



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.



## Energigeologisk kartering

### Metodstudie

**Gunnar Gustafson**  
**Erik Norling**  
**m. fl.**



R134:1980

ENERGIGEOLOGISK KARTERING

Metodstudie

Kaj Ahlbom	SGU
Jan De Geer	SGU
Gunnar Gustafson	VIAK
Stig Hård	VIAK
Lennart Karlqvist	SGU
Erik Norling	SGU
Gösta Persson	SGU
Ulf Thoregren	SGU

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790824-7 från Statens råd för byggnadsforskning till Sveriges geologiska undersökning (SGU) och VIAK AB.

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

R134:1980

ISBN 91-540-3362-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057125

## INNEHÅLL

1	BAKGRUND . . . . .	5
2	AVSIKTEN MED DENNA RAPPORT . . . . .	5
3	KORTFATTAD PROJEKTBESKRIVNING . . . . .	5
4	MÅLSÄTTNING . . . . .	6
5	BEHOV AV SAMORDNING - REMISSBEHANDLING	7
6	ENERGIUTVINNING OCH LAGRING I MARK . .	8
6.1	Kortfattade systembeskrivningar - principer . . . . .	8
6.1.1	Slutna värmesystem . . . . .	8
6.1.2	Direkt grundvattenutnyttjande . . . . .	9
6.1.3	Geotermisk energi . . . . .	11
6.1.4	Ytvattenutnyttjande . . . . .	14
6.2	Värmeöverföring i mark . . . . .	14
6.2.1	Värmeledningsförmåga . . . . .	15
6.2.2	Specifik värmekapacitet . . . . .	21
6.2.3	Sammanfattning . . . . .	22
6.3	Lagring av värme i geologiska media och värmeförluster från marklager . . . . .	22
7	ENERGIGELOGISKA KARTOR . . . . .	26
7.1	Användningsområden - struktur . . . . .	26
7.2	Allmänna riktlinjer för genomförande av energigeologisk kartering, krav- specifikationer och ambitionsnivå . . . . .	26
7.3	Kartskalor . . . . .	28
7.4	Förslag till arbetsgång för fram- ställning av energigeologiska kartor . . . . .	29
7.5	Faktorer och parametrar för energi- geologiska kartor . . . . .	29
7.5.1	Exempel på ingående faktorer och parametrar . . . . .	29
7.5.2	Exempel på faktorer och parametrar för visst utvinnings- eller lagringssystem	33
7.6	Energigeologisk rikskarta 1:1 milj . . . . .	36
7.6.1	Kartinnehåll . . . . .	37
7.7	Länskartor i skala 1:250 000 . . . . .	39
7.7.1	Kartinnehåll . . . . .	39
7.8	Energigeologiska kommunkartor 1:50 000 - 1:2 000 . . . . .	40
7.8.1	Kartinnehåll . . . . .	41
8	DATAARKIV OCH ANDRA KÄLLOR . . . . .	45
8.1	Offentliga arkiv och källor . . . . .	45
8.2	Konfidentiella arkiv . . . . .	46
9	LAGRING OCH PRESENTATION AV DATA . . . . .	47
9.1	Lagring av data . . . . .	47
9.2	Utnyttjande av befintliga uppgifter i SGU:s brunnarkiv . . . . .	47
9.3	Digitaliserade basdata . . . . .	48

10	PILOTSTUDIER . . . . .	49
10.1	Förslag till områden för pilotstudier och provkartering . . . . .	49
11	REFERENSER . . . . .	52

## ENERGIGEOLGISK KARTERING - Programarbete

Anslagsgivare: Statens råd för byggnadsforskning (BFR)  
 Anslagsinnehavare: Sveriges geologiska undersökning (SGU),  
 Uppsala och VIAK, Stockholm  
 Projektledare: Erik Norling, SGU och  
 Gunnar Gustafson, VIAK  
 Projektnummer: 790824-7  
 Kontraktstid: 1979-11-01 -- 1980-06-30  
 Datum för slutrapport: 1980-06-30

## 1 BAKGRUND

I maj 1979 ansökte SGU och VIAK gemensamt hos BFR om projektanslag avseende programarbete för energigeologisk kartering. I slutet av oktober 1979 meddelades att ansökt belopp, 140.000 kronor, för rubricerade projekt hade beviljats. Under senhösten 1979 och första halvåret 1980 har SGU och VIAK gemensamt och individuellt vid ett flertal sammanträden och överläggningar i Uppsala, Stockholm och Göteborg diskuterat programarbetets uppläggning och presentation. I vissa av dessa sammanträden har representanter för BFR deltagit.

## 2 AVSIKTEN MED DENNA RAPPORT

Denna rapport avser att redovisa genomfört programarbete etapp 1, samt att utgöra ett underlag för energigeologisk kartering etapp 2, pilotstudier. Pilotstudierna kommer att genomföras inom några utvalda arbetsområden för att testa föreslagen metodik.

Programarbetet har genomförts med utgångspunkt från erfarenheter och litteraturgenomgång inom sektorn energiutvinning och lagring i jord och berg. Ett förslag till kartsystem och där ingående faktorer - parametrar har utarbetats gemensamt av SGU och VIAK. Riktlinjer och förslag till rikskartor och länskartor har bearbetats av SGU. VIAK har genomfört en begränsad litteratursammanställning omfattande energiutvinning och lagring i mark samt utarbetat riktlinjer och förslag till kommunala energigeologiska kartor.

## 3 KORTFATTAD PROJEKTBEKRIVNING

För en forcerad satsning på solvärmesystem och energilagring m m är det helt nödvändigt att klarlägga förutsättningarna för energilagring i jord och berg. Omfattande geologiska, hydrogeologiska, hydrologiska och ekologiska m m studier kommer att bli nödvändiga. I detta programskede är syftet att söka klarlägga förutsättningarna för en snabb översiktlig energigeologisk kartering av Sverige.

Önskemålet från energimyndigheters sida och BFR har varit att erhålla förslag till, dels en småskalig rikstäckande karta samt



länskartor för att inom landet kunna överblicka möjligheterna till energiutvinning och lagring i berg och jord, dels lokala kartor i större skalor över kommuner eller delar av kommuner.

#### 4 MÅLSÄTTNING

Det övergripande målet med en energigeologisk kartering bör vara att skapa ett kartsystem som dels kan fungera som ett verktyg för energiplanering på olika planeringsnivåer inom samhället, dels utgöra ett underlags- och basmaterial för beräkningar, dimensionering samt projektering och byggande av olika energisystem. Kartsystemet bör vara användbart för planering på såväl riks- som region- och kommunnivå, utan alltför stora skillnader med avseende på arbetsmetodik eller redovisningsteknik. Dessutom bör systemet kunna användas på olika planstadier inom respektive nivå.

