



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

R130:1982

**Bergvärme, grundvattenvärme
och geotermi**

BFR-seminarium maj 1982

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>See</i>

*K
1982*

R130:1982

BERGVÄRME, GRUNDVATTENVÄRME OCH GEOTERMI

BFR-seminarium maj 1982

Dokumentationen sammanställd av
Ingvar Johansson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811449-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stiftelsen Bergteknisk Forskning - BeFo.

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

R130:1982

ISBN 91-540-3826-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

FÖRORD	5
Sten Bjurström, BeFo, ordf i Markvärme- gruppen	
ÖVERSIKT ÖVER VÄRMEKÄLLOR	7
MARKVÄRMEGRUPPENS SLUTSATSER	11
<u>FÖREDRAG I SAMMANDRAG</u>	17
Inledningsanförande	19
Sten Bjurström, BeFO	
I. LÄGESBESKRIVNING	21
<u>GRUNDVATTENVÄRME</u>	
Grundvattenvärme	23
Torgny Agerstand, VIAK AB	
Grundvattenvärme i Bommersvik	27
Lars O Ericsson, VIAK AB	
Värmepumpsystemet i Bommersvik	33
Margareta Gefwert, VIAK AB	
Kombinerat utnyttjande av yt- och grund- vatten som värmekälla	43
Leif Lemmeke, VBB	
<u>BERGVÄRME</u>	
Energibrunnar	57
Johan Tollin, AIB	
Bergvärme	65
Lars O Ericsson, VIAK AB	
<u>GEOTERMI</u>	
Geotermi i Skåne och på Gotland. Teknisk och ekonomisk analys	73
Olof Andersson, VIAK AB	
Geotermisk värme i Skåne	89
Leif Bjelm, LTH	
<u>MILJÖ</u>	
Grundvattenvärme - Miljöproblem?	99
Gert Knutsson, KTH	
<u>JURIDIK</u>	
Rätten till energi	103
Nils Åberg, VIAK AB	
<u>EKONOMI</u>	
Marginalkostnader för värmekälla	115
Tomas Hallén, Energiprojekt AB, sekr i Värmepumpsgruppen	

Kostnader för borrhningsarbete 121
Ingvar Johansson, VIAK AB

UTLANDET

State of the Art i USA 129
Peter Wilén, CTH

II. ANGELÄGNA TEKNIKOMRÅDEN 135

Brunnssystem för grundvattenvärme 137
Gunnar Gustafsson, VIAK AB

Grundvattenvärme - Termohydrauliska problem. 141
Johan Claesson, LTH

Termohydrauliska modeller 149
Hans Hydén, VBB

Borrhningsentreprenader i samband med
energiutvinning 155
Per Malmberg, Malmbergs i Yngsjö AB

Borrhningsentreprenad för energiutvinning ... 161
Jan Olov Eriksson, TGB

BILAGA 1 Beviljade forskningsmedel för
grundvattenvärme och geotermi..... 167
Byggeforskningsrådet

BILAGA 2 Rapporter och referenser 171
Byggeforskningsrådet

BILAGA 3 Litteratursökning 173
BYGGDOK

BILAGA 4 Deltagarförteckning 177

FÖRORD

För utvärdering av BFRs energiforskningsprogram har rådet tillsatt ett antal s k utvärderingsgrupper. Utvärderingsgruppen MARKVÄRME har till huvuduppgift att utvärdera och sammanställa kunskapsläget inom området värmeutvinning och värmelagring i mark och vatten. Gruppen består av Sten Bjurström, Bergteknisk Forskning - BeFo (ordförande), Per Olov Karlsson och Sven-Allan Eklund, Vattenfall, Carl Olof Morfeldt, Hagconsult samt Björn Svedinger, VIAK. Sven Erik Lundin är BFRs kontaktman i gruppen och Ulla Save Öferholm är för BFRs del ansvarig för informationsfrågorna.

Som ett led i utvärderingsarbetet har gruppen beslutat att genomföra ett antal utvärderingsseminarier. Under våren 1982 anordnas möten beträffande ytjordvärme, sjövärme och grundvattenvärme. Under hösten 1982 planeras möten beträffande olika former av lagring i mark och vattenmagasin.

För planering, genomförande och avrapportering av dessa möten har gruppen engagerat experter inom respektive delområde.

Torgny Agerstrand och Ingvar Johansson vid VIAK AB har svarat för seminariet GRUNDVATTENVÄRME.

Föreliggande rapport redovisar presentationer, förda diskussioner samt slutsatser av seminariet i Bommersvik den 12 och 13 maj 1982.

Markvärmegruppen har all anledning att varmt tacka seminarieledarna samt mötesdeltagarna för positiv medverkan och värdefulla bidrag.

För BFRs MARKVÄRMEGRUPP

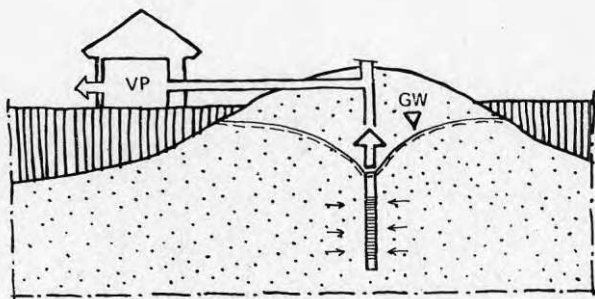
Sten Bjurström
Ordförande

ÖVERSIKT ÖVER VÄRMEKÄLLOR.

I detta avsnitt ges en kortfattad översikt av de värmekällor som diskuterades under seminariet.

GRUNDVATTENVÄRME

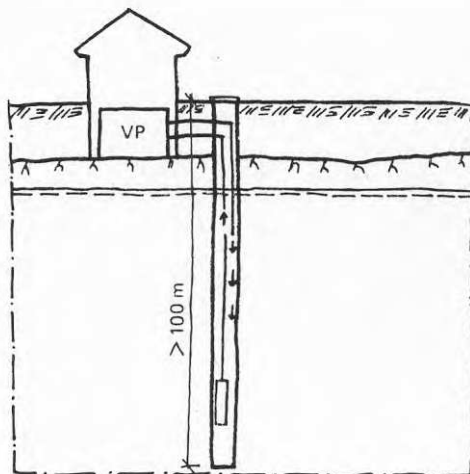
Med grundvattenvärme avses att man tar ut grundvatten ur en brunn, för det till värmepumpens förångare, där nedkylning av grundvattnet sker. Den tillgodogjorda värmen används sedan via värmepumpen för uppvärmningsändamål. Det avkylda grundvattnet avledes till en ytvattenrecipient eller återföres till grundvattenmagasinet via en infiltrationsbrunn eller infiltrationsdamm. Denna teknik är knuten till förekomsten av grundvatten. De största grundvattentillgångarna i Sverige återfinns främst i isälvsavlagringen och i sprickrika och porösa sedimentära bergarter. För utvinning av grundvatten av sådana formationer anläggs rörbrunnar, vanligen 10-30 m djupa i jordlager och 15-70 m djupa i sedimentära bergarter.



Figur. Princip för grundvattenvärme.
Ur IVA:s rapport 209

BERGVÄRME

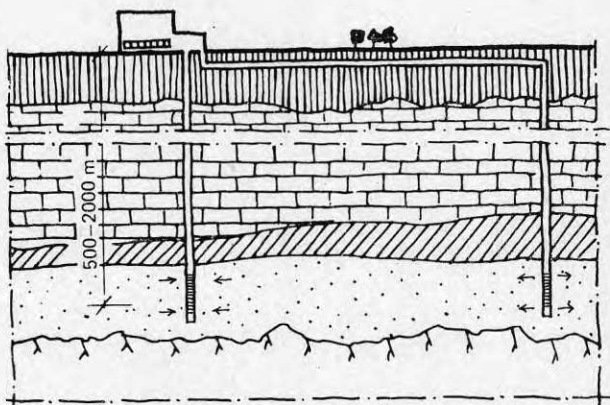
När det gäller bergvärmeanläggningar sker en värmewäxling redan i den bergborrade brunnen. Värme tillföres borrhålet genom värmeledning i bergmassan och den vattenomsättning som grundvattenflödet medför. Genom cirkulerande vatten i borrhålet (enligt figur) eller genom cirkulation av antifrysavätska i en kylslang som förts ned i borrhålet överföres värme till värmepumpens förångare. Tekniken kräver tillgång till lämplig berggrund, vilket finns i stora delar av Sverige. För utvinning av bergvärme krävs ett bergborrat hål till mellan 100 och 150 m djup.



Figur. Princip för bergvärme.
Ur IVA:s rapport 209

GEOTERMI

Med geotermi avses möjligheten att ur sandstensformationer, belägna på stora djup, utvinna varmt vatten för uppvärmningsändamål. Det värmefflöde som härrör från jordens inre medför att en sandsten på 1000 m djup håller en temperatur på $+35 - +40^{\circ}\text{C}$ och motsvarande temperatur för en sandsten på 2000 m djup är $+65 - +70^{\circ}\text{C}$. Vattnet i sandstensens porer håller samma temperatur. Det varma vattnet kan tas ut ur brunnar, som är nedförda till sandstensformationen, och via värmväxlare eller värmepumpar kan värmen i vattnet användas för uppvärmningsändamål. Det avkylda vattnet återföres till sandstensformationen genom en infiltrationsbrunn. Tekniken finner sin tillämpning inom områden med sedimentär berggrund, främst i Skåne och på Gotland. För utvinning av geotermalt vatten krävs brunnar som är mellan 500-2000 m djupa.



Figur. Princip för geotermi.
Ur IVA:s rapport 209

MARKVÄRMEGRUPPENS SLUTSATSER

Avsikten med seminariet GRUNDVATTENVÄRME var att ge Markvärmegruppen ett underlag för en utvärdering och sammanställning av kunskapsläget och utvecklingslinjer, främst i tekniskt avseende, inom området värmeutvinning ur mark och vatten.

Seminariet avgränsades till att i huvudsak behandla värmekällan, men detta gjordes utifrån en medvetenhet om de krav som värmepumpen ställer på en värmekälla. När det gäller utvärdering av värmepumpar hänvisas till en annan av BFRs utvärderingsgrupper, nämligen Värmepumpsgruppen.

Markvärmegruppen har i slutsatser sammanfattat det som uttrycktes i föredrag och diskussioner under seminariet.

Slutsatserna har redovisats under följande rubriker:

- Teknikläge
- Ekonomi
- Normsituation
- Marknadsförutsättningar
- FoU-behov

TEKNIKLÄGE

Brunns- och borrhningsteknik

Gemensamt för de värmekällor som behandlas under seminariet är att någon form av brunnsanläggning måste utföras för att göra värmekällan tillgänglig för värmeuttag. I Sverige utförs årligen ca 10 000 brunnar, i första hand för vattenförsörjning.

Brunnar som används för bergvärme och uttagsbrunnar för grundvattenvärme skiljer sig inte från vattenförsörjningsbrunnar. Brunns- och borrhningsteknik är således i detta sammanhang välkänd teknik.

När det gäller brunns- och borrhningsteknik i samband med geotermi är förhållandet ett annat. Eftersom det inte finns någon geotermisk anläggning i Sverige saknas både erfarenhet och utrustning för denna typ av brunnsanläggningar. Den djupborrning som används vid geotermiprojekt skiljer sig från borrhning för vattenförsörjning främst med hänsyn till casinghanteringen och den mängd testoperationer som måste genomföras under borrhningsarbetet. Bristen på kompetens i Sverige medför att brunnsentreprenaden måste handlas upp utomlands, i varje fall när det gäller borrhningsdjup som överstiger 400-500 m.

Vid geotermianläggningar och ofta även vid anläggningar för grundvattenvärme används två- eller fler-

brunnssystem, i syfte att återföra nedkyllt geotermal- och grundvatten. I samband med återföring förekommer igensättningsproblem i infiltrationsbrunnar. Kunskapsnivån inom detta område måste höjas genom FoU.

Små uppvärmningssystem

Bergvärmearbänläggningar är i första hand tillämpliga för enstaka hus eller mindre grupper av hus. I Sverige finns för närvarande ca 500 anläggningar i drift.

Grundvattenvärmearbänläggningens storlek är beroende av de lokala förutsättningarna av grundvattenuttag. Tekniken är tillämplig för enstaka hus, grupphusbebyggelse med gemensam värmecentral och som tillskottsvarme på fjärrvärmenät. För närvarande finns något hundratal små anläggningar i drift och 5-10 större anläggningar.

Mindre anläggningar för bergvärme och grundvattenvärme är från teknisk synpunkt så kända att man kan rekommendera dem. Det finns en rimlig mängd drifterfarenheter som styrker detta. Det är dock angeläget med en fortsatt uppföljning av anläggningar i drift.

Vad som behöver klarläggas beträffande de små uppvärmningssystemen är hur tätt bergvärmearbänläggningar kan placeras från termisk synpunkt.

Medelstora uppvärmningssystem

Tillgången på drifterfarenheter från större grundvattenvärmearbänläggningar, på några hundra kW och större, är dålig. Det fåtal anläggningar som existerar är i drift sedan en relativt kort tid tillbaka. Tekniken är i princip densamma som för små anläggningar. Några överraskande tekniska svårigheter kommer sannolikt ej att förekomma. De tekniska problemen har identifierats och omfattar bl a igensättningsproblem vid återföring och problem när det gäller att beräkna det minsta avståndet mellan uttagsbrunn och infiltrationsbrunn för att undvika termisk kortslutning.

Stora uppvärmningssystem

Som tidigare nämnts finns ingen anläggning för utvinning av geotermisk värme utförd i Sverige. Tekniken är emellertid så väl känd att man borde kunna bygga en första anläggning där förutsättningar finns. Det finns inga allvarliga tekniska kunskapsluckor som förhindrar ett byggande av en storskalig prototypanläggning. Geotermisk värme är tillämplig i större fjärrvärmenät.

EKONOMI

Att på förhand generellt exakt i kronor kvantifiera utbytet av en naturlig värmekälla är förenat med svårigheter. För en enhäls bergvärmeanläggning med en avgiven värmeeffekt på 2-4 kW från borrhålet kan t ex den specifika värmekälleekostnaden uppskattas till 5000-15 000 kr/kW bl a beroende på jordlagermäktigheten, det omgivande bergets ledningsförmåga och borrhingsdjup.

För en grundvattenvärmeanläggning med en uttagsbrunn och med en avgiven värmeeffekt på 250 kW från grundvattnet blir den specifika värmekälleekostnaden 1000-1500 kr/kW bl a beroende på avstånd mellan värmekälla och värmekonsumenter, geohydrologisk undersökningsinsats och djup till grundvattennivån.

I allmänhet minskar den specifika kostnaden för värmekällan med växande storlek på grundvattenvärmeanläggningen. På motsvarande sätt förhåller det sig med den största enskilda kostnadsposten för en grundvattenvärmeanläggning, nämligen värmepumpen, d v s den specifika värmepumpkostnaden minskar med växande storlek på värmepumpen. Detta gör att stora grundvattenvärmeprojekt, i vilka grupper av bebyggelse ingår, bedöms som mest ekonomiskt fördelaktiga.

Anläggningar för bergvärme och grundvattenvärme brukar vanligtvis dimensioneras för att täcka ca 80% av energiförbrukningen för uppvärmning, förutsatt att den naturliga värmekällan ej är begränsande.

För att bergvärme eller grundvattenvärme skall ge god värmeekonomi i enskilda villor skall dessa ha en stor energiförbrukning för uppvärmning.

Nyproducerad bebyggelse, som byggts enligt SBN 75, är energisnål. Tillämpning av bergvärme eller grundvattenvärme bli ekonomiskt intressant då flera lägenheter delar på en värmekälla.

När det gäller geotermi måste ekonomiska kalkyler baseras på genomförda undersökningar i varje enskilt fall.

NORMSITUATIONEN

Normsituationen sönderfaller i två delar. Dels gäller det den juridiska situationen angående rätten till energi i mark och vatten och dels gäller det i vilken omfattning kommuner och länsstyrelser har normer och direktiv att rätta sig efter vid handläggning av energifrågor.

Det kan konstateras att det idag saknas lagstiftning som är anpassad till system för utvinning av energi

ur mark och vatten. Några enstaka bestämmelser finns i vattenlagen och i miljöskyddsförordningen.

Vattendomstolarna som idag har att ta ställning till grundvattenuttag för energiändamål saknar för närvarande klara instruktioner för den formella handläggningen av denna typ av ansökningar.

De juridiska frågeställningarna angående rätten till energi behandlas i den pågående NE-utredningen "Studie av rättsfrågor i samband med införande av nya energitillförselsätt i Sverige" NE-projekt 0560 242. Slutrapportering väntas ske under våren 1982.

Kommunerna saknar idag råd och anvisningar för hur alternativa värmekällor skall integreras i den kommunala energiplaneringen. Det är viktigt att alternativa energikällor för större anläggningar tas med i den fysiska planeringen.

Enligt Miljöskyddsförordningen (Bil B 1.19 och 1.20) föreligger anmälningsplikt för anläggningar som skall tillgodogöra mer än 1 MW "Värme ur mark, vattendrag, sjö eller annat vattenområde eller ur grundvatten eller lagra mer än 3000 MWh. På länsstyrelserna saknas klara direktiv för hur dessa anmälningar skall handläggas.

Det föreligger således ett behov av en till naturliga värmekällor anpassad lagstiftning och vidare finns behov av råd, anvisningar och instruktioner till vattendomstolar, kommuner och länsstyrelser beträffande handläggningen av frågor som rör naturliga värmekällor.

MARKNADSFÖRUTSÄTTNINGAR

Potential

Den teoretiska potentialen för bergvärme har ej särskilt utretts. Tekniken är väl anpassningsbar till småhus med hänsyn till utrymmeskrav och närhet till värmekälla (berg). Antalet småhus i Sverige är ca 1,2 miljoner. Den maximala teoretiska potentialen bedöms uppgå till mellan 5 och 15 TWh om installation av bergvärme sker för 300 000 respektive 1 000 000 lägenheter.

När det gäller storskaligt utnyttjande av grundvattenvärme, med ett grundvattenuttag på 25 l/s eller mer, är den teoretiska potentialen förhållandevis väl studerad i ett NE-projekt (NE-projekt 20 60 551). Potentialen, som reducerats med hänsyn till konflikt med vattentäktensintressen, har beräknats uppgå till 2-3 TWh/år, vilket motsvarar 1-2% av det totala uppvärmningsbehovet år 1980.

Hur stor en grundvattenvärmeanläggning kan göras bestäms av lokala förutsättningar, men praktiskt är den övre gränsen belägen vid 2 MW. Potentialen för ett småskaligt utnyttjande av grundvattenvärme har ej studerats. Den teoretiska potentialen bedöms uppgå till någon TWh/år.

Potentialen för grundvattenvärme ökar väsentligt om förutsättningarna för inducerad infiltration från ytvatten medräknas.

Både när det gäller grundvattenvärme och bergvärme kan en betydande ökning av potentialen ske om tekniken för laddning och lagring sätts i system.

Geotermi kan lokalt bidra med ett betydande energitillskott, speciellt i Skåne och på Gotland. Om tekniken skall få någon spridning måste en första geotermianläggning byggas för demonstration.

Hinder för fortsatt utbyggnad av alternativa värmekällor

Geologer, hydrologer, geohydrologer m fl har haft svårt att övertyga politiker och tekniker om de tekniska och ekonomiska fördelarna med alternativa uppvärmningssystem. De potentiella brukarna, bl a kommuner, anser det vara en risk att utnyttja alternativa värmekällor. Om ett alternativt uppvärmningssystem väljs måste ekonomiska garantier finnas för den risk man anser sig ta, exempelvis i form av BFRs fördelaktiga experimentbyggnadslån.

Ett viktigt led vid introduktion av alternativa uppvärmningssystem är att bygga anläggningar som kan demonstreras för tänkbara brukare. Det finns för få sådana anläggningar idag. Den mest effektiva metoden för att få någon att tro på alternativa värmekällor är att visa en anläggning i funktion.

Ett annat hinder för teknikens introduktion är att det idag saknas praxis för hur alternativa värmekällor skall ingå i den kommunala planeringsprocessen. En nödvändig förutsättning för att de skall kunna ingå i planeringen är att energigeologiskt intressanta områden karteras. Statliga riktlinjer för detta arbete saknas, men underlag för utarbetande av sådana direktiv finns.

Nuvarande finansieringsmöjligheter (med statlig och enskild belåning) utgör inget egentligt hinder för en ökad utbyggnad. När det gäller de statliga lånen finns dock begränsningen att uppvärmningsobjektet skall vara mindre än 300 lägenheter.

Negativa miljökonsekvenser bedöms som obetydliga jämfört med konventionella uppvärmningsformer. En utred-

ning är tillsatt för undersökning av miljökonsekvenser. En prioritering av forskningsinsatser finns i Byggnadsforskningsrådets publikation T23:1981.

Den oklara juridiska situation som råder angående rätten till energi bör klarläggas, för att främja fortsatt utbyggnad.

Närmaste alternativ av icke-traditionella värmekällor är luft, vattendrag, sjöar och kustvatten samt horisontella och vertikala slangsystem i jord.

BEHOV AV FoU

För att undanröja hinder för en fortsatt utbyggnad av alternativa värmekällor bör FoU-arbete bedrivas för att höja kunskapsnivån inom följande områden.

- Igensättningsproblematik i brunnar i samband med vattenåterföring vid anläggningar för grundvattenvärme och geotermi.
- För termohydrauliska modeller finns ett utvecklingsbehov, vilket kan sammanfattas i följande fyra nivåer:
 - . utveckling av specialiserade termohydrauliska modeller
 - . analytiska studier
 - . utveckling av laboratoriemodeller (skalmodeller)
 - . fältförsök. Jämförelse med fältdata
- Utvärdering av befintliga anläggningar. Fortsatt insamling av tekniska och ekonomiska drifterfarenheter.

FÖREDRAG I SAMMANDRAG

INLEDNINGSANFÖRANDE Sten Bjurström

Området värmeutvinning och värmelagring i mark och vatten tilldrar sig förhållandevis stor uppmärksamhet i BFRs och andra energiforskningsprogram. Under senare år har stora forskningsbelopp satsats på området och många projekt är under utförande.

De relativt sett stora forskningssatsningar återspeglas ej i någon nämnvärd omfattning i officiella prognoser om Sveriges framtida energiförsörjning. Man är uppenbarligen osäker om tekniken och dess möjligheter.

Det är därför synnerligen angeläget att inför kommande stora energibeslut, omkring 1985, försöka dokumentera och i görligaste mån utvärdera markvärmets realistiska roll och bidrag i Sveriges framtida energiförsörjning.

Det är också viktigt att klargöra behov av forskning för fortsatt teknikutveckling samt övriga insatser som krävs för t ex planering, reglering, finansiering m m.

För att utvärdera olika teknikområden inom energiforskningen inklusive BFRs egen forskning, har rådet etablerat ett 10-tal s k utvärderingsgrupper varav markvärme-gruppen är en. Utvärderingsgruppernas huvuduppgift är att genomföra studier över "the state of the Art" inom respektive teknikområden och i rapportform presentera resultaten. För att bli kunna lämna underlag till BFRs samlade bedömning inför kommande stora energibeslut tvings många grupper att i flera fall mycket tidigt dra slutsatser av nyligen påbörjad försöksverksamhet. Markvärmegruppen bör sålunda ha tagit fram en första preliminär rapport redan våren 1983.

För att fullgöra denna uppgift i tid är vi beroende av att olika i verksamheten engagerade grupper och individer hjälper oss att på bästa möjliga sätt belysa förhållandena så att området MARKVÄRME får den roll i energiförsörjningen som den förtjänar och att området även fortsättningsvis får ett rimligt stöd för forskning, utveckling och demonstration.

I. LÄGESBESKRIVNING

GRUNDVATTENVÄRME

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenseminariet"
12-13 maj 1982

Torgny Agerstrand

GRUNDVATTENVÄRME

För BFRs seminarium om grundvattenvärme 12-13/5 1982 gjordes en uppdelning av värmekällor till rubrikerna

- . grundvattenvärme
- . geotermi
- . energibrunnar
- . bergvärme

Till "grundvattenvärme" hänfördes således värmeutvinning ur grundvatten i jord och berg, utvinning av geotermisk energi samt utvinning av värme ur berggrunden. Utan tvekan finns kopplingar mellan de olika rubrikerna, men grundvatten är inte en gemensam faktor. Med den inriktning som energiforskningen med geologisk och geohydrologisk anknytning fått i vår land, förekommer inte någon distinkt gräns mellan grundvattenvärme och geotermisk energi. Bergvärme och energibrunnar har anknytits till kristallin berggrund, men för bergvärme är grundvattnet en underordnad del i värmekällan och för energibrunnen är det dels värmekälla, dels värmeväxlande medium mot berggrunden. Med utgångspunkt från den svenska situationen beträffande forskning och tillämpning för värmeutvinning ur grundvatten och berggrund skulle följande definitioner kunna tillämpas.

GEOTERMISK ENERGI

Utvinning av värme i grundvatten eller formationsvätska med så hög temperatur att endast värmeväxling erfordras för bostadsuppvärmning.

GRUNDVATTENVÄRME

Utvinning av grundvattenvärme som med hjälp av värmepump kan utnyttjas för bostadsuppvärmning.

ENERGIBRUNNAR

Utvinning av grundvattenvärme ur bergbörade brunnar för bostadsuppvärmning med hjälp av värmepump. Återföring av nedkyllt vatten till brunnen för samtidig utvinning av värme från berggrunden.

BERGVÄRME

Utvinning av värme från berggrunden genom cirkulation av köldbärarmedium i borrhål. Bostadsuppvärmning med hjälp av värmepump.

GRUNDVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

Med insats av värmepumpsteknik har värmeenergin i grundvatten använts för bostads- och lokaluppvärmning sedan oljekrisen 1973. Uppvärmningsobjekten har i första hand utgjorts av enfamiljsbostäder och installationerna kan bedömas vara färre än 100.

Några större projekt har hittills genomförts, två anläggningar för växthusuppvärmning - Gässie i Skåne och Stenstugu på Gotland. Vidare har en anläggning nyligen tagits i drift för Västra Klinikerna i Jönköping och en är under byggnad för Förbundsskolan Bommersvik. Dimensionerande effekter för dessa värmepumpar ligger mellan 100 och 400 kW.

Driftresultat från anläggningar under flera år i följd har inte redovisats. Alla tillgängliga uppgifter talar dock för att systemet grundvatten - värmepump fungerar tillfredsställande och har en hög värmefaktor. De problem som visat sig har främst varit beroende av grundvatten med korrosiva egenskaper som påverkat värmepumpens förångarkets.

NE-projektet 2060 551 "Energi ur grundvatten" visar att det finns stora förutsättningar/storskalig tillämpning av tekniken. Tillämpningspotentialen får även bedömas vara hög särskilt om man beaktar möjligheterna att kombinera värmeutvinning ur grund- och ytvatten.

Fortsatt FoU för ett rationellt utnyttjande av våra grundvattenvärmeresurser bör inriktas på

- . grundvattenkvalitet - värmepumpsteknik
- . teknik för återföring av grundvatten till magasinet efter värmeuttag
- . miljökonsekvenser vid stora grundvattenuttag

GRUNDVATTENVÄRME I BOMMERSVIK
UTVÄRDERING

BFR-PROJEKT 801128-7

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Lars O Ericsson

Lars O Ericsson, GRUNDVATTENVÄRME I BOMMERSVIK.
 UTVÄRDERING. BFR-Projekt 801128-7

BAKGRUND

Stiftelsen Förbundsskolan Bommersvik vid sjön Yngern är belägen inom Södertälje kommun, 10 km nordväst om samhället Järna (se fig 1). Kursgården utgörs av ca 15 byggnader med varierande funktion och storlek. Inom området finns övernattningshotell, restaurangbyggnad, undervisningslokaler, motionslokaler, barnstuga, bastu, enskilda bostadshus m m.



Figur 1 Försöksplatsens läge

Kursgårdens byggnader, på tillsammans ca 7 000 m² uppvärmd yta, försörjs för närvarande med värme från en panncentral bestående av två st oljepannor med en installerad effekt av 700 kW respektive 775 kW.

Effektbehovet för uppvärmning och tappvarmvatten är drygt 1 MW och energibehovet ca 2,6 GWh.

Uppvärmningen sker främst med radiatorer, både 1- och 2-rörssystem, men även med tilluft i bl a huvudbyggnad och elevhem. Ett totalt ca 800 m långt kulvertnät distribuerar 90/70 °C varmvatten till radiatorer och värmebatterier.

RESULTAT AV PROVPUMPNING

VIAK har genomfört geohydrologiska undersökningar för att klarlägga förutsättningarna till energiuttag ur grundvatten med värmepump.

Sammanfattningsvis har undersökningarna givit följande resultat.

Det är lämpligt att dimensionera ett uppvärmningssystem med värmepump för ett grundvattenuttag av ca 10 l/s. Enligt en matematisk modell (Geofem G) är det naturliga grundvattenflödet inom området mot sjön Yngern ca 7 l/s. Detta innebär preliminärt att, då systemet är i drift, en mängd av ca 3 l/s flödar till grundvattenmagasinet genom inducerad sjöinfiltration.

Grundvattenmagasinet uppträder som en kanalformad akvifer med varierande hydrauliska egenskaper i flödesriktningen. Vid brunnen är genomsläppligheten god, men en transmissivitet $T = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Magasinkoefficienten i akviferavsnittet vid brunnen är $S = 1,2 \cdot 10^{-3}$.

En ny filterbrunn har anlagts vid tillfartsvägen till kursgården mellan idrottsplatsen och den befintliga grundvattentäkten. Inströmningsmotståndet i brunnsfiltret uttryckt som s_k skinfaktor är litet och har bestämts till ca $\xi = 0$.

Grundvattnet vid Bommersvik är mycket korrosivt, vilket måste beaktas vid materialval i energisystemet. Järnhalten är låg men distributionen bör ändå ske utan atmosfärskontakt för att undvika risken för järnutfällningar. Det kan vidare vara lämpligt att låta framledningen av vatten t o m förångaren ske under visst övertryck för att minska utfällningsrisken.

Grundvattnets temperatur i uttagsbrunnen har under hela pumpningen varit $6,8 \text{ }^\circ\text{C}$. På grund av den prognosticerade, inducerade sjöinfiltrationen beräknas grundvattentemperaturen vid uttagsbrunnen på sikt bli $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$.

De miljömässiga förutsättningarna för en etablering av grundvattenvärme är goda.

FRAMTIDA UPPVÄRMNINGSSYSTEM

Den befintliga oljeeldade värmecentralen skall nu kompletteras med en eldriven värmepump på 300 kW termisk effekt, dvs ca 30% av det maximala effektbehovet. Värmepumpen beräknas härvid täcka ca 70% av den totala energiförbrukningen. De dimensionerande värmevattentemperaturerna ($90/70 \text{ }^\circ\text{C}$) har genom en undersökning visat sig kunna sänkas och såväl kulvertsystem som radiatorer och värmebatterier kan bibehållas. Uppvärmningssystemet behandlas närmare i ett särskilt föredrag.

UPPFÖLJNING

Med medel från BFR kommer anläggningen att följas upp. Sammanfattningsvis är målet med projektet att genomföra följande analyser:

- Kostnadsanalys av anläggningen avseende drift och underhåll. Vidare beräknas resulterande energikostnad och jämförs med tidigare oljebaserade uppvärmning.
- Teknisk systemanalys av värmepumpens funktion, distribution av vatten och energi, brunn.
- Geohydrologisk analys innefattande hydrauliska förändringar i grundvattenmagasinet. Vidare studeras grundvattnets kemi. Nederbörd och beräknad grundvattenbildning sammanställs.
- Termisk analys vilken inbegriper klimatdata, luft-, mark- och grundvattentemperaturer. Ett eventuellt energibidrag från en befintlig avloppsinfiltrationsanläggning studeras.
- Juridiska aspekter på energisystemet grundvatten-värmepump kommenteras. De praktiska erfarenheterna inom projektet sammanställs angående myndigheternas krav idag med gällande lagstiftning.

VÄRMEPUMPSSYSTEMET I BOMMERSVIK

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenseminariet"
12-13 maj 1982

Margareta Gefwert

VÄRMEPUMPSYSTEMET I BOMMERSVIK

BEFINTLIGT VÄRMESYSTEM

Kursgårdens olika byggnader får sin värme från en gemensam värmecentral belägen i matsalsbyggnaden. Två oljepannor om knappt 750 kW vardera ombesörjer energitillförseln. Värmevattnet, vars framledningstemperatur hålls konstant 90°C året runt, distribueras i ett ca 800 m långt kulvertnät (tvårörs) till nio undercentraler ute i området. Några undercentraler försörjer flera byggnader med värme.

I undercentralerna shuntas värmevattnet till radiator- och ventilationsgrupper. Även tappvarmvattnet bereds i respektive undercentral.

Radiatorsystemet är dimensionerat för 80/60°C.

Ventilationen drivs antingen kontinuerligt eller intermittent. Den intermittenta ventilationen finns i vissa föreläsningssalar. Den startas manuellt genom att en knapp trycks in och stängs av automatiskt efter nittio minuter. Flera byggnader saknar helt ventilation.

Tappvarmvattnet bereds i såväl förråds- som genomströmningsberedare. Endast ett fåtal beredare har blandningsventil.

