



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

R30:1989

REF/SOL

Värmelagring genom infiltration av sjövatten

**Gunnar Gustafson
Per-Arne Rytta
Kjell Norbäck**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plad	Se

Byggnadsforskningsrådet

R30:1989

VÄRMELAGRING GENOM INFILTRATION AV SJÖVATTEN

Gunnar Gustafson
Per-Arne Rytter
Kjell Norbäck

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
841229-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Grundvattenavdelningen, Falun.

REFERAT

För Hälsinggårdsskolans energiförsörjning har ett värmepumpssystem baserat på ett akviferlager i en mindre is-älvsavlagring (Faluåsen) anlagts under vintern 1985. Akviferlagret laddas sommartid genom inducerad infiltration från den intilliggande grunda viken av Runn.

Den intilliggande Hälsinggårdsskolan har haft en oljeförbrukning på ca 320 m³ Eo1/år. En värmepumpinstallation på ca 450 kW avgiven värmeeffekt, som utnyttjar inlagrat vatten från Faluåsen som värmekälla, beräknas ge en oljereduktion med ca 230 m³/år.

Den totala investeringen har uppgått till 3.6 Mkr inkl moms.

Inlagring och uttag ur akviferen sker genom ett system av tre grundvattenbrunnar. Under inlagringsperioden utnyttjas samtliga brunnar för att avsänka grundvattennivån i åsmagasinet och därigenom inducera infiltration från det varma ytvattnet i Runn. Vintertid sker uttag av grundvatten ur den mellersta brunnen. Grundvattnet återförs efter avkylning i värmepumpen till de två periferibrunnarna.

I Byggeforskningsrådets 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.

R30:1989

ISBN 91-540-5022-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

SAMMANFATTNING.....	1
1. ALLMÄNT OM PROJEKTET. PROJEKTIDEN.....	2
2. GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN.....	3
2.1 Allmänt.....	3
2.2 Rörborringar.....	4
3. GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN.....	5
3.1 Allmänt.....	5
3.2 Nivåvariationer i Runn.....	5
4. KORTTIDSPUMPNING.....	6
4.1 Uttagsbrunn.....	6
4.2 Utförande.....	6
4.3 Utvärdering av hydrauliska parametrar....	7
4.4 Vattenkvalitet.....	10
5. SYSTEMUTFORMNING.....	11
5.1 Inlagringsskede.....	12
5.2 Uttagsskede.....	13
6. TERMISKA BERÄKNINGAR.....	15
6.1 Termisk transporthastighet.....	15
6.2 Inlagring.....	16
6.3 Avklingningsförlopp.....	16
6.4 Beräkning av temperaturavklingning med antagna ingångsdata.....	18
7. GRUNDVATTENTEMPERATURER VID KORTTIDSPUMPNING.....	19
8. HÄLSINGGÅRDSSKOLANS ENERGIFÖRSÖRJNING....	19
8.1 Tidigare värmesystem.....	19
8.2 Energi- och effektbehov.....	20
8.3 Värmepumpsstorlek.....	21
9. BYGGSKEDET.....	22
9.1 Grundvattenbrunnar.....	22
9.2 Grundvattenpumpar.....	23
9.3 Brunnsöverbyggnader.....	23
9.4 Yttre ledningssystem.....	23
9.5 Ändringar i befintligt värmesystem Principkoppling.....	23
9.6 Värmepumpen.....	25
9.7 Styrning av värmepump och oljepannor i sekvens.....	25
9.8 Manöver av grundvattenpumpar.....	26

10.	ERFARENHETER FRÅN BYGG- OCH IDRIFT- TAGNINGSSKEDET.....	26
11.	EKONOMI.....	27
11.1	Investeringar.....	27
11.2	Driftkostnader.....	27
11.3	Lönsamhet.....	28
12.	UTVÄRDERING.....	28
12.1	Allmänt.....	28
12.2	Målsättningar för driftuppföljningen.....	28
12.3	Mätpunkter akvifer.....	29
12.4	Mätprogram akvifer.....	31
12.5	Mätpunkter och mätprogram för pann- central.....	31
12.6	Övriga uppgifter.....	31
12.7	Redovisning.....	32
12.8	Tidsschema.....	32
12.9	Körstrategier.....	32
12.10	Organisation.....	32
13	REFERENSER.....	33

BILAGOR

Bilaga 1	Sammanställning av borrhörningsresultat
"	2 Sammanställning av siktanalyser
"	3 Yt- och grundvattentemperaturer
"	4 Grundvattenbrunn Br 1, dimensioner
"	5 Grundvattenbrunn Br 2, dimensioner
"	6 Grundvattenbrunn Br 3, dimensioner
"	7 Återhämtningsförlopp lin - log Br 1
"	8 Avsänkingsförlopp lin - log Br 2
"	9 Avsänkingsförlopp lin - log Br 3
"	10 Längdsektion av åsmagasinet, mätprofiler
"	11 Mätpunkter och mätintensitet, akvifer
"	12 Mätpunkter och mätintensitet, panncentral

SAMMANFATTNING

För Hälsinggårdsskolans energiförsörjning har ett värmepumpssystem baserat på ett akviferlager i en mindre isälvsavlagring (Faluåsen) anlagts under vintern 1985. Akviferlagret laddas sommartid genom inducerad infiltration från den intilliggande grunda viken av Runn.

För att inlagring av sommarvarmt vatten skall vara möjligt krävs att det hydrauliska sambandet mellan åsen och sjön är väl utvecklat. Utförda undersökningar och provdrift visar att så är fallet.

Lagrets mindre gynnsamma geometri gör att värmeförlusterna är relativt stora. Temperaturen beräknas sjunka från ca +14°C vid uttagsperiodens början till ca +8°C vid uttagsperiodens slut.

Den intilliggande Hälsinggårdsskolan har haft en oljeförbrukning på ca 320 m³ Eol/år. En värmepumpinstallation på ca 450 kW avgiven värmeeffekt, som utnyttjar inlagrat vatten från Faluåsen som värme-källa, beräknas ge en oljereduktion med ca 230 m³/år.

Den totala investeringen har uppgått till 3.6 Mkr inkl moms.

Inlagring och uttag ur akviferen sker genom ett system av tre grundvattenbrunnar. Under inlagringsperioden utnyttjas samtliga brunnar för att avsänka grundvattennivån i åsmagasinet och därigenom inducera infiltration från det varma ytvattnet i Runn. Vintertid sker uttag av grundvatten ur den mellersta brunnen Grundvattnet återförs efter avkylning i värmepumpen till de två periferibrunnarna.

Anläggningen togs i drift i april 1985 och intrimning av denna och av mätutrustning pågick till i början av juni 1985. Experimentbyggnadslån har beviljats till Falu kommun, som är huvudman för anläggningen.

Förstudie och projektering har skett via medel från BFR i forskningsanslag 811645-8 och 830894-2 till VIAK AB.

Mätning och utvärdering skall pågå till inlagringsperiodens början i juni 1986.

1. ALLMÄNT OM PROJEKTET. PROJEKTIDÉN

Den omfattande inlagring av solenergi, som under sommarhalvåret sker i våra sjöar och ytliga jord- och berglager genom solstrålning och tillförsel genom vindar och regn, går till mycket stor del förlorad under vinterhalvåret. En del av denna energi bevaras dock i grundvattnet och medför att grundvattentemperaturen på 10-50 m djup uppvisar små (1-2° C) temperaturvariationer under året.

I en grund sjö eller havsvik, där inte språngskikt utbildas i profilen, blir temperaturdifferensen mellan yta och botten genomsnittligt liten, när vattenvolymen når sitt temperaturmaximum under sommaren. Om en större eller mindre del av vattenvolymen i denna situation skulle kunna lagras in i ett grundvattenmagasin under eller i anslutning till sjön eller havsviken, kan förutsättas att väsentlig höjning av grundvattnets temperatur kan uppnås. Detta är i många fall möjligt genom att grundvattnets trycknivå sänks, varvid ett läckage från ytvattnet till grundvattnet uppstår. I grundvattentechniken kallas detta "inducerad infiltration".

Från hydrologisk och geohydrologisk synvinkel är vattennivån i de flesta av våra sjöar och havsvikar en 0-nivå för ett större eller mindre avrinningsområde. Det finns då ett hydrologiskt samspel mellan ytvattnet och grundvattnet genom förekommande hydrauliska, geologiskt betingade förbindelser.

Det hydrauliska sambandet mellan yt- och grundvatten varierar kapacitetsmässigt inom vida gränser. Ofta är det de kvartärgeologiska förhållandena, som bestämmer kapaciteten med låga värden för finsediment eller morän och höga värden för grovsediment eller svallningsbearbetade grovkorniga jordlager. Av största vikt i detta sammanhang är dock det faktiska förhållandet att i vår kvartärgeologiska situation, inga helt täta jordlager förekommer.

Projektidén bygger på att strandinfiltration utnyttjas sommartid för att lagra in soluppvärmt sjövatten genom ett stort grundvattenuttag ur ett strandnära grundvattenmagasin.

Förutsättningarna för att nämnda princip skall vara intressant att utnyttja är bl a

- att den hydrauliska kopplingen mellan yt- och grundvattnet varken är för stark eller för svag
- att det naturliga grundvattenflödet inte är så stort att inlagring och uttag försvåras

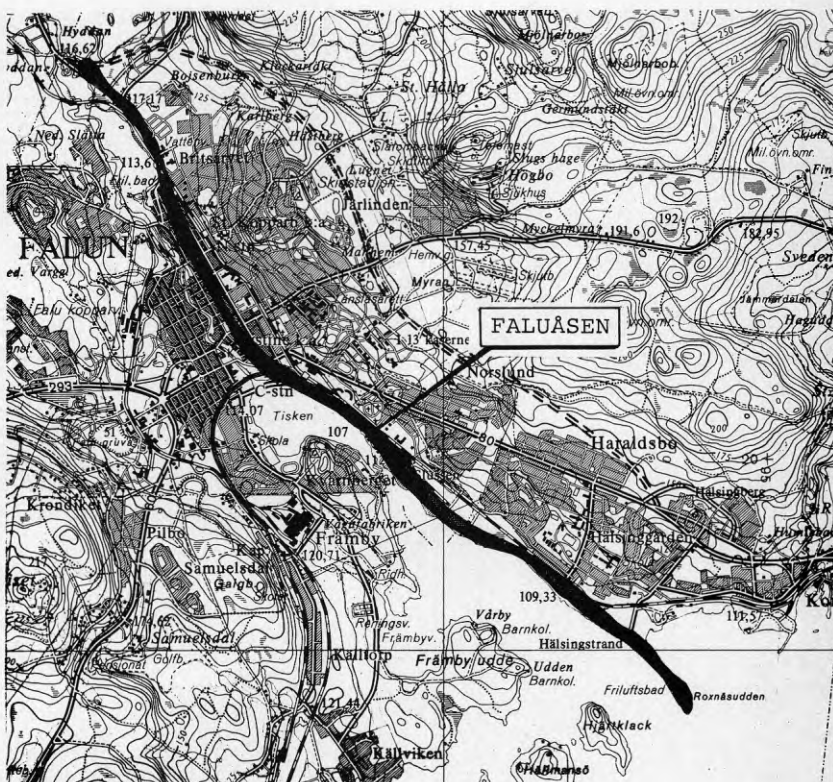
- att grundvattenmagasinet har tillräcklig volym
- att det finns ett värmebehov som har en lämplig relation till grundvattenmagasinets storlek
- att avståndet mellan värmesänkan och grundvattenmagasinet ej är för stort.

För att dra nytta att det temperaturförhöjda grundvattnet krävs en värmepump.

2. GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

2.1 Allmänt

Faluåsen är avlagrad under högsta kustlinjen i den dalgång som sträcker sig från Runn mot nordväst genom Falun. Åsen är en bias till Svärdsjöåsen som löper längs Runns östra strand. Se figur 2.1.



Figur 2.1 Faluåsen.

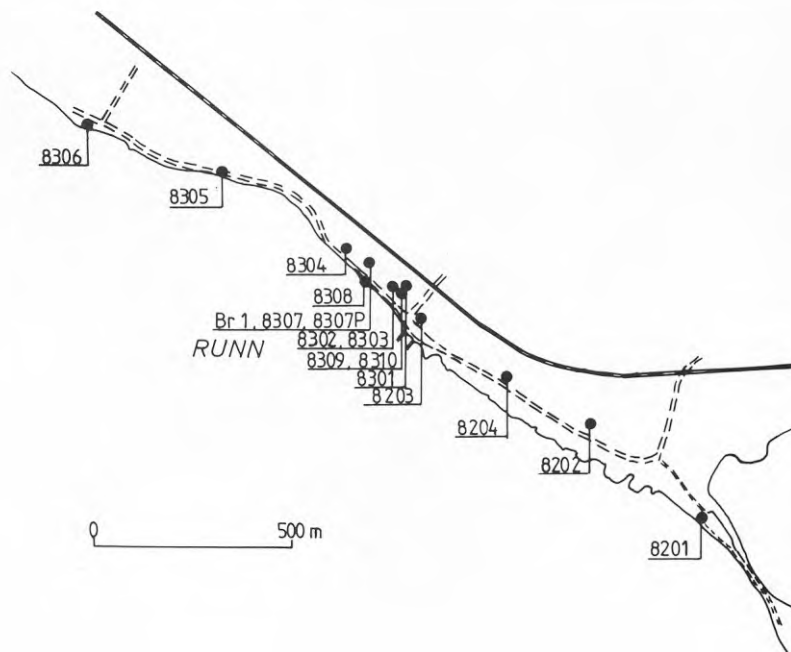
Faluåsen är kontinuerligt avlagrad från sjön Varpan ner till Roxnäsudden där åsen dyker ner under Runns vattenyta. Norr om Varpan finns spridda isälvsavlagringar som sannolikt bildats i samma dräneringsstråk som Faluåsen.

Finsediment, huvudsakligen silt, omger och överlagrar åsens randområden. Delvis utfyllda torvbildningar förekommer nordost om åsen vid Norslund.

Spår av grustäktsverksamhet märks inom området och vid roten av Roxnäsudden har utfyllnader och omfördelningar av åsmaterialet förekommit.

