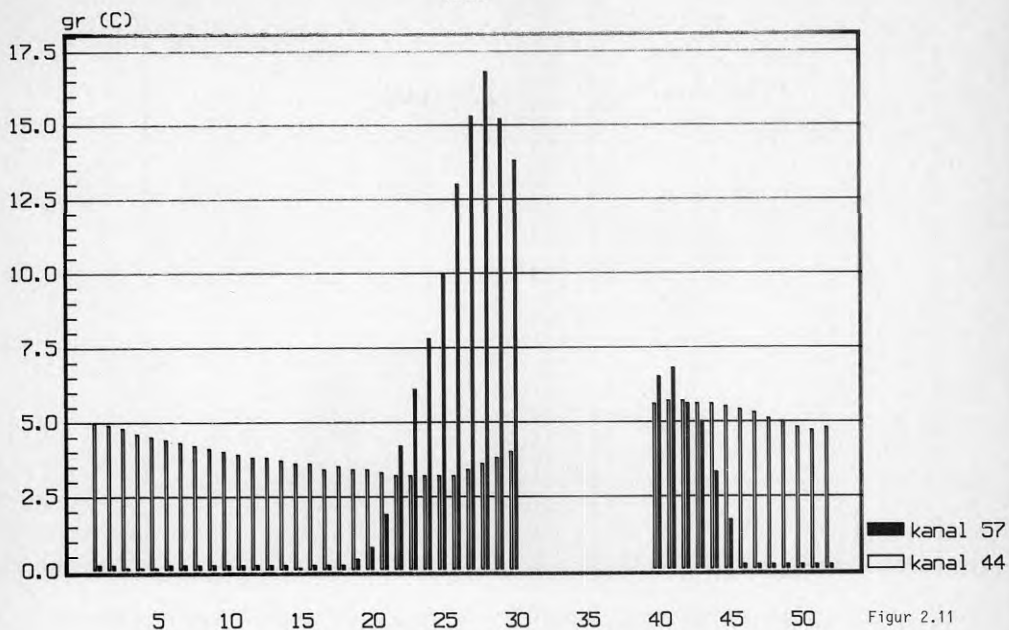
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 51-42
1984



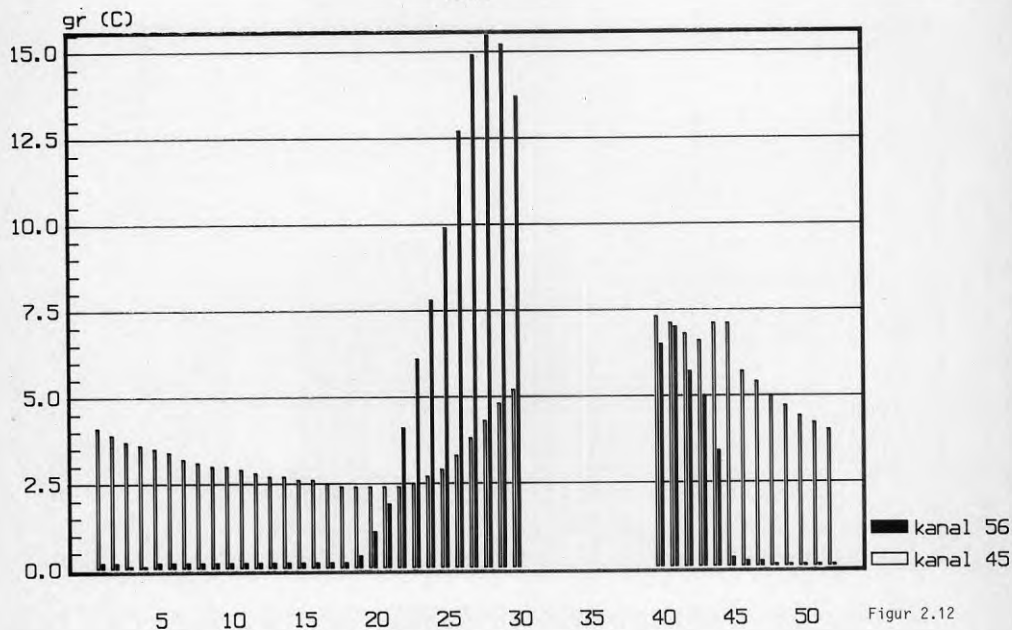
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 40-41
1984



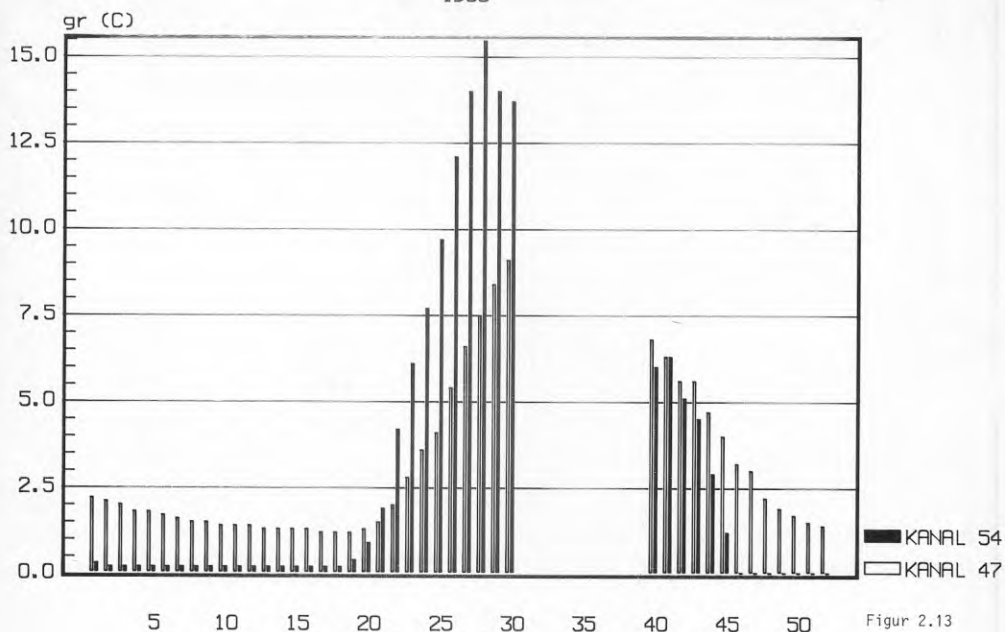
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 44-57
1985



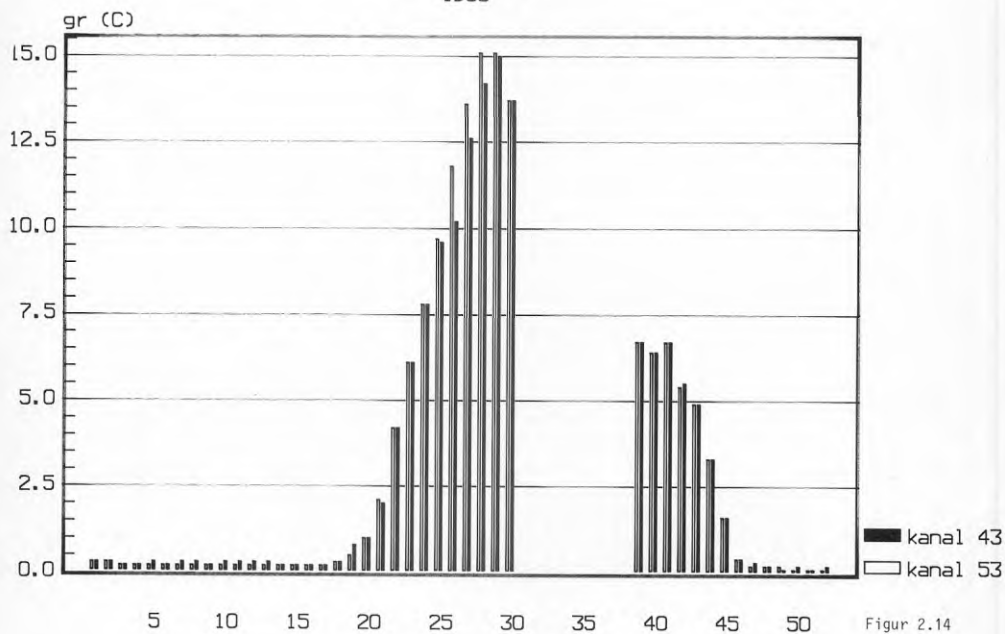
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 45-56
1985



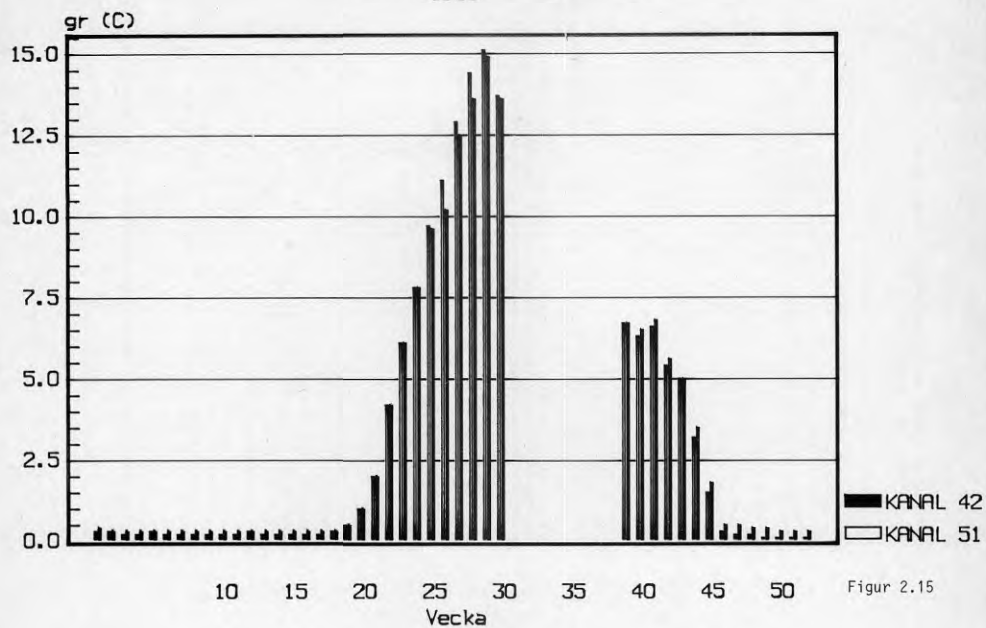
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 47-54
1985



TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 53-43
1985

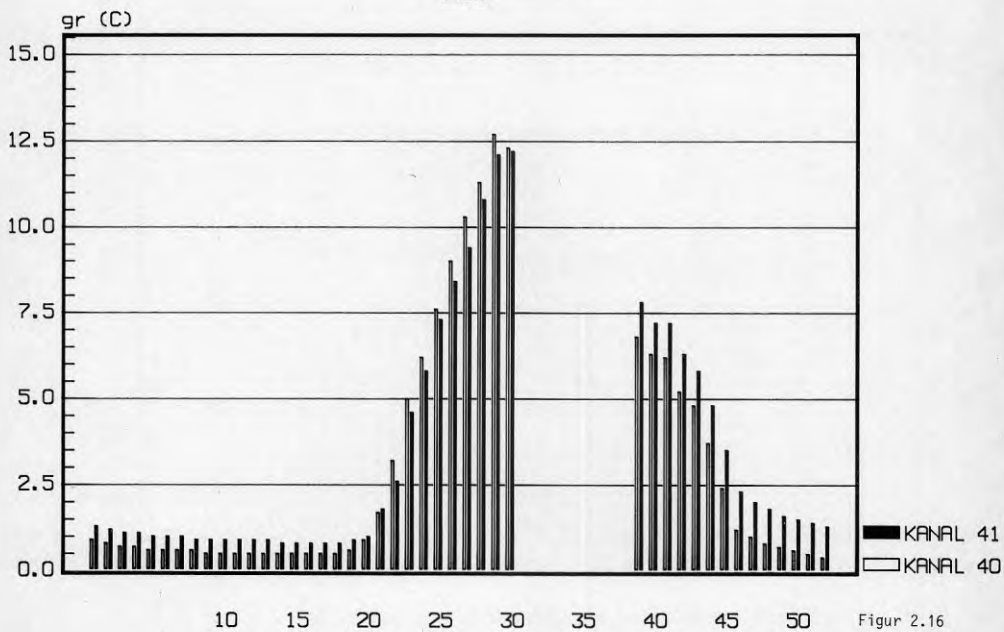


TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 51-42
1985



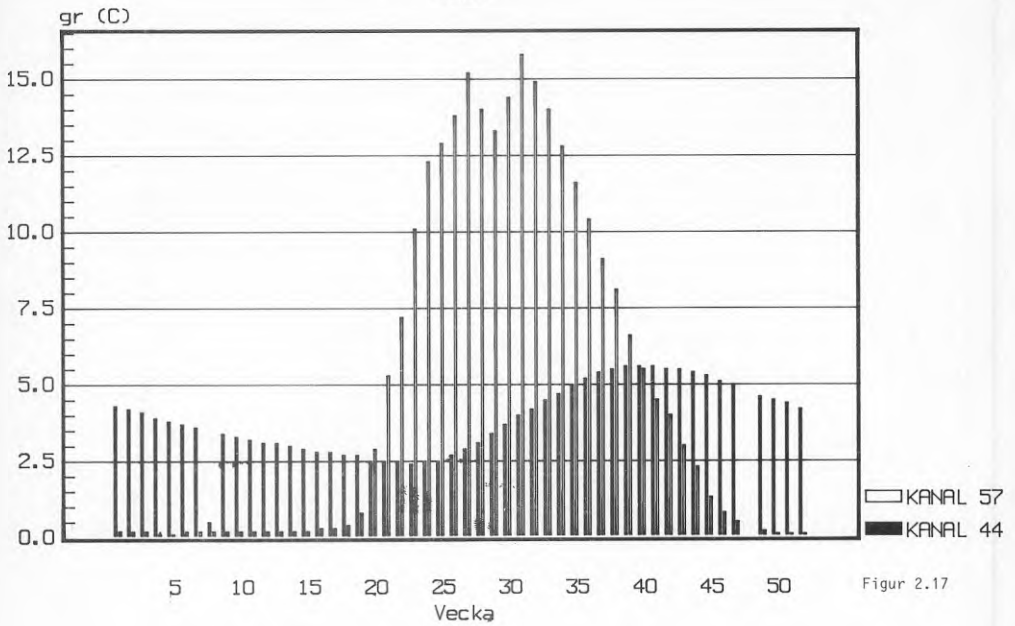
Figur 2.15

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 4041 (85)
1985



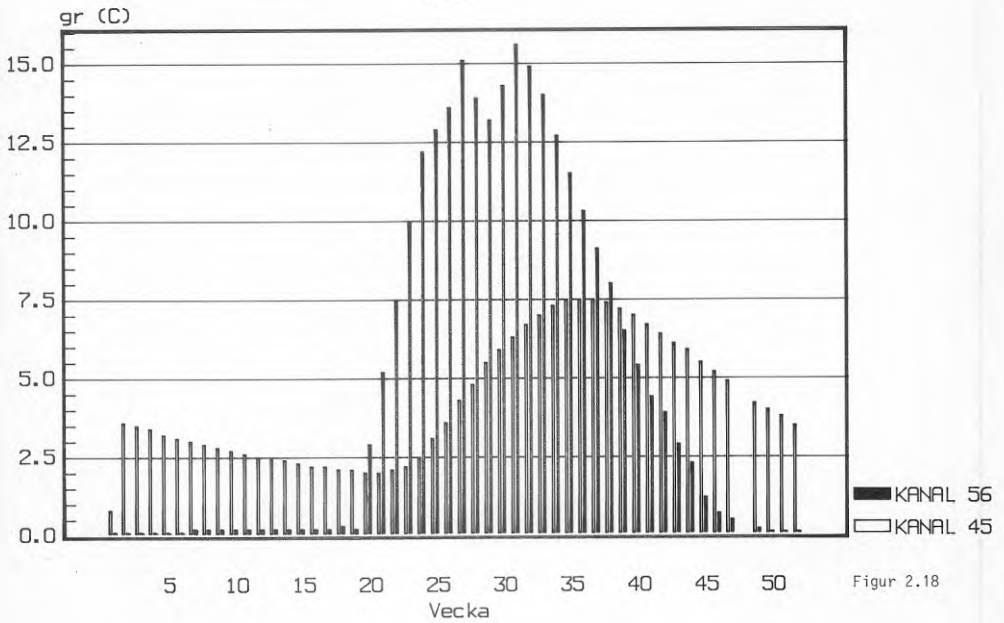
Figur 2.16

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 44-57
1986



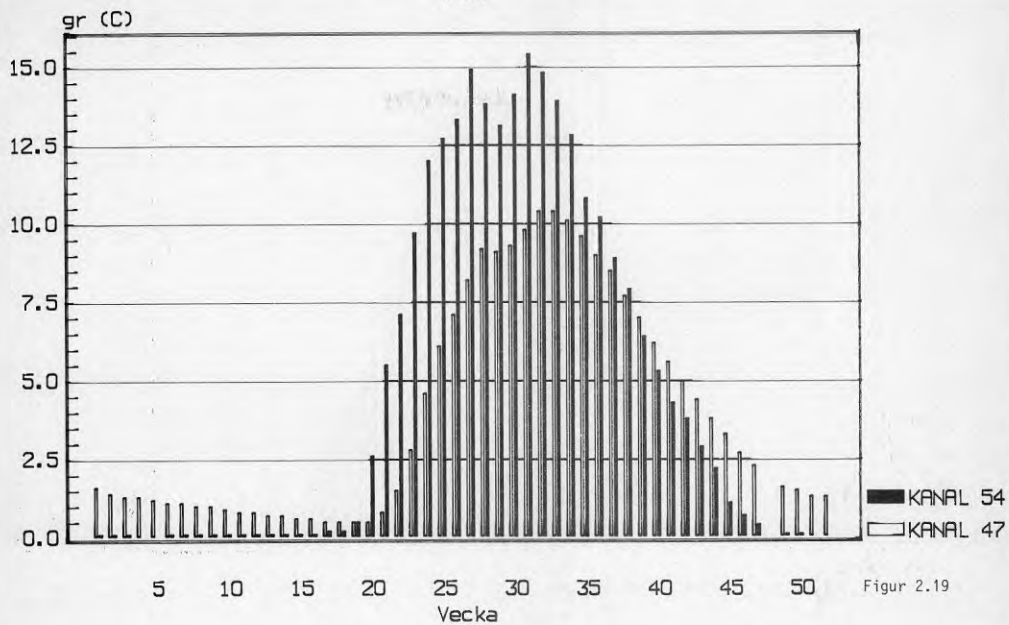
Figur 2.17

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 45-56
1986



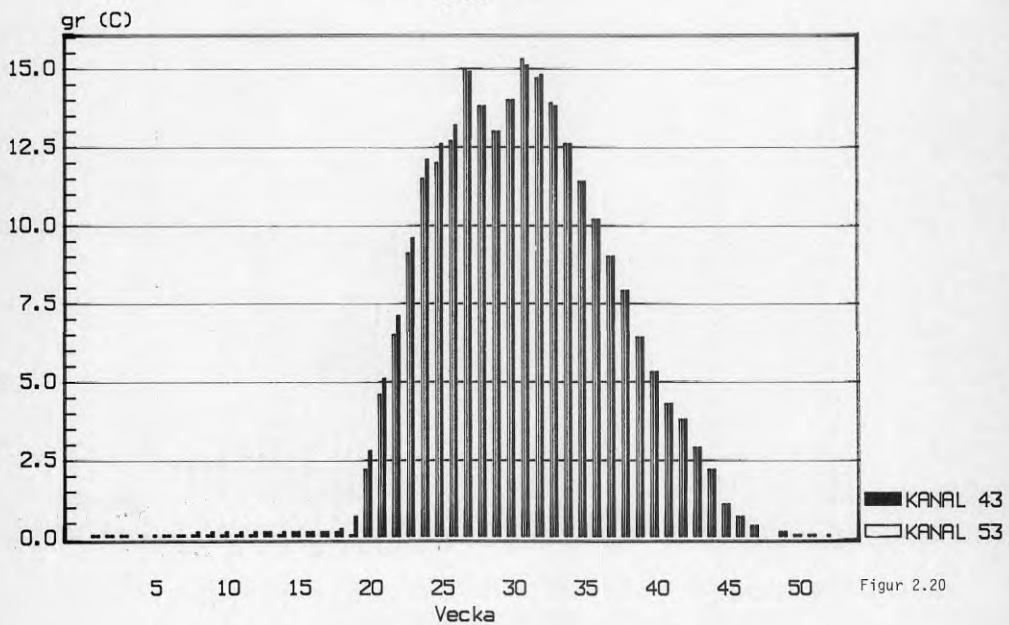
Figur 2.18

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 47-54
1986



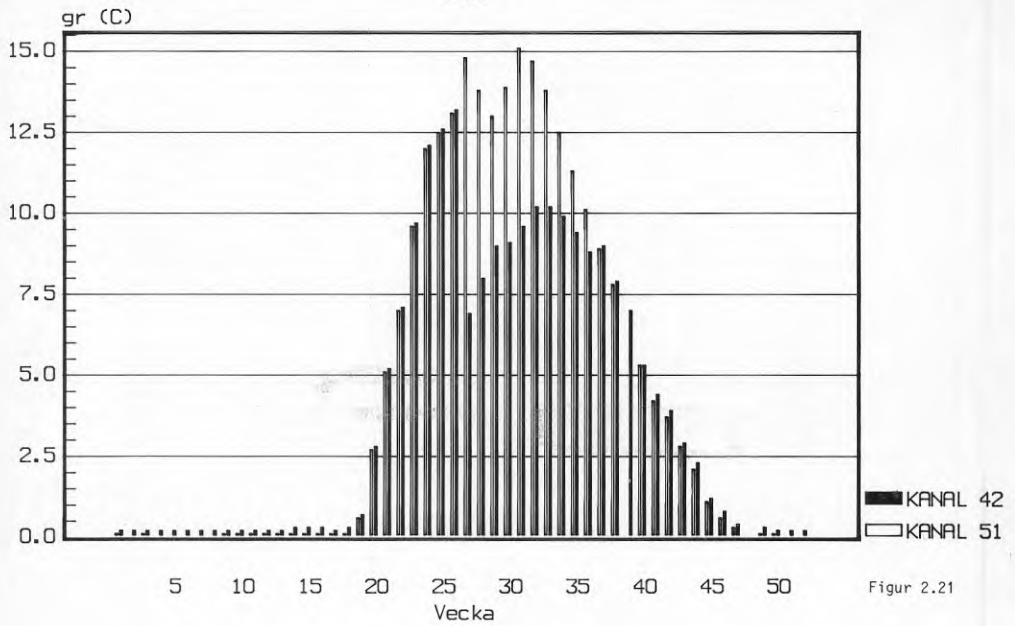
Figur 2.19