Oljeförbrukningen varierar något år från år men håller sig i runda tal kring 300 m³/år. Med en årsmedelverkningsgrad på pannanläggningen av 70% motsvarar detta en energianvändning av 2100 MWh/år och med ett energipris om 2000 kr per m³ olja en energikostnad om 600 000 kr/år.

VÄRMEPUMPINSTALLATION

Värmepumpens driftdata

Värmesystemet skall alltså nu kompletteras med en värmepumpinstallation. Värmepumpens effektstorlek begränsas av grundvattentillgången. Ur grundvattnet kan knappt 200 kW utvinnas enligt den genomförda provpumpningen. Grundvattnet tillåts inte att kylas mer än ner till +2°C för att frysriskerna skall elimineras. Den termiska effekten kommer att uppgå till ca 300 kW.

Värmepumpen som levereras av Industriell Värmeteknik AB i Tranås är uppdelad på två aggregat om drygt 150 kW termisk effekt vardera. Varje aggregat består av två kolvkompressorer med separata köldmediakretsar. Köldmediet utgörs av R 12 och värmepumpen kan leverera värmevattnet av en maximal temperatur om ca 70°C.

Fördelen med fyra kompressorer är att systemet är lätt att effekreglera med god verkningsgrad. Stora

fördelar uppnås också från service- och driftsäkerhetssynpunkt. Om en kompressor faller ur eller behöver gås igenom kan de övriga tre fortfarande fungera helt tillfredsställande och den tillförda effekten reduceras endast med en fjärdedel.

Grundvattnet är mycket korrosionsbenäget enligt den kemiska vattenanalysen. Därför kommer inte vattnet att pumpas direkt in i förångaren utan värmeväxlas i en plattvärmeväxlare, varvid värmen överförs till förångaren via en mellankrets av glykolblandat vatten.

Följande driftdata uppnås vid en utgående värmevattentemperatur om 70°C och en utgående grundvattentemperatur om 2°C.

Kondensoreffekt	331 kW
Kyleffekt	189 kW
Eleffekt	142 kW
Värmefaktor	2,33

Värmepumpens placering

Värmepumpens placering var länge en öppen fråga. Visserligen skulle den få plats i värmecentralen, framför oljepannorna, men det skulle då bli fruktansvärt trångt med försvårdad service som följd. Detta alternativ dömdes därför ut relativt snabbt. Ett kort ögonblick diskuterades möjligheten att uppföra en separat byggnad åt värmepump med kringutrustning. Även detta alternativ förkastades, eftersom projektets ekonomiska ramar i så fall inte skulle hålla och en byggnadslovsansökan dessutom skulle försena projektet betydligt. Slutligen befanns garaget vägg i vägg med värmecentralen vara det mest lämpliga utrymmet att disponera.

Värmepumpen kommer således att placeras i garaget i matsalsbyggnaden, se figur 1. Utrymmet ljudisolerats med akustikplattor i taket och tätning av garageporten. För att förhindra fortplantning av stomljud och vibrationer placeras värmepumpen på fjädrar och kompensatorer installeras mellan värmepump och den varma sidans röranslutningar.

Värmepumpen ansluts på den samlade returledningen i serie med pannorna och före dessa, se figur 1.

Idag köper kursgården Bommersvik lågspänd el, men efter värmepumpinstallationen kommer man att övergå till högspänd, som då blir billigare och beräknas sänka elkostnaderna med ca 10 000 kr/år. Den befintliga transformatorkiosken belägen inom Bommersviksområdet kommer att köpas av Södertälje energiverk och byggas om för en högre effekttransformering.

Effekt- och energitäckning

Effektbehovets varaktighetskurva samt energibalansen före och efter värmepumpinstallationen framgår av figurerna 2 och 3.

Den årliga energikostnadsbesparingen beräknas uppgå till 300 000 kr/år. Investeringsbeloppet för fullt färdig anläggning uppgår till drygt 1,8 milj kronor och återbetalningstiden blir ca 6 år.

MODIFIERING AV VÄRMESYSTEMET

Värmecentralen

Viss modifiering av det befintliga värmesystemet måste göras för att detta skall bli anpassat till värmepumpdrift.

Primärnätets höga framledningstemperatur och därmed också höga returtemperatur är framför allt besvärande. Att hela året gå ut med en konstant, hög temperatur trots att det under större delen av året inte erfordras, är dessutom stort energislöseri.

Framledningstemperaturen kommer därför i framtiden att styras via en utegivare så att temperaturen ut från värmecentralen aldrig är högre än vad det momentana effektbehovet kräver.

I undercentralerna har temperaturmätningar på sekundärsidans fram- och returledningar genomförts. Mätningarna visar att de olika byggnadernas temperaturbehov ligger väl samlade. Dock är de reella dimensionerande temperaturerna ca 70/60°C och inte 80/60°C som systemet beräknades för, se figur 4. Det är inte ovanligt för äldre system att värmesystem är överdimensionerade så att framledningstemperaturerna är lägre än de beräknade.

Värmevattnets retur in till oljepannorna bör inte understiga ca 60°C för att inte pannorna skall utsättas för korrosionsrisk. Genom utekompenserad framledningstemperatur kommer emellertid returtemperaturen under stora delar av året att betydligt understiga 60°C. Detta problem löses genom att en sk huvudshuntanordning installeras (SV1 i figur 5) och av en intern panncirkulationskrets. Det i värmepumpen uppvärmda värmevattnet shuntas ut i nätet igen och endast vid behov spetsar pannorna med hett vatten. För övrigt vidtas inga andra åtgärder inne i värmecentralen.

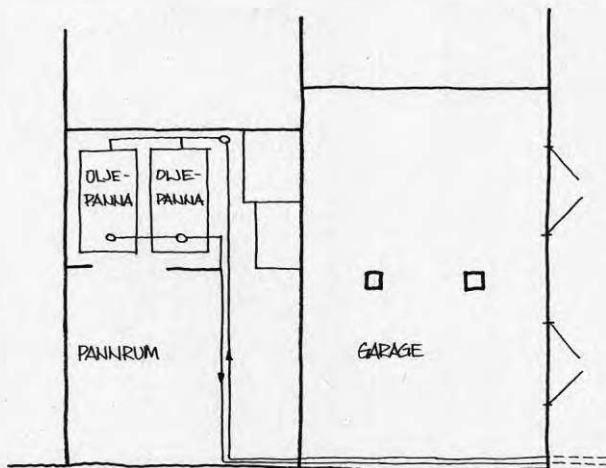
Undercentralerna

I undercentralerna bibehålls trevägsventilerna för radiatorkretsarna och den kontinuerliga ventilationen oförändrade. Trevägsventilerna för den intermittenta ventilationen "byggs om" till tvåvägsventiler. Detta för att förhindra att varmt vatten endast cirkulerar runt i gruppen med en förhöjd returtemperatur som följd när ventilationen inte utnyttjas.

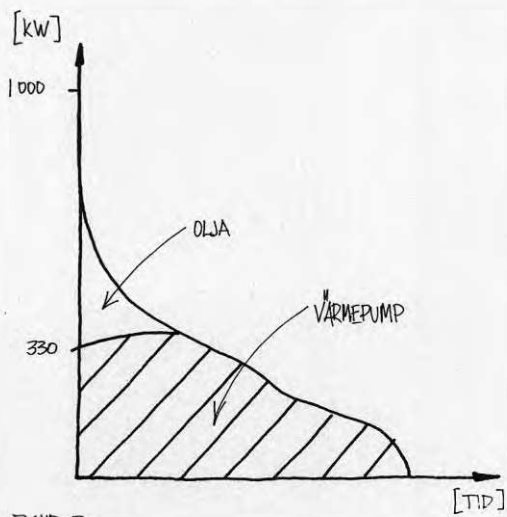
Tappvarmvattenberedningen har vållat visst huvudbry. Frågor uppstod som, kommer de befintliga beredarna att räcka till när primärkretsens framledningstemperatur sänks? Eller bör någon form av eftervärmning tillgripas? I så fall, bör eftervärmning ske med elpanna eller med värmväxling med primärvatten? För att i någon mån försöka göra en bedömning av tappvarmvattnets temperaturberoende bestämdes att framledningstemperaturen på prov successivt skulle sänkas tills klagomål uppstod. Utetemperaturen var under denna tidsperiod så pass hög att ingen risk för för låg innetemperatur skulle uppstå. Kursgården var i det närmaste fullbelagd, varför tappvarmvattenförbrukningen borde vara närmast den maximala. Temperaturen sänktes således successivt från 90°C och slutligen ända ner till 65°C utan att några som helst klagomål uppstod. Bedömningen gjordes därför att värmvattentemperaturen från värmecentralen tillåts gå ner till 55-60°C och rumstemperaturen styr dess temperatur, se figur 6. Inga åtgärder kommer att vidtas vid beredarna utan endast vid tappställena, där flödesreglerare installeras. Undercentralen i Gillet som bl a betjänar bastubyggnaden med varmvatten, kommer dock att utrustas med eleftervärmning. Om det efter ombyggnaden visar sig att ytterligare någon undercentral kräver eftervärmning av varmvattnet kommer en elberedare då att installeras.

Till sist, ambitionen har varit att göra så små ingrepp i det befintliga systemet som möjligt utan att för den skull försämra driftstrategi och -ekonomi.

Anläggningen beräknas tas i drift hösten 1982 och med bidrag från Byggforskningsrådet skall anläggningen utvärderas tekniskt och ekonomiskt under två års tid efter start.



FIGUR 1.



FIGUR 2.

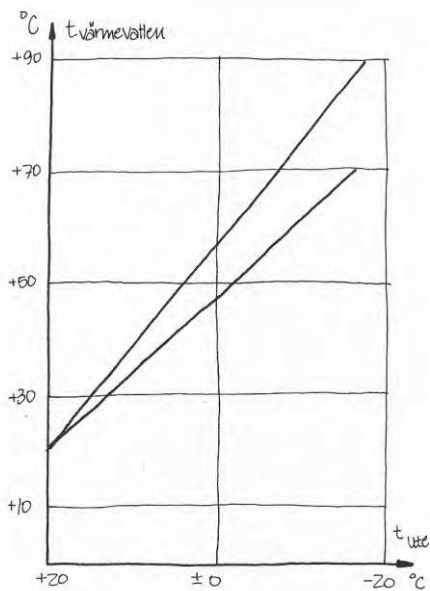
ENERGIBALANS, MWh/år

	Enbart olja	Olja+ värmepump
Olja	2100	600
El	-	600
Grundvattenvärme	-	900
Summa	<u>2100</u>	<u>2100</u>

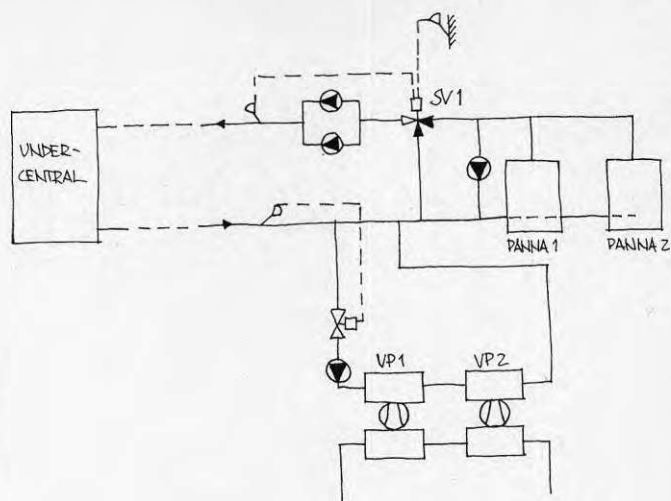
ENERGIKOSTNADER, tkr/år

	Enbart olja	Olja+ värmepump
Olja	600	170
El	-	120
Summa	<u>600</u>	<u>290</u>

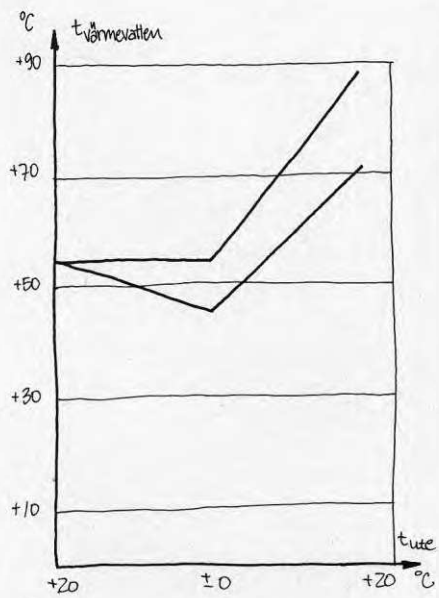
FIGUR 3.



FIGUR 4.



FIGUR 5.



FIGUR 6.

KOMBINERAT UTNYTTJANDE
AV YT- OCH GRUNDVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Leif Lemmeke

Leif Lemmeke

KOMBINERAT UTNYTTJANDE
AV YT- OCH GRUNDVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA

(Anförande vid seminarium angående grundvattenvärme på Bommersvik den 12-13 maj 1982.)

Sammanfattning

FoU-verksamheten i Sverige avseende utnyttjande av naturliga värmetillgångar för byggnadsuppvärmning uppvisar en ganska vildvuxen flora av projekt. Flertalet av dessa utgörs av förstudier och fristående projekt. Däremot har endast ett begränsat antal kompletta systemlösningar i form av fullskaleanläggningar realiserats. Dessa lösningar framstår vidare som antingen olönsamma eller baserade på speciella förutsättningar som gör att tillämpningspotentialen är begränsad.

En sammanfattande bild av den aktuella FoU-situationen kan i viss mån erhållas från ansvariga forskningsorgans utvecklingsprogram. Dessa program är dock av generell karaktär och en mer detaljerad värdering av olika systemlösningar som kan utgöra underlag för en mer målinriktad utveckling saknas f.n. För att tekniska försörjningssystem baserade på naturliga värmetillgångar inom överskådlig tid skall kunna bidra nämnvärt till landets energiförsörjning fordras då att en utvecklingsstrategi, som är relaterad till den nationella energipolitiken, formuleras.

För illustration av de krav till olika systemlösningar, som en dylik utvecklingsstrategi bör omfatta, redovisas i det följande en enstaka principlösning. Denna bygger på kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten som värmekälla för stora värmepumpar.

FoU-verksamheten i Sverige

Med utnyttjande av naturliga värmetillgångar avses i detta sammanhang direkt eller indirekt utnyttjande av solinstrålningen. Geotermisk energi beaktas sålunda ej i det följande. Solinstrålningen kan användas för värmeproduktion för bygg-

nadsuppvärmning medelst värmepumpar eller solfångare. Värmepumpstekniken framstår numera som beprövad och kommersiellt tillämpbar teknik. I Sverige synes användning av solfångare för byggnadsuppvärmning där- emot ännu ej vara lönsam och osäkerhet råder beträffande produkternas tekniska livslängd.

Ett personligt intryck av FoU-verksamheten i Sverige avseende utnyttjandet av naturliga värmestillgångar redovisas på bild 1. Verksamheten har omfattat utförande av några få försörjningssystem som kan användas i stor skala och ett antal som kan användas i mindre skala. Vidare har ett flertal separata försök och ett stort antal teoretiska studier utförts.

De större systemlösningarna har siktat på att tillfredsställa en stor försörjningspotential. För att uppnå detta har värmeproduktionen skett med solfångare och den nödvändiga säsonglagringen har skett i konstbyggen vid relativt höga temperaturer. Förutom en del tekniska problem med försöksanläggningarna har detta medfört att systemlösningarna behäftas med dåliga ekonomiska förutsättningar.

De mindre systemen har omfattat värmeproduktion med dels solfångare, dels värmepumpar. Där solfångarna utnyttjats i samband med värmelagring i naturliga medier och vid låga temperaturer har rimliga ekonomiska förutsättningar erhållits. Användningen av värmepumpar, som baserats på separat användning av olika värmekällor, har i huvudsak skett utan säsonglagring. Förutsättningarna för att uppnå lönsamhet har härmed varit goda. För de småskaliga systemlösningarna gäller dock att även om dessa kan användas på ett stort antal ställen finns begränsningar vad avser t ex användning inom tätbebyggda områden. Härigenom begränsas försörjningspotentialen väsentligt.

De krav, som bör ställas till utvecklingen av nya systemlösningar, blir sålunda att dessa dels skall vara lönsamma, dels skall representera en stor försörjningspotential. Med hitintills vunna erfarenheter synes detta enklast kunna nås genom utnyttjande av stora värmepumpar. Förutsättningar härför kan erhållas genom att kombinera användandet av olika värmekällor samt utföra säsonglagring i naturliga medier vid låga temperaturer. På sikt bör lönsamhetskraven till utvecklingen ökas, vilket aktualiserar införandet av solfångare i kombination med införandet av nya värmeinstallationer. Kraven på lagringstekniken kommer då att öka.

Naturliga förutsättningar

Vid jordens yta bestäms temperaturen av värmebalansen mellan solinstrålningen och värmealstringen från jordens inre samt utstrålningen till himlavalvet.

Då energiöverföringen här till dominerande del sker genom strålning medför säsongvariationerna i solinstrålningen att betydande energimängder omsätts i ytskiktet under en årscykel. Under ytskiktet, där värmeomsättningen i huvudsak sker genom värmeledning, är omsättningarna däremot relativt små, jfr bild 2.

Med hjälp av värmepump kan den energi som inlagrats i naturliga värmekällor som mark, vatten och luft tillgodogöras. Vid separat utnyttjande av de värmekällor, som finns vid jordens yta och de värmekällor, som finns under ytan, gör sig olika begränsningar gällande. Dessa begränsningar medför att det endast är möjligt att utnyttja normal värmepumpsteknik i mindre skala. Genom att kombinera de ytligt förekommande värmekällornas förmåga att infånga solinstrålningen sommartid med djupare belägna värmemediers förmåga att lagra värmen erhålls däremot förutsättningar för användning av värmepumpar i stor skala. Hur detta praktiskt kan utnyttjas illustreras i följande avsnitt.

Principlösning för storskalig värmeförsörjning

Den föreslagna principlösningen bygger på att ytvattnets förmåga att infånga den instrålade solvärmen kombineras med grundvattnets värmelagrande egenskaper. Förfarandet illustreras på bild. 3.

Ytvatten liksom havsvatten tillförs genom solinstrålningen mycket stora värmemängder som medför att temperaturen sommartid ökar till 15-20°C. Denna värme kan säsonglagras i grundvatten varvid en värmekälla som håller "sommartemperaturer" året om kan erhållas. Värmelagringen sker effektivast genom överföring av värmen från ytvattnet till grundvattnet i värmväxlare. Efter uppvärmning återförs grundvattnet till grundvattenmagasinet. Härifrån uttas det varma grundvattnet sedan och tillförs värmepumpar i takt med uppvärmningsbehovets variationer. Den producerade värmen distribueras sedan till bebyggelsen medelst fjärrvärme. Genom lämplig placering och utformning av uttags- och infiltrationsbrunnar kan värmelagringen styras och kontrolleras, se bild 4. Härvid uppnås att hydraulisk balans kan upprätthållas kontinuerligt liksom termisk balans kan upprätthållas på årsbasis, vilket medför att värmelagrets påverkan på omgivningen minimeras.

Medan konventionella värmepumplösningar med separat utnyttjande av olika naturliga värmekällor normalt endast ger underlag för värmepumpeffekter på upp till ett par MW, ger den beskrivna systemlösningen möjlighet för utförande av stora värmepumpanläggningar med effekter på upp emot 100 MW. Tillämpning av metoden kräver dock särskilda lokala förutsättningar avseende hydrologiska och geologiska förhållanden.

Trots dessa begränsningar bedöms metoden representera en stor försörjningspotential, vilket f n närmare utreds.

Den beskrivna lösningen presenterades utsprungrigen för Lomma tätort, se bild 5. Värmeförsörjningen för befintlig och planerad bebyggelse föreslogs ske medelst fjärrvärme från ett centralt värmeverk omfattande värmepumpar samt pannanläggning för täckning av topp-laster. Den samlade produktionseffekten beräknades uppgå till 10 MW. Hälften av denna effekt och därmed nära 90 % av värmebehovet avsågs täckas med värmepumparna. Värmeuttaget till systemet planerades ske från Höje å vid vars mynning samhället är beläget. Värmelagringen avsågs ske strax norr om värmecentralen i den s k Alnarpsdalen, se bild 6. Denna utgörs av en dalsänka i kalkberggrunden, som sträcker sig från Hakens udde vid Östersjön i nordvästlig riktning över Skåne och Ven mot norra Själland. Gravsänkan, vars botten är belägen kring nivån -60, är fylld med sediment av växlande sammansättning. Närmast gravsänkans botten finns grövre sediment lämpliga för värmelagringen. Dessa täcks av mera finkorniga sediment och moränlera.

En värdering av de ekonomiska förhållanden för den föreslagna lösningen visar att denna jämfört med konventionella lösningar baserade på oljeeldning är klart lönsam, se bild 7. Kostnaden för leverans av värme med en komplett värmeförsörjningsanläggning som den ovan beskrivna för Lomma beräknas sålunda till ca 20 öre/kWh. Allmänt gäller dock att kostnaden för den del av värmen som i ett försörjningssystem produceras med värmepumparna är avsevärt lägre, omkring 10 öre/kWh, något beroende på hur stor del av baslasten värmepumparna skall svara för.

Den föreslagna principlösningen medför vidare en del kvalitativa fördelar med avseende på bl a miljö, försörjningssäkerhet och flexibilitet.

Utvecklingsstrategi

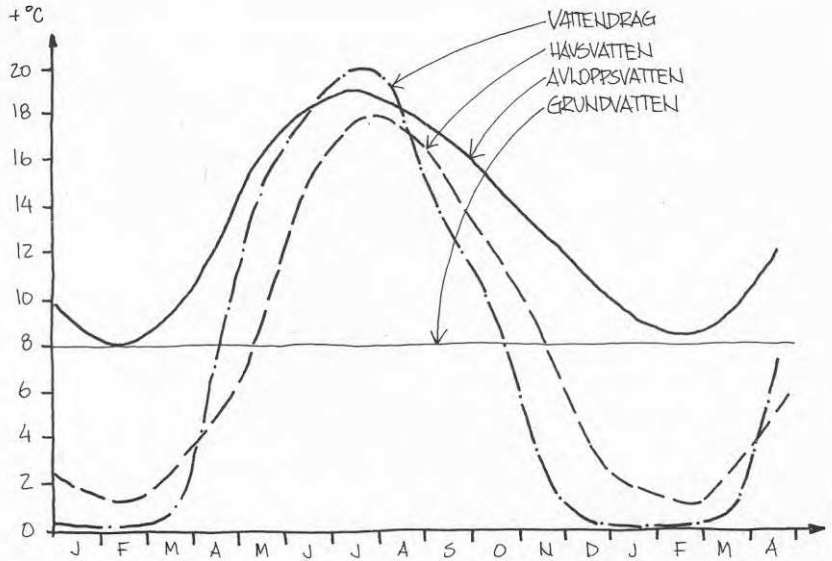
För att utvecklingsarbetet avseende utnyttjande av naturliga värmetillgångar bättre skall kunna bidra till att den nationella energipolitikens mål förverkligas fordras att en klarare strategi för FoU-verksamheten formuleras. Ett förslag härtill illustreras på bild 8. Med hjälp av teknikvärdering bör utvecklingsarbetet koncentreras mot sådana projekt och lösningar som inom rimliga tidsramar kan ge de fördelaktigaste resultaten. Utvecklingsarbetet bör härvid styras direkt mot färdiga systemlösningar. Detta bör ses mot bakgrund av att en snabbare tillämpning av nya metoder och lösningar inom värmeförsörjningsområdet kan medföra mycket stora ekonomiska och kvalitativa fördelar.

LL/IHP
SÖ/E73/023/007

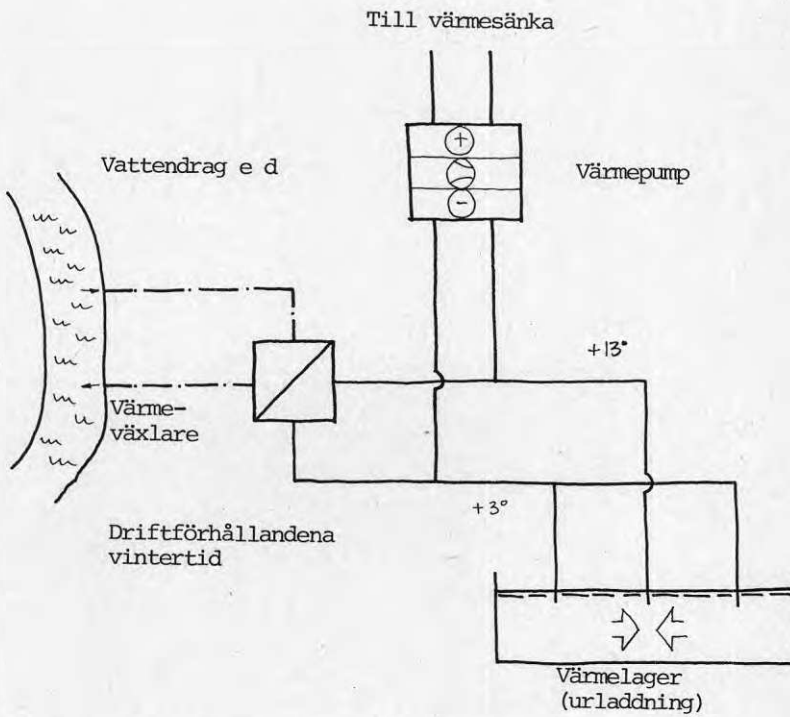
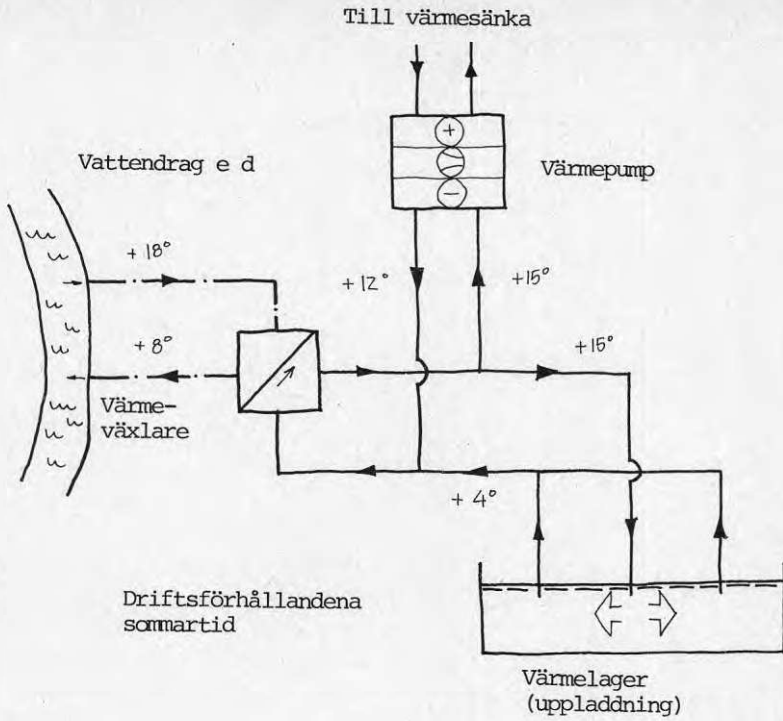
FÖRSÖK TILL PERSPEKTIV PÅ SVENSK FOU-VERKSAMHET
AVSEENDE UTNYTTJANDE AV NATURLIGA VÄRMETILLGÅNGAR

	Teknik		Ekonomi		Exempel	Försörjnings- pot.
	Värmeprod	Värmelager	Resultat	Resultat		
Stora system	Solfångare (Värmepump)	Konstbygge Högtemp	Problem	Dålig	Ingelstad Lambohov	Stor
Små system	Solfångare	Naturlager Lågtemp	Fungerande	Rimlig	Kungsbacka	Begränsat (flera små anläggningar)
	Värmepump (Sep värmek)	-	Fungerande	Lönsam	Bommersvik	Betydande (många små anläggningar)
Separata försök	-	Naturlager	Möjligheter	Rimlig (?)	Luleå	?
<u>Aktuella krav</u>						
Stora system	Värmepump (komb värmek)	Naturlager	Begr problem	Lönsam	(Lomma)	Stor (många stora anl)
<u>Framtida krav</u>						
Stora system	Solfångare?	Naturlager	Betydande problem	Förbättring	?	Stor

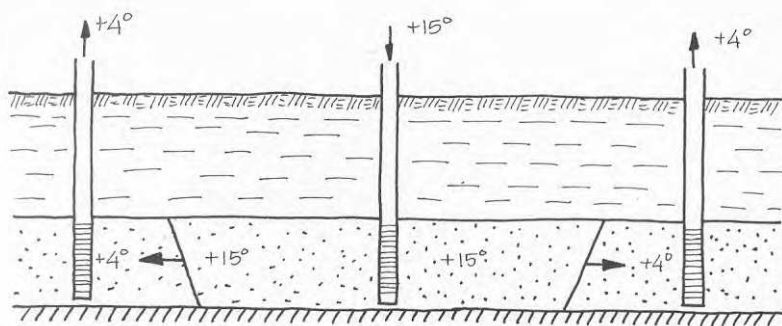
TEMPERATURVARIATIONER
FÖR OLIKA VÄRMEKÄLLOR.