Syftet med genomfört programarbete, etapp 1 har varit att:

- utarbeta ett programförslag för energigeologisk kartering
- välja försöksområden där utarbetad metodik kan testas
- göra en kortfattad litteratursammanställning omfattande energiutvinning och lagring i mark samt diskutera ingående parametrar

För att denna typ av kartframställning skall vara ett hjälpmedel vid energiplanering måste tids- och ekonomiska aspekter spela en avgörande roll.

SGU:s målsättning för detta projekt är att en riksöversikt bör vara klar inom en 2-årsperiod. Framställningen av länskartor (1:250 000) bör kunna ske i samma takt som den pågående hydrogeologiska länskarteringen vid SGU, ca 2 län/år. För att dessa tidsramar skall vara möjliga att hålla, krävs naturligtvis ett maximalt utnyttjande av befintligt basmaterial.

Kommunala energigeologiska kartor kan tas fram när ett slutgiltigt program har fastställts, dvs efter genomförda pilotstudier

Det föreslagna programmet kommer med all säkerhet att modifieras och förbättras genom utnyttjande av successivt erhållna erfarenheter under arbetets gång.

I programplaneringen ingår förslag till pilotstudier för testning av metodik och dokumentation. Dessa studier avser energi-lagring och uttag i jord och berg med hänsyn tagen till befintlig utvinnings- och lagringsteknik.

Pilotstudierna bedöms vara av avgörande betydelse för ett slutgiltigt program och rekommendationer för en framtida energigeologisk kartering.

Under pilotstudiernas genomförande kommer de olika kartversionerna att testas på tekniker och planerare för att precisera vilken information avnämarna behöver på olika planeringsnivåer.



## 5 BEHOV AV SAMORDNING - REMISSBEHANDLING

Energigeologiska kartor (EGK) och deras tillämpning bör samordnas med de riktlinjer och samarbetsformer som anges för den fysiska riksplaneringen. Planverket skall verka för samordning mellan myndigheter vad beträffar insamling, bearbetning och sammanställning av kunskaper som rör hushållningen med mark och vatten. Kontakt bör etableras med Planverket för att erhålla synpunkter på föreslagen arbetsmetodik, samarbetsformer och EGK:s koppling till övrigt planarbete.

Länsstyrelsens uppgift är att vara en länk mellan centrala myndigheter på riksnivå och lokala myndigheter, vanligen kommuner. Länsstyrelser och kommuner bör därför på ett tidigt stadium införas om EGK. Berörda parter bör ge synpunkter på formerna, genomförande och "output" av EGK.

Under programarbetets genomförande har synpunkter och erfarenheter inhämtats från kartverksamhet inom andra sektorer.

Inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet vid CTH bedrivs projektet "Ingenjörsgelogisk Kartering". Inom projektet har en enkät utarbetats för att erhålla synpunkter på användandet av ingenjörsgelogiska kartor, geoinformation m m för planeringsändamål. Enkäten har skickats till vissa kommuner, länsstyrelser och större konsultfirmor. Därvid framkom att nästan alla avnämare vill ha mer geoinformation. Många vill både ha tillgång till basdatamaterial och enkla utvärderande kartor för planeringsändamål, (Holmstrand 1980).

SGU:s nya hydrogeologiska kartor har också utformats med hänsyn till remissvar och enkäter.

Det utarbetade programförslaget till energigeologisk kartläggning bör remitteras till berörda instanser bl a till planverket, länsstyrelser och kommuner samt kommunförbundet. Synpunkter bör inhämtas, både vad gäller kartornas utformning, läsbarhet och kartskalor. Ett fortlöpande samarbete och informationsutbyte bör ske med såväl avnämare som personer engagerade inom utveckling av nya kartsystem och tekniker som dimensionerar, utvecklar och analyserar olika energisystem.

Den geoinformation som är nödvändig för framställning av EGK är också nödvändig för framställning av andra karttyper och planunderlag etc, t ex ingenjör- och byggnadsgeologiska kartor, naturresursinventeringar, geoteknisk klassificering, sand- och grusprospektering. En samordning för framställning av grundkartor (basdatakartor) synes vara både angelägen och nödvändig. Under programarbetet har framkommit att ett behov föreligger för att begränsa ingående faktorer och parametrar. Denna begränsning bör göras av en sakkunnig referensgrupp som också bör uppställa riktlinjer för mätningar och noggrannhetskrav för respektive parameter.

## 6 ENERGIUTVINNING OCH LAGRING I MARK

## 6.1 Kortfattade systembeskrivningar - principer

Utformningen på jordvärmesystem varierar. Grundkomponenterna i de olika systemen omfattar som regel alltid värmepump eller värmväxlare, öppet eller slutet rör eller slangsystem samt någon form av värmeförsörjning. Den värme som tillförs värmepumpen eller värmväxlaren kan komma från en rad olika källor t ex från marken, spillvärme, yt- eller grundvatten, bottensediment m m.

## 6.1.1 Slutna värmesystem

System för ytjordvärme kan utformas på åtminstone två olika sätt

- horisontella system
- vertikala system

Den enklaste formen av jordvärmesystem består av en värmepump och ett nedgrävt slangsystem på ca 1 m djup. I systemet cirkuleras en köldbärare. Den största delen av värmen erhålls i form av frysvärme vid nedkylning av marken. Under sommarperioden värms markackumulatören ånyo upp via solen. Forskning pågår för att belysa såväl ekologiska risker som effektivitet och driftsfunktion.

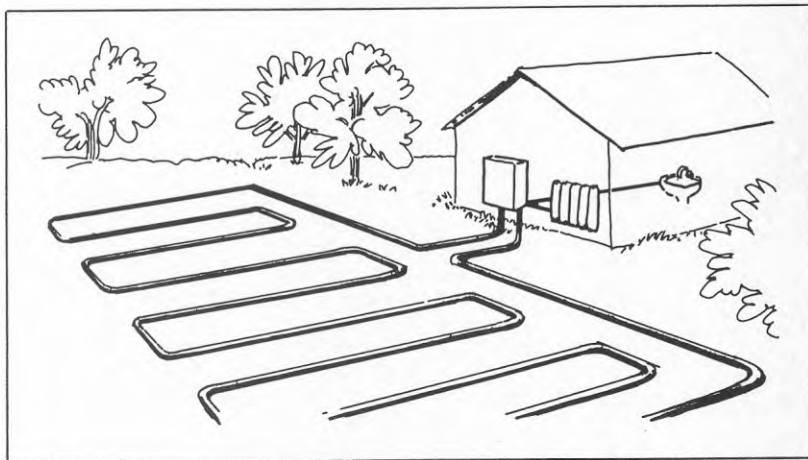


Fig. 1 Ytjordvärme (Bjurström et al 1974)

I vertikala system placeras rör- eller slangsystem på betydligt större djup. Denna typ av markackumulator kan inte naturligt laddas med den energi som markytan erhåller under sommarperioden. Istället måste markackumulatören laddas upp med värme från solfångare, spillvärme etc, som via rör- eller slangsystemet cirkuleras under den varma årstiden. För system som begagnar sig av artificiell återhämtning får inte grundvattenflödet vara av sådan omfattning att den lagrade energin riskerar att transporteras bort från markackumulatören. I vissa fall kan ackumulatören laddas och återställas via värme från förbiströmande grund-

vatten. Om grundvattenytan står högt kan detta även åstadkommas med horisontella system.

