



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.

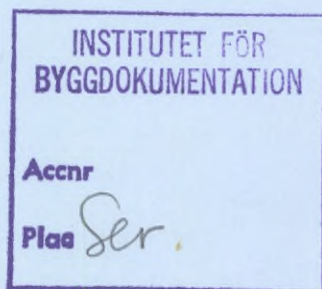


**Rapport**

**R69:1987**

**Termisk och hydraulisk analys  
av grundvattenvärme, Vännäs**

**Sven Follin  
Ingmar Odeblad**



**Byggforskningsrådet**

R69:1987

TERMISK-HYDRAULISK ANALYS AV GRUNDVATTENVÄRME,  
VÄNNÄS

Sven Follin  
Ingmar Odeblad

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850908-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens  
Vattenfallsverk, Umeådistriktet, Umeå.

## REFERAT

Vattenfalls grundvattenvärmeprojekt i Vännäs förutsätter att energikällan kan upprätthålla en grundvattentemperatur av minst  $+3,5^{\circ}\text{C}$ .

Under det första driftåret (1986) har grundvattennivåer, flöden och temperaturer registrerats. De erhållna resultaten visar att:

- Energikällan (Tvärååsens grundvatten) har hydraulisk kontakt med Tvärån via inducerad infiltration. Ungefär 1/4 av det totala uttaget kommer från inducerad infiltration vid själva brunnsområdet.
- Energikällan undergår en temperatursänkning, som till en del är avhängig de årstidsmässiga variationerna, men till en stor del också påverkas av den inducerade infiltrationen. Temperatursänkningen är förskjuten ca sex månader. Den är som störst där avståndet mellan uttagsbrunnen och Tvärån är som kortast. Som lägst uppmättes  $+3,2^{\circ}\text{C}$  i september 1986.
- För anläggningen kan den ekonomiska förlusten vid en grads temperatursänkning sättas i relation till den ekonomiska vinsten vid en grads temperaturhöjning av energikällan. Förlusten blir ca 9-10 ggr större än vinsten uttryckt i absoluta tal. Mot bakgrund av ovanstående punkter är det väsentligt att söka finna ett optimalt sätt att driva anläggningen. Samtliga punkter talar för att grundvattenuttaget ska upprätthållas året runt och inte enbart under vinterhalvåret. Detta lagringsalternativ innebär en merkostnad av ca 20 kkr/år.

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

R69:1987

ISBN 91-540-4754-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

# INNEHÅLL

## FÖRORD

## SAMMANFATTNING

VÄNNÄS GRUNDVATTENVÄRMEANLÄGGNING.....	6
KONSEKVENSER AV EN TEMPERATURÄNDRING....	6
ENERGIKÄLLANS UTBREDNING OCH GRÄNSER....	7
UTVÄRDERING AV AVSÄNKINGS- OCH TEMPERATURDATA.....	14
KONSEKVENSER AV ERHÅLLNA RESULTAT FÖR DEN FRAMTIDA DRIFTEN.....	24
MÖJLIGHETEN ATT UTNYTTJA GRUSÅSAR SOM ENERGIKÄLLA I NORRLAND.....	26

## LITTERATUR

## BILAGOR

## FÖRORD

Föreliggande analys av grundvattenvärmeprojektet i Vännäs utgör en uppföljning av de mätningar som gjorts under det första driftsåret. Vid utvärderingen av såväl energikällans som värmepumpanläggningens egenskaper har vi kunnat konstatera att fortsatta mätningar med en kontinuerlig inducerad infiltration erfordras. Först då kan trögheten i energikällan kontrolleras och effekten av någon annan typ av akviferlagring av ytvatten bedömas.

De mätningar som redovisas här har genomförts av Vännäs värmeverk, Gösta Fonzén och Erik Kjellsson. För sammanställning och uppritning har Anders Rydergren vid VIAKs kontor i Stockholm ansvarat.

## SAMMANFATTNING

Vattenfalls grundvattenvärmeprojekt i Vännäs förutsätter att energikällan kan upprätthålla en grundvattentemperatur av minst  $+3,5^{\circ}\text{C}$ .

Under det första driftåret (1986) har grundvattennivåer, flöden och temperaturer registrerats. De erhållna resultaten visar att:

- Energikällan (Tvärååsens grundvatten) har hydraulisk kontakt med Tvärån via inducerad infiltration. Ungefär  $1/4$  av det totala uttaget kommer från inducerad infiltration vid själva brunnområdet.
- Energikällan undergår en temperatursänkning, som till en del är avhängig de årstidsmässiga variationerna, men till en stor del också påverkas av den inducerade infiltrationen. Temperatursänkningen är förskjuten ca sex månader. Den är som störst där avståndet mellan uttagsbrunnen och Tvärån är som kortast. Som lägst uppmättes  $+3,2^{\circ}\text{C}$  i september 1986.
- För anläggningen kan den ekonomiska förlusten vid en grads temperatursänkning sättas i relation till den ekonomiska vinsten vid en grads temperaturhöjning av energikällan. Förlusten blir ca 9-10 ggr större än vinsten uttryckt i absoluta tal. Mot bakgrund av ovanstående punkter är det väsentligt att söka finna ett optimalt sätt att driva anläggningen. Samtliga punkter talar för att grundvattenuttaget ska upprätthållas året runt och inte enbart under vinterhalvåret. Detta lagringsalternativ innebär en merkostnad av ca 20 kkr/år.

## VÄNNÄS GRUNDTVATTENVÄRMEPUMPANLÄGGNING

Grundvattenvärmepumpanläggningen i Vännäs ingår i en anläggning för produktion av värme till Vännäs fjärrvärmenät. Årsenergibehovet för hela nätet är ca 26 GWh och det maximala effektbehovet är 11 MWh. Värmepumpanläggningen som vid 80° utgående temperatur avger effekten 3,4 MW, täcker ca 75% av årsenergibehovet eller 20 GWh, se varaktighetsdiagram bilaga 1.

Värmepumpanläggningen består av två värmepumpar med skruvkompressorer om vardera 1,7 MW. Värmefaktorn vid full effekt är ca 2,2. Då är all hjälputrustning för att driva värmepumpen inräknad, t ex grundvattenpumpen.

Grundvattnet tas från en grusfilterbrunn ca 1600 meter nordost om anläggningen. I brunnen finns två stycken pumpar som tillsammans levererar 150 l/s grundvatten.

Värmepumparnas förångare är kopplade till en plattvärmeväxlare med en sk brinekrets. I värmeväxlaren sänks grundvattentemperaturen ca 3,0° vid full effekt, innan det släpps ut i Tvärån i närheten av brunnen. När värmepumpens effekt ej räcker till för att tillfredsställa nätets effekt eller temperaturbehov kopplas automatiskt oljepannan in. En elpanna finns också.

Ovanstående fakta kring värmepumparna gäller vid en grundvattentemperatur av 4,2°C. Med grundvattentemperatur avses här temperaturen på vattnet som kommer in till värmeväxlaren.

## KONSEKVENSER AV TEMPERATURFÖRÄNDRINGAR HOS GRUNDTVATTNET

Det finns en kritisk temperaturgräns under vilken värmepumparna börjar reglera ner för att inte grundvattnet skall frysa. Denna temperatur är ca +3,5°C. Om temperaturen är högre görs en vinst, beroende på att effekten från värmepumparna höjs samtidigt som värmefaktorn höjs.



För att räkna på vinster respektive förluster måste vissa antaganden göras. Antag ett oljepris på  $2100 \text{ kr/m}^3$ , vilket idag är högt men realistiskt om ett par år. Antag dessutom ett realt oförändrat elpris.

Om årsmedeltemperaturen hos grundvattnet sjunker en grad under  $+3,5^\circ\text{C}$  görs med ovanstående antaganden en förlust av ca 650 kkr. Vid ytterligare temperatursänkning görs en ännu större förlust per grad.

Om årsmedeltemperaturen höjs en grad över  $+3,5^\circ\text{C}$  görs med ovanstående antaganden en årlig vinst av ca 70 kkr. Det gäller upp till en grundvattentemperatur av ca  $+7^\circ\text{C}$ . Därefter görs med befintlig anläggning praktiskt taget ingen ytterligare vinst.

Under ca 2500 timmar per år täcker en av de två värmepumparna ensam hela effekt- och energibehovet för fjärrvärmenätet. Då räcker det också med en grundvattenpump. De två grundvattenpumparna har vardera en effekt om ca 50 kW. Om båda grundvattenpumparna utnyttjas fullt under sommaren, medför detta en merkostnad av ca 20 kkr/år.

## ENERGIKÄLLANS UTBREDNING OCH GRÄNSER

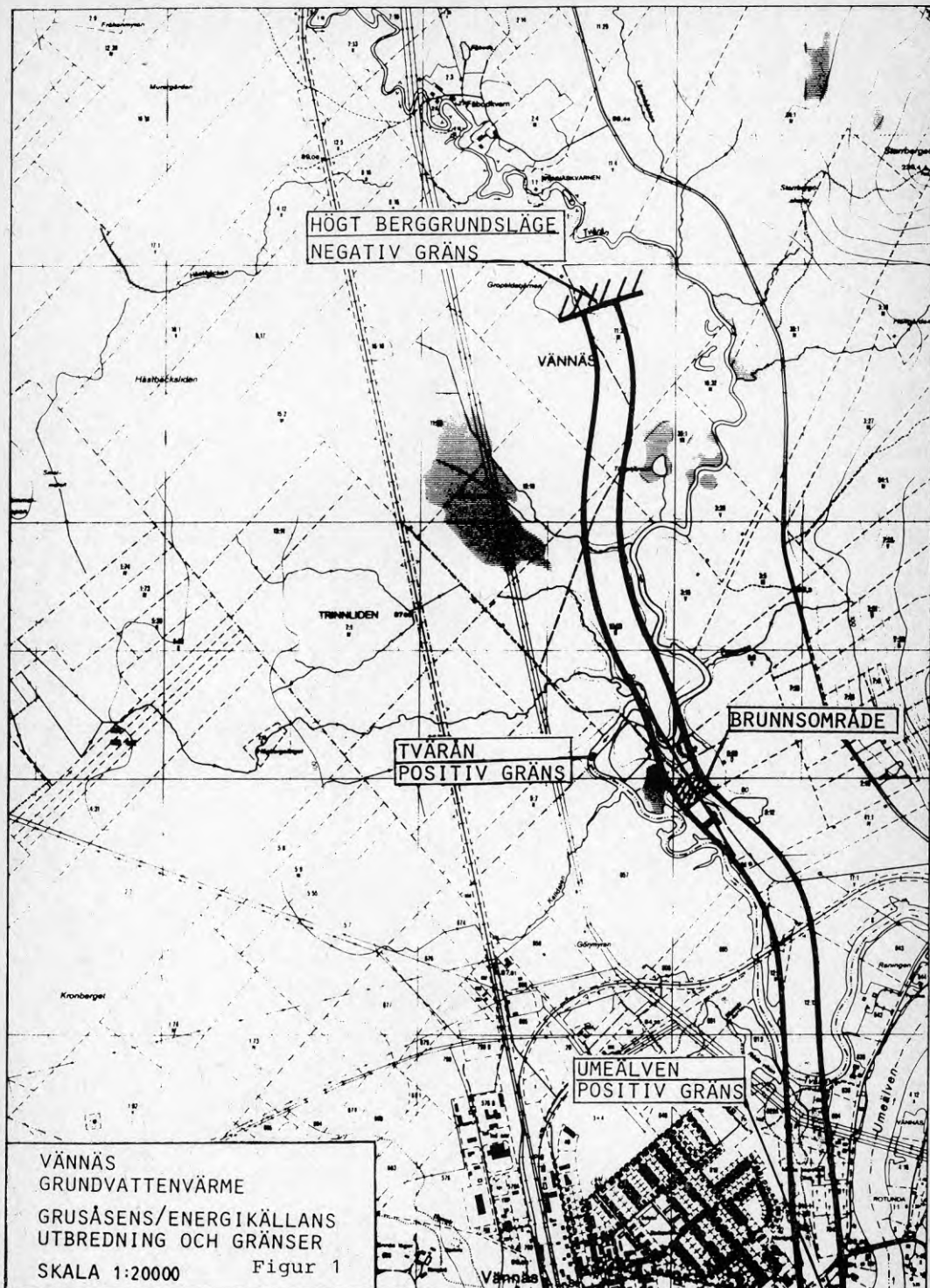
Grusåsen i Tväråns dalgång är energikälla för grundvattenvärmeprojektet. Grusåsen har tidigare undersökts dels för Vännäsörtens vattenförsörjning (VAB, 1973-12-15), dels för Statens Vattenfallsverk (VIAK, 1983-12-16). Gemensamt för ovanstående undersökningar är att de avser uttagbara mängder, samt att de beskriver de hydrauliska förhållandena på ett kort avstånd (ca 100 m) från brunnsområdet.