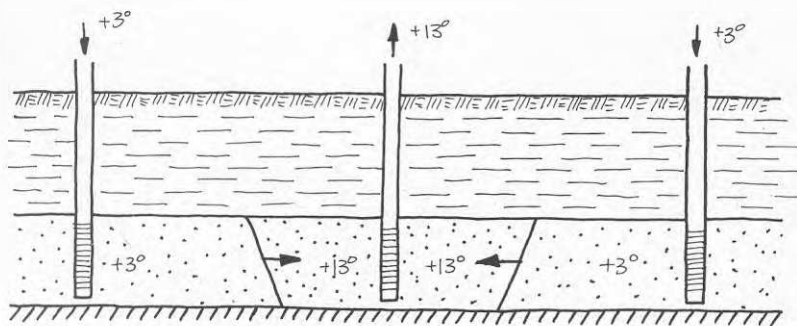
	VATTENDRAG	HAVSVATTEN	GRUNDVATTEN	AVLÖPPSVATTEN
$T > 18^\circ$	2 mån	0-1 mån	-	2-3 mån
$T > 13^\circ$	4 mån	4 mån	-	7 mån
$T \leq 8^\circ$	6 mån	6 mån	12 mån	0-2 mån
$T < 3^\circ$	4-5 mån	2-3 mån	-	-



Figur Principschema för värmeförsörjningsanläggning

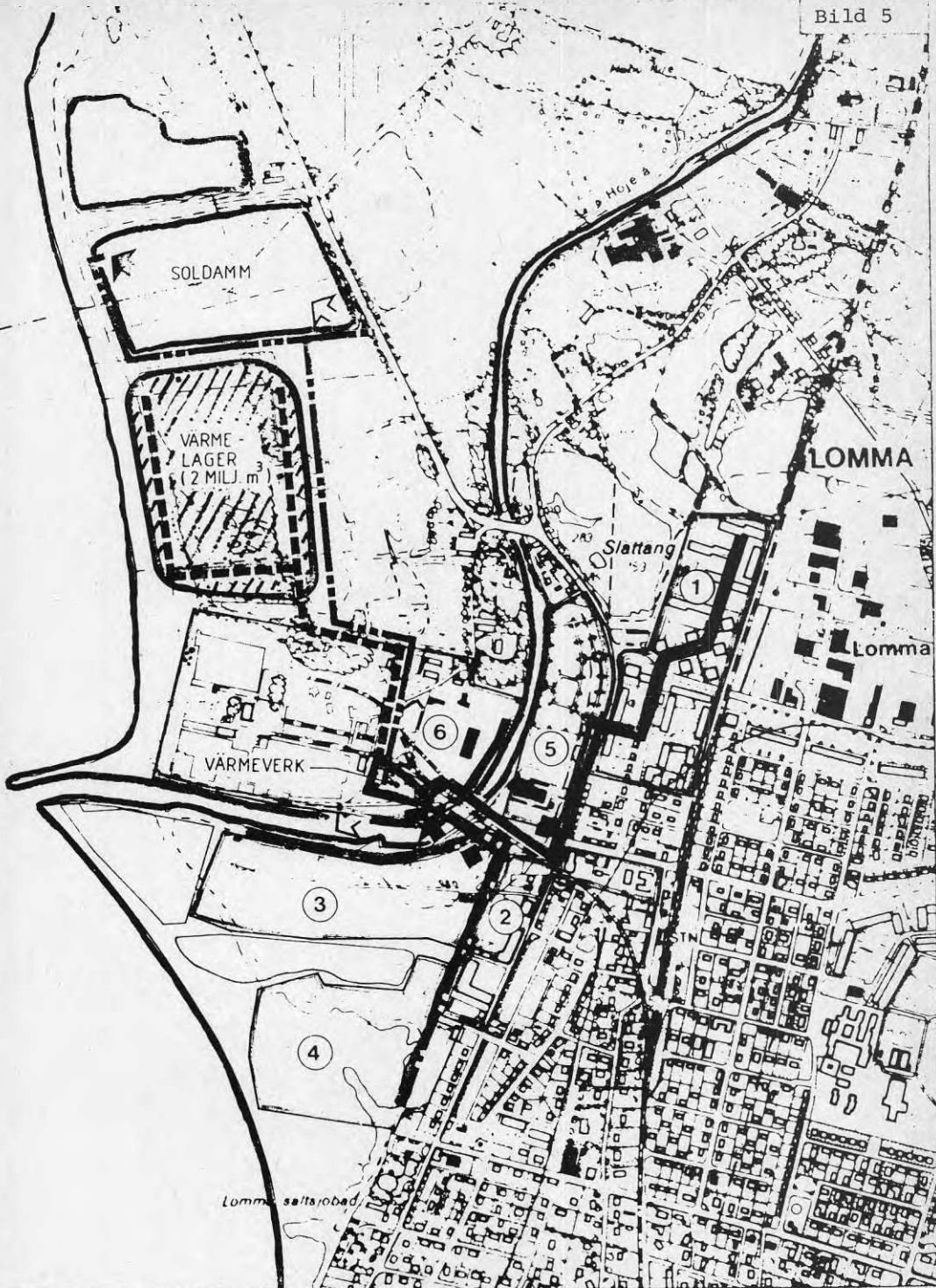








Uppladdning under sommarhalvåret



Urladdning under vinterhalvåret

Figur Funktionsprincip för "Pulserande magasin" för värmelagring



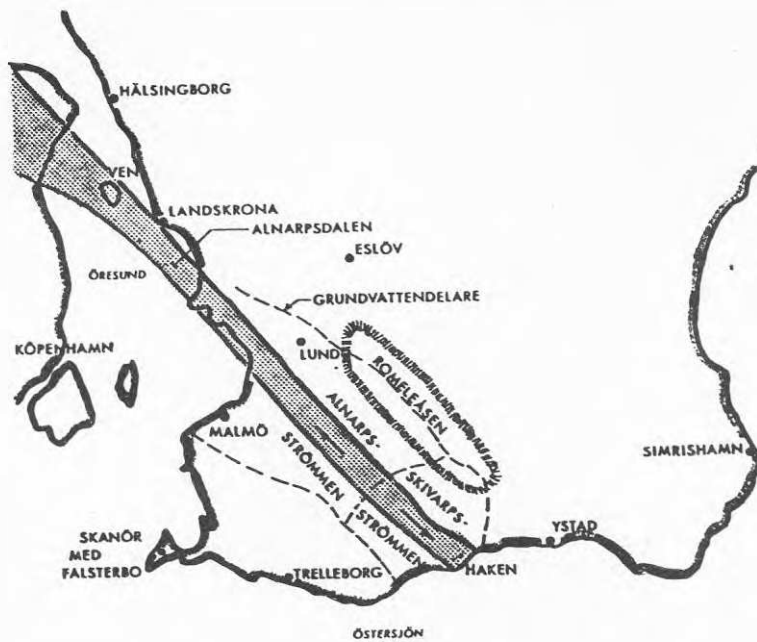
-  FJÄRRVÄRMELEDNING, NORMALTEMP.
-  FJÄRRVÄRMELEDNING, FÄLTTEMP.
-  TRYCKLEDNING, GRUNDVATTEN
-  TRYCKLEDNING, YTVATTEN
-  INTAG, YTVATTEN
-  ÖTSLÄPP, YTVATTEN

LOMMA CENTRUM
FÖRSLAG TILL VÄRME-
FÖRSÖRJNINGSANLÄGGNING

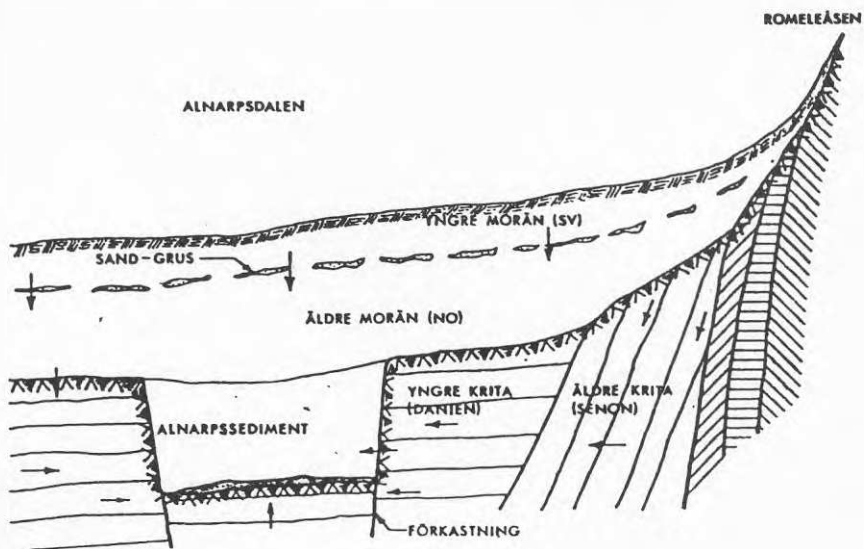
SKALA 1:10000

ARBETSNUMMER 9217

VBB



Figur 3.5 Översiktskarta



Figur 3.6 Typsektion genom Alnarpsdalen - Romeleåsen enl. Mohrén

EKONOMISK KALKYL

Fjärrvärmealternativ

		Olja	Fasta bränslen ¹⁾	Värmepump
<u>Anläggningskostnad</u>				
- Produktion	Mkr/MW	0,7	1,2-1,4	1,9
- Distribution	" "	0,5	0,5	0,6
Summa	" "	1,2	1,7-1,9	2,5

Årskostnad, produktion

- Kapitalkostnader ²⁾	%	11	19-22	31
- Bränsle	"	102	56-72	50 ³⁾
- Övriga driftkostn	"	14	20-25	19
Summa		127	101-111	100

Produktionskostnad

	öre/kWh	25	20-22	19-20 ⁴⁾
--	---------	----	-------	---------------------

Anmärkningar

- 1) Kol, torv, flis
- 2) Realränta 5%, 20 år (annuitet ~ 8%)
- 3) Elpris 23 öre/kWh
- 4) Tillägg per mil extra överföring: 1-2 öre/kWh

FoU-INRIKTNING

Teknikvärdering

- Målsättning (nationella behov)
- Kravspecifikation (värmebehov)
- Tekniska möjligheter
- Prioriteringar



Projekt

Projektstudier

- Tekn systemlösningar
- Tekn detaljproblem
- Ekonomi
- Försörjningspotential

Fullskaleförsök



Lägesrapport

Resultatredovisning

Tekniköversikt

Programformulering - utv.-linjer

ENERGIBRUNNAR
EN BESKRIVNING AV DAGENS KUNSKAP

BFR-PROJEKT 800640-5

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Johan Tollin

SAMMANFATTNING

Värme kan utvinnas ur en bergborrad brunn genom att vatten tas ut och efter nedkylning i en värmepump, antingen avleds eller återförs till brunnen. Ett alternativt sätt att uttaga värme är att cirkulera en glykollösning eller annan antifrysavätska i ett rör eller slangsystem i brunnen.

Värmeutvinning ur bergborrade brunnar genom återföring av avkylt vatten är en ung teknik. Den första installationen gjordes troligen 1978. Tekniken har emellertid visat sig så pass intressant att ett flertal anläggningar därefter tagits i drift.

Uttagssystemet, som i princip är småskaligt, har genom den generella tillämpbarheten bedömts ha en potential på flera TWh. Teknikutvecklingen är dock långt ifrån avslutad varför den reella potentialen ännu är svår att bedöma.

En uppföljning av ett 10-tal energibrunnar genomförd under uppvärmningssäsongen 1980-81 och 1981-82 har klart påvisat systemets användbarhet.

Erhållna mätresultat visar att de teoretiska modeller som ställts upp, bör kunna användas för dimensionering av uttag av bergvärme.

Marknaden 1981 uppskattas till 200-400 sålda anläggningar (exkl rena grundvattenvärmeapplikationer) eller ca 0,5% av totala marknaden för värmearrangeringar i småhus.

Utvecklingen pekar mot ökad användning av sk slutna system (kylslangbrunnar) vilka bl a ger större flexibilitet än sk öppna system.

INLEDNING

Med energibrunnar avses här bergborrade brunnar avsedda för uttag av värme.

Energibrunnar är en ny värmekälla för värmepumpar. Den första kända installationen startades hösten 1978. I ett BFR-projekt. "Utvinning av värme ur bergborrade brunnar", rapporterades 1980 en förstudie över teoretiska, tekniska och ekonomiska förutsättningar för användandet av vanliga bergborrade brunnar (för vattenförsörjning) som värmeöverförande yta mellan en värmepump och bergmassan.

Här presenteras kortfattat några erfarenheter och synpunkter från ovan nämnda projekt och fortsättningen, en uppföljning av ett knappt 10-tal installationer. Villafastigheterna har varit instrumenterade med bl a energimängdsmätare, driftmätare och termometrar för att stämma av teori mot praktik.

TEORETISK BAKGRUND

Med hjälp av värmepump tar man ut värme ur bergmassan, vanligtvis för uppvärmning och tappvarmvattenproduktion för ett småhus.

Värmet tillförs borrhålet genom värmeledning i bergmassan. Den drivande kraften är temperatursänkningen i borrhålet. Värmet överförs till värmepumpens förångare med hjälp av ett cirkulationssystem i borrhålet. Detta kan vara det vatten som finns i brunnen, s k öppet system, eller en rörslinga av plast eller metall som är fylld med t ex en glykollösning, s k slutet system.

De olika typer av energibrunnar som förekommer framgår av figur 1. Förbrukningsbrunnen, där vatten uttas och leds bort, är en normal grundvattenvärmeanläggning.

De intressantaste typerna är främst recirkulationsbrunnen, där allt grundvatten som cirkulerar genom värmepumpen återförs i borrhålet samt kylslangbrunnen med ett helt slutet system. För att tillgodose värmebehovet för en normalvilla krävs det ett drygt 100 m djupt borrhål för dessa två system. Till skillnad från förbrukningsbrunnen och kombinationsbrunnen (där en viss mängd vatten leds bort) krävs inga åtgärder för omhändertagande av uttaget vatten.

När en energibrunnsinstallation tas i drift tas värme från berget i borrhålets omedelbara närhet. Bergets temperatur sjunker och allteftersom värmeuttaget fortsätter, kommer värme att tas från bergvolymerna allt längre bort från borrhålet. Efter tillräckligt lång tid kommer så gott som all värme att tas från markytan. Vid ett kontinuerligt värmeuttag är den uttagbara värmeeffekten för ett givet borrhål proportionell mot temperaturskillnaden mellan borrhål och markyta. Dessutom tillkommer ett mindre bidrag från det geotermiska värmeflödet. I initialskeket (i storleksordning ett mindre antal år) är de vertikala värmeeffekterna i bergmassan försumbara och den drivande temperaturdifferensen är skillnaden mellan ostört berg och borrhål.

De faktorer som bestämmer hur mycket värme som kan tas ut ur ett borrhål är främst bergets värmeledningsförmåga, borrhålets djup och drivande temperaturdifferens. Olika bergarter har emellertid olika värmeledningsförmåga. Generellt leder kristallina bergarter värme bättre än sedimentära.

Den naturliga temperaturen i bergmassan följer relativt väl medeltemperaturen på markytan med variationer beroende främst av bergmassans värmeledningsförmåga och storlek på det geotermiska värmeflödet mot ytan.

FÖRDELAR OCH NACKDELAR MED OLIKA SYSTEM

Fördelar och nackdelar med öppna och slutna system framgår av tabell 1. Det är inte möjligt att ge en generell rekommendation av lämpligt system. De specifika förutsättningarna för varje enskild anläggning är av betydelse. Några faktorer är kanske speciellt intressanta. Kylslangbrunnen är mindre känslig för kortare perioder av högt energiuttag och är lätt att återladda eller kombinera med sol/luft-värmekällor. Det öppna systemet kan däremot vid samma effektbehov vanligtvis klara sig med en mindre värmepump och kan enklare göras till en kombinationsbrunn.

Recirkulation (öppet system)

Kylslang (slutet system)

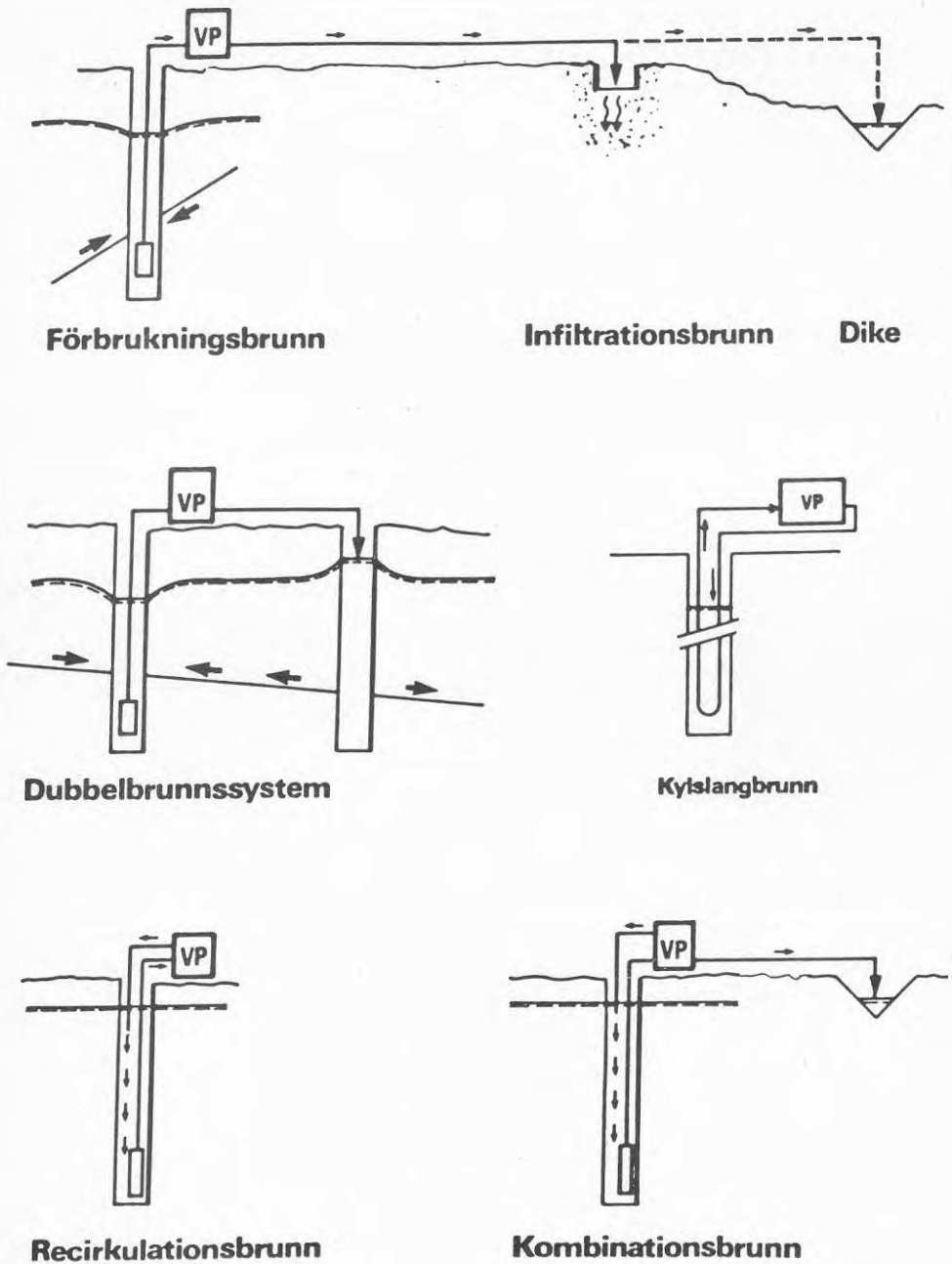
Fördelar

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - bättre prestanda på värme-pumpen - kombinationsbrunnar kan ge hög effekt - dricksvattenuttag möjligt | <ul style="list-style-type: none"> - mindre känslig för störningar - lätt att ladda/kombinera med sol/luft-värme - större uttagsmöjligheter - bättre värmefaktor ? |
|--|--|

Nackdelar

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - begränsade värmeuttag på grund av frysrisk - kräver stor cirkulations-pump - kräver noggrannare dimensionering - geografiskt mer begränsad | <ul style="list-style-type: none"> - sämre prestanda på värme-pumpen - svårt kombinera med vatten-uttag - frysning av borrhålet kan ge problem |
|---|---|

Tabell 1 Fördelar och nackdelar med energibrunnar med öppet resp slutet system



Figur 1 Olika värmeuttagssystem för bergborrade brunnar

MÖJLIGA VÄRMEUTTAG

De värmeuttag som är möjliga är som tidigare nämnts beroende av ett flertal parametrar. Vid de uppföljda installationerna har värmeuttagen varit relativt överensstämmande med teorin. Utan att särskilja bergarter och borrhålsdimensioner pekar resultaten på möjliga värmeuttag enligt tabell 2.

	Dimension. utetemperatur W/m borrhål	Kontinuerligt uttag	
		W/m borrhål	W/m, °C
Recirkulationsbrunn (öppet system)	35 - 45	15 - 25	3 - 5
Kylslangbrunn (slutet system)	50 - 60	30 - 45	3 - 5
Kombinationsbrunn	Är beroende av vattentillrinningen till brunnen		

Tabell 2 Värmeuttagmöjligheter vid olika typer av energibrunnar. Preliminära resultat.

EKONOMI

En komplett anläggning inkluderande brunn, värmepump och installation kostar för en villa 60.000 - 70.000 kr. Om brunnen även skall leverera hushållsvatten bör naturligtvis inte hela kostnaden för brunnen (15.000 - 20.000 kr) belasta energinstallationen.

De årsvärmefaktorer (inkl pumparbetet för cirkulation av grundvattnet resp glykolen) som uppskattats för de följda brunnarna ligger för recirkulationsbrunnar mellan 2 och 2,5 och för kylslangbrunnar mellan 2,5 och 3. När kylslangbrunnarna drivs kontinuerligt med temperaturer i brunnen nära 0°C pekar resultaten på en värmefaktor mellan 2 och 2,4.

Värmefaktorerna styrs naturligtvis till stor del även av framledningstemperaturen till radiatorer och tappvarmvattentemperaturen. De redovisade årsvärmefaktorerna gäller för system med max ca 50° kondenseringstemperatur.

Livslängd och underhållskostnaden är av stor betydelse för totalkostnaden för en anläggning. De erfarenheter som framkommit under projektets gång har stor likhet med värmepumpstillämpling vid andra naturliga värmekällor.

När det gäller värmepumpens livslängd kan nämnas att en av anläggningarna fått ett ventilfel i kompressorn, vilket föranledde byte av hela värmepumpaggregatet. Just detta märke visade sig ha mycket små servicemöjligheter på grund av värmepumpens konstruktion. Vid övriga installationer har aggregaten fungerat felfritt. Inga fel eller anmärkningsvärda förslitningar har noterats på förångare eller andra detaljer.

Vissa anläggningar har däremot i andra aspekter haft problem. Det gäller främst styr- och reglerutrustning som inte varit färdigutvecklade vid installationen och föranlett besvär och onödig tillsyn och service. Dessa insatser kan vara betungande för installatören och kan kraftigt ändra dennes lönsamhet på installationerna. Denna utvecklingsfas torde i huvudsak vara genomliden till dags dato.

MARKNAD

Potentialen för bergvärme är mycket stor. Lämpligt berg finns i stor del av landet. Spridningen på berggrundens lokala värmeledningsförmåga och vattenföring ger naturligtvis relativt stora skillnader i förutsättningarna för bergvärme.

Den totala potentialen inbegriper småhus och kanske även flerbostadshus. Detta innebär en mycket hög maximal potential. Uppskattningsvis kan så mycket som 300.000 - 1.000.000 lägenheter utnyttja bergvärme (motsvarande 5 - 15 TWh). De naturliga förutsättningarna är således ej någon begränsning.

Den verkliga marknadsandelen idag är mycket liten men växande. Jag bedömer att 1981 installerades totalt 200 - 400 anläggningar baserade på bergvärme (dvs exklusive rena grundvattenanläggningar). Detta motsvarar ungefär 0,5% av marknaden.

Energibrunnarnas konkurrenter bland värmepumpar är främst uteluft- och ytjordvärmepumparna. Det är antagligen naturligt att kombinationer av kollektorer i mark, luft och berg blir vanliga. Marknaden för energibrunnar kommer i likhet med andra energibesparande men investeringstunga alternativ ännu en tid att vara mycket beroende av normer, lånemöjligheter och bidrag.

TRENDER

Utvecklingen pekar idag mot ökat intresse för

- kylslangbrunnar
- kylslangbrunnar med laddning/utnyttjande av fler värmekällor
- applikationer på flerbostadshus (med laddning)
- energibrunnar för basvärmeproduktion

Kylslangbrunnar har bl a större marginaler för felbedömningar av värmebehov och är lättare att kombinera med andra värmekällor. Detta väger tungt, speciellt för dem som skall garantera systemets funktion.

Eftersom installationerna är relativt dyra är flerbostadshus och andra litet större energiförbrukare än enstaka småhus intressanta objekt. Det finns flera idéer som bygger på applikationer både med och utan laddning, kombinationer med andra värmekällor och utnyttjande av energibrunnar för basvärmebehovet.

BERGVÄRME, ENERGIUTTAG MED VÄRMEPUMP
UR BERGBORRADE HÅL - PILOTFÖRSÖK

BFR-PROJEKT 800967-1

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Lars O Ericsson

Lars O Ericsson, BERGVÄRME, ENERGIUTTAG MED VÄRMEPUMP
UR BERGBORRADE HÅL - PILOTFÖRSÖK. BFR-projekt 800967-1

INLEDNING

Projekt BERGVÄRME syftar till utveckling av metoden att tillvarata värme ur kristallin berggrund och dess grundvatten med hjälp av värmepump. Arbetet genomförs av en arbetsgrupp från VIAK AB och Studsvik Energiteknik AB.

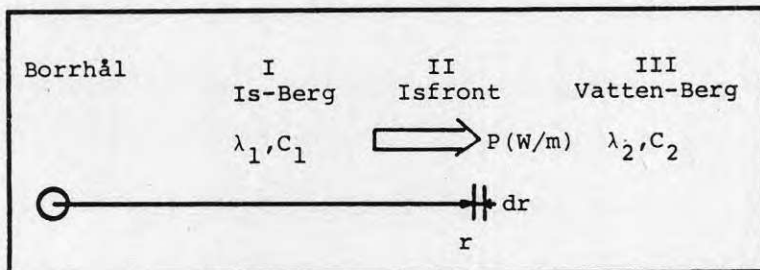
Systemet baseras på 100-150 m djupa borrhål. Ur ett hål utvinns värme från berget och dess vattenförande spricksystem. Isbildning i detta vatten beräknas ge ett visst energi- och effekttillskott. Efter en värmeutvinningsperiod återladdas hålet genom naturligt utbyte med omgivande grundvatten och berg. Vid behov kan återladdningen förstärkas eller påskyndas med hjälp av solfångare.

Målet med forskningsuppgifterna är huvudsakligen att utvärdera och bedöma:

- vilka totala energi- och effekttuttag som är möjliga med bergvärmetekniken
- frysvärmets betydelse för främst det kortvariga effekttuttaget
- influensradiens spridning runt värmeväxlarhålet
- hur berget och berggrundens vatten påverkas av frysningsprocessen

VÄRMEOMSÄTTNING KRING ETT BORRHÅL

Värmeflödet radiellt mot ett borrhål under förutsättning av temperatur lägre än 0°C styrs av tre förlopp, d v s värmeledning genom is-berg media (I), isfrontens tillväxthastighet i det vattenfyllda spricksystemet (II) och värmeledning i omkringliggande vattenberg-media (III). Se figur 1.



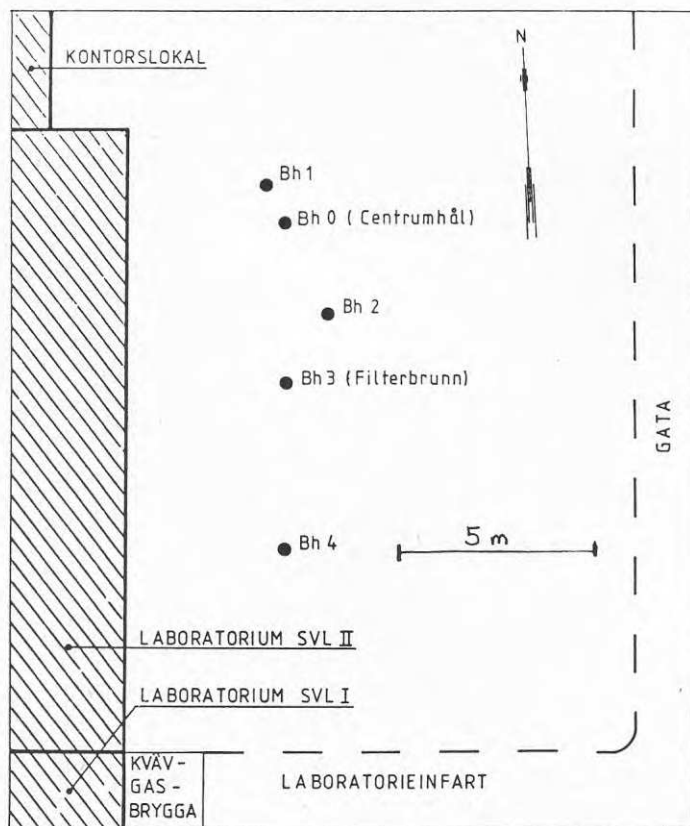
Figur 1 Värmeflödet till ett bergborrhål

Verksamheten inom Bergvärmeprojektet avser att delvis klargöra dessa processer i verkligheten.

FÖRSTUDIE

Som försöksplats har valts ett område inom Studsvik Energiteknik AB. Här har fem borrhål utförts med förutbestämd inbördes geometri. (Se fig 2) Ett av dessa fungerar som värmeväxlare med berget, övriga utgör observationshål.

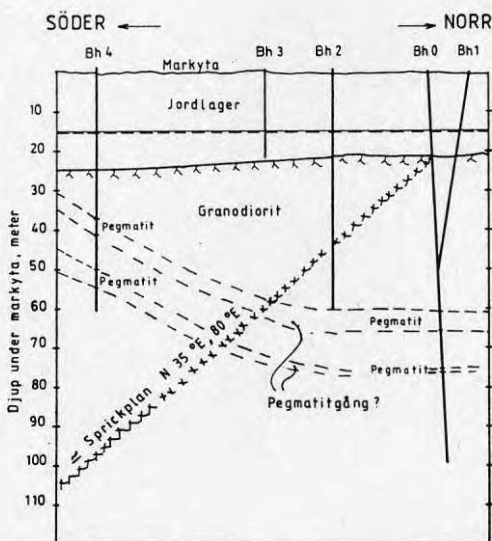
I förundersökningen har försöksområdet dokumenterats avseende geologisk uppbyggnad och rådande grundvattenförhållanden. Detta har skett med hjälp av geologisk dokumentation av borrhålen respektive provpumpning. (Se fig 3) De termiska förhållandena har kartlagts med hjälp av temperaturmätningar i borrhålen. Grundvattnets beskaffenhet har slutligen analyserats.



Figur 2 Planskiss över försöksområdet

Sammanfattningsvis har provpumpningen visat att:

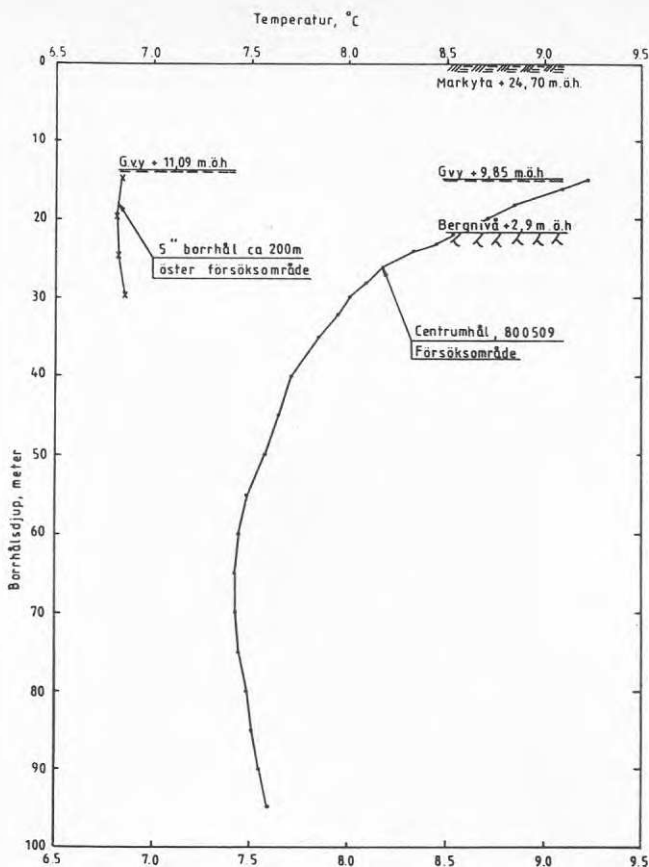
- de fyra bergborrhålen har hydraulisk kontakt med varandra via öppna sprickor i berget
- en mycket god hydraulisk förbindelse finns mellan Bh 0 och Bh 2 via en större vertikal spricka
- ett direkt läckagesamband finns mellan jordlagrens och berggrundens grundvattenmagasin, sannolikt via berggrundens ytsprickighet



Figur 3 Geologiska förhållanden vid försöksplatsen

För att bestämma bakgrundsvärdena inför värmeutvinningsförsöket uppmättes områdets temperaturprofil.

Temperaturloggningen i Bh 0 ca 3 veckor efter pumpning framgår av figur 3. Loggningen visar en hög utgångstemperatur ($\approx 9^{\circ}\text{C}$), vilken sedan avtar mot djupet och når sitt lägsta värde på 65-metersnivån. Från och med denna nivå följer sedan temperaturen den geotermiska gradienten.



Figur 4 Temperaturen vid försöksplatsen och i ett borrhål 200 m i östlig riktning

Som jämförelse visas också i figur 4 resultatet av en loggning av ett bergborrhål ca 200 m från försöksplatsen. Detta har en för breddgraden normal begynnelse-temperatur strax under 7°C och antydning till påträffad geotermisk gradient redan på 25-metersnivån.

Temperaturtillståndet i Bh 0 är med största sannolikhet stort av en fjärrvärmekulvert som ligger i anslutning till undersökningsområdet.

FÖRSÖKENS GENOMFÖRANDE

Försöken har genomförts i två etapper. Den första omfattar energiuttag vid en temperaturnivå över 0°C i borrhålet och den senare etappen utfördes med en temperaturnivå under 0°C .

Försöksuppställningen framgår av figur 5. Skillnaden i uppställningen mellan etapp 1 och 2 består i att pumpen satt mitt i borrhålsbotten i etapp 1, medan den vid etapp 2 flyttades upp ovan mark (ejektorpump). Av figur 5 framgår även mätpunktsplaceringen.

Kylanläggningen bestod av en större värmepump, som arbetade mot ett öppet förrådskärl med ca 10 m^3 spritvattenblandning. Kärlet var isolerat med ca 5 cm stenull och plastkuler på den öppna vätskeytan. Skilt från detta system var borrhålssystemet genom en värmeväxlare i plast som var nedsänkt i spritvattenblandningen. Ledningarna i borrhålssystemet var helt i plast och isolerade med diffusionstät kylisolering. Ledningarna ovan mark var i dimension $\varnothing 50 \text{ mm}$ för att hålla friktionsmotståndet nere, medan i borrhålet p g a plastbrist $\varnothing 40 \text{ mm}$ (resp $\varnothing 32$ för ejektorpumpen) använts.

De med termometersymbol försedda mätpunkterna utgjordes av paraffinfyllda termometerfickor för manuell avläsning. De övriga temperaturmätningarna utgjordes av rostfria termoelement som från själva mätpunkten gick helkapslade in till insidan av närmaste byggnad, där även den datalogger stod uppställd som utnyttjats för datainsamlingen. Flödet mättes med en vattenmätare som satt vid värmeväxlaren och avlästes manuellt.

PRELIMINÄRA RESULTAT

Vid etapp 1 cirkulerades brunnshålets eget vatten genom värmeväxlaren under 38 dygn. Utgående temperaturen pendlade mellan $+1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ och $+1,9 \text{ }^\circ\text{C}$ och returtemperaturen från borrhålet mellan $+2,8 \text{ }^\circ\text{C}$ och $+3,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Flödet låg på ca $0,7-0,8 \text{ l/s}$.

Den erhållna effekten uppgick vid slutet av försöket till ca 5 kW.