2.2 Rörborrningar

För att möjliggöra grundvattennivåmätningar och vattenprovtagning samt för att bestämma lagerföljd och vattengenomtränglighet utfördes under 1982 och 1983 totalt 15 rörborrningar. Borrningarnas läge framgår av fig 2.2 och en sammanställning över borrningsresultaten redovisas i bilaga 1. Dessutom har några privata brunnar använts för nivåobservationer.



Figur 2.2 Rörborrningar

Av rörborrningarna framgår att åsens mäktighet under grundvatten är minst 6-9 m. Borrstoppet mot block i lera vid Rb 8201 kan ha samband med utfyllnad för ett nu upprivet järnvägsspår ut på Roxnäsudden.

Siktanalys från Rb 8203 visar ett väl sorterat sand och grusmaterial, se bilaga 2. Utifrån siktanalyserna har grusmaterialets porositet beräknats till ca 20%.

Övriga rörborrningar visar att åsen är uppbyggd av sand- och gruslager med god genomsläpplighet. Till en viss del är dessa grovkorniga jordlager överlagrade av finkornigare material som lera och silt. De grövre lagren är blockrika.

3 GEOHYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

3.1 Allmänt

Grundvattennivån i Faluåsen styrs av ytvattennivåerna i Runn och Tisken. Grundvattentornerna i åsen är horisontella och i nivå med Runn inom området från Slussen och mot sydost. Detta innebär att ingen grundvattenströmning sker i åsens längdriktning inom detta parti. Nivåskillnaden mellan Runn och Tisken uppgår till några decimeter, vilket märks genom en högre grundvattennivå i åsen vid Slussen. I åspartiet längs Åsgatan i centrala Falun förekommer en gradient i åsens längdriktning mot sydost.

Ett visst grundvattentillskott till åsen sker från moränsluttningarna i nordost. Nederbördsområdet uppgår till ca 15 km² varav en stor del är tätbebyggt område med hårdgjorda ytor och andra ingrepp som stör den naturliga vattenbalansen.

3.2 Nivåvariationer i Runn

Runn är reglerad, varför nivåfluktuationerna under större delen av året är relativt små (+106,9 --+107,1). Under senvintern tappas regleringsmagasinet i avvaktan på vårfloden. Undre dämningens gräns är +105,4 men vid extrema tillfällen kan nivån sjunka ner mot +105,1.

4. KORTTIDSPUMPNING

4.1 Uttagsbrunn

Uttagsbrunnen är en formationsfilterbrunn med ett djup av 8,6 m. Silröret består av ett $\varnothing 160$ mm Johnsonfilter med kontinuerlig slits. Silrörets längd är 4,0 m och slitsbredden 1,5 mm.

4.2 Utförande

För att klargöra grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper utfördes en korttidspumpning i Br 1 från den 26 augusti kl 12.00 till den 11 oktober 1983 kl 09.15. Den uttagna vattenmängden uppgick till 0,0235 m³/sek. Vattnet avleddes till Runn. Efter pumpstopp mättes magasinets återhämtning fram till den 2 november 1983.

Då grundvattennivåerna inom åsmagasinet styrs av nivån i Runn, har de under avsänkings- respektive återhämtningsförloppet uppmätta grundvattennivåerna korri-gerats med hänsyn till Runns fluktuationer under mätperioden.

Under korttidspumpningen mättes grundvattennivån i ett antal rörborrningar samt brunnar inom åsmagasinet enligt figur 2.2.

En sammanställning över data för använda observationsrör och uppmätta avsänkningar redovisas i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Data för observationspunkter, avsänkningar.

Obspunkt	Nivå markyta (m ö h)	Avstånd från ut- tagsbrunn (m)	Uppmätt av- sänkning före pump- stopp (m)
Br1	108,3	0	2,15
8202	108,8	700	0,15
8203	108,4	183	0,13
8204	109,6	455	0,30
8301	108,3	103	1,33
8302	107,6	79	1,30
8303	107,8	80	1,33
8304	108,5	60	1,30
8305	108,0	450	0,28
8306	108,4	800	0,12
8307	108,1	2	1,55
8307P	107,9	2	1,59
8308	107,4	29	1,40
8309	107,7	109	1,02
8310	107,6	107	1,06
Strand- vägen 15	110	1500	-
Strand vägen 19	110	1400	-

4.3 Utvärdering av grundvattenmagasinets hydrauliska parametrar.

Vid utvärderingen har åsen betraktats som ett en-dimensionellt system (kanal) med läckage. Transmissiviteten, T , och magasinskoefficienten, S , samt läckagekoefficienten, p'/m' , har utvärderats med hänsyn till avsänkningsfunktionen för ett sådant system (kanalmodell).

Då kanalens bredd, B , är okänd kan endast transmissiviteten multiplicerad med bredden, TB = åsens hydrauliska kapacitet, och magasinskoefficienten multiplicerad med bredden, SB = åsens magasinskapacitet, beräknas. På samma sätt fås läckagekoefficienten multiplicerad med bredden, BP'/m' .

Resultatet av utvärderingen finns sammanställt i tabell 4.2.

Tabell 4.2 Hydrauliska parametrar

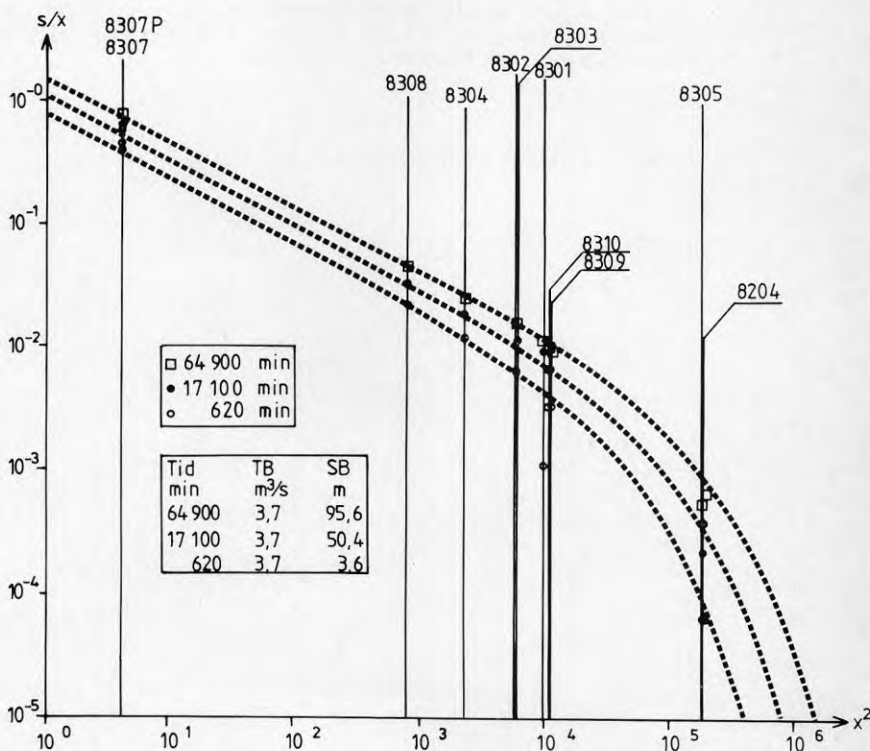
Obs punkt	Avstånd från uttagsbrunnen	Hydraulisk kapacitet r (m)	Magasinskapacitet (m ³ /s)	Läckagekoefficient BP'/m' (m/s) $\times 10^{-5}$	Transmissivitet T (m ² /s)	Magasinskoefficient S (-)
Br 1	0				0,05	0,05
8202	700	2,9	3,9	3,7		
8204	455	3,9	4,9	4,3		
8301	103	2,6	10,8	2,2		
8302	79	4,1	2,6	2,6		
8303	80	4,5	2,1	2,8		
8304	50	9,2	1,6	2,4		
8305	450	(13,0)	(24,6)	(11,0)		
8306	800	3,7	4,1	5,2		
8307	2				0,057	0,19
8307P	2					
8308	29	4,8	2,7	3,7	0,069	0,02
8309	109	4,7	3,6	3,1	0,051	0,02
8310	107	4,1	4,1	3,2		
Avstånd - avsänkning (kanalmodell)						
	620 min	3,7	3,6			
	17100 min	3,7	50,4			
	64900 min	3,7	95,6			
Stationärt tillstånd (kanalmodell)						
		3,0		1,9		
Avstånd - avsänkning (Jacob)					0,05	

Som framgår av tabell 4.2 är spridningen i tolkningsresultatet av de hydrauliska parametrarna liten. Grundvattenmagasinet kan därför betraktas som homogent.

Transmissiviteten har utvärderats explicit för de inledande skeendena vid avsänkning i uttagsbrunnen samt i ett antal observationsrör. Den ungefärliga kanalbredden kan därmed beräknas som $TB/T = B = 60-90$ m.

Läckagekoefficienten är hög vilket visar att åsmagasinet har god hydraulisk kontakt med den angränsande sjön.

Vid avstånd-avsänkingsanalysen fås en med tiden ökande magasinskapacitet. Denna effekt är skenbar och beror på inläckage till åsen. Se figur 4.1.



Figur 4.1 Avstånd - avsänkingsanalys för kanalmodell

Som modellparametrar för åsmagasinet har valts $TB = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$, $SB = 3,5 \text{ m}$ samt $BP'/m' = 2 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{sek}$. Den valda hydrauliska kapaciteten motsvarar en hydraulisk åsbredd av ca 70 m, vilket överensstämmer väl med borrningsresultaten.

Vid kontrollräkning fås god överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta avsänkningar.

4.4 Vattenkvalitet

Grundvattnets kvalitet är av avgörande betydelse för materialval i ingående komponenter samt för igen-sättningsrisk i infiltrationsbrunnar. Analysresultaten i tabell 4.3 avser prov taget ur Br 1 vid provpumpningens inledning (1983-08-26) respektive vid provpumpningens avslutande (1983-10-11).

Tabell 4.3 Vattenanalyser Br 1.

		Br 1 830826	Br 1 831011
Färg/med syra	mg/l Pt	10/10	60/10
Grumlighet/med syra	FTU	9.5/0.50	6.5/0.60
Lukt, styrka		svag	ingen
Lukt, art		-	-
Bottensats	täml stor		liten
pH		6.6	7.1
Konduktivitet	mS/m	33	25
Permanganattal	mg/l	10	10
Ammonium	"	0.13	0.27
Nitrit	"	<0.01	0.03
Nitrat	"	<0.10	<0.10
Fosfat	"	0.08	0.09
Järn, tot	"	4.3	2.3
Mangan	"	0.23	0.19
Sulfat	"	49	33
Bikarbonat	"	86	74
Klorid	"	30	13
Fluorid	"	0.90	0.90
Kalcium	"	34	26
Magnesium	"	9.4	6.8
Totalhårdhet/dH	°dH	7.0	5.2
Kolsyra, marmoragg/best	mg/l	35	16
Kiselsyra	"	14	11
Kalium	"	4.6	3.3
Natrium	"	16	10

En beräkning av Ryznar Stability Index (RSI) ger värdet 9,9 resp 9,8, vilket anger att vattnet är korrosivt och att följaktligen rostfritt stål bör användas i ingående komponenter.

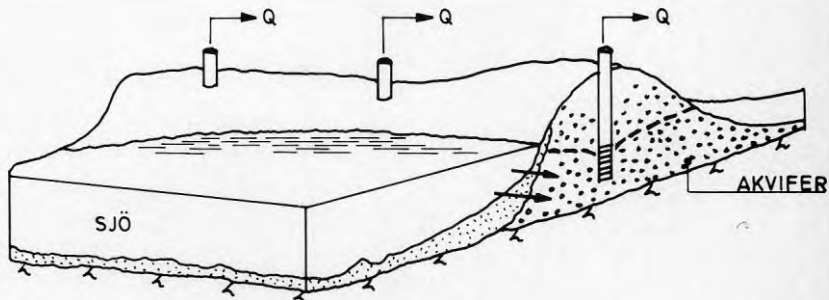
Hög järnhalt samt relativt hög manganhalt gör att viss risk för igensättning i infiltrationsbrunnar kan förekomma. Ett helt oluftat system och växelvis användning av brunnarna för uttag och infiltration kan motverka detta. Risk finns för igensättning även i grundvattenkretsen till och med värmeväxlaren.

5 SYSTEMUTFORMNING

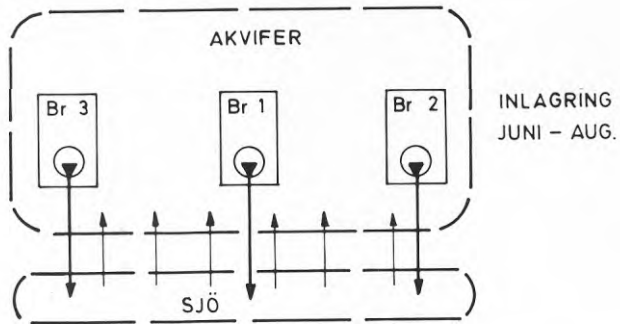
För Hälsinggårdsskolans energiförsörjning kan värmepump och grundvatten från Faluåsen användas. För att möjliggöra ett grundvattenuttag vintertid samt en termisk uppladdning av grundvattenmagasinet sommartid, har 3 st brunnar anlagts. Brunnarnas c/c-avstånd är ca 500 m.

5.1 Inlagringsskede

Genom ett stort grundvattenuttag, ca 3 x 20 l/s, sänks grundvattennivån i åsmagasinet. På grund av den tryckskillnad som uppstår mot den angränsande sjön induceras ett läckage av sommarvarmt sjövattnet, se fig 5.1 och 5.2. Inläckaget är direkt proportionellt mot avsänkningen i åsen och är vid stationära förhållanden lika stort som uttaget, d v s 60 l/s.