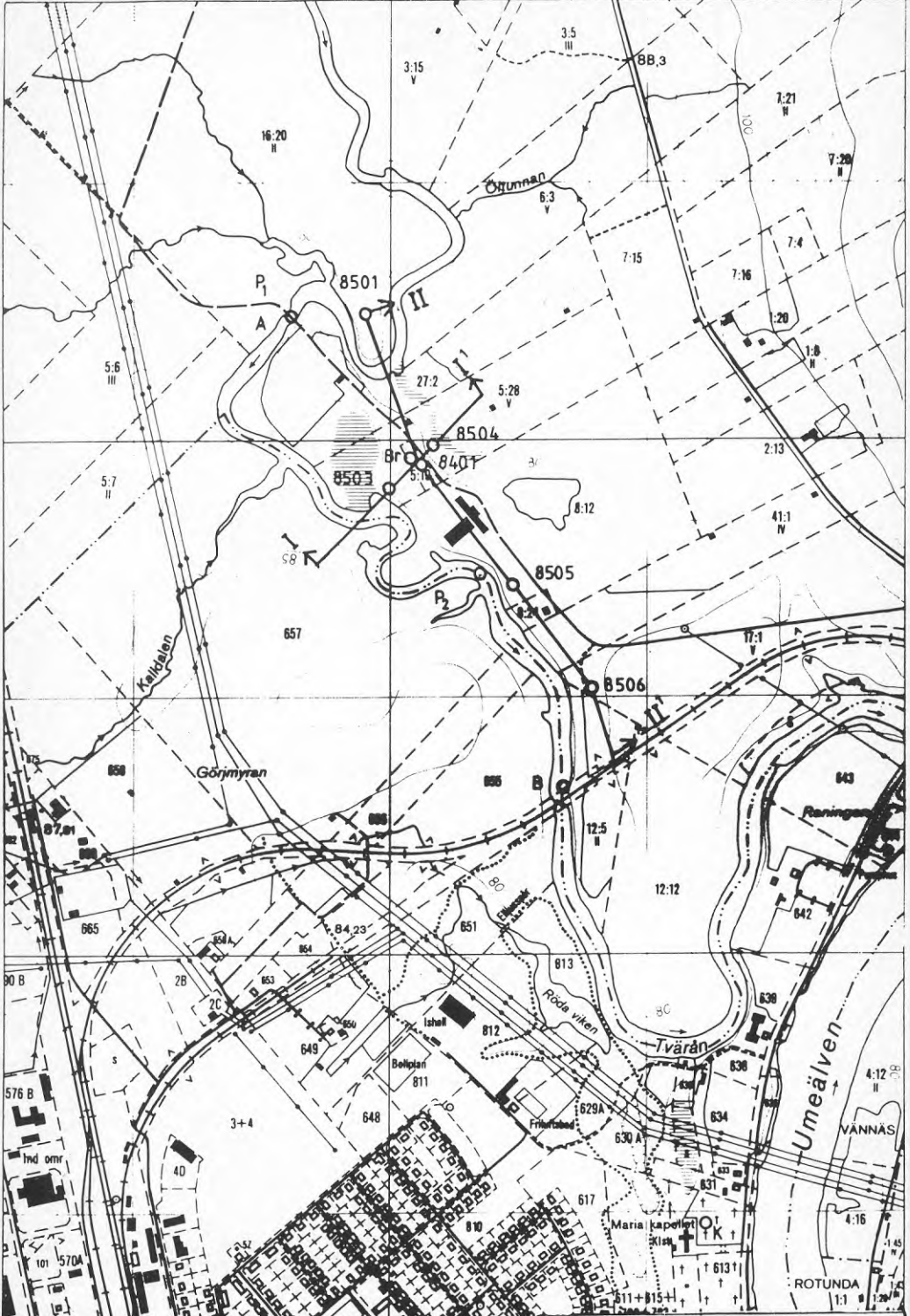
Grusåsen i Tväråns dalgång (i forts kallad Tvärååsen) är i sin fulla längd en 10-15 km lång isälvsavlagring. I anslutning till Vännäsörten är Tvärååsen hydrauliskt begränsad i såväl längsled som tvärled. Som översiktkartan i figur 1 visar kan åsens längd begränsas till ca 4-4,5 km.

De hydrauliska gränserna i åsens längsled betingas av ett högt berggrundsläge vid Groptildatjärnen i norr och av Umeälven i söder. Grusåsen mellan dessa båda punkter utgör det egentliga grundvattenmagasinet.

Vidare utgör Tvärån en speciell hydraulisk gräns för Tvärååsen. Tvärån korsar åsen på ett flertal ställen och i anslutning till brunnsområdet löper Tvärån parallellt med åsen. Det korta avståndet mellan Tvärån och åsen innebär att grundvattenuttag kommer att orsaka en inducerad infiltration av ytvatten till åsmagasinet.

Inom ramen för föreliggande projekt har bland annat åsens utbredning om mäktighet dokumenterats för första gången. (Detaljerade uppgifter från vattentäktsundersökningarna från 1973 saknas). Undersökningspunkternas läge i plan redovisas i figur 2.





VÄNNÄS  
 GRUNDVATTENVÄRME  
 OBSERVATIONSPUNKTER  
 SKALA 1:10 000

Sammanlagt har fem nya observationspunkter anlagts på olika avstånd från uttagsbrunnen. Avstånden varierar mellan 40 m och 570 m. Tillsammans med ett äldre observationsrör nere vid Tvärååsens gräns mot Umeälven (ca 1700 m från uttagsbrunnen) finns numera ett fullgott kontrollnät på den hydrauliska kontakten mellan Tvärån och Tvärååsen.

I figur 3 och 4 redovisas generaliserande stratigrafiska sektioner utifrån borrhälsresultaten. Dessutom visas grundvattennivåer från förhållandena innan projektstart samt efter ca två månaders drift (mars 1986). Sektionernas läge i plan framgår av figur 2. Från sektionerna kan man konstatera att rent öppna magasinförhållanden endast förekommer inom brunnsområdet. På andra undersökningspunkter är magasinet överlagrat av lera som ställvis är siltig och sandig.

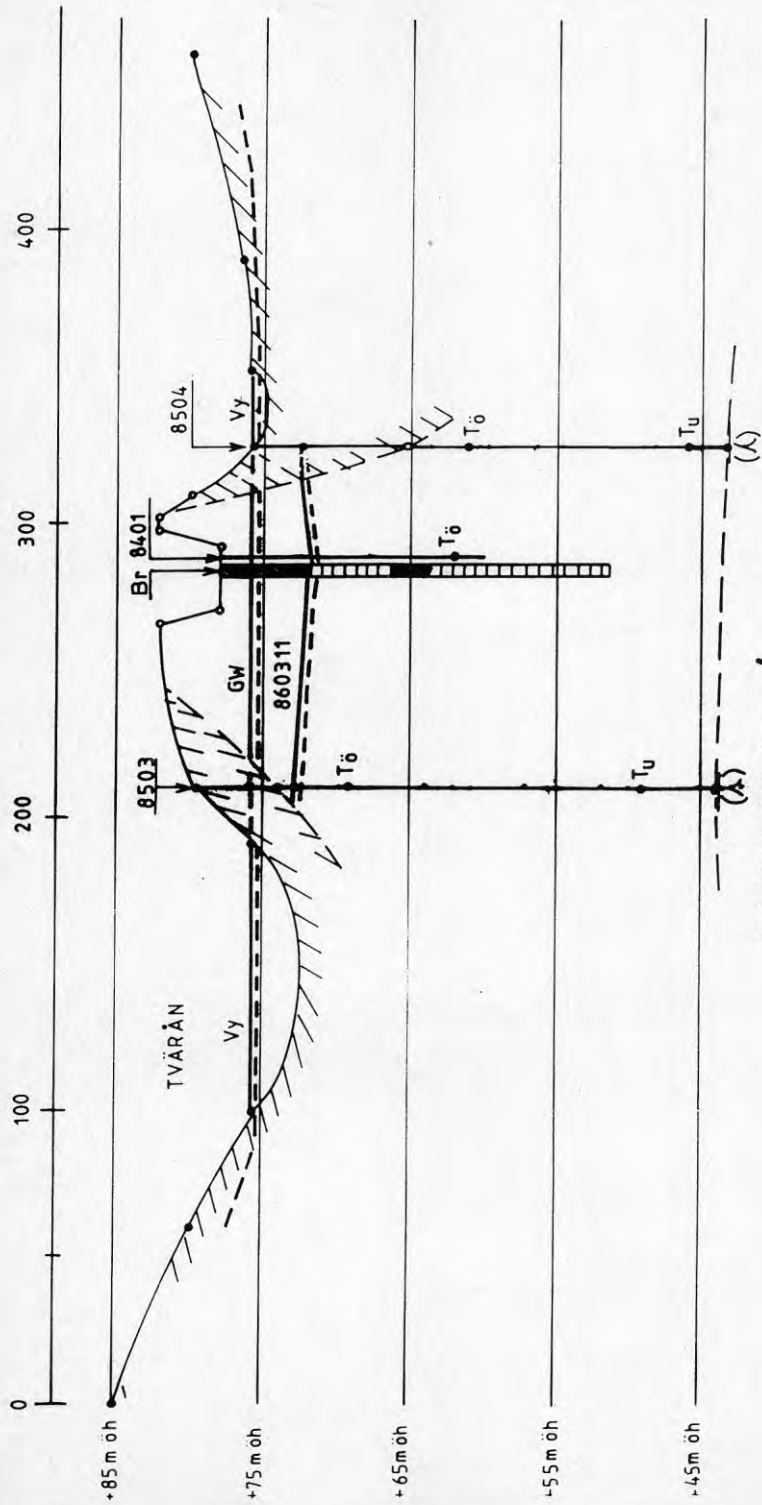
Magasinets mäktighet är i grova drag ca 30 m och den vattenförande mäktigheten är i medeltal ca 25 m. Grundvattenmagasinet är av kanalmodell med en uppskattad hydraulisk bredd på ca 200 m, jmf figur 1.

Vidare kan man konstatera att den opåverkade grundvattengradienten är mycket flack och att nivån i magasinet överensstämmer med nivån i Tvärån. Tväråns vattenstånd kan ändras ca  $\pm 0,5$  m beroende på regleringen av Umeälven (jmf bilaga 2). Vid kontrollmätningar i oktober 1985 fastställdes den hydrauliska gradienten mellan Rb 8501 och Rb 8506 till  $8,0 \times 10^{-5}$  m/m.

Tvärååsens hydrauliska kapacitet har under projektårets mätningar fastställts till  $34 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tillsammans ger dessa parametervärden ett naturligt grundvattenflöde vid opåverkade förhållanden av 2,5-3 l/s. Omräknat till omsättningstid rör sig grundvattnet ca 1000 m på 17 år.




Det naturliga grundvattenflödet av 2,5-3 l/s ska ställas i relation till den specifika avrinningen och nederbördsområdets storlek. Den specifika avrinningen uppgår till minst 300 mm/år och nederbördsområdet är uppskattat till ca 10 km<sup>2</sup>. Dessa data innebär att Tvärååsens omsättning svarar för mindre än 3% av den tillgängliga avrinningen.

Ovanstående överslagsberäkningar visar att Tvärååsens grundvattentillgångar troligen kommer att regleras uteslutande av infiltration från Tvärån i samband med så stora vattenuttag som 150 l/s. Att en hydraulisk kontakt mellan olika vattentyper föreligger styrkes också av de kemiska analyser som utförts inom ramen för ett befintligt kontrollprogram utanför detta projekt. Under projektåret har de från början mycket höga järnhalterna i brunnsområdet successivt närmats sig de lägre halter som karakteriserar ytvattnets sammansättning.