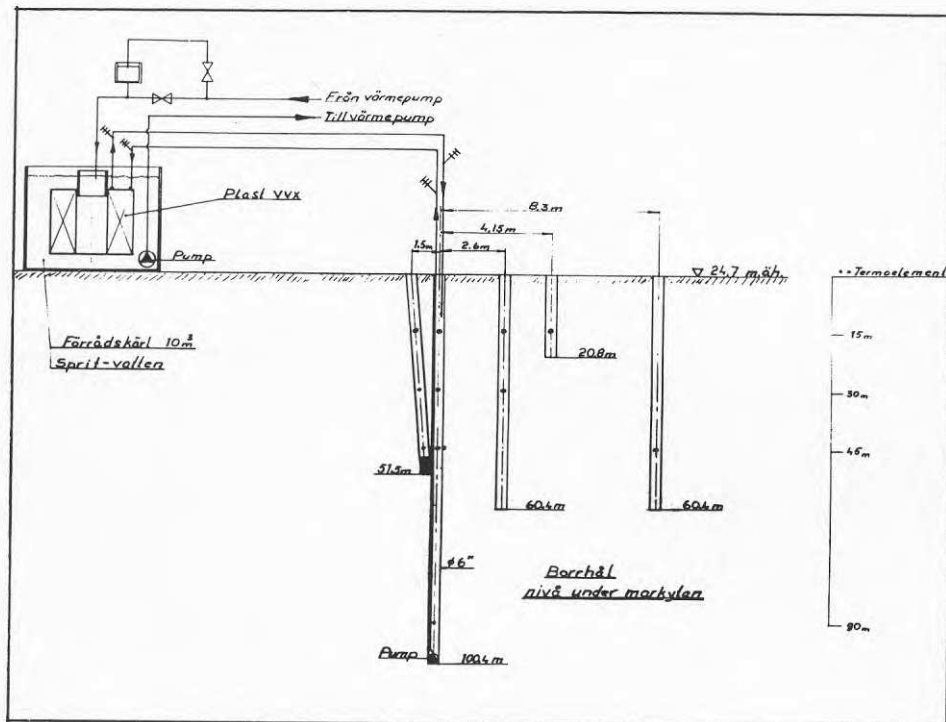
Eftersom pumpen antas helt överföra sin effekt i värmeenergi, skall dess effekttillskott dras ifrån den erhållna effekten om berggrundens effekt skall utvärderas. Den i försöket använda pumpen har en tillförd effekt av 1,6 kW. Värmeförlusterna i ledningarna mellan värmeväxlare och borrhål påverkar temperaturvärdena med ca $0,1-0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ och har försumrats bl a därför att det ibland var fråga om värmetillskott och ibland om värmeförluster beroende på utomhustemperaturen.

Den resulterande tillgodogjorda effekten för berget uppgick således till ca 40 W/m vid denna temperaturnivå.

Vid etapp 2 låg temperaturen på $-17,5 \text{ }^\circ\text{C}$ till $-19 \text{ }^\circ\text{C}$ räknat på utgående temperatur och på $-13,5 \text{ }^\circ\text{C}$ till $-14,5 \text{ }^\circ\text{C}$ på returen under 44 dygn. Den låga temperaturen medförde att ett slutet system med en köldbärare fick lov att anordnas. I borrhålet utgjordes detta av 100 m PEH-slang som pluggades i botten. (Dimensionen var 125/11, 4 PN 6.) Den övriga delen

av försöksanläggningen var redan i sig ett slutet system. En spritvattenblandning (1-3) blev påfylld och en ejektorpump ovan mark installerades.

Effekten från borrhålet var vid slutet av försöket ca 8 kW. Den här använda ejektorpumpen har en effekt av ca 1,5 kW. Ca 2/3 av pumpeffekten kommer vattnet tillgodo. Detta innebär att vid denna temperaturnivå en effekt av ca 80 W/m tillgodogjorts från borrhålet.



Figur 5 Försöksupställning

GEOTERMI I SKÅNE OCH PÅ GOTLAND
RESULTAT AV TEKNISK/EKONOMISK ANALYS

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Olof Andersson

GEOTERMI I SKÅNE OCH PÅ GOTLAND
RESULTAT AV TEKNISK/EKONOMISK ANALYS

Sammanfattning av föredrag vid Grundvattenvärme-seminarie på
Bommersvik 12-13 maj 1982 hållet av Olof Andersson, VIAK AB,
Malmö

GEOTERMI I SKÅNE

Geotermisk värme - en stor skånsk energiresurs

Under den skånska myllan ligger vidsträckta geotermiska magasin på olika nivåer under markytan. Dessa består av porösa sandstenslager som oftast har en mäktighet av 50-150 m och vars porer innehåller varmt vatten. Hur varmt vattnet är beror på avståndet mellan markyta och sandstenslager. Normalt ökar temperaturen nedåt med 3°C per 100 m. Detta innebär att en sandsten på 1000 meters djup är 35-40°C och en på 2000 meters djup 65-70°C. Vattnet i sandstenarna har motsvarande temperatur. Genom att borra brunnar till dessa djup kan det varma vattnet utvinnas och värmen tillvaratas.

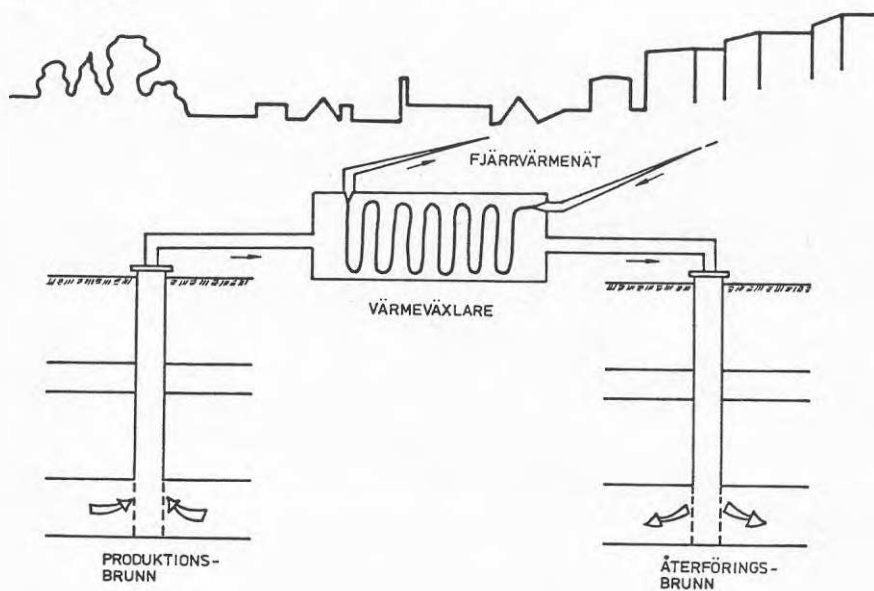
Det har beräknats att Skånes geotermiska sandstenslager, sammantaget fem olika formationer, har ett energiinnehåll motsvarande drygt 7000 TWh, vilket i sin tur motsvarar värmevärdet av 700 milj ton olja. För ett lokalt utnyttjande rör det sig alltså om en nästan oändligt stor energiresurs.

Studier av de geotermiska förutsättningarna i Skåne har pågått sedan 1975 och i stort utförts av VIAK och Lunds Tekniska Högskola. En nyligen färdigställd rapport (NE-projekt

4560-231 "Förutsättningar för introduktion av geotermi i SV-Skåne", VIAK AB, i samarbete med SYDKRAFT och LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA, April 1982) utgör en sammanfattning över hur den geotermiska värmen kan utvinnas och användas för olika ändamål. Härvid har alla tänkbara tekniska problemområden behandlats och kostnaderna noggrant analyserats. Nedanstående utgör en grov sammanfattning av denna rapport.

Utvinningstekniken

Geotermisk värmeutvinning är tämligen enkel. Det geotermala vattnet pumpas upp ur en uttagsbrunn, nedförd till något av sandstenslagren. Värmen från vattnet växlas över till fjärrvärmevattnet eller motsvarande via värmeväxlare och/eller värmepump.



Figur 1 Systemlösning för nyttjande av geotermiskt varmvatten för bostadsuppvärmning.

Det kylda geotermala vattnet återföres därefter till sandstenen via en återföringsbrunn, se figur 1. I vissa fall kan

ett utlopp till havet vara ett acceptabelt alternativ till återföringsbrunnen.

Användningspotentialen i SV-Skåne

Geotermiskt varmvatten kan användas överallt där man har behov av inte alltför höga temperaturer.

De användningsområden som påvisats i utredningen är i första hand

- basvärme i befintliga större fjärrvärmenät
- basvärme i större blockcentraler och mindre fjärrvärmenät
- uppvärmning av större växthus
- värme till vissa industrier med bl a tvättning och torkning i processen

Dessutom kan geotermalvattnet användas som industriell råvara, i badanläggningar och för fiskeodling.

Enbart i regionens fjärrvärmenät finns en geotermisk avyttringspotential som motsvarar minst 200 000 ton olja/år. För att nå en sådan oljeersättning krävs ett 50-tal geotermiska uttagsbrunnar.

Nästan lika stor oljeersättning skulle teoretiskt kunna nås i regionens 300-400 blockcentraler och mindre fjärrvärmenät.

Skånsk växthusnäring har ungefär 200 ha odlingsyta inom områden med geotermiska förutsättningar. I de större växthusen (>5000 m² odlingsyta) skulle geotermisk värme kunna ersätta i storleksordningen 75 000 ton olja.

Inom industrin finns också en betydande oljeförbrukning som går till lokaluppvärmning och processer som inte kräver alltför höga temperaturnivåer. Jordbruks- och livsmedels-

industrin, viss service-, byggnads- och kemisk industri utgör exempel på detta. Uppskattningsvis finns inom dess industrisektorer en geotermisk avyttringspotential motsvarande minst 75 000 m³ olja årligen.

Sammantaget skulle man således i regionen kunna finna en tekniskt möjlig avsättning av geotermisk värme till en mängd motsvarande minst 500 000 ton olja årligen, se tabell 1.

Användn område	Arsenergi (GWh)	Oljeekvival (1000 ton)	Antal brunnspär (styck)
Fjärrvärme	1800-2400	200-270	40- 60
Blockcentr	1200-1600	150-200	200-250
Växthus	400- 800	50-100	50-150
Industri	600- 800	75-100	25-100
Övrigt	0- 100	0- 10	0- 20
	4000-5700	475-670	315-580

Tabell 1 Avyttringspotentialen av geotermisk värme i Skåne fördelat på olika brukarkategorier

Tekniska problemområden

Tekniska problem kan förekomma bl a till följd av geotermalvattnets korrosiva och utfällningsbenägna karaktär, vilket i sin tur hänger samman med vattnets ofta höga salthalt.

Korrosion och problem med kemiska utfällningar kan dock i hög grad förebyggas med olika metoder. Hur detta skall ske kommer att variera från fall till fall. Generellt kan dock anges att problemen i hög grad undviks genom att

- välja korrosionsresistenta material i brunnar, värmeväxlare och andra utsatta systemkomponenter
- hantera termalvattnet utan tillträde av luftsyre någonstans i systemet

- hålla geotermalvattenslingan tryckbelastad
- projektera anläggningen med förberedelse för kemisk vattenbehandling och rensningsåtgärder.

Borrningstekniska problem förväntas inte uppstå i någon större omfattning. Tekniken är densamma som vid oljeborrning och därför väl etablerad. Äldre borrhningar i samband med oljeprospektering har visat att de skånska sedimentära berglagren är jämförelsevis lättborrade.

Brunnstekniskt ställs det mycket höga krav på en geotermisk brunn eftersom brunnen dels skall ha en hög kapacitet, dels ha en lång livslängd. Igensättning av brunnsfilter till följd av kemisk utfällning är det allvarligaste problemet. Detta kan i hög grad förebyggas genom att brunnskonstruktionen anpassas till rådande geologiska, hydrauliska och kemiska förutsättningar. Igensättningar kan också åtgärdas bl a med hjälp av syrabehandling och rens-pumpning.

Mark- och miljöfrågor

Frågor som rör mark och miljö förekommer också vid geotermisk energiutvinning, även om de är av jämförelsevis liten omfattning. En borrhplats fordrar att 7 000-10 000 m² mark utnyttjas temporärt. Dessutom behövs till- och frångångsvägar. Efter borrhningen kan normalt marken återställas till ursprungligt skick. Den färdiga brunnen tar sedan obetydlig plats.

Miljöfrågorna är i stort sett knutna till anläggningsskedet och därför temporära. Hit hör bl a bullerstörningar om borrhningen sker nära bebyggelse. Andra temporära miljöfrågor är omhändertagande av borrhslam och sådant geotermalvatten som erhålls vid rens- och propumpningar.

En anläggning som tagits i drift har inga nu påvisbara negativa effekter på naturmiljön. Det förutsättes då att geotermalvattnet hanteras i ett slutet system och återföres till berggrunden efter värmeuttaget.

Kostnader för geotermisk värmeproduktion

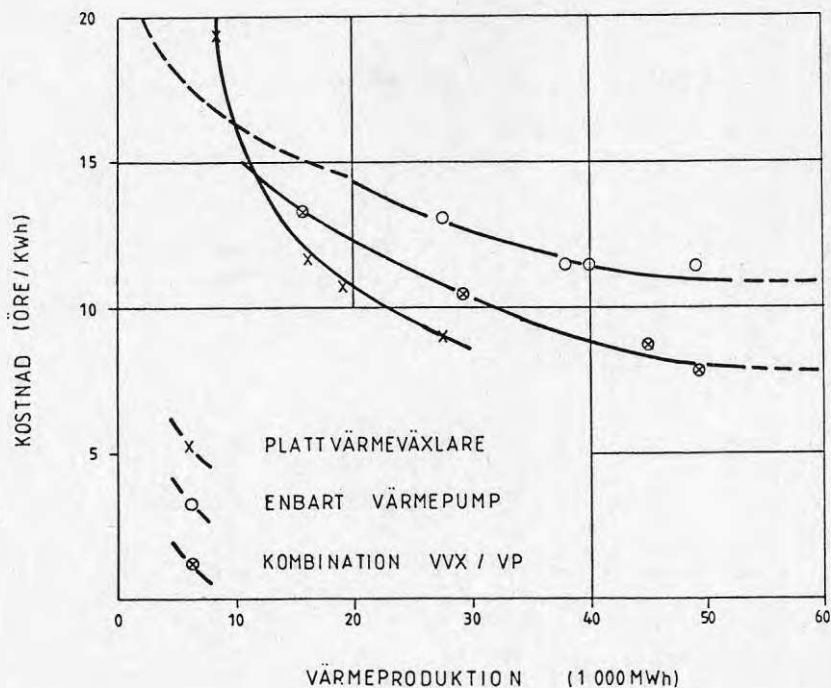
Då värmekällan i princip är gratis kommer kostnaderna för den geotermiska värmen att domineras av räntor och amorteringar på investerat kapital.

Vid system med värmepumpar tillkommer dock en betydande kostnad för drivenergi, vanligen elkraft.

I utredningen visas hur olika investerings- och driftskostnader beräknas i en kommersiell situation, närmast jämförbar med den som uppstår vid exploatering av ett oljefält. På grundval av beräkningsmodellen har ett flertal olika anläggningar analyserats avseende investerings- och driftskostnader, varefter värmeproduktionskostnad och lönsamhet beräknats.

Beroende på typ av energisystem, årlig driftstid, effektstorlek m m blir de ekonomiska utfallen varierande.

Värmeproduktionskostnaden, bestående av årlig kapital-, drifts- och underhållskostnader utslaget på producerad årsenergi har beräknats ligga mellan 8 och 12 öre/kWh för stora anläggningar (4-6 MW) i fjärrvärmesystem. I mindre anläggningar 2-4 MW varierar kostnaden mellan 10 och 15 öre/kWh, medan system i storleksklassen 1-2 MW anslutna till blockcentraler får en produktionskostnad i intervallet 15-20 öre/kWh, se figur 2.



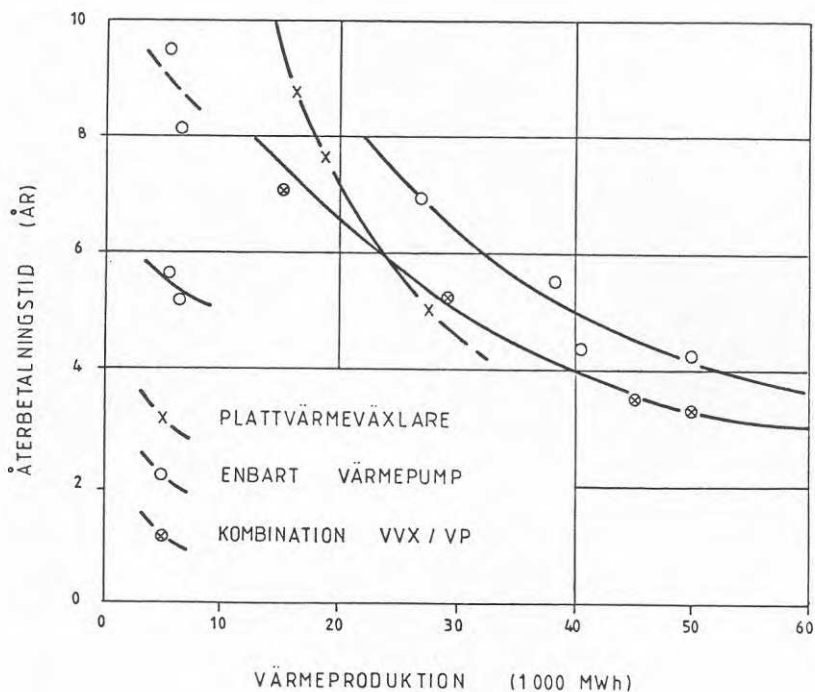
Figur 2 Värmeproduktionskostnaden som funktion av årlig värmeproduktion för olika system.

Lönsamheten har åskådliggjorts medelst återbetalningsmetoden (pay-off). Denna uttrycker kvoten mellan investering och årlig nettovinst räknat i oljeekvivalenter. På dessa grunder kommer återbetalningen att i större fjärrvärmesystem (>25 MW) ligga mellan tre och sex år. Snabbast återbetalningstid fås i system där värmeväxling kombineras med värmepump för ökat effektuttag.

I mindre fjärrvärmesystem, 10-25 MW, ligger motsvarande återbetalningstider mellan sex och åtta år. Den jämförelsevis sämre lönsamheten i dessa system hänger samman med att

det geotermiska systemet inte kan utnyttjas med full effekt året runt, se figur 3.

För blockcentraler (och växthus) med en geotermisk anslutningseffekt 1-2 MW är det endast lågtempererat geotermiskt vatten från måttliga djup (300-700 m) som kommer ifråga och då som värmekälla till värmepump. Sådana system har trots småskaligheten ändå återbetalningstider mellan fem och sex år vid enbrunnssystem och 8-10 år vid tvåbrunnssystem.



Figur 3 Lönsamheten uttryckt i återbetalningstid som funktion av årlig värmeproduktion för olika system. De två avvikande mindre värmepumpssystemen är enhåls-system (heldraget) och tvåhåls-system (streckat) och gäller fallen med blockcentraler.

Riktlinjer för den geotermiska utbyggnaden i Skåne

En exploatering av den geotermiska resursen i Skåne bör inledningsvis inriktas på att snabbt få till stånd en eller ett par prototyp- och demonstrationsanläggningar.

Mot bakgrunden av de förstudier och försök som gjorts bör den första anläggningen placeras i Vellinge, som hunnit längst i förberedelser och projekteringsarbete. I Vellingeprojektet kan system med värmeväxling i kombination med värmepump studeras. Projektet förväntas också ge värdefulla erfarenheter av brunnstekniska problem samt korrosions- och utfällningsproblem.

Nästa PoD-projekt bör lämpligen syfta till att erhålla erfarenheter av system med lågtempererat geotermalvatten som värmekälla till värmepump. Såväl Landskronas som Lunds fjärrvärmenät skulle för detta ändamål vara lämpliga objekt. Förutsättningarna att utvinna stora lågtempererade vattensmängder från måttliga djup är stora på båda dessa platser. Detta gör att systemen kan bli storskaliga.

Utvecklingen längre fram bör i första hand syfta till en successiv anslutning av geotermiska system till regionens större fjärrvärmenät.

Den största potentiella avnämaren blir då Malmö fjärrvärmenät.

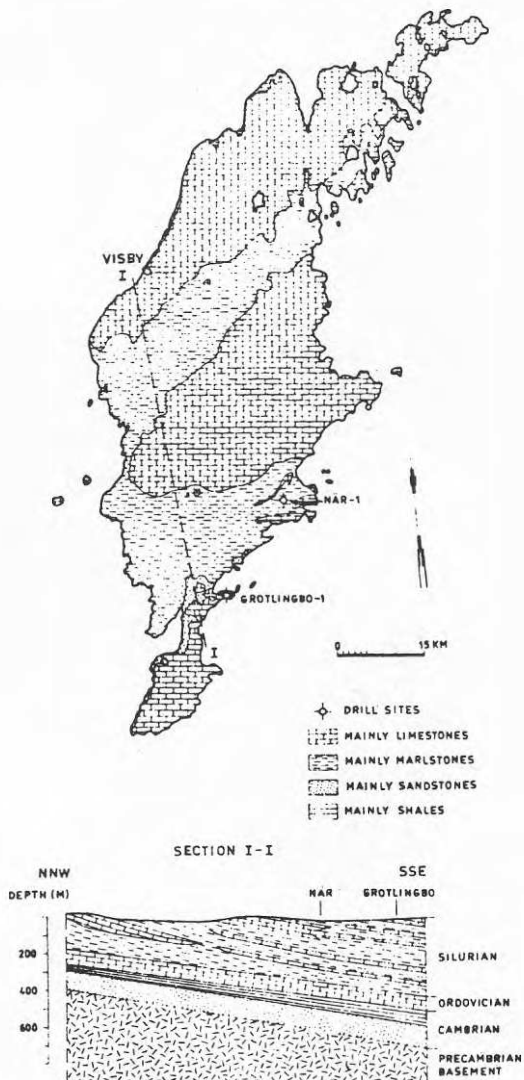
Förutsatt att föreslagna PoD-anläggningar blir av och får ett positivt driftsutfall finns inga egentliga hinder för en snabb utbyggnadstakt, varvid också andra avnämare än de stora fjärrvärmenäten mycket väl kan inkorporeras.

En total geotermisk effektutbyggnad till 100 MW år 1990 ligger inom möjligheternas ram. Vid ett 20-tal anläggningar skulle då kunna produceras 600-800 GWh/år med en oljeersättning motsvarande 80 000-100 000 m³ årligen.

GEOTERMI PÅ GOTLAND

Inte enbart olja

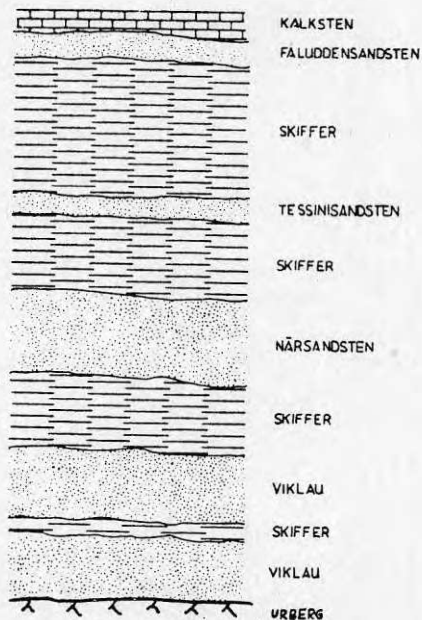
Under de ställvis oljeförande kalkstenslagren på Gotland finns utbredda sandstenslager, figur 4, som innehåller betydande mängder varmt eller snarare ljummet vatten.



Figur 4 Lagerföljden på Gotland

En sammanställning av borrhingsuppgifter från OPAB (Oljeprospektering AB) har visat att temperaturen på vattnet i stort varierar mellan 20 och 30°C och att djupet till de vattenförande formationerna varierar mellan 400 och 700 m. (NE-projekt 4560-251 "Undersökning av möjligheterna att utvinna geotermisk energi på Gotland", VIAK AB, mars 1981).

De geotermiska sandstenslagren tillhör alla den kambriska lagerföljden, vilken normalt är 150 m mäktig. Av de fem sandstensformationerna, se figur 5, är det den s k Näsandsstenen som tros ha de gynnsammaste vattenförande egenskaperna.

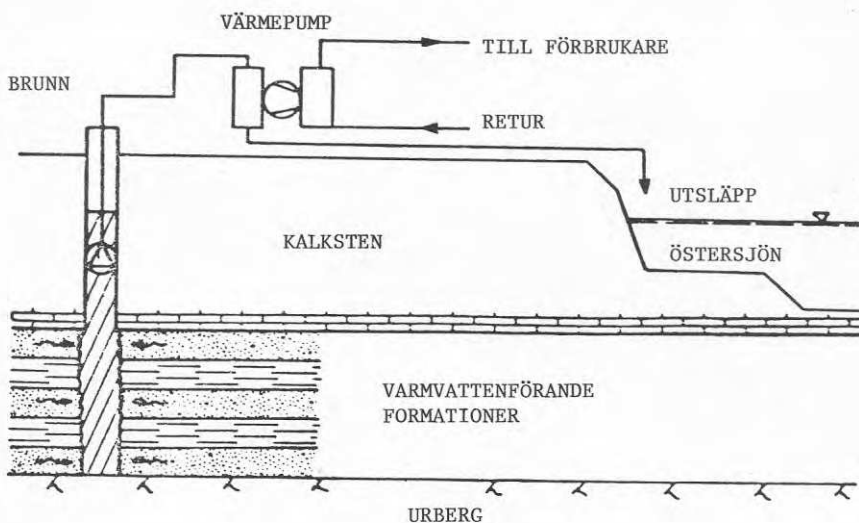


Figur 5 De geotermiska sandstenarna i Kambrium

Den energimängd som finns lagrad i de totalt ca 100 m mäktiga sandstenarna uppgår till storleksordningen 3000 TWh beräknat som en nedkylning från 25 till 10°C.

Utvinningstekniken

Mycket tyder på att en brunn nedförd i de kambriska sandstenarna får en kapacitet som begränsas till storleksordningen 10 ä 30 m³/tim. Den termiska effekten från en sådan brunn blir då 175-525 kW. Med hjälp av hydraulisk tryckning kan dock kapaciteten förhöjas. Oavsett detta blir dock investeringen i en geotermisk brunn relativt hög. Av denna anledning kommer sannolikt enhålssystemen att dominera vid en geotermisk utbyggnad på Gotland, se figur 6.



Figur 6 Principiell utformning av enhålssystem för geotermisk utvinning på Gotland

Systemet bygger på att termalvattnet förs till havet efter värmeuttaget.

Den förhållandevis låga primärtemperaturen (runt 25°C) gör att man måste använda värmepump då termalvattnet skall

nyttjas för bostadsuppvärmning. Renodlad värmeväxling kan dock vara aktuell för uppvärmning av bad samt inom växthussektorn.

Avyttringsmöjligheter

Enhålssystemet och behov av havet som recipient innebär att den geografiska lokaliseringen av geotermiska brunnar i vart fall till en början avgränsas till kustnära områden. Det finns emellertid ändå avsättningsmöjligheter i ett tiotal tätbebyggelser runt ön. Det största enskilda avyttringsobjektet härvidlag är Visbys fjärrvärmenät.

I övrigt finns en potentiell användning inom växthusnäringen och inom rekreationssektorn (främst badanläggningar).

Ekonomi

De preliminära investerings- och driftskostnader som framräknats för enhålssystem i kustnära trakter visar att en undre lönsamhetsgräns (10 års återbetalningstid) uppträder vid brunnskapaciteten ca $10 \text{ m}^3/\text{tim}$. Denna kapacitet motsvarar en termisk effekt av 175 kW vid ett värmeuttag av 15°C . Med 6000 tim drifttid blir oljebesparingen drygt $100 \text{ m}^3/\text{år}$, vilket i pengar räknat ger en nettovinst av ca 200.000:-. Med investeringen 1,5 Mkr inklusive värmepump, blir återbetalningstiden i ett sådant fall ca 10 år. Det har då antagits en tillsyns- och underhållskostnad av 50.000:-/år.

Vid brunnskapaciteter över $10 \text{ m}^3/\text{tim}$ ökar lönsamheten för att vid en fullt utnyttjad brunnskapacitet av $20 \text{ m}^3/\text{tim}$ motsvara ca 6 års återbetalningstid och vid $30 \text{ m}^3/\text{tim}$ ca 4 år.

Vid tvåhålssystem fordras för att nå den undre lönsamhetsgränsen, beräknad på samma grunder som ovan, en kapacitet av ca $35 \text{ m}^3/\text{tim}$ eller ca 600 kW termisk effekt.

Fortsatt geotermisk utveckling på Gotland

För närvarande (juni 1982) pågår en projektering av en geotermisk brunn i Klintehamn (BFR-projekt 811838-8).

Tanken är att förse en gruppbebyggelse med geotermiskt baserad värme. Skulle borrningen ge ett positivt resultat överväger Gotlands kommun att bygga ett mindre fjärrvärmenät i Klintehamn som då också skulle bli försörjt med geotermisk värme.

I Klintehamnsprojektet skall såväl tekniska som ekonomiska förutsättningar för en bredare geotermisk introduktion på Gotland klargöras.

GEOTERMISK VÄRME I SKÅNE
MED SÄRSKILD TONVIKT PÅ LUND

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Leif Bjelm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. VAD ÄR GEOTERMISK ENERGI
2. BEDÖMNINGSUUNDERLAG OCH NULÄGE
3. ALLMÄNT OM GEOTERMISK ENERGI I SKÅNE
4. GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR VID LUND
5. LOKALISERING AV BORRPLATS VID LUND
6. GEOTERMISK ENERGIUTVINNING I LUND

1. VAD ÄR GEOTERMISK ENERGI

Det enda ovanliga med en geotermisk värmestation är energikällan medan utvinningstekniken är gammal, enkel och beprövad. Energitillgången kan därför behöva lite extra presentation.

GEOTERMISK ENERGI är den energi som finns lagrad i jordskorpan, den är jämnårig med jorden och utgör en i det närmaste obegränsad resurs. Fig 1.

Svårigheterna hittills har varit att finna tekniskt och ekonomiskt godtagbara lösningar på att utvinna energin. Bara inom de vulkaniskt aktiva områdena i världen har geotermisk energi haft stor betydelse. Exempelvis badade islänningarna redan på 1200-talet i varmvatten från de heta källorna. Idag använder de geotermisk energi mest till uppvärmning. Källorna fungerar som ett slags fjärrvärmeverk. I Italien tar man upp vattenånga som driver turbiner och på så sätt får man elkraft från den geotermiska energin.

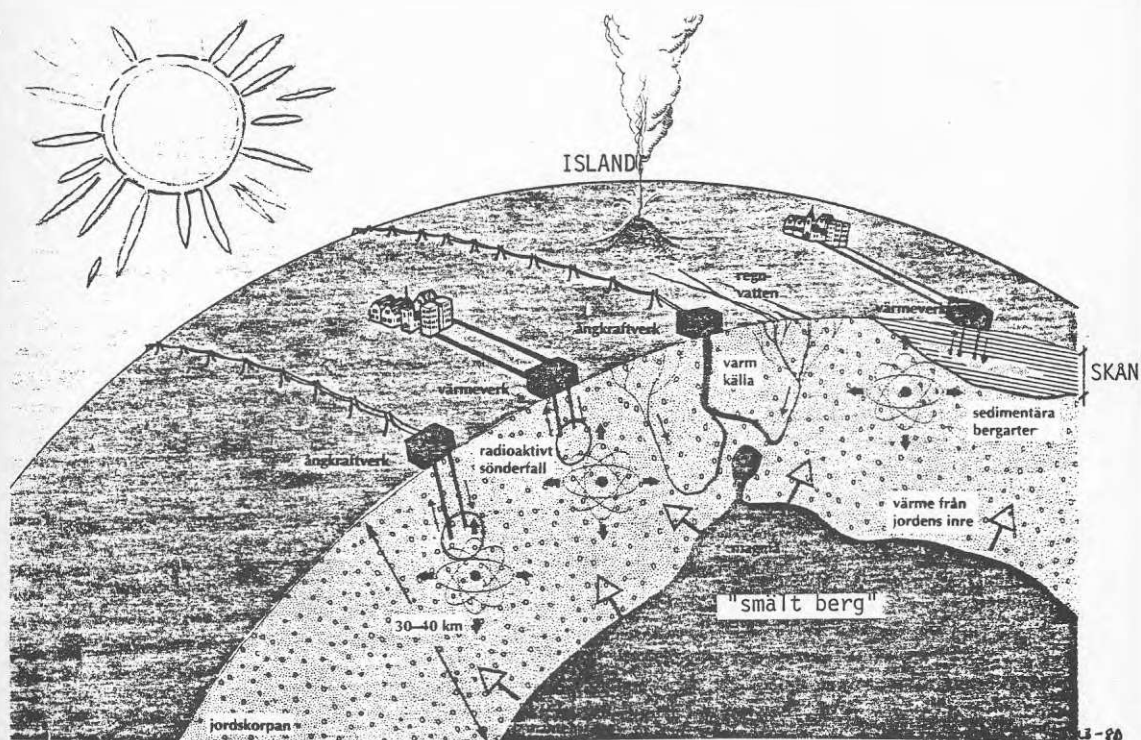
Men den största geotermiska energiresursen är inte den värme som har sitt ursprung i att magma tränger upp genom jordskorpan eller i annan vulkanisk aktivitet. Det är i stället den värmeenergi som alstras av naturligt radioaktivt sönderfall. I berggrunden är det isotoper av uran, torium och kalium som producerar värme. De finns till stor del i jordskorpans övre skikt främst i sura bergarter, exempelvis graniter.