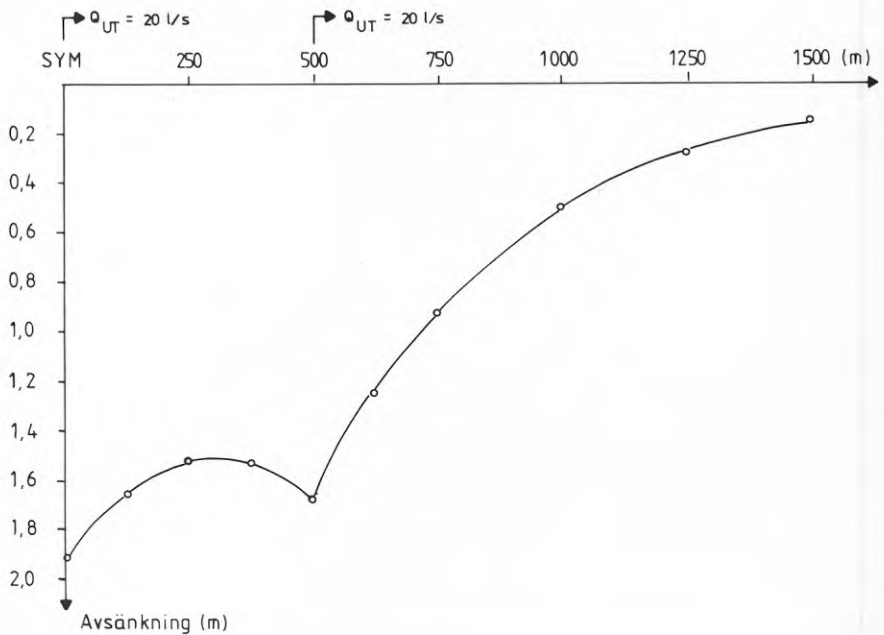


Figur 5.1 Värmelagring genom inducerad infiltration.



Figur 5.2 Systemskiss inlagring.

I figur 5.3 visas den beräknade avsänkningen, vid stationära förhållanden, i ett snitt i åsens längsled.

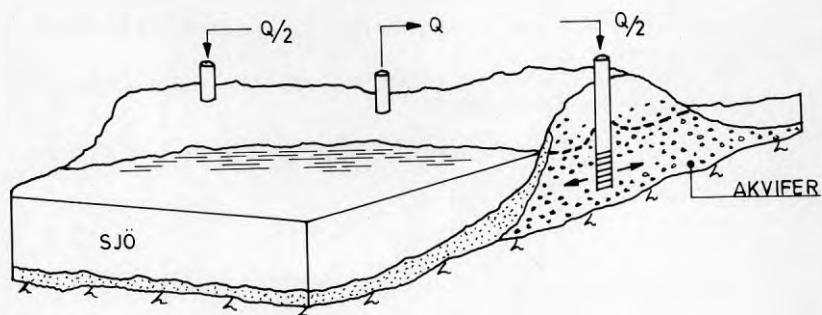


Figur 5.3 Beräknad avsänkning under inlagringsperiod.

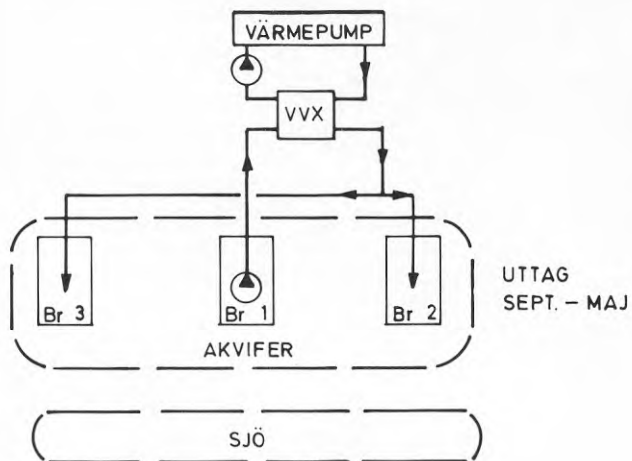
Den största avsänkningen, knappt 2 m, fås vid den mellersta brunnen. På ett avstånd av 1000 m från centrumbrunnen beräknas avsänkningen till ca 0,5 m.

5.2 Uttagsskede

Under uttagsperioden uttas ca 18 l/s ur den mellersta brunnen. Efter avkylning i värmväxlare återförs vattnet till åsmagasinet via de yttre brunnarna, se figur 5.4 resp 5.5.

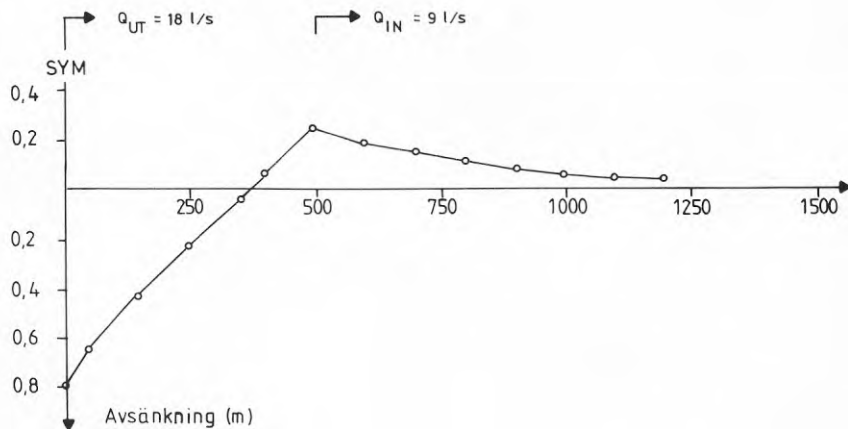


Figur 5.4 Värmeuttag ur akviferen vintertid.



Figur 5.5 Systemskiss uttag.

I figur 5.6 visas den beräknade störningen av åsens grundvattenytta vid ett uttag av 18 l/s ur centrumbrunnen samt en återinjektering av 9 l/s i vardera av de perifera brunnarna.



Figur 5.6 Avsänkning av grundvattenytan under uttagsperiod. Stationärt tillstånd.

Inläckaget av vinterkallt sjövattnen reduceras till ca 5,5 l/s på grund av återföringen i de perifera brunnarna.

Då Runns vattenyta sänks under senvintern minskar läckagekoefficienten, vilket ytterligare minskar inläckaget.

Från återföringsbrunnarna rör sig en kallfront mot uttagsbrunnen. Hastigheten varmed denna kallfront rör sig, den termiska transporthastigheten, är avgörande för valet av avstånd mellan brunnarna.

6 TERMISKA BERÄKNINGAR

6.1 Termisk transporthastighet

Uttrycket för termisk transporthastighet kan skrivas som i ekv. 1.

$$(1) \quad V_T = \frac{C_W}{C_A} \cdot q_W = \frac{C_W}{C_A} \cdot \frac{T}{H} \cdot i$$

där C_W = värmekapacitet för vatten ($J/m^3 K$)
 C_A = värmekapacitet för akvifer ($J/m^3 K$)
 q_W = hydraulisk bruttohastighet (m/s)
 T = transmissivitet (m^2/s)
 H = akvifermäktighet (m)
 i = hydraulisk gradient (-)

Under uttagsperioden utbildas en gradient mellan uttagsbrunnen och återföringsbrunnarna. Då uttaget är 18 l/sek blir gradienten $2,1 \times 10^{-3}$.

För $C_W = 4,18 \times 10^6 J/m^3 K$, $C_A = 2,2 \times 10^6 J/m^3 K$, $T = 0,05 m^2/s$ och $H = 7 m$ kan den termiska transporthastigheten beräknas till 2,4 m/dygn eller ca 650 m/270 dygn.

Med beaktande av att det först återinjekterade vattnet har en relativt hög temperatur bör brunnarna kunna läggas på kortare avstånd än 650 m. Ett kortare avstånd mellan brunnarna innebär dessutom att inläckaget minskar. Ett c/c-avstånd av ca 500 m mellan brunnarna har bedömts vara lämpligt.

6.2 Inlagring

Vid beräkning av en inlagringscykel har följande antaganden och förenklingar gjorts:

- * stationära hydrauliska förhållanden råder.
- * det inducerade läckaget uppgår till $3,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ per breddmeter inom åspartiet mellan brunnarna.
- * akviferen har starttemperaturen $+6^\circ \text{ C}$.
- * inläckande vatten har medeltemperaturen $+17^\circ \text{ C}$.
- * hela magasinet medverkar hydrauliskt och termiskt.
- * energiutbyte mellan akvifer och omgivning sker endast via inläckande resp uttagna vattenmängder.

För systemet akvifer-inläckande vatten kan en energibalans ställas upp, ekv. 2.

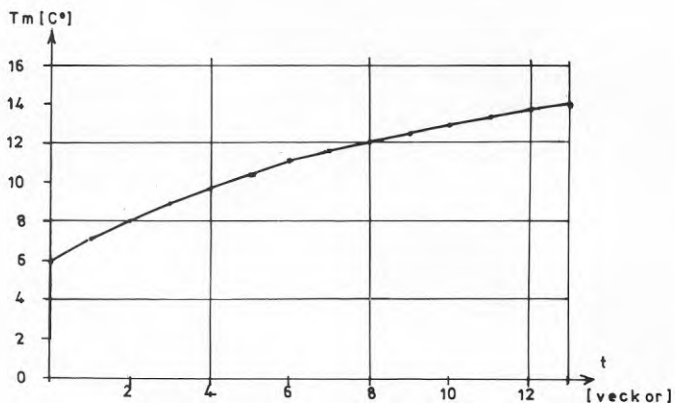
$$(2) \quad V_W \times C_W \times \Delta T' = V_A \times C_A \times \Delta T''$$

där V_W = volym inläckande vatten

V_A = akviferens volym

$\Delta T'$ $\Delta T''$ = temperaturändringar

Via en stegvis beräkning fås temperaturutvecklingen i akviferen enligt figur 6.1.



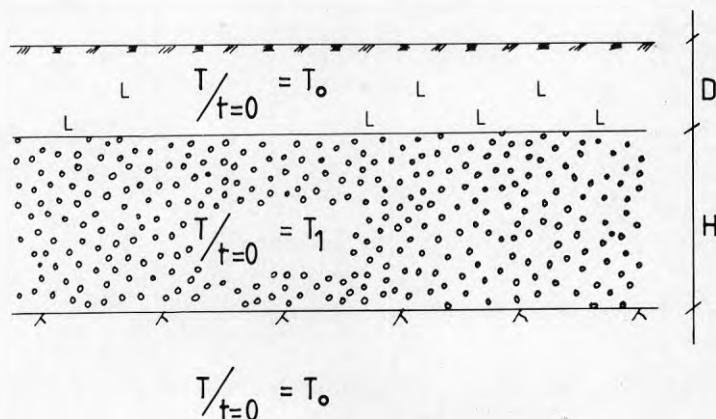
Figur 6.1 Beräknad temperatur i akvifer under inlagring.

Temperaturen vid inlagringscykelns slut efter 13 veckor blir ca $+14^\circ \text{ C}$.

6.3 Avklingningsförlopp

Den termiska beräkningen har utförts enligt teorier beskrivna i referens 1.

Eftersom åsens sidoytor är små i relation till över- och underytorna har ett fall med endimensionell temperaturavklingning enligt figur 6.2 studerats.



Figur 6.2 Beräkningsmodell, endimensionell temperaturavklingning.

Vid lagringsperiodens början har lagret temperaturen T_1 . Ler- och siltskiktet liksom undergrunden har då ingen övertemperatur, d v s $T/t=0 = T_0$. Enligt referens 1 kan medeltemperaturen i lagret beskrivas genom ekv. 1.

$$(1) T_m(t) = T_0 + (T_1 - T_0) \times \text{fm} \left(\frac{D}{H} \times \frac{4at}{H^2} \right)$$

där t = tid (s)

D = täckskiktets tjocklek (m)

H = lagrets mäktighet (m)

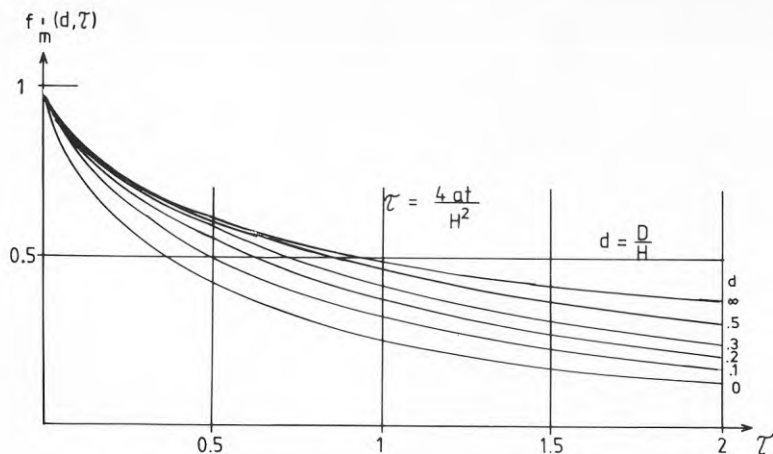
a = värmediffusivitet = $\frac{\lambda}{c}$ (m^2/s)

T_1 = lagrets begynnelsestemperatur

T_0 = ostörd temperatur

Om $d = \frac{D}{H}$ och dimensionslösa tiden $\tau = \frac{4at}{H^2}$

löses ekvation 1 ur figur 6.3.

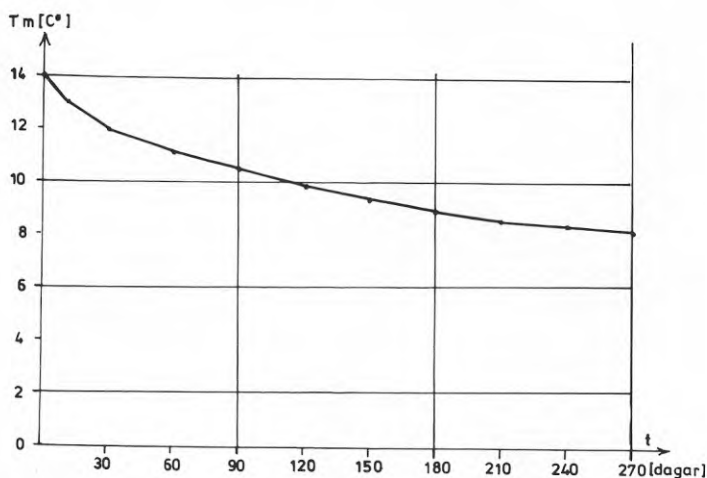


Figur 6.3 $f_m(d, \tau)$ enligt referens 1.