Kombinationen av värmepump och solfångare, luft/värmeväxlare eller jordvärmepump där grundvatten utnyttjas förväntas bli vanliga inom en snar framtid.

#### 6.1.2 Direkt grundvattenutnyttjande

Grundvattnet kan vara av stor betydelse för utformningen av jordvärmsystem. Vid direkt grundvattenutnyttjande pumpas grundvatten från en jord- eller bergakvifer direkt till värmepumpens förångare, där det kyls. Det nedkylda vattnet återföres till akviferen eller till ytvattenrecipient.

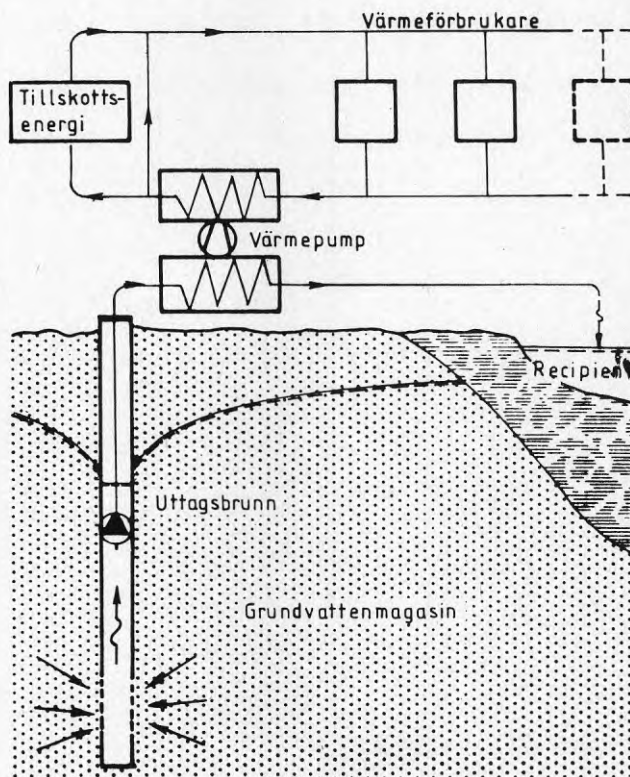


Fig 2 Schematisk bild av hur energi kan tillvaratas genom grundvattenuttag och värmepump. Utnyttjat vatten avleds i detta fall till recipient. (Agerstrand, Ericsson 1980).

Effektiviteten på grundvattenbaserade system kan ökas genom konstgjord infiltration eller inducerad infiltration via ökad pumpning med sommarvarmt ytvatten. Med dessa åtgärder erhålls en förhöjd grundvattentemperatur under förutsättning att lagringsutrymme för grundvatten finns, figur 3, 4 och 5.

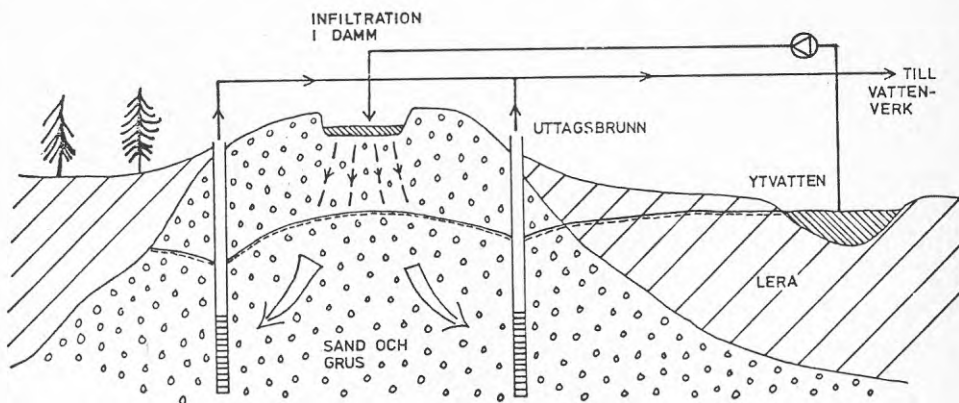


Fig. 3 Principbild över konstgjord infiltration. Ytvatten pumpas till en damm där vattnet infiltrerar och förstärker grundvattentillgången. Uppehållstiden uppgår normalt till 2 å 3 månader. (Gustafson 1979).

Under vinterperioden kan den upplagrade energin utvinnas via värmepumpar.

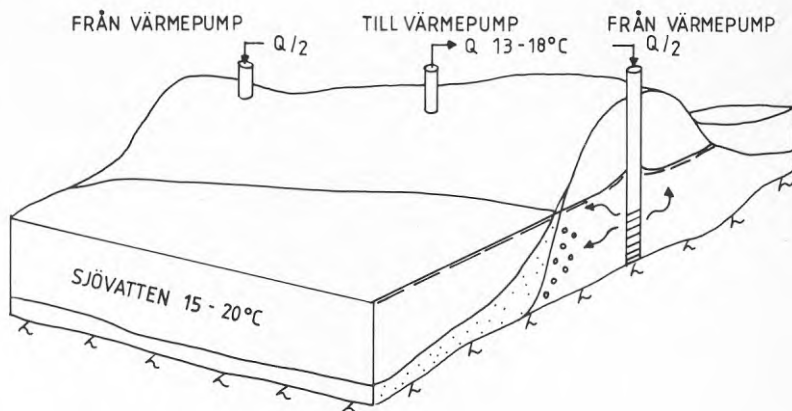


Fig. 4 Värmeuttag vintertid. (Gustafson 1979)

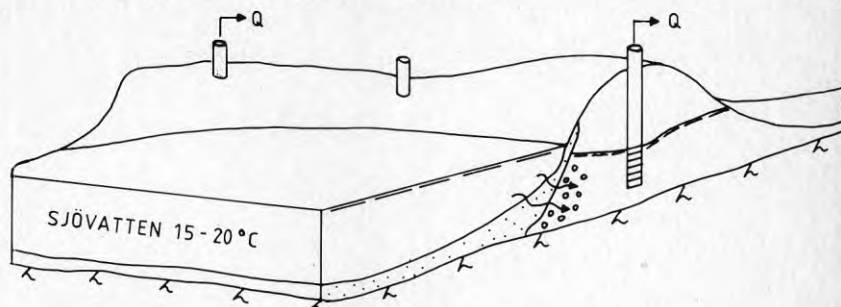


Fig. 5 Värmeinlagring vid strandinfiltration. (Gustafson 1979)

### 6.1.3 Geotermisk energi

Geotermiska energisystem utnyttjar det geotermiska värmeflödet. Varmvatten pumpas från djupare liggande porösa akviferer inom områden med hög eller normal temperaturgradient.