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 53-43
1986



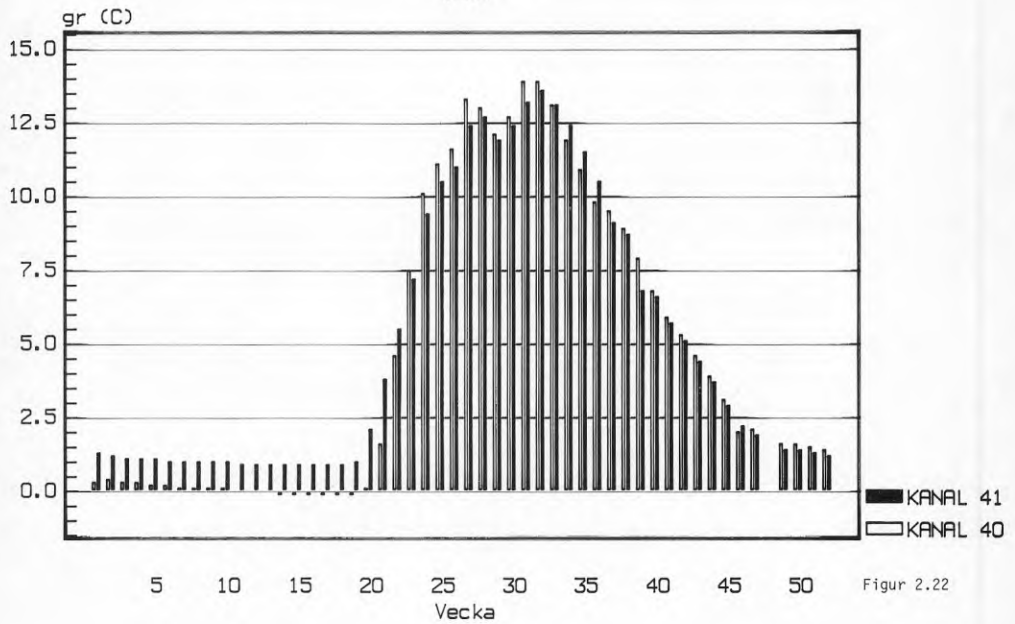
Figur 2.20

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 51-42
1986



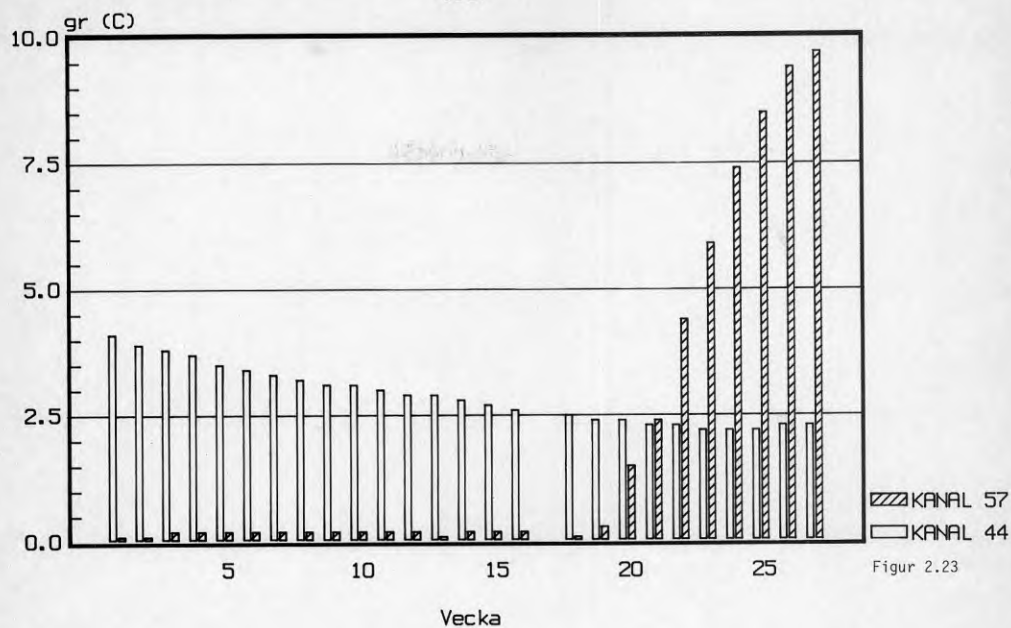
Figur 2.21

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 40-41
1986



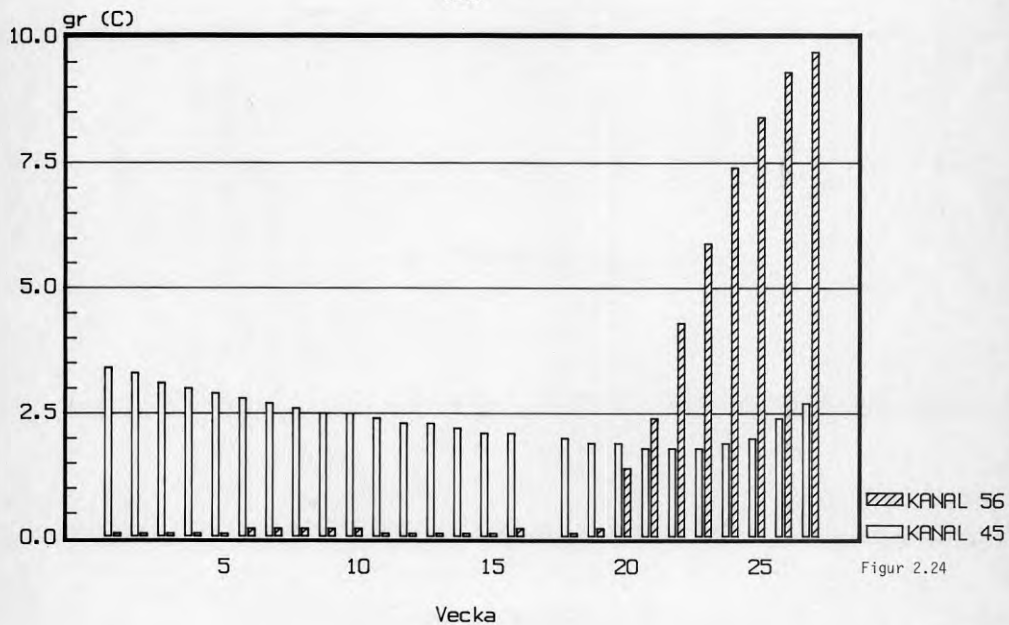
Figur 2.22

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 44-57
1987



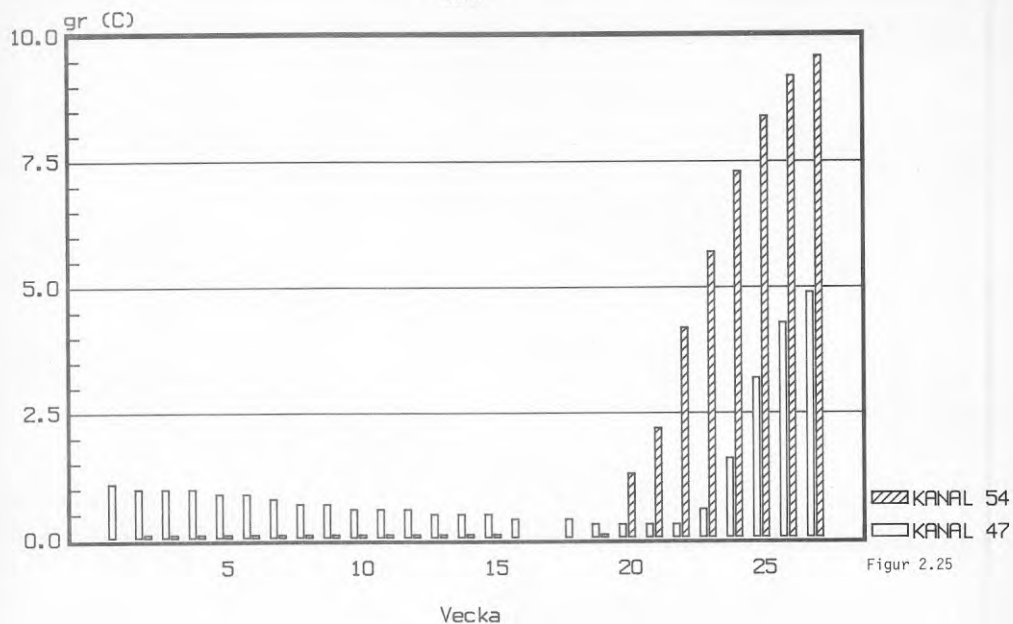
Figur 2.23

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 45-56
1987

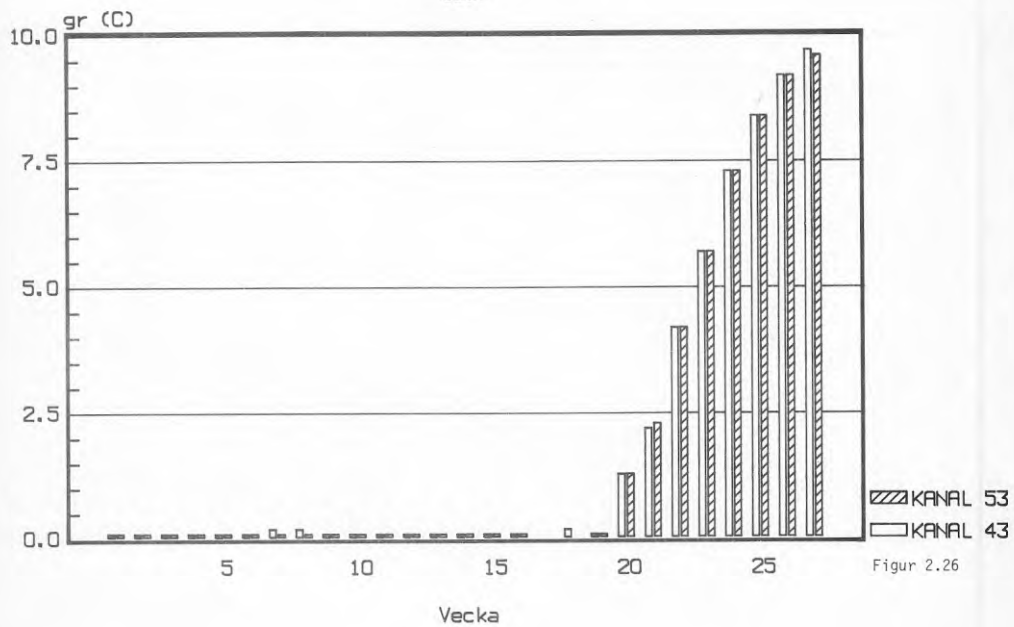


Figur 2.24

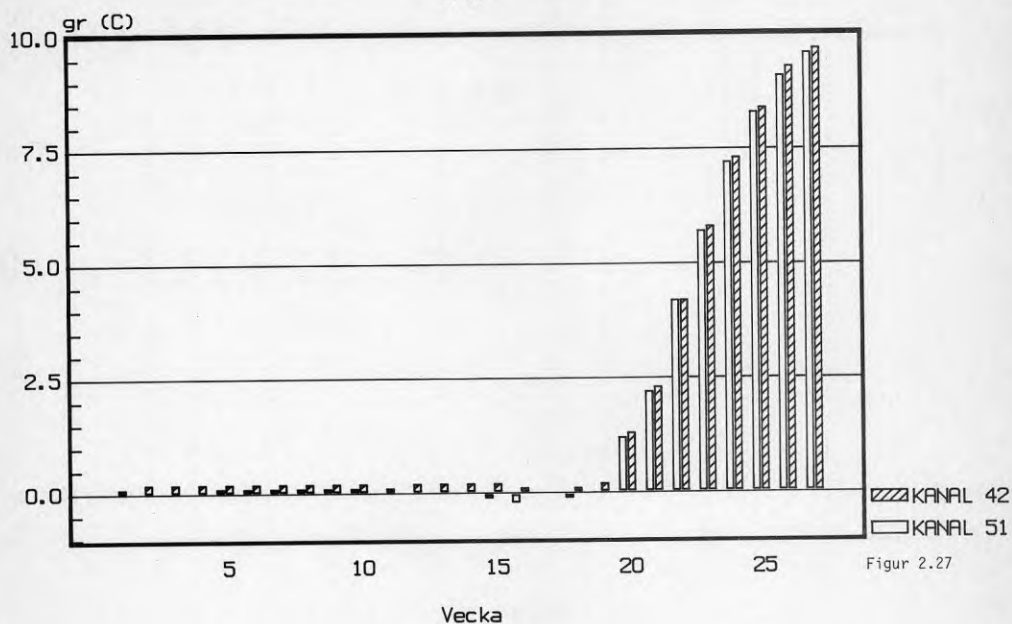
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 47-54
1987



TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 43-53
1987

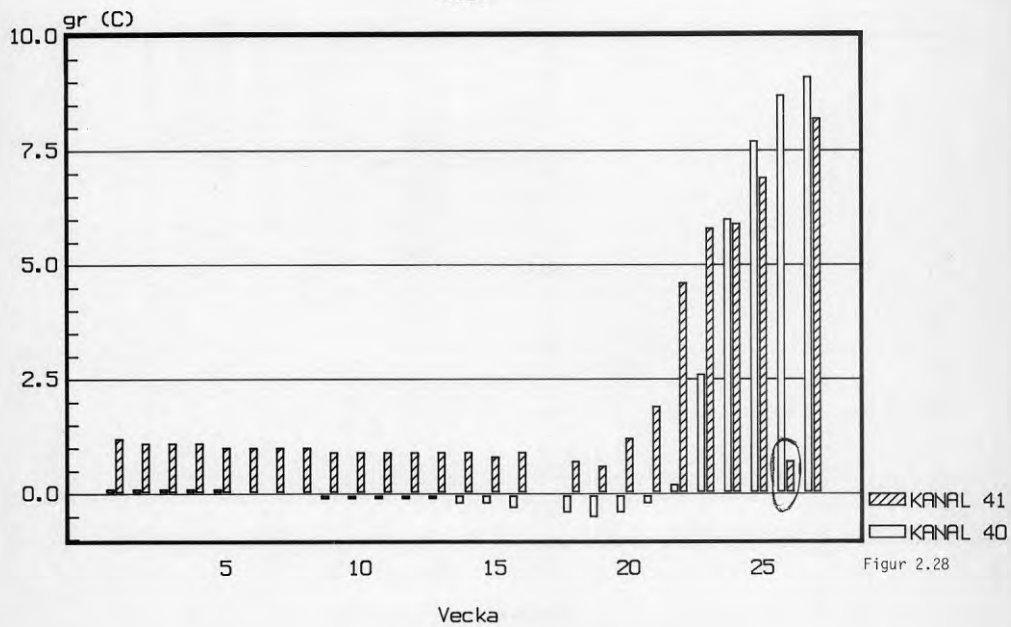


TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 51-42
1987



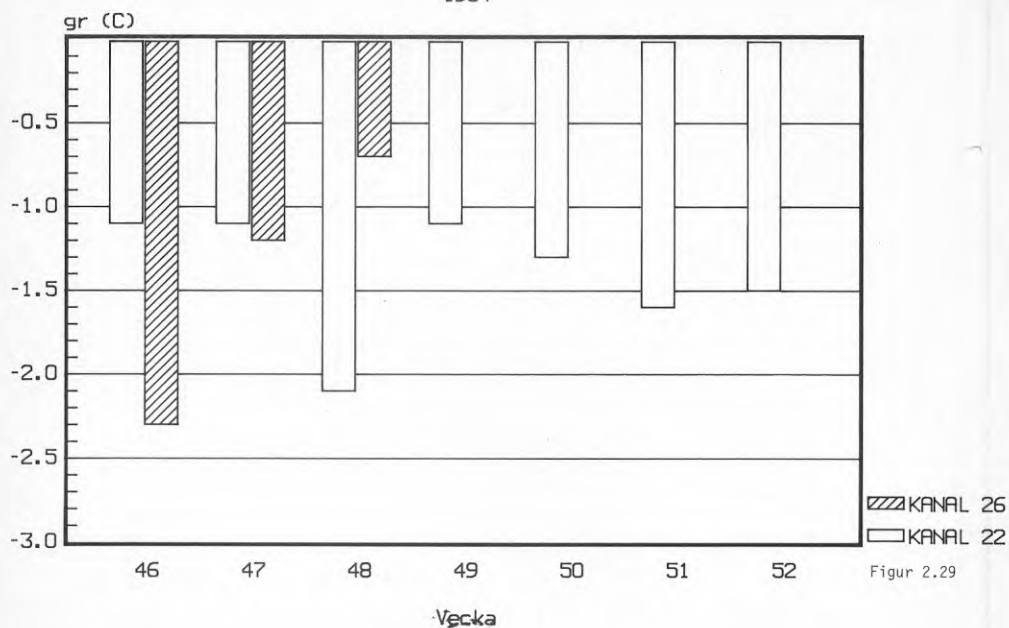
Figur 2.27

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 40-41
1987



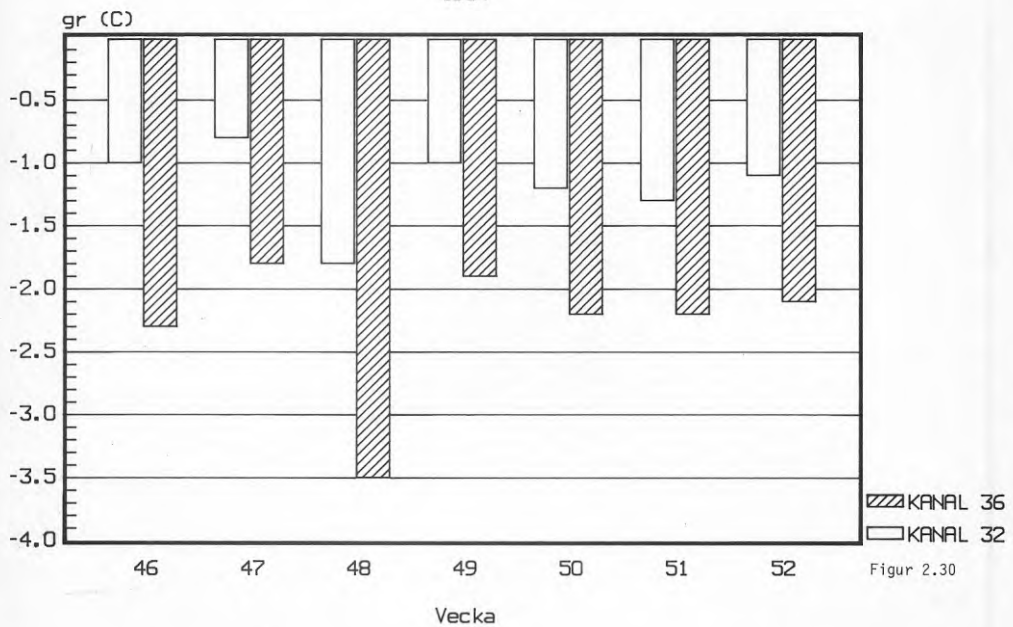
Figur 2.28

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 22-26
1984



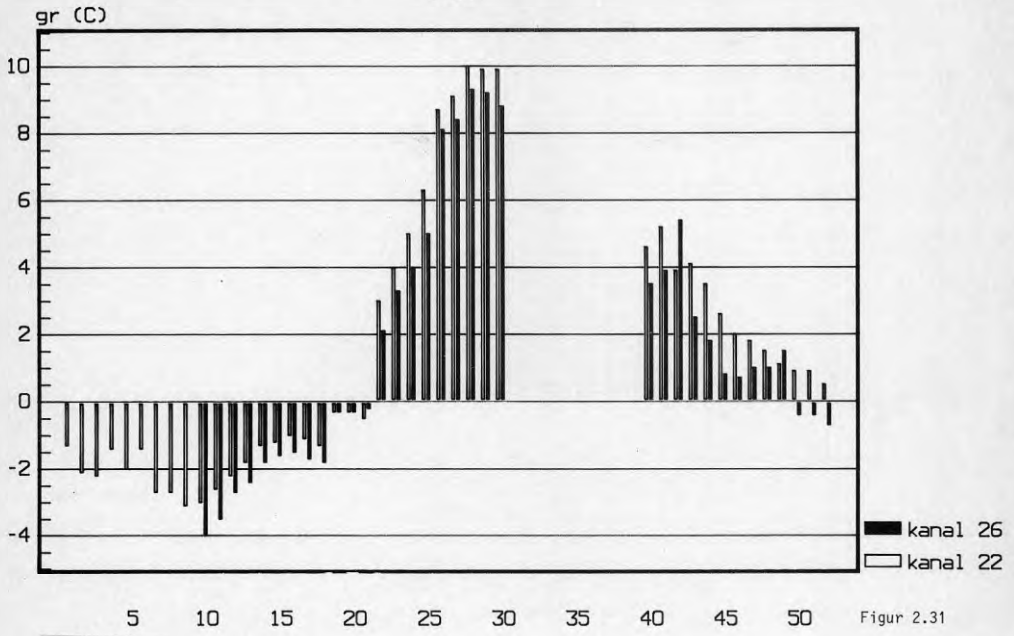
Figur 2.29

TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 32-36
1984

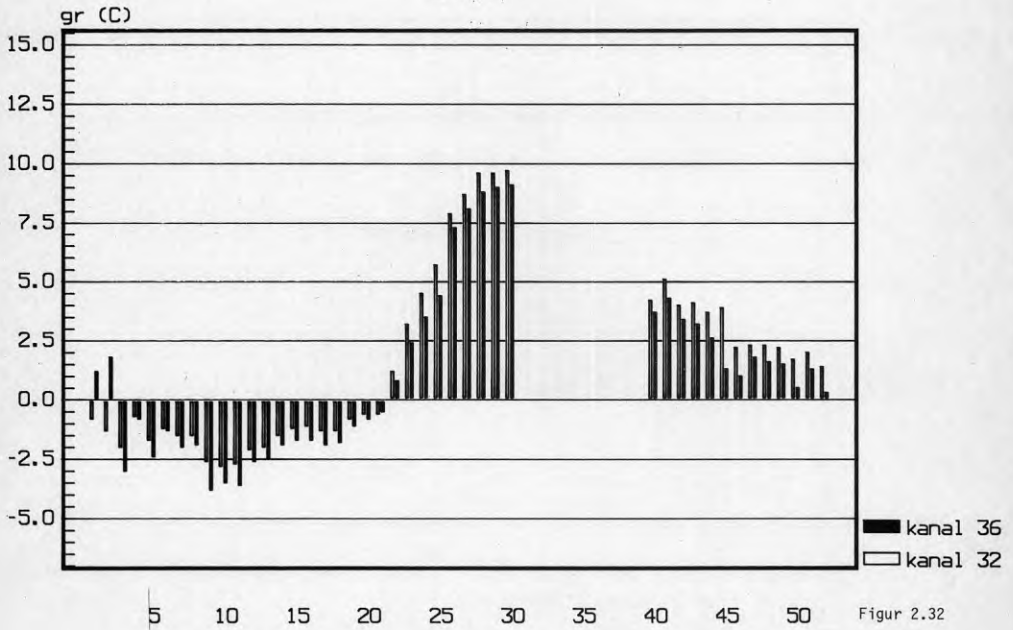


Figur 2.30

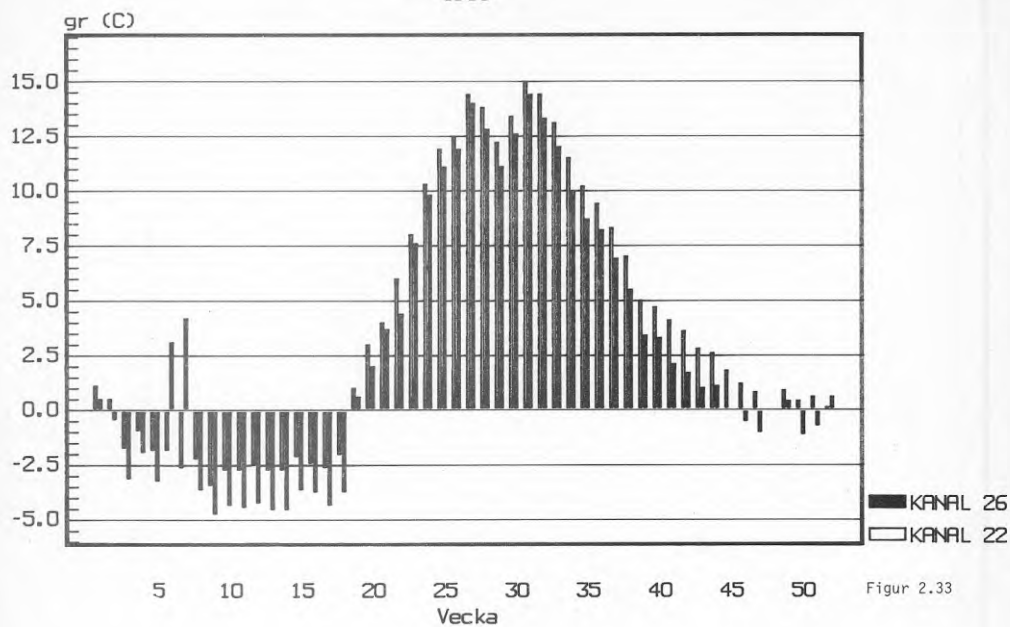
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
kanal 22-26
1985



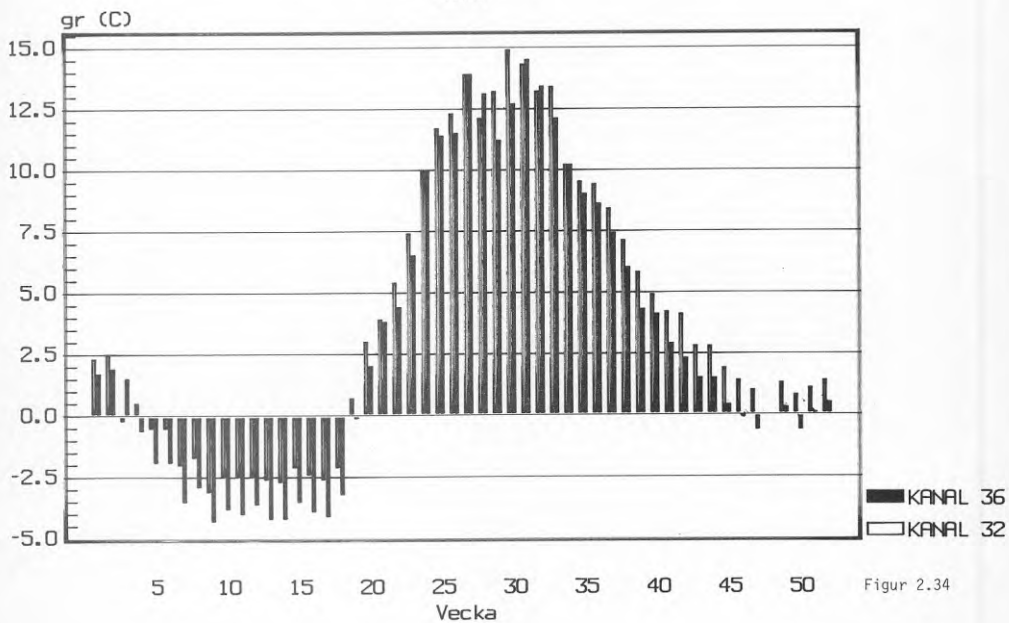
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
kanal 32-36
1985



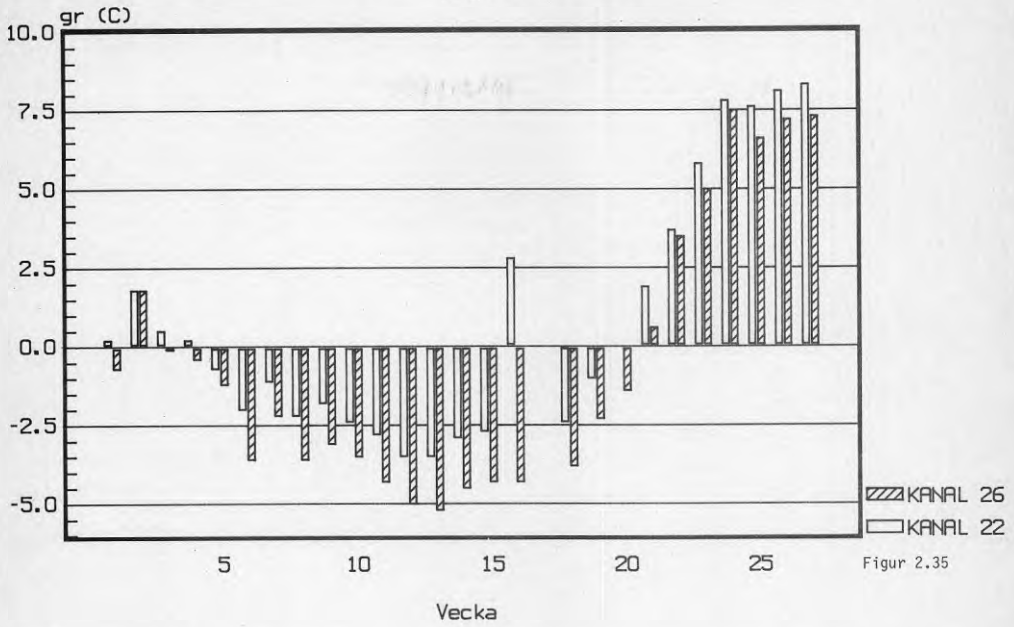
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 22-26
1986



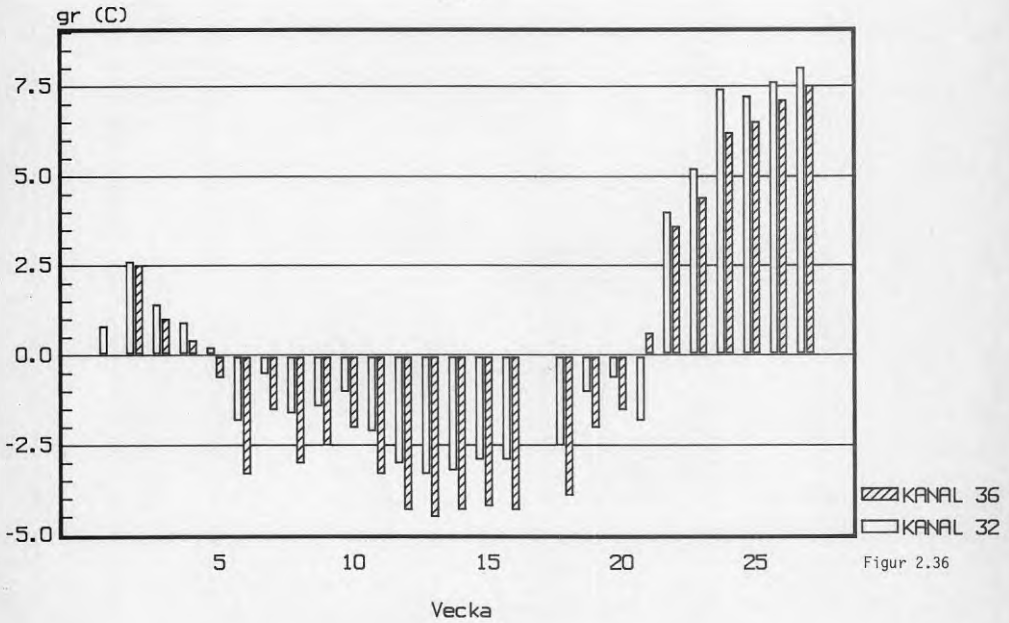
TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 32-36
1986