6.4 Beräkning av temperaturavklingning med antagna ingångsdata

$$\begin{aligned}
 D &= 2 \text{ m} \\
 H &= 7 \text{ m} \\
 \lambda &= 1,5 \text{ W/m}^\circ \text{K} \\
 C &= 1,7 \cdot 10^6 \text{ Ws/m}^3 \circ \text{K} \\
 T_1 &= +14^\circ \text{C} \\
 T_0 &= +6^\circ \text{C}
 \end{aligned}$$

Ingångsdata enligt ovan ger lagrets medeltemperatur som den visas i figur 6.4.



Figur 6.4 Medeltemperatur i åsmagasinet.

7 GRUNDVATTENTEMPERATURER VID KORTTIDSPUMPNING

I samband med den utförda korttidspumpningen mättes grundvattentemperaturen i uttagsbrunn och observationsrör. Temperaturnivåerna för Runn samt ett urval observationsrör finns redovisade i bilaga 3.

Då mätperioden sammanfaller med höstens nedkylning av Runn är det svårt att dra några slutsatser av grundvattenmagasinets termiska uppförande. En tydlig temperaturhöjning kan dock noteras i flertalet observationsrör. Mest markant är temperaturpåverkan i Rb 8308 som är beläget mellan uttagsbrunnen och Runn.

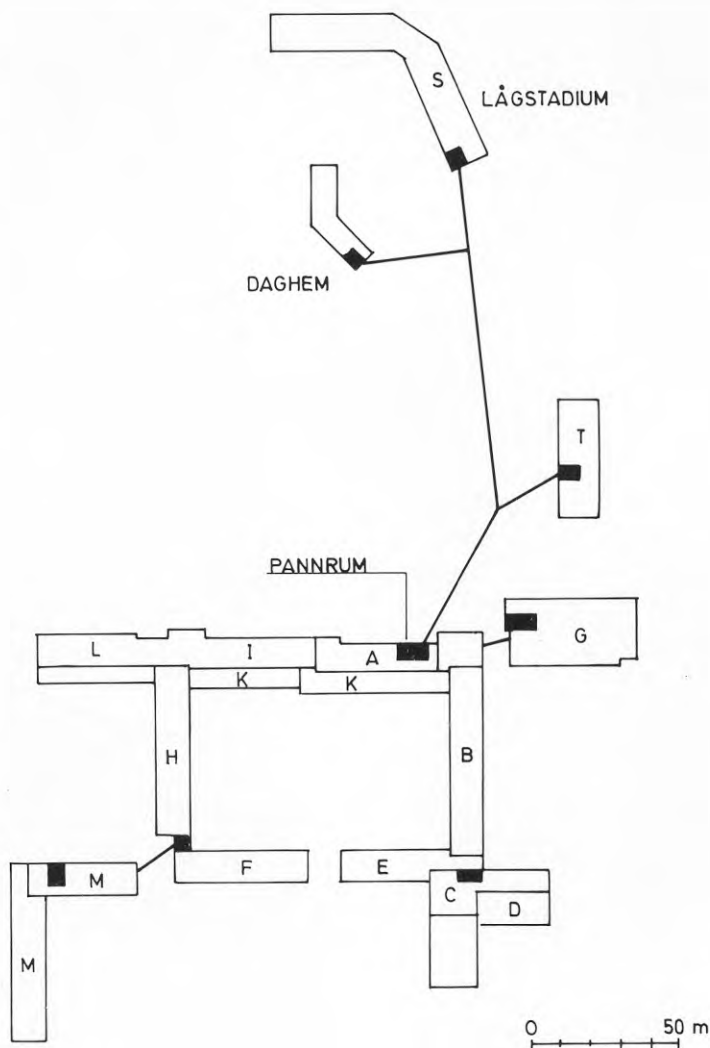
Efter att provpumpningen avbrutits ligger temperaturerna kvar på ungefär konstant nivå under några veckor. I vissa fall ökar temperaturen något, vilket tyder på att en temperaturutjämning äger rum i magasinet.

8 HÄLSINGGÅRDSSKOLANS ENERGIFÖRSÖRJNING

8.1 Tidigare värmesystem

Skolan uppvärmdes före ombyggnaden av två oljeeldade varmvattenpannor, om ca 1600 kW resp 700 kW effekt. Värmesystemet är ett normalt 80°/60° system, där värmevattnet distribueras via rörsystemet till ett antal undercentraler i olika byggnader, se figur 8.1.

Värmegruppernas inkoppling i värmesystemet var mycket varierad, till stor del beroende på de utbyggnader som har skett under årens lopp. Variationen var mest markerad vad beträffar ventilationsaggregatens inkoppling, där ett antal av dem är inkopplade direkt i primärsystemet, medan andra är inkopplade med shuntgrupper.

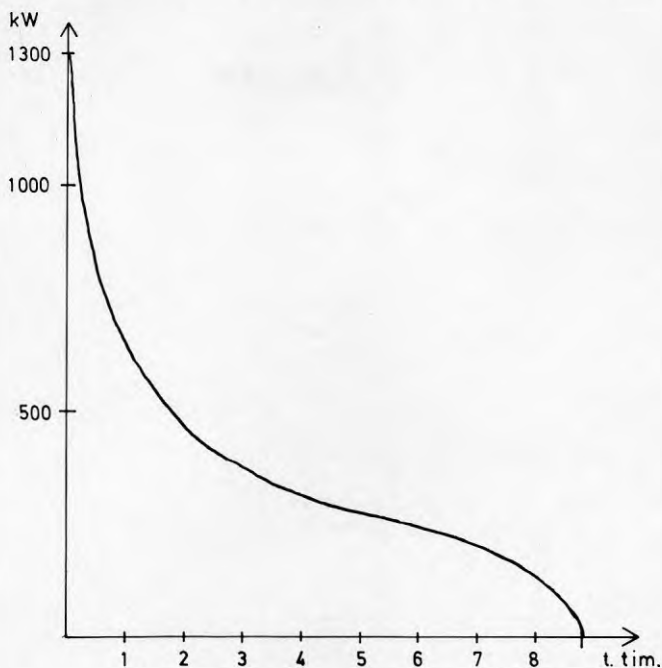


Figur 8.1 Hälsingårdsskolan

8.2 Energi- och effektbehov

Hittillsvarande oljeförbrukning har varit ca 320 m^3 Eol/år. Med en pannverkningsgrad på ca 0,8 uppgår energibehovet således till ca 2500 MWh/år.

Maximalt effektbehov är beräknat till ca 1300 kW.



Figur 8.2 Varaktighetsdiagram för värmesystemet.

8.3 Värmepumpsstorlek

En lämplig värmepumpsstorlek har bedömts vara 450 -500 kW avgiven värmeeffekt. En sådan värmepump kan ersätta ca 1850 MWh av skolans årsenergibehov, som annars skulle produceras av oljepannorna.

Värmepumpen skall normalt avge kondensorvärmén vid ca 60°C. Beroende på grundvattentemperatur beräknas värmefaktorn vara 2.7-3.1 under uttagsperioden. Vid 4°C uttag ur grundvattnet är erforderligt grundvattenflöde ca 18 l/s vid max belastning.

9. BYGGSKEDET

9.1 Grundvattenbrunnar

De för energilagret nödvändiga grundvattenbrunnarna har uppförts under augusti 1983 (Br 1) samt under augusti 1984 (Br 2 och Br 3). Br 2 och Br 3 är placerade på vardera sidan om Br 1, med avstånden 500 m respektive 550 m.

Brunnarna är utförda medelst ODEX-borrning. De kontinuerligt slitsade silrören är placerade i botten av respektive brunn. Brunnarna är sk formationsfilterbrunnar, vilket innebär att grusfilter runt silrören utvecklats genom rensumpning av det omgivande jordmaterialet.

Brunnsdimensioner ges i tabell 9.1 samt bilaga 4-6.

Tabell 9.1 Brunnsdimensioner

Brunn	Djup u.m.y. (m)	Silrör Ø mm	Silrör längd (m)	Slits- vidd (mm)
Br 1	8,6	160	4,0	1,5
Br 2	10,2	140	4,0	3,7
Br 3	14,1	168	4,0	1,5

De hydrauliska egenskaperna för Br 1 har analyserats i samband med korttidspumpningen av grundvattenmagasinet hösten 1983. Återhämningsförloppet redovisas i halvlogaritmisk avbildning i bilaga 7.

Br 2 och Br 3 har utvärderats genom kortare pumpningar under augusti 1984. Avsänkingsförloppen redovisas i halvlogaritmisk avbildning i bilaga 8 resp 9.

Resultaten redovisas i tabell 9.2.

Tabell 9.2. Grundvattenbrunnarnas hydrauliska egenskaper samt pumpflöde vid test.

Brunn	Transmis- sivitet (m^2/s)	Magasins- koefficient S (-)	Skinfaktor ξ (-)	Flöde Q (m^3/s)
Br 1	0.05	0.05	+5	0.0235
Br 2	0.08	0.10	+3	0.0195
Br 3	0.09	0.07	+3	0.0295

Skinfaktorn, ξ , är ett dimensionslöst mått på inströmningsmotståndet i en brunn. De utvärderade skinfaktorerna för Br 1, Br 2 och Br 3 torde främst bero av brunnarnas geometri.

9.2 Grundvattenpumpar

I uttagsbrunnen, Br 1, har installerats en torrt uppställd centrifugalpump av fabrikat Vogel typ 52 LF 20E 1502.

Pumpen har kapaciteten ca $65 \text{ m}^3/\text{h}$ vid en uppfordringshöjd av 47 m och ca $110 \text{ m}^3/\text{h}$ vid 18 m.

I periferibrunnarna, Br 2 och Br 3, svarar undervattentempumpar av fabrikat Garvens typ SG 6-58/1 för uppfordring av grundvatten. Pumparna har en kapacitet av ca $72 \text{ m}^3/\text{h}$ vid 5 m uppfordringshöjd.

9.3 Brunnsöverbyggnader

Brunn 2 och brunn 3 har försetts med prefabricerade överbyggnader av glasfiberarmerad plast. Överbyggnaderna är nedsänkta under mark och har en diameter av 1,6 m.

Den förtillverkade överbyggnaden till brunn 1 är av fabrikat Wåge med yttermått 2,4 x 2,4 m. Överbyggnaden är monterad på platta på mark.

9.4 Yttre ledningssystem

Ledningarna mellan Hälsinggårdsskolan och akviferlagret utgörs av två st markförlagda 160 x 7,7 PVC-ledningar, för till- respektive returvatten från värmepumpcentralen.

Markledningarna ansluter till akviferlagrets södra ände vid Br 2. Mellan Br2 och Br3 samt Br1 har använts sjöledningar. Ledningen från uttagsbrunnen Br1, utgörs av 180 x 16.4 PEH. För returvattnet till Br3 utnyttjas 125x11.4 PEH.

Från var och en av grundvattenbrunnarna går en 125x7.4 PEH utloppsledning till Runn. Dessa utloppsledningar används sommartid vid den forcerade pumpningen i inlagringsskedet.

9.5 Ändringar i befintligt värmesystem Principkoppling

Enligt kapitel 8.1 erfordrades en del ändringar i det befintliga uppvärmningssystemet. Särskilt kom detta att gälla ventilations- och tappvarmvattenanläggningar.

Ventilationsaggregat som tidigare var anslutna till primärsystemet utrustades med shuntgrupper och cirkulationspump. I undercentraler där små tappvarmvattenbehov föreligger installerades elberedare i serie med befintliga beredare. I gymnastikhallen installerades laddningskrets och ackumulatörer för tappvarmvattenberedning.

Eftersom vattenkvaliteten enligt kap 4.4 medför risk för utfällningar installerades en värmeväxlare. Värmen i grundvattnet överförs via värmeväxlaren till en mellankrets med spritlösning (20% Brineol) med fryspunkt på ca -10°C . Med denna mellankrets kunde förångarna väljas i standardutförande. För rengöring av värmeväxlaren på grundvattensidan installerades ett doseringskärl på 150 l samt en syrafast cirkulationspump.

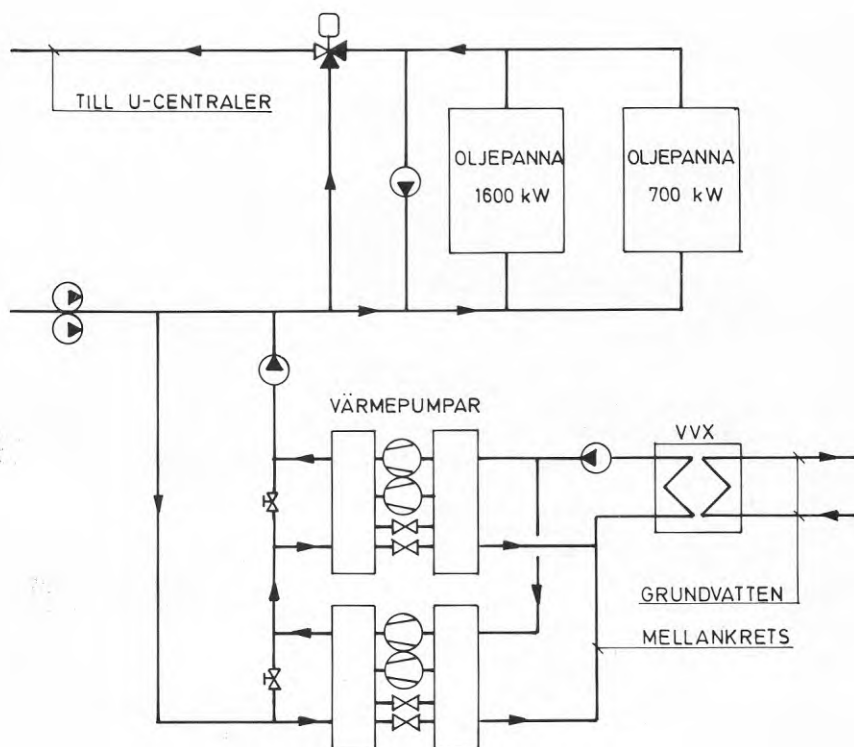


Fig 9.1 Principkoppling värmepumpar

9.6 Värmepumpen

Upphandling och beställning av värmepumparna gjordes av Falu kommun, som sedan överlät leveransen till rörentreprenören.