Möjligheterna att kunna utnyttja geotermisk energi i den svenska berggrunden har i allmänhet bedömts vara små, eftersom större delen utgörs av kristallina bergarter. Inom vissa områden, t ex sådana med sedimentära bergarter, möjligen även vissa granit-regioner, har förutsättningarna bedömts vara bättre.

Figur 6 visar principen för geotermisk energiutvinning i sedimentär berggrund.

Förutsättningar finns även för geotermisk energiutvinning inom vissa områden med kristallina bergarter med hög värmegenerering. Systemen bygger på vattencirkulation i artificiellt uppspräckt berg eller utnyttjande av redan befintliga spricksystem eller krosszoner, figur 7.

Forskare vid Geologiska Institutionen, Chalmers Tekniska Högskola/Göteborgs Universitet har under åren 1976-1979 genomfört en serie projekt för att finna områden särskilt lämpade för energiutvinning i kristallin berggrund. Projekten har redovisats i en rad delrapporter samt i slutrapporten "Värmeflöde i berg", (Landström, Larsson, Lind, Malmqvist, 1979).



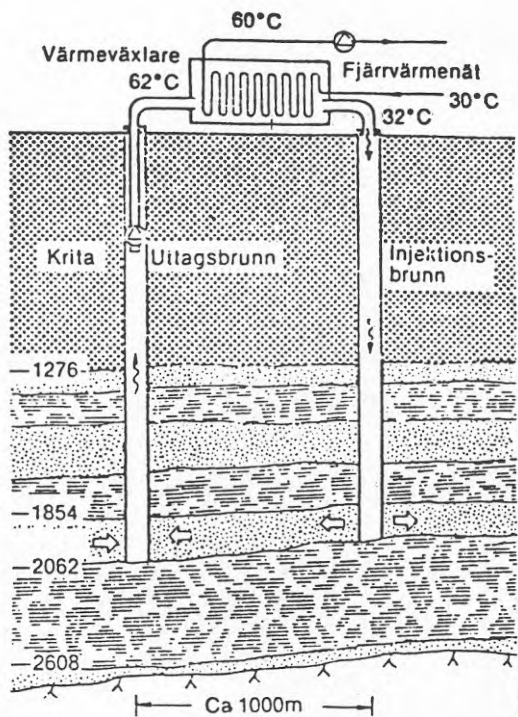


Fig. 6 Principskiss över ett tvåbrunnssystem för att utnyttja geotermisk energi. Exemplet gäller för skånska förhållanden. (Andersson 1979)

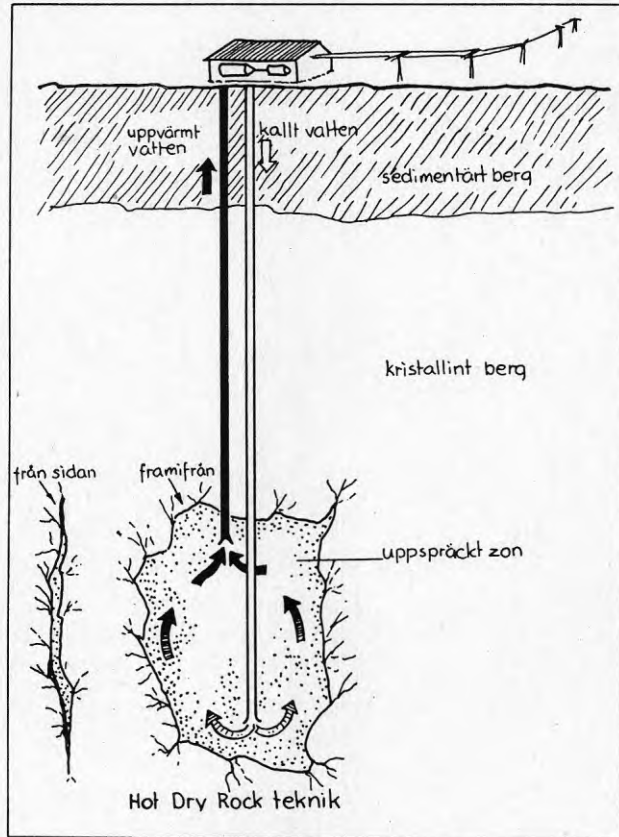


Fig. 7 Geotermisk energiutvinning ur kristallint berg.  
(Ljungblom 1980)



#### 6.1.4 Ytvattenutnyttjande

Genom isolering av lämpliga sjöar eller hålrum kan uppvärmt vatten som lagras till vinterperioden utnyttjas. Magasinet återställs via solens värmestrålning under sommarperioden. Effektiviteten kan ökas genom cirkulationspumpning genom solfångare eller genom översilning. Tekniken förväntas även vara användbar utan isolering av vattendraget. I båda fallen pumpas vattnet till en värmepump, figur 8.

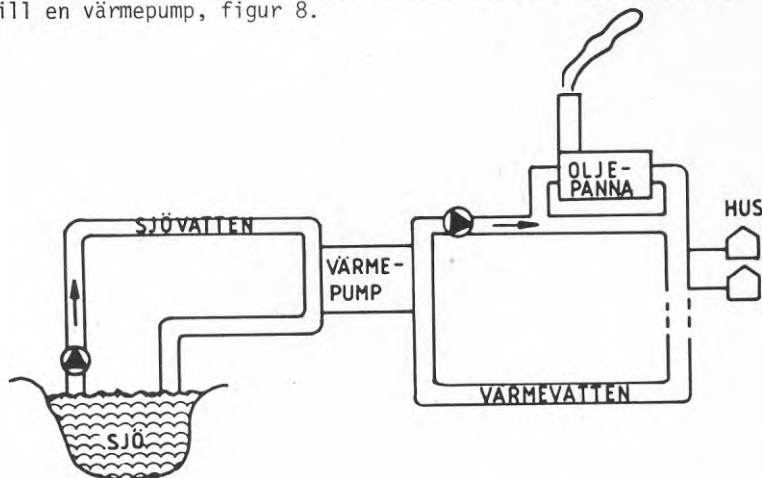


Fig. 8 Principskiss för värmepumpsystem kombinerat med oljepanna. (Kers 1980)

#### 6.2 Värmeöverföring i mark

En rad faktorer inverkar på värmeöverföringen i en jord- eller bergart. Värmeströmningen i mark sker på skilda sätt beroende på dess sammansättning, porositet, kornstorlek, kornkontakt, mineralinnehåll samt fukthalt. Figur 9 ger en uppfattning om efter vilka principer värmeöverföring sker.