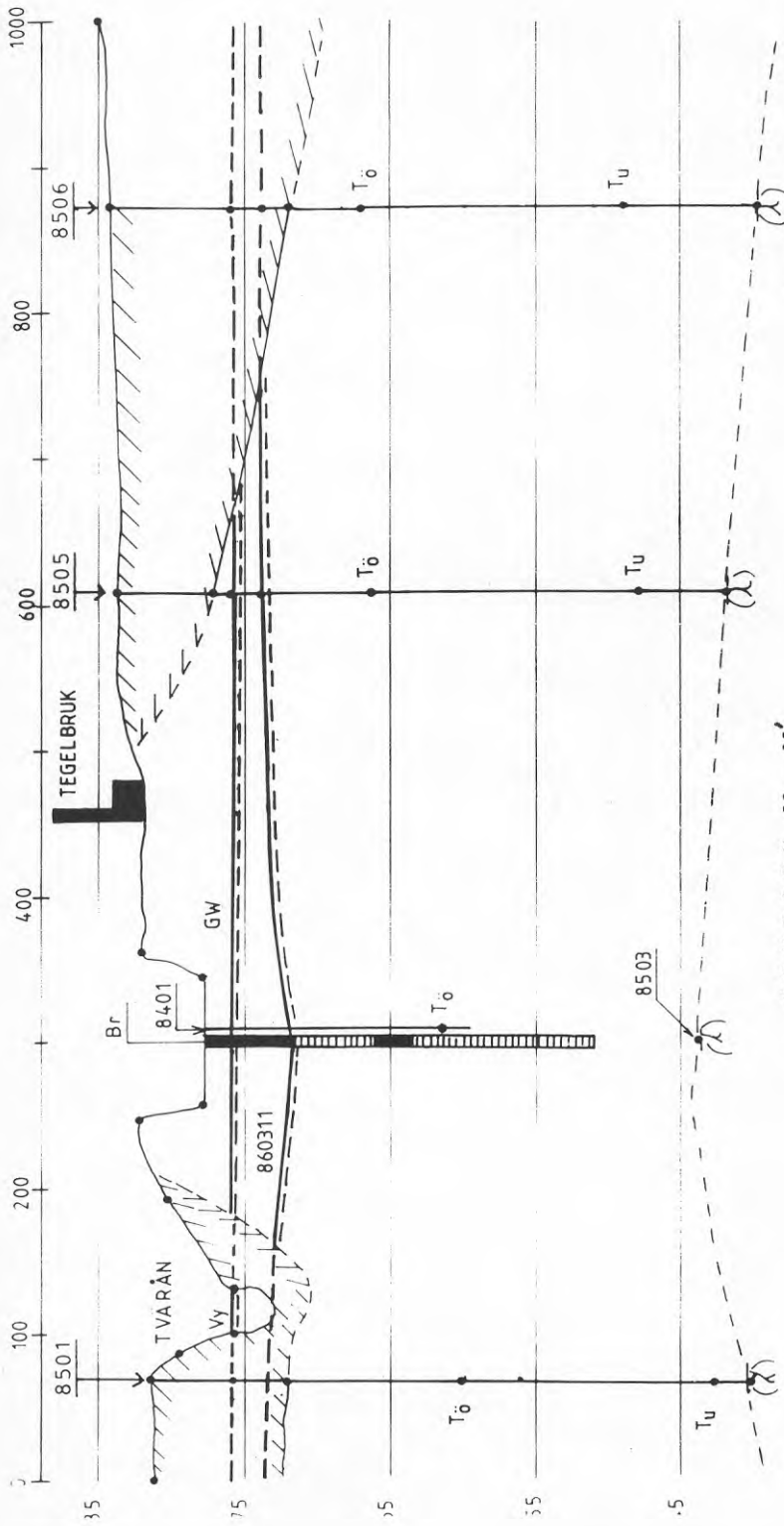


SEKTION I - I'

T<sub>ö</sub> ÖVRE TEMPERATURSENSOR  
T<sub>u</sub> UNDERE " " - -




-  LERA
-  (A) BERG/BLOCK
-  • STÖDPUNKT

VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
GENERALISERAD STRATIGRAFI  
LÄNGDSKALA 1:2000  
HÖJDSKALA 1:400 Figur 3



SEKTION II - II'

VÄNNÄS  
 GRUNDVATTENVÄRME  
 GENERALISERAD STRATIGRAF I  
 LÄNGDSKALA 1:4000  
 HÖJDSKALA 1:400  
 Figur 4

 LERA  
 BERG/BLOCK  
 STÖDPUNKT

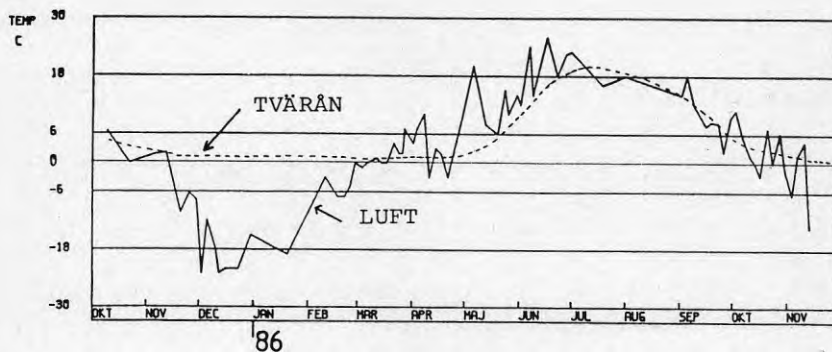
T<sub>ö</sub> ÖVRE TEMPERATURSENSOR  
 T<sub>u</sub> UNDER " - " -



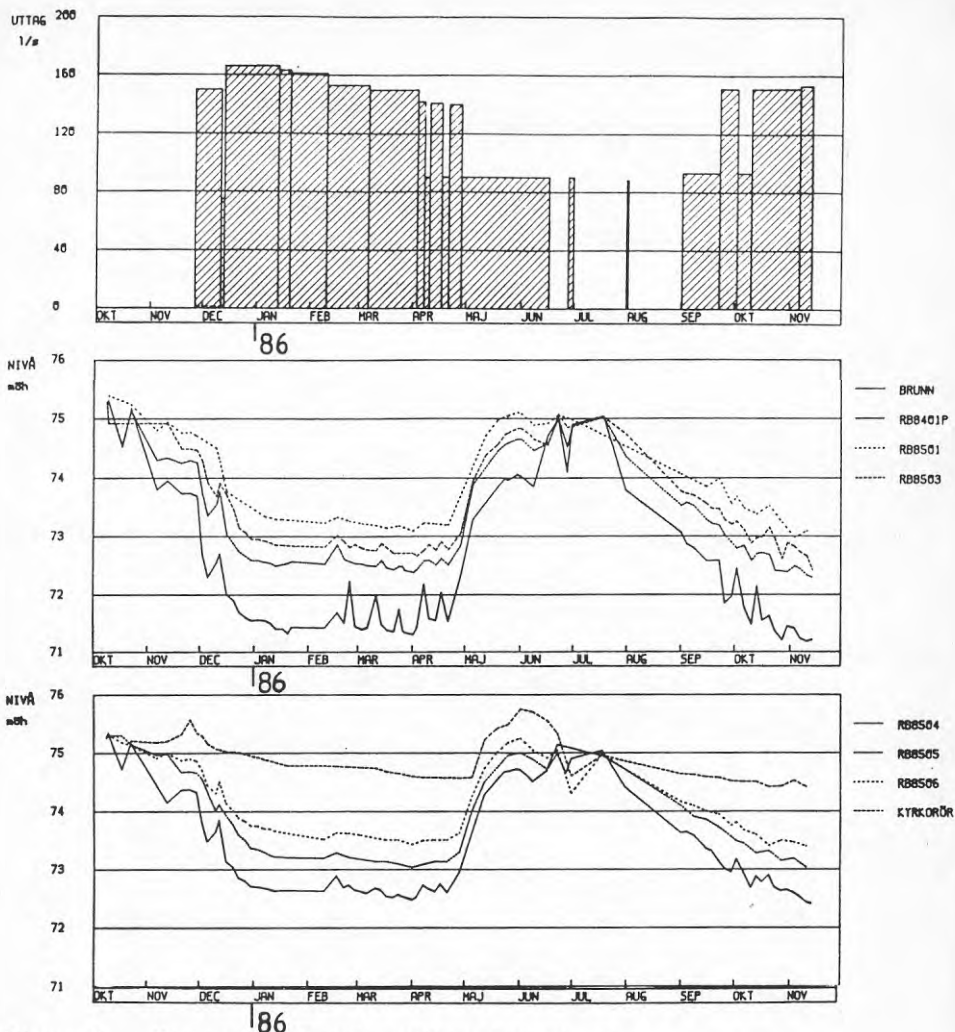
## UTVÄRDERING AV AVSÄNKINGS- OCH TEMPERATURDATA

Som en av projektets främsta målsättningar har varit att dokumentera faktiska fältförhållanden under det första årets drift. På grund av förseningar i uppstartsskedet kom projektet igång under en övergångsperiod mellan oktober-december 1985. Kontinuerligt insamlade mätdata finns fr o m januari 1986 t o m november 1986. Under sommaren 1986 gjordes ett driftstopp mellan mitten av juni och slutet av augusti.

Av de 26 mätpunkterna i uppföljningsprogrammet härrör 14 till temperaturdata och 10 till avsänkingsdata. Dessutom har flöde och lufttryck registrerats. Tyvärr har ytvattentemperaturen i Tvärån oavsiktligt uteblivit i mätprogrammet. För en fullständig analys är denna parameter givetvis av intresse. Man kan emellertid relativt lätt fastslå att ytvattentemperaturen följer lufttemperaturen i ett område som Tväråns dalgång. Som ett belägg för detta påstående visas ett diagram för lufttemperaturen under 1986 och yttemperaturen i Tvärån från 1973 (efter VAB 1973-12-15), se figur 5.



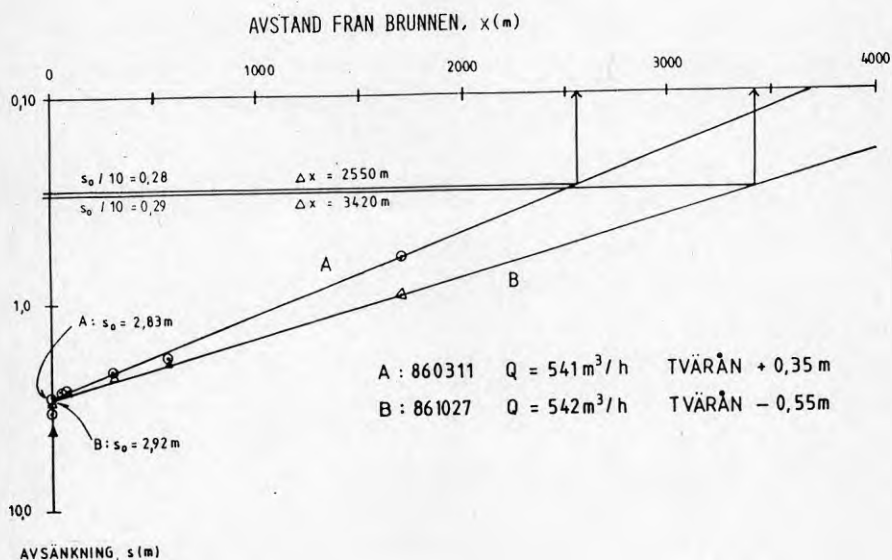
Figur 5 Lufttemperatur (1986) och ytvattentemperatur (1973) Ytvattentemperaturen är skattad efter VABs mätningar från 1973.



Figur 6 Uttag (l/s) och avsänkning (m öh)

Figur 6 redovisar uttag (liter/sekund) och avsänkning (m öh) under projekttiden. En hydraulisk betraktelse i tiden ger att stationära förhållanden inträffade under vårvintern 1986 (febr-apr). Eventuellt kan stationära förhållanden anses vara på väg att uppnås också under hösten 1986 (okt-nov).

För att kontrollera avsänkningstrattens beroende av andra parametrar än uttagen vattenvolym per tidsenhet, har två datum med jämförbara driftförhållanden analyserats. Som jämförelse har 86-03-11 respektive 86-10-27 valts. Resultaten redovisas grafiskt i figur 7.