Värmepumparna levererades av Stal Refrigeration.

Tekniska data för värmepumparna:

Fabrikat/Typ	2 st STAL VMP-116
Köldmedium	R12
Temp utg värmebärare	+60°C
Temp utg köldbärare	+2°
Värmeeffekt	230 kW/st
Motoreffekt	77 kW/st
Värmefaktor	3,0
Kyleffekt	153 kW/st

Vardera värmepumpen utrustad med 2 st kompressorer.
Eldata per kompressor:

Anslutningseffekt	60 kW
Märkström	110 A
Startström	125 A

Vart och ett av aggregaten regleras i stegen
0-20-35-50-70-85-100%.

Värmepumpsaggregaten är parallellkopplade på förångarsidan och seriekopplade på kondensorsidan.

Värmepumpen klarar en maximal värmebärartemperatur på +65°C.

Aggregaten är uppställda på vibrationsisolerande gummidämpare och är anslutna med vibrationsisolerande gummidämpare till rörledningar för brinekrets och värmevatten.

9.7 Styrning av värmepump och oljepannor i sekvens

Värmepumparna är inkopplade till värmesystemets samlade returledning. Vid låga utetemperaturer klarar de ej ensamma att täcka värmebehovet. Härvid tillåts oljepannorna starta. Hetvatten från oljepannorna shuntas till framledningen så att önskad primär framledningstemperatur i förhållande till utetemperatur erhålls.

Automatik för styrning av framledningstemperatur, uppstart av oljepannor i sekvens med värmepumparna m m levererades i reglerskåp för värmepumpar.

9.8 Manöver av grundvattenpumpar

Start och stopp av av de tre grundvattenpumparna sker manuellt. P2 och P3 startar automatiskt vid för hög vattennivå i brunnarna.

Någon reglering av grundvattenflödet med avseende på faktiskt behov eller returtemperatur finns inte. Det kontinuerliga flödet medför att värmemagasinet ej utnyttjas optimalt. Resultatet från utvärderingen får visa om flödet bör strypas vid låg belastning.

10. ERFARENHETER FRÅN BYGG- OCH IDRIFTTAGNINGSSKEDET

Grundvattnet i Faluåsen har höga halter av järn och mangan. Med tanke på risk för utfällningar av järn- och/eller manganoxider installerades en värmeväxlare och mellankrets vid värmepumpen. Igensättning p g a utfällningar i värmeväxlaren uppträdde redan efter ca 1 månads drift i sådan omfattning att renspolning med oxalsyra erfordrades. Möjligen kan de omfattande utfällningarna vid uppstarten delvis förklaras av att syresättning skedde vid fyllningen av grundvattensystemet. En instruktion för hur sådan renspolning skall utföras kommer att utföras.

Eftersom grundvattenmagasinet har god hydraulisk kontakt med Runn följer nivåerna i brunnar variationerna av sjöns vattennivå. Under april månad är nivån vid uttagsbrunnen så låg att virvelbildning, och därmed luftinsug, inte kan undvikas för en dränkbar pump i brunnsröret. Av denna anledning har en torrt uppställd pump installerats. Sugledningen från pumpen avslutas på betryggande nivå under lägsta vattennivå.

Störande buller uppträdde i lärarrum belägna ovanför värmepumpsrum i samband med idrifttagningen av värmepumpanläggningen. Vibrationsmätningar visade att det är vibrationer i golv som orsakade bullret. Dessa vibrationer uppträder p g a att ljud- och vibrationsisolerande gummibälgar för pannvattenanslutningar till värmepumparna är för korta, samt att pannvattenledningarna är stumt nedpendlade från tak i värmepumpsrummet. Lämpliga åtgärder för att eliminera överföringen av vibrationer kommer att vidtagas.

En av de fyra kompressorerna hade under de första veckornas drift ett flertal ofrivilliga stopp pga hög oljetemperatur. Vissa kostnadshöjningar inträffade. Bl a måste sträckningen för grundvattenledningen ändras. Dessutom blev tryckning genom SJs banvall dyrare. I Hälsinggårdsskolan utgjordes den gamla värmeisoleringen av asbest vilket vållade stora fördyringar.

11. EKONOMI

11.1 Investeringar

En komplettering av befintligt värmesystem i Hälsinggårdsskolan har skett med ett värmepumpsystem med grundvatten enligt ovan angiven princip som värmekälla.

Värmepumpar	700 000 kr
VVS	780 000 kr
Yttre va	1 040 000 kr
El	400 000 kr
Brunnar	100 000 kr
Projektering	450 000 kr
Kontroll och besiktning	<u>130 000 kr</u>
Summa	3 600 000 kr
Moms är inkluderat	

11.2 Driftkostnader

Oljeförbrukningen har tidigare varit 320 m³ Eol per år. Med antagen årsverkningsgrad 0.80 för oljepannorna kan värmebalansen för skolan med resp utan värmepump beräknas till:

	Tidigare System	Nytt system
Grundvatten	-	1 200 MWh
El till värmepumpar	-	650 MWh
El till vattenpumpar	-	120 MWh
Olja	<u>2 500 MWh</u>	<u>650 MWh</u>
Summa	2 500 MWh	2 620 MWh

Driftkostnaderna med ett oljepris på 2.700 kr/m³ och ett elpris av 333 kr/MWh blir:

	Befintligt system	Nytt system
El	-	256 000 kr
Olja	864 000 kr	<u>219 000 kr</u>
Summa	864 000 kr	475 000 kr

Det har förutsatts att personalkostnaderna är desamma i båda fallen.

11.3 Lönsamhet

Driftkostnadsbesparingar beräknats till
864 000 - 475 000 = 389 000 kr/år

Med totala investeringen 3.600 kkr blir pay off-tiden
ca $3.600/389 = 9.3$ år.

12. UTVÄRDERING

12.1 Allmänt

BFR har önskat att detta projekt skulle bli utvärderat på ett ingående sätt eftersom det är det första med värmelagring genom inducerad infiltration i Sverige. BFR projektnummer är 841229-6. Slutrapport skall vara insänd senast 1986-09-30.

Projektet följs av BFRs referensgrupp för teknikområdet akviferlager.

Driftuppföljningens viktigaste del blir utvärdering av värmelagrets termiska och hydrauliska funktion. Värmepumpsystemet och dess samfunktion med befintlig värmeanläggning utgör den andra delen i utvärderingen.

12.2 Målsättningar för driftsuppföljningen

Följande problemområden kommer att studeras.

Inducerad infiltration i akviferen

Temperaturförlopp för in- respektive urladdning. Kall- och varmfronter. Förluster. Den hydrauliska och termiska funktionens överensstämmelse med ingångsmodellen. Energibalans för årscykel. Verkningsgrad.

Vattenkvalitet

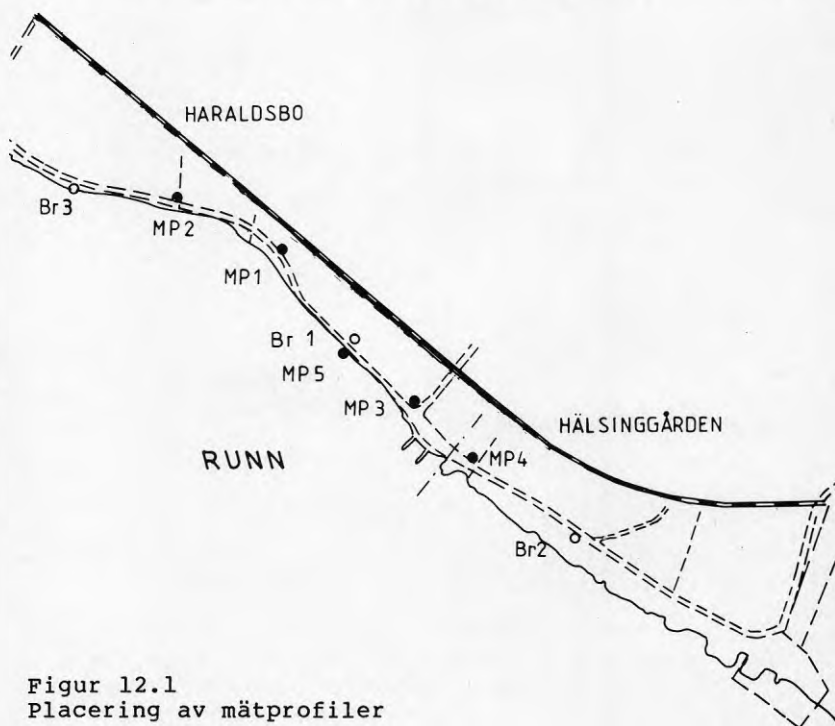
Grundvattnets kvalitet och dess förändringar i tiden. Kapacitetsförändringar. Igensättningstendenser i återföringsbrunnar. Korrosion hos anläggningsdelar. Enstaka referensanalyser tas på sjövattnet i Runn.

Övriga system

Värmepumpars funktion såsom t ex årsvärmefaktor, tillgänglighet och ljudnivå. Samkörning med oljepannorna. Minskning i oljebehov. Minskning i inköpt energi uttryckt i både MWh och kronor. Jämförelse mellan energikostnader perioden före respektive efter idrifttagningen av det nya systemet. Studium av konsekvenser med en lägre temperaturnivå i det nya systemet. Studium av drift- och underhållskostnader för tiden före och efter idrifttagningen av det nya systemet. Lönsamhetskalkyler.

12.3 Mätpunkter akvifer

Under februari 1985 har färdigställs 5 st mätprofiler för mätning av temperaturnivåer inom akviferen. Mätprofilernas läge framgår av fig 12.1.



Figur 12.1
Placering av mätprofiler

Varje mätprofil utgörs av 4 st termistorer, fördelade över grundvattenmagasinets mäktighet. Förutom temperaturgivarna har även ett observationsrör av PVC-plast monterats i var och en av mätprofilerna.

Vid utförandet av mätprofilerna har förborrning skett med ODEX-utrustning.

Efter montering av termistorer och observationsrör har foderrören lyfts så att termistorerna frilagts. Figur 12.2 visar en principskiss av en mätprofil.

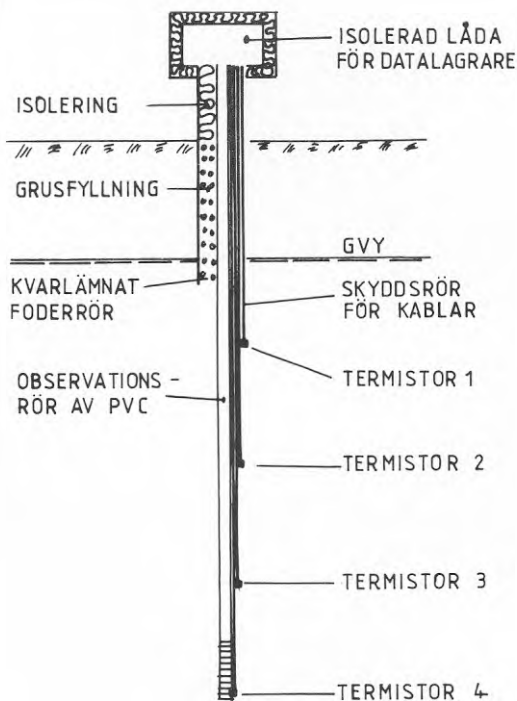


Fig 12.2 Principskiss av mätprofil

I bilaga 10 visas en längdsektion av åsmagasinet med inlagda mätprofiler och grundvattenbrunnar.

Under den isfria tiden av året inrättas en mätprofil i Runn. Temperaturgivarna placeras på 3 olika nivåer. Mätprofilen inrättas i anslutning till en brygga.

Vid grundvattenbrunnarna installeras flödesgivare samt termistorer för mätning av temperatur på uttaget respektive återfört vatten.

I grundvattenbrunnarna monteras dessutom tryckgivare för grundvattennivåmätning.

12.4 Mätprogram akvifer

I mätprofiler och grundvattenbrunnar sker registrering av mätvärden 16 gånger per dygn av datalagrare. Datalagrarna är fyrkanaliga och har 2 Kb minneskapacitet d v s tar 500 mätvärden per mätpunkt/kanal. Tömning av datalagrarna efordras således en gång per månad.

Tömningen sker med en portabel mikrodator varefter data överförs till en bordsdator för lagring och bearbetning.

Den kontinuerliga mätregistreringen med datalagrare kompletteras med manuella avläsningar och mätningar.

Grundvattentemperaturen mäts manuellt genom pumpning i 7 st observationsrör med en månads mellanrum.

Kontroll av grundvattennivåer sker var 14e dag i ett antal observationsrör, grundvattenbrunnarna samt i privata brunnar.

Avläsning av vattenmätare m m sker med två veckors intervall.

En förteckning över samtliga mätunkter samt mätintensitet ges i bilaga 11.

12.5 Mätpunkter och mätprogram för panncentral

I panncentralen avläses mätdata manuellt. Förteckning över mätpunkter och avläsningsintensitet framgår av bilaga 12.

12.6 Övriga uppgifter

Förutom de storheter som mäts enligt bilagorna 11 och 12 kommer ett antal andra data att insamlas. Här avses då följande:

Uteluftens max- och mintemperaturer varje dygn.

Nederbördsmängd regn respektive snö (mm vp) per dygn.

Snötäcke varje dygn.

(Dessa uppgifter tas från SMHIs väderstation i Falun).

Vattennivån i Runn tas från Dalälvens Regleringsföretag.

Driftsuppgifter såsom ändringar i koppling eller funktion.

Dessutom driftstörningar, klagomål (t ex för låga temperaturer) och liknande.

12.7 Redovisning

Uppnådda resultat kommer att redovisas bl a som grafiska kurvor.