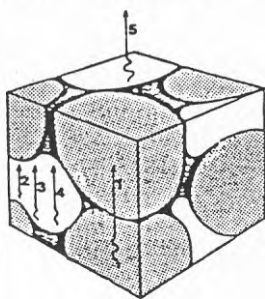


Fig. 9 Principen för värmeöverföring i de flesta typer av mark. (Modin 1979 efter Johansen 1975).

1. Ledning i jordpartiklar och vätska
2. Ledning i luft
3. Strålning från partikel till partikel
4. Diffusion av ånga
5. Konvektion i luft

De termiska parametrar som har betydelse för värmeomsättning i marklagren utgörs av:

- värmeledningsförmåga
- temperaturledningsförmåga
- specifik värmekapacitet
- temperaturgradient
- värmeproduktion

Värmeledning i ett material karakteriseras av tre materialkonstanter; värmeledningsförmågan ( $\lambda$ ), temperaturledningsförmågan ( $\kappa$ ) och den specifika värmekapaciteten ( $c$ ). Värmeledningsförmågan är av betydelse vid stationär värmeströmning, medan temperaturledningsförmågan är av betydelse vid icke stationär värmeströmning.

Bestämning av termiska parametrar i berg och jord är nödvändig för att bedöma möjligheter till att lagra och utvinna värme och geotermisk energi i geologiska media samt för att göra värmeförlustberäkningar.

Värmeledningsförmågan och temperaturledningsförmågan har avgörande betydelse för möjligheterna att lagra värme i olika media, eftersom förlusten från ett värmelager är proportionell mot ledningsförmågan.

Kunskap om den specifika värmekapaciteten är av stor betydelse då det gäller värmelagring i berg och jord, eftersom värmelagrets kapacitet beror av den specifika värmekapaciteten hos lagringsmediet.

Värmeflödet vid jordytan bestäms dels av den geotermiska temperaturgradienten, dels av sönderfall av radioaktiva isotoper främst uran, thorium och kalium. Den geotermiska temperaturgradienten uppgår normalt till ca 15-25°C/km. Inom områden med sedimentär berggrund kan den vara större. Uppgifter på gradientens storlek torde i huvudsak ha betydelse för värmeutvinning eller lagring av varmvatten i sedimentär och i vissa fall kristallin berggrund.

För värmeförlustberäkningar och systemanalyser behövs dessutom uppgifter på marktemperaturens årsmedelvärde och årliga temperaturvariationer.

#### 6.2.1 Värmeledningsförmåga, $\lambda$ [W/m°C]

Värmeledningsförmågan definieras som den värmemängd som vid stationära förhållanden per tidsenhet passerar genom 1 m<sup>2</sup> av homogent material med 1 m tjocklek, då temperaturfallet genom provet är 1°C. Värmeledningsförmågan anger alltså ett materials förmåga att överföra värme.

Värmeledningsförmågan hos geologiska media varierar inom relativt vida gränser.

Av tabell 1 framgår att värmeledningsförmågan för olika mineral varierar relativt mycket. Dessutom är det ganska stor spridning för varje mineral. Kvarts har en mycket hög värmeledningsförmåga.

Tabell 1. Värmeledning för bergmineral  
(efter Horai 1971)

	W/m <sup>0</sup> C	variationsområde
Kvarts	7,7	
Fältspat:		
Ortoklas	2,0	(1,7 .. 2,3)
Plogioklas		
Albit	2,2	(1,9 .. 2,3)
Anortit	1,7	
Glimmer:		
Muskovit	2,3	(2,2 .. 2,5)
Biotit	2,0	(1,7 .. 2,3)
Pyroxen	4,3	(3,8 .. 5,0)
Amfibol	3,5	(2,5 .. 5,0)
Hornblände	2,7	(2,5 .. 3,0)
Olivin	4,5	(3,0 .. 5,0)
Kalcit (CaCO <sub>3</sub> )	3,6	
Klorit	5,0	(4,0 .. 6,0)

I porösa akviferer har värmetransport genom ledning mycket liten betydelse. Transporten av värme sker uteslutande med grundvattenflödet.

För bergarter, t ex kristallint berg, är ledning det dominerande transportsättet. Värmeledningsförmågan varierar beroende på bergartens mineralsammansättning, porositet, metamorfosgrad, vattenhalt och det tryck som råder. Dessutom varierar värmeledningsförmågan med temperaturen och bergartens struktur.

Ledningsförmågan hos en anisotrop kristall är olika i olika riktningar men eftersom kristallerna ofta ligger totalt oordnade behöver normalt ingen hänsyn tagas till detta.

När det gäller anisotropier hos en del bergarter är emellertid situationen en helt annan. Gnejsen har t ex en utpräglad

skiffrig struktur och bör således ha olika ledningsförmåga vinkelrätt och parallellt med förskiffringen, (tex Kappelmeyer, Haenel 1974).

Vissa försök som utförts på skiffriga gnejser och graniter tyder dock på att skillnaden i värmeledning vinkelrätt resp parallellt skiffriheten är liten, (Sibbit et al 1979).

I tabell 2 redovisas ett urval av uppmätta värden på värmeledningsförmågan för kristallina och sedimentära bergarter efter Kappelmeyer & Haenel (1974).

Tabell 2. Värmeledningsförmåga för bergarter och lera.

Bergart	Värmeledningsförmåga W/m <sup>0</sup> C
Basalt	1,4 - 2,7
Gnejs	2,6 - 2,9
Granit	1,6 - 3,1 (3,3 - 3,7, västsvenska förhållanden, Sundberg 1979)
Granodiorit	1,6 - 3,5
Norit	2,3 - 3,1
Periodotit	2,4 - 2,9
Serpentinsten	1,4 - 2,2
Syenitporfyr	2,7 - 4,0
Kalksten	1,7 - 2,7
Lersten	1,8 - 3,4
Sandsten	2,2 - 5,4
Lera, $d = 2400 \text{ kg/m}^3$	2,2 - 2,3 (1,1, västsvenska förhållanden, $d = 1600 \text{ kg/m}^3$ , Sundberg 1979)

Enligt tabell 2 är variationen stor både mellan olika bergarter och för bestämningar inom respektive bergartsgrupp. Det framgår ej vilken eller vilka metoder som använts vid bestämningarna.

I figur 10 visas några olika bergarters temperaturledningsförmåga som funktion av temperaturen.

Värmeledningsförmågan kan bestämmas med en rad metoder. Vanligen skiljer man på stationära och transienta metoder. Transienta metoder används för att mäta tidsberoende egenskaper vid icke-stationär strömning. En annan indelning är laboratorie- och "in situ"-metoder. "In situ"-metoder är vanligen transienta medan laboriemetoder är både stationära och transienta.

