



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

R46:1988

Jordvärme till Grövelsjöns  
fjällstation

Utvärdering

Per-Anders Hjort

R  
Jull

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr
Plad <i>ser</i>

Bygghörskningsrådet

R46:1988

JORDVÄRME TILL GRÖVELSJÖNS FJÄLLSTATION

Utvärdering

Per-Anders Hjort

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840302-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,  
Malmö.

## REFERAT

Syftet med utredningen har varit att studera driftutfallet av en ca 220 kW stor värmepump där en myrmark utgör värmekälla och jämföra resultatet med det förväntade. Utöver driftdata för åren 1985-86 har kompletterande markstudier utförts.

Utvärderingen visar att värmepumpen blivit överdimensionerad. Värmeproduktionen har därför blivit ca 40 % lägre än kalkylerat. Vidare har, som resultat av överdimensioneringen, värmefaktorn blivit lägre än förväntat (stor andel dellastkörning).

Energiuttaget ur markkollektorerna har följaktligen blivit lägre än förväntat, ca 30 kWh/m<sup>2</sup> mot kalkylerade 50 kWh/m<sup>2</sup>.

Vid aktuell belastning tycks en fullständig återhämtning ske sommartid, varför risken för kontinuerlig nedkylning är liten. Vissa indikationer tyder dock på att uttaget inte bör överskrida 30-40 kWh/m<sup>2</sup> och år.

Driftekonomiskt har en nettobesparing motsvarande ca 130.000 kr/år erhållits och då jämfört med ett elpannealternativ.

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.

R46:1988

ISBN 91-540-4887-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1988

## INNEHÅLL

### SAMMANFATTNING

	Sid
1. BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN	3
1.1 Allmänt om Grövelsjöområdet och fjällstationen	3
1.2 Dimensionerande effekt- och energibehov	9
1.3 Värmeproduktionskalkyl enligt dimensionsunderlaget	9
1.4 Värmesystemet	10
1.5 Systemlösning - Varm sida	11
1.6 Systemlösning - Kall sida	13
2. UPPFÖLJNINGSPROGRAMMET	16
2.1 Frågeställningar	16
2.2 Mätdatainsamling	17
3. DRIFTUTFALL - VARM SIDA	23
3.1 Energiproduktionen och dess fördelning	23
3.2 Effekttäckningsgrad	26
3.3 Systemets funktion	28
3.3.1 Driftserfarenheter	28
3.3.2 Beläggnings inverkan på varmvattenförbrukningen	31
4. KALLA SIDANS FUNKTION	34
4.1 Analys av dimensionerande förutsättningar	34
4.1.1 Allmän handlingsgång	34
4.1.2 Jordartsanalys och torvvolym	34
4.1.3 Termiska egenskaper	38

4.1.4	Kollektorytornas läge och lutning	39
4.1.5	Klimatets inverkan	40
4.1.6	Inverkan av grundvattenströmningen	42
4.2	Kontrolldimensionering av kollektorerna	45
4.3	Temperaturutveckling i kollektorerna	49
4.4	Energiuttagsmöjligheter från kollektorerna	56
5.	EKONOMISKT DRIFTUTFALL	58
6.	REFERENSER	60

BILAGA

## FÖRORD

I samband med att man under 1984 installerade en värmepump med ytjordvärmekollektor vid Grövelsjöns fjällstation, erhöll Svenska Turistföreningen experimentbyggnadslån för finansiering av värmepumpsystemet. Följande rapport är en sammanställning av den uppföljning och utvärdering som gjorts de första driftsåren av anläggningen.

I uppföljnings- och utvärderingsprogrammet har i huvudsak följande personer deltagit:

Olof Andersson, projektledare	VIAK AB, Malmö
Per Anders Hjort, handläggare	VIAK AB, Malmö
Arvid Arvidsson, datainsamling	Svenska Turistfören, IDRE
Christer Ståhlkloo, installatör	Christer Ståhlkloo AB, Mora
Janne Katari, driftsansvarig	Svenska Turistfören, Sthlm

Rapporten har utarbetats av Per-Anders Hjort och utgör ett delunderlag till ett examensarbete för Geologiska Institutionen vid Göteborgs Universitet. I examensarbetet har de parameterstudier som rör markkolektorerna fördjupats.

VIAK AB  
Malmökontoret

Olof Andersson





## SAMMANFATTNING

Denna rapport omfattar utvärderingen av driften på ytjordvärmepumpen vid Grövelsjöns fjällstation under åren 1985 och 1986.

Värmepumpsaggregatet har en sammantagen effekt av 229 kW, (inkluderat 23 kW för hetgaskylning) vid inkommande brinetemperatur  $-2^{\circ}\text{C}$  och utgående  $-5,5^{\circ}\text{C}$  vid LUT (lägsta utetemperatur). Maximalt effektbehov är projekterat till 510 kW och det totala projekterade energibehovet uppgår till 1100 MWh.

Det uppmätta effektbehovet (inklusive varmvatten) uppgår maximalt till ca 300 kW (varav 39 kW varmvatten). Under åren 1985 och 1986 ligger den normalårskorrigerade energiförbrukningen runt ca 650 MWh.

Uppmätta värden visar således att värmepumpen är överdimensionerad.

Värmepumpens värmekälla består av två friliggande ytjordkolektorer förlagda i torvmark. Dessa har en sammanlagd yta av ca  $11000\text{ m}^2$  och innehåller en total slanglängd av 9400 m PEM-slang 40 mm NT 4.

För kontroll av dimensioneringen har geologi, grundvatten, jordens termiska egenskaper, klimat m m undersökts. Dessa parametrar har sedan ställts i relation till den uppmätta driftsituationen. Härvid har bl a temperaturen mätts på olika nivåer i kolektorerna samt inverkan av grundvattenflödet analyserats.

Det projekterade energiuttaget ur kolektorerna var satt till  $51\text{ kWh/m}^2$ .

Studierna har dock visat att det genomsnittliga energiuttaget uppgick till ca  $30 \text{ kWh/m}^2$ , vilket motsvarar ett effektuttag av ca  $9 \text{ W/m}$  slang.

Även om det inte kan styrkas med den korta mätserie som föreligger (2 år), är det en del som tyder på att ett större energiuttag ( $35\text{-}40 \text{ kWh/m}^2$  som nu görs) innebär risk för en fortlöpande nedkylning.

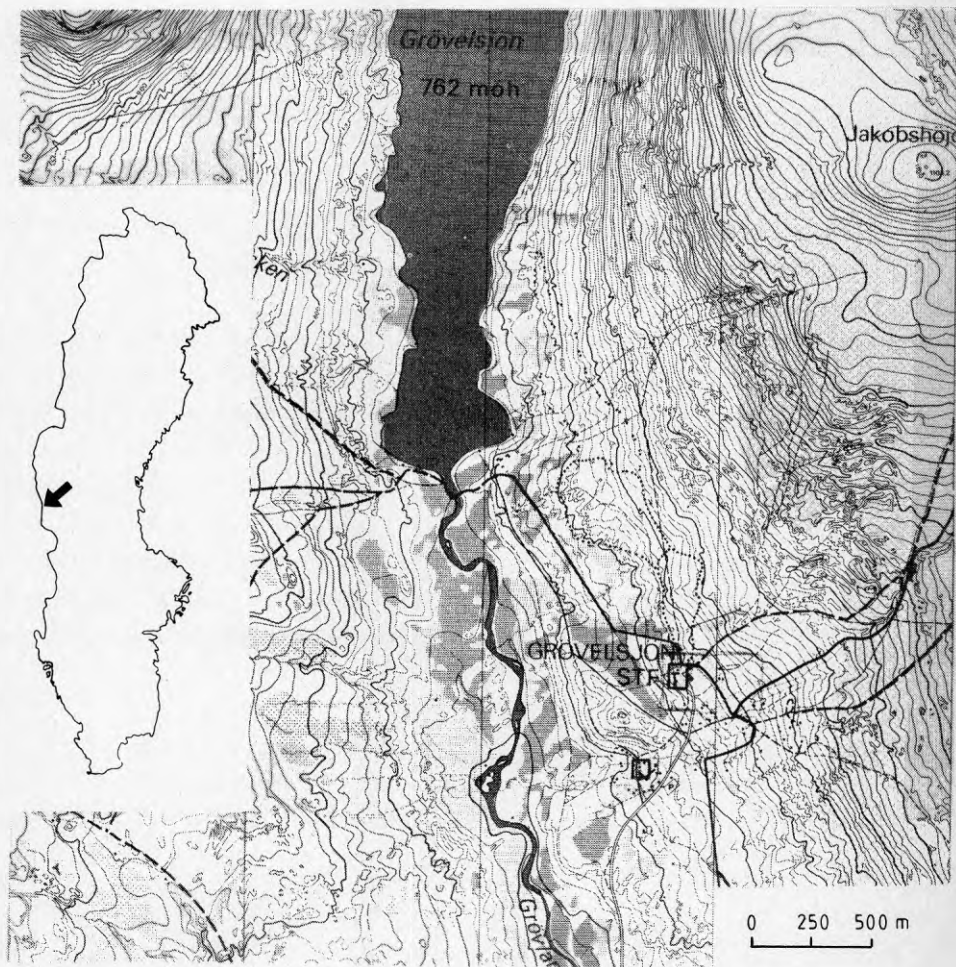
Den årliga rörliga driftskostnaden uppgår till storleksordningen  $150\ 000 \text{ kr}$ . Jämfört med ett elpannealternativ erhålles en besparing av ca  $130\ 000 \text{ kr/år}$ .

## 1. BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

### 1.1 Allmänt om Grövelsjöområdet och fjällstationen

Grövelsjöns fjällstation är en turistanläggning som ägs och drivs av Svenska Turistföreningen.

Grövelsjön är beläget i Dalarnas nordvästra hörn vid norska gränsen, se karta figur 1. Området erbjuder för friluftslivet en omväxlande natur, såväl sommar- som vintertid. Detta kombinerat med det sydliga läget har inneburit att fjällstationens popularitet är stor.



Figur 1 Översiktskarta

Naturen runt Grövelsjön med omgivningar är vacker och relativt lättillgänglig. Inom en radie av några mil ligger bl a Töfsingdalens nationalpark, Idrefjäll och Rogenområdet.

Nere i dalgången och på en nivå av 762 möh ligger Grövelsjön, vilken gett namn åt fjällstationen. Sjön sträcker sig ca 7 km i nordsydlig riktning och går med sin nordligaste spets in i Norge. Den dräneras åt söder av ån Grövelån, vilken mynnar i Storån någon mil nordost om Idre.

Själva stationen är belägen ca 1 km sydost om sjön på en höjd av 816 möh och på västra sluttningen av Långfjället, vilket de olika fjällen brukar kallas med ett samlingsnamn. De mest närliggande topparna är Blåkläppen 1022 möh och Jakobshöjden 1100 möh.

Endast 6 km öster om fjällstationen ligger Storvätteshågna, Dalarnas högsta punkt, 1204 möh.

Skogsgränsen inom området ligger på i genomsnitt ca 800 möh och utgörs av björkskog. Till skillnad från de flesta andra dalafjäll finns här en bård av hedbjörksvegetation upp mot kalfjället.

Berggrunden norr om Idre, ovanför den skollgränsen, utgörs av fjällbergarter. De består i huvudsak av kvartsiter och sparagmiter (en ganska grov fältspatrik sandsten). I Grövelåns dalgång finner man ett område som består av gnejs och granit (G. Lundqvist 1951).

Fjällbergarterna vilar på kambrosiluriska skiffrar och kalksten, vilka underlagrar de överskjutningsskollor som bildades vid bergkedjeveckningen.

De ursprungliga veckningsformerna har efter hand blivit nederoderade och utmejslade av vittringsprocesser och landisar för att nå den form landskapet har idag.

I stationens närhet består de kvartärgeologiska avlagringarna i huvudsak av en relativt blockrik och grovkornig morän.

Nederbörden som faller över området, i form av regn och snö, avbördas i stor omfattning i form av ytavrinning. Detta i kombination med klimatet har gett upphov till en viss torvbildning på fjällslutningen. Den torv som har bildats består vanligen av Vitmosstorv (*Sphagnum*) med varierande inslag av Starrväxter (*Carex*) och Tuvdun (*Vaginatum*).

Arsmedeltemperaturen i Grövelsjön under perioden 1951-1980 var  $+0,8^{\circ}\text{C}$ . Den är beräknad på uppmätta data fram till och med 1968. Stationen lades då ner och därför har för utvärderingen använts temperaturdata från Särna, ca 50 km söder om Grövelsjön.

Som jämförelse redovisas Grövelsjöns respektive Särnas temperaturer i tabell 1.

Tabell 1 Månadsmedeltemperaturer från Särna respektive Grövelsjön 1951-1980

	Jan	Febr	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul
Särna	-11,8	-10,4	-5,3	0,3	6,7	12,0	13,3
Grövelsjön (beräknad)	-8,2	-8,2	-5,1	-1,1	4,6	10,0	11,4
Avvikelse	3,6	2,2	0,2	1,4	2,1	2,0	1,9

	Aug	Sep	okt	Nov	Dec	Ar
Särna	11,9	7,3	2,0	-4,7	-9,3	1,1
Grövelsjön (beräknad)	10,2	5,7	1,2	-4,6	-6,8	0,8
Avvikelse	1,7	1,6	0,8	0,1	2,5	0,3

I tabell 2 redovisas uppmätta temperaturer i Särna från säsongerna 1985 respektive 1986.

Tabell 2 Uppmätta månadsmedeltemperaturer från år 1985 respektive 1986, Särna

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun
1951-80 Särna	-11,8	-10,4	-5,3	0,3	6,7	12,0
1985 Särna	-17,0	-17,5	-5,5	-1,7	6,7	12,0
1986 Särna	-13,9	-14,6	-2,6	-1,9	7,9	14,1

	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
1951-80 Särna	13,2	11,9	7,3	2,0	-4,7	-9,3	1,1°C
1985 Särna	13,4	12,0	5,5	3,9	-9,0	-16,5	-1,1°C
1986 Särna	13,1	9,6	4,4	2,6	-0,6	-9,5	0,7°C

Nederbördsmängden för Grövelsjön finns beräknad för perioden 1951-1980. Den fördelar sig enligt tabell 3.

Tabell 3 Månadsmedelvärde nederbörd 1951-1980

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun
Grövelsjön (beräknad)	37	25	27	3	43	73
Totalt 617 mm korrigerad 835 mm						

	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Grövelsjön (beräknad)	94	73	67	49	50	47
Totalt 617 mm korrigerad 835 mm						

Sedan fjällstationen invigdes 1937 har den successivt byggts ut för att klara en alltmer ökande turistström.