12.8 Tidsschema

Första inlagringscykeln påbörjades 1984-08-16 och avslutades 1984-09-25.

Utvärderingsperioden sträcker sig från idrifttagningen (augusti 1984) till dess uppladdningen skall börja i juni 1986.

Fram till intrimningsperioden mars - april 1985 utfördes manuella avläsningar varannan vecka.

12.9 Körstrategier

Under utvärderingstiden kommer att bedömas de körstrategier som är lämpligast. Framförallt gäller det när tidpunkten för inlagring är inne respektive skall avbrytas. Likaså överväganden om mängden från uttagsbrunnen skall anpassas till värmebehovet.

12.10 Organisation

VIAK AB står för övervakning, mätvärdesinsamling, provtagning, driftkontroll och resultatredovisning. Personal på Hälsinggårdsskolan står för daglig drifttillsyn av värmepumpanläggningen och skrivning av enkel dagjournal.

REFERENSER

1. Claesson J., Efring B., Eskilson P., Hellström, G. 1984: Markvärme. En handbok om termiska analyser, Lunds Tekniska Högskola, Lund.
2. Gustafson G., 1978: Studies of the hydrogeology of subaqueous eskers. Publ. A26, Geologiska Institutionen, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
3. Sören Andersson m fl Heat storage in natural ground water basins. Stage II. NE2060-262. AIB 1980.
4. Hans Hydén. Värmelagring i grundvatten. NE 2060 591. VSS 1980.
5. Thore Abrahamsson. Solfångar- och värmepump-anläggning med grundvatten som värmeackumulator. R80:1979. Förstudie: vårdskola i Borås.
6. Sören Andersson m fl. Värmelagring i konstgjorda grundvattenmagasin. R78:1980. Förstudie.
7. Olof Andersson, Gunnar Gustafson. Värmelagring i djupa slutna grundvattenmagasin, R101:1980 Förstudie
8. Gustav Kunnos, Bo Leander, Ulf Troedsson, Skånska Akviferer. Möjligheter att lagra och utvinna energi. R106:1980.
9. Leif Lemmeke. Storskalig värmeförsörjning med värmepump. Principförslag med kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten som värmekälla. R126:1981.
10. Christer Gedda, Göran Ejdeling. Värmelagring i grundvattenmagasin. Fältförsök i kalkstensakvifer, Landskrona. R32:1982.
11. Olof Andersson, Ingvar Johansson, Jerker Perers. Utnyttjande av överskottsvärme i grundvatten vid konstgjord infiltration. R121:1982. Förstudie.
12. Hans Hydén m fl. Grundvatten som värmekälla och lager för fjärrvärmenät i Tranås. R133:1982. Förstudie.

Borrningarna är utförda med 40 mm rör. Rören är vid spetsen perforerade med \emptyset 8 mm hål. Borrningarna Rb 8301-8303 samt 8309-8310 är perforerade på en längd av 1,0 m. Borrningarna Rb 8201-8204 samt Rb 8304-8308 är perforerade på en längd av 1,5 m.

Borrning Rb 8307P är utförd med 50 mm rör med krysspets.

Bedömning av jordlager och vattengenomtränglighet har utförts i fält.

Höjder enligt RAK från fix 8210 i Falu kommuns höjdsystem.

Förkortningar

Rb = rörborrning	B = brunt jordmaterial
rök = röröverkant	G = grått "
my = markyta	
gvy = grundvattenyta 1983-08-26	

Djup i meter under markyta	Jordlager	Vattengenom- tränglighet/ färg på jord- material
-------------------------------	-----------	---

Rb_8201

0,0 - 2,0	ngt siltig sand
2,0 - 3,0	lera
3,0 -	stopp mot block eller berg

röret uppdraget

Rb_8202 rök +109,81, my +108,84, gvy +106,95

0,0 - 2,0	lera	
2,0 - 3,7	ngt siltig lera	ingen
3,7 - 6,0	grusig sand	god/B
6,0 - 8,0	ngt grusig finsand (morän)	liten/G
8,0 -	stopp mot block eller berg	

Rb_8203 rök +109,36, my +108,39, gvy +106,44

0,0 - 2,0	inget prov	
2,0 - 4,0	sandigt grus	liten/B
4,0 - 6,0	grusig sand	god/B
6,0 - 8,0	ngt grusig mellan-	
	sand	god/B
8,0 - 9,0	" " "	ingen/G
	(morän)	
9,0 -	stopp mot block	
	eller berg	

Rb_8204 rök +110,42, my +109,55, gvy +106,94

0,0 - 2,0	ngt sandig silt	
2,0 - 4,0	ngt grusig lerig silt	ingen
4,0 - 6,0	grusig mellansand	liten/B
6,0 - 8,0	" "	god/B
8,0 -	fortsatt borrning	
	möjlig	

Rb_8301 rök +109,37, my +108,30, gvy +106,94

0,0 - 3,0	lera	
3,0 - 4,0	siltigt sandigt grus	mi god/G
4,0 - 7,0	siltig grusig sand	" /G
7,0 - 8,0	sandigt grus	god/B
8,0 - 10,0	sandigt siltigt grus	mi god/G
10,0 -	stopp mot berg eller	
	block	

Rb_8302 rök +108,64, my +107,63, gvy +106,91

0,0 - 2,0	sandigt grus	god
2,0 - 4,4	sandigt grus	god
4,4 -	stopp mot berg eller	
	block	

mycket blockigt

Rb_8303 rök +108,82, my +107,82, gvy +106,92

0,0 - 5,0	sandigt grus	god
5,0 -	stopp mot berg eller	
	block	

mycket blockigt

Rb_8304 rök +109,30, my +108,52, gvy +106,91

0,0 - 2,0	inget material	
2,0 - 3,0	fingrus	
3,0 - 4,0	sandigt grus	god
4,0 - 5,2	finsandigt grus	god
5,2 -	stopp mot berg eller	
	block	

mycket blockigt

Rb_8305 rök +109,09, my +108,02, gvy +106,94
0,0 - 0,5 sand
0,5 - 4,0 lera
4,0 - 6,0 sandigt grus god/G
6,0 - 10,0 sandigt grus god/B
10,0 - stopp mot berg eller
block

Rb_8306 rök +109,54, my +108,44, gvy +106,95
0,0 - 2,0 finsandig grusig mellansand
2,0 - 4,0 " " " mi god
4,0 - 8,0 grusig sand god
Röret mycket krokigt från 6 m.

Rb_8307 rök +109,20, my +108,12, gvy +106,94
0,0 - 2,0 inget material
2,0 - 4,0 mellansandig grusig
grov sand god
4,0 - 6,0 grusig grovsand god
6,0 - 8,0 sandigt grus god
8,0 - Fortsatt borring
möjlig med stor svårighet
Blockigt
Röret krokigt från 5,40 m.

Rb_8307P rök +109,18, my +107,89, gvy +106,95
0,0 - 2,0 finsandigt grus
2,0 - 3,0 mellansandig grusig
grov sand
3,0 - 4,0 grovsandigt grus (stänger)
4,0 - 5,0 grusig grovsand
5,0 - 6,0 grovsand (stänger)
6,0 - 7,0 grusig grovsand
7,0 - 8,0 grovsandigt grus
8,0 - 8,5 " "
8,5 - stopp mot block e berg
Spetsen krökt 8 m under markytan.

Rb_8308 rök +108,56, my +107,41, gvy +106,95
0,0 - 2,0 sandigt grus
2,0 - 4,0 finsandigt grus god
4,0 - 5,0 sandigt grus god
5,0 - Fortsatt borring
möjlig med svårighet
Spetsen krokig.