I Sverige har främst "Divided-Bar"-metoden använts. Det är en stationär metod som framför allt använts för bestämningar på borrhärdar. För att minska spridningen i uppmätta värden har man även gjort försök med den s k "Tvåsondsmetoden" (Sundberg 1979). Det är en transient metod som ger värden på både värmekonduktiviteten och diffusiviteten. För närvarande pågår utveckling av en ny transient metod, "Folietmetoden", som hittills visat lovande resultat, (Gustafson et al 1979).

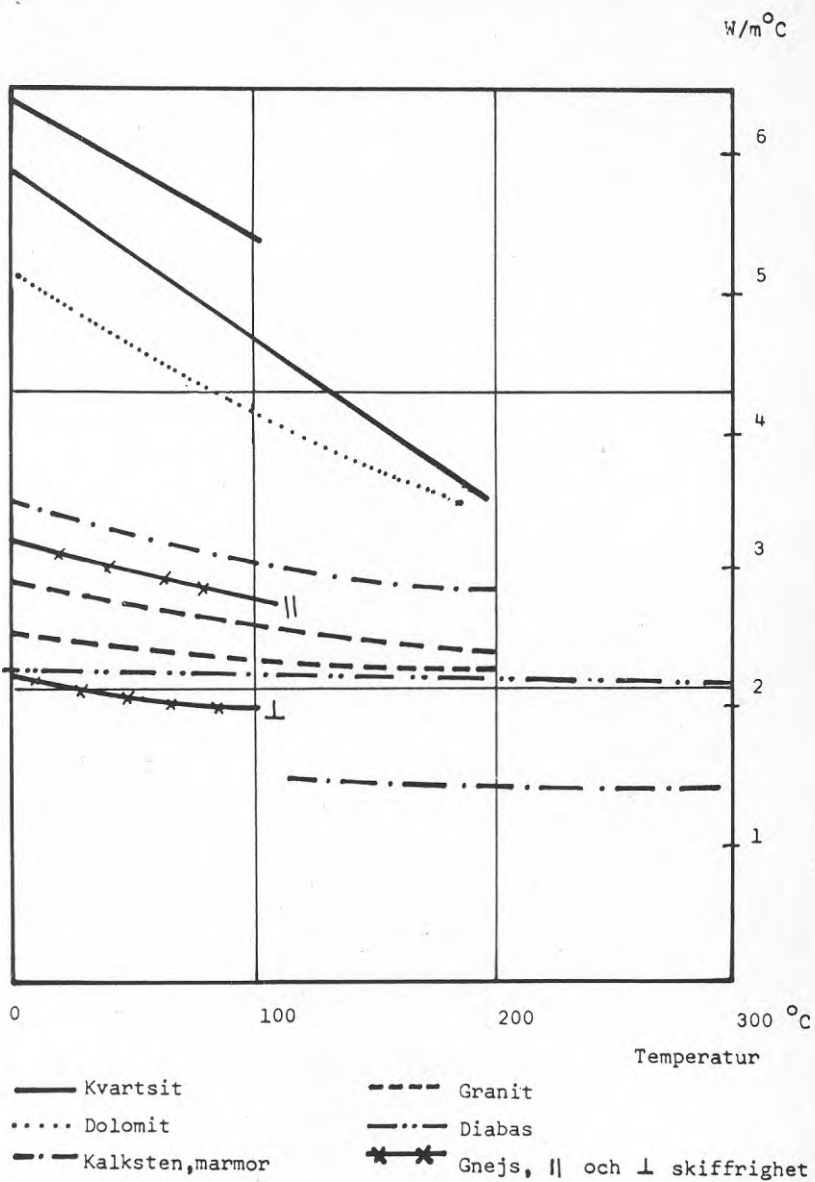


Fig. 10 Bergarternas värmeledningstal vid högre temperaturer enligt ett flertal olika undersökningar. (Bjurström et al 1974 efter urval ur Birch et al 1942)

Värmeledningsförmågan kan även bestämmas genom mikroskopering, eftersom olika minerals värmeledningsförmåga är relativt väl kända.

Det är av största vikt att klarlägga vilka metoder som ger representativa värden på värmeledningsförmågan. Riktlinjer bör tagas fram både för hur äldre mätningar skall bedömas och hur nya mätningar skall genomföras.

För jordmaterial redovisar Johansen (1975) en teoretisk metod för beräkning av värmeledningsförmåga med utgångspunkt från värmeledningsmätningar.

För fuktiga material kan värmeledningsförmågan beskrivas generellt med hjälp av vattenmättnadsgraden  $S_r$  och ett dimensionslöst tal  $K_e$ . Uttrycket gäller även för helt torra eller vattenmättade jordar.

$$\lambda = \lambda^0 + K_e (\lambda - \lambda^0)$$

$$K_e = \frac{\lambda - \lambda^0}{\lambda^1 - \lambda^0}$$

Kerstens tal varierar mellan 0 och 1 när vattenmättnadsgraden ökar från 0 till 1

$$\lambda^0 = \lambda_L \cdot n^{-2,5}$$

Värmeledningsförmågan för torr jord

$$\lambda^1 = \lambda_1^n \cdot \lambda_2^{(1-n)}$$

Mättad ofrusen jord

$$\lambda^1 = \lambda_{wu}^w \cdot \lambda_{is}^{(n-wu)} \cdot \lambda_2^{(1-n)}$$