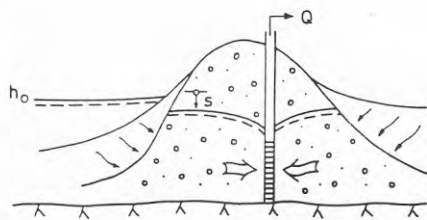
Figur 7 Avsänkningstrattens utbredning i mars respektive oktober 1986. Utvärdering har skett med antagande om stationaritet

Enligt teorin för stationär avsänkning i åsmagasin med läckage (jmf BFR-rapport R41:1984. Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik, L Carlsson, G Gustafson) så ger figur 7 följande läckagefaktorer

$$E_{\text{mars}} = 1110 \text{ m}$$

$$E_{\text{nov}} = 1490 \text{ m}$$

Läckagefaktorn skall tolkas som ett uttryck för sambandet mellan ås och bimagasin. Vidare finner man att läckagefaktorn har ett nära samband med influensavståndet. För överslagsberäkningar kan man vanligen använda  $L = 2E$  som ett mått på influensavståndet i ett åsmagasin med läckage. I det här fallet utgörs bimagasinet av det lerlager som överlagrar åsens flanker, se figur 3. Läckaget tänks uppträda som figur 8 illustrerar.



Figur 8 Åsmagasin med läckage

Skillnaden i vattentemperatur (egentligen vattenviskositet) är i sammanhanget försumbar för att kunna förklara skillnaden i läckagefaktor. Däremot har troligen vattenståndet i Tvärån en stor inverkan. Ett lägre vattenstånd innebär dels en mindre strandzon för infiltration, dels kanske ett lägre värde på den vertikala hydrauliska gradienten mellan Tväråns vattenstånd och grundvattenståndet i åsmagasinet.

Om hänsyn tas till att de beräknade värdena på läckagefaktorn hänförs till olika vattenstånd blir läckagefaktorn vid normalt vattenstånd 1260 m. Detta värde motsvarar i sin tur en specifik hydraulisk konduktivitet hos det läckande bimagasinet av

$$K'/m' = 1,1 \times 10^{-7}/s$$

där

$K'$  = bimagasinetts vertikala hydrauliska konduktivitet (m/s)

$m'$  = bimagasinetts mäktighet (m)

För att få ett grepp om längd och bredd på det läckande bimagasinet antas att hela uttaget vid stationär avsänkning kompenseras av bimagasinet läckage samt att läckagearean är minst  $(2Lb) m^2$ , där  $b$  är läckageareans bredd och  $L$  dess längd i en riktning från brunnen. Enligt figur 3 och 4 bör den vertikala hydrauliska gradienten kunna sättas till ca 3 m/m och bimagasinet medelmäktighet antas till 4 m. Med dessa parametervärden som grund blir läckageareans bredd ca 25 m. Detta värde är helt tillfyllest med avseende på Tväråns bredd upp- och nedströms brunnsområdet.

Mot bakgrund av ovanstående resonemang kan man påstå att inducerad infiltration troligen sker inom ett avstånd av minst ca 1300 m från brunnsområdet. Infiltrationen genom bimagasinet är av sådan omfattning att den troligen svarar för hela vattenuttaget i brunnsområdet.

Utöver vad som sagts beträffande vattenståndets betydelse för läckagefaktorns storlek, så innebär den nuvarande regleringen av Umeälven att läckagefaktorn kan förväntas variera med  $\pm 200$  m under jämförbara vattentemperaturer. När det gäller vattentemperaturens betydelse för läckagefaktorns storlek så hänvisas till "Långholmen - Bank recharge to an esker aquifer, Kristinehamn, Sweden", VIAK 1977.

Avslutningsvis kan man utnyttja läckagefaktorn för att beräkna Tvärååsens hydrauliska kapacitet  $TB$  och transmissivitet  $T$ . Enligt figur 7 och en antagen hydraulisk bredd på åsmagasinet av 200 m blir

$$TB = 34 m^3/s$$

och

$$T = 0,17 m^2/s$$

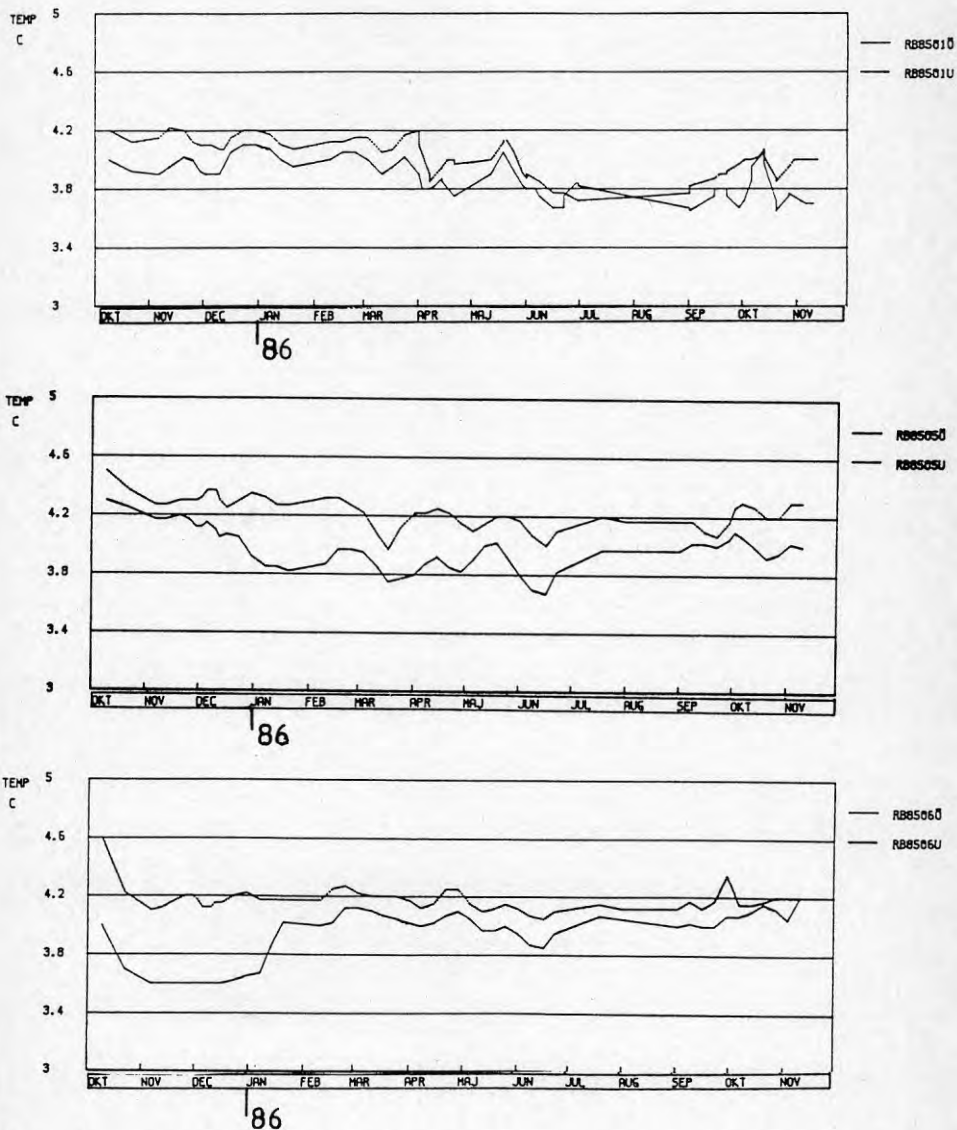
Om man utnyttjar de uppmätta hydrauliska gradienterna inom åsmagasinet vid stationär avsänkning till följd av läckage finner man exempelvis för mätdata från 86-03-11 (linje A i figur 7) att avsänkningstrattens form är sådan att det i åsens längsled strömmar ca 110 l/s till brunnområdet, fördelat på ca 50 l/s från söder och 60 l/s från norr. Det resterande flödet på ca 40 l (1/4 av det totala uttaget) bör således komma från brunnens närområde.

Mot bakgrund av den generaliserande stratigrafien enligt figur 3 är temperaturutvecklingen för Rb 8503, RB 8401 respektive Rb 8504 av speciellt intresse för att bekräfta de hydrauliska resultaten angående läckage samt för att belysa vilken modellgeometri som bör användas.

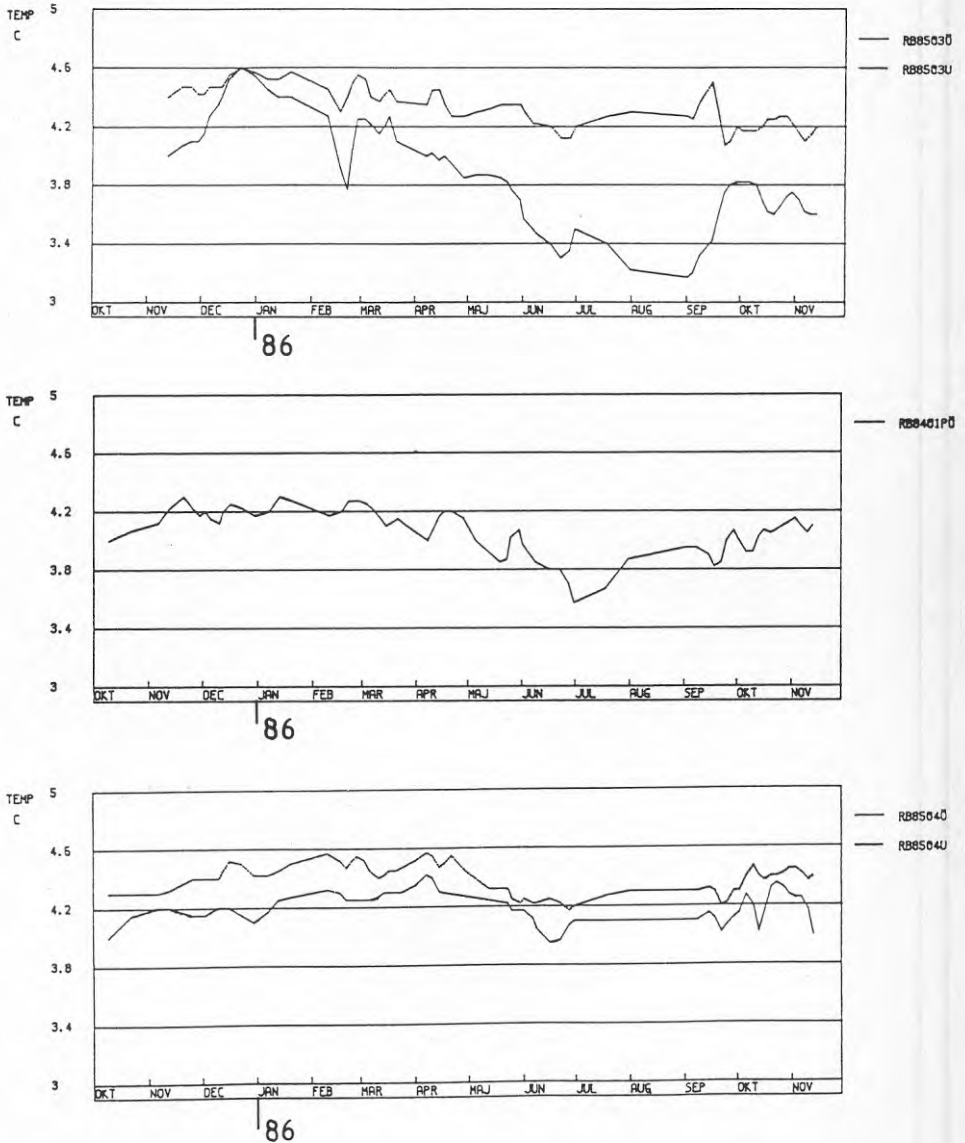
Som framgår av figur 3 och figur 4 har temperatursensorer monterats på två olika nivåer i samtliga observationsrör som drevs under 1985. Anledningen till att man placerat sensorer på olika djup är för att klarlägga om en skiktad temperaturfront föreligger i samband med läckage.