Rb_8309

rök +108,6, my +107,72, gvy +106,91

0,0 - 1,9
1,9 -

sandigt grus god
stopp mot block

Snedborrat

Rb_8310

rök +108,47, my +107,65, gvy +106,92

0,0 - 4,0
4,0 -

sandigt grus god
stopp mot block eller
berg

Snedborrat



Sammanställning av siktanalyser

FALUÅSEN

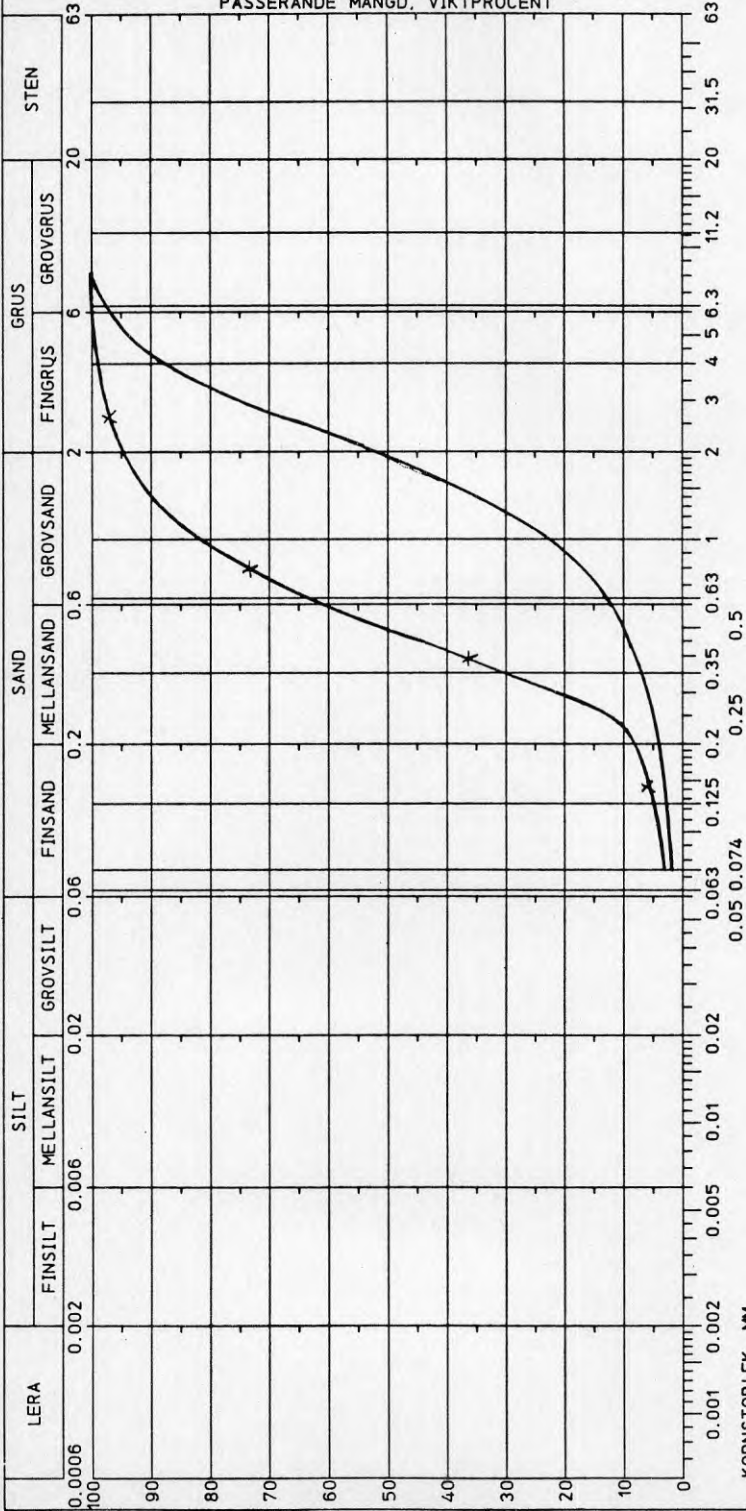
Uppdragsnr
5712.59 1335

Sid

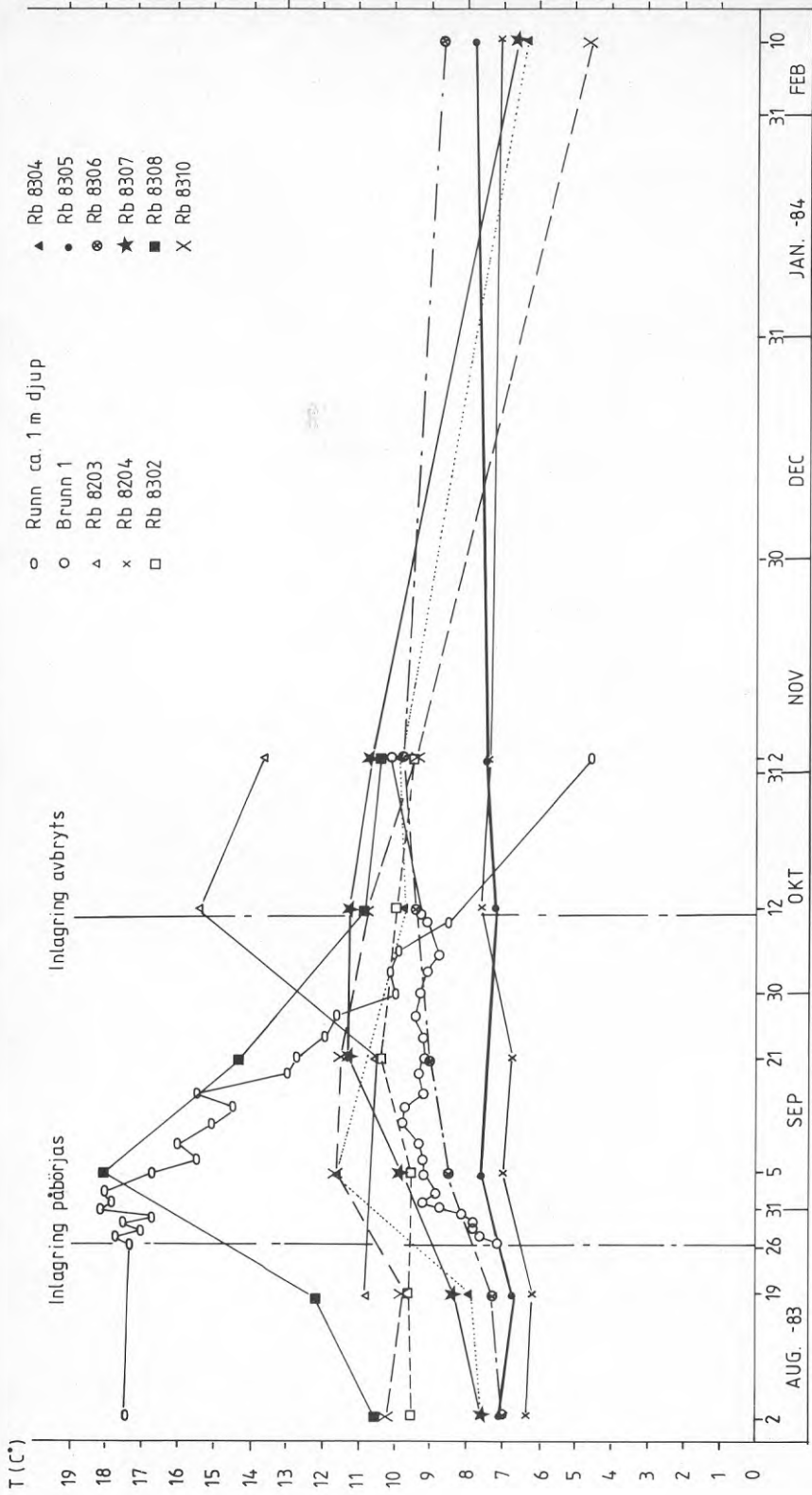
Datum
1982-04-14

Sign
G.T

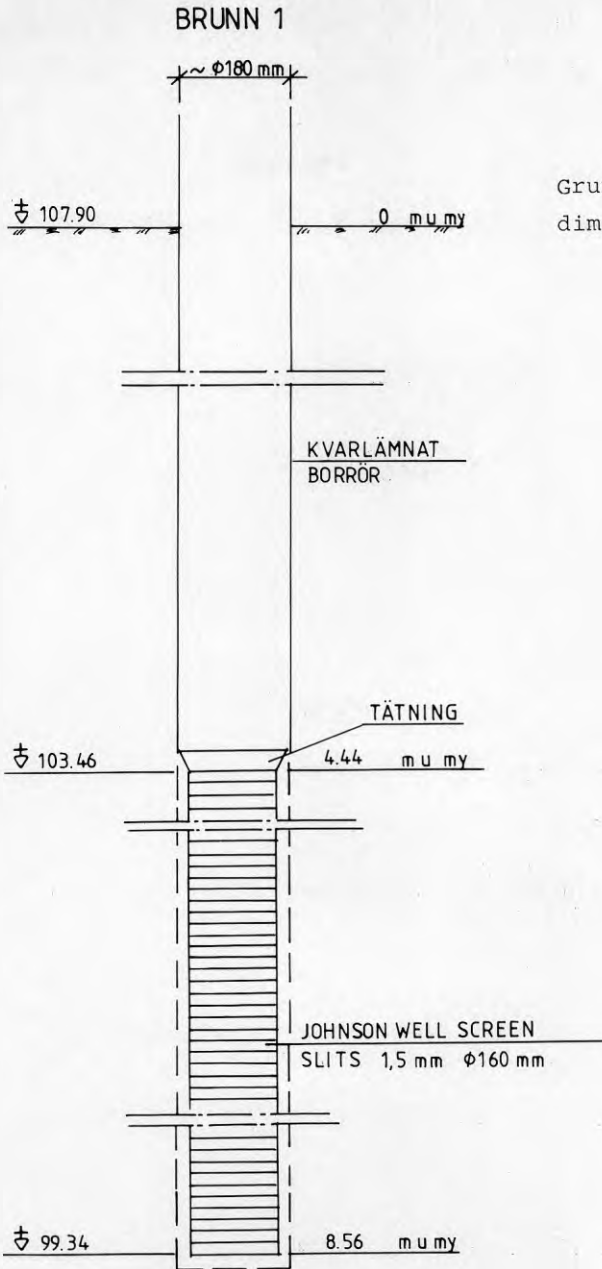
PASSERANDE MÄNGD, VIKTPROCENT



BORRHÅL	PROV. BET	DJUP	GÅLLER MELLAN	BENÄMNING	MAT. > 20mm	TJÄLF	D10	D60	D90	IL%	ANM.
8203	—	6,0	4,0 - 6,0 m	Grusig sand.	- %	I					
	—	8,0	6,0 - 8,0 m	Sand.	- %	I					
			—		%						