$$\lambda_1 = 0,57 \text{ W/m}^0\text{C}$$

$$\lambda_2 = 7,7^q \cdot 2,0^{(1-q)}$$

$n$  = porositet

$q$  = kvartshalt



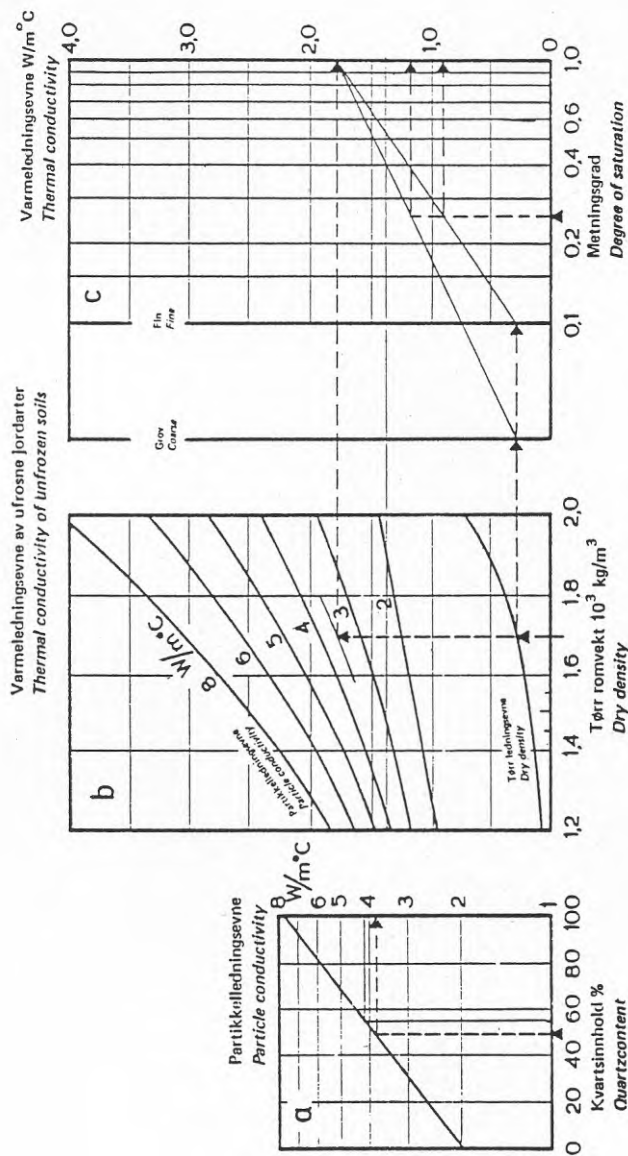


Fig. 11. Värmekonduktivitet i ofrusna mineraljordar. Diagrammet är baserat delvis på teoretiska beräkningar (mättad ledningsförmåga) och delvis på empiriska relationer som har härletts från Kersten's omfattande värmekonduktivitetmätningar. Diagrammet gäller för en medeltemperatur på + 4°C, men kan utan större fel utnyttjas vid temperaturer upp till 20°C (Modin 1979 efter Johansen 1973).



För finkorniga jordarter gäller

$$K_e = \log S_r + 1,0 \quad S_r > 0,1$$

För grovkorniga jordarter gäller

$$K_e = 0,7 \log S_r + 1,0 \quad S_r > 0,05$$

Vid temperaturer under 0°C gäller

$$K_e = S_r$$

Johansen har senare gjort en mer differentierad uppdelning vad gäller jordartsindelning och Kerstens tal.

Enligt ovan beskrivna ekvationer ökar värmeledningsförmågan med ökande densitet, kvartshalt och vattenmättnadsgrad.

Noggrannheten i bestämningarna uppskattas till  $\pm 10 - 20 \%$ .

Figur 11 visar hur värmeledningsförmågan kan bestämmas om kvartshalten, torrvolymvikten och vattenmättnadsgraden är kända (Modin 1979 efter Johansen 1973).

### 6.2.2 Specifik värmekapacitet, $c$ [J/Kg°C]

Den specifika värmekapaciteten för ett visst material är den värmemängd som erfordras för att höja temperaturen 1°C per viktenhet.

Den specifika värmekapaciteten varierar med det geologiska mediets vattenmättnadsgrad, densitet och mineralsammansättning samt i viss mån med temperaturen.

Ett värmelagers kapacitet beror av lagringsmediets specifika värmekapacitet. För ett hålrum där man lagrar uppvärmt vatten kommer vattnets värmekapacitet och hålrummets volym att vara styrande. I ett poröst medium påverkar både vattnets och det geologiska mediets egenskaper lagringskapaciteten.

Den specifika värmekapaciteten kan mätas med olika typer av kalorimetrar eller genom teoretiska beräkningar. Vid bestämning av värmeledningsförmågan ( $\lambda$ ) och diffusiviteten ( $\kappa$ ) kan den specifika värmekapaciteten indirekt erhållas genom sambandet

$$c = \frac{\lambda}{\rho \cdot \kappa}$$

Mätning av den specifika värmekapaciteten medger också en kontroll och rimlighetsbedömning av uppmätta värden på  $\lambda$  och  $\kappa$ .

Teoretiska beräkningar av specifik värmekapacitet kan ske efter två principer, dels efter volymandelarna av respektive beståndsdel, dels efter viktsandelarna av respektive beståndsdel (Johansen 1977).

Beräkningar med hjälp av volymandelar kan göras enligt:

$$c = \rho_s \cdot \theta_s \cdot c_s + \rho_w \cdot \theta_w \cdot c_w + \rho_{ice} \cdot \theta_{ice} \cdot c_{ice} \quad [J/m^3 \cdot ^\circ C]$$

$\rho_s, \rho_w, \rho_{ice}$       densitet hos resp beståndsdel  
2700, 988, 917      kg/m<sup>3</sup>

$\theta_s, \theta_w, \theta_{ice}$       volymsandel av resp beståndsdel

$c_s, c_w, c_{ice}$       värmekapaciteter hos resp del  
825, 4180, 2200      J/kg<sup>0</sup>C

Skall hänsyn tas till vattenrörelser pga frysning och frys-punktsnedsättning blir ekvationerna betydligt mer komplicerade.

För beräkning av specifika värmekapaciteten krävs alltså i första hand uppgifter om ingående komponenters densitet, volymsandelar och värmekapacitet för resp komponent.

### 6.2.3 Sammanfattning

För beräkning av värmeförluster och lagringskapacitet krävs sammanfattningsvis uppgifter om geologiska mediers

värmeledningsförmåga	$\lambda$ (stationärt tillstånd)
temperaturledningsförmåga	$\kappa$ (icke stationärt tillstånd)
specifik värmekapacitet	$c$
porositet	$n$
densitet	$\rho$
vattenmättnadsgrad	$w$

Dessutom behövs uppgifter om markytans medeltemperatur och årliga temperaturvariationer.

Storleken på ovanstående parametrar kan erhållas genom mätningar, provtagningar, i vissa fall genom teoretiska beräkningar och erfarenhetsvärden från litteraturen.

### 6.3 Lagring av värme i geologiska media och värmeförluster från marklager

Tre huvudprinciper kan urskiljas för lagring av värme i geologiska media:

- Lagring i bassänger eller utsprängda berggrum
- Lagring i ett por- eller spricksystem i en akvifer
- Lagring i jordarter med slutna cirkulationssystem

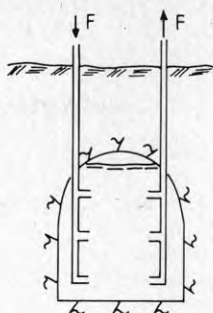


Fig. 12 Värmelagring i bergrum (Gustafson 1979)

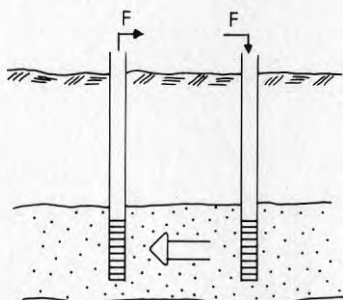


Fig 13. Energilagring i akviferer, (Gustafson 1979)

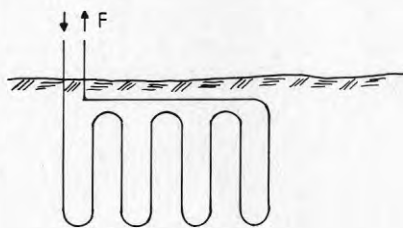


Fig. 14 Energilagring med slutna rörsystem (Gustafson 1979)

Lagrets kapacitet beror på värmekapaciteten hos lagringsmediet. För ett hålrum, där man lagrar uppvärmt vatten kommer dess värmekapacitet och hålrummets volym att vara styrande. I ett poröst medium påverkar både vattnets och mediets egenskaper lagringskapaciteten. I det senare fallet kommer lagringsvolymen att bero på hur man hydrauliskt kan behärska området i det fall inte slutna cirkulationssystem och värmeväxling används för inlagring och uttag.