Mätningarna på temeperatursensorerna redovisas i sin helhet i bilaga 2. De resultat som återges i figur 9 och 10 är filtrerade för att ge betraktaren en större överblick samt för att reducera inverkan av slumpmässigt brus och eventuella mätfel. Filtringen har skett med trepunktsmedelvärde.

Figur 9 återger temperaturutvecklingen för mätrören i Tvärååsens längsled under projekttiden. Motsvarande temperaturutveckling för mätrören i åsens tvärlid återges i figur 10. Mätrörens geografiska placering framgår av figur 2.



Figur 9 Temperaturutveckling för Rb 8501 (överst), Rb 8505 (mitten) och Rb 8506 (underst)



Figur 10 Temperaturutveckling för Rb 8503 (överst), Rb 8401 (mitten) och Rb 8504 (underst)



Enligt figur 9 och 10 är samtliga "undertemperaturer" högre än motsvarande "övertemperaturer", vilket svarar väl mot de troliga förhållandena att det dels blir varmare mot djupet, dels att grundvattnets omsättning troligen är störst i de övre delarna. Temperaturdifferensen mellan magasinets övre respektive undre del är ca  $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ .

En jämförelse mellan mätrören i åsens längsled ger att maximal påverkan på temperaturen är ca  $0,3^{\circ}\text{C}$  mindre i Rb 8506 än i Rb 8501, dvs störst temperaturändring återfinns uppströms brunnsområdet. Detta stämmer väl överens med den hydrauliska bedömningen beträffande dominerande störningsriktning. Sammanfattningsvis ger underlaget enligt figur 9 följande grova bedömning av temperaturutvecklingen i åsens längsled under projektåret

<u>Mät punkt</u>	<u>Avstånd (m)</u>	<u>Temp max (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</u>	<u>Temp min (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</u>
Rb 8501	300N	ö 4,1/ u 4,2	ö 3,7/ u 3,7
Rb 8505	300S	ö 4,1/ u 4,3	ö 3,8/ u 4,1
RB 8506	570S	ö 4,1/ u 4,3	ö 3,9/ u 4,0

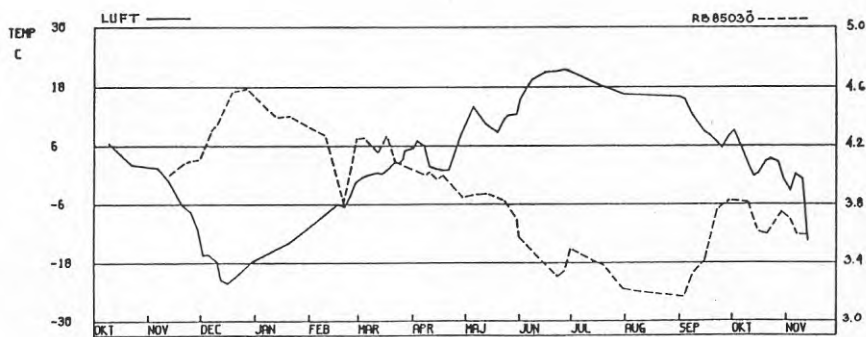
En motsvarande jämförelse mellan mätrören i åsens tvärled visar på en mycket mer dramatisk påverkan. Det är speciellt övertemperaturerna som uppvisar en markant förändring. Övertemperaturen i Rb 8503 varierar mellan  $4,5^{\circ}\text{C}$  och  $3,2^{\circ}\text{C}$  medan övertemperaturen i Rb 8504 varierar mellan  $4,3^{\circ}\text{C}$  och  $4,1^{\circ}\text{C}$ . Mot bakgrund av Tväråns läge i förhållande till brunnsområdets så är temperaturutvecklingen i dessa båda mätrör lättförklarad. Bimagasinen på åsens båda sidor frigör sin inlagrade värmeenergi i samband med läckaget men på olika villkor.

Bimagasinet på den västra flanken speglar inverkan av Tväråns temperatur. På östra sidan finns inte denna hydrauliska kontakt varför lerans höga värmekapacitet och låga ledningsförmåga på-

verkar temperaturen. Sammanfattningsvis ger underlaget enligt figur 10 följande grova bedömning av temperaturutvecklingen i åsens tvärled under projektåret.

Mätpunkt	Avstånd (m)	Temp max (°C)	Temp min (°C)
Rb 8503	70W	ö 4,5/ u 4,5	ö 3,2/ u 4,2
Rb 8401	2E	ö 4,2/ -	ö 3,7/ -
RB 8504	40E	ö 4,3/ u 4,5	ö 4,1/ u 4,2

Man noterar för samtliga temperaturkurvor i figur 9 och 10 att det förekommer en samstämmig fluktuation i temperaturerna i tiden som tyder på en periodicitet. Underlaget är alltför bristfälligt att någon säker bedömning ska kunna göras. Emellertid kan man notera att maximum och minimum för luftens temperatur (och därmed också Tväråns temperatur) verkar vara förskjutna 6 månader i förhållande till maximum och minimum för grundvattnets temperatur, se figur 11.



Figur 11 Temperaturvariationer för luft respektive för läckagepåverkat grundvatten i Tväråsen under projektåret

## KONSEKVENSER AV ERHÅLLNA RESULTAT FÖR DEN FRAMTIDA DRIFTEN

Beroende på ytvattnets temperaturvariationer under året uppstår vid den inducerade infiltrationen således en likartad variation av temperaturen i grundvattenmagasinet. Med hänsyn till bl a uppehållstiden i bimagasinen sker dock en fasförskjutning, så att den högsta grundvattentemperaturen inträffar ca 6 månader senare än den högsta ytvattentemperaturen. Detta talar för att man bör bibehålla fullt uttag året runt och på så sätt inlagra sommarmånadernas värmemängd i bimagasinet på framförallt den västra flanken. När värmebehovet är som störst under vinterhalvåret har den inlagrade energins uppehållstid uppnåtts och energin kan således utnyttjas optimalt.

Som en kommentar till det första årets driftsituation kan man följaktligen påstå att ett återkommande sommaruppehåll i grundvattenuttaget är den sämsta driftsituation som man kan ge anläggningen.

Beträffande den modell som redovisades i ansökan för att prognosticera effekter av en förväntad inducerad infiltration, så kan modellens egenskaper sammanfattas i två punkter:

- 1) Modellen är en jämviktsmodell med kontinuitetskravet att energiinnehållet i åsmagasinet är lika med energiinnehållet i bimagasinen vid varje ögonblick.
- 2) Modellen fördelar varje temperaturpåverkan momentant. Detta innebär att modellen inte kan efterlikna en fasförskjutning orsakad av inducerad infiltration via bimagasinet. Modellen antar således att den inducerade infiltrationen sker närmast som en hydraulisk direktkontakt mellan grund- och ytvatten.

De hydrauliska beräkningarna visar att såväl flödesriktningarna inom som de geologiska förhållandena omkring åsmagasinet har stor betydelse för åsmagasinet's temperaturvariationer. Dessutom visar den konstaterade fasförskjutningen tillsammans med läckagefaktorn att modellens antagande om en hydraulisk direktkontakt mellan grund- och ytvatten är felaktig.

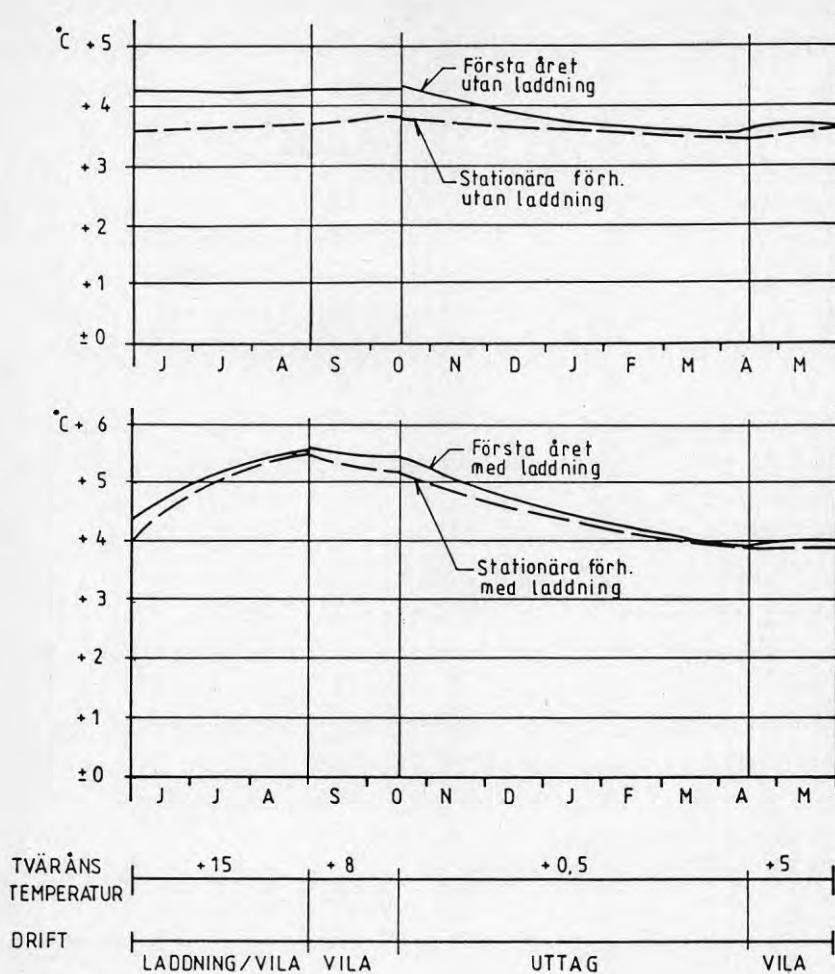
På en punkt är den tidigare använda modellen möjlig att justera och det gäller åsmagasinet volym. I samband med BFR-ansökan presenterades en modell motsvarande en magasinvolym av  $2,4 \text{ Mm}^3$ . De hydrauliska beräkningarna ger nu att aktuell volym bör vara minst  $12 \text{ Mm}^3$ . I figur 12 redovisas förhållandena under det första årets drift, samt under stationära förhållanden om laddning under sommaren vidtas resp inte vidtas. Observera att modellen inte kan efterlika fasförskjutning.

Modellen i figur 12 förutsätter ett värmeutbyte med omgivningen som i medeltal uppgår till  $1,2 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ , dvs ungefär vad som kan förväntas för ett en meter mäktigt lerskikt. Driftsituationen med både laddning och vila liknar inte riktigt den aktuella utan modellen är en variant på en optimal driftsituation med maximalt uttag året runt.

Modellens resultat visar att man med en laddning sommartid troligtvis kan bibehålla dagens temperaturnivå och kanske t o m temporärt höja den. Vad modellen inte visar är att en laddning sommartid ger bättre temperaturnivå vintertid.

Anledningen till att modellen inte kan efterlikna konstaterad fasförskjutning är således att modellen förutsätter att Tväråns vatten kommer in i hela åsmagasinet via en hydraulisk direktkontakt. Att den inducerade infiltrationen sker som läckage genom de semipermeabla bimagasinen på grusåsens flanker finns inte representerad i modellen.

Man bör på basis av kända data inte rekommendera någon annan laddningsform än ett bibehållet uttag under sommaren. Ett argument för detta påstående är att den inducerade infiltrationen nära brunnsområdet, tvärs åsmagasinet längsriktning är så pass stor som en  $1/4$  av det totala uttaget. Ett annat argument är att värdet av en temperaturhöjning är relativt lågt ( $70 \text{ kkr/C}^\circ$ ) med befintlig anläggning.



Figur 12 Temperaturutveckling utan laddning (överst) resp med laddning (underst). Uttag och därmed laddning sker med 150 l/s. Värmeutbytet med omgivningen är i medeltal  $1,2 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$

## MÖJLIGHETEN ATT UTNYTTJA GRUSÅSAR SOM ENERGIKÄLLA I NORRLAND

Grundvattnet erhåller sin temperatur genom värmeledning från omgivningen. Följdaktligen påverkas det därför indirekt av den geotermiska gradienten och av luftens medeltemperatur. För Norrland inverkar det mäktiga snötäcket positivt på grundvattnets medeltemperatur i förhållande till luftens. I merparten av Norrland är grundvattnets medeltemperatur således större eller lika med luftens medeltemperatur under året.