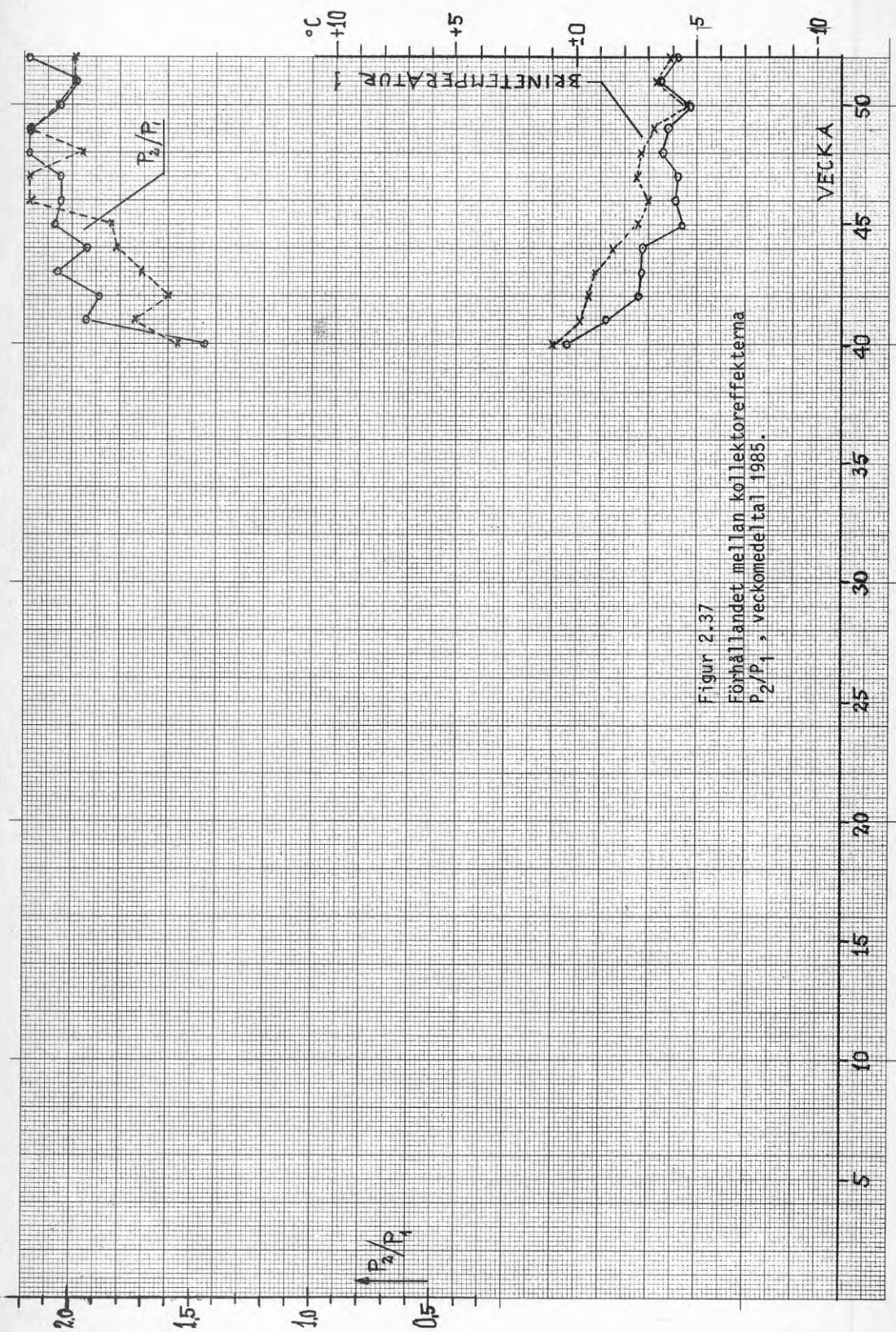


TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 22-26
1987

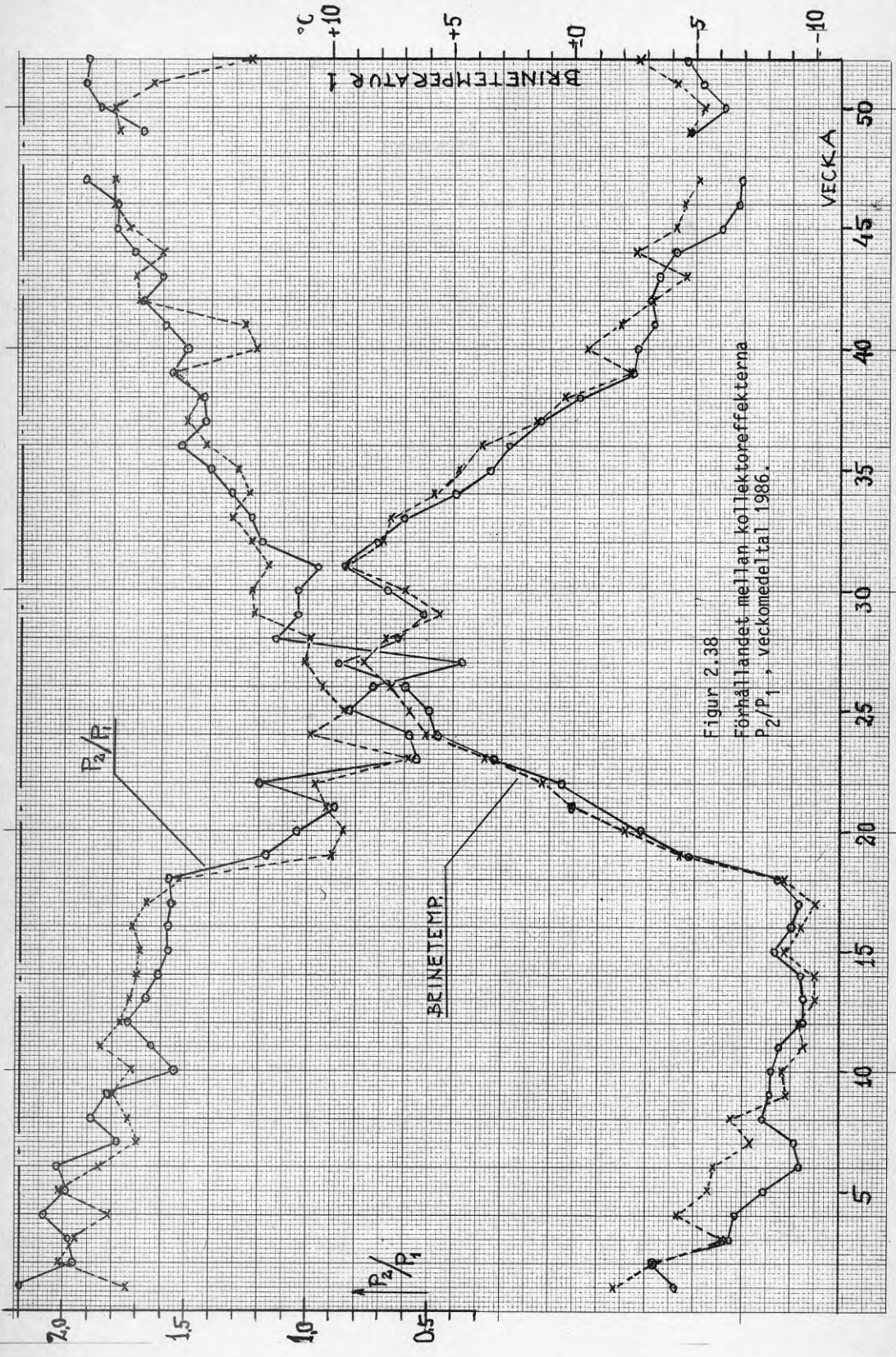


TEMPERATURMÄTNING I ÄRESJÖN
KANAL 32-36
1987

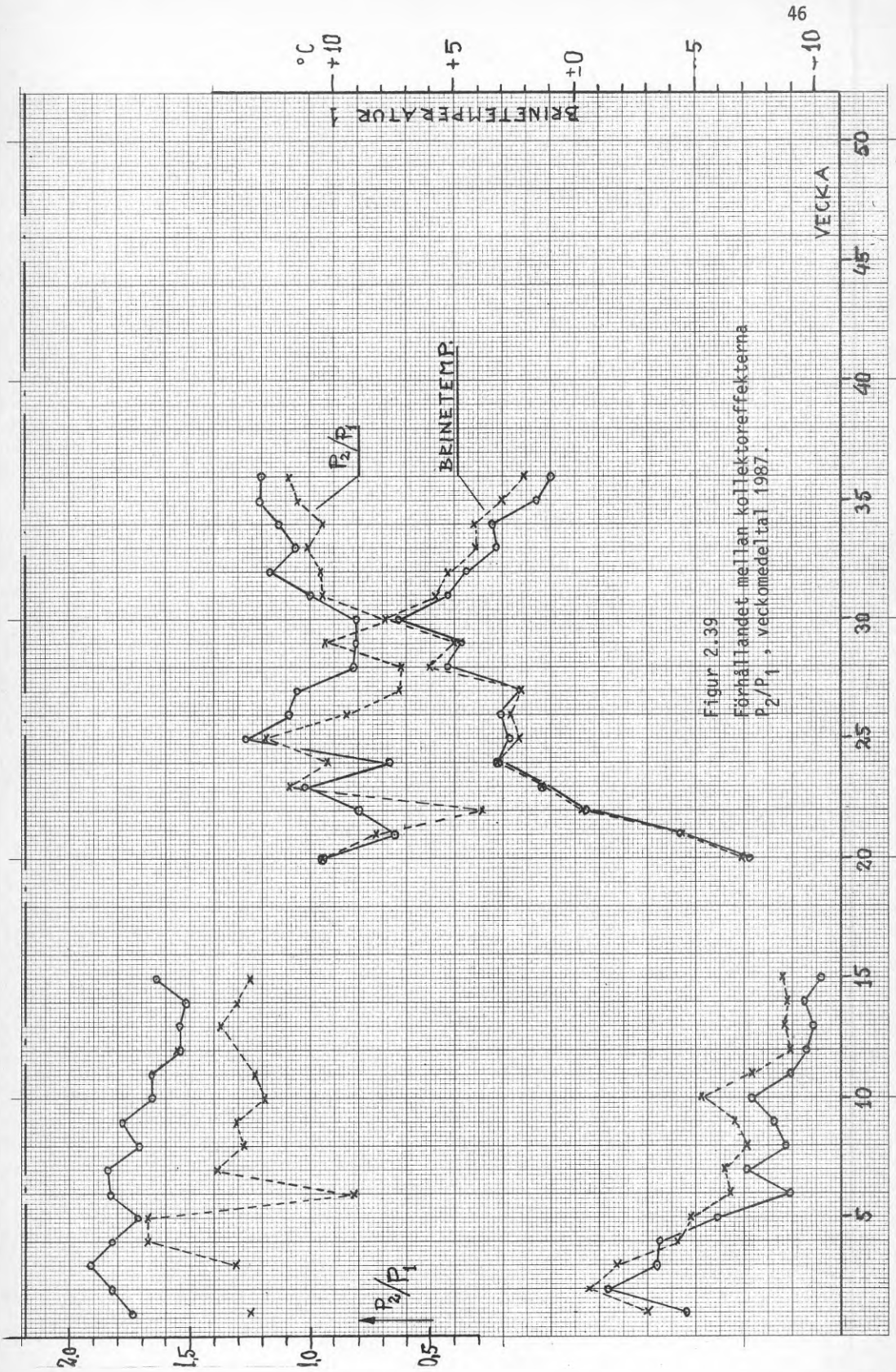




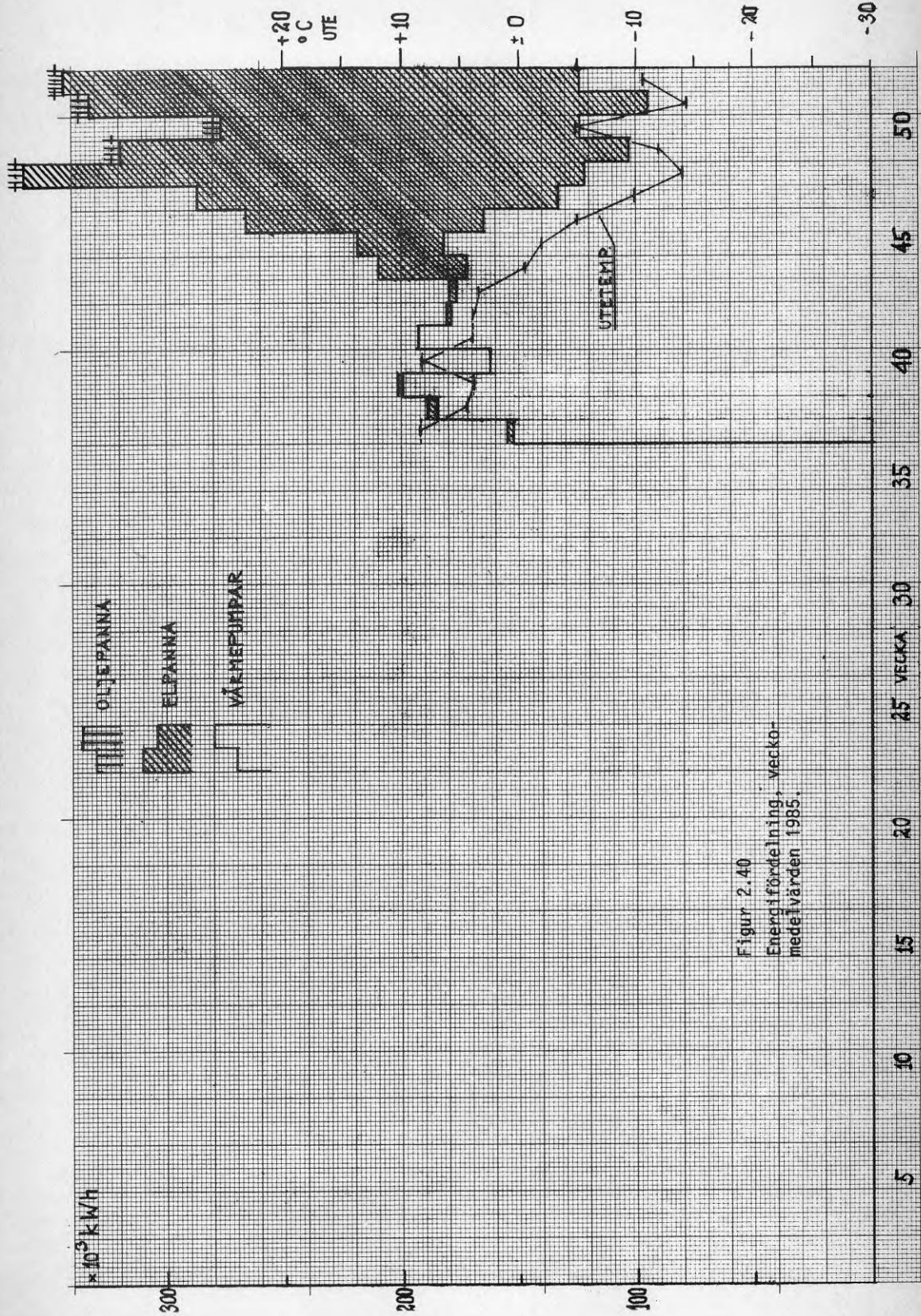
Figur 2.37
Förhållandet mellan kollektoreffekterna
 P_2/P_1 , veckomedeltal 1985.