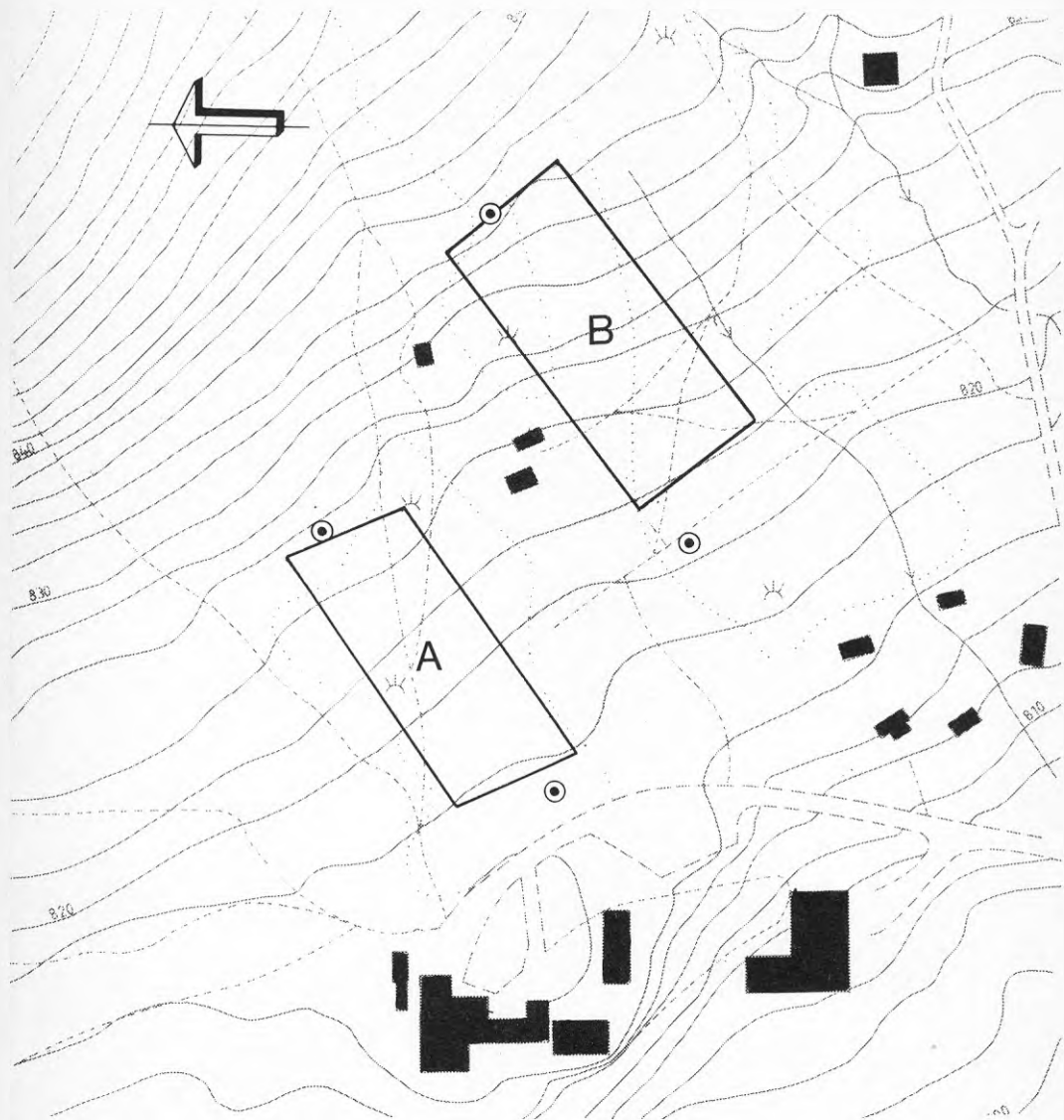
Under slutet av 1970-talet och början på 1980-talet hade man på nytt behov av en ytterligare utbyggnad. Stationens värmeanläggning var också den i behov av renovering.

Man beslöt då att separera personalens bostäder från hotellverksamheten och planerade för att bygga en mindre gruppvärmecentral i den nya byggnaden.

Innan utbyggnaden använde man för uppvärmning av de gamla lokalerna ca  $150 \text{ m}^3$  olja (Eo 1)/år, ett faktum som gjorde det intressant att diskutera alternativa uppvärmningsformer. Idén med att bygga en ytjordvärmekollektor väcktes internt inom STF.

Byggentreprenaden som således också kom att omfatta ett nytt värmepumpsbaserat uppvärmningssystem genomfördes under sommarhalvåret 1984.

De nya byggnaderna och ytjordkolektorerna framgår av karta, figur 2.



**Figur 2** Byggnader och ytjordvärmekollektorer  
(A och B) vid Grövelsjöns fjällstation efter  
ombyggnationen 1984  
(⊙ = Grundvattenobservationsrör)



### 1.2 Dimensionerande effekt- och energibehov

Enligt det projekteringsunderlag som anläggningen är konstruerad efter anges att oljeförbrukningen tidigare legat runt 140-150 m<sup>3</sup> Eol/årigen med den gamla oljepannan. Effektbehovet vid LUT (lägsta utetemperatur) har för den nya stationen beräknats till 510 kW och på grundval av detta har värmepumpen dimensionerats med en sammanlagd avgiven effekt av 229 kW vilket ger en effekttäckningsgrad av ca 44 %.

Effektbehovet på 510 kW fördelar sig enligt projekteringsunderlaget på följande tre enheter:

- huvudbyggnad	325 kW
- annex Grövlan	25 kW
- personalbyggnad och värmecentral	<u>160 kW</u>
	510 kW

Arsenergibehovet för respektive enhet, delvis baserat på tidigare års värmeförbrukning, har enligt projekteringen beräknats till:

- huvudbyggnad	635 MWh
- annex Grövlan	55 MWh
- personalbyggnad och värmecentral	<u>410 MWh</u>
	1100 MWh

### 1.3 Värmeproduktionskalkyl

En värmepump med fullasteffekten 229 kW (varav 23 kW för hetgaskylning för varmvattenberedning) har enligt projekteringsunderlaget beräknats täcka ca 85 % av årsenergibehovet eller ca 935 MWh vilket motsvarar en ekvivalent fullasttid av ca 4083 timmar.

Med årsmedelvärmefaktorn 2,9, som den angetts till i projekteringen, blir eltillförseln ca 325 MWh. Värmeuttaget ur kollektorn blir således ca 610 MWh, (935-325 MWh).

Spetsvärme, 165 MWh (1100-935 MWh), fås i huvudsak via oljepannan men till viss del också via elpatronerna, ca 10 MWh.

Oljeförbrukningen har beräknas bli  $19 \text{ m}^3$  vid pannverkningsgraden 0,8.

Sammanfattningsvis har således följande årliga värmeproduktionsfördelning beräknats:

- jordvärme	610 MWh
- el	335 MWh
- olja	<u>155 MWh</u>
	1100 MWh

#### 1.4 Värmesystem

Uppvärmningen av fjällstationen sker från en gemensam värmecentral, vilken är placerad i källaren på den nya personalbyggnaden och värmen distribueras därifrån via kulvert till huvudbyggnad och annex. Returvattnet från dessa värmer sedan i huvudsak personalbyggnaden i vilken ett värmesystem av s k lågtemperaturtyp är installerad.

Utöver en ny värmecentral, installerades vid ombyggnaden en värmeåtervinning på frånluften från köket.

I en del av byggnaderna har de gamla radiatorerna lämnats kvar.

Värmesystemets dimensionerande temperaturer är:

LUT (lägsta utetemp)	-32°C
DIT (dim innetemp)	
- bostäder	+20°C
- övriga lokaler	+17°C
- garage	+15°C

### 1.5 Systemlösning - varm sida

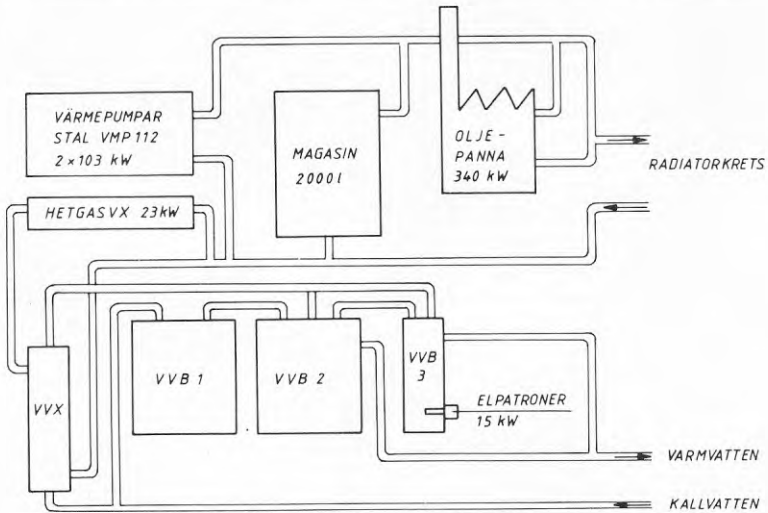
Värmeanläggningen är uppbyggd kring två stycken värmepumpsaggregat av typen STAL VMP 112. Dessa har en gemensam avgiven effekt av 206 kW vid en utgående brinetemperatur av -5,5°C och en kondenseringstemperatur av +53°C. För varmvattenproduktionen finns två hetgasväxlare med en sammanlagd effekt av 23 kW. Värmepumpen består av ett kolvkompressoraggregat med eldrivna, semihermetiska kompressorer, tubpanneförångare och kondensator.

Värmepumparna innehåller sammanlagt 100 kg av köldmediet freon R22. Den samlade eleffekten till kompressorerna uppgår till 77 kW.

Varje kompressor kapacitetsregleras i vardera 4 steg (25 %, 50 %, 75 % och 100 %) vilka styrs av en utetemperaturgivare och en givare på framledningstemperaturen efter en förinställd reglerkurva. Denna är inställd på en temperatur av min +35°C vid en utetemperatur av  $\pm 0^\circ\text{C}$  och max +51°C vid en utetemperatur av -10°C.

För att säkerställa jämnt flöde och goda driftsbetingelser för värmepumpen finns en ackumulatortank på 2 m<sup>3</sup> installerad i primärvärmsystemet, mot vilken värmepumpssystemet arbetar.

Systemets principiella utformning framgår av figur 3.



Figur 3 Översiktligt flödesschema - varm sida

Varmvattenberedningen sker via värmepumpens hetgasväxlare (23 kW) och vid behov även via tillskottsvärme från två elpatroner (2 x 7,5 kW). Varmvattnet ackumuleras i tre beredare med en sammanlagd volym av 2300 l. Temperaturavgivningen vid hetgaskylningen är +65°C. En termostat förreglerar värmepumpens reglerkurva då varmvattenbehov föreligger. Värmepumpen är då igång kontinuerligt och producerar varmvatten oavsett utetemperatur. Via en blandningsventil levereras varmvattnet med en temperatur av +50°C.

Vid större effektbehov än vad värmepumpen eller hetgasväxlaren kan leverera sker en automatisk inkoppling av oljepannan respektive elpatronerna. Oljepannan med effekten 340 kW kopplas in med en viss tidsfördröjning för att förhindra alltför korta driftstider. Vid garantibesiktningen i februari 1987 upptäcktes att den var inställd endast på 12 minuter mot föreskrivna 120 minuter.

Den maximala framledningstemperaturen är  $+65^{\circ}\text{C}$ . Temperaturer däröver kan medföra för höga returtemperaturer, vilket kan inverka menligt på värmepumpens drift. Värmepumpens tekniska data och installerade effekter på tillskottsvärme, enligt projektören, framgår av tabell 4.

Tabell 4 Värmepumpens prestanda

Avgiven effekt kondensor	206 kW
Avgiven effekt hetgasväxlarna	23 kW
Köldmedium	R 22
Dim kondenseringstemp	$+53^{\circ}\text{C}$
Dim utgående värmebärartemp	
ny byggnad	$+52^{\circ}\text{C}$
bef byggnader	$+60^{\circ}\text{C}$
Dim returtemperatur	
ny byggnad	$+42^{\circ}\text{C}$
bef byggnader	$+45^{\circ}\text{C}$
Dim utgående brinetemp	$-5,5^{\circ}\text{C}$
Dim kompressoreffekt	77 kW
Dim värmefaktor	2,9
(exkl hjälpapparater)	
Avgiven maxeffekt, oljepanna	340 kW
Avgiven maxeffekt, elpatroner	15 kW

#### 1.6 Systemlösning - kall sida

Värmepumpen har som värmekälla två stycken ytjordvärmekollektorer, förlagda i torvmark.

De bägge kollektorerna är placerade ca 70-80 m från varandra och ca 100-120 m från fjällstationen, se figur 2. Deras dimensionerande mått framgår av tabell 5.

Tabell 5 Kollektorernas dimensionering

	<u>Yta</u>	<u>Volym*</u>	<u>Slanglängd</u>
Kollektor A	4500 m <sup>2</sup>	3300 m <sup>3</sup>	3600 m
Kollektor B	6500 m <sup>2</sup>	5800 m <sup>3</sup>	5800 m

\* Avser volymen av torvlagret i vilken kollektor-slangen är förlagd.

Kollektorslangarna består av Ø 40 mm PEL-slangar, NT4. Läggningsdjupet varierar något men ligger inom intervallet 0,8-1,0 m och med c/c-avståndet ca 1,2 m.

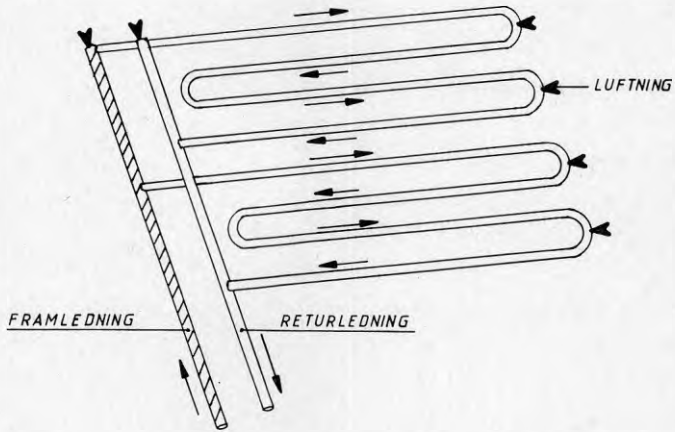
Slangsystemen är anslutna till PEH-samlingsledningar Ø 110-160 mm, NT6, för vidare anslutning till värmecentralen via matningsledningar Ø 160 mm PEH, NT6. En schematisk bild över kollektorns utförande visas i figur 4.

Då varannan kollektorslang har omvänd flödesriktning och på grund av inkopplingen i framledning och returledning, kommer värmeuttaget att vara någorlunda jämnt fördelat över ytan. Slanglängden är dimensionerad för en värmeupptagning av ca 15 W/m vid en brinetemperatur av -5,5°C in i kollektorn och -2°C ut.

Som köldbärare används ca 11 m<sup>3</sup> Brineol vars egenskaper framgår av bilaga 1.