När isotoperna sönderfaller frigörs energi och det är den som värmer omgivningen, dvs berg och i underjorden ansamlad vatten. Då berget är en jämförelsevis dålig värmeledare lagras värmen - en upplagring som kan ha pågått i miljarder år. Men de radioaktiva ämnena är ojämnt fördelade i berggrunden, därför är olika områden mer eller mindre varma.

Numera finns teknik för att utvinna energi ur berggrunden. Bl a det intensiva letandet efter olja har utvecklat borrhållstekniken och också gjort den mer ekonomisk. Värmen kan hämtas upp från underjorden med hjälp av vatten eller vattenånga som leds via borrhål till markytan.

Man använder idag geotermisk energi i bl a Frankrike, Ungern, Italien, Nya Zeeland, Sovjetunionen, Japan och USA. I Frankrike och Ungern används den till uppvärmning av bostäder. I de övriga länderna kan man också få vattenånga med högt tryck som kan alstra elektrisk energi.

DETTA ÄR GEOTERMISK ENERGI



Figur 1. Värme i jordskorpan har i huvudsak följande ursprung:

- . naturligt radioaktivt sönderfall av vissa grundämnen som finns i varierande mängd i berggrunden
- . smält berg (magma) som tränger upp i jordskorpan, annan vulkanisk aktivitet och smält berg i jordens inre

Dessutom skapas troligen en viss värmemängd genom friktion inom jordskorpan p g a solens och månens dragningskraft.

2. BEDÖMNINGSUNDERLAG OCH NULÄGE

Det geologiska bedömningsunderlag som idag föreligger för Skåne är framtaget vid Teknisk Geologi, LTH. Nämnden för Energiproduktionsforskning (NE) stöder sedan 1977 forskningsverksamheten i Lund. Genom omfattande sammanställningsarbeten och tester under dessa år samt genom tillgång till hela OPABs arkivmaterial från oljeborringarna i Skåne kan den geotermiska energitillgången noggrant beskrivas. Detta innebär att för varje tätort eller landsbygd i södra och sydvästra Skåne kan man ange på vilket djup varmvatten

finns och vilken temperatur det har. Dess kemiska sammansättning och produktionskapacitet kan man även tämligen väl beräkna. Tekniken för utvinning och förädling av energin finns och kostnaden för den är känd. Man kan med andra ord med god precision beräkna den geotermiska energikostnaden för Lund, Malmö, Landskrona o s v.

Energikostnaden beror av faktorer såsom temperatur, flöde, djup, utvinningsteknik och fjärrvärmenätets egenskaper. Gemensamt är dock att energikostnaden kan bli mycket låg exempelvis för sådana kommuner som Lund och Malmö. Ett kilowattpris omkring 12 öre är fullt realistiskt. Utredningar som visar detta är framtagna genom NES försorg.

3. ALLMÄNT OM GEOTERMISK ENERGI I SKÅNE

Klart är idag att Sveriges mest lättillgängliga och högvärdiga geotermiska energi står att finna i sydvästra och södra Sverige. Den kan i hög grad liknas vid den som sedan många år utnyttjas för bl a uppvärmning i exempelvis Frankrike och Ungern.

Karakteristiskt för den geotermiska energin i Skåne är dess knutenhet till bestämda våningar eller horisonter i berggrunden. Detta innebär att tätorterna i sydvästra och södra Skåne har ända upp till fem olika geotermalformationer (horisonter) att välja på för utvinning.

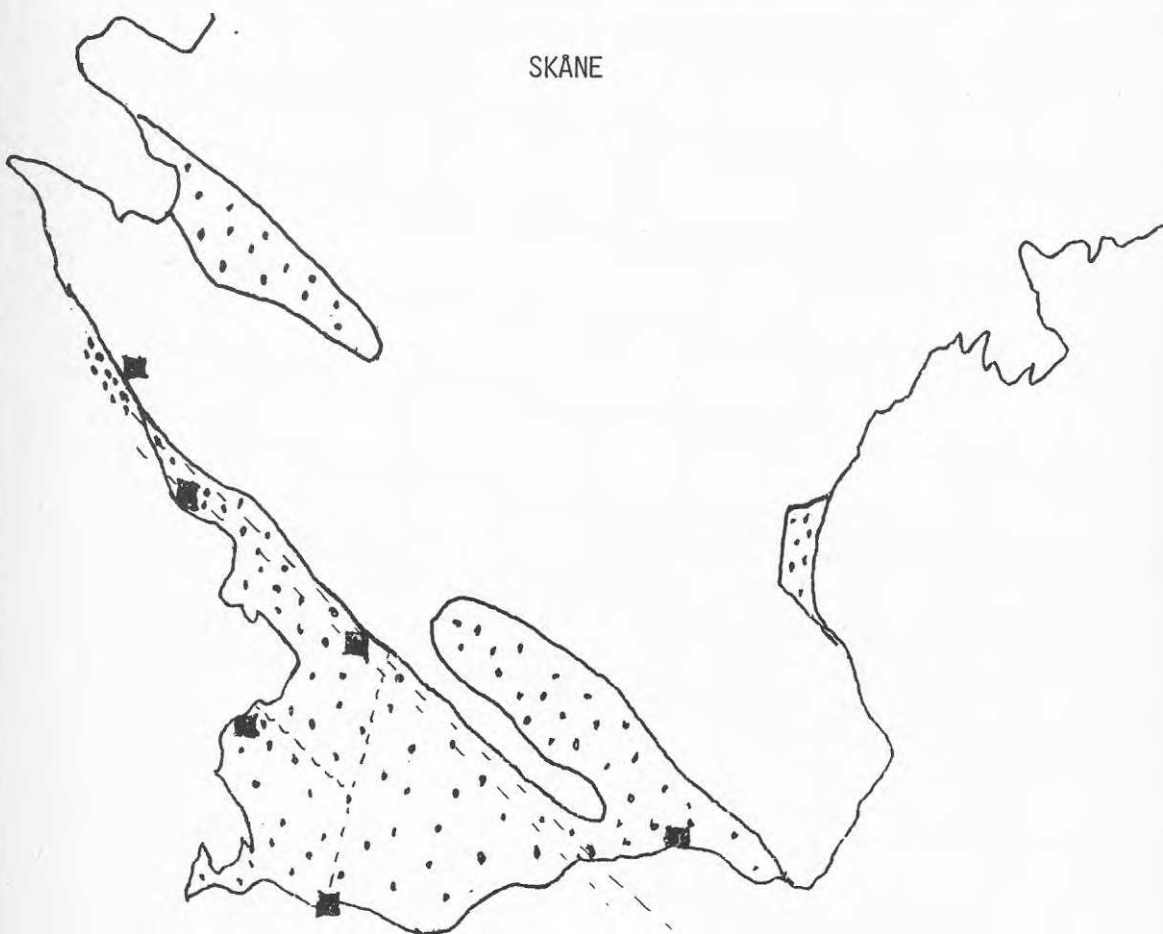
Eftersom geotermalformationerna uppträder på olika djup och då temperaturen ökar med djupet, kommer temperaturnivån att variera med de olika geotermalformationernas djupläge.

För Skåne innebär detta att vattentemperaturen varierar mellan 20-80 °C. I några områden kan högre temperatur uppträda. Den uttagbara vattenmängden beror bl a av formationernas uppbyggnad och sammansättning liksom av brunnskonstruktionen. Utifrån utförda provpumpningar och provborrningar kan överslagsmässigt sägas att 20-30 l/sekund går att utvinna ur flertalet av geotermalformationerna och 100-150 l/sekund är möjligt att utvinna ur någon eller några geotermalformationer.

Geotermalvattenkemin karakteriseras av olika saltlösningar. I sydvästra Skåne, söder om Malmö, kan den totala salthalten vara ca 20% medan den vid Lund och Landskrona uppskattas till ca 2%.

Den teoretiskt beräknade geotermiska energipotentialen i Skåne är ca 7 700 TWh. Den uttagbara värmeeffekten ur ett borrhål varierar mellan 1-10 MW. Drifttiden eller genomslagstiden (vid tvåhålssystem) är i regel 20-50 år. Utvinningssystemen för Skånes del består av värmeväxlare (av plattyp) och/eller av värmepump. För Lunds del kan åtminstone 10 MW utvinnas per borrhål till ca 750 meters djup. Utvinningen sker då via värmepump.

Av Fig 2 framgår den skånska geotermiska energin och dess utbredning vid en temperatur över 20 °C.



Figur 2 Områden med en temperatur > 20 °C
max temp 105 °C

<u>Effekt</u>	<u>Energipotential</u>
1-10 MW/borrhål	7 000 TWh ^x

x Enbart sed berg

4. GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR VID LUND

För ca 100 miljoner år sedan då Skåne befann sig på en latitud av omkring 42 ° N (Medelhavet idag) steg världshavet och dränkte stora delar av de dåvarande kontinenterna.

Skåne var täckt av en relativt grund vik av Atlanten som långsamt och oregelbundet trängde in från väster. Ibland

täckte havet även södra Halland. Östra Skåne var delvis land denna tid liksom resten av Sverige. Samtidigt och till följd av tektoniska rörelser höjdes och sänktes delar av landskapet som orsakade en förflyttning av strändernas läge.

Ett sådant område utgörs av Romeleåsen längs vilken betydande rörelser har ägt rum. I dessa randområden består de strandnära avlagringarna oftast av vittringsmaterial dithörda av floderna. Det rör sig om sand och leror med växt-delar.

Lund, ur geologisk synvinkel, befinner sig i den så kallade Landskronabassängen som begränsas i söder och sydost av Malmö och Svedala förkastningarna mot nordost av Romeleåsens västra förkastning samt i väster och sydväst av Barsebäcksförkastningen.

Genom omfattande forskningsarbeten har framkommit att en betydande geotermalformation uppträder på ca 600 meters djup inom "Landskronabassängen". Sandstenen i denna formation är den så kallade "Campanasandstenen" (Fig 3). Sandstenens förekomst är påvisad bland annat genom djupborrningarna vid Hilleshög, Norrevång, Nyhem (Landskrona) och Mosssheddinge.

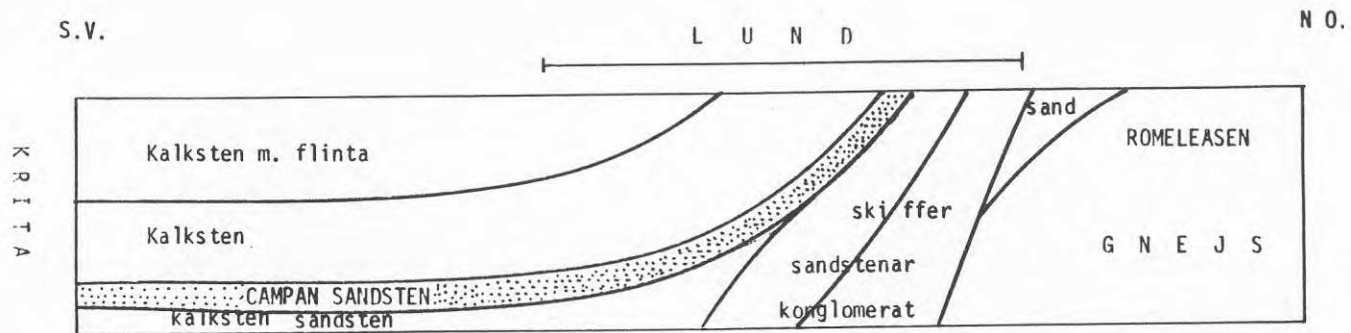
Denna sandsten bildar bergytter i östra delen av Lund och förekommer i ett bälte i NV-SO-lig riktning.

Ett stort antal borrningar, såväl brunnborrningar som undersökningsborrningar, har utförts vid Lund i denna sandsten. Den har ställvis visat sig ha en hög flödeskapacitet.

5. LOKALISERING AV BORRPLATS VID LUND

Genom utförande av en undersökningsborrning vid Lund skall en horisont av Campsandstenen och dess kemiska, hydrauliska och termiska egenskaper undersökas. Sandstensformationen, som framgår av Fig 3, bildar bergyta vid östra delen av Lund, och sjunker snabbt i riktning mot sydväst, där nivån stabiliserar sig på ett djup av ca 600 meter.

Eftersom syftet är att klargöra campanasandstensens värde som leverantör av geotermisk energi till befintligt fjärrvärmenät har borrplatser vid Flackarp-1 och Värpinge valts som lämpliga områden för utförande av förundersökningsborrningarna. Underlag för detta förslag utgörs bl a av omfattande reflexionsseismiska mätningar och sammanställning av tidigare borrningar.



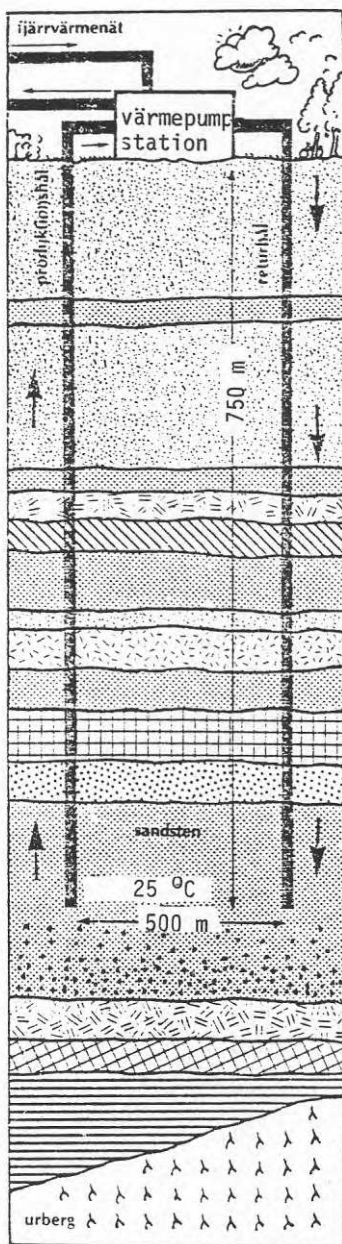
Figur 3. Typsektion i nordost - sydväst mellan Lund - Malmö

6. GEOTERMISK ENERGIUTVINNING I LUND

Projekteringen av ett geotermiskt värmeverk om 10 MW eller mer består av följande moment.

- Det första som består av lokalisering av energikällan och bedömning av dess egenskaper i stort är redan utförda genom omfattande forskningsarbete.
- Det andra består av s k dimensioneringsborrning, varvid energikällans egenskaper fastställs via tester. Testerna omfattar produktionskapacitet, vattenkemi och formationsuppbyggnad. Målet med detta moment är en provpumpning av energikällan under så realistiska förutsättningar som möjligt. Utifrån resultaten av detta moment kan produktionshål, uppfodringspumpar, filter, värmepumpar m m anpassas. Denna fas är mycket viktig.
- Det tredje momentet utgörs av utbyggnad av produktions- och returbrunnar. Eftersom geotermalvattnet efter värmeutvinning skall återföras till berggrunden behövs returhål (Fig 4). Beroende på anslutningseffekten utförs det antal hålpar som energimässigt svarar mot värmebehovet.
- Det fjärde momentet utgörs av uppbyggnad av värmepumpsenheter och anslutning till befintligt fjärrvärmenät.

GEOTERMISK STATION



Figur 4

GRUNDVATTENVÄRME - MILJÖPROBLEM?

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Gert Knutsson

GRUNDVATTENVARME - MILJÖPROBLEM?

Gert Knutsson, Inst för kulturteknik, KTH

Miljöproblemen vid utnyttjande av grundvattenvärme är dåligt klarlagda, varför forskning och uppföljning är nödvändig för att förbättra kunskapsläget. Miljöproblemen kan dock bedömas bli avsevärt mindre än vid användning av flertalet andra energikällor, t ex fossila bränslen. Störningarna är sannolikt också av mindre omfattning än vid anläggningar för ytjordvärme, t ex vad beträffar ekologiska effekter och föroreningar genom läckage av värmebärande vätskor. Ingreppen i marken blir ej heller så stora som för ytjordvärme.

Bergvärmesystem kan knappast förorsaka några ekologiska effekter utom möjligen mycket lokalt genom temperatursänkning. Risk för grundvattenförorening genom läckage av värmebärande vätskor föreligger dock.

Geotermiska system kan medföra vissa miljöproblem genom att det upp-pumpade relativt varma vattnet ofta har hög salthalt. Det är därför kraftigt korrosivt och kan förorsaka läckor på ledningar, varvid mark och ytligt grundvatten förorenas. Vid utsläpp till ytvatten kan mindre recipienter förorenas. Problem med igensättning kan uppstå vid återinfiltration.

Energibrunnar kan förväntas förorsaka en del miljöproblem. Grundvattenuttagen kommer att bli avsevärda; för t ex ett småhus flera gånger större än det normala uttaget för vattenförsörjningen av huset. Stora grundvattenuttag medför en ökad omsättning i magasinet med risk för en kvalitetsförändring. Grundvatten från större djup kan mobiliseras, vilket ofta ger ett hårdare vatten. Humöst vatten från torvmarker kan komma att tränga in i magasinet. Förändringarna vid såväl små- som storskaligt utnyttjande är speciellt allvarliga om vattnet i samma brunn skall användas för konsumtion. De generella problemen vid grundvattennivåsänkning (sättningar i lera, påverkan av vegetation) kommer givetvis att kunna uppstå vid stora uttag i relation till akviferens kapacitet.

Energibrunnar med avledning av det nedkylda vattnet till mindre ytvattendrag kan medföra att temperaturen i recipienten sänks med limnologiska effekter som följd. Recipienten kan, under vissa omständigheter, även förorenas/påverkas genom att grundvattnet har t ex hög salthalt eller ger upphov till järn- och manganutfällningar.

Utnyttjandet av cirkulationsbrunnar innebär en sänkning av temperaturen, främst kring infiltrationsbrunnen, vilket möjligen kan medföra ekologiska effekter mycket lokalt. Av större betydelse är emellertid att en temperatursänkning ökar lösligheten av karbonater (hårdheten ökar) men minskar lösligheten av andra mineral. Järn- och manganutfällningar har visat sig skapa problem genom igensättning av infiltrationsbrunnar. Kvalitativt sämre vatten kan föras ned i magasinet, bl a kan metaller, utlösta från ledningar, pumpar o dyl tillföras detta. Vid användandet av akviferer, främst i sedimentär berggrund, med flera grundvattenvåningar kan vatten av dålig beskaffenhet spridas från en våning till en annan.

Vid cirkulerande system finns den tekniska möjligheten att aktivt värma magasinet under sommarhalvåret med t ex solvärme. Den därmed förhöjda grundvattentemperaturen kommer att innebära en ökad risk för en kvalitetsförsämring och vattnet blir dessutom mindre attraktivt som konsumtionsvatten om temperaturen ökar för mycket.

Även tekniska problem med anläggningen, t ex ett haveri på värmewäxlaren kan ge upphov till förorening.

Sammanfattningsvis kan alltså sägas, att vissa miljöproblem - ibland kopplade till driftsproblem - kan bedömas uppstå, framför allt vid utnyttjandet av energibrunnar. Problemens omfattning måste dock närmare klarläggas.

RÄTTEN TILL ENERGI

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Nils Åberg

INNEHÅLL

- 1 INLEDNING
 - 1.1 Bakgrund
 - 1.2 Problemet
 - 2 RÄTTEN TILL ENERGI
 - 2.1 Lagstiftning om energi
 - 2.2 Energi - del av äganderätten
 - 2.3 Äganderättens innehåll
 - 3 VATTENRÄTT
 - 3.1 Offentligt - enskilt vatten
 - 3.2 Vattenrättens innehåll
 - 3.3 Vattenrättens begränsningar nu
 - 3.4 Vattenrättens begränsningar i framtiden
 - 4 AKTUELLA LAGAR VID ENERGIUTVINNING I NATUREN
 - 4.1 Jordabalken
 - 4.2 Vattenlagen
 - 4.3 Miljöskyddslagen
 - 4.4 Miljöskyddsförordningen
 - 4.5 Naturvårdslagen
 - 4.6 Expropriationslagen
 - 4.7 Anläggningslagen
 - 4.8 Ledningsrättslagen
 - 5 BEHOV AV REGLER
 - 5.1 Nyttan av tillgodogörande av vatten
 - 5.2 Frågeställningar
 - 6 AVSLUTNING
- BILAGA 1-6 OVERHEADBILDER

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Tekniken att utvinna energi i naturen har utvecklats i vårt land under senare tid och vissa nya rättsfrågor ställes där svaret icke finnes i vår nuvarande lagstiftning. Behovet av ställningstagande till rättsfrågor och lagstiftning bör därför närmare studeras. Vissa synpunkter på tillämpning av nu gällande lagstiftning redovisas i denna rapport.

1.2 Problemet

Energi i form av värme kan tillgodogöras ur mark, vatten och luft med nu känd teknik. Är rätten till energin en särskild rätt som exempelvis rätten till vissa mineraler, olja och torv eller ingår den i äganderätten och i så fall kan den fritt disponeras av ägaren? Ingår rätten till energi också i vattenrätten, som inte är en uttalad äganderätt?

2 RÄTTEN TILL ENERGI

2.1 Lagstiftning om energi

Lagstiftning om rätten till energi saknas i vårt land. Några enstaka bestämmelser finnes i vattenlagen om byggande i vatten för utvinning av vattnets lägesenergi och i miljöskyddsförordningen och anmälningsskydd för anläggningar, som skall tillgodogöra mer än 1 MW "värme ur mark, vattendrag, sjö eller annat vattenområde eller ur grundvatten" eller lagra mer än 3000 MWh (MFO Bil B 1.19 och 1.20).

2.2 Energi - del av äganderätten

Avsaknaden av bestämmelser om rätten till energi i vår lagstiftning kan bero på att den utgör en integrerande del av äganderätten till mark och av vattenrätten och att rättsinnehavaren får tillgodogöra energin inom ramen för de lagar, som gäller för användning av mark och vatten.

Det kan dock inte uteslutas att frågan om rätten till energi i naturen inte tidigare uppmärksammats och att behovet av rättsregler inte tidigare framstått som erforderligt.

2.3 Äganderättens innehåll

Äganderätten är i princip obegränsad. Ägaren till mark får inom ramen för gällande granne-, byggnads-, miljölagstiftning o dyl bruka sin mark och utvinna vad han kan därur och behålla avkastningen. Vissa undantag finnes i exempelvis gruvlagstiftningen och lagen om vissa mineraler där markägaren inte har företräde framför annan, som fått brytningsrätt eller koncession att utvinna malm, olja, skiffer, torv o dyl ur marken. Rätten att utvinna energi hör emellertid inte till undantagen utan ingår i äganderätten med nu gällande lagstiftning.

3 Vattenrätt

3.1 Offentligt - enskilt vatten

Rätten till vatten i naturen kan vara antingen offentlig eller enskild. Enligt romersk rätt är rätten till vatten i naturen nästan alltid en offentlig rätt, dvs tillkommer staten eller det allmänna. I största delen av Europa är vattnet offentligt. Mindre vattensamlingar utan utlopp tillhör i regel markägaren. I vårt land gäller enligt gammal rättstradition från landskapslagarna att vattnet är enskilt, dvs tillkommer markägaren. Gränsen för enskilt vatten sträcker sig i allmänhet 300 m från land och vattnet i de stora sjöarna och i havet tillhör staten.

Grundvattnet är i regel enskilt även inom de länder där den romerska rätten är grundläggande. I Sverige där rätten till grundvatten lagreglerades först 1939 är det enskilt och tillkommer markägaren.

3.2 Vattenrättens innehåll

Enligt vattenlagen äger envar "råda över" vattnet å sin grund och "tillgodogöra sig" vattnet under markens yta (VL 1 kap 1 § resp 15 §). Enligt förarbetena har man avsettligt inte tagit ställning till rättens innehåll och vilka gränser som gäller för rådigheten (NJA 2:1939 s 16).

I förarbetena till en ny vattenlag som beräknas träda i kraft den 1 juli 1983 definieras vattenrätten enligt nu gällande lag och där nya lagen inte avses innebära någon ändring. Vattenrätten innefattar rätt att

tillgodogöra vattnet

vidtaga olika åtgärder i vattnet i nyttigt syfte

ta bort eller minska skadliga verkningar som vattnet kan medföra.

3.3 Vattenrättens begränsningar nu

Vattenrätten begränsas dels av den allmänna grannelagsrättsliga regeln att man vid nyttjande av fast egendom skall taga skälig hänsyn till omgivningen, dels ifråga om grundvatten av bestämmelser i vatten som innebär att man är skyldig att

iaktta sparsamhet (VL 2:43)

ej beröva annan vatten (VL 2:44)

ej ta ut mer än 300 m³/dygn,
inverka på annan utan tillstånd (VL 2:47)

avstå till förmån för uttag med större
nytta (VL 2:48)

avstå i framtiden till nya företag (VL 2:49)

avstå vid tillfällig torka (VL 2:52)

jämka erhållet vattenuttag (VL 2:56)

fördela husbehovsvatten	(VL 2:57)
bibehålla påbörjat uttag	(VL 2:59)
avstå vid expropriation	(VL 2:60)

3.4 Vattenrättens begränsningar i framtiden

Enligt förarbeten till ny vattenlag kommer motsvarande begränsningar att inflyta i den nya lagen. Det föreslås dock ett sämre skydd för grundvattenutnyttjaren i det han föreslås bli skyldig att avstå vatten till andra behov utan ersättning. Uttagsrätten kan också bli tidsbegränsad.

4 AKTUELLA LAGAR VID ENERGIUTVINNING I NATUREN

4.1 Jordabalken

Enligt jordabalken skall man "vid nyttjande av sin eller annans fasta egendom taga skälig hänsyn till omgivningen".

4.2 Vattenlagen

Vattenlagen reglerar bl a uttag av grundvatten. Man måste ha tillstånd för att ta ut mer än 300 m³/dygn och när grundvattenuttag påverkar annan. Grundvattenuttag med återföring av samma mängd utgör inte formellt byggande i vatten.

4.3 Miljöskyddslagen

Miljöskyddslagen är tillämplig på "användning av mark, byggnad eller anläggning på sätt som kan medföra störning för omgivningen genom luftförorening, buller, skakning, ljus eller annat sådant, om störningen ej är helt tillfällig". Störningen för omgivningen kan också bestå i energiutvinning ur grundvatten.

4.4 Miljöskyddsförordningen

Miljöskyddsförordningen är föreskrifter rörande sådan verksamhet, som omfattas av miljövårdslagen. I förteckningen över miljöfarlig verksamhet finnes bland annat "anläggning för utvinning av värme ur" grundvatten för en uttagen effekt överstigande 1 MW och lagring av mer än 300 MWh.

4.5 Naturvårdslagen

Naturvårdslagen reglerar verksamhet som kan påverka naturen. Särskilda bestämmelser till skydd för naturmiljön gäller sålunda vid täkt av sten, grus, sand, lera, jord, torv eller andra jordarter, som inte får ske utan länsstyrelsens tillstånd. Dessa bestämmelser gäller emellertid inte uttag av energi.

4.6 Expropriationslagen

Enligt expropriationslagen får mark tas i anspråk för anläggningar för utnyttjande av energi i mark, ytvatten

eller grundvatten.

4.7 Anläggningslagen

Mark för anläggning till nytta för flera fastigheter kan enligt anläggningslagen läggas på annans mark.

4.8 Ledningsrättslagen

Ledning över annans fastighet kan erhållas tvångsvis enligt ledningsrättslagen.

5 BEHOV AV REGLER

5.1 Nyttan av tillgodogörande av vatten

Tillgodogörande av vatten skall ske med nytta. Uttag av grundvatten för konsumtion och byggande av exempelvis en bro förutsättes vara nyttigt och behöver i regel ej styrkas. Nyttan av vattenreglering, som innebär skada måste styrkas och vara större än skadan i vissa fall tre- eller tvåfaldigad. Vid konkurrens om grundvattens tillgodogörande får det företag företräde som har största nyttan.

5.2 Frågeställningar

Om nyttan av energiutvinning ur grundvatten är mindre än alternativ energiutvinning, dvs dyrare än oljeförbränning är företaget då tillåtligt enligt vattenlagen?

Hur skall nyttan av energiutvinning ur grundvatten beräknas vid konkurrens med grundvattenuttag för konsumtion?

Får energi tas ur grundvatten om annat företag för samma ändamål därigenom blir olönsamt eller mindre lönsamt?

Vem får företräde - den som söker först eller den som får största nyttan - om fler konkurrerar om samma energipotential i grund- eller ytvatten?

6. AVSLUTNING

Det akuta behovet av ställningstagande i anhängiggjorda ansökningsmål bör tillgodoses med en överläggning där lagstiftare, lagtillämpare och experter samlas för diskussion. Behovet av regler bör överses - i första steget med en inventering av behovet inom hela regelområdet.

RÄTTEN TILL VATTEN

OFFENTLIG - ENSKILD

YTVATTEN: ROMERSK RÄTT - OFFENLIGT

NORDEUROPEISK RÄTT - ENSKILT

GRUNDVATTEN: EUROPEISK RÄTT - ENSKILT

(4 AV 23 OFFENLTIGT)

- VL "RÅDA ÖVER" VATTNET Å GRUNDEN (1:1)
- "TILLGODOGÖRA SIG" VATTNET UNDER MARKENS
YTA (1:15)
- NVL "RÅDER ÖVER YT- OCH GRUNDVATTEN" SOM
FINNS INOM FASTIGHETEN (2:1)

VATTENRÄTT

ATT TILLGODOGÖRA VATTNET

ATT VIDTAGA OLIKA ÅTGÄRDER I VATTNET I NYTTIGT
SYFTE

ATT TA BORT ELLER MINSKA SKADLIGA VERKNINGAR SOM
VATTNET KAN MEDFÖRA

B E G R Ä N S N I N G A R

SKÄLIG HÄNSYN TILL GRANNAR	(JB 3:1)
SPARSAMHET MED GRUNDVATTEN	(VL 2:43)
EJ BERÖVA ANNAN VATTEN	(VL 2:44)
TILLSTÅNDSPLIKT 300 m ³ /DYGN	(VL 2:47)
FÖRETRÄDE FÖR STÖRSTA NYTTA	(VL 2:48)
SKYLDIGHET AVSTÅ I FRAMTIDEN MOT ERS.	(VL 2:49)
SKYLDIGHET AVSTÅ VID TORKA MOT ERS.	(VL 2:52)
SKYLDIGHET JÄMKA TILLSTÅND	(VL 2:56)
FÖRDELNING VID HUSBEHOV I TÄKT	(VL 2:57)
GRUNDVATTENTÄKT VIDMAKTHALLES	(VL 2:59)
VATTENRÄTT KAN EXPROPRIERAS	(VL 2:60)

B E G R Ä N S N I N G A R N V L

SPARSAMHET MED VATTEN (NVL 2:8)

UNDERKASTA SIG FÖRLUST AV VATTEN (NVL 2:9)

AVSTA VATTEN VID TORKA UTAN ERS. (NVL 2:10)

FÖRDELNING AV HUSBEOHVSATTEN (NVL 5:2)

REGERINGSTILLSTAND $> 10\ 000\ m^3/D$ (NVL 15:1, 4)

? { "LÄNSSTYRELSETILLSTAND" $< 2\ 000\ m^3/D$ (NVL 15:2, 9)

"KONCESSION" 2 000 - 10 000 (NVL 15:3)

TILLSTANDSTID KAN BEGRÄNSAS (NVL 15:11)

A K T U E L L A L A G A R

VATTENLAGEN	(2 KAP)
JORDABALKEN	(3:1)
MILJÖSKYDDSLAGEN	(1 § 3)
MILJÖSKYDDSFÖRORDNINGEN	(BIL A 1.19+1,20)
NATURVÅRDSLAGEN GÄLLER EJ OM TILLSTAND LÄMNATS ENLIGT VATTENLAGEN	
EXPROPRIATIONSLAGEN	(2:3)
ANLÄGGNINGSLAGEN	(1 §)
LEDNINGSRÄTTSLAGEN	(2 § 4A)

MARGINALKOSTNADER FÖR VÄRMEKÄLLA

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Tomas Hallén

RESUME AV ANFÖRANDE ANGÅENDE MARGINALKOSTNADER FÖR
VÄRMEKÄLLA
KONFERENS OM MARKVÄRME I BOMMERSVIK 1982-05-12--13

Som utgångspunkt för resonemang kring kostnader för värmekälla har som lönsamhetsmått valts att kostnader för värme och varmvatten skall vara 75% av tidigare redan första året efter installation av värmepumpaggregat.

Diagram 1 och 2 är upprättade för enbostadshus med följande förutsättningar:

- Energibehov netto	30 MWh/år
- Aggregatkostnad exkl värmekälla	25 000:--
- Årsvärmefaktorer	
. utelufts-system	2,1 (deltäckande)
. ytjordvärmesystem	2,3
. grundvatten	2,5
- Lånevillkor	15-årigt annuitetslån 8% ränta
- Ökad servicekostnad	500 kr/år

Diagrammen visar följande:

På vertikal axel är avsatt 0-100% av tidigare kostnad för energi där el avses i diagram 1 och olja i diagram 2.

Horisontell axel visar kostnader för drivenergi (el) i bägge diagrammen, vilket innebär att tidigare energikostnad i diagram 1 varierar med kostnaden för drivenergi.

"Kapital aggregat" avser nettokostnaden för brukaren med 50 respektive 70% marginals-katt för 25 000:--.