Även om snötäcket har en stor betydelse för grundvattnets medeltemperatur, så har den geologiska miljön också en viss betydelse för grusåsars potential som energikälla. Vi har i fallet Vännäs konstaterat att såväl över- som undertemperaturerna i samtliga mätrör när sina minima under sommaren. För undertemperaturerna är variationerna små och kan troligen tillskrivas den årstidsmässiga variationen (jmf BFR-rapport R149: 1985. Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten, B Olofsson, L O Ericsson). För övertemperaturerna bör de årstidsmässiga variationerna vara större, men skillnaden i olika riktningar från brunnsområdet bör tillskrivas den inducerade infiltrationen.

I Vännäs är följdaktligen åsmagasinet stora mäktighet tillsammans med brunns djup två viktiga faktorer för att man ska erhålla en utjämnad uttagstemperatur. Ett annat förhållande som säkerligen har stor betydelse är det sätt på vilket grundvattenuttaget balanseras. I Vännäs har vi konstaterat att läckaget genom bimagasinen svarar för den hydrauliska jämvikten, samt att uppehållstiden i dessa bidrar till den fördelaktiga fasförskjutningen på uppskattningsvis sex månader.

Om grundvattenuttaget balanserats genom en direktkontakt med Tvärån hade åsmagasinet övriga värmeutbyte i andra riktningar haft en viss betydelse. Enligt den ansatta modellen skulle energikällan i så fall få en lägre temperatur om detta värmeutbyte varit lågt än om det varit stort. Vid lågt värmeutbyte hade förmodligen laddning erfordrats.

## LITTERATUR

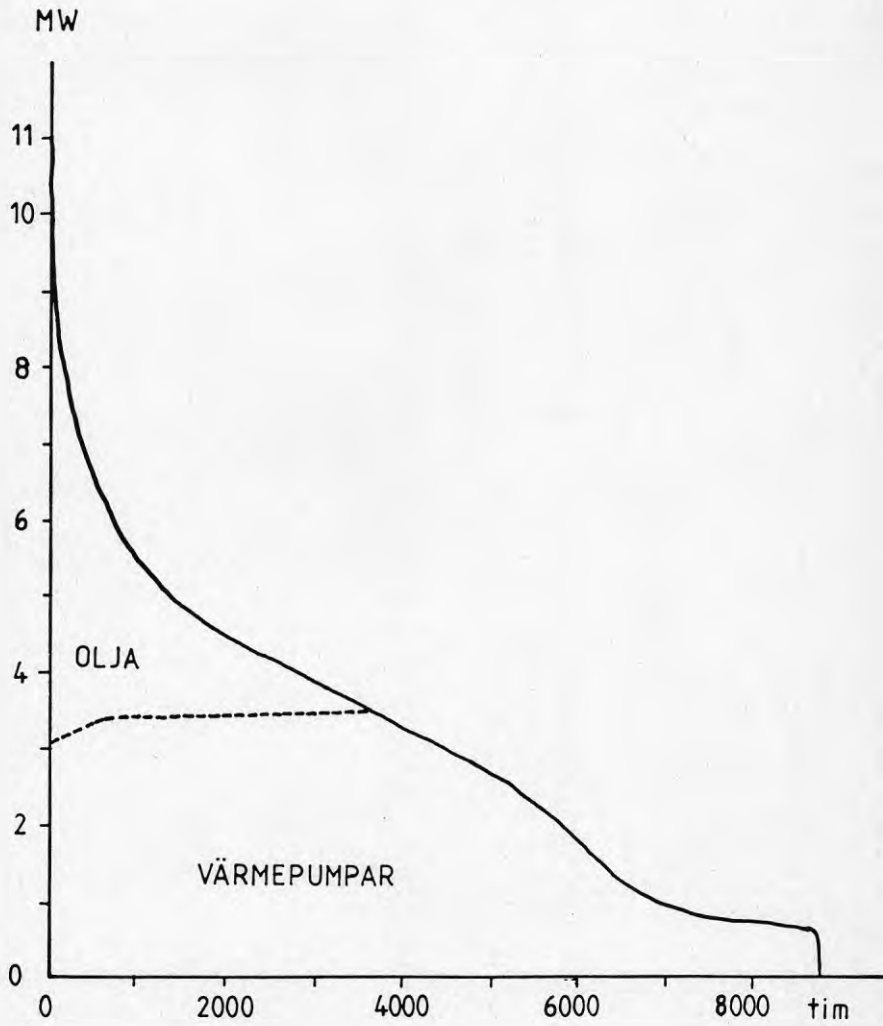
- Andersson, O, .  
Johansson, I o.  
Perers, J  
Utnyttjande av överskottsvärme i grundvatten vid konstgjord infiltration, Förstudie, BFR R121:1982, Stockholm.
- Carlsson, L o.  
Gustafson, G  
Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik, BFR R41:1984, Stockholm.
- Olofsson, B o.  
Ericsson L O  
Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten, BFR R149:1985, Stockholm.
- Svedinger, B  
Värme i jord, berg och vatten - Utvinning och lagring, BFR T1:1981, Stockholm.

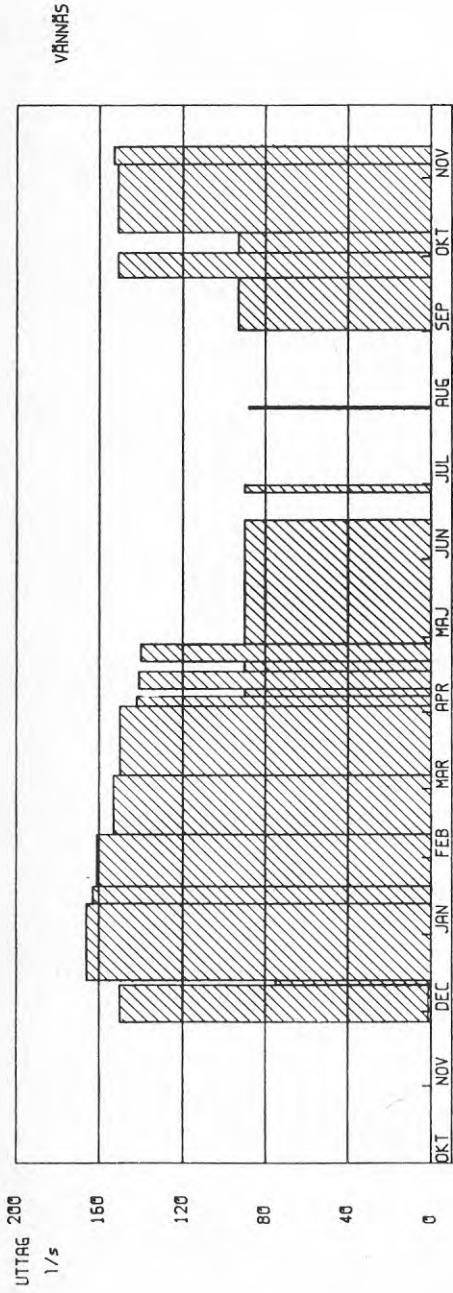
## BILAGOR

- |          |  |
|----------|--|
| Bilaga 1 | Värmelastens varaktighet   |
| Bilaga 2 | Mätningar  |
| Bilaga 3 | Placering av temperatursensorer<br>och generaliserad stratigrafi |

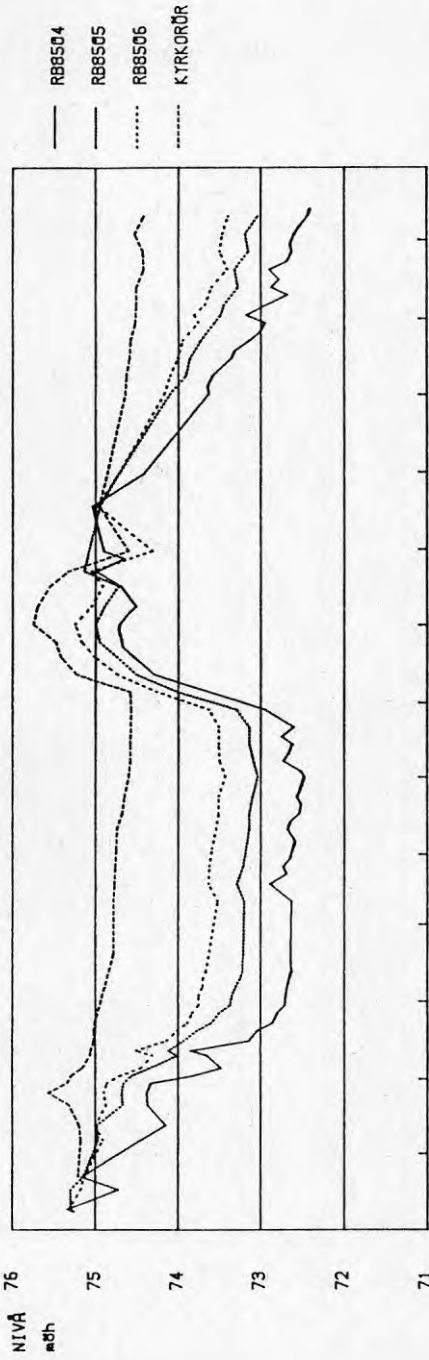
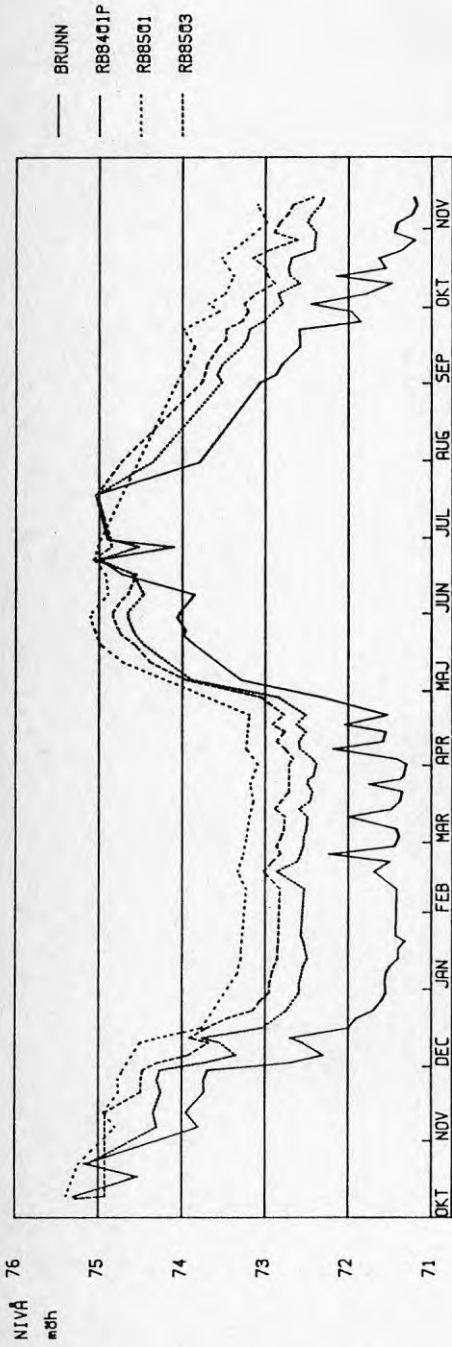