Köldbärarvätskan cirkuleras med hjälp av en brinepump dimensionerad för ett flöde på ca 38 m<sup>3</sup>/tim. Värmekällans angivna effekt vid dimensionerande flöde och lägsta utetemperatur (LUT) är ca 152 kW.

Enligt ansökan till byggforskningsrådet angavs energiuttaget från kollektorerna till 51 kWh/m<sup>2</sup> och år.



Figur 4 Kollektorernas utförande. Principskiss

## 2. UPPFÖLJNINGSPROGRAMMET

### 2.1 Frågeställningar

I samband med ansökan om experimentbyggnadslånet gjordes den anmärkningen i ett av Byggforskningsrådets remissvar att anläggningen var relativt schablonmässigt projekterad och att risk för överbelastning av kollektorerna förelåg. Vidare påpekades att geotekniska eller hydrologiska undersökningar ej gjorts innan projekteringen. Bland annat befarades att det svala lokalklimatet (årsmedeltemp  $0,8^{\circ}\text{C}$ ) skulle inverka menligt på driften genom att kollektorerna successivt skulle kylas ner.

Uppföljningsprogrammet har bl a mot bakgrunden härav därför inriktats på följande frågeställningar:

- Utfall av projekterad och beräknad energitäckningsgrad via värmepumpssystemet
- Utfall av beräknad värmefaktor för värmepump samt effektfaktor för hela värmeproduktionssystemet
- Funktion av styrning och reglering för hela värmeproduktionssystemet där främst styr- och reglertekniska funktioner för samverkan mellan värmepump, varmvattenberedning, varmvattenmagasin och oljebrännare studerats
- Inverkan av de allmänna geologiska och hydrogeologiska förhållanden inom kollektorområdena på värmeupptagningen ur myrmarken
- Verklig effekt och energiupptagning ur myrmarken med hänsyn tagen till jordarternas sammansättning och egenskaper samt till rådande klimatiska faktorer

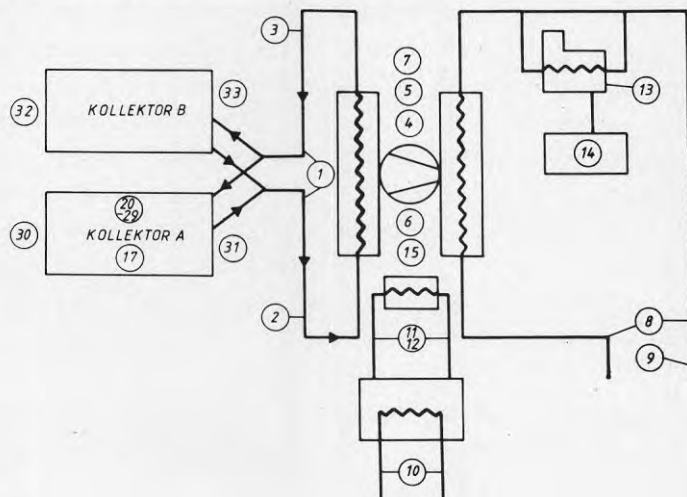


- Temperaturutveckling och återhämtning i kollektor, ställd i relation till brinetemperaturen och effektbelastningen
- Utfall av beräknad driftsekonomi

## 2.2 Mätdatainsamling

För att kunna utvärdera driften av värmepumpen på såväl varm som kall sida lades ett mätprogram upp. Installationen av mätutrustningen sköttes till stora delar av projektören Christer Ståhlkloo. Geoteknisk provtagning och installation av temperaturgivare i mark och grundvatten-observationsrör genomfördes av VIAK AB.

De olika mätpunkternas placering redovisas på figur 5 och nedan följer en beskrivning av respektive mätpunkt.



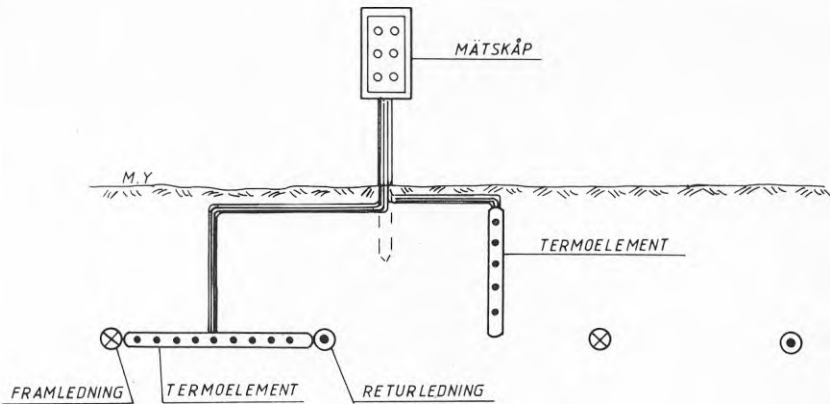
- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Tryckfall            | 11. Värmemängdsmätare |
| 2. Temp in              | 12. Flödesmätare      |
| 3. Temp ut              | 13. Gångtid           |
| 4. Gångtid VP 1         | 14. Nivåmätare olja   |
| 5. Gångtid VP 2         | 15. Elmätare          |
| 6. Tillslag VP 1        | 17. Snödjup           |
| 7. Tillslag VP 2        | 20-29. Marktemperatur |
| 8. Värmemängdsmätare    | 30-33. Grundvatten    |
| 9. Flödesmätare         |                       |
| 10. Elmätare varmvatten |                       |

Figur 5 Uppföljningsprogrammets mätpunkter

- Tryckfall över kollektorn (MÄTPUNKT 1)  
Registrering av tryckfallet över kollektorn och värmepumpens kalla sida har skett kontinuerligt i syfte att spåra eventuella läckor eller igensättningar.

Registreringen har skett med en fjäderbelastad manometer. Denna har varit kopplad till fram- respektive returledning till kollektorn och med hjälp av spjällventiler har mätplats varierats.

- Temperatur (MÄTPUNKT 2, 3, 20-29)  
Temperaturmätningarna intar en ganska omfattande del av undersökningen men är samtidigt en av de mer problematiska. Med avseende på de temperaturmätningar som utförts på värmesystemet, köldbärarvätskan och utetemperaturen råder inga större oklarheter då registrering av dessa skett med kvicksilvertermometer med en acceptabel noggrannhet. De större osäkerhetsfaktorerna omfattar de temperaturregistreringar som utförts i torven där profiler har mätts såväl horisontellt som vertikalt. En skiss över mätpunkternas placering i djup- och vertikallängd ges i figur 6.



Figur 6 System för temperaturmätning i kollektorena

Temperaturmätningarna (MÄTPUNKT 20-29) i torven har utförts med termoelement vilka kalibrerats gentemot en kvicksilvertermometer. Mätningen över termoelementen har utförts med en digital temperaturregistreringsenhet av typen Technoterm 9300. Vissa mätfel har kunnat konstateras direkt på mätplats och noggrannheten på temperaturmätningarna ligger på ca  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Något enstaka av termoelementen har helt fallit ifrån under projektets gång.

Temperaturen på ingående och utgående brinelösning (MÄTPUNKT 2-3) har registrerats punktvis för att kunna relateras till marktemperaturen.

Utöver de på figur 5 redovisade mätpunkterna har även följande data registrerats:

- \* Utetemperatur, vilken är registerad momentant i projektet, men som i övrigt hämtats från SMHIs mätstation, Särna och via korrelationsberäkning gäller för Grövelsjön
  - \* Temperaturer på värmesidan, vilka registerats dels på primärsidan efter värmepumpen, dels efter oljepannan.
- Gångtid och tillslag (MÄTPUNKT 4, 5, 6, 7)
- För att studera värmepumpens driftsituation har en kontinuerlig registrering genomförts på båda kompressoraggregaten med avseende på ackumulerad gångtid (total drifttid, mätpunkt 4-5) och ackumulerad tillslagsräknare (antal starter, mätpunkt 6-7).

På detta sätt kan olika inkopplingar och lagringsmöjligheter studeras och eventuella fel upptäckas på anläggningen.

- Värmemängdsmätning

\* Radiatorvatten (MÄTPUNKT 8, 9, 13, 14)

För att få mätdata på levererad energimängd (till uppvärmning) har en värmemängdsmätare (fabrikat SVM) med inbyggt integreringsverk monterats på primär framledning respektive returledning efter oljepannan (mätpunkt 8).

Separering av tillskottet från oljepannan har gjorts (mätpunkt 13) genom att det på oljepannan finns en gångtidsmätare för såväl hög- som lågfunktion och en nivåmätare på oljetanken. Som verk-ningsgrad på oljepannan har mätpunkt 14 antagits vara 0,8 (ej uppmätt).

\* Varmvatten (MÄTPUNKT 10, 11, 12)

På utgående varmvatten är ytterligare en värme-mängdsmätare placerad (mätpunkt 11, 12). Denna upphörde dock att fungera den 5 augusti 1985. Trots många påstötningar till entreprenören byttes inte mätaren ut förrän den 2 juni 1986. På grund härav inrymmer dessa indata en del beräknade värden.

I en av de tre varmvattenberedarna sitter två elpatroner med 7,5 kW effekt vardera. Dessa är anslutna till en separat elmätare (mätpunkt 10).

- Elmätning VP-systemet (MÄTPUNKT 15)

Elmätaren för anläggningen (mätpunkt 15) omfattar såväl förbrukningen för värmepumpens elmotorer som brinepump för cirkulation av köldbärarvätska.

Utöver ovan angivna mätpunkter har följande obser-vationer och undersökningar gjorts.

- Snödjup vid kollektor A i syfte att få en uppfattning om snöns isolerande effekt på kollektorn.
- Grundvattennivåmätning i två observationsrör per kollektor. (I ett av rören genomfördes i augusti 1985 ett sluttest för att beräkna torvens permeabilitet. Detta test utmynnade dock inte i några användbara data.)
- Beläggningsstatistik, vilken inhämtats från STF:s fjällavdelning i Stockholm. Beläggningen är av vitalt intresse då det gäller att relatera energiförbrukningen till antalet hotellgäster.
- Geologisk kartläggning, i anslutning till kollektorerna, innehållande lagerföljds- och jordartsbestämning till fast botten. Syftet härmed var att beräkna lagervolym och att erhålla indata för lagrets termiska och hydrauliska egenskaper. Som undersökningsmetod användes sondering och ostörd provtagning.
- Konduktivitetsanalys på torvprover, utförda på Geologiska laboratoriet, Chalmers Tekniska Högskola.

Det fasta programmets mätdata (figur 6) har samlats in på platsen av Arvid Arvidsson som är anställd på Fjällstationen av STF för att sköta drift och underhåll av fastigheterna och värmeanläggning.

Mätpunkterna enligt figur 6 har, med några få undantag, konsekvent registrerats in varje måndag.

För programmet som helhet gäller följande registreringstäthet.

Dag: SMHIs klimatdata Särna  
Fjällstationens beläggningsstatistik

Vecka: Tryck  
Temperaturer  
Gångtid  
Tillslag  
Värmemängdsmätning  
Elmätare  
Oljenivå  
Snödjup

Månad: Marktemperaturer  
Grundvattennivåer

Mätningarna påbörjades i november 1984 men på grund av den oregelbundenhet med vilken de genomfördes och att dessutom all mätutrustning ej var installerad från början har fullständiga data först från den 3 mars 1985 kunnat brukas. Därav är en del av 1985 års energiproduktion beräknad.

Mätprogrammet löpte till och med den 31 december 1986. Dock fortsätter STF insamlandet av vissa data även efter detta datum.

### 3. DRIFTUTFALL VARM SIDA

#### 3.1 Energiproduktionen och dess fördelning

Under 1985 levererade anläggningen totalt 730 MWh, vilket fördelade sig på följande energikällor:

- jordvärme	355 MWh
- el	320 MWh
- olja	<u>55 MWh</u>
	730 MWh

Uppgifter kring oljeförbrukning och hetgasväxlarens energiproduktion är på grund av ofullständiga mätdata till vissa delar beräknade.

Under 1986 finns det, förutom vissa problem med varmvattenkretsens värmemängdsmätare, mätpunkt 11, uppmätta data för hela året. Produktionen för 1986 fördelar sig enligt:

- jordvärme	331 MWh
- el	308 MWh
- olja	<u>49 MWh</u>
	688 MWh

Vad som kan ses är att energiproduktionen under såväl 1985 som 1986 avsevärt understiger det projekterade värdet (ca 1100 MWh/år).

Med reservation för de data som beräknats på grund av värmemängdsmätarens haveri fås en sammanfattande värmeproduktionsfördelning enligt tabell 6.

Tabell 6 Den verkliga energiproduktionens fördelning jämfört med projekterade värden

Värme- källa	Projekterings- underlag (normalår)	Utfall perioden 1985	Utfall perioden 1986
Jord- värme	610 MWh (56 %)	355 MWh (48 %)	331 MWh (48 %)
El	335 MWh (30 %)	320 MWh (44 %)	308 MWh (44 %)
Olja	<u>155 MWh</u> (14 %)	<u>55 MWh</u> ( 8 %)	<u>49 MWh</u> ( 8 %)
	1100 MWh	730 MWh	688 MWh

Utifrån tabellens siffror har årsvärmefaktor och årseffekt-  
faktor beräknas till

	Värmefaktor	Effektfaktor (hela systemet)
1985	2,5	1,9
1986	2,5	1,9

De uppmätta energimängderna under 1985 och 1986 måste dock normalårskorrigeras för att kunna jämföras med den projekterade energiproduktionen. Detta görs med hjälp av antalet graddagar enligt följande:

Utifrån antalet graddagar kan en procentuell faktor räknas fram vilken beskriver avvikelserna från normalåret.

	Graddagar	% av normalårsvärde
Normalår	5580	100
1985	6308	113
1986	5669	102



Utifrån faktorn korrigeras den uppmätta värmeproduktionen till normalår, se tabell 7.

Tabell 7 Jämförelse mellan projekterad, uppmätt och normalårskorrigerad värmeproduktion

	Uppmätt värmeprod	Graddagar i % av normalår	Normalårs-korrigerad värmeprod
Projektering	1100 MWh	100	1100 MWh
Utfall 1985	730 MWh	113	642 MWh
Utfall 1986	688 MWh	102	674 MWh

Gör man en motsvarande beräkning på månadsmedelvärdet fås ett förhållande enligt tabell 8 (procent av normalmånadsvärdet).