Avståndet mellan kurvor "kapital aggregat" 50% och total för respektive värmekälla utgör mått på kostnad för energi + service.

För varje markerat drivenergipris (vertikala linjer) finns angivet hur mycket kostnaden för anläggningen, utöver 25 000:-- , får uppgå till för respektive system för att 25% totalkostnadsminskning skall erhållas vid 50% marginals-katt.

Vid 70% marginals-katt multipliceras angivna krontal med 1,25 samt adderas 6 000:-- för att lönsamhetekravet exakt skall uppfyllas.

För flerbostadshus kan följande nämnas:

Värmepumpstorlek angiven i maxkapacitet värme (kW) vid 0 °C ute (oavsett system).

Finansiering: amortering efter 8% annuitetslån, 15 år, 3% ränta.

Tidigare uppvärmning med olja å 2 000:--/m³.

Lönsamhetskrav: 25% kostnadsminskning 1:a året efter installation.

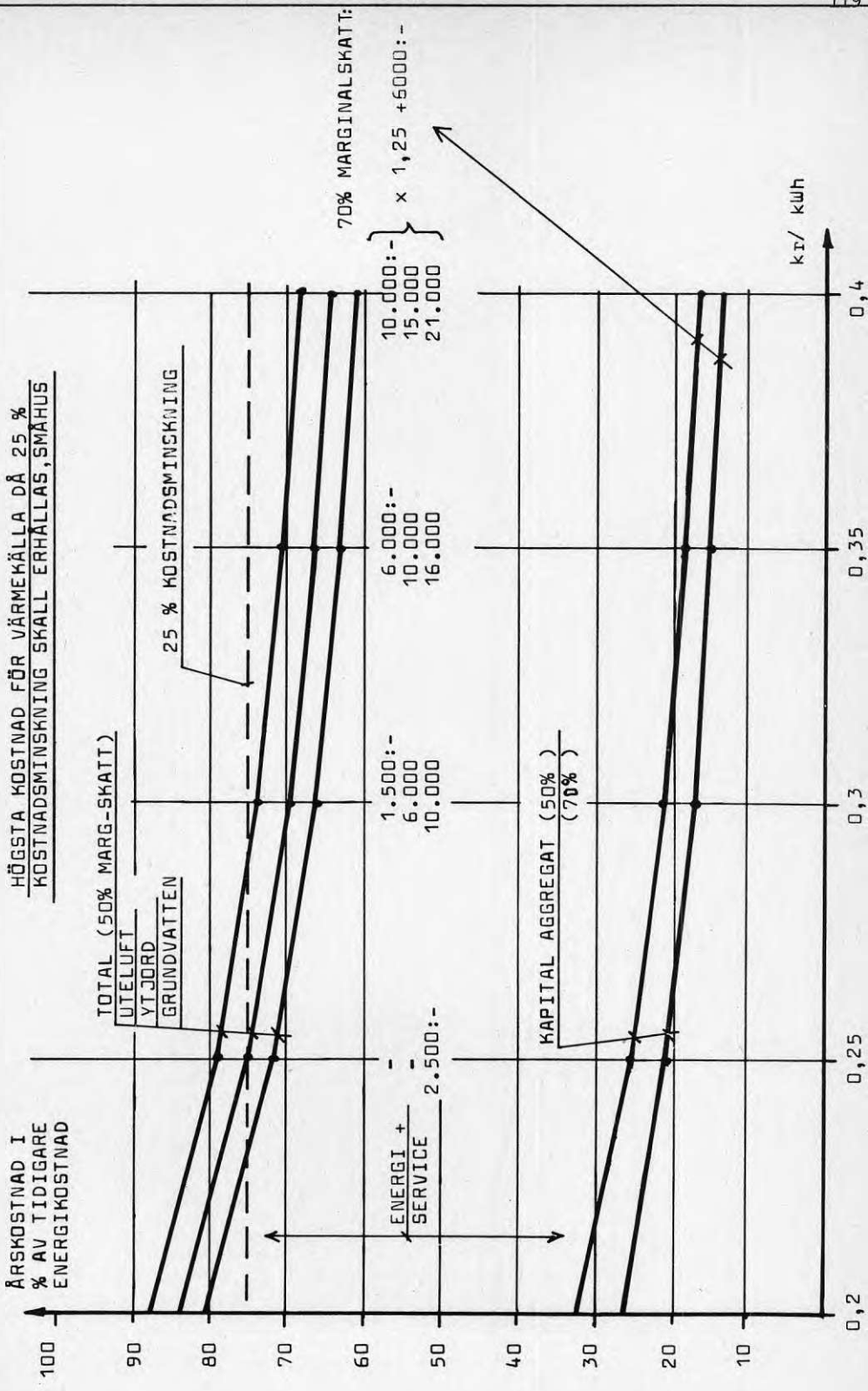
Deltäckande system (80% energitäckning)

Max total anläggningskostnad: 7 000:--/kW

Heltäckande system

Max total anläggningskostnad: 4 000:--/kW

DIAGRAM 1



100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0,2

0,25

0,3

0,35

0,4

HÖGSTA KOSTNAD FÖR VÄRMEKÄLLA DÅ 25%
KOSTNADSMINSKNING SKALL ERHÅLLAS

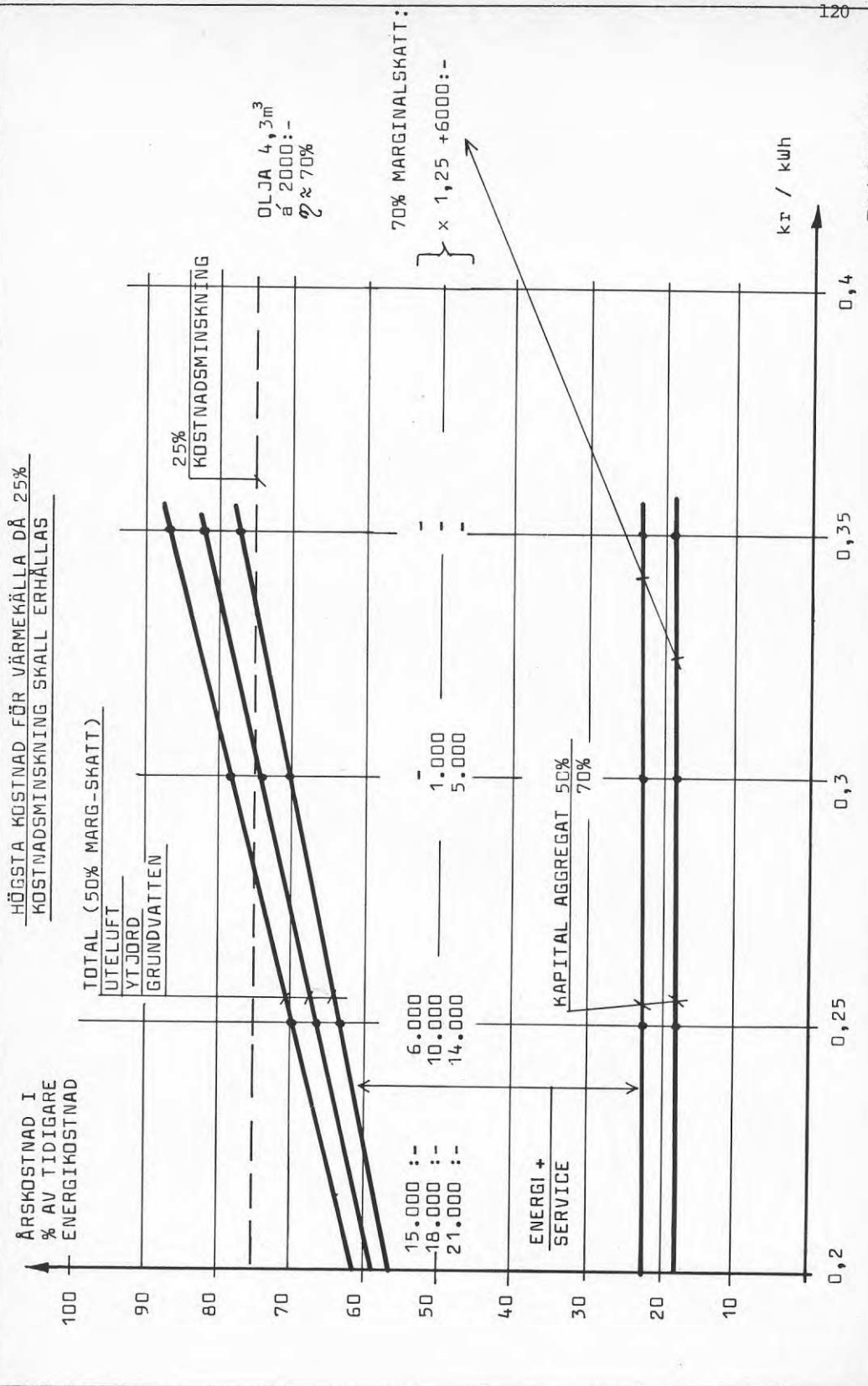


DIAGRAM 2

KOSTNADER FÖR BORRINGSARBETE

Ingvar Johansson

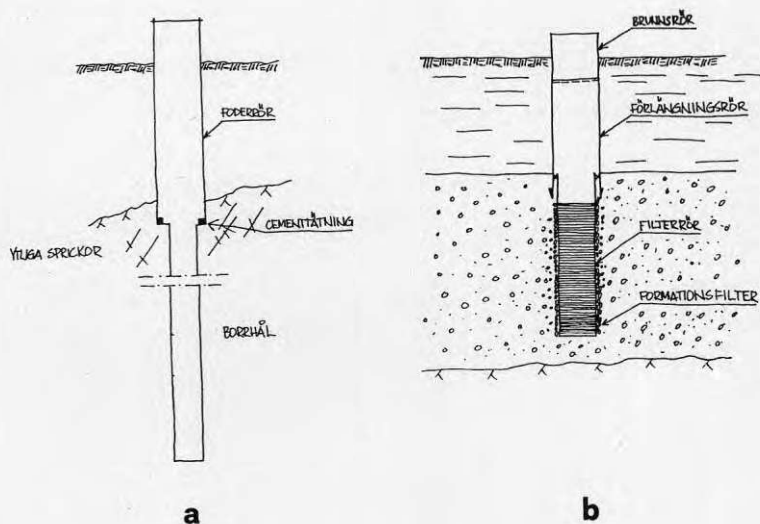
NÅGRA SYNPUNKTER PÅ KOSTNADSASPEKTEN VID BORRINGS- ARBETEN FÖR BERGVÄRME OCH GRUNDVATTENVÄRME

Under seminariet diskuterades sådana lokala energikällor som alla förutsätter någon typ av brunn. En bergvärmeanläggning, för villauppvärmning, hämtar värme från en bergvolym som görs tillgänglig för värmeuttag genom en bergborrad brunn. Brunnen består oftast av ett öppet hål genom berget medan jordlagren är infodrade. I dessa anläggningar är vattenuttaget inget alls eller obetydligt.

I anläggningar för grundvattenvärme hanteras vanligen betydligt större grundvattenmängder än vad som är fallet i bergvärmeanläggningar. De största grundvattenmagasinen i Sverige är främst lokaliserade till isälvsavlagringar och till sprickrika och porösa sedimentära bergarter. För utvinning av vatten ur sådana formationer anläggs vanligen rörbrunnar.

De geologiska förhållandena är avgörande för vilken typ av uppvärmningsanläggning som kan bli aktuell och därmed bestäms också vilken typ av brunn som är lämplig.

De ovannämnda brunnstypernas principiella utformning framgår av nedanstående figurer.



FIGUR Bergborrad brunn (a) och exempel på rörbrunn (b)

Bergborrade brunnar

Årligen anläggs ca 10 000 brunnar i Sverige. Av dessa utgörs ca 90% av bergborrade brunnar. Den vanligaste borrhningsdiametern vid bergborring är 115 mm. Denna dimension är även den vanligaste för brunnar som används för uppvärmningsändamål. Nedan angivna priser hänförs till denna dimension.

Vid anläggandet av en bergborrad brunn används ofta sk Odexborring. Denna metod medför att foderröret förs ned kontinuerligt genom jordlagerprofilen under borrhningsarbetets gång. Då berg nås borras foderröret ned i detta ca 0,5-1,0 m varefter tätning sker, vanligen med cement.

Jordlagrens mäktighet har stor betydelse för totalpriset, eftersom denna typ av borring är ca 3-4 ggr dyrare än bergborringen. Idag uppgår priset för denna typ av borring till mellan 350 och 400 kronor per meter. I "Information från Brunnsarkivet" nr 1 1982 redovisas data från 2276 bergborrade brunnar i Göteborgs och Bohus län samt 1670 brunnar i Uppsala län. Medianbrunnen i Göteborgs och Bohus län har ett jordlagerdjup av 1 m och motsvarande brunnar i Uppsala län har ett jordlagerdjup av 2 m. Det kan påpekas att dessa siffror endast redovisar jorddjupet i den punkt man valt att placera brunnen. Inom exempelvis Uppsala län känner man till jorddjup på mer än 100 m.

Kostnaden för bergborring varierar med totaldjupet och detta bestäms i bergvärmesammanhang av vilket effektuttag som önskas och vilket värmeledningstal den omgivande bergmassan har. Variationen i värmeledningstal kan vara betydande mellan olika bergarter. Priserna för bergborring varierar mellan 100-150 kronor per meter.

I totalpriset för en bergborrad brunn ingår även en etableringskostnad samt vid Odexborring även en kostnad för en borrsko, tillsammans ca 3000 kronor per brunn. Vidare tillkommer kostnader för uppforderingsanordning och överbyggnad.

Extrakostnader kan uppkomma exempelvis om rens pumpningen blir långvarig eller om hydraulisk spräckning används.

Rörbrunnar

Kostnadsbilden beträffande rörbrunnar ser lite annorlunda ut. Kostnaderna för dessa brunnar är lättare att bedöma i det enskilda fallet beroende på att anläggningsarbetet ibland föregås av en förundersökning och en brunnsprojektering. Kostnaderna för dessa sistnämnda insatser bedöms idag uppgå till ca 20 000 kronor för en rörbrunn. Det som påverkar prisnivån för en rörbrunn är framförallt dimensionen. Vilken

dimension som väljs beror dels på vilken vattenmängd som önskas uppfordras och dels på vilket utrymme man önskar i brunnen för t ex installationer.

Den vanligast förekommande dimensionen i Sverige är $\varnothing = 400$ mm. Man kan i normalfallet räkna med 3500-4000 kronor per meter för en brunn som är ca 15-25 m djup med en filterrörsandel av 25-30%.

De faktorer som påverkar denna prisnivå är:

Totaldjup och filterrörsandel	beror på geologiska och geohydrologiska förhållanden
Material i filter och förlängningsrör	beror på vattenkvalitet
Om brunnen skall utföras med formationsstöd eller ej	beror på geologiska förhållanden
Hur lång renspumpningstid som behövs	beror på hur väl brunnsfiltret är anpassat till den geologiska formationen.

I övrigt påverkas prisnivån av det för tillfället rådande konkurrensläget, transportsträcka och marktillgänglighet.

När brunnen väl är utförd måste, om detta inte gjorts i ett tidigare skede, en provpumpning utföras i syfte att klarlägga vilken den uttagbara kapaciteten är och vilken konsekvens det har för omgivningen beträffande t ex grundvattennivåer och om återföring måste ske. Den geohydrologiska situationen påverkar således undersökningsarbetets omfattning.

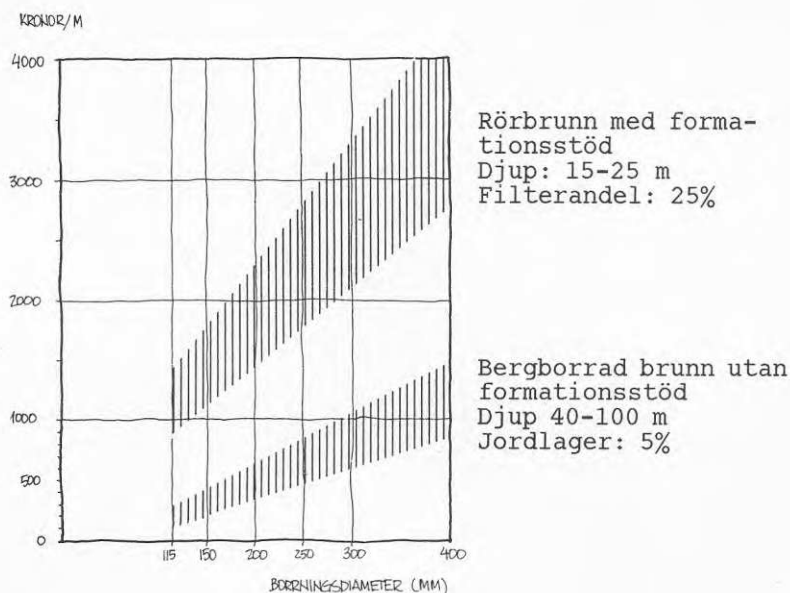
Samtidigt måste naturligtvis undersökningskostnaderna hållas inom de ekonomiska ramar som bestämts av lönsamhetskravet, om projektet skall kunna förverkligas.

Vid uttag större än $300 \text{ m}^3/\text{d}$ ($3,5 \text{ l/s}$) måste en vattendomsansökan utarbetas för behandling i vattendomsstolen.

Allmänt om borrhningskostnader

Att åstadkomma en katalog över brunnsbyggnadskostnader i Sverige är ej möjligt inom ramen för detta arbete. Nedanstående figur åskådliggör dock en ungefärlig relation mellan kostnaden för bergbore brunnar och rörbrunnar under vissa givna förutsättningar. Detta sätt att åskådliggöra brunnskostnader har använts av Olof Andersson, VIAK, (opublicerat material). De föredragshållare som under seminariet representerade entreprenörsidan har beretts tillfälle att yttra sig över detta sätt att presentera borrhningskostnader.

Förslaget har utsatts för viss kritik i vilken man menar att problemställningen blir alltför förenklad. För att bibringa läsaren en viss uppfattning om storleksordningen på dessa kostnader tas denna figur ändå med då något alternativt redovisningsätt framkommit.



FIGUR Borrningskostnader i förhållande till dimension under vissa givna förutsättningar

Översiktliga kostnadsexempel

Exempel 1: Bergvärme, slutet system

Bergarter har olika förutsättningar för värmeledning. I exemplet har två exempel på möjliga effektuttag under lång tid angetts.

Förutsättningar:	bergborrad brunn	
	borrningsdiameter	115 mm
	jordlagermäktighet	3 m
	djup	130 m
	etableringskostnad	2500 kr
	borrsko	500 kr
	jordlagerborrning (Odex)	375 kr/m
	bergborrning	120 kr/m
	brunnsöverbyggnad	3000 kr
	slang för köldbärare	25 kr/m
	läggningskostnad slang i mark	2000 kr
	dim effektuttag, A	15 W/m
	dim effektuttag, B	30 W/m

Brunnskostnad	2500 + 500 + 3 x 375 + 127 x 120 =	19 365 kr
Slangkostnad	25 x 130 x 2 + 2000	8 500 kr
Summa		27 865 kr

Möjligt effektuttag

Fall A: $127 \times 15 = 1,9$ kW

Fall B: $127 \times 30 = 3,8$ kW

En beräkning av "specifik värmekällekkostnad" ger då för:

Fall A: $27\ 865/1,9 = 14\ 700$ kr/kW

Fall B: $27\ 865/3,8 = 6\ 800$ kr/kW

Exempel 1: Grundvattenvärme med en uttagsbrunn och avledning till närbelägen recipient.

För denna typ av anläggningar krävs en närmare undersökning av geologiska och geohydrologiska förhållanden. Vid grundvattenuttag som är större än $300\text{ m}^3/\text{d}$ skall vattendom sökas. Grundvattenundersökningen omfattas vanligtvis av drivning av observationsrör, provpumpning, utvärdering av provpumpning m m. Beroende bl a på hur komplicerad den geologiska och geohydrologiska situationen är, i vilken omfattning grundvattentillgången är utsatt för konkurrerande intressen osv, bedrivs undersökningsarbetet i varierande omfattning. I detta exempel har två möjliga undersökningsnivåer angetts.

Förutsättningar:

rörbrunn med formationsfilter	
brunnsdiameter	300 mm
djup	25 m
brunnskostnad	2500 kr/m
grundvattenuttag, Q	$0,015\text{ m}^3/\text{m}$
grundvattentemperatur	$+6^\circ\text{C}$
temperaturfall på grundvatten över förångaren, T	4°C
vattnets spec värmekap cp	$4,19 \times 10^3\text{ Ws/kg, }^\circ\text{C}$
förundersökningskostnad	20 000 kr
utrustning i brunn inkl installation	30 000 kr
brunnsöverbyggnad inkl installation	20 000 kr
distributionskostnad 100 m à 200 kr/m	20 000 kr
undersökningskostnader, A	100 000 kr
undersökningskostnader, B	200 000 kr

Brunnskostnad	25 x 2500	19 365 kr
Förundersökning		20 000 kr
Installation i brunn		30 000 kr
Brunnsöverbyggnad		10 000 kr
Distribution		20 000 kr
Undersökningskostnad, A		100 000 kr
Undersökningskostnad, B		200 000 kr
Summa fall A		242 500 kr
Summa fall B		342 500 kr

Möjligt effektuttag = $Q \times C_p \times T = 0,015 \times 4,19 \times 4 = 251 \text{ kW}$

"Specifik värmekällekkostnad" blir då:

Fall A: $242\,500/251 = 966 \text{ kr/kW}$

Fall B: $342\,500/251 = 1365 \text{ kr/kW}$

STATE OF THE ART I USA.
PRESENTATION AV STUDIERESA

BFR-PROJEKT 770611-4

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Peter Wilén

Peter Wilén

State of the Art i USA. Presentation av studieresa.

BFR-projekt 770611-4.

I februari 1981 företogs en studieresa till USA av bl a under-tecknad. Huvudsyftet med resan var medverka vid "Ground Water Heat Pump Conference III" i Columbus, Ohio, 9-10 februari. I samband med konferensen besöktes Batelle Memorial Institute (Columbus), Brookhaven National Laboratories (Long Island) och Oklahoma State University (Stillwater).

Sammanfattning av intryck

Skillnaden mellan USA och Sverige gällande klimat, geologi, tillgång och priser på olika energislag samt annorlunda levnads-förhållanden och marknad måste beaktas vid jämförelser mellan de två länderna. Främst stor andel luftkonditionering och "inrik-ning" på små anläggningar skiljer.

Mitt huvudintryck är att USA forskningsmässigt och systemmässigt ligger före vad det gäller grundvattenvärme typ tvåbrunnssystem för kombinerad uppvärmning och luftkonditionering. Huvudskälet till detta är att systemet använts under en lång period i USA och att därmed erfarenheter från dessa anläggningar visat var forskningsinsatser krävs. Huvudsakliga problemområden har varit igensättnings- och korrosionsproblem samt värmespridning av temperaturändrat återfört vatten (avstånd mellan brunnar).

Det är huvudsakligen i dessa två områden USA har något att lära oss. Ytterligare två områden är hur man bygger värmepumpar som kostar 5000:- och inte 20 000:- (inte helt rättvis jämförelse är jag medveten om) samt att våga satsa på en anläggning och inte utreda i all oändlighet som vi ibland har en tendens till i Sverige.

Vad det gäller slutna slingsystem - horisontella och vertikala har USA mindre att lära oss rent systemmässigt - däremot kan metoder och maskinutrustning för rördrivning vara av intresse liksom detaljstudier (grundforskning) av t ex fuktrörelser i mark.

I USA har grundvattenvärmebranschen vuxit fram ganska vilt, vilket lett till problem och delvis dåligt rykte. För att rätta till detta och för att minimera juridiska hinder för grundvat-tenvärme skall en standardisering av systemen tas fram med ASTM (American Society for Materials and Testing).

Ground Water Heat Pump Conference III 9-10/2 1982, Columbus, Ohio

Konferensen, anordnad av NWWA (National Water Well Association), vände sig till forskare, brunnsbörare och värmepumpsföretag. Detta medförde att alla aspekter på grundvattenvärme togs upp och att kvaliteten på föredragen varierade inom ett brett spekt-rum.

De intressantaste föredragen behandlade erfarenheter från an-läggningar i drift främst problem som igensättning, korrosion, termiska problem och miljöproblem. Belysande hur viktigt det är

med goda kunskaper om grundvattnets sammansättning och dess påverkan på systemet är att mindre än 5% av alla problem beror på värmepumpen.

Igensättning och korrosion: Beror huvudsakligen av grundvattnets innehåll av järn, mangan, kalcium och koldioxid samt vattnets oxidationstillstånd.

Igensättning orsakas antingen genom utfällning av kalciumkarbonat eller järnhydroxid. Kalciumkarbonat fälls ut då jämvikten mellan koldioxid och kalciumkarbonat störs antingen genom trycksänkning eller temperaturhöjning. Igensättning på grund av järnhydroxid kan ske både biologiskt och kemiskt (oxidation). (Igensättning på grund av mangan kan ske likartat.)

Korrosion påverkar livslängden hos systemet, värmeöverföringen och kan orsaka igensättning av brunnfilter.

Ryznar's stabilitetsindex (RSI) kan användas för att karakterisera ett vattens benägenhet för korrosion och utfällningar. RSI bestäms genom analys av representativt vattenprov.

Åtgärder för att undvika problem:

Pump i båda brunnarna - risker för igensättning i en infiltrationsbrunn minskar om den även används för uttag. Dubbel filterlängd i återföringsbrunnen om det är möjligt. Undvik syresättning av vattnet och tryckminskning i rörsystem och värmväxlare.

Miljöproblem: Huvudsakligen nedsmutsning av grundvatten från värmepumpen vid driftstörningar. Temperaturpåverkan på grund av återfört kallt eller varmt vatten.

Spridning av dåligt grundvatten till "rena" akviferer (vid flerbrunnssystem med brunnar i olika akviferer).

Termiska problem - avstånd mellan brunnar.

Empiriska formler finns framtagna bl a av Kazmann (Louisiana State University). Teoretiska beräkningar har gjorts bl a av C.B. Andrews. Resultaten hittills visar att det inte är möjligt att använda systemet i tätbebyggda områden, där uppvärmningsbehovet är betydligt större än luftkonditioneringsbehovet.

För att klara av problemen med inverkan mellan ett antal små brunnar i bostadsområden, börjar man fundera på gemensamma större brunnar, en för uttag och en för återföring. Varje hus eller lägenhet har sedan en egen värmepump dit grundvattnet fördelas.

Batelle Memorial Institute, Columbus, Ohio

grundvattenvärme för 4 laboratorier och ett kontorshus - totalt 3 000 m² - byggdes 1958, ursprungligen för att klara luftkonditioneringen.

Storlek: 2 st värmepumpar på 1.7 MW/st. Vatten pumpas från 5 brunnar som ger 70-110 m³/h, st. Akviferen är ett ca 30 fot tjockt sand- och gruslager som vilar på en kalksten 65-70 fot

under markytan. Pumparna används inte kontinuerligt längre - de fungerar utmärkt - men en ny gasvärmeanläggning har byggts som klarar hela området - och det blir billigare!

Slutna slingsystem

Philip D. Metz, Brookhaven National Laboratories, Long Island, har huvudsakligen arbetat med slingsystem och kombinationen av slangsystem och nedgrävda tankar.

Mäter på ett horisontellt ytjordvärmesystem till en villa och arbetar även med vertikala system.

James E. Bose - Oklahoma State University, Stillwater.

Rapport till Department of Energy (DOE) "Design and Field Testing of Solar assisted Earth Coils".

Direkt samarbete med Ditch Witch (dikesgrävarfirma) och Geosystems som tillsammans installerat ca 100 anläggningar av villastorlek i området. Huvudsakligen vertikala ca 100 m djupa PVC-rör (vertical well) helt slutet eller öppna hål med sluten slinga i. Systemen dimensioneras för att klara kylbehovet sommartid.

II. ANGELÄGNA TEKNIKOMRÅDEN

BRUNNSSYSTEM FÖR GRUNDVATTENVÄRME

sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
12-13 maj 1982

Gunnar Gustafson

BRUNNSSYSTEM FÖR GRUNDTVATTENVÄRME

Allmänt

Grundvatten är en attraktiv värmekälla för värmepumpar. Grundvattnet utvinns från brunnar, nedförda i vattenförande jord- och berglager, akviferer. Tekniken är känd sedan länge och utnyttjas kommersiellt för vattenförsörjning för tätorter och enskilda. Ungefär hälften av allt konsumtionsvatten i Sverige är grundvatten i någon form.

När grundvatten skall utnyttjas som värmekälla är det framförallt två faktorer som skiljer från konventionell vattenförsörjning:

- För det första måste vattnet till en värmepump ha ett lågt pris. Detta till skillnad från vatten till konsumtion, som måste fram. Det medför att kostnaden för bl a förundersökningar måste sänkas med hjälp av bättre teknik och bättre utnyttjande av de data som samlas in.
- För det andra ligger vatten till en värmepump i ett sämre konkurrensläge i förhållande till konsumtionsvatten. Detta medför att vattnet ofta måste återföras till grundvattenmagasinet (cirkulationssystem) för att den totala tillgången inte skall påverkas i för hög grad.

VIK har genomfört ett BFR-projekt som syftar till att dels effektivisera undersökningsmetodiken, dels ge riktlinjer för hur cirkulationssystem skall utformas. Några vanna resultat redovisas kortfattat nedan.

Hydrauliska och termiska parametrar

Vid dimensioneringen av en brunn fordras en ganska ingående kännedom om de hydrauliska förhållandena i grunden. I de flesta fall finns en jordprovserie att tillgå vid det tänkta brunnsläget. För att undersöka hur väl permeabilitet och porositet kan förutsägas från siktkurve-data, har en undersökning omfattande 28 st brunnar i drift utförts. Brunnarna är spridda i södra och mellersta Sverige. För varje brunn har en komplett jordprovserie funnits och på brunnen har dels en provpumpning utförts, dels har porositeten loggats med gamma-gammasond.

Dessa undersökningar har gett ett stort underlag, som gjort det möjligt att upprätta ett samband mellan kornerstorleksparametrar och permeabilitet och porositet. Genom en statistisk bearbetning kan också precisionen hos beräknade data förutsägas. Med hjälp av de framtagna beräkningsmetoderna kan därför underlag för dimensionering av brunnar och cirkulationssystem erhållas med god noggrannhet på ett tidigt stadium av undersökningen.

Undersökning av infiltrationsbrunnar

I ett cirkulationssystem ingår en eller flera infiltrationsbrunnar. Erfarenheter från Sverige och utomlands har visat att denna brunn utgör den kritiska punkten i systemet, då den av olika orsaker lätt kan sättas igen.

För att få ett underlag för hur infiltration på brunnar skall utföras har dels en litteraturstudie genomförts, dels har några infiltrationsbrunnar i Sverige undersökts med hydrauliska tester.

Litteraturgenomgången har visat att igensättningar i brunnen främst beror på vattenkvalitet. I första hand orsakar höga järn- och manganhalter, men även hög hårdhet, igensättningen. Brunnens utformning har betydelse främst för hur skötsel och rensumpning skall kunna ske effektivt.

Undersökningarna av infiltrationsbrunnen i drift, har dels gett en modell för hur igensättningsförloppet sker, dels ånyo visat vattenkvalitetens betydelse. En tillräcklig förbehandling verkar långsamfiltrering vara. Det är dock en dyr behandlingsmetod som knappast kan införas i energibrunnssammanhang.

Cirkulationssystemets dimensionering

Tidigare har berörts hur underlag för dimensionering av brunnen och brunnssystem kan erhållas från jordprovserier från provborrningar. Vidare har också vattenkvalitetens betydelse berörts.

Den tredje viktiga frågeställningen vid cirkulationssystem är den hydrauliska och tekniska kontakten mellan uttags- och infiltrationsbrunnarna. I den utförda undersökningen har främst den hydrauliska kontakten studerats. Man finner då att man med propumpningsdata enkelt kan förutsäga inverkan av uttag och infiltration. Detta är viktigt dels för att avgöra hur mycket vatten som kan ledas genom systemet, dels för att bedöma påverkan på omgivningen.

De vunna resultaten kommer att redovisas i en BFR-rapport, där råd för förundersökningar och utformning av cirkulationssystem med brunnar kommer att ges.

GRUNDVATTENVÄRME - TERMOHYDRAULISKA PROBLEM

BFR-PROJEKT 791305-0

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärmeseminarier"
13-15 maj 1982

Johan Claesson

GRUNDVATTENVÄRME - TERMOHYDRAULISKA PROBLEM.

Johan Claesson, matematisk fysik, LTH, Lund

BFR-projekt 791305-0: Värmelagring i mark.
Teoretiska analyser och beräkningsmodeller.

I detta föredrag behandlas termohydrauliska problem för system som utnyttjar grundvattenvärme eller bergvärme. Geotermiska system diskuteras också. Aktuella problem och forskningsstatus redovisas. Vidare diskuteras forskningsbehoven.

Sammanfattning

De teoretiska studierna och modellutvecklingen ligger väl framme relativt fältförsök och experiment. Fortsatt forskning på nuvarande nivå resursmässigt behövs obetingat. Det mest angelägna är dock att genomföra ett antal fältförsök.