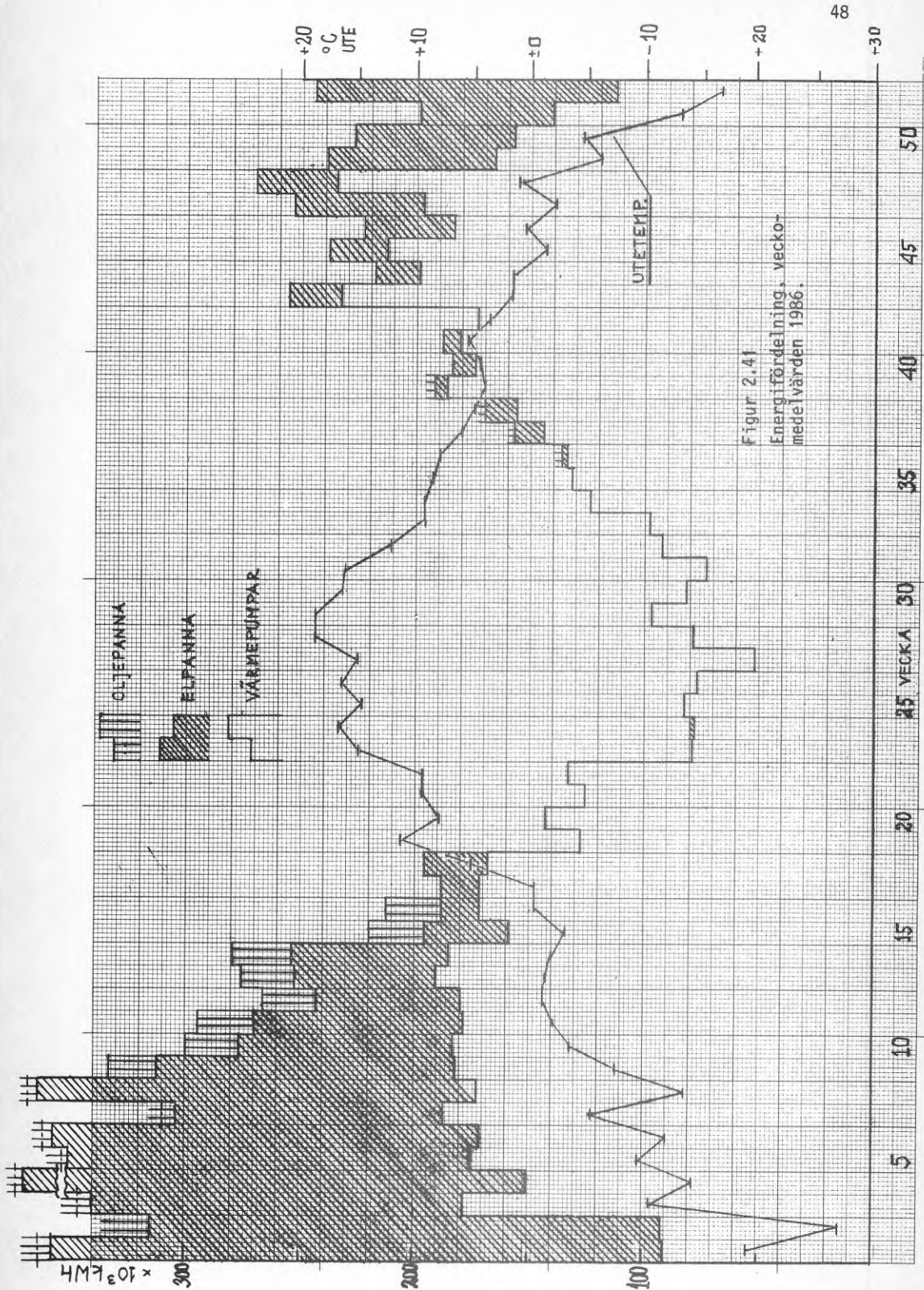
Figur 2.38
Förhållandet mellan kollektoreffekterna
 P_2/P_1 , veckomedeltal 1986.



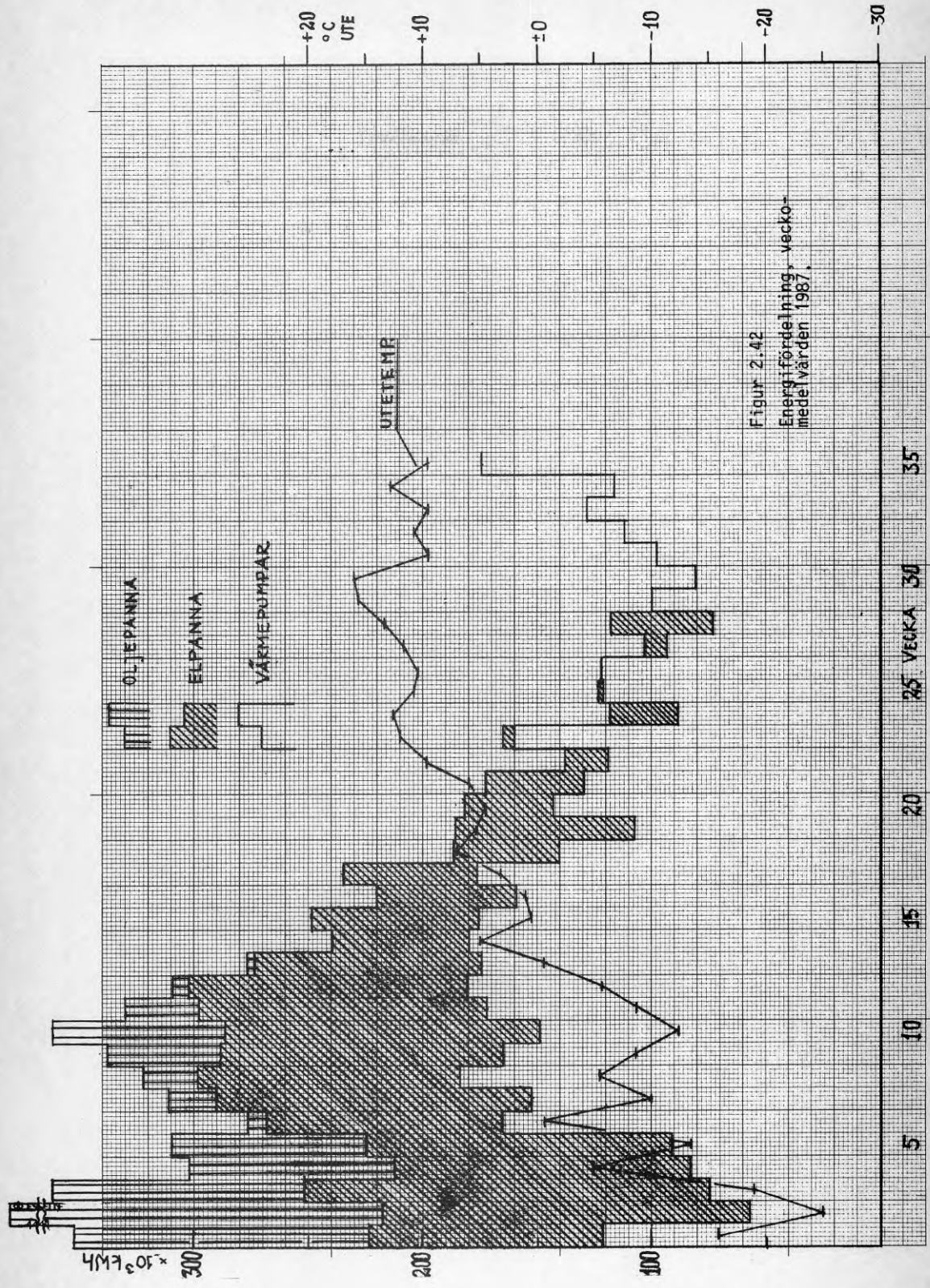
Figur 2.39
Förhållandet mellan kollektoreffekterna P_2/P_1 , veckomedeltal 1987.



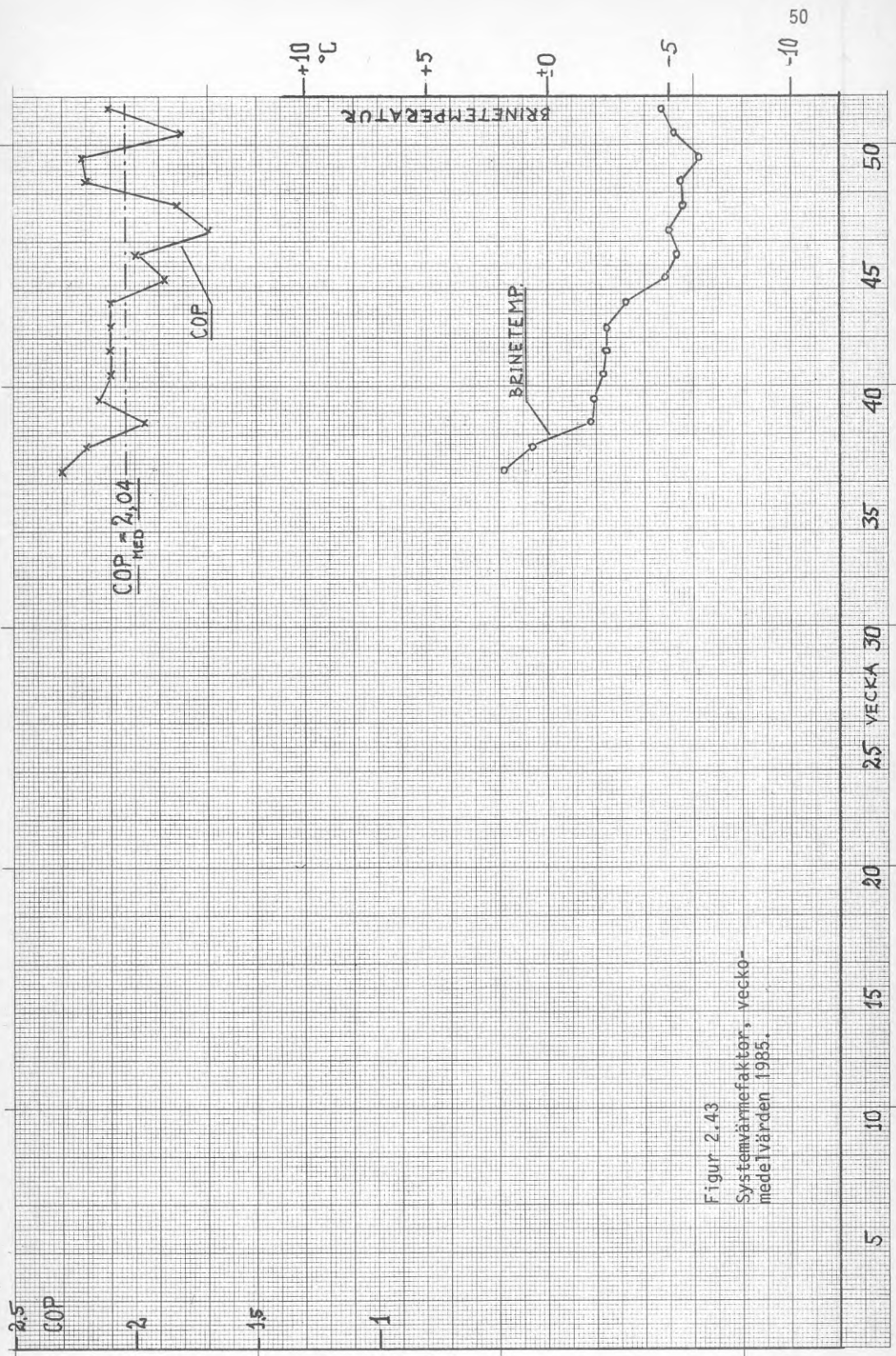
Figur 2.40
 Energifördelning, vecko-
 medelvärden 1985.