Bilaga 1



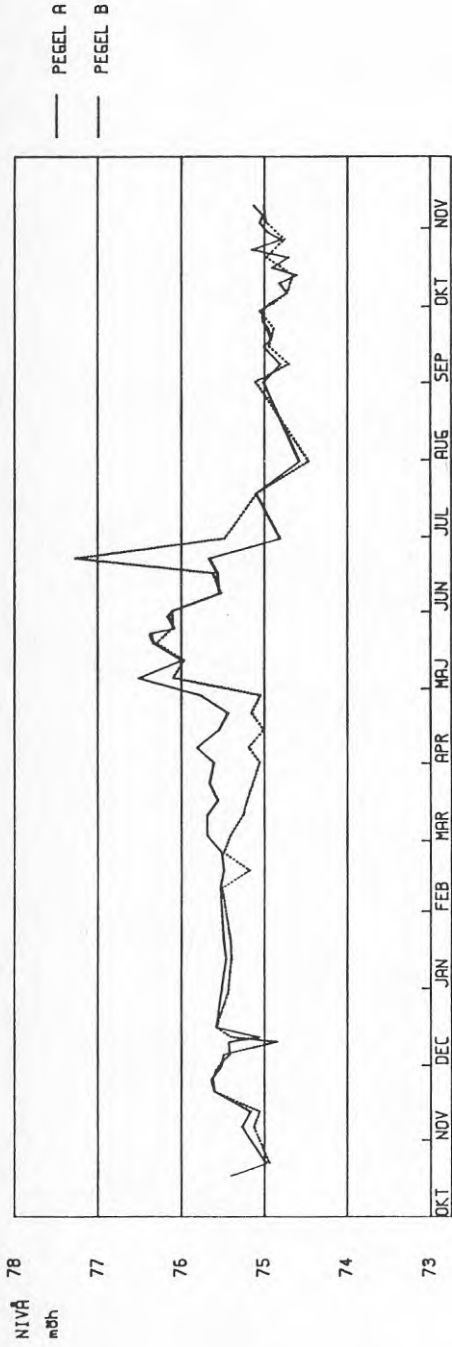


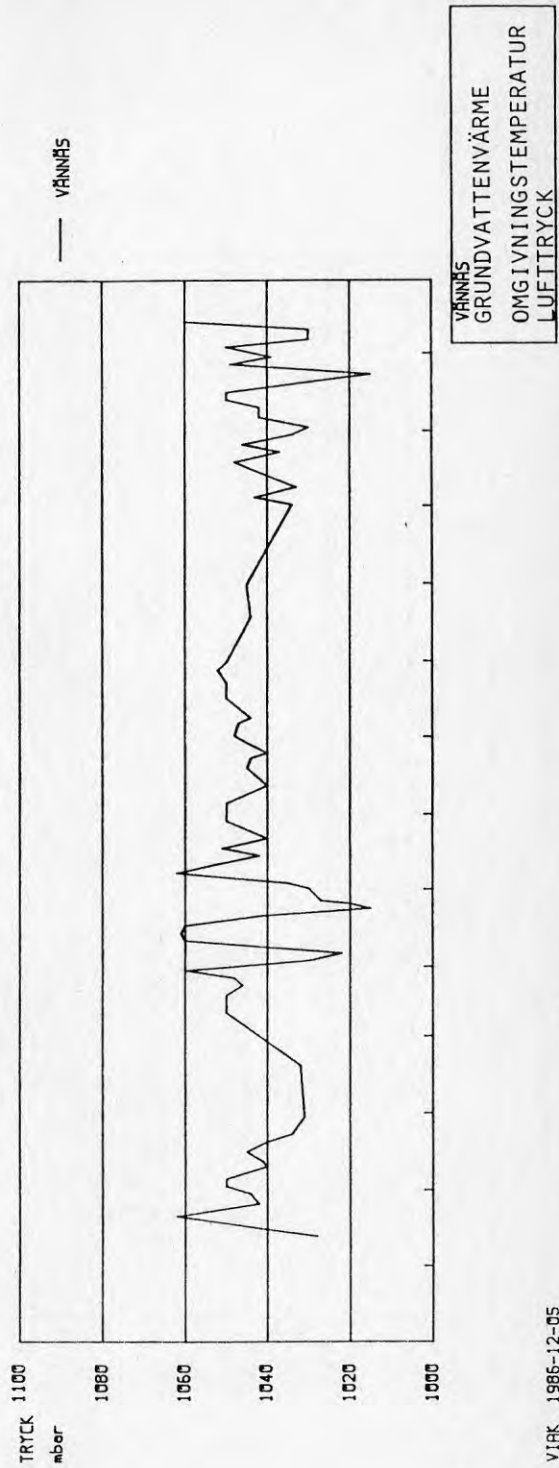
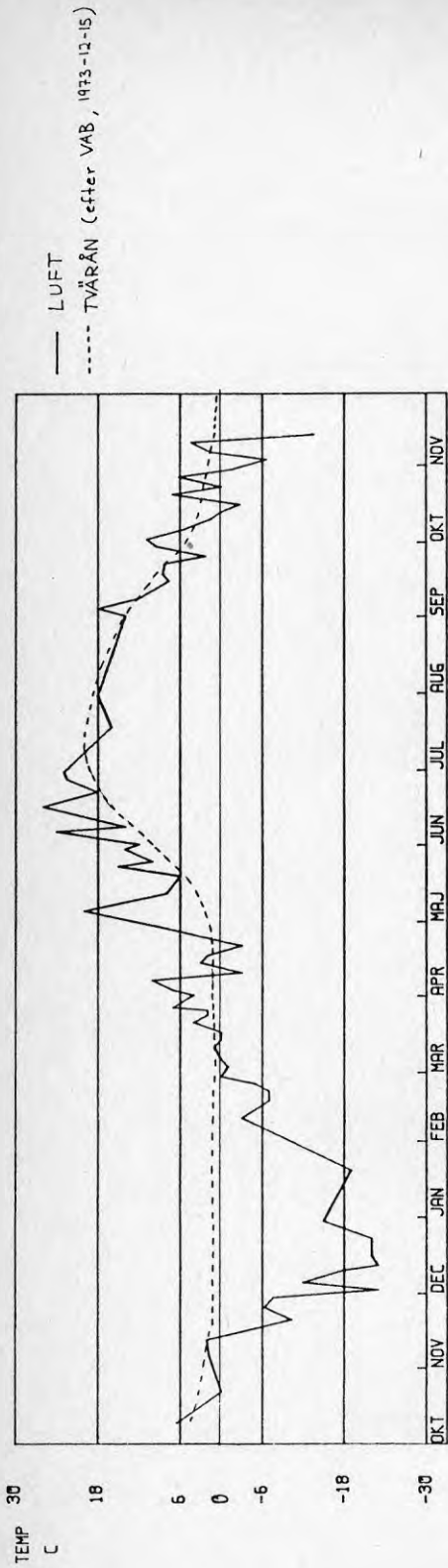
VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
PUMPKAPACITET

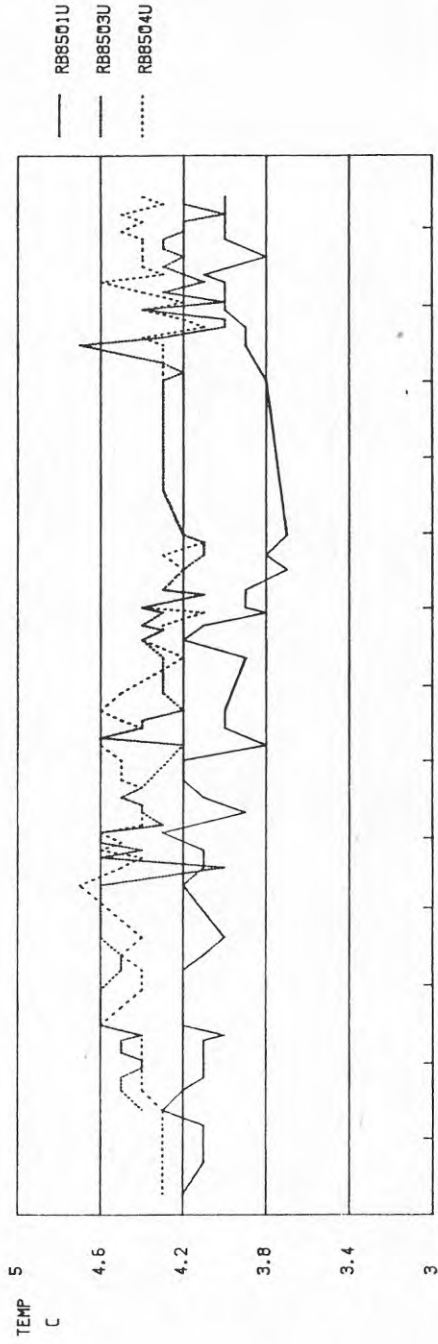
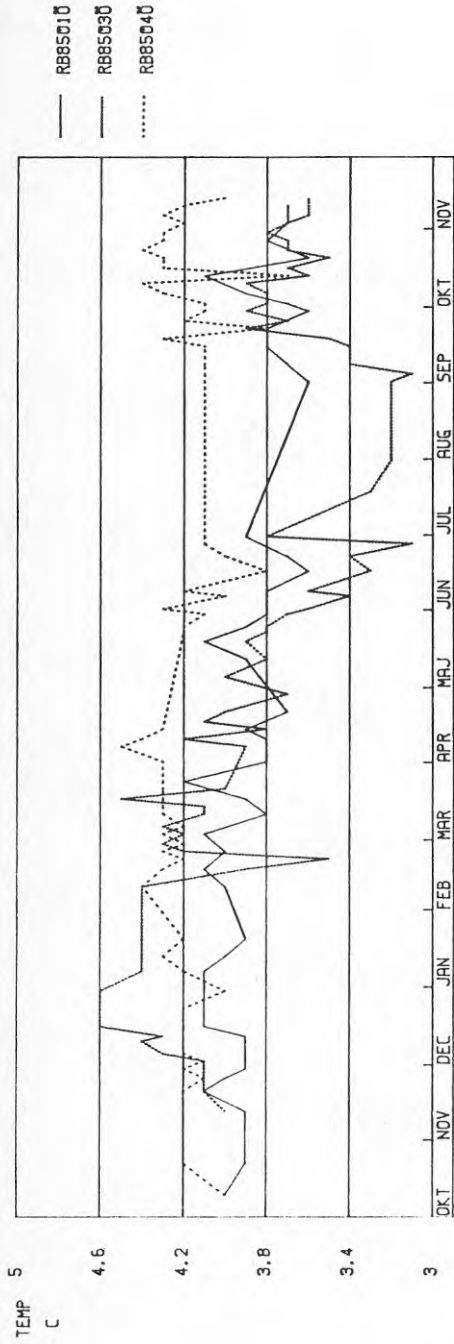


VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
AVSÄNKNING

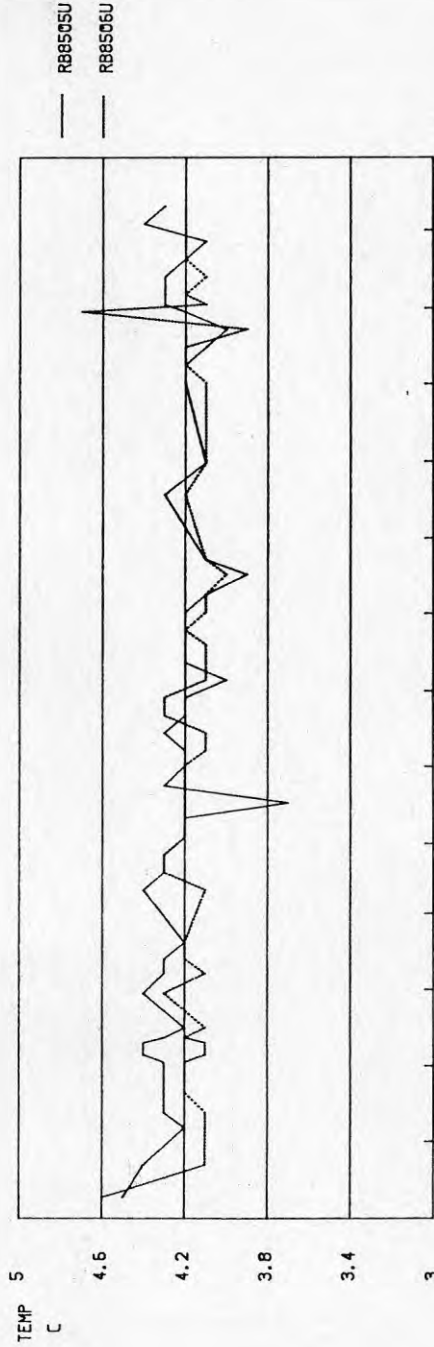
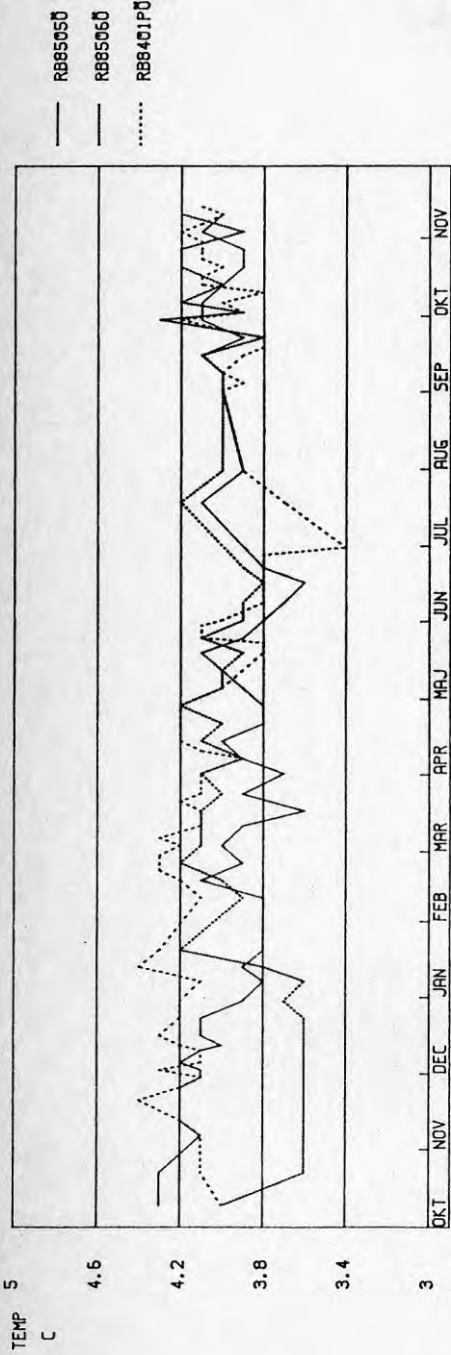
VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
VATTENSTÅND TVÄRÅN