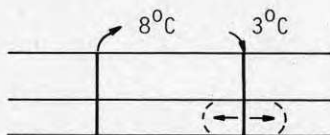
Forskningsbehoven på det termohydrauliska området kan sammanfattas i följande punkter:

1. Parameterstudier med specialiserade termohydrauliska modeller.
2. Analytiska studier parallellt.
3. Utveckling av skalmodeller i laboratorium.
4. Fältförsök.

Termohydrauliska problem

Som bakgrund skall vi först räkna upp några aktuella markvärme-system och ange termohydrauliska problemområden för dessa.

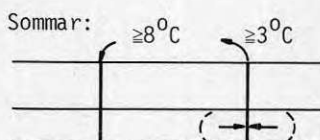
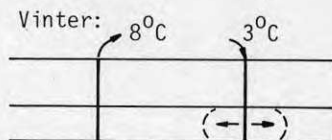
1. Återinjektering av nedkylt grundvatten



Man är intresserad av den termiska räckvidden av det nedkylda området.

Termisk räckvidd: Erforderligt brunnsavstånd. Miljöpåverkan.

2. Pulserande system



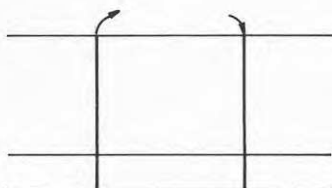
Termisk räckvidd. Erforderlig sommarvärmning.

3. Värmelagring vid låga temperaturer

Man är i synnerhet intresserad av att utnyttja sommarvarmt vatten.

Ett huvudproblem är värmeförlusterna.

4. Geotermiskt system



Erforderligt avstånd mellan brunnar.
Nya brunnar efter hand.

Viktiga parametrar för dessa fyra typer av system är:

Pumpflöde.

Termiska data för akvifer samt överliggande och underliggande skikt.

Tjocklek på akvifer och täckande skikt.

Skiktad akvifer. Inhomogeniteter.

Naturlig grundvattenrörelse.

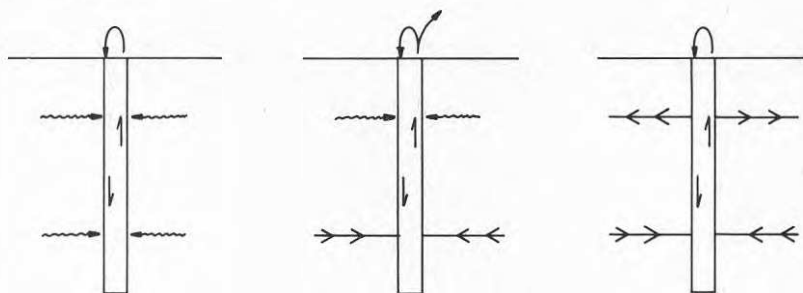
Brunnskonfiguration.

Permeabilitet.

Gemensamt för systemen finns följande problem:

1. Skiktad akvifer.
2. Andra inhomogeniteter (makrodispersion).
3. Mer komplicerade grundvattenflöden: Flera brunnar, naturlig grundvattenrörelse, läckage.
4. Så kallad numerisk dispersion.

5. Bergvärme



Ren värmeledning

Värmeledning +
nettouttag av
grundvatten

Cirkulation
mellan
sprickplan

Termohydrauliska problem: Simulering av vattenflöde i sprickplan + värmeledning. Influens mellan brunnar.

Lundgruppen för värmeledning och markvärme

Vår grupp i Lund har sedan 1977 sysslat med teoretiska analyser och utveckling av datormodeller för markvärmesystem. I detta sammanhang har vi genomfört olika studier inom följande områden:

1. Värmelagring i rullstensåsar.

Densitetsflöden, "kantring av vertikal termisk front".

2. Värmeförluster.

Rullstensåsar
Konstgjorda grundvattenmagasin
Radiellt flöde kring en brunn
Simulering av fältförsök i Landskrona

3. Geotermi.

Termiskt genomslag - brunnsavstånd

Dessa studier har gjorts tillsammans med bl.a. AIB, vattenbyggnad KTH, VIAK, geologi LTH och KM. De finns redovisade i rapporter från BFR, NE och i institutionsrapporter från matematisk fysik, LTH.

Studier pågår inom följande områden:

1. Termisk räckvidd. Parameterstudie.

En brunn. Utpumpningsfallet. Pulserande fallet.

2. Analytiska studier för termisk räckvidd.

En brunn. Brunnspar.

3. Programutveckling för flera brunnar och naturlig grundvatten-drift.

Dessa modeller skall användas för parameterstudier och för studier av skiktningseffekter.

När det gäller bergvärmesystemen, där djupa bergborrade brunnar utnyttjas, har vi studerat det rena värmeledningsfallet. Man kan ange totalt möjligt energiuttag och effekten av ett pulserande värmeuttag. Vidare finns en sofistikerad superpositionsmodell för värmeledningsprocessen kring ett antal brunnar. Denna modell är testad mot värmelagringsförsöket på Porsön, Luleå, 1981. I detta fall hade man 19 borrhål.

Studier av bl.a. influens mellan brunnar pågår med hjälp av denna modell. Ett exempel visas i de två bifogade figurerna. Figur 1 visar temperaturprofilen efter 4.5 och 24.5 år på 80 meters djup i två beräkningsexempel. Figur 2 illustrerar influensen mellan brunnar i några fall.

Modellutveckling för värmeledning i berget + grundvattenflöde i sprickplan pågår.

Forskningsbehov

1. Utveckling av specialiserade termohydrauliska modeller.

Parameterstudier för termisk räckvidd, värmeförluster och termiskt genomslag.
Studier av skiktning.

2. Analytiska studier.

Exempel:
Periodiska förlopp (under året)
Grundvatten i sprickplan + värmeledning
Vertikal värmeledning + grundvattenflöde enligt konform avbildning (en brunn + grundvattendrift, brunnspar osv)

3. Utveckling av laboratoriemodeller (skalmodeller).

1. Termohydrauliskt samband akvifer/omgivande skikt.
2. Skärmning
(Detta arbete pågår på vattenbyggnad, KTH).

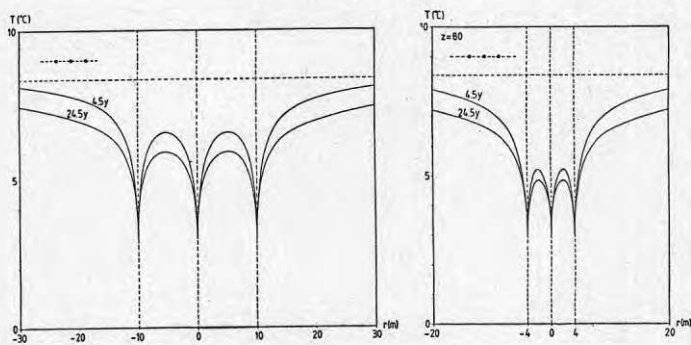
4. Fältförsök. Jämförelse med mätdata.

Man bör försöka täcka ett representativt spektrum av geohydrauliska situationer.

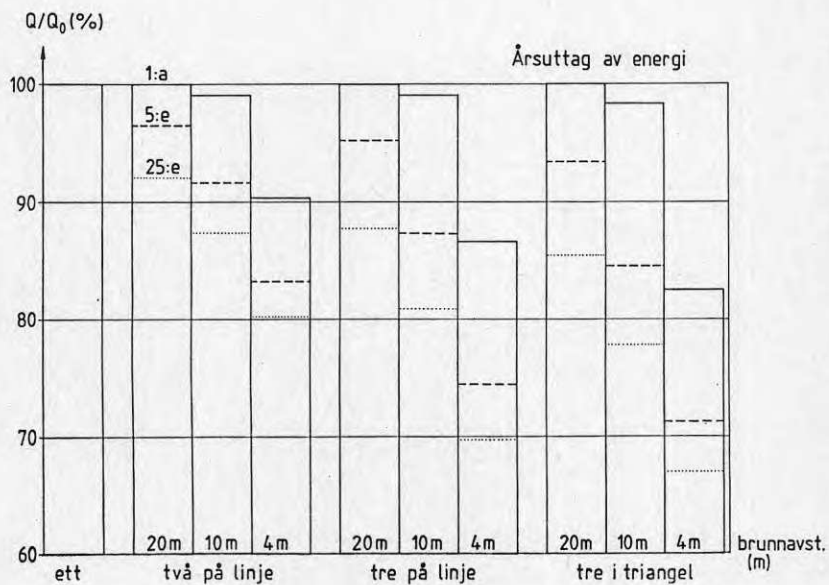
Väldokumenterade fältförsök:

Det viktigaste är att få en så god bild som möjligt av grundvattenflödena (permeabiliteter, pumpning, skiktning, naturlig grundvattendrift, läckage).
Goda data för värmeledningsförmåga erfordras.

Gjorda fältmätningar. Stidsvig
Landskrona



Figur 1. Temperaturprofil efter 4.5 och 24.5 år på 80 meters djup för tre brunnar med 10 respektive 4 meters avstånd i ett beräkningsexempel.



Figur 2. Årsuttag av värme relativt en ostörd brunn. Exempel på effekten av influensen mellan brunnar.

TERMOHYDRAULISKA MODELLER

NE-PROJEKT 206059

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Hans Hydén

TERMOHYDRAULISKA MODELLER

Tekn Dr Hans Hydén
NE-projekt 206059, Akvifer VBB.

BAKGRUND

Inom ramen för rubricerade NE-projekt har utvecklats en matematisk simuleringsmodell för beskrivning av värmespridning i grundvatten. Modellen har använts för utveckling av strategier för säsongslagring av värme i grundvattenmagasin med speciell tillämpning i ett konkret fall i Stidsvig, Klippans kommun. I det följande redogörs kortfattat för modellens uppbyggnad och användbarhet som verktyg i praktiskt arbete.

MODELLENS UPPBYGGNAD OCH ANVÄNDNING

Modellen är en FEM-modell som beskriver horisontal tvådimensionell grundvattenströmning samt värmespridning i grundvatten i horisontal led pga konvektion, ledning och dispersion samt i vertikal led pga ledning genom över- och underliggande marklager. Modellen har utvecklats i samarbete mellan Avd för vattenvårdsteknik, KTH och VBB.

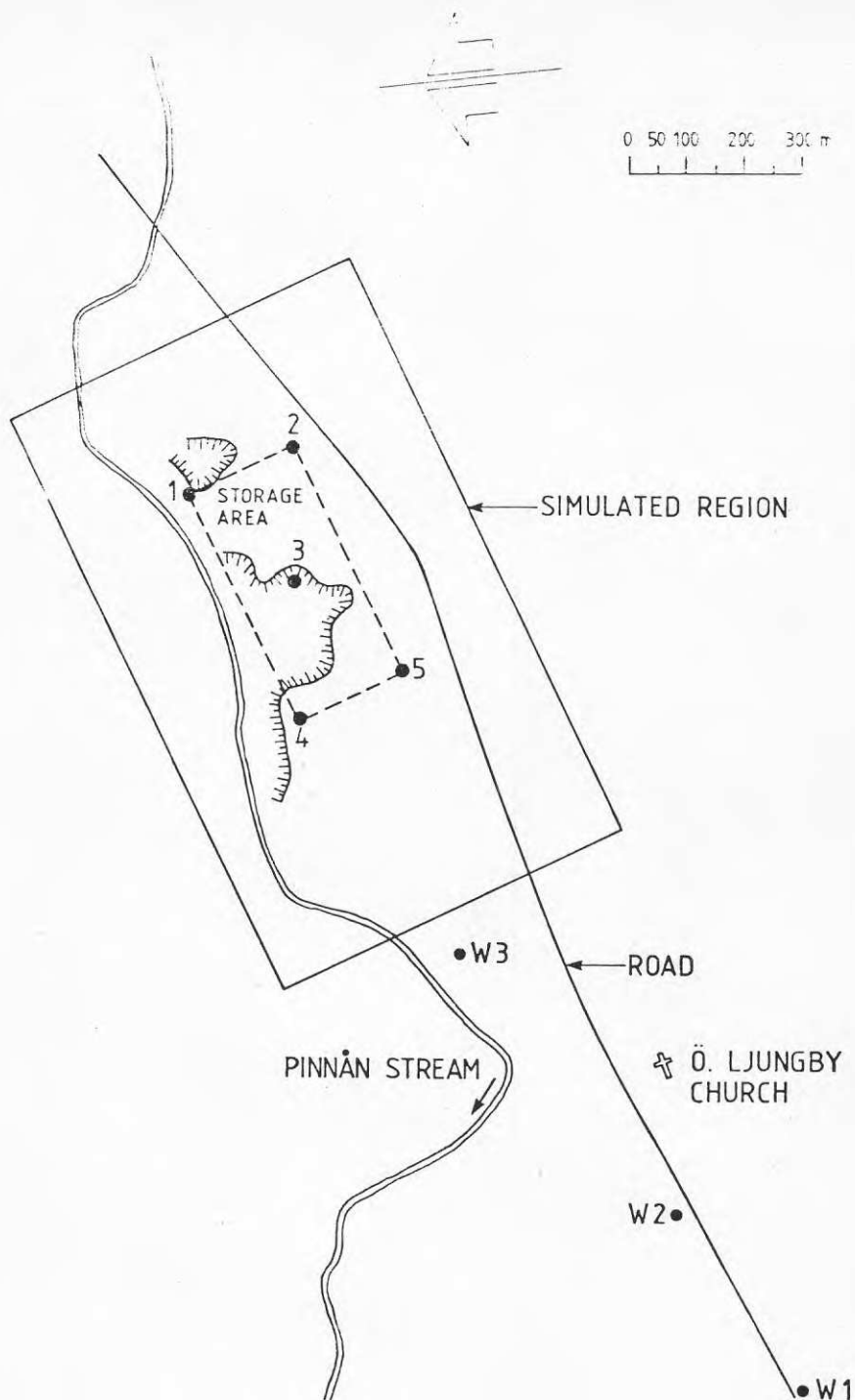
I Figur 1 visas en schematisk översikt över det område som studerades i tillämpningsexemplet. Värmelagret styrs med hjälp av ett fembrunnssystem med en central brunn, 3, för inmatning och uttag av varmt vatten samt fyra hörnbrunnar 1, 2, 4 och 5 för hydraulisk kontroll av lagerområdet.

Som resultat av modellberäkningarna kan erhållas plankartor av grundvattenytor och temperaturfördelning i horisontal och vertikal led, se Figur 2 och 3.

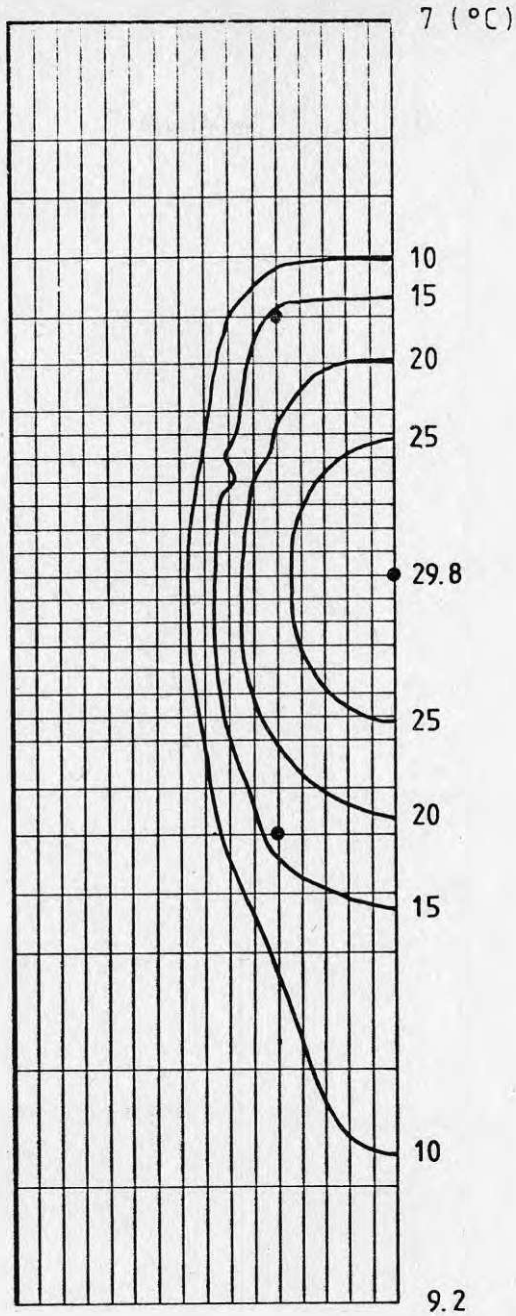
SLUTSATSER OM MODELLENS PRAKTISKA ANVÄNDBARHET

Modellen kan ge en noggrann beskrivning av värmetransport i grundvattenmagasin med varierande geometri och komplexa randvillkor. Den är dock relativt kostsam och tidsödande att arbeta med.

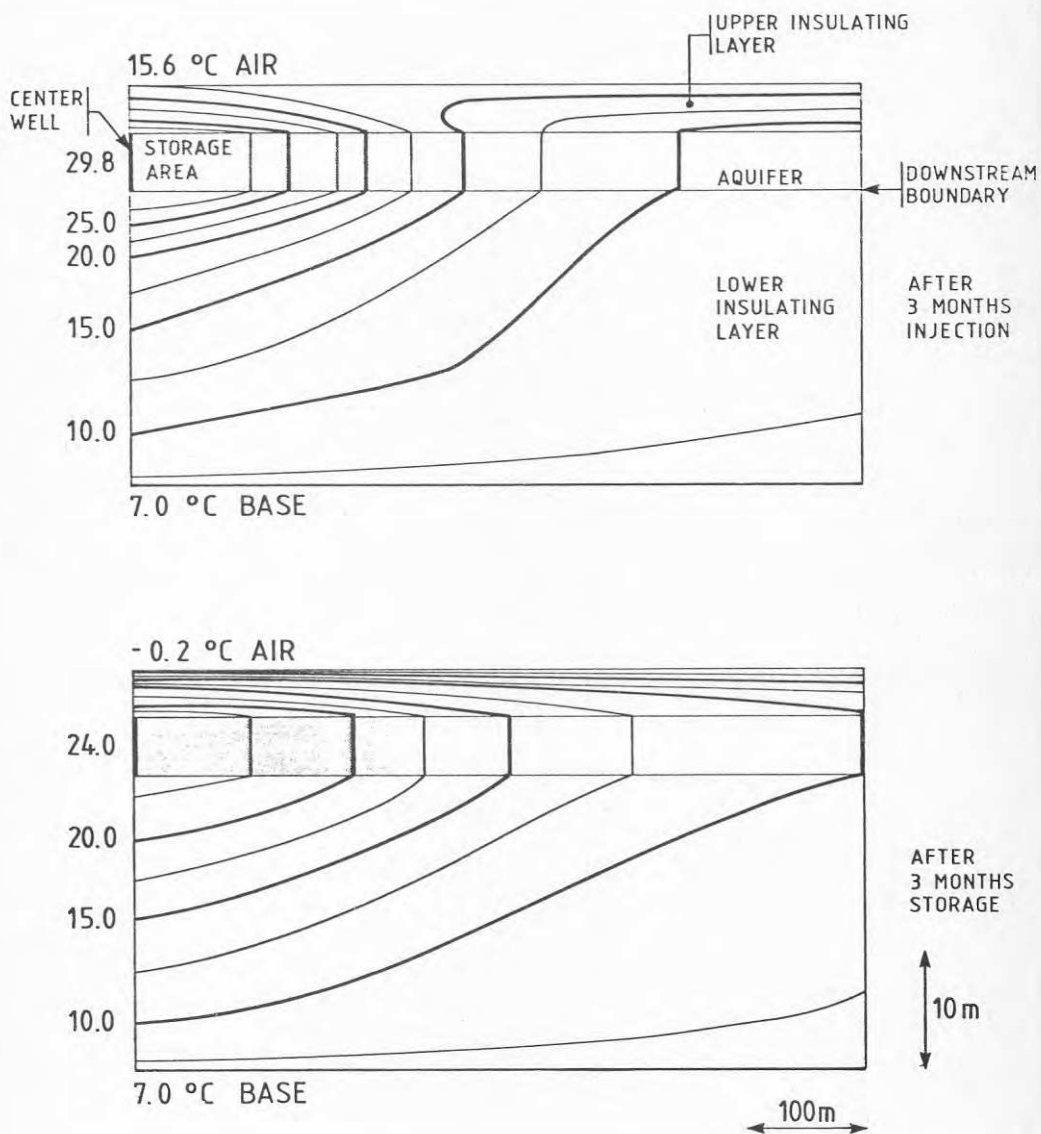
Den omfattande analys som genomförts för det studerade tillämpningsexemplet har givit en god känsla för hur ett värmelager i grundvatten fungerar och bör dimensioneras. I fortsatta projekt bör man därför oftast kunna klara sig med en enklare simuleringsmodell som endast beskriver grundvattenrörelser varefter värmetransporten beskrivs utgående från tumregler och ev parameterstudier med hjälp av enklare simuleringsmodeller av det slag som tagits fram vid LTH.



Figur 1 Overview of Stidsvig Storage Aquifer



Figur 2 Aquifer temperatures after three months of injection (of 30°C water). Base year 10.



Figur 3 Centerline cross-sectional temperature distribution after injection and storage phases. (Base year 10)

BORRINGSENTREPRENADER I SAMBAND MED
ENERGIUTVINNING

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Per Malmberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Borrningsteknik för energiutvinning ur grundvatten

Grundvattenvärme system Malbergs

Beskrivning av några utförda projekt och erfarenheterna från dessa

Upphandling av borrhingsentreprenader för energiutvinning

FoU-behov för energiutvinning ur grundvatten

BORRNINGSTEKNIK FÖR ENERGIUTVINNING UR GRUNDVATTEN

Vid borrning av brunnar för grundvattenvärme användes i princip samma teknik som för borrning till normala vattentäkter. Val av borrar metod är beroende av geologi, borrhdimension och borrhdjup.

För de mindre villaanläggningarna blir även framkomlighet i befintlig trädgård av största vikt. På senare år har därför utvecklingen på maskinsidan gått mot relativt små lätta maskiner för borrning 4" eller 5" i stället för stora tunga allround borrhmaskiner byggda på lastbilar.

För borrning i urberg användes i dag nästan uteslutande tryckluftsborrning med sänkborrhammare. Med denna teknik kan man borra till ca 200 meters djup och i dimensioner upp till 400 mm. För borrning av djupare hål i urberg fordras antingen större kompressortryck eller rotationsborrning med stora tryck för att kunna mala sönder urberget.

Borrning i sedimentärt berg utföres lämpligast som rotationsborrning med rullborrkrona och med direkt eller omvänd spolning beroende på borrhdimension. Med denna metod kan man borra ner till flera tusen meter (jämför oljeborrning). Malmbergs har möjlighet att utföra rotationsborrning från 75-1500 mm. Borrhdjupet är beroende på dimension men vi har möjlighet att med nuvarande maskinpark utföra brunnar till ca 500 meters djup. Med rotationsborrning kan man även borra i okonsoliderade formationer och kvartär utan foderrör.

I konsoliderade sedimentära bergarter kan även tryckluftsborrning och stötborrning användas. Borrning i kvartär är oftast den svåraste borringen då geologin här kan vara från ren lera eller sand till stenig och blockig morän eller rullsten.

Borrning i lera, sand eller grus är ganska enkelt såvida inga större stenar eller block förekommer. Detta kan lämpligen utföras med rotationsborrning med vattenspolning. Stötborrhmaskin med foderrör kan användas vid ringa borrhdjup.

I rullstensmaterial såsom i våra grusåsar måste foderrör användas för de mest permeabla delarna varför borringen oftast utföres som stötborrning eller gripskopeborrning. Vid borrning till stora djup användes rotationsborrning med omvänd spolning samt foderrör.

Blockig moränlera borraras enklast genom Odex-borrning, dvs tryckluftsborrning med sänkborrhammare och en expanderande borrhkrona samt foderrör. Denna metod är dock begränsad till dimensionerna 139 mm och 193 mm foderrör.

I vattenförande kvartära avlagringar samt i okonsoliderade sedimentära bergarter utföres brunnarna såsom filterbrunnar (grusfilterbrunnar eller formationsanpassade filterbrunnar). Det är viktigt att filterbrunnarna dimensioneras på samma sätt som en kommunal vattentäkt. För att få en filterbrunn rätt dimensionerad bör den föregås av en undersökningsborrning. Öppen area på filtterröret bör vara så stor som möjligt för att få minsta möjliga hastighet genom filtret. Brunnen bör vidare dimensioneras så att minsta möjliga avsänkning erhålles, för att

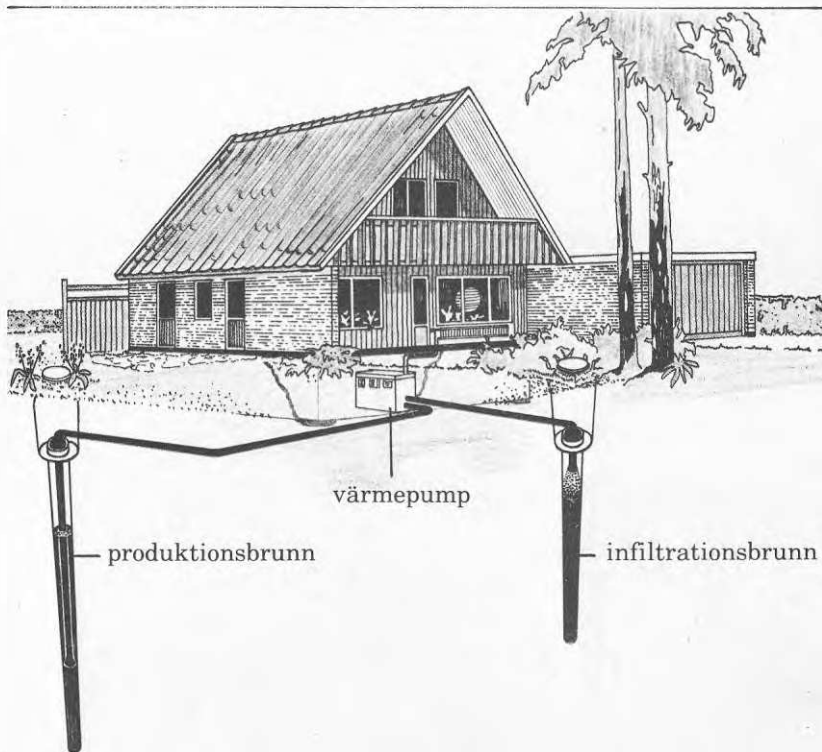
inte förlora för mycket energi. Infiltrationsbrunnen är minst lika viktig att få rätt utförd som produktionsbrunnen för att minska igensättningsriskerna.

GRUNDVATTENVÄRME SYSTEM MALMBERGS

Malmergs har utvecklat ett system för energibesparing, som bygger på värmepumpen i kombination med grundvatten, vilket med stor framgång har prövats i över fem år.

Grundvattenvärme system Malmergs spar upp till 60 % av energin för uppvärmning i jämförelse med eluppvärmning. Grundvattnet pumpas upp från en produktionsbrunn och in i en värmepump i byggnaden. Grundvattnet avger värme till värmepumpen och kyls då ner ca 3°C och återförs sedan via en returledning till en infiltrationsbrunn.

Grundvattenvärmeanläggningar kan byggas för såväl mindre som större anläggningar under förutsättning att tillräckligt med vatten erhålles.



BESKRIVNING AV NÅGRA UTFÖRDA PROJEKT SAMT ERFARENHETERNA AV DESSA

Malmergs har i dag erfarenheter från ett 60-tal anläggningar. Den första byggdes redan 1976/77 och har varit i drift i fem år med mycket gott resultat. Denna villa var den första i Sverige som byggdes med värmepump i kombination med grundvatten. Villan har en yta på 200 m² och har i medeltal använt 8950 kWh/år för

uppvärmning och varmvatten.

Malmbergs har även byggt grundvattenvärmeanläggningar där flera värmepumpar använder gemensam produktions- och infiltrationsbrunn. Detta system användes företrädesvis i villaområden.

I stort sett har anläggningarna fungerat mycket bra. Det största problemet har varit igensättning av infiltrationsbrunnen vid höga järnhalter 1,0 ppm. Problemet har varit störst vid ytlig infiltration eller ytligt uttag med höga järnhalter.

Malmbergs kommer hösten 1982 att ta i drift en anläggning som skall klara uppvärmningen av företagets kontors- och verkstadsbyggnader på tillsammans 20 000 m³:s volym samt 10 st lägenheter i ett radhus. Årsförbrukningen var tidigare på dessa anläggningar ca 170 m³ olja.

Vatten till anläggningen kommer att tas från en 200 m djup filterbrunn på Kristianstadsslätten där erforderlig mängd vatten med god kvalité och med en temperatur på ca 13,2 C erhållits.

Värmeanläggningen blir uppdelad på olika enheter efter de olika kapacitets- och temperaturbehov som föreligger.

- 2 st aggregat på ca 250 kW vardera tillgodoser verkstadsbyggnaden samt del av kontorsbyggnaden
- 1 st aggregat om 40 kW tillgodoser en nyare del av kontorsbyggnaden, där sommartid även ett kylbehov föreligger
- 2 st aggregat om vardera 40 kW tillgodoser radhuset med erforderlig värme och varmvatten

Panncentralerna för drift med olja bibeh lles som reserv och f r tillskottsvarme under extremt kalla dagar. Vattenförsörjningen styrs centralt genom givare som känner nivån i utj mningsbeh llare, därefter sker individuell styrning och reglering av vattenmängden f r de olika enheterna så att konstant temperatur erhålles på utgående vatten, som avleds till Helgeå. Genom detta regler-system erhålles optimal verkningsgrad även på vattenförsörjningen till värmepumparna.

UPPHANDLING AV BORRNINGSENTREPRENADER FÖR ENERGIUTVINNING

I dag  r det oftast VVS-konsulter, VVS-firmor eller värmepump-tillverkare som projekterar eller säljer värmesystem f r grundvattenvärme. Dessa har i regel liten eller ingen kunskap om geohydrologi eller brunnsutformning. Man tror oftast att man kan erhålla tillräckligt med vatten överallt. En brunn f r dessa är oftast en grävd brunn eller möjligen en 110 mm bergbrunn.

För att få ner investeringskostnaderna g res brunnen så enkel som möjligen med risk att anläggningen inte fungerar tillfredsställande. Brunnen är ju trots allt hjärtat i anläggningen varför jag menar att innan man säljer en grundvattenvärmeanläggning bör man kontakta en konsult eller ett borrh nsf retag med geohydrologiska kunskaper.

De större anläggningarna b r i likhet med kommunal anläggning

föregås av undersökningsborrning för en bestämning av uttags-
möjligheter, infiltration samt vattenkvalité. Vi anser att det
är av största vikt att brunnarna dimensioneras riktigt för att
minska risken för igensättning.

FoU-BEHOV FÖR ENERGIUTVINNING UR GRUNDVATTEN

Forskningsbehovet inom borrningstekniken för energiutvinning av
grundvatten eller geotermi. Jag anser det är viktigt att något
eller några företag får möjlighet att lära sig tekniken för
borrning av djupa borrhål för geotermi. Jag bedömer det möj-
ligt att anpassa någon av våra borrhåll för att utföra borrhå-
ll till 600-700 m djup.

Borrningstekniken är i och för sig känd men har ej använts av
svenska borrhållsfirmor. Vi har gjort borrhål med rotations-
borrning till ca 300 meter. Genom att bygga om dessa maskiner
skulle det vara möjligt att borra till betydligt större djup.

Jag anser vidare att det behövs forskning för att bestämma hur
infiltration av vatten bäst sker, speciellt vid vatten med höga
järnhalter.

BORRNINGSENTREPRENAD FÖR ENERGIUTVINNING,

Sammandrag av inlägg presenterat vid
"Grundvattenvärme-seminariet"
13-15 maj 1982

Jan Olof Eriksson

Jah Olof Eriksson, Borrningsentreprenad för energiutvinning, grundvattenseminarium Bommersvik.

Det hållna föredraget syftar främst till att belysa områdena borrhningsteknik vid geotermiprojekt, bergvärme och grundvattenvärmesystem.

Borrhningsteknik vid geotermiprojekt.

Att utvinna energi ur djupt belägna sediment är en i USA och Centraleuropa känd och tillämpad teknik. Borrhningstekniken och borrhningsteknologin har sina rötter i oljeborrhningen. Borrhningen tillgår enligt samma principer och tekniska hjälpmedel används. Rotationsborrningsprincipen är här den förhärskande. Berget mals sönder med hjälp av en borrkrona. Det söndermalda berget transporteras upp till ytan med hjälp av en borrvätska, vars konsistens varierar med hänsyn till den genomborrade formationens egenskaper. Det uppspolade söndermalda berget pumpas till en sedimentationsbassäng, där prover tages. Dessa ligger till grund för en lithologisk log. I speciellt intressanta formationer kan man ta kärnprover med vilka man kan göra kvalificerade bedömningar av formationen.

När borrhningen är avslutad, är enbart en del av arbetet slutfört.

Logging är ett instrument som ger möjlighet att rätt kunna bedöma formationernas hydrauliska egenskaper. Därefter installeras "i hålet material" och en provpumpning utföres.

I Sverige finns endast ett sådant borrhål utfört, som har ett rent geotermiskt syfte. Detta borrhål gjordes som ett undersökningshål av TGB för Lunds Tekniska Högskola och Landskrona Kommun. En del tester har även utförts i gamla oljeprospekteringshål.