Tabell 8 Antal graddagar i procent av månadsmedelvärdet

	1985	1986
Januari	121	110
Februari	125	115
Mars	101	88
April	110	112
Maj	102	85
Juni	96	36
Juli	63	47
Augusti	66	187
September	122	133
Oktober	88	98
November	117	79
December	124	97

Från tabellen kan man i huvudsak läsa ut följande:

- Båda vintersäsongerna 1984-1985 och 1985-1986 var kallare än normalt
- Sommarsäsongerna 1985-1986 har varit varmare än normalt, speciellt 1986
- Vintersäsongen till och med december 1986 var varmare än normalt

### 3.2 Effekttäckningsgrad

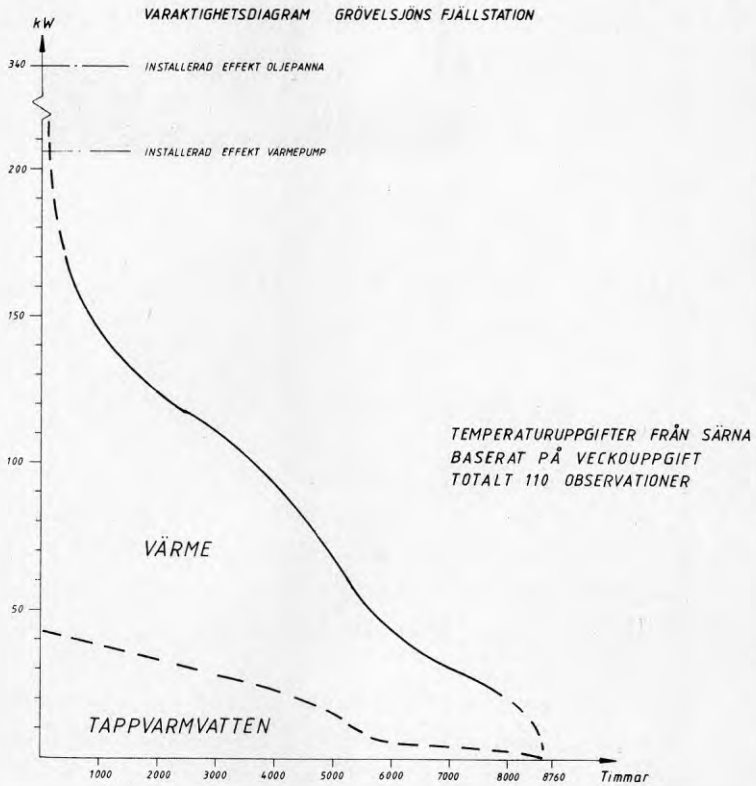
Värmepumpen har enligt projekteringsunderlaget dimensionerats för en avgiven effekt av 220 kW och en beräknad effekttäckningsgrad av 43 %. Hetgaskylning för tappvarmvattenproduktion utgör härvid en effekt av 40 kW.

I syfte att studera utfallet av effekttäckningsgraden har ett varaktighetsdiagram konstruerats. I botten på diagrammet ligger tappvarmvattenförbrukning med en för året genomsnittlig effektförbrukning av ca 15 kW (jfr sid 31). Effektbehovet för värme är beräknat utifrån verkligt uppmätta värden, korrelerat till utetemperatur.

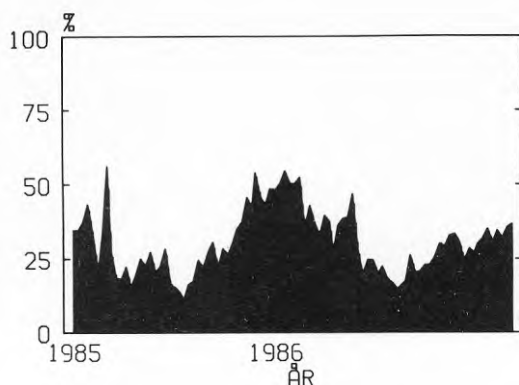
Som framgår av diagrammet, figur 7, tycks effektbehovet vara betydligt lägre än vad som antogs vid projekteringen (510 kW).

Under perioden 1985-1986, vilken var kallare än normalperioden 1951-1980, kan det verkliga effektbehovet uppskattas till maximalt ca 300 kW. Månadsmedeltemperaturen i Grövelsjön vintertid är emellertid något högre än i Särna, varför effektbehovet vid de lägre temperaturerna troligen är något högre än diagrammet visar. Bortsett från denna felkälla kan dock fastslås att värmepumpen blivit överdimensionerad. Detta framgår än tydligare då det verkliga effektutnyttjandet studeras, figur 8.

Här kan utläsas att effektutnyttjandet (inkluderat hetgasväxlaren) sällan når över 50 % av värmepumpens totala kapacitet räknat som veckomedelvärme.



Figur 7 Varaktighetsdiagram för uppvärmningsbehovet vid Grövelsjöns fjällstation



Figur 8 Procentuell utnyttjandegrad av värmepumpens maxeffekt

### 3.3 Systemets funktion

#### 3.3.1 Driftserfarenheter

I samband med installationen av det nya värmesystemet byttes en del av radiatorerna ut, dock inte alla. Detta medförde att man i början fick vissa klagomål från gästerna på för låga rumstemperaturer.

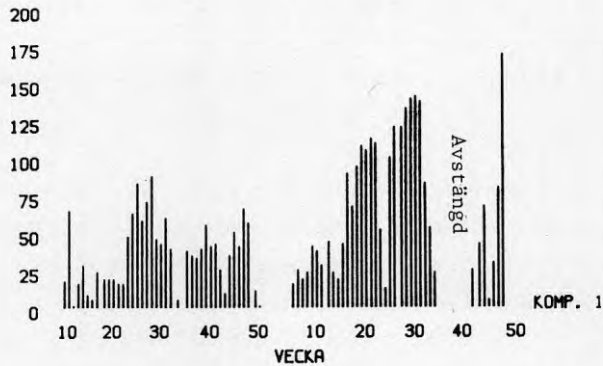
Från början fungerade inte heller varmvattenberedningen fullgott, men efter det att styrningen av denna ändrats verkar det fungera tillfredsställande.

Under den period som värmepumpen har varit i drift har man haft problem med ljudstörningar till ovan liggande lägenhet. Lägenheten utnyttjas inte förrän att orsaken har åtgärdats.

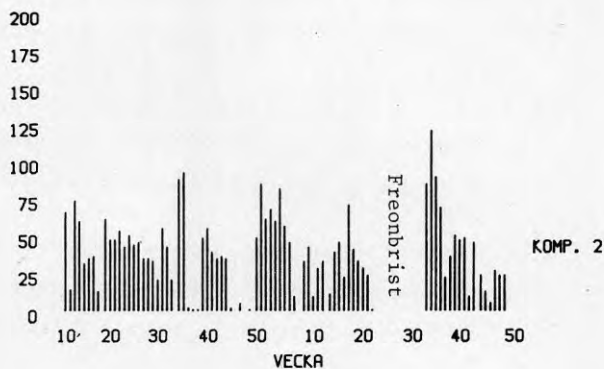
Anläggningen har haft problem med freonläckage och kompressorerna har vid ett flertal tillfällen stått stilla. Väntetiderna för att få felen åtgärdade har tidvis varit långa.

Det senaste driftstoppet, januari-februari 1987, varade i två veckor.

Under sommarperioderna förekommer långa perioder då antalet starter per dygn ligger runt 100 och värden på 175 starttillfällen per dygn har uppmätts (figur 9 och 10). Detta förhållande är inte tillfredsställande med tanke på maskinellt slitage. Det framkom under en kontroll i mars 1987 att en kanalfläkt på ventilationssystemet skulle ha orsakat störningar i elnätet. Detta skulle då ha stört tillslagsräknaren och förstört kontaktorer på värmepumpen.

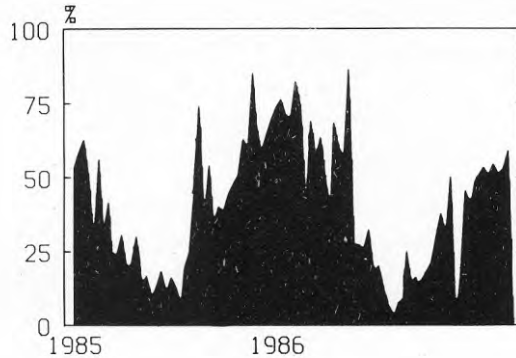


Figur 9 Antal tillslag/dygn, kompressor 1



Figur 10 Antal tillslag/dygn, kompressor 2

Den veckovis uppmätta gångtiden för värmepumpen sett och som procent av tid redovisas i figur 11.



Figur 11 Gångtid/vecka sammantaget för värmepumparna (% av tid)

Diagrammet följer det årstidsbundna energibehovet i stort men avspeglar också den typ av driftstörningar som nämnts ovan. Dessa framträder som gångtidssvackor (jfr med fig 9 och 10).

Diagrammet visar också att tillgänglig effekt aldrig nyttjas fullt ut (jfr med fig 7 och 8).

Under perioden 1985 levererade anläggningen 565 MWh på radiatorsidan, vilket motsvarar en ekvivalent fullasttid av 2742 timmar och en energitäckningsgrad av 91 %.

År 1986 levererade anläggningen på radiatorsidan 512 MWh, vilket motsvarar en ekvivalent fullasttid på 2485 timmar och en energitäckningsgrad av 91,2 %.

Produktionen av varmvatten har varit svårare att övervaka på grund av den trasiga värmemängdsmätaren (EM 2). Under det första halvåret hade man problem med att få fram

tillräckligt med varmvatten till anläggningen. Projektören gjorde vissa förändringar den 23 augusti 1985 då styrningen kopplades till en i varmvattenberedaren placerad givare, vilken kallar på värme då varmvattenbehovet överstiger värmebehovet.

Under 1985 levererade hetgasväxlaren 40 MWh (beräknad), vilket innebär en energitäckningsgrad av 36 % av varmvattenbehovet. Motsvarande siffror för 1986 är 49 MWh och en energitäckningsgrad på 39 %.

Elförbrukningen till elpatronerna har legat mycket högt under långa perioder. Under 1985 producerades 70 MWh med elpatronerna vilket motsvarar en genomsnittlig effekt av 8 kW.

Under 1986 producerades 78 MWh motsvarande en genomsnittlig effekt av 8,9 kW.

Vid ett besök på platsen, den 29/8 1986, konstaterades att temperaturinställningen för elpatronerna var för högt ställd och den justerades därför ned till 40°C. Det felet kan säkerligen tillskrivas att någon ändrat inställningen och sedan glömt återställa den. Under den resterande delen av året producerades 6,98 MWh vilket motsvarade en genomsnittlig effekt av 2,5 kW.

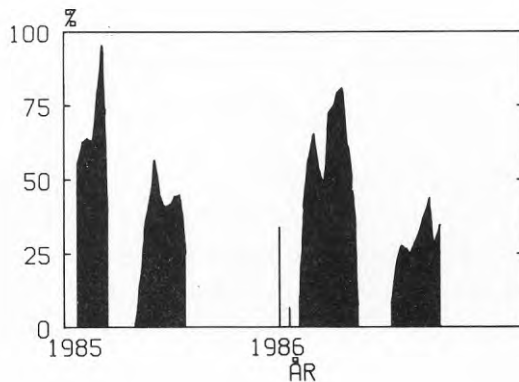
Tillskottsenergin från elpatronen verkar nu vara rimlig med avseende på levererad effekt. Funktionen på hetgasväxlaren är dock svår att få grepp om på grund av den trasiga värmemängdsmätaren.

3.3.2 Beläggningens inverkan på varmvattenförbrukningen  
Grövelsjöns fjällstation har öppet under två perioder, 1 februari-26 april och 14 juni-21september.

Utöver detta har man på försök hållit öppet 1-2 veckor över nyår, såväl 1985-86 som 1986-87.

En stor del av året har alltså stationen stängt, därav några vintermånader. Detta borde göra det möjligt att genom temperaturnedsättningar och inreglering av värmesystem, pumpar etc avsevärt minska energiförbrukningen.

En konsekvent temperaturnedsättning baserad på en ordentlig genomgång och noggranna anvisningar skulle minska driftskostnaderna och belastningen på kollektorytorna. Därmed blir också beläggningsstatistiken, figur 12, av intresse.



Figur 12 Grövelsjöns fjällstation. Procentuell beläggningsstatistik

För att få en uppfattning om hur styrningen av anläggningen ska läggas upp kan man t ex titta på varmvattenförbrukningen som är direkt relaterad till antalet övernatande personer.

En jämförelse mellan beläggnings- varmvattenförbrukning visas i tabell 9.



Som framgår av tabellen föreligger en betydande varmvattenförbrukning också när stationen är stängd. Vidare tycks det inte finnas någon direkt korrelation mellan beläggningsgrad och effektförbrukning.

Tabell 9 Elpatroner och effektbelastning relaterad till antal gäster

	Tidsavsnitt	Elpatron genom- snittlig utnyttjad effekt	Antal över- nattningar
Period 1	850304 - 850429	8,2 kW	5602
Period 2	850429 - 850610	6,5 kW	stängt
Period 3	850610 - 850923	11,7 kW	4767*
Period 4	850923 - 860203	4,0 kW	499
Period 5	860203 - 860428	12,1 kW	8276
Period 6	860428 - 860609	14,0 kW	stängt
Period 7	860609 - 860921	13,5 kW	3824*
Period 8	860921 - 861231	1,0 kW	stängt*

\* Enstaka uppgifter om beläggningsgrad saknas

Sammanfattningsvis torde det finnas förutsättningar för att reducera varmvattenförbrukningen genom en konsekvent nedreglering och kontroll av inställda temperaturvärden, särskilt under stationens stängda perioder.

#### 4. KALLA SIDANS FUNKTION

##### 4.1 Analys av dimensionerande förutsättningar

###### 4.1.1 Allmän handlingsgång

Vid anläggande av en ytjordvärmekollektor bör någon form av dimensioneringsunderlag upprättas. Det innebär att man skall balansera effekt och energiuttag till klimatet och gentemot markens termiska egenskaper. Vissa faktorer är av större intresse än andra.

De klimatfaktorer som har störst inverkan är lufttemperatur och snötäckning.

Markkollektorns viktigaste egenskaper är vattenhalt och jordartens värmeledningsförmåga (värmekonduktivitet).

För att utröna balansen mellan möjligt energiuttag visavi klimat och markegenskaper har I. Rehn, J. Sundberg och B. Modin konstruerat dimensioneringskurvor för tre olika klimatologiskt skilda platser. I rapporten (BFR R:13 1984 "Dimensionering av ytjordvärmekollektor") redovisas en arbetsgång för dimensionering och undersökning av markkollektorn.

Följande uppställning följer i stort denna arbetsgång.