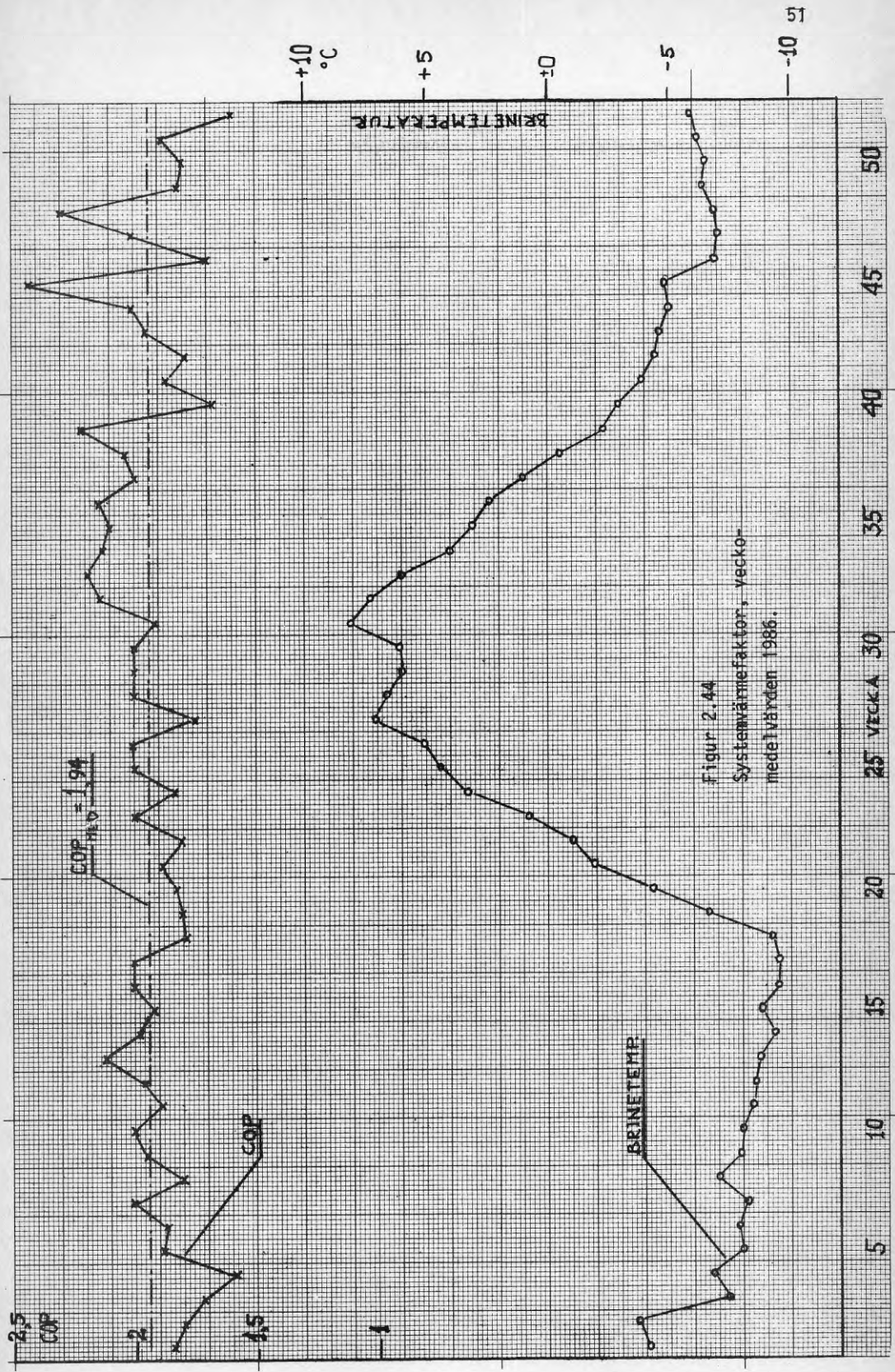
Figur 2.41
 Energifördelning, veckor-
 medelvärden 1986.



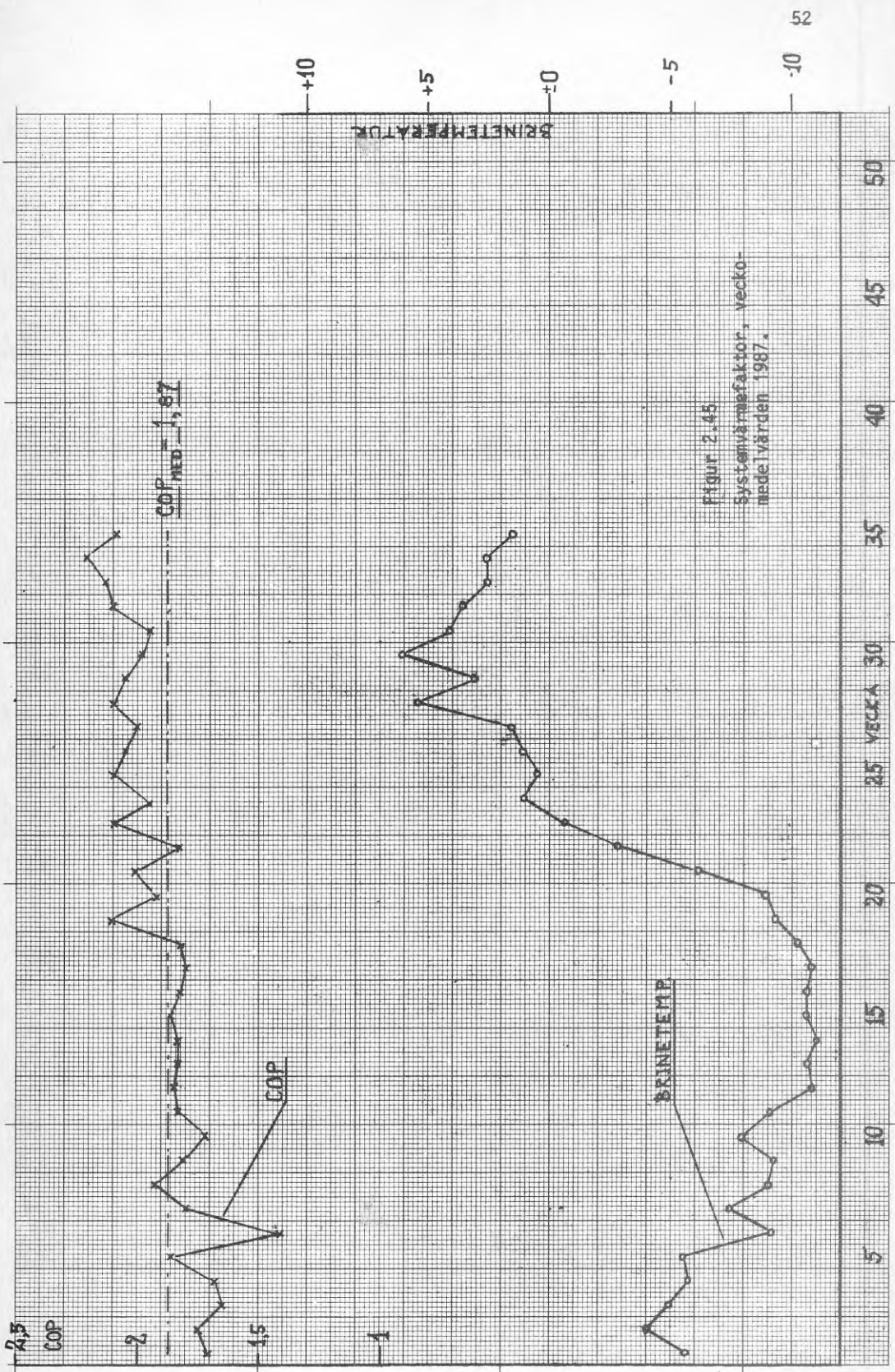
Figur 2.42
Energi fördelning, vecko-
medelvärden 1987.



Figur 2.43
Systemvärmefaktor, veckomedelvärdet 1985.



Figur 2.44
Systemwärmefaktor, vecko-
medelvärden 1986.



Figur 2.45
Systemkoefficient, vecko-
medelvärden 1987.

Bilaga 1.1

TEKNISKA DATA

Värmepump

Köldmedium:	R12
Förångare:	Tubpanneförångare
Kompressor:	Skruv
Motor:	E1
Kondensator:	Tubpannekondensator

Värmekälla

Typ:	Sjövatten, sjöbotten
Flöde:	slutet system
Temperatur:	0,3 - 0,5°C vid sjöbotten vintertid

Värmesänka

Retur-temperatur:	50°C
Tillopps-temperatur:	70°C

Prestanda (Beräknade värden)

Värmekälla temperatur:	Se ovan
Värmesänka temperatur:	-"
Tillförd effekt:	0,56 MW
Uttagen värmeeffekt:	1,3 MW
Systemvärmefaktor COP _s :	2,2 - 2,4
Årsmedelvärmefaktor SPF:	2,3

Täckningsgrad

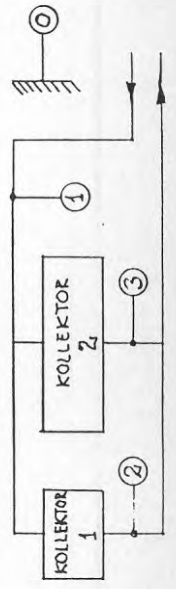
Andel av totala effektbehovet:	20 %
Andel av totala energibehovet	69 %
Övrig värmeproduktion:	E1- och oljepannor

EKONOMISKA DATA

Investeringskostnad:	15,6 milj kr
Kapitalkostnad (4 % ränta, 20 års avskrivning):	1,22 milj. kr
Drift och underhåll per år	1,0 milj kr
Elkostnad per år:	1,1 milj kr
Totalkostnad per år:	3,32 milj. kr
Värmeproduktionskostnad:	0,37 kr/kWh
Investering per installerad effekt:	ca 4.200 kr/kW för VP 2.600 kr/kW för hela anläggningen

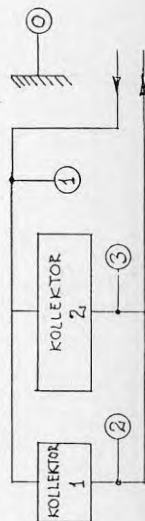
Tabell: 2.5 . Brinetemperaturer till/från kollektor 1 resp. 2 år 1985.

Vecka	540	541	542	543	544	545	546	547	548	550	551	552
Medelvärden:												
Förmiddag:												
- Temp. 3	2,0	1,1	0,6	0,3	-0,5	-1,5	-1,9	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	-2,8
- $\Delta t = 3-1$	1,0	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1
- Temp. 2	2,4	1,4	1,0	0,6	-0,3	-1,3	-1,9	-1,6	-1,7	-2,0	-2,1	-2,7
- $\Delta t = 2-1$	1,4	1,5	1,5	1,4	1,2	1,3	1,1	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2
$2,18 \cdot \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,56	1,74	1,60	1,71	1,82	1,84	2,15	2,15	1,96	2,18	2,06	1,99
- Temp. 1	1,0	-0,1	-0,5	-0,8	-1,5	-2,6	-3,0	-2,5	-2,7	-3,2	-4,6	-3,9
- Temp. 0	5,9	2,1	4,7	3,5	0	0	-5,1	-10,4	-17,7	-13,4	-6,4	-15,4
Eftermiddag:												
- Temp. 3	1,2	0,4	-0,7	0	-1,2	-2,4	-2,6	-2,7	-2,3	-2,5	-2,4	-3,6
- $\Delta t = 3-1$	0,8	1,6	1,9	1,7	1,6	2,0	1,5	1,5	1,3	1,6	1,0	0,6
- Temp. 2	1,6	0,6	-0,4	0,1	-1,0	-2,3	-2,5	-2,6	-2,3	-2,5	-3,0	-3,6
- $\Delta t = 2-1$	1,2	1,8	2,2	1,8	1,8	2,1	1,6	1,6	1,3	1,7	1,1	0,6
$2,18 \cdot \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,45	1,94	1,89	2,06	1,94	2,07	2,05	2,05	2,18	2,18	2,05	1,98
- Temp. 1	0,4	-1,2	-2,6	-1,7	-2,8	-4,4	-4,1	-4,2	-3,6	-3,8	-4,7	-3,4
- Temp. 0	8,3	8,3	5,3	4,9	0,8	0,4	-3,7	-7,8	-15,0	-11,0	-4,9	-14,4



Tabell: 2.6 Brinntemperaturer till/från kollektor 1 resp. 2 år 1986 - Del 1. Bilaga 1.2