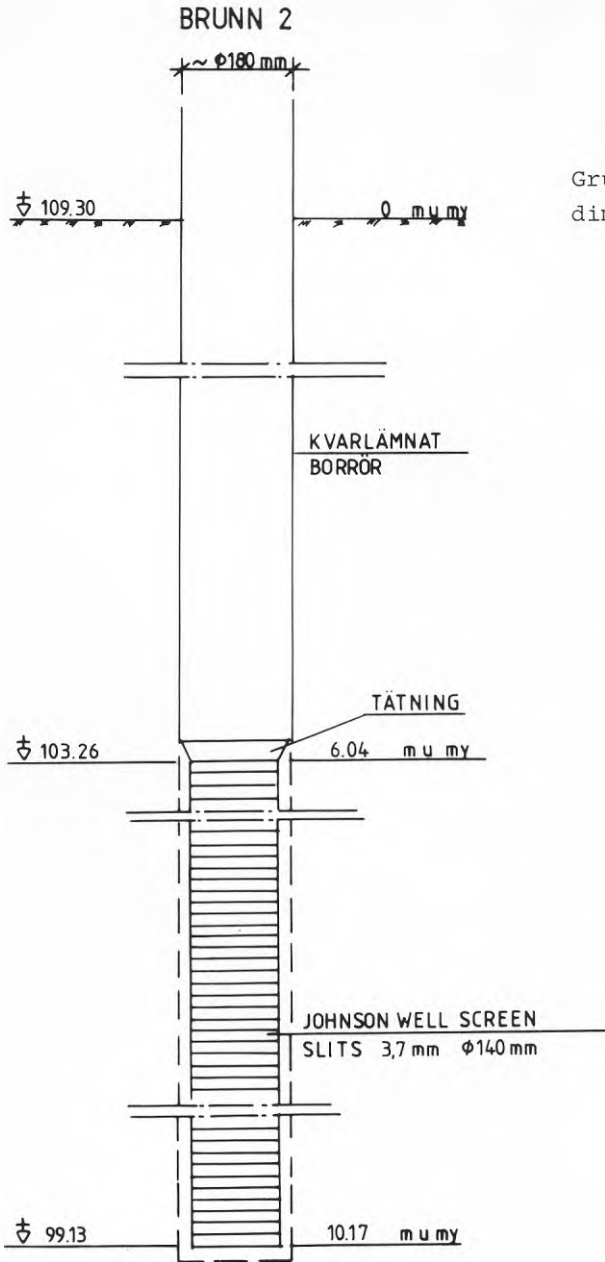


Yt- och grundvattentemperaturer



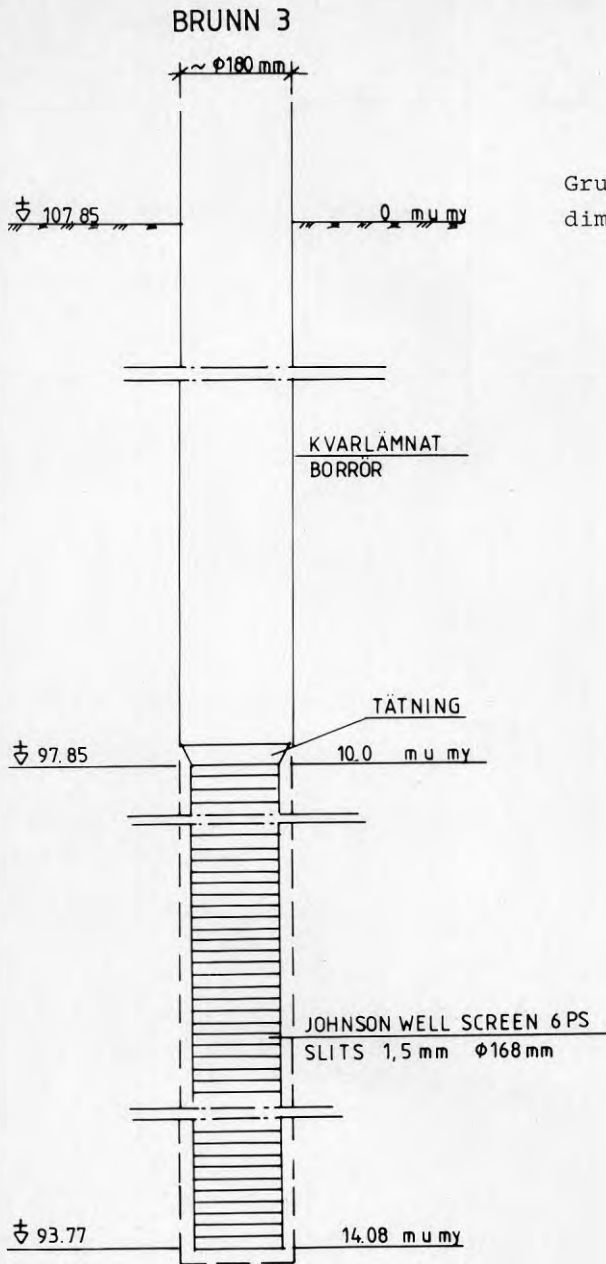
Grundvattenbrun Br 1,
dimensioner

m u my = meter under markytan



Grundvattenbrunn Br 2,
dimensioner

m u m y = meter under markytan

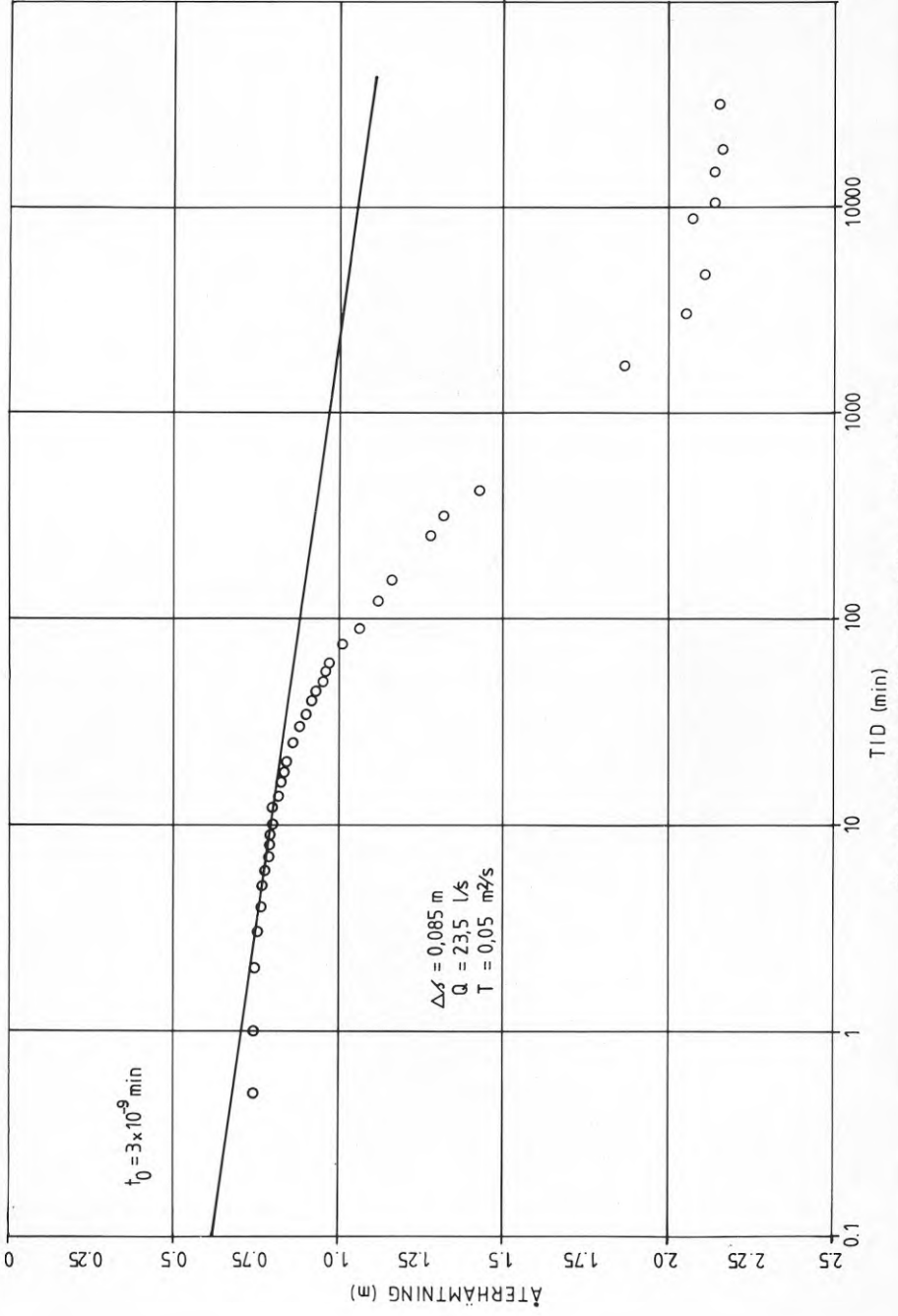


Grundvattenbrunn Br 3,
dimensioner

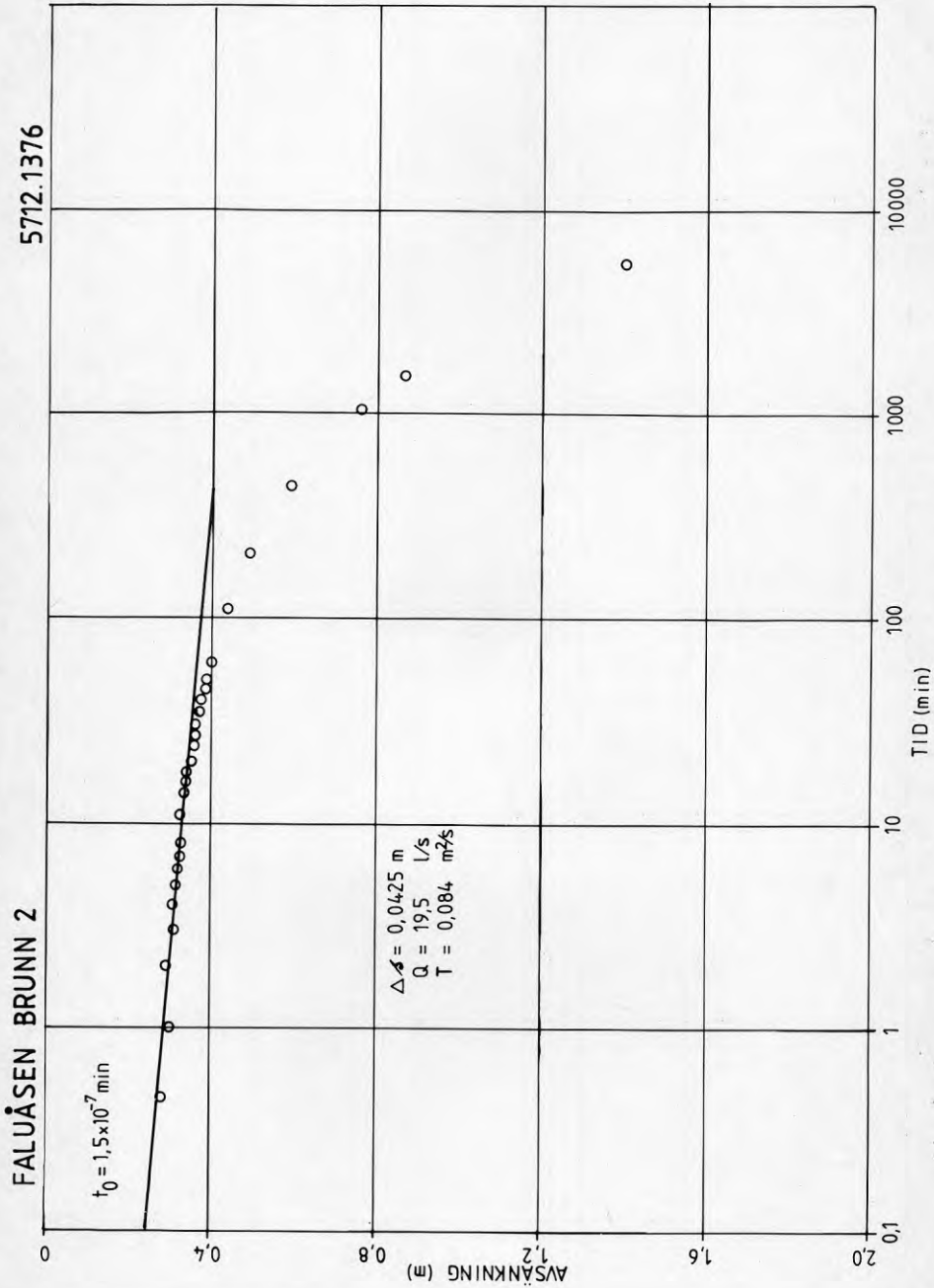
m u my = meter under markytan

5712.1376

FALUÅSEN BRUNN 1



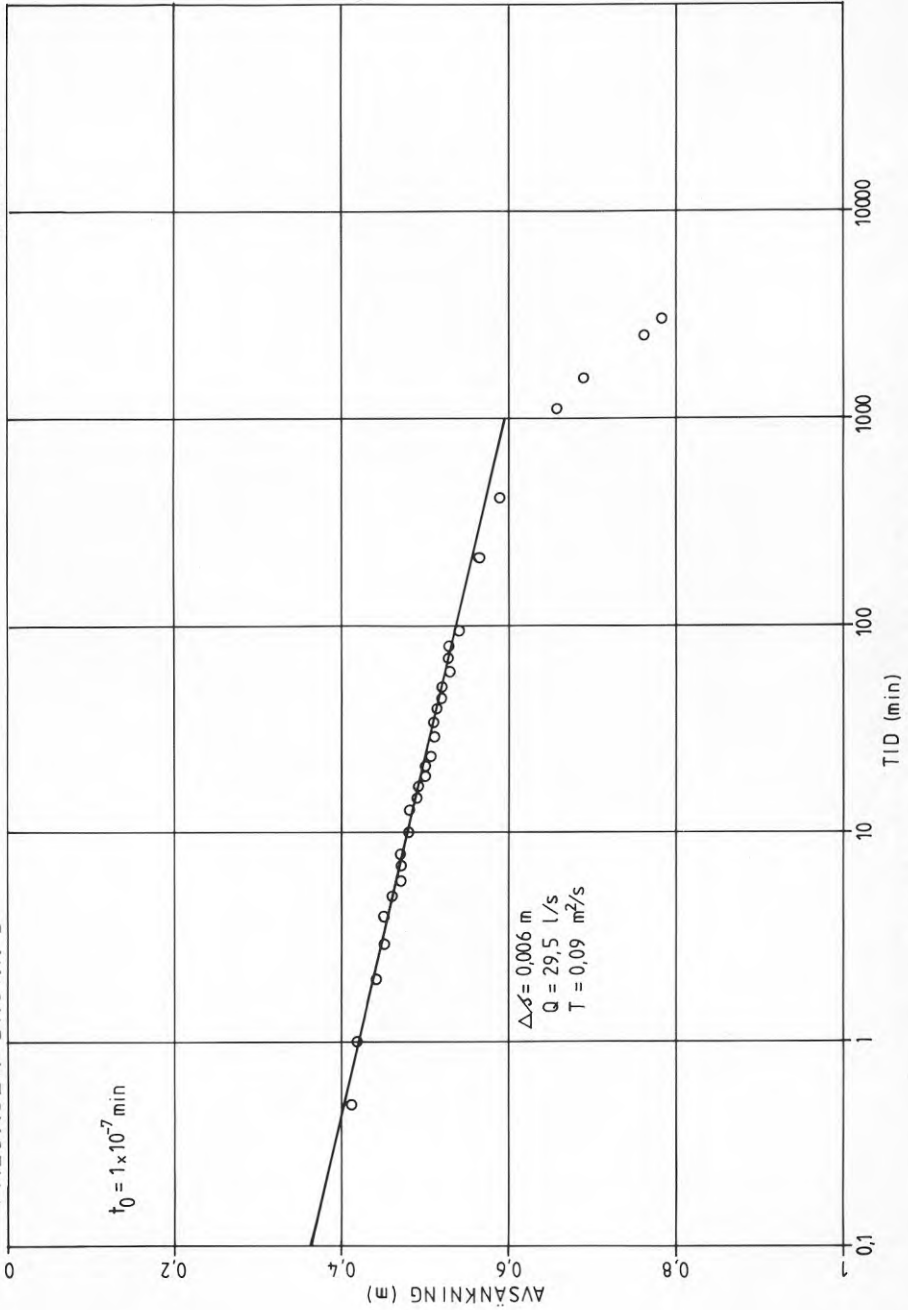
Återhämtningsförlopp lin - log Br 1



Avsänkingsförlopp lin - log Br 2

5712.1376

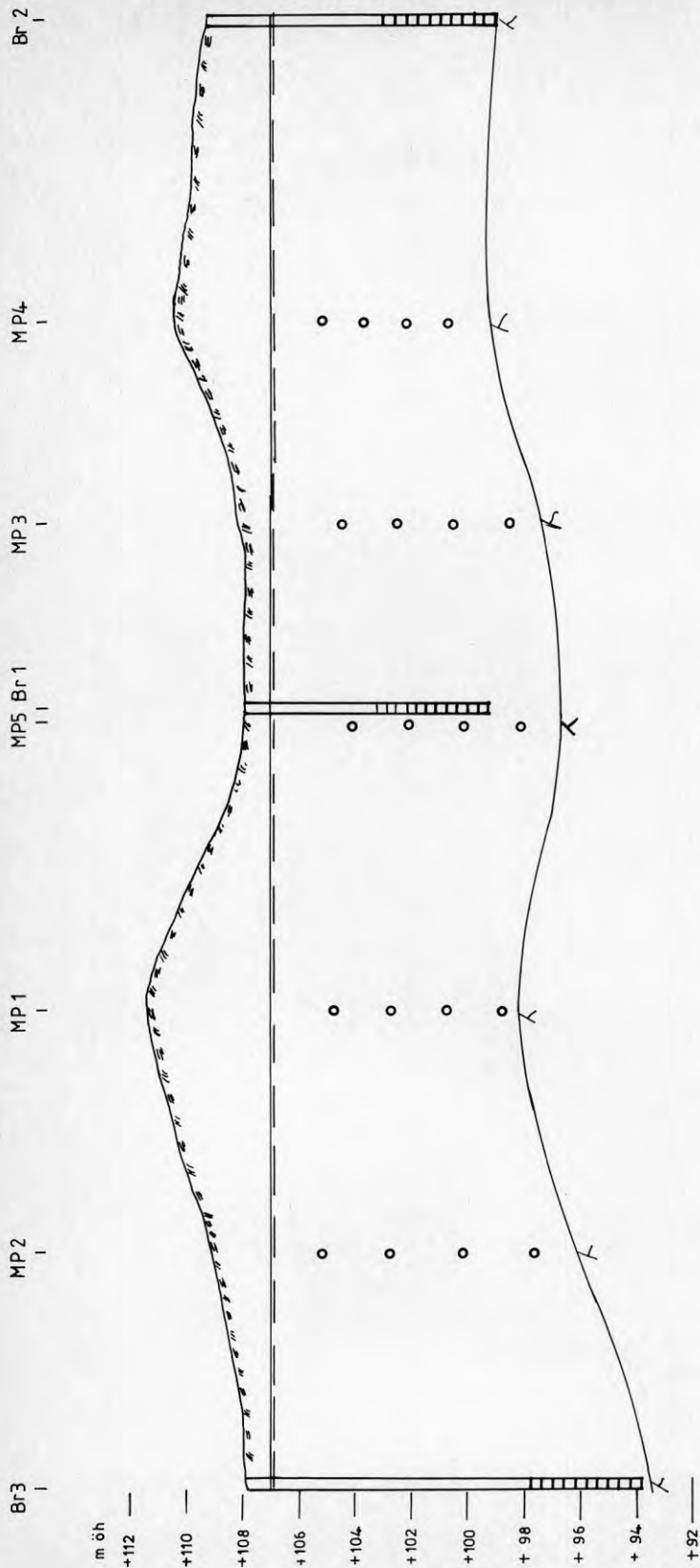
FALUÅSEN BRUNN 3



Avsänkingsförlopp lin - log Br 3

FALUÅSEN LÄNGDPROFIL
Grundvattenbrunnar och
mätprofiler

59 1376 - 02



Grundvatten- magasin	Endast manuell	Endast automa- tisk	Manuell +automa- tisk	Inter- vall	Avläsning per år	
					man	aut
GT2,Å			x	manuell 2 veck. autom. 1 tim	52	17 520
GT1,U GT2,U GT3,U			x	manuell 2 veck. autom. 1 tim	78	26 280
KVM1,U KVM2,U KVM3,U	x			2 veck.	78	
KVM2,Å KVM3,Å			x	manuell 2 veck. autom. 1 tim	52	17 520
GT10 GT20 GT30 GT40 GT50		x		1 tim		175 200
	x			år 1 2 veck. år 2 1 mån.	198	

Grundvatten- magasin	Endast manuell	Endast automa- tisk	Manuell +automa- tisk	Inter- vall	Avläsning per år man aut
-------------------------	-------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------	--------------------------------

ST10	Vattentem- peratur i sjön Runn ½, 2 o 4 m djup			x	manuell 1 mån autom. 1 tim	12 26 280
KVM1, PC	Kallvatten- mätare Br1 till PC			x	manuell 2 veck. autom. 1 tim	26 8 760
	Grundvatten- nivåer Br1 Br2, Br3			x	manuell 2 veck. autom. 1 tim	78 26 280
	Grundvat- tennivåer observa- tionsrör 18 st	x			2 veck.	468
	Grundvat- tennivåer privata brunnar 2 st	x			2 veck.	52

Värmepumpsystem	Endast	Endast	Manuell	Inter- vall	Antal avläs- ningar per år	
	manuell	automa- tisk	+automa- tisk		man	aut
Gångtidsmätning för varje värmepump	x			en vecka		104
Gångtidmätare för varje grundvattenpump P1, P2 och P3	x			en vecka		156
Elförbrukning för kompressor för varje värmepump	x			en vecka		104
Elförbrukning för varje grundvattenpump P1, P2, P3	x			en vecka		156
Inkommande värmebärartemperatur för varje värmepump (vid värmepump) 2 stycken	x			1 dag		730
Temp.höjning hos värmebäraren efter varje värmepump. 2 stycken . Anm. 1	x			1 dag		730
Utgående framledningstemperatur (efter pannorna)	x			1 dag		365
Värmemängd inkl flöde av totalt levererad energi från varje värmepump (2 värmepumpar)	x			1 dag		730
Oljeförbrukning hos vardera oljepannan	x			en vecka		104
Utomhustemp. Anm 3	x					
Värmemängd uttaget ur grundvatten före värmeväxlaren	x			1 dag		365
				1 dag		365

Värmepumpsystem	Endast	Endast	Manuell	Inter-	Antal avläs-	
	manuell	automa-	+automa-		tisk	ningar per år

Temperatur inkommande grundvatten	x			1 dag	365
Temperatur utgående grundvatten	x			1 dag	365
Temperatur köldbärare efter varje förångare	x			1 dag	365
Temperatur köldbärare efter värmväxlare	x			1 dag	365

- Anm 1. När det gäller utgående värmebärartemperatur, förångnings- och kondenseringstemperaturer för värmepump(ar) är dessa temperaturer beroende av körläget hos värmepump(arna) och avläsningar skall ske i fortvarighetstillstånd
- Anm 2. Fläktluftkylaren kan vara antingen i drift eller ur drift vid tillfället.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 841229-6
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Grundvattenavdelningen, Falun.

R30: 1989

ISBN 91-540-5022-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709030

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 40 kr exkl moms