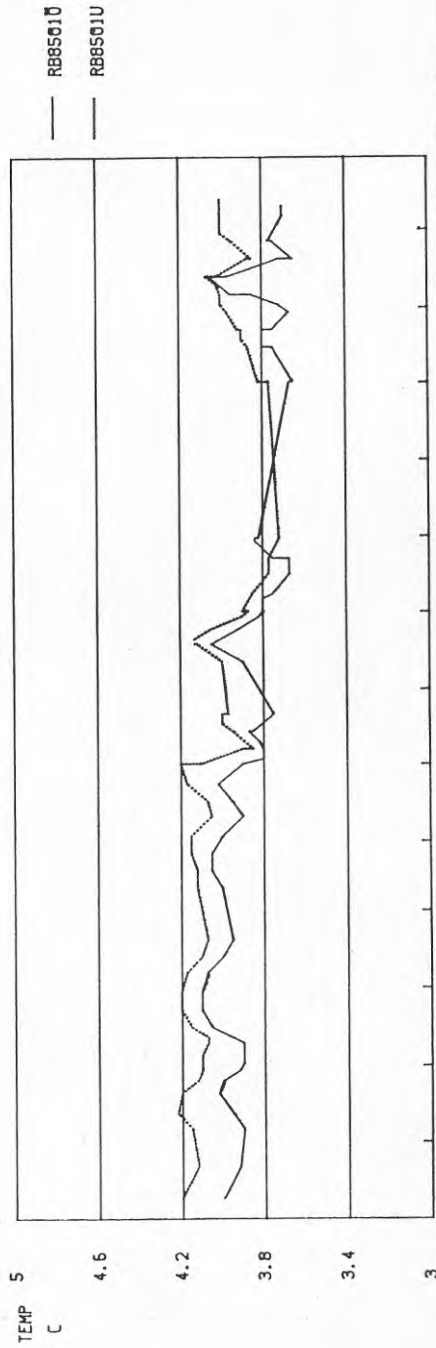
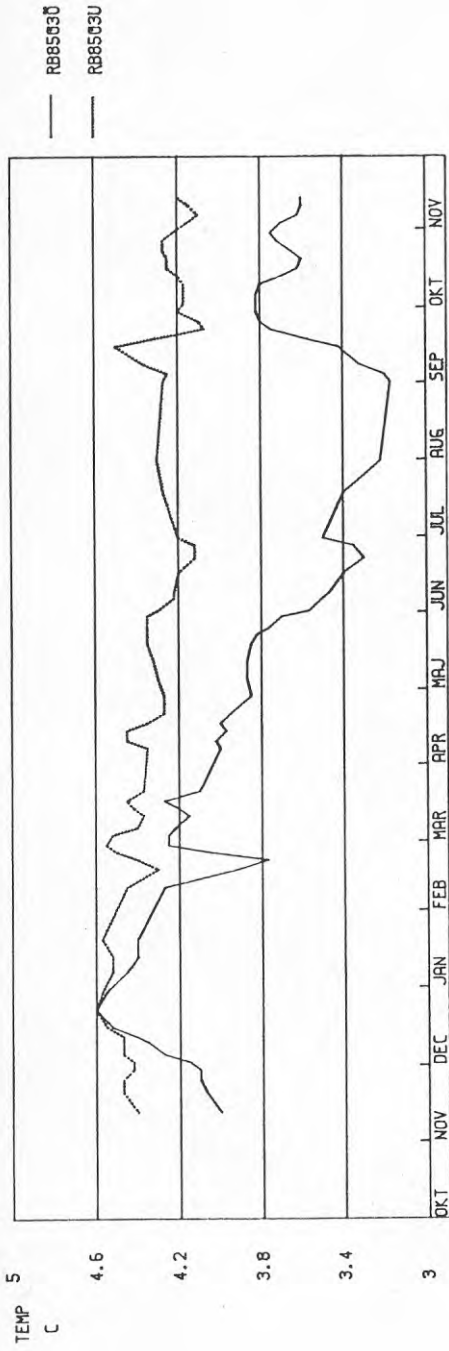






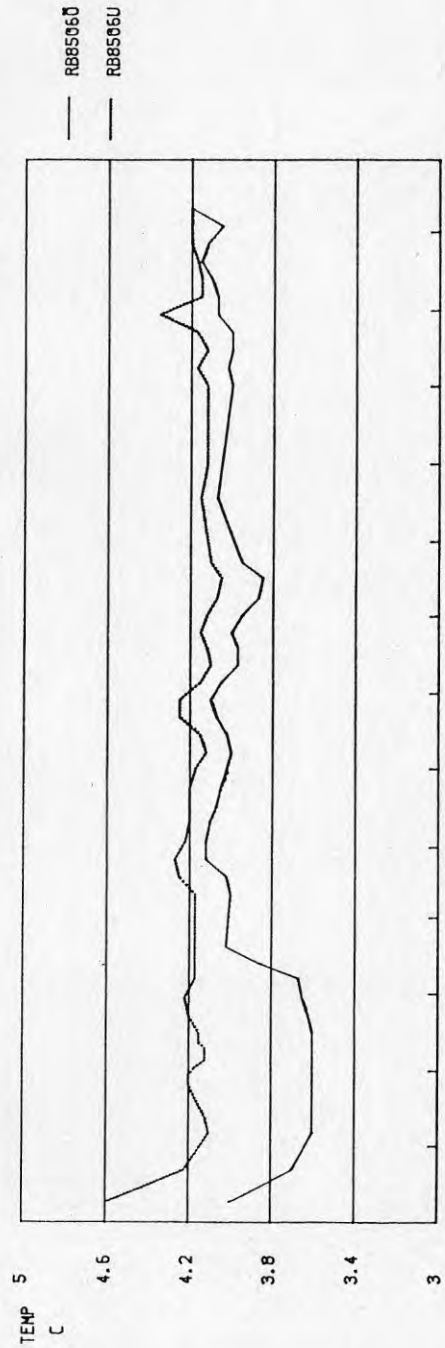
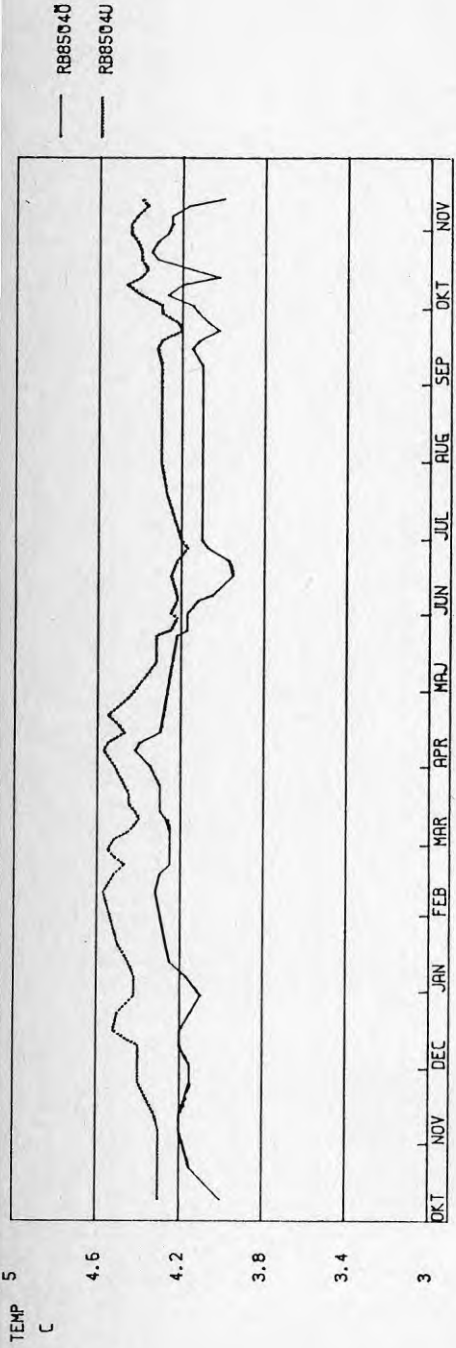
VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
TEMPERATUR



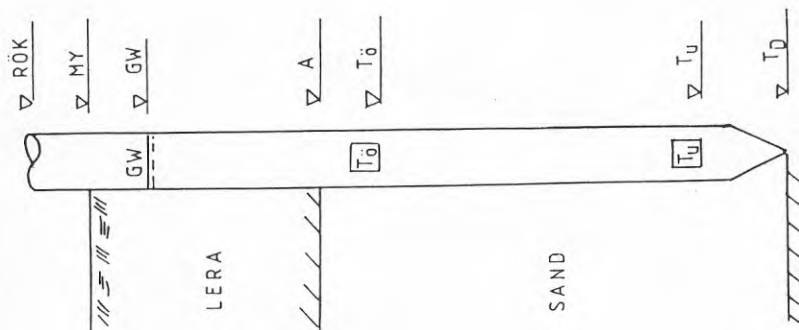


VÄNNÄS  
 GRUNDVATTENVÄRME  
 TREPUNKTSMEDELVÄRDE





VÄRNH5  
GRUNDVATTENVÄRME  
TREPUNKTSMEDELVÄRDE



B = BERG O/E BLOCK

M = MORÄN

T<sub>ö</sub> = ÖVRE TEMP. SENSORT<sub>u</sub> = UNDERE TEMP. SENSOR

NR	8501	8503	BRUNN	8401P	8504	8505	8506
RÖK	+81,83	+80,31	+77,90	+78,27	+76,98	+84,30	+85,01
MY	+80,89	+79,40	+77,70	+78,27	+76,18	+83,44	+84,13
GW <sup>1)</sup>	+75,39	+75,28	(+75,33)	+75,33	+75,34	+75,3	+75,32
A	+67	+74	+71 <sup>3)</sup>		+65	+77	+72
T <sub>ö</sub>	+60	+69	-	+62	+61	+66	+67
T <sub>u</sub>	+43	+49	-	-	+46	+48	+49
T <sub>D</sub>	+40,8	+43,9	+48 <sup>4)</sup>	+59,9 <sup>1)2)</sup>	+43,2	+41,9	+40,1

1) DESSA VÄRDEN DATERAS TILL 8-9 OKT 1985

2) OKÄND STRATIGRAFI

3) NIVÅN MOTSVARAR ÖVERKANT FILTER (LERA/SILT SAKNAS)

4) NIVÅN MOTSVARAR TOTALT BORRNINGSDJUP, BRUNNSNIVÅ = +51

VÄNNÄS  
GRUNDVATTENVÄRME  
GENERALISERAD STRATIGRAFI  
PLACERING AV TEMP. SENSORER

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850908-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Statens  
Vattenfallsverk, Umeådistriktet, Umeå.**

**R69: 1987**

**ISBN 91-540-4754-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6707069**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirkapris: 33 kr exkl moms**