###### 4.1.2 Jordartsanalys och torvvolym

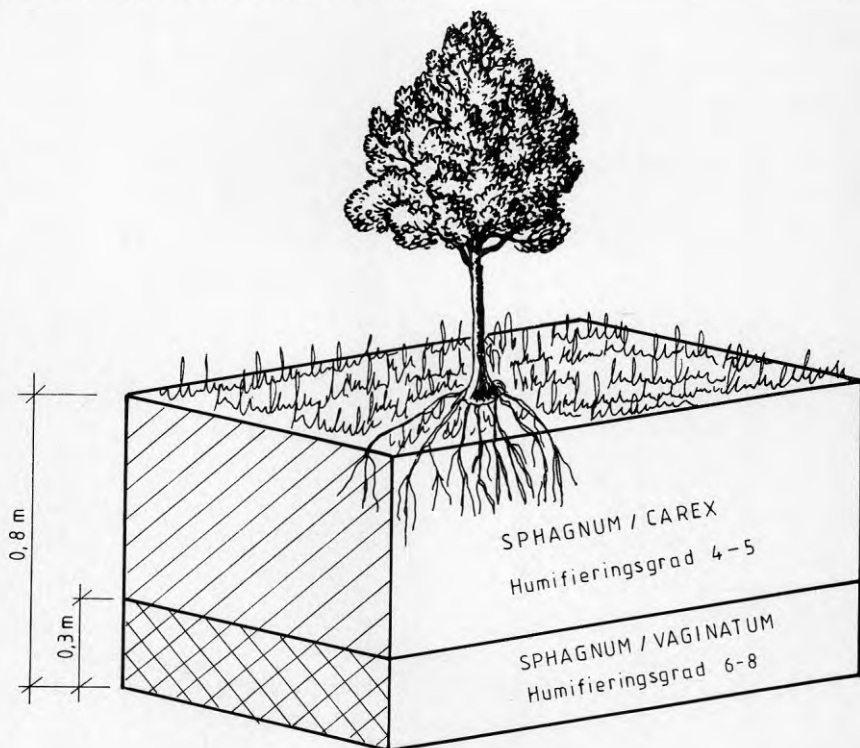
I november 1984, efter det att kollektorn var färdigställd, genomfördes en provtagning för analys av jordartstyp.

Provtagningen utfördes med ett Rysseborr i sex olika punkter. Det gjordes en bestämning i fält av torvtyp, humifieringsgrad och torvmäktighet. Ett representativt antal prover samlades in för bearbetning i laboratoriet.

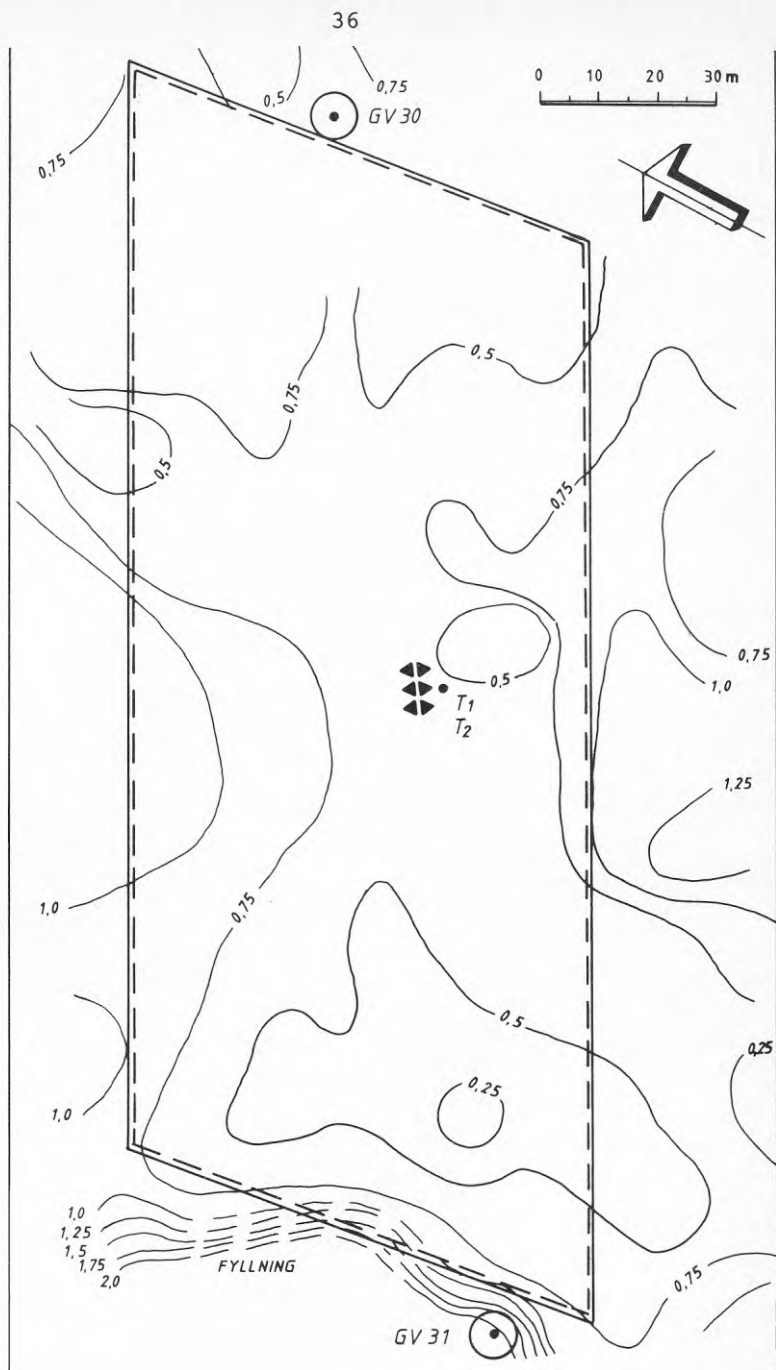
De prover som togs användes dels för att verifiera jordartsbestämningen, dels för att bestämma skiktens värmekonduktivitet.

Torven var över hela ytan relativt homogen och kan schematiskt beskrivas som i figur 13.

Sonderingen av kollektorerna resulterade i kartor över torvdjup och kollektorutbredning, vilka redovisas i figur 14A och B. Här har också mätpunkterna för temperatur och grundvattennivåer markerats.

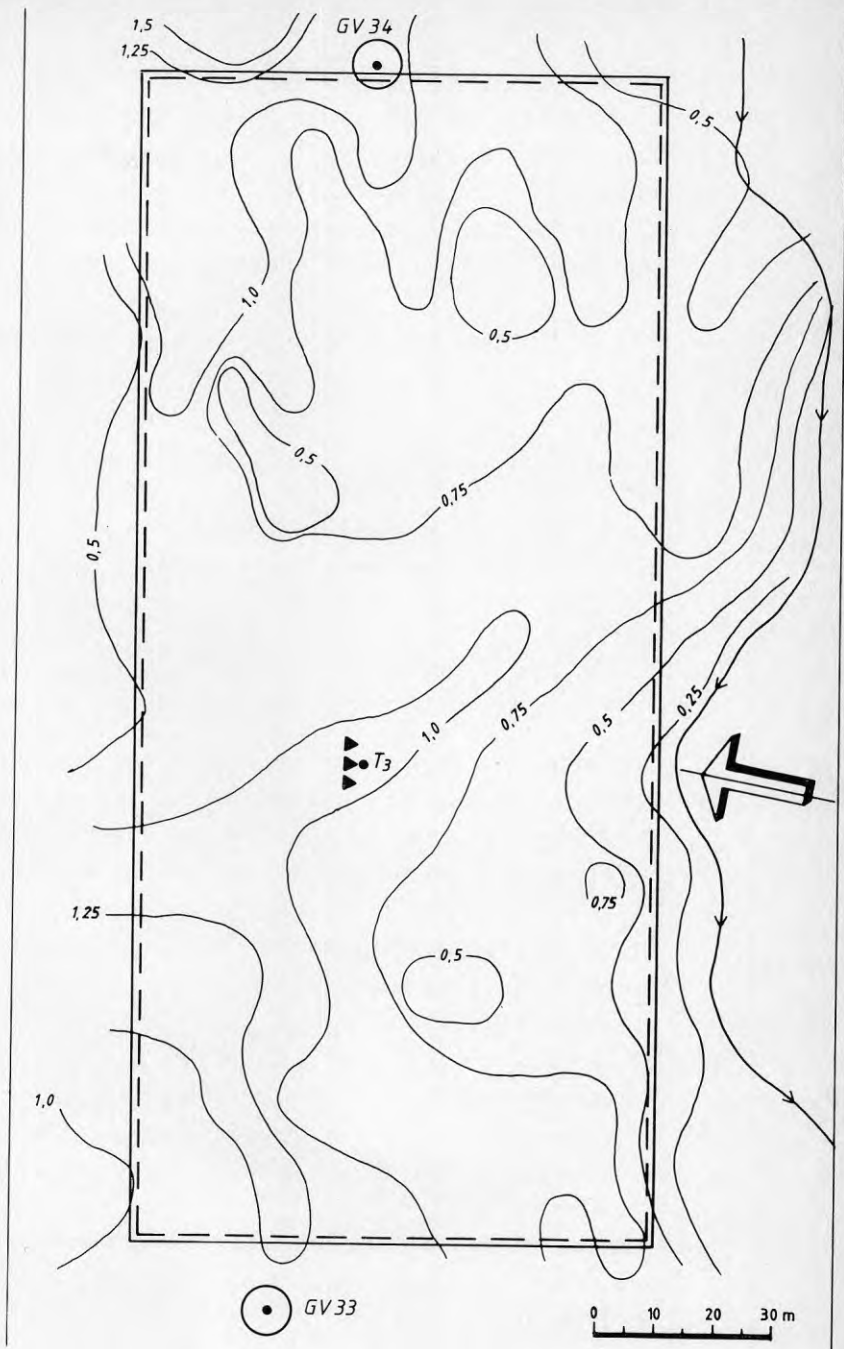


**Figur 13** Principiell modell över torvuppbbyggnaden i ytjordvärmekollektorerna



Figur 14A Torvdjup inom kollektor A

Sågtandsmarkering anger plats för temperaturmätning i både vertikal och horisontell led. GV står för grund vattenobservationsrör



**Figur 14B** Torvdjup inom kollektor B  
 Sågtandsmarkering anger temperaturmättningsplats  
 vertikalt. GV står för grundvattenobservations-  
 rör

#### 4.1.3 Termiska egenskaper

De mätdata avseende jordarternas värmekonduktivitet som togs fram i laboratoriet har sammanställts till en tabell omfattande tre olika nivåer, där medelvärde respektive högsta och lägsta värde redovisas. Tabellen bygger på mätningar på 18 stycken prover.

Tabell 10 Uppmätta värden på värmekonduktivitet  
( $\lambda$ ) i torven, ofruset tillstånd

Meter under mark	Medel W/mx <sup>°C</sup>	Max W/mx <sup>°C</sup>	Min W/mx <sup>°C</sup>	Antal analyser
0 -0,2	0,42	0,50	0,30	10
0,2-0,5	0,52	0,53	0,49	12
>0,5	0,56	0,58	0,53	14

Mätningarna genomfördes på CTH/GU med den skensonds-  
metoden. Metoden finns beskriven i jordvärmegruppens  
rapport nr 5, 1982 CTH/GU (Jan Sundberg: "Metoder för  
bestämning av värmeförande egenskaper i jord och berg").

För kontrolldimensioneringen har i övrigt uppgifter om  
torvens termiska egenskaper hämtats från BFR-rapport  
R13:1986 enligt

- värmekonduktivitet (K), fruset 2,0 W/m x °C
- värmekapacitet (C), ofruset 4,0 J/m<sup>3</sup> x °C
- värmekapacitet (C), fruset 2,0 J/m<sup>3</sup> x °C

Ofrusen värmekonduktivitet är enligt denna källa  
0,5 W/m x °C, vilket väl överensstämmer med de egna analys-  
värdena, se tabell 10.

De egna mätningarna antyder i övrigt att värmekonduktiviteten ökar något med ökat djup (se tabell 10). Detta har troligen att göra med en mot djupet ökad såväl packningsgrad som humifieringsgrad.

Provtagningstillfället (nov 1984) kan dock inte anses vara representativt för hela året. Det är bl a rimligt att anta att en viss upptorkning av markytan sker under sommarsäsongen, varför såväl värmekonduktivitet som värmekapacitet är lägre än uppmätta värden vid denna årstid.

Detta torde försämra återhämtningsförmågan i kollektorerna.

#### 4.1.4 Kollektorytornas läge och lutning

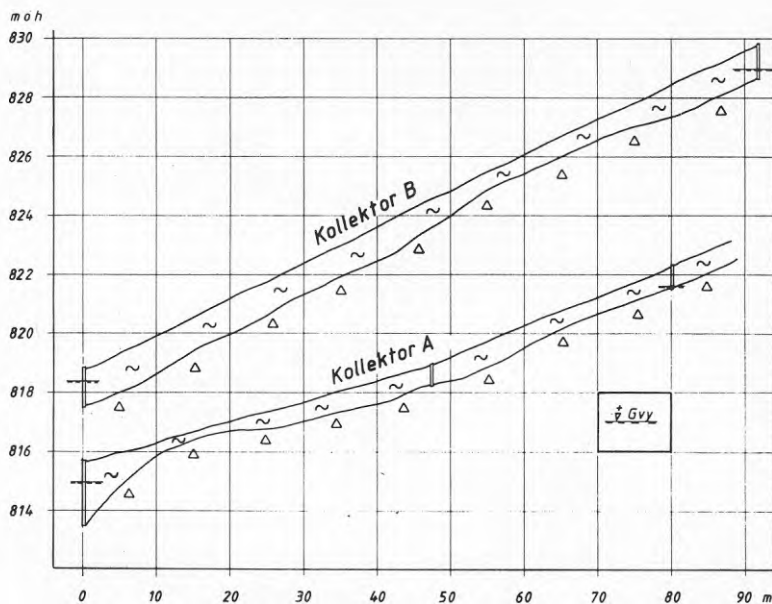
Bägge kollektorytorna ligger orienterade åt sydväst på Långfjällets västra sluttning.

Kollektor A har en lutning på ca  $4^{\circ}$  och kollektor B har en lutning på ca  $6^{\circ}$ .

Profilerna redovisas i figur 15.

I samma figur redovisas årsmedel vad avser grundvattenståndet i kollektorerna. Grundvattenytan följer i stort sett markytans gradient och antyder att grundvattendränningen är ytlig. Sannolikt sker huvuddelen av grundvattenflödet i övergångszonen mellan torv och morän/berg.

Kollektorernas placering på en syd-västlig sluttning medger goda instrålningssmöggheter av solvärme, främst under sommarhalvåret. Detta tillsammans med ett kontinuerligt grundvattenflöde bör teoretiskt sett inverka positivt på återladdningen av kollektorerna.



Figur 15 Längsprofil genom ytjordvärmekollektor A och ytjordvärmekollektor B samt inbördes nivåskillnad. Medelgrundvattenstånd under 1985 och 1986

#### 4.1.5 Klimatets inverkan

På SMHI i Norrköping, bedriver man ett forskningsprojekt som syftar till att kvantifiera det energitillskott som tillfaller markytan som en följd av den direkta solstrålningen.

Särna är en av de platser för vilken beräkningar gjorts.

Om man jämför en plan yta i relation till ett  $30^\circ$  sydvänt plan kan man se att den årstidsmässiga skillnaden är ca 20 % i inkommande strålning.

Överfört till Grövelsjön med snittlutningen  $5^\circ$  mot sydväst har överslagsmässigt beräknats ett tillskott av i storleksordningen 3 %, se tabell 11.