Sammantaget är dock väldigt lite gjort. Anledningarna är många och varierande, varför ännu ingen anläggning kommit till utförande.

Bergvärme och grundvattenvärmesystem.

Den borrhningsteknik som används vid grundvatten och bergvärmeprojekt är sedan lång tid känd och använd i Sverige. Det är fråga om en direkt tillämpning av den svenska brunnsborrningsstekniken.

Vad som är nytt är att kunna rätt bedöma erforderligt borrhningsdjup, infiltrationsmöjligheter, vattentemperatur och vattenkapacitet.

Många av dessa parametrar har mindre betydelse i en brunn för ett egnahem. Det som extra bör beaktas är vattnets kemi och brunnens kapacitet. Vattnets kemi är speciellt viktig vid infiltrationsbrunnar.

Forskningsbehov.

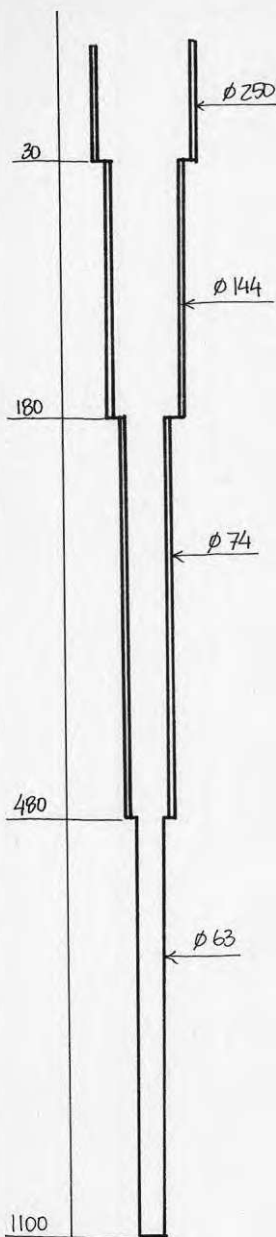
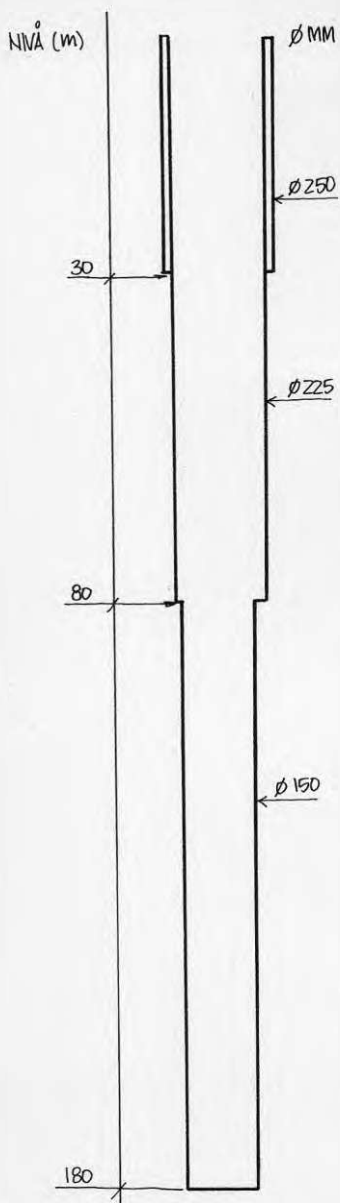
Vi tror att det är väsentligt att utröna hur temperatursänkning påverkar vattnets kemiska egenskaper, speciellt utfällning och igensättning.

Ett annat område som behöver studeras är utveckling av logging metoder för att bedöma formationernas hydrauliska egenskaper.

Bilaga: Principskiss över borrhål i Landskrona.

BEFINTLIGT HÅL

UNDERSÖKNINGSHÅL



BEVILJADE FORSKNINGSMEDEL FÖR GRUNDVATTENVÄRME OCH GEOTERMI

Sammanställningen avser:

B Bidrag till FoU-projekt
(L) Lån till Experimentbyggnadsprojekt

som BFR beviljat t o m 1982-06-30

Projekt nr	Projekttitel	Projektledare	Belopp tkr
770734-5	Värmepumpinstallation med grundvatten i jord som värmekälla	Kjell Norbäck Malmö	59
780942-5	Solfångar- och värmepump-anläggning med utnyttjande av grundvattenmagasin som värmeackumulator	Thore Abrahamsson Göteborg	25
790021-3	Grundvattenvärme i kv Tärnan, Landskrona. Förstudie	Peter Broberg Landskrona	127
790787-7	Projekt bergvärme. Energi-uttag med värmepump ur bergborrade hål. Förstudie	Torgny Agerstrand Stockholm	200
791462-2	Geotermi Vellinge. Förstudie	Owe Hedengård Vellinge	230
791526-3	Utvinning av värme ur bergborrade brunnar avsedda för vattenförsörjning. Förstudie	Sören Andersson Stockholm	95
791531-6	Värmepump med grundvatten i jord som värmekälla för hotell Portalen, Jönköping	Bengt Kvist Stockholm	50
791546-5	Värmepumpsalternativ till passiva solhus i kv Pionen, Ingelstad	Evert Andersson Ingelstad	50
791603-6	Förundersökning för geotermisk värmepumpsanläggning i Landskrona	Leif Bjelm Lund	280
800024-2	Grundvatten och glastäckt gata som värmekälla för radhus i kv Tärnan. Lån	Jonny Mårtensson Landskrona	1220 (L)
800348-2	Grundvatten som värmekälla för värmepump till tappvarmvatten, Västra Klinikerna i Jönköping. Lån	Tommy Eklund Jönköping	830 (L)
800640-5	Utvinning av värme ur bergborrade brunnar	Sören Andersson Stockholm	340

Projekt nr	Projekttitel	Projektledare	Belopp tkr
800685-6	Test av värmelagringsförmågan i kalkstensakvifer, kv Tärnan, Landskrona	Christer Gedda Halmstad	107
800931-5	Grundvatten och glastäckt gata som värmekälla för radhus i kv Tärnan, Landskrona. Utvärdering	Bertil Fredlund LTH	478
800967-1	Bergvärme. Energiuttag med värmepump ur bergborrade hål. Pilotförsök	Torgny Agerstrand Stockholm	400
800977-2	Grundvattenvärme till 212 äldre centraluppvärmda villor i Bjärred. Förstudie	Allan Malm Bjärred	100
800977-2	Grundvattenvärme till 212 äldre centraluppvärmda villor i Bjärred. Förprojektering	Allan Malm Bjärred	140
801128-7	Grundvattenvärme i Bommersvik. Utvärdering	Torgny Agerstrand Stockholm	205
801129-2	Grundvattenvärme i Bommersvik. Lån	Torgny Agerstrand Stockholm	1300 (L)
801269-8	Grundvattenvärme för gruppcentral med värmepump i Hallsberg. Förstudie	Lars Hasslinge Hallsberg	45
801359-9	Fullskaleförsök med berg som värmekälla för värmepump i Järfälla. Lån	Karl-Erik Wistedt Järfälla	31 (L)
801360-1	Fullskaleförsök med berg som värmekälla för värmepump i Järfälla. Mätning och utvärdering	Palne Mogensen Stockholm	30
801483-1	Grundvatten som värmekälla och lager för fjärrvärmesät i Tranås. Förstudie	Hans Hydén Stockholm	270
810134-0	Värme ur grundvatten för nytt bostadsområde i Rättvik. Förstudie	Lars Owe Grudeborn Rättvik	110
810191-9	Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter i Nyköping och Södertälje. Förstudie	Ulf Kihlblom Stockholm	225
810367-3	Kombinerat utnyttjande av yt- och grundvatten för värmeförsörjning i Lomma	Leif Lemmeke Malmö	25

Projekt nr	Projekttitel	Projektledare	Belopp tkr
810368-9	Grundvattenvärme från gemensam brunn för 16 villa- värmepumpar i Danderyd. Förstudie	Lennart Mörner Stockholm	77
810407-9	Bergborrad värmebrunn med slutet värmebärarsystem för småhus i Akersberga. Mätningar	Allan Haag Malmö	50
810749-1	Grundvattenvärme för bad- anläggning och småhusområde i Vikingstad. Förstudie	Sven-Erik Johansson Linköping	24
811574-4	Värmepump för grundvatten och uteluft i Hällebybrunn	Lars Andersson Eskilstuna	16757 (L)
811632-1	Grundvattenvärme genom kalldistribution eller central värmepump för nybyggnadsområde i Sjöbo. Förstudie	Johan Landberg Malmö	24
811680-5	Kombinerad lagring och ut- tag av värme från sjö- och grundvatten i Karlskoga. Förstudie	Gunnar Gustafsson Göteborg	54
811835-1	Igensättningsproblem vid värmeuttag ur grundvatten	Bert Allard CTH	36
811838-8	Geotermisk anläggning för 40 radhus i Klintehamn. Förprojektering	Torgny Agerstrand Stockholm	100

GRUNDVATTENVÄRME

- R 106:1980 G Kunnås & B Leander
SKÅNSKA AKVIFERER
Möjligheter att lagra och utvinna energi
- R 142:1980 S Andersson, A Eriksson & T Åbyhammar
UTVINNING AV VÄRME UR BERGBORRADE BRUNNAR
Förstudie
- R 172:1980 T Agerstrand & L-O Eriksson
Projekt Bergvärme
Förstudie
- R 42:1981 N Dafgård, G Ekstrand & G Werner
FORSKNINGSINRIKTAD VÄRMEFÖRSÖRJNINGSPÅN FÖR BALSTA
Grundvattenvärme
- R 126:1981 L Lemmeke
STÖRSKALIG VÄRMEFÖRSÖRJNING MED VÄRMEPUMP
Principförslag med kombinerat utnyttjande av yt- och grund-
vatten som värmekälla
- Seminarium
LTH 810126 GRUNDVATTENVÄRME
Återinjektering, värmelagring
- BFR proj
790807-1 H Hydén & J Lundgren
VA -HANTERINGENS ENERGIOMSÄTTNING
Delrapport från VBB
- Jordvärme-
gruppen CTH P Willen
Inst.rapport 1 GRUNDVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA FÖR HUSUPPVÄRMNING MED VÄRMEPUMP
- R 81:1982 T Holm, S-E Johansson
GRUNDVATTENVÄRME FÖR BADANLÄGGNING OCH SMAHUSOMRADE I VIKINGSTAD
örstudie
- R 98:1982 P Göransson, A Tvärne
ANSLUTNING AV GRUNDVATTENVÄRMEPUMP TILL GRUPPCENTRAL
Förstudie i Hallsberg

RAPPORTER OCH REFERENSER

GEOTERMI

- R 147:1980 O Andersson
GEOTERMISK VÄRME TILL FJÄRRVÄRMENÄT I VELLINGE
Förstudie
- BFR-proj L Bjelm & P-E Persson
791603-6 FÖRUNDERSÖKNING FÖR GEOTERMISK VÄRMEPUMPANLÄGGNING I
LTH 3012/1-31 LANDSKRONA
- NE 1980:7 GEOTERMISK ENERGI
Resultat - utvecklingsläge och förutsättningar
- NE 4560-251 Undersökning av möjligheterna att utvinna geotermisk
energi på Gotland
- DFE Rapport 25 Analys och värdering av insatserna inom området geotermisk
energi

Litteratursökning på BYGGDOK.

Sökord Grundvattenvärme-Värmepump.

BYGGDOK 44610
ANSLUTNING AV GRUNDVATTENVÄRMEPUMP TILL GRUPPCENTRAL.
Göransson T, Tvärne A
Hallbergs kommun Statens råd för byggnadsforskning
Anslagsrapport 801269 67 s Litthv 13 Hallsberg 1982

BYGGDOK 43504
MARK OCH VATTEN SOM VÄRMEKÄLLA
Erfarenheter från olika projekt. Stockholm 9 dec 1981,
nr 1498
Svenska teknologföreningen STF Ingenjörutbildning
Lösblad i ringpärm Litthv flera St ochholm 1981

BYGGDOK 41716
GRUNDVATTEN SOM VÄRMEKÄLLA FÖR HUSUPPVÄRMNING MED
VÄRMEPUMP
Litteraturstudie, system och ekonomi
Wilen, P.
Litteraturstudie som belöser hur systemet fungerar, vilka
varianter och kombinationer av system som kan tänkas, er-
farenheter, kostnader samt pågående forskning
Chalmers tekniska högskola. Jordvärmegruppen Rapport 1.
Hänför sig till forskningsanslag 770611 från Statens råd
för byggnadsforskning 45 s Litthv 22 Göteborg 1981.
Accnr: 81-2101

BYGGDOK 40861
STORSKALIG VÄRMEFÖRSÖRJNING MED VÄRMEPUMP
Principförslag till värmeförsörjning baserad på kombinerat
utnyttjande av yt- och grundvatten som värmekälla
Lemmeke, L.
VBB AB Statens råd för byggnadsforskning.
Anslagsrapport 810367 79 s Litthv 11 Malmö 1981.
Accnr: 81-1791

BYGGDOK 40762
OCTOPUS. DEN NYA GENERATIONEN VÄRMEPUMPAR
(Firmareklam)
Pertinex AB 8 s Malmö 1981
Accnr: 81-1662

BYGGDOK 39876
INVENTERING AV LOKALA ENERGIKÄLLOR INOM CENTRALORTEN
I VETLANDA KOMMUN
Scandiaconsult AB Statens råd för byggnadsforskning.
Anslagsrapport 801394 20 s Litthv 6 Malmö 1981
Accnr: 81-1307

BYGGDOK 39479
TILLSKOTTSVÄRME TILL PASSIVA SOLHUS I KVARTERET PIONEN,
INGELSTAD
Förstudie.
Andersson E, Andersson O, Ohlsson S.
VIAK AB Statens råd för byggnadsforskning
Anslagsrapport 791546 18 s Malmö 1981.
Accnr: 81-0858

BYGGDOK 37469
VÄRMEPUMPAR I BEFINTLIGA VÄRMECENTRALER
Förstudie i Kungälv
Gunnarsson I, Lundström H, Olsson S
Kungälv kommun Statens råd för byggnadsforskning.
Anslagsrapport 760778 67 s Litthv 5 Kungälv 1980
Accnr: 81-0171

BYGGDOK 37096
VÄRME I JORD, BERG OCH VATTEN
Utvinning och lagring. Red: B Svedinger
Översiktlig sammanställning av dagens kunskapsläge
och introduktion till olika problemställningar.
Statens råd för byggnadsforskning Tl:1981. Hänför
sig till forskningsanslag 800383 91 s Litthv 54
Stockholm 1981.
Accnr: 81-0324

BYGGDOK 36813
PROJEKT BERGVÄRME
Energiuttag med värmepump ur bergborrade hål - förstudie
Agerstrand T, Ericsson LO
Redogör för det inledande skedet i projekt bergvärme som
syftar till att utveckla metoder för tillvaratagande av
värme ur berg och dess grundvatten. Isbildningsvärme i
100-150 m djupa borrhål anses kunna ge betydande energi-
och effekttillskott.. Återladdning ev med hjälp av sol-
fångare.
Statens råd för byggnadsforskning Rapport R172:1980.
Hänför sig till forskningsanslag 790787 51 s Litthv 10
Stockholm 1980
Accnr: 81-0033

BYGGDOK 35389

KOMMUNEN MORA: DÄR FÅR TUSEN BLOMMOR BLOMMA OCH DÄR KAN
EN METEORIT GE VÄRME

Karlsson P-E

En presentation av olika energiprojekt i Mora kommun.
Energimagasinet 1980 nr 4, s 10-11, 1980.

BYGGDOK 34977

STIGENDE INTERESSE FOR VÄRMEPUMPE TIL BOLIG- OG BRUGS-
VANDSOPVARMNING

Söborg O

Varmepumpeunit til bolig- og brugsvandopvarmning under
danske klimaforhold.

DPA 18 (1980) nr 6, s 44-45. 1980

Ref inst: BSA

BYGGDOK 34649

KV BOBINEN, MALMÖ. CENTRAL VÄRMEPUMPANLÄGGNING UTNYTT-
JANDE LUFT- OCH MARKVÄRME

Förstudie

Wetterstrad L

Minergi AB Statens råd för byggnadsforskning.

Anslagsrapport 781340 37 s Litthv 20 Malmö 1980.

Accnr: 80-1697

BYGGDOK 32718

VÄRMEPLANLÄGGNING

Rapport 1: Konsekvensberegning af alternative
varmeforsyningsmuligheder i udvalgte byer i Årus amt.

Bruun & Sørensen A/S.

Del af pilotprojekt vedrørende regional varmeplananlægning.

Tekniske og økonomiske konsekvensberegninger af varmefor-
syningsalternativer. Belysning af samfundsmæssige anlægs

og driftsudgifter i alternativerne samt besparelser og

merudgifter for forbrugerne ved skift til ny opvarmningsform.

Skematisk opstillet for byerne: Hadsten, Hinnerup, Skander-
borg, Hörning, Stilling, Grenå, Ry, Ebeltoft, Assentoft.

Århus Amtskommune. 91 s. Århus 1979

Ref inst: BSA

BYGGDOK 32716

VARMEPLANLÄGNING

Rapport 1: Bilag. Konsekvensberegninger af alternative varmforsyningsmuligheder i udvalgte byer i Århus amt.

Bruun & Sørensen A/S.

Skemaer, diagrammer og kort som baggrundsmateriale for rapport 1.

Århus Amtskommune. 7 s. Århus 1979

Ref inst: BSA

TILLFÖRSELSYSTEM

0560 242 Rättsfrågor JIUU

Studie av rättsfrågor i samband med införande av nya energitillförselsätt i Sverige.

Docent Staffan Westerlund

Uppsala universitet, juridiska institutionen

Box 512, 751 20 Uppsala.

Adm organ: Uppsala universitet

Box 256, 751 05 Uppsala

Deltagarförteckning vid Grundvattenvärme-seminariet på
Bommersvik 12-13 maj 1982.

Jerker Abrahamsson
SNV
Box 1302
171 25 SOLNA

Torgny Agerstrand
VIAK AB
Box 519
162 15 VÄLLINGBY

Olof Andersson
VIAK AB
Krusegränd 42 C
212 25 MALMÖ

Leif Bjelm
LTH
Avd för geologi
Fack
220 07 LUND

Bertil Björnevad
AhlSELL VVS
Box 81551
104 82 STOCKHOLM

Johan Claesson
LTH
Inst för Matematisk Fysik
220 17 LUND

Lars Dirke
Tekniska Verken
Kommunkontoret
631 86 ESKILSTUNA 1

Rolf Engvall
BFR
S:t Göransgatan 66
112 30 STOCKHOLM

Lars O Ericsson
VIAK AB
Box 519
162 15 VÄLLINGBY

Anders Eriksson
AIB
Box 5511
114 85 STOCKHOLM

Jan Olov Eriksson
TGB
Box 101
440 06 GRÅBO

Torbjörn Fagerlind
SGU
Box 670
751 28 UPPSALA

Ruben Forsberg
Avanti
AB Forsbergs Brunnsborrning
791 00 FALUN

Margareta Gefwert
VIAK AB
Box 519
162 15 VÄLLNINGBY

Gunnar Gustafson
VIAK AB
Mölnsdalsvägen 85
412 85 GÖTEBORG

Tomas Hallén
Energiprojekt AB
Skånegatan 37
412 51 GÖTEBORG

Hans Hydén
VBB
Box 5038
102 41 STOCKHOLM

Chris Jacobsen
Stal Refrigeration AB
Box 11030
600 11 NORRKÖPING

Lars Jandér
Stal Laval Turbin AB
612 20 FINSPÅNG

Ingemar Johansson
AB Thermia-verken
Box 150
671 01 ARVIKA

Ingvar Johansson
VIAK AB
Box 519
162 15 VÄLLNINGBY

Gunnar Jonsson
Geotec
Box 281
431 24 MÖLNDAL

Bo Karlsson
Oljeersättningsfonden
Box 2229
103 15 STOCKHOLM

Gert Knutsson
KTH
Inst för Kulturteknik
100 44 STOCKHOLM

Per Malmberg
Malmbergs i Yngsjö
Box 48
296 02 YNGSJÖ

Leif Lemmeke
VBB
Geijersgatan 8
216 18 MALMÖ

Annica Lindblad
CTH
Inst för geologi
412 96 GÖTEBORG

Hans Lindström
Vattenfall
Vattenbyggnads-
laboratoriet
810 71 ÄLVKARLEBY

Palne Mogensen
Palne Mogensen AB
Emblavägen 29
182 63 DJURSHOLM

Anders Nelson
Geotec
Hörbyvägen 14
243 00 HÖÖR

Ulla Save-Öfverholm
BFR
S:t Göransgatan 66
112 30 STOCKHOLM

Hjalmar Shibbye
Thermia Energiteknik AB
181 81 LIDINGÖ

Björn Svedemar
STU
Liljeholmsvägen 32
Box 43200
100 72 STOCKHOLM

Johan Tollin
AIB
Box 5511
114 85 STOCKHOLM

Peter Wilén
CTH
Inst för geologi
412 96 GÖTEBORG

Nils Åberg
VIK AB
Box 519
162 15 VÄLLNINGBY

Från MARKVÄRMEGRUPPEN deltog:

Sten Bjurström
BeFo
Box 5501
114 85 STOCKHOLM

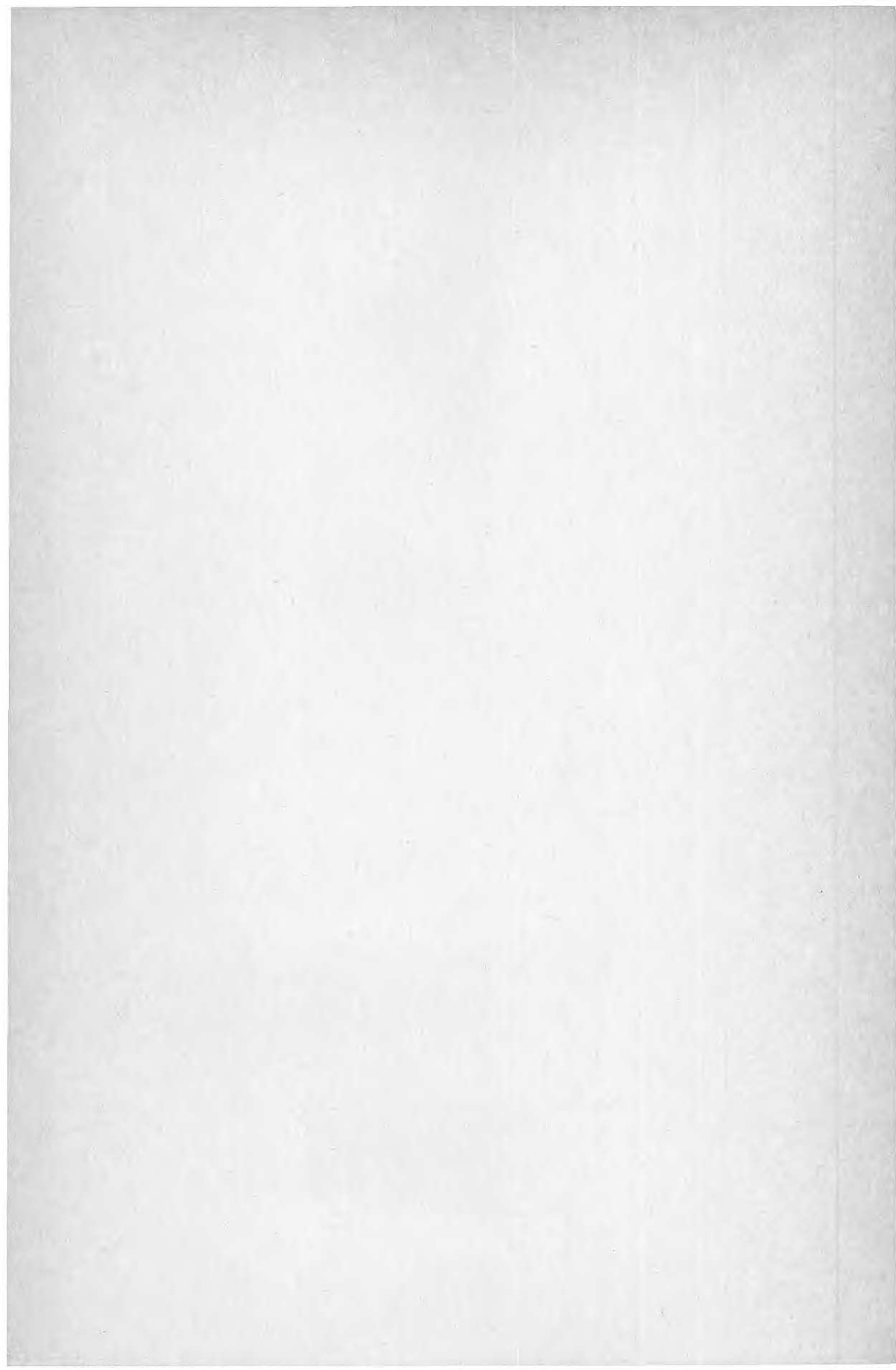
Sven-Erik Lundin
BFR
S:t Göransgatan 66
112 30 STOCKHOLM

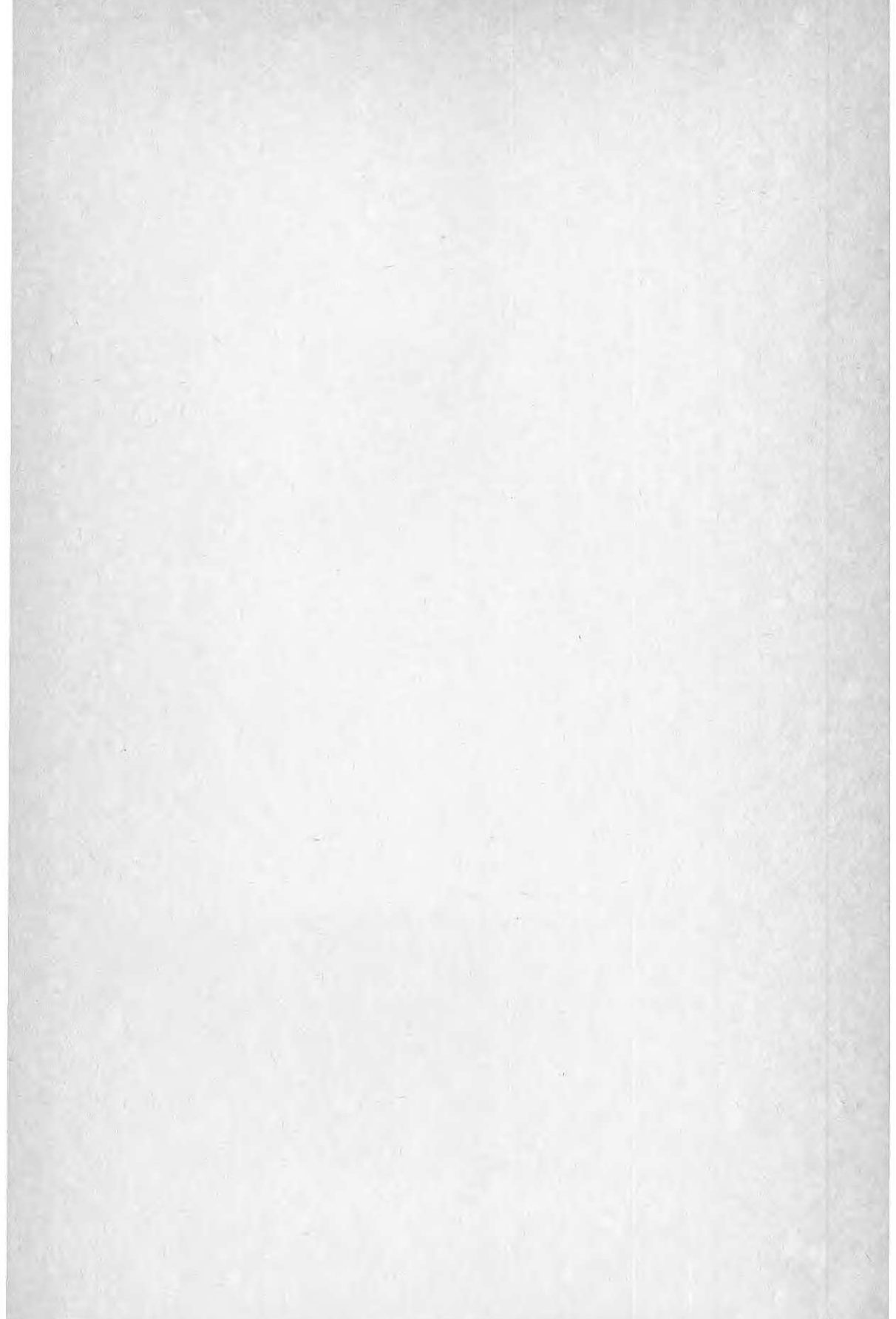
Per Olov Karlsson
Vattenfall
162 87 VÄLLNINGBY

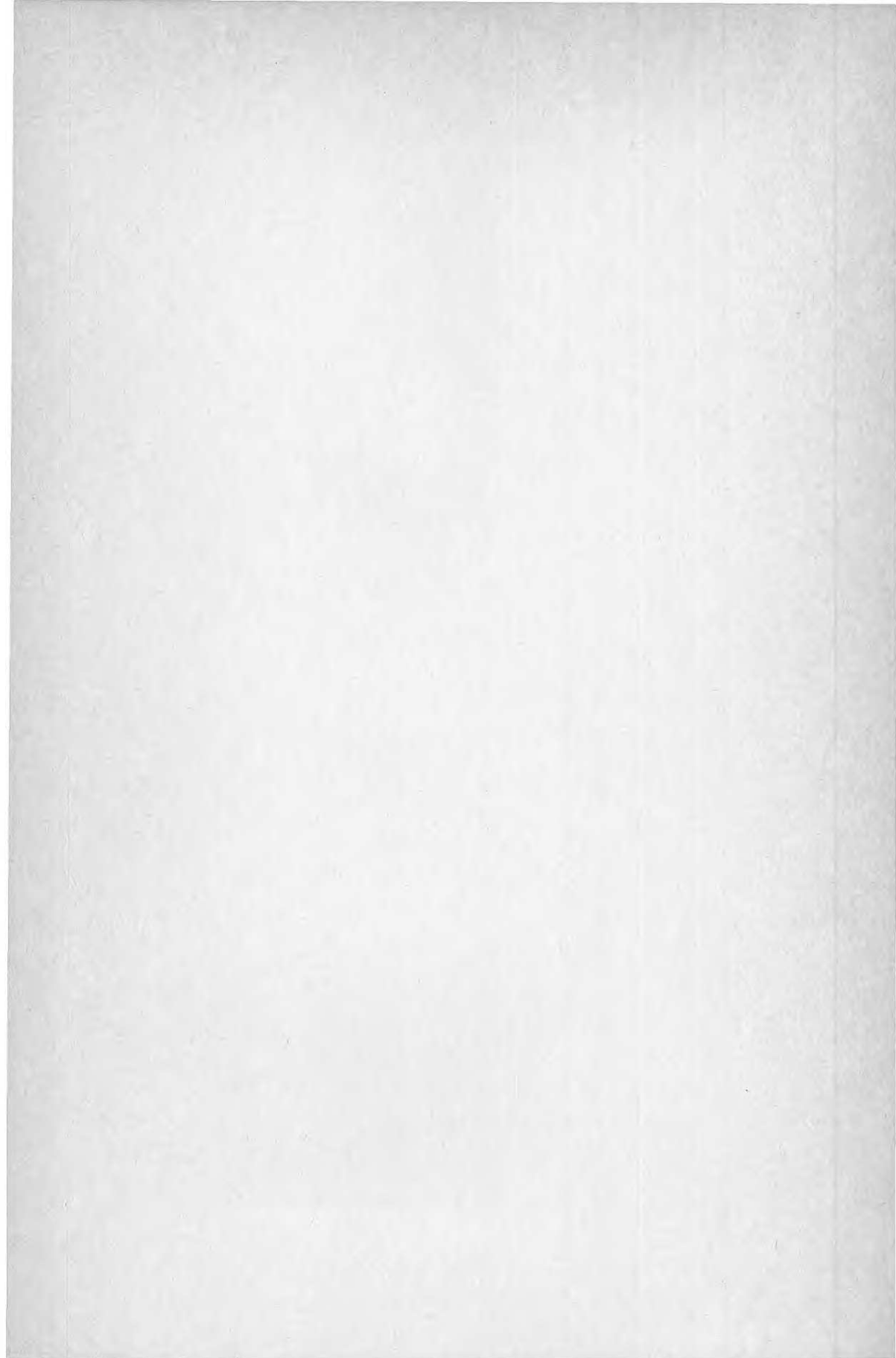
Sven-Allan Eklund
Vattenfall
162 87 VÄLLNINGBY

Björn Svedinger
VIK AB
Box 519
162 15 VÄLLNINGBY

Dessutom inbjöds representanter från Bostadsstyrelsen, Planverket och Konsumentverket, men dessa deltog inte i seminariet.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
811449-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Stiftelsen Bergteknisk Forskning, Stockholm.**

R130: 1982

ISBN 91-540-3826-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700630

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

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

Cirka pris: 45 kr exkl moms