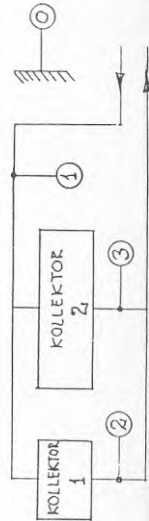
Vecka	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626
Medelvärden:																										
Förmiddag:																										
- Temp. 3	-1,3	-2,1	-4,5	-3,3	-4,4	-4,6	-5,9	-5,3	-6,9	-6,7	-7,2	-7,2	-7,7	-7,9	-7,0	-7,5	-8,1	-7,3	-3,8	-1,4	+0,9	+2,1	4,1	5,3	6,5	7,1
- $\Delta t = 3-1$	0,4	1,2	1,7	1,0	1,2	1,2	1,4	1,2	1,9	1,9	2,3	2,1	2,3	2,1	1,7	1,9	1,9	1,4	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	1,0	0,9	0,9
- Temp. 2	-1,2	-2,0	-4,3	-3,1	-4,3	-4,4	-5,5	-5,0	-6,5	-6,2	-6,8	-6,7	-7,1	-7,3	-6,5	-7,0	-7,5	-6,7	-3,1	-0,3	+2,0	+3,1	5,2	6,5	7,9	8,3
- $\Delta t = 2-1$	0,5	1,3	1,9	1,2	1,3	1,4	1,8	1,5	2,3	2,4	2,7	2,6	2,9	2,7	2,2	2,4	2,5	2,0	1,2	1,8	1,9	1,8	1,5	2,2	2,3	2,1
$2,18 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,94	2,02	1,95	1,82	2,02	1,86	1,70	1,74	1,80	1,72	1,85	1,77	1,73	1,70	1,69	1,72	1,66	1,53	0,90	0,85	0,92	0,97	0,98	0,99	0,85	0,94
- Temp. 1	-1,7	-3,3	-6,2	-4,3	-5,6	-5,8	-7,3	-6,5	-8,0	-8,6	-9,5	-9,3	-10,0	-10,0	-8,7	-9,4	-10,0	-8,7	-4,3	-2,1	+0,1	+1,3	3,7	4,3	5,6	6,2
- Temp. 0	-2,9	-2,4	-10,7	-15,0	-11,3	-12,7	-10,4	-16,1	-6,6	-5,1	-2,7	+2,2	+0,1	+0,3	-1,6	-1,2	+3,8	+3,2	+3,4	+4,9	+5,8	+5,7	11,3	12,9	14,2	14,8
Eftermiddag:																										
- Temp. 3	-2,8	-2,4	-4,5	-4,6	-5,7	-6,7	-7,8	-5,9	-6,6	-7,0	-7,0	-7,5	-7,6	-7,7	-7,0	-7,7	-7,8	-7,1	-4,0	-1,9	+0,6	+1,6	3,7	6,1	6,8	7,6
- $\Delta t = 3-1$	1,4	0,9	2,0	2,1	2,2	2,6	1,3	1,9	1,5	1,2	1,5	2,0	1,9	1,7	1,3	1,3	1,5	1,3	0,7	0,9	0,7	1,1	0,9	0,5	0,8	0,6
- Temp. 2	-2,8	-2,3	-4,3	-4,5	-5,5	-6,5	-7,5	-5,6	-6,3	-6,5	-6,5	-7,0	-7,0	-7,1	-6,5	-7,2	-7,2	-6,6	-3,4	-0,9	+1,8	+2,5	4,9	7,5	8,1	8,8
- $\Delta t = 2-1$	1,4	1,0	2,2	2,2	2,4	2,8	1,6	2,2	1,8	1,7	2,0	2,5	2,5	2,3	1,8	1,8	2,1	1,8	1,3	1,9	1,7	2,0	1,6	1,9	2,1	1,8
$2,18 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	2,16	1,96	1,98	2,08	1,99	2,03	1,78	1,89	1,82	1,54	1,64	1,74	1,66	1,61	1,57	1,57	1,56	1,57	1,17	1,04	0,89	1,00	0,55	0,38	0,83	0,73
- Temp. 1	-4,2	-3,3	-6,5	-6,7	-7,9	-9,3	-9,1	-7,8	-8,1	-8,2	-8,5	-9,5	-9,5	-9,4	-8,3	-9,0	-9,3	-8,4	-4,7	-2,8	+0,1	+0,5	3,3	5,4	6,0	7,0
- Temp. 0	-2,8	-19,9	-11,9	-13,8	-8,9	-10,7	-5,7	-9,5	-6,1	-8,7	-5,6	-0,8	-1,9	-2,8	-6,0	-6,8	-0,9	+8,6	13,5	6,8	11,7	10,0	15,6	13,3	13,1	15,5



Tabell: 2.7 Brinetemperaturer till/från kollektor 1 resp. 2 år 1986 - Del 2.

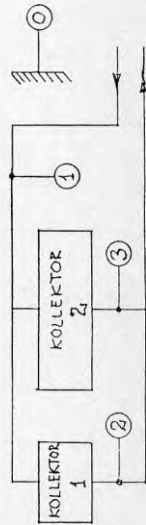
Bilaga 1.2

Vecka	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652
Medelvärden:																										
Förmiddag:																										
- Temp. 3	9,4	8,8	7,0	8,3	10,3	9,2	8,8	7,0	6,1	5,3	3,4	2,2	-0,1	0,5	-0,8	-1,4	-2,4	-1,4	-2,6	-3,1	-3,7		-3,4	-3,9	-3,3	-2,2
- $\Delta t = 3-1$	0,7	1,0	1,4	1,3	0,9	1,3	1,2	1,2	1,3	1,5	1,8	1,8	2,2	1,0	1,1	1,8	2,2	1,1	1,6	1,4	1,4		1,3	1,4	0,9	0,4
- Temp. 2	10,2	10,0	8,1	9,3	11,1	10,2	9,6	7,9	7,0	6,1	4,2	3,1	0,8	1,3	0	-0,9	-1,8	-1,0	-2,2	-2,8	-3,4		-3,1	-3,6	-3,0	-1,9
- $\Delta t = 2-1$	1,5	2,2	2,5	2,3	1,7	2,3	2,0	2,1	2,2	2,3	2,6	2,7	3,1	1,8	1,9	2,3	2,8	1,5	2,0	1,7	1,7		1,6	1,7	1,2	0,7
- $2,16 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,0	0,99	1,02	1,23	1,16	1,23	1,31	1,24	1,29	1,42	1,50	1,45	1,55	1,21	1,86	1,70	1,71	1,60	1,74	1,80	1,80		1,78	1,80	1,64	1,24
- Temp. 1	8,7	7,8	5,6	7,0	9,4	7,9	7,6	5,8	4,8	3,8	1,6	0,4	-2,3	-0,5	-1,9	-3,2	-4,6	-2,5	-4,2	-4,5	-5,1		-4,7	-5,3	-4,2	-2,6
- Temp. 0	13,3	9,1	13,1	13,7	15,9	11,2	9,0	6,4	5,0	5,1	4,1	4,2	2,4	5,1	2,0	1,3	1,6	2,6	-0,5	-0,9	-2,9		-10,5	-2,9	-11,8	-16,9
Eftermiddag:																										
- Temp. 3	9,9	8,5	7,2	8,6	10,2	9,3	8,3	6,4	5,1	4,3	2,9	1,5	-0,5	-0,8	-1,4	-1,4	-2,1	-2,3	-3,8	-4,5	-4,7		-3,8	-4,4	-3,8	-3,2
- $\Delta t = 3-1$	0,2	1,2	1,0	0,9	0,7	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,5	1,7	2,0	1,8	1,9	1,7	1,4	1,9	2,3	2,3	2,2		1,0	1,8	1,5	1,4
- Temp. 2	10,9	9,6	8,3	9,6	11,1	10,3	9,3	7,4	6,0	5,0	3,7	2,4	0,3	0	-0,7	-0,9	-1,6	-1,8	-3,5	-4,0	-4,4		-3,5	-4,1	-3,6	-3,0
- $\Delta t = 2-1$	1,3	2,3	2,1	1,9	1,6	2,2	2,3	2,5	2,5	2,3	2,3	2,6	2,8	2,6	2,6	2,2	1,9	2,4	2,8	2,8	2,5		1,3	2,1	1,7	1,6
- $2,16 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	0,86	1,13	1,04	1,04	0,96	1,19	1,23	1,31	1,40	1,52	1,42	1,43	1,56	1,50	1,89	1,69	1,60	1,72	1,79	1,79	1,94		1,68	1,86	1,92	1,91
- Temp. 1	9,7	7,3	6,2	7,7	9,5	8,1	7,0	4,9	3,5	2,7	1,4	-0,2	-2,5	-2,6	-3,3	-3,1	-3,5	-4,2	-6,1	-6,8	-6,9		-4,8	-6,2	-5,3	-4,6
- Temp. 0	13,8	8,8	12,5	12,8	14,2	10,9	12,0	10,3	9,4	6,5	5,2	5,1	3,4	5,8	5,3	6,4	0,6	3,1	0,1	-0,2	-3,2		-8,4	-4,4	-13,1	-16,3



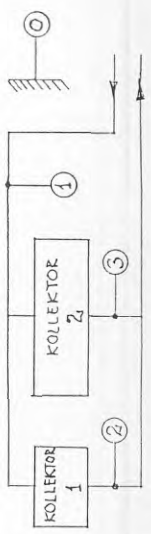
Tabell: 2.8 Brinetemperaturer till/från kollektor 1 resp. 2 år 1987 - Del 1. Bilaga 1.2

Vecka	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726
Medelvärden:																										
Förmiddag:																										
- Temp. 3	-2,6	-0,7	-1,4	-3,2	-3,8	-6,1	-4,5	-6,1	-5,7	-4,6	-6,4	-7,4	-7,5	-7,6	-7,5					-5,9	-3,5	-0,1	2,1	3,8	3,5	3,6
- $\Delta t=3-1$	0,4		0,3	1,0	1,0	0,3	0,7	1,0	0,9	0,6	0,9	1,5	1,2	1,2	1,1					1,0	0,9	0,2	0,7	0,6	1,2	0,9
- Temp. 2	-2,3	-0,6	-1,2	-2,9	-3,5	-5,6	-4,1	-5,4	-5,1	-4,1	-5,7	-6,8	-6,8	-6,8	-6,7					-4,6	-1,7	1,3	2,2	4,6	4,5	5,0
- $\Delta t=2-1$	0,7	0	0,5	1,3	1,3	0,8	1,1	1,7	1,5	1,1	1,6	2,1	1,9	2,0	1,9					2,3	2,7	1,5	1,4	1,4	2,2	2,3
$2,18 \cdot \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,25	-	1,31	1,66	1,68	0,82	1,39	1,28	1,31	1,19	1,23	1,56	1,38	1,31	1,26					0,95	0,73	0,29	1,09	0,93	1,19	0,85
- Temp. 1	-3,0	-0,6	-1,7	-4,2	-4,8	-6,4	-5,2	-7,1	-6,6	-5,2	-7,3	-8,9	-8,7	-8,8	-8,6					-6,9	-4,4	-0,3	1,4	3,2	2,3	2,7
- Temp. 0	-13,0	-27,4	-21,7	-8,1	-11,0	-3,6	-11,3	-6,7	-13,0	-20,9	-15,0	-9,2	-9,9	-2,5	-3,8					-0,1	1,9	2,0	4,5	7,7	7,0	8,9
Eftermiddag:																										
- Temp. 3	-3,4	-0,9	-2,0	-2,5	-4,4	-6,8	-5,5	-6,9	-6,4	-5,7	-7,0	-7,9	-8,2	-7,9	-8,4					-6,2	-3,5	0,2	2,1	3,6	3,1	4,2
- $\Delta t=3-1$	1,8	0,5	1,4	1,0	1,5	2,1	1,6	1,8	1,8	1,6	1,9	1,7	1,7	1,6	1,8					1,0	0,8	0,7	0,7	0,4	1,4	1,1
- Temp. 2	-3,1	-0,8	-1,8	-2,3	-4,0	-6,4	-5,2	-6,4	-6,0	-5,2	-6,4	-7,2	-7,5	-7,2	-7,8					-4,0	-1,6	1,4	2,9	4,5	4,1	5,3
- $\Delta t=2-1$	1,5	0,6	1,6	1,2	1,9	2,5	1,9	2,3	2,2	2,1	2,5	2,4	2,4	2,3	2,4					2,3	2,7	1,9	1,5	1,3	2,4	2,2
$2,18 \cdot \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,24	1,82	1,91	1,82	1,72	1,83	1,84	1,71	1,78	1,66	1,66	1,54	1,54	1,52	1,64					0,95	0,65	0,80	1,02	0,67	1,27	1,09
- Temp. 1	-4,6	-1,4	-3,4	-3,5	-5,9	-8,9	-7,1	-8,7	-8,2	-7,3	-8,5	-9,6	-9,9	-9,5	-10,2					-7,0	-4,3	-0,5	1,4	3,2	1,7	3,1
- Temp. 0	-15,3	-26,3	-18,4	-6,3	-10,1	-2,2	-10,7	-3,5	-7,1	-8,2	-2,2	-3,0	1,1	3,9	2,8					6,7	7,0	9,7	11,2	12,1	11,2	11,0



Tabell: 2.9 Brinetemperaturer till/från kollektor 1 resp. 2 år 1987 - Del 2. Bilaga 1.2

Vecka	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736
Medelvärden: Förmiddag: - Temp. 3	2,9	6,4	5,9	8,4	6,8	6,4	5,4	5,2	4,1	3,4
- $\Delta t=3-1$ $\frac{2}{2}$	0,7	0,4	0,9	0,5	1,0	1,1	1,3	1,0	1,1	1,3
- Temp. 2	4,6	7,4	7,1	9,5	8,1	7,8	6,9	6,5	5,3	4,7
- $\Delta t=2-1$	2,4	1,4	2,1	1,6	2,3	2,5	2,8	2,3	2,3	2,6
$2,18 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	0,63	0,62	0,94	0,69	0,95	0,96	1,01	0,95	1,05	1,09
- Temp. 1	2,2	6,0	5,0	7,4	5,8	5,3	4,1	4,2	3,0	2,1
- Temp. 0	9,0	8,4	10,2	11,9	9,0	8,8	6,5	9,4	7,1	6,5
Eftermiddag: - Temp. 3	3,4	5,9	5,4	8,0	6,3	6,1	4,6	4,7	3,1	2,6
- $\Delta t=3-1$ $\frac{2}{2}$	1,1	0,6	0,7	0,7	1,1	1,6	1,4	1,3	1,5	1,6
- Temp. 2	4,6	6,9	6,6	9,2	7,6	7,5	6,1	5,9	4,3	3,9
- $\Delta t=2-1$	2,2	1,6	1,9	1,9	2,4	3,0	2,9	2,5	2,7	2,9
$2,16 \times \Delta t_2 / \Delta t_1$	1,05	0,82	0,81	1,00	1,17	1,06	1,13	1,21	1,20	1,20
- Temp. 1	2,3	5,3	4,7	7,3	5,2	4,5	3,2	3,4	1,6	1,0
- Temp. 0	11,0	10,5	16,8	16,0	11,6	10,8	10,4	12,2	9,4	11,4





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 841067-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingemar Holmlund AB,
Östersund

R12: 1989

ISBN 91-540-4995-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709012

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 40 kr exkl moms