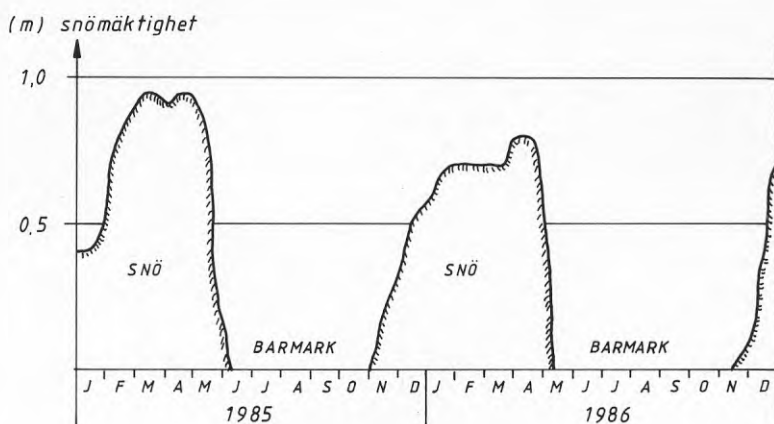


Tabell 11 Globalstrålning mot en horisontell respektive 30° lutande sydvänd yta samt beräknat för Grövelsjön

Månad	Solinstrålning (kWh/m <sup>2</sup> )		
	Plan yta	30° lutn	Vid Grövelsjön (5°C mot SV)
Januari	8,3	15,6	9
Februari	28,7	48,7	32
Mars	74,6	107,4	80
April	126,0	154,1	131
Maj	157,5	172,9	160
Juni	171,6	180,3	173
Juli	160,2	171,1	162
Augusti	121,5	140,4	124
September	70,9	93,0	75
Oktober	34,1	52,0	37
November	12,1	21,5	14
December	5,1	10,2	6
ÅRET	970,2	1176,1	1003

En stor del av nederbörden faller som snö. Snötäckets mäktighet har stor betydelse på grund av dess isolerande förmåga. Detta hindrar till en del tjälens nedträngning i marken. För att få data på snömäktigheten har denna registrerats på kollektor A. Snötäckets variation under åren 1985 och 1986 redovisas i figur 16.

Någon beräkning på hur snötäcket inverkar på kollektorernas energiomsättning har dock inte gjorts. Rent allmänt kan dock sägas att snön bidrager med isolering mot uteluft-kyla vintertid och att snösmältningen bidrager med ett energitillskott under vår-försommar (infiltration).



Figur 16 Snötäcket på kollektor A 1985-1986

#### 4.1.6 Inverkan av grundvattenströmningen

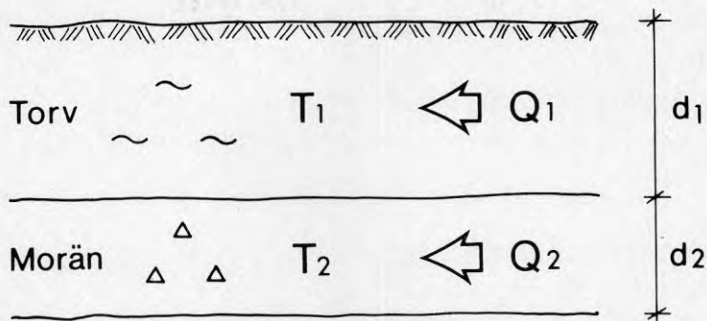
För att kunna uppskatta om grundvattenflödet genom kollektorn är av den digniteten att man kan motivera stora energi- och effektuttag, måste man kvantifiera och definiera en rad begrepp.

Kollektorerna består av torvjord, men i vissa lägen är kollektorn förlagd i eller i direkt angränsning till morän, se figur 15. (Förläggningsdjup av kollektorslang är ca 0,8-1,0 m under markyta.)

Den horisontella permeabiliteten för vitmosstorv med humifieringsgraden 4-5, uppgår till  $0,5 \times 10^{-5}$  m/s och den horisontella permeabiliteten för vitmosstorv med humifieringsgrad 6 är  $2,0 \times 10^{-5}$  m/s (BFR Rapport R22:1984 "Värme-lagring i torvmark", O. Andersson m fl).

Den sandiga-grusiga moränens permeabilitet anges till  $10^{-5} - 10^{-7}$  m/s. ("Jordartsanalys laboratorieanvisning del 2", Kvärtärgeologiska institutionen Stockholm 1978).

Förhållandet vid Grövelsjön är schematiskt illustrerat i figur 17.



T = Transmissivitet

Q = Flöde

d = lagermaktighet

Figur 17 Schematisk modell av grundvattenströmmen genom kollektorn

Om grundvattengradienten är känd kan flödet genom kollectorvolymerna beräknas enligt

$$Q = k \times i \times A$$

där A = genomströmningsarean ( $m^2$ )

k = hydraulisk konduktivitet (m/s)

i = flödesgradienten (-)

Q = flöde ( $m^3/s$ )

Gradienten för grundvattnet i kollector A har genomsnittligt uppmätts till 5,5 % och för kollector B till 7,6 %.

Grundvattenytans nivå under mark varierar dock under året. Periodvis ligger den vid markytan och sjunker maximalt till ca 0,8 m under mark. Amplituden på grundvattenytan är högre i de övre liggande delarna av kollektorn.

Förutsättes att medelmäktigheten ( $d_1$ ) av torv är 0,6 respektive 0,8 och "kollektoraktiv" morän ( $d_2$ ) är 0,4 respektive 0,2 m kan genomströmningen (Q) per år beräknas. I aktuellt fall fås då

- kollektor A  $642 \text{ m}^3/\text{år}$
- kollektor B  $983 \text{ m}^3/\text{år}$

Om man antar att grundvattentemperaturen som snitt över året ligger på ca  $+2^\circ\text{C}$  och vid passage av kollektorytorna avger  $1,5^\circ\text{C}$  fås ett tillskott per år till respektive kollektor på i storleksordningen

- kollektor A =>  $1120 \text{ kWh}/\text{år} = 1,12 \text{ MWh}/\text{år}$
- kollektor B =>  $1716 \text{ kWh}/\text{år} = 1,72 \text{ MWh}/\text{år}$

Detta ger ett genomsnittligt tillskott per kvadratmeter på  $0,25 \text{ kWh}/\text{m}^2 \times \text{år}$

Det energitillskott som fås från grundvattengenomströmningen är således av försumbar betydelse. Det skall dock sägas att analysen är grovt förenklad och anger enbart storleksordning. Hänsyn har bl a inte tagits till eventuella djupare grundvattenflöden och deras värmeavgivning uppåt. Inte heller har några randvillkor lagts in.

Av större vikt än genomströmningen är nivån till grundvattenytan och de förändringar i termiska egenskaper detta ger.

Som ett genomsnitt utifrån mätdata kan man anta att grundvattenytan ligger 0,4-0,5 m under mark (figur 15).

#### 4.2 Kontrolldimensionering av kollektorerna

I BFR R13:1986 redovisas ett antal diagram för tre olika klimattyper och olika jordar.

Av de klimattyper som redovisas ligger Luleå närmast Grövelsjön. Årsmedeltemperaturen för Luleå är  $+2^{\circ}\text{C}$  (antal graddagar 5480) och för Grövelsjön  $0,8^{\circ}\text{C}$  (antal graddagar 5580). Dock kan man förvänta sig mäktigare snötäcke i Grövelsjön än i Luleå. Därför kan man rimligen anta samma dimensioneringsdiagram för Grövelsjön som för Luleå.

Med hjälp av bland annat diagram på värmepumpens prestanda och dimensioneringsdiagram tas ett antal andra parametrar fram, vilka används för beräkningen.

E (kWh)	Årligt energibehov
e (kWh/m <sup>2</sup> )	Lämpligt energiuttag ur kollektor enligt dimensioneringsdiagram (kWh/m <sup>2</sup> och år)
Q <sub>1</sub> (W)	Maximalt effektbehov
Q <sub>0</sub> (W)	Max effekt enligt dimensioneringsdiagram som tas ur kollektorn
Q <sub>2</sub> (W)	Max effekt från jordvärmekollektorn (effekt på förångarsidan) då Q <sub>1</sub> produceras
TQ <sub>2</sub> (°C)	Lägsta inkommande köldbärartemperatur då värmepumpen kan avge Q <sub>1</sub>

$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperaturdifferens mellan inkommande och utgående köldbärartemperatur
$T_0$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Lägsta beräknade köldbärartemperatur som medelvärde av inkommande och utgående köldbärartemperatur
$T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Årsmedelköldbärartemperatur
$\emptyset_0$	Värmefaktor då $Q_1$ produceras, ca 2,9
$\emptyset$	Årsvärmefaktor vid $T$

Enligt projekteringsunderlaget gäller:

$$E = 935 \text{ MWh}$$

$$Q = 229 \text{ kW}$$

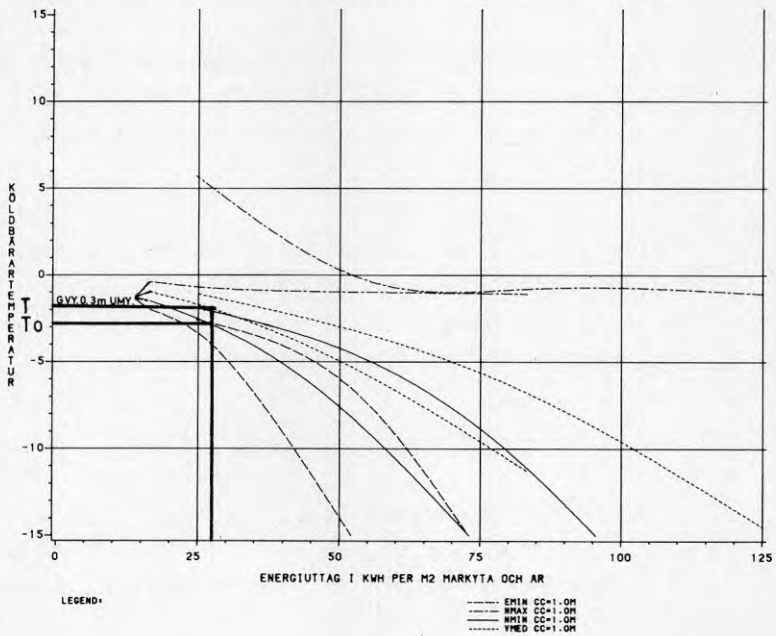
$T_{Q_2}$ , den lägsta inkommande temperaturen är  $-2^{\circ}\text{C}$  och  $\Delta T = 3,5^{\circ}\text{C}$ .

$T_0$  kan då räknas fram till  $-2,75^{\circ}\text{C}$ .

Med hjälp av  $T_0$  går man sedan in i diagrammet, figur 18, där man tar hänsyn till såväl förläggningsdjup som slangavstånd (i diagrammet antas ett slangavstånd på 1,0 m). Från det  $T$  som fås kan  $\emptyset$  årsmedelvärmefaktorn bestämmas (för exakt tillvägagångssätt hänvisas till rapporten R:13 1986).

Ur dimensioneringsdiagrammet kan man utläsa att  $e$  (lämpligt energiuttag per kvadratmeter och år) är ca  $26-27 \text{ kWh/m}^2 \times \text{år}$  samt utläsa  $T$  (årsmedelköldbärartemperaturen). Med hjälp av  $T_0$  och data på värmepumpens prestanda kan årsvärmefaktorn ( $\emptyset$ ) uppskattas.

LULEÅ JORD1 VATTENMÄTTAD OCH MED GVV 0.3M UMY  
NIVA=0.6 M OCH VARAKTIGHET=TOPP



Figur 18 Dimensioneringsdiagram från BFR R:13 1986

Från detta kan erforderlig markyta respektive slanglängd beräknas

(b = faktiskt avstånd mellan slangar = 1,2 m)

$$A = (E/e) (1-1/\phi_0) \quad \text{yta}$$

$$l = A/b \quad \text{slanglängd}$$

Med den framtagna årsmedelvärmefaktorn 3,1 fås då för en torvkollektor med grundvattenytan 0,3 m under mark och klimat som Luleå

$$A \Rightarrow 23\,500 \text{ m}^2$$

$$l \Rightarrow 19\,500 \text{ m}$$

vilket ungefärligen innebär att ett uttag på ca 26 kWh/m<sup>2</sup> borde vara möjligt, maximal effekt belastning uppgår till ca 8 W/m. Detta innebär en relativt försiktig dimensionering.

Maximal 10-dygnsbelastning som kan tas ur markkollektorn vid den belastningsvaraktighet som förutsätts i dimensioneringsdiagrammet blir då

(Konstanten för s k toppeffektsbelastning  $K=0,3$ )

$$Q_0 = l \times b \times e \times K$$

$$Q_0 \Rightarrow 190 \text{ kW}$$

$$q_0 \Rightarrow 9,72 \text{ W/m}$$

Värmepumpsprestanda ger:

$$Q_2 \Rightarrow Q_1 (1 - 1/\phi_0)$$

$$Q_2 = 152 \text{ kW}$$

$$q_2 = 7,79 \text{ W/m}$$

$Q_0$  skall jämföras med  $Q_2$  om  $Q_0 > Q_2$ , kan kollektorytan minskas något. Grovt uppskattat fås då

$$\text{ca } 152000/9,7$$

$$\text{ca } l = 15670 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A \text{ ca } 19000 \text{ m}^2$$

En ungefärlig uppskattning av behövlig yta vid Grövelsjön uppgår då till

$$A = 20000 \text{ m}^2$$

$$l = 16600 \text{ m}$$



vilket ger en max belastning 9,15 W/m och enligt projekteringen ett årligt energiuttag av 30,5 kWh/m<sup>2</sup>.

Denna dimensionering tar inte hänsyn till de i viss mån fördelaktiga faktorer som föreligger, såsom terrängläge, grundvattenyta och snötäckning.

Kollektorytorna vid Grövelsjön består som tidigare sagts av

$$A \Rightarrow 11\,000\text{ m}^2$$

$$l \Rightarrow 9\,400\text{ m}$$

vilket enligt projekteringen ger en belastning av ca 55 kWh/m<sup>2</sup> och en max belastning 16 W/m.

#### 4.3 Temperaturutveckling i kollektorerna

För att klarlägga hur effektuttaget påverkar torvkollektorn har marktemperaturer samt brinetemperatur registrerats.

Mätning har skett på tre olika platser. Två vertikala profiler har registrerats, en på vardera kollektorn samt en horisontellt utlagd mätslinga mellan två kollektorslangar. Mätning av marktemperaturen har skett varje månad.

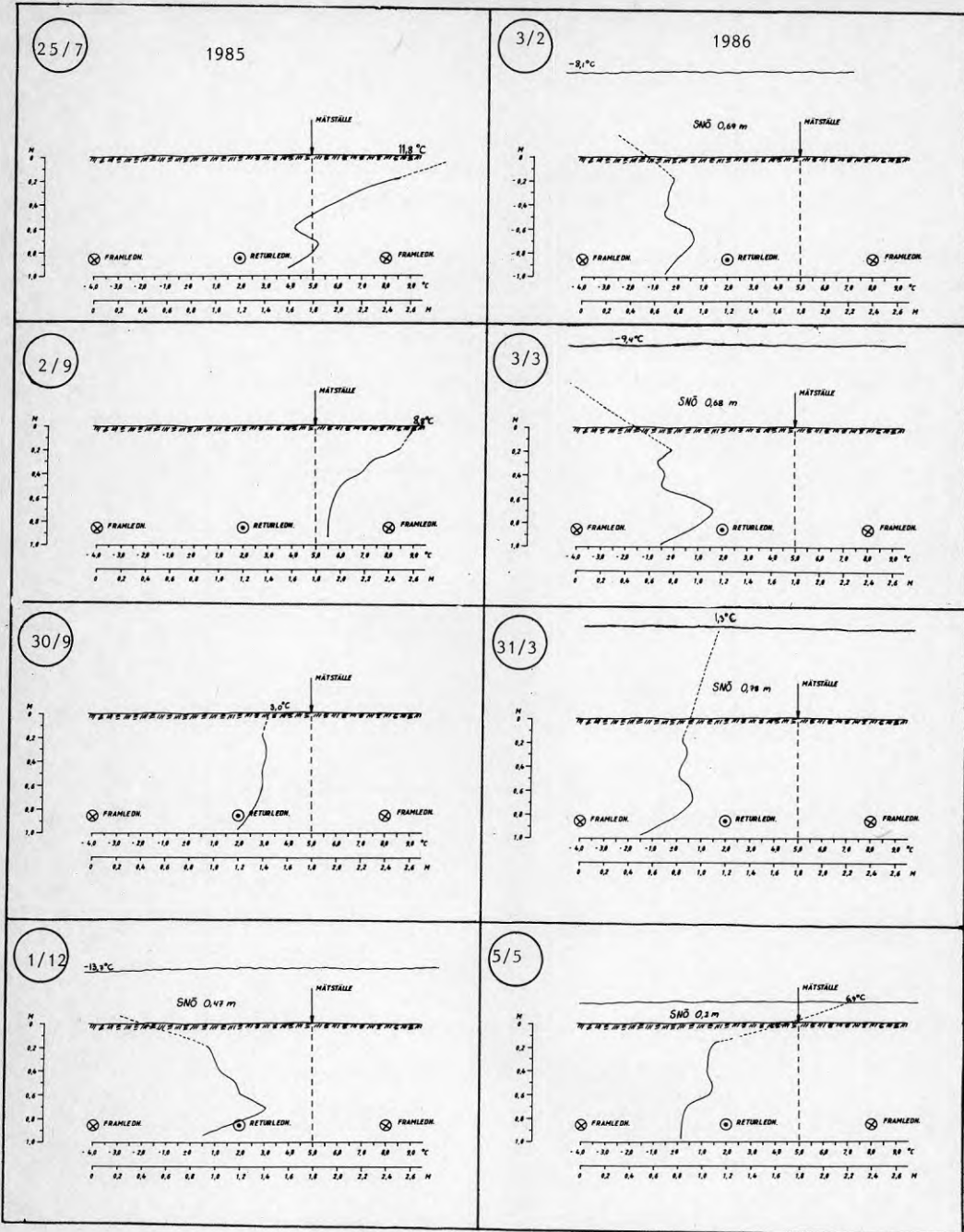
Registrering av ingående och utgående brinetemperatur har skett varje vecka.

I figur 19A och B samt 20A och B redovisas temperaturutvecklingen såväl vertikalt som horisontellt mellan kollektorslangar.

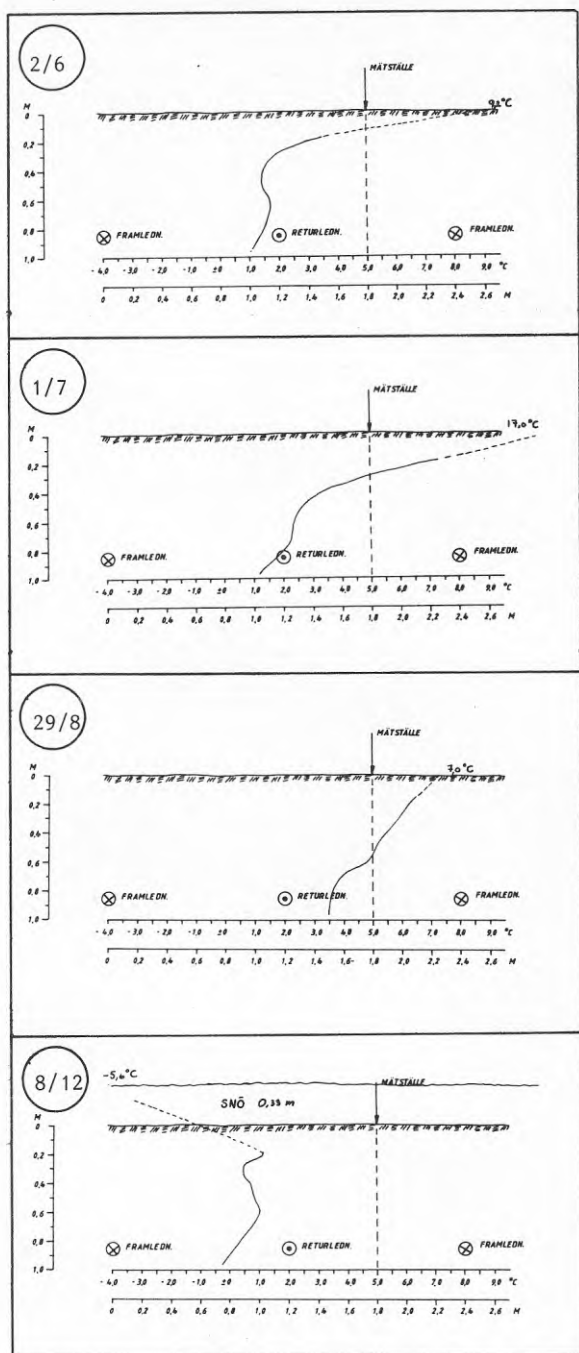
Temperaturmätningarna i markskiktet visar inte på någon drastisk temperatursänkning och någon markant kvardröjande effekt av energiuttaget.

Noterbart är att inte lägre temperaturer än  $-3^{\circ}\text{C}$  uppmätts i anslutning till slangen.

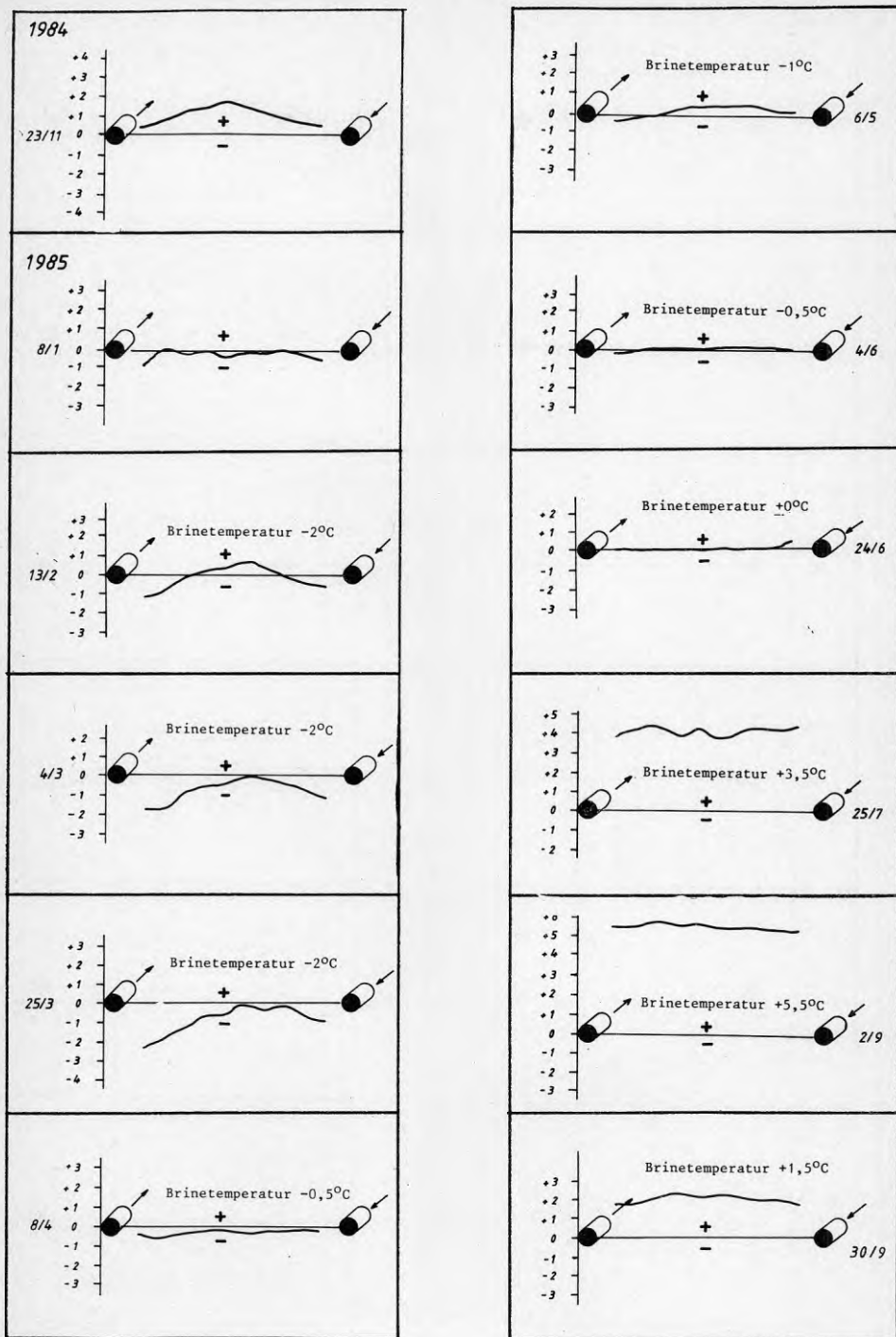
Ett annat sätt att analysera kollektorernas temperaturutveckling är att studera kurvan över ingående brinetemperatur till värmepumpen. Som figur 21 visar finns en tendens till fortvarig nedkylning av kollektorerna om man enbart betraktar "sommartopparna". Detta fenomen kan emellertid också förklaras som en kvardröjande effekt av den kalla vintern 1985-1986. För att helt klarlägga om en kontinuerlig nedkylning av kollektorerna äger rum måste brine- och marktemperatur studeras över ett betydligt längre tidsintervall än vad som nu varit fallet.



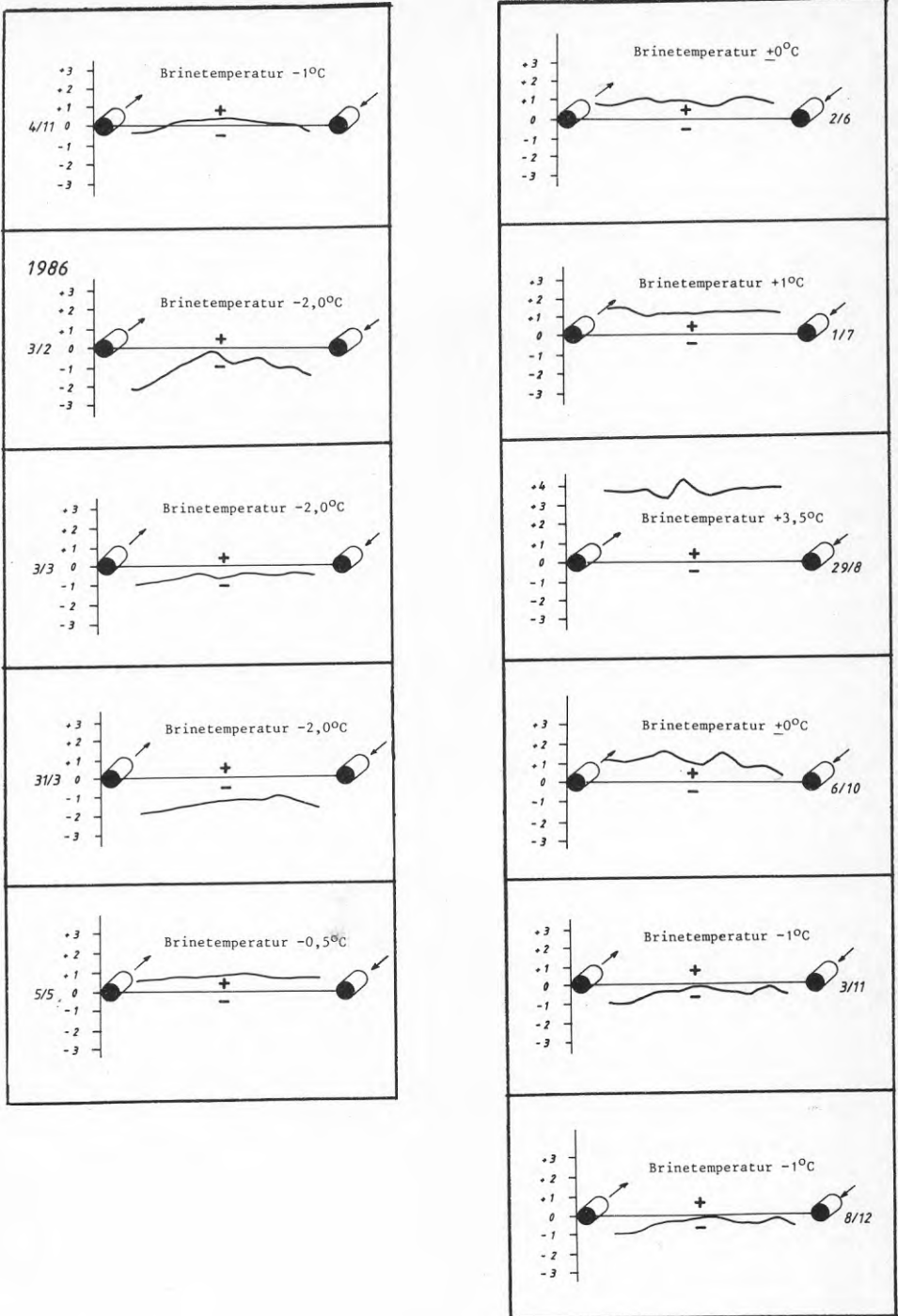
Figur 19A Vertikala temperaturprofiler i torvkollektorn



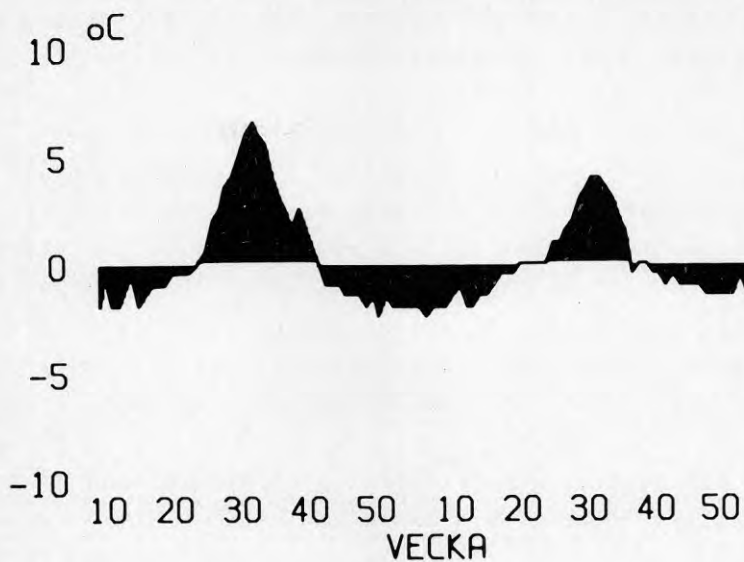
Figur 19B Vertikala temperaturprofiler i torvkollektorn



Figur 20A Horisontella temperaturprofiler mellan kollektorslangar

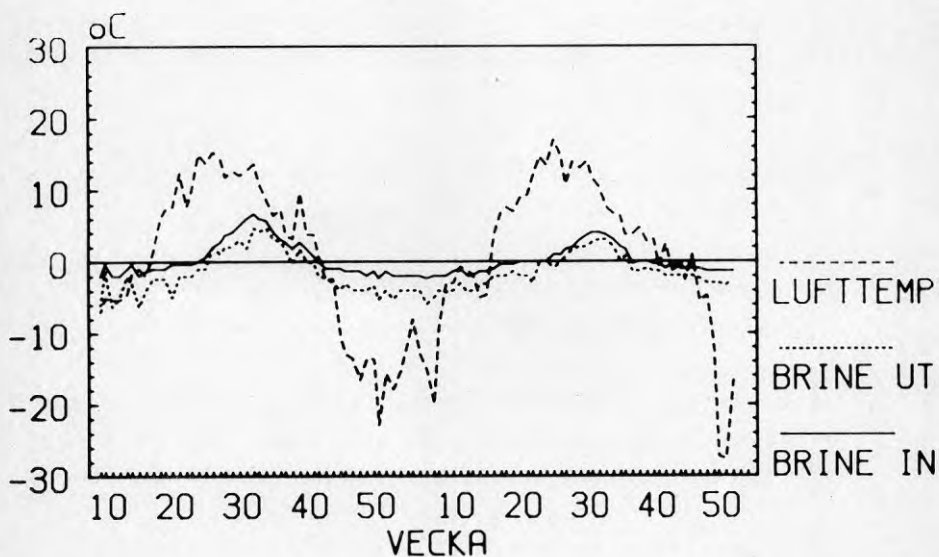


Figur 20B Horisontella temperaturprofiler mellan kollektorslangar



Figur 21 Ingående brinetemperatur

Nedkylnings- respektive återhämtningsförloppen i kollerorerna som funktion av utelufttemperaturen framgår av figur 22.



Figur 22 Temperaturförloppet i kollektorerna jämfört med utelufttemperaturen

Som framgår av figuren märks en tydlig fördröjning av reagensen i kollektorerna, i storleksordningen 2-3 månader.

#### 4.4 Energiuttagsmöjligheter från kollektorerna

Baserat på de data som presenterats i rapporten kan man resonera kring energiuttags möjligheter ur kollektorerna.

Enligt den reviderade kollektordimensioneringen som gjorts i denna rapport har framräknats ett värde på möjligt energiuttag till  $30,5 \text{ kWh/m}^2$  och år (jfr kapitel 4.2).

Det energiuttag som projekteringen baserar sig på är betydligt högre ( $50-55 \text{ kWh/m}^2$ ).

Då energibehovet inte uppgår till projekterat (1100 MWh) kommer dock denna belastning inte att uppstå med nuvarande förutsättningar.

Några faktorer pekar på att energiuttagsmöjligheterna är något större än de teoretiskt beräknade, nämligen.

- grundvattenytans läge ligger i marknivå vid snösmältningen och medger en "snabb" temperaturhöjning i markprofilen,
- kollektorytornas terrängläge medger ca 3 % högre solinstrålning än en plan yta per år och
- snötäcket är något mäktigare än i Luleå (den ort som dimensioneringsdiagrammet är konstruerat för).

Dessa faktorer innebär att man kan tillåta ett något högre energiuttag än  $30,5 \text{ kWh/m}^2$  och år. Den uttagna energimängden för uppföljningsperioden uppgår till



1985 32,3 kWh/m<sup>2</sup>  
1986 30,1 kWh/m<sup>2</sup>

På de temperaturmätningar som gjorts i markprofilen finns inga säkra indikationer på att kollektorerna fortlöpande kylts ner under nuvarande driftsituation. Tänkbart är dock att den fallande "sommartoppen", se figur 21, visar på en begynnande nedkylning, vilket i så fall antyder att nuvarande belastning ligger nära det faktiskt möjliga.

Av denna anledning bör energiuttaget vid Grövelsjöns fjällstation ej överstiga 30-40 kWh/m<sup>2</sup> under ett klimatiskt normalår.

## 5. EKONOMISKT DRIFTUTFALL

Utgående från värmeproduktionens storlek och fördelning under uppföljningsperioden, har anläggningens lönsamhet jämfört med en elpanneinstallation med effekten 510 kW analyserats.

Analysen omfattar enbart energikostnader och tar således inte hänsyn till kapitalkostnaden.

För analysen gäller följande för perioden genomsnittliga priser på primäre energi:

- elpris, rörligt	285:-/MWh
- fast avgift el VP-system	17.000:-
- dito 510 kW elpanna (normalt abonnemang)	72.000:-
- oljepris (Eol)	2.584:-/m <sup>3</sup>

Härutöver gäller för kalkylen

- service och underhåll värmepump	2 % av invest
- dito elpanna	1,5 % av invest
- pannverkningsgrad olja	0,8
- dito elpanna	1,0

Baserat på dessa förutsättningar kan den rörliga årskostnaden för energiproduktionen beräknas enligt tabell 11.

Som framgår av tabellen uppvisar värmepumpssystemet en årlig besparing av i storleksordningen 132.000:-.

Merinvesteringen för värmepumpssystemet uppgår till ca 900.000:- (kalkylmässigt), vilket ger en återbetalning av ca 6,8 år.

Tabell 11 Rörlig årskostnad för värmepumpssystemet  
jämfört med elpanneinstallation

Kostnads- post	VP-system		Elpanna	
	Energi (MWh)	Kostnad (kr)	Energi (MWh)	Kostnad (kr)
- el	314	107.000	709	274.000
- olja	52	16.800	-	-
- drift/ u-håll	-	24.000	-	6.000
Årskostnad		147.800		280.000

Det skall slutligen noteras att värmepumpssystemet är betydligt överdimensionerat. En bättre anpassad storlek hade säkerligen visat ett gynnsammare ekonomiskt utfall.

## 6. REFERENSER

Andersson, O m fl (1984): Värmelagring i torvmark,  
BRF R22:1984

Claesson, J m fl (1985): Markvärme - En handbok om  
termiska analyser, BFR T16:1985, T17:1985, T18:1985

Jansson, I, Lundin I (1984): Fysikaliska effekter av  
ytjordvärmeuttag. Simulerade uttag för olika marker och  
klimat, BFR R50:1984

Lundqvist, G (1951): Jordartskarta över Kopparbergs län,  
SGU, Ser. Ca nr 21

Rehn I, Sundberg J, Modin, B (1986): Dimensionering av  
ytjordvärmekollektor, Beräkningar med simuleringsmodell,  
BFR R13:1986

Svensson, T m fl (1984): Sjö och ytjord som värmekälla,  
Mätning och utvärdering av värmepumpsanläggning vid Ö  
Grevie, BFR R195:1984

Soyez, D (1971): Geomorfologisk kartering av nordvästra  
Dalarna. Forskningsrapport 11, Stockholms Universitet,  
Naturgeografiska Inst

Sundberg, J (1982): Metoder för bestämning av värmeöver-  
förande egenskaper i jord och berg. Jordvärmegruppen  
CTH/GU, Rapport nr 4 1982

Talme, I och Almén, I (1975): Jordartsanalys Laboratorie-  
anvisningar (sid 55, del 2). Kvartärgeologiska Inst,  
Stockholms Universitet 1978

Troedsson, I, Jansson, Lundkvist (1982): Ekologiska effekter av ytjordvärmeuttag. Markkemi, markfysik, markbiologi och växtodling, BFR R51:1982

Wilén, P (1985): Surteprojektet, 88 småhus med ytjordvärme. Markpåverkan. Jordvärmegruppen CTH/GU Rapport nr 18

# VARUINFORMATION

om klassificering, sammansättning och egenskaper

Utfärdandedatum 1986 01 02	Handelsnamn Brineol A
Tillverkare/Leverantör Kemetyl AB	Kemisk eller teknisk produktbenämning Värmeöverföringsmedium
Adress Box 43012 100 72 STOCKHOLM	Utfärdare/kontaktperson/avdelning Kurt Lindqvist
	tel nr 08/180090

## KLASSIFICERING ENLIGT SVENSK LAGSTIFTNING

Hälsofarlig vara <input type="checkbox"/> Gift <input checked="" type="checkbox"/> Vådligt <input type="checkbox"/> Nej	Brandfarlig vara <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2a <input type="checkbox"/> 2b <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> Brandfarlig gas <input type="checkbox"/> Nej
Bekämpningsmedel <input type="checkbox"/> Klass 1 <input type="checkbox"/> Klass 2 <input type="checkbox"/> Klass 3 Reg nr: <input checked="" type="checkbox"/> Nej	Explosiv vara Transportklass <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input checked="" type="checkbox"/> Nej
Märkningskategori(er) - Hälsofarlig vara <input type="checkbox"/> Mycket giftig <input type="checkbox"/> Starkt frätande <input type="checkbox"/> Giftig <input type="checkbox"/> Frätande <input type="checkbox"/> Hälsoskadlig <input checked="" type="checkbox"/> Irriterande <input checked="" type="checkbox"/> Övr hälsofarlig	<input checked="" type="checkbox"/> Mycket brandfarlig <input type="checkbox"/> Explosiv <input type="checkbox"/> Brandfarlig <input type="checkbox"/> Oxiderande

## TRANSPORTKLASSIFICERING

FN Förp.grupp FN nr 1170	IMDG (sjö) Class 3,2 Page 3074 EmS No 3-06 MFAG No 305	ADR/RID/ADR-S/RID-S (bil-tåg) Klass 3.3. (b)	DGR (flyg) Class 3
-----------------------------	---	---	-----------------------

## SAMMANSÄTTNINGSUPPGIFTER

A Ämnen som ger varan dess ev hälsofarlighet - ange om möjligt CAS-nr	Halt	Hyg. gränsv.	Anm.
95% Etanol CAS 64-17-5	89,5 vikt%	X	
Metyletylketon CAS 78-93-3	2,5 vikt%	X	
Metylisobutylketon CAS 108-10-1	2,0 vikt%	X	
B Andra ämnen			
1,2 - propandiol	6,0 vikt%		

## FYSIKALISKA/KEMISKA EGENSKAPER

Varubeskrivning (form, färg, lukt, viskositet etc) Klar, ofärgad, lättflytande vätska med karaktäristisk lukt.			
Kokpunkt +78 °C	Steln-/smältp -114 °C	Densitet 818 kg/m <sup>3</sup>	Rel. gasdens. (luft = 1) 1,59
Flampunkt +13 °C	Tändtemp +425 °C	Expl.omr. 3,5-15 vol%	Lösl. i org. lösn.medel
Ångtryck vid 43,8 mmHg 5,8 kPa	pH i koncentrat	Rel. avdunstningshastighet	Lösl. i de flesta org. lösn.medel
	pH i brukslösn. (%)	Eter=1: 0,1 BuAc=100:	Lösl. i vatten vid C° vikt% obegränsad
Spec. egenskaper eller risker: Reagerar explosionsartat med starka oxidationsmedel såsom kalciumhypoklorit, salpetersyra, väteperoxid samt kan bilda explosiva fulminater med vissa nitrater. Kan skada packningar, lackerade och målade ytor, skyddande och tätande fettbeläggningar och material av gummi.			

## BIOLOGISKA EGENSKAPER

LD <sub>50</sub> oralt rått	14 000 mg/kg
LD <sub>L0</sub> oralt hund	55 00 mg/kg

## ÖVRIG INFORMATION

Uppgifterna under fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper avser odenaturerad etanol

## INFORMATION OM RISKER OCH SKYDDSÅTGÄRDER

Utfärdandedatum 1986 01 02	Handelsnamn Brineol A
Produkttyp/användning  Värmeöverföringsmedium	Köparens benämning
	Hos köparen granskad av _____ Sign _____ Datum _____
<b>Märkning</b> Huvudtext Mycket brandfarligt	Farosymbol Brandflamma
<b>Hälsofara</b> (vid inandning, hudkontakt, stänk i ögon, förtäring) Inandning av höga halter kan ge huvudvärk, trötthet, yrsel, illamående, avtrubbat omdöme och försämrad reaktionsförmåga. Avfettar huden, vilket kan ge torr och narig hud. Stänk i ögonen ger stark sveda. Förtäring ger stark sveda i mun och svalg och i övrigt samma besvär som vid inandning. Efter förtäring av större mängder kan kräkning och medvetlöshet förekomma.	
<b>Brand- och explosionsfara</b>	Angorna kan redan vid temperaturer under rumstemperatur bilda explosiv blandning med luft. Kläder som blivit fuktiga av Brineol utgör brandrisk.
<b>Förebyggande åtgärder</b>	God ventilation. Vidtag åtgärder mot statisk elektricitet. Elektrisk jordning när etanol hälls eller pumpas. Förvaras åtskilt från antändningskälla. Rökning förbjuden.
<b>Personlig skyddsutrustning</b>	Skyddshandskar och glasögon rekommenderas vid direktkontakt och risk för stänk.
<b>Första hjälp</b>	Inandning Frisk luft  Hudkontakt Skölj av huden, tvätta med tvål och vatten  Stänkiögon Skölj rikligt med vatten. Kontakta läkare om besvär kvarstår  Förtäring Drink vatten. Till läkare om större mängder förtärts.
<b>Åtgärder vid brand</b>	Släck med vatten, pulver eller koldioxid.
<b>Spill och sanering</b>	Mindre mängder spolas bort med vatten. Större mängder vallas in med sand, jord eller liknande och samlas upp. Kontakta brandförsvaret vid större spill
<b>Företagsintern information</b> Uppgifterna tagna från Kemikontorets skyddsblad angående etanol och Nabert/Schön	









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 840302-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,  
Malmö.**

**R46: 1988**

**ISBN 91-540-4887-7**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6708046**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirkapris: 39 kr exkl moms**