I ett bergrum finns mycket goda möjligheter att kontrollera förhållandena inom rummet. Värmeförlusterna beror på rummets volym, men kan minskas genom isolering i de fall detta är ekonomiskt möjligt. Värmeförlusterna genom grundvattnet kan kontrolleras väl om områdets geohydrologi är känd och kan minskas genom tätning av vattenförande sprickor.

Energilagring i en akvifer är ett direktlagringssystem, där värmebäraren, vattnet, lagras i det geologiska mediets por- och/eller spricksystem. Lagringssättet förutsätter dels en lämplig akvifer med hög porositet och tillräcklig volym, dels att in- och uttagningen sker med någon form av brunnar.

Om en akvifer utnyttjas som lagringsmedium blir lagringsprocessen till stora delar ett geohydrologiskt problem. Akviferens hydrauliska egenskaper måste analyseras och en tillförlitlig hydraulisk modell måste ställas upp för att göra det möjligt att prognosticera hur uppvärmt vatten skall vara möjligt att lagra och åter utvinna.

I ett värmelager i jord med slutna rörsystem sker lagringen genom värmeväxling från en sluten rörslinga i mark. Genom detta förfarande kringgår man problemen med att kontrollera energibärarens, vattnets, spridning i marklagren. Systemet medför emellertid att man i stället för att utnyttja markens transportförmåga måste gräva, trycka eller borra ner ett omfattande cirkulationssystem. I finkorniga jordarter, t ex lera, är detta både möjligt och enkelt att utföra. Det är dock inte utrett hur en temperaturförhöjning påverkar lerans hållfasthet och kemiska egenskaper.

Värmeförlusterna från ett marklager beror på lagervolymen. Vidare har jordens eller bergets värmeledningsförmåga och lagervolymens värmekapacitet avgörande betydelse. Värmeförlusterna är proportionella mot temperaturhöjningen och den omgivande formationens värmekonduktivitet. De principiella samband som styr värmeförluster från marklager redovisas av VIAK 1979, "Energilagring i jord och berg". En sammanvägning av värmeförluster och lagringssätt gav följande slutsatser beträffande lagringssättet:

- |                        |   |
|------------------------|---|
| Små värmebehov:        | Värmepump och utnyttjande av värmeflödet i urberg<br>Ytjordvärme                                      |
| Medelstora värmebehov: | Lågtemperaturlager i lera eller akviferer i kombination med värmepump<br>Isolerade tankar och bergrum |
| Stora värmebehov:      | Högtemperaturlager i berg eller akviferer<br>Lågtemperaturlager i akviferer                           |

Se även figur 15.

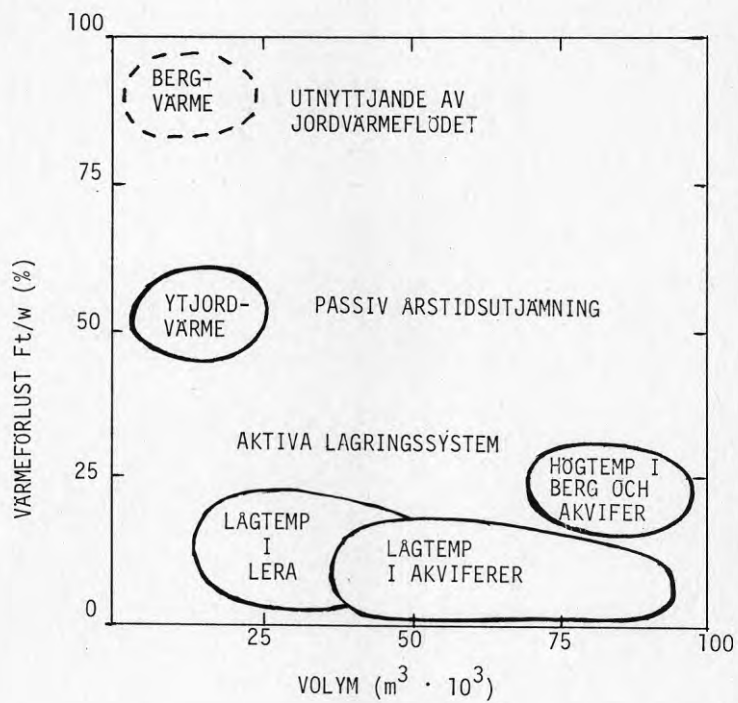


Fig. 15. Lämpliga lagringssystem vid olika lagringsvolymmer (Gustafson 1979)

## 7 ENERGIGELOGISKA KARTOR

### 7.1 Användningsområden - struktur

Energigeologiska kartor förväntas kunna användas för planering, ekonomiska bedömningar, dimensionering och projektering m m, figur 16.

Med hjälp av befintliga basdata framställs grundkartor och parameterkartor. Med utgångspunkt från dessa kartor framställs utvärderande kartor för planering på olika nivåer inom samhället. Grundkartor och parameterkartor utgör även ett underlag för kvantifiering, ekonomiska bedömningar, värmeförlustberäkningar, dimensionering av energisystem, värmelager, projektering etc.

För planeringsändamål bör enkla utvärderade kartor för energilagring och energiutvinning vara lämpliga. På dessa kartor sammanställs och viktas olika faktorer för att ge en översiktlig bild över potentiella områden för energilagring resp energiutvinning.

Dessa utvärderande kartor bör vara lättolkade och kunna användas inom kommunal planering av personer med begränsade kunskaper i geologi och energiteknik. Utvärderande kartor kan variera till formen. Exempelvis kan man redovisa:

- Områden med goda, mindre goda eller dåliga förutsättningar för visst lagringssätt.
- Områden med goda, mindre goda eller dåliga förutsättningar för visst energisystem.
- Områden med förutsättningar för geotermisk energiutvinning.
- Områden lämpliga för lagring av energiråvaror.
- Goda akviferer.

Eftersom faktorernas betydelse varierar med typ av energisystem, bör varje faktor vid behov kunna redovisas separat på basdata- eller parameterkartor. Med parameterkartor avses här kartor där en eller flera specifika parametrar redovisas, t ex värmeledningsförmåga, specifik värmekapacitet, grundvattentemperatur, transmissivitet etc. Parameterkartor kan behövas för vissa ändamål, eller inom speciellt område, för såväl översiktlig planering som underlag vid systemdiskussioner.

### 7.2 Allmänna riktlinjer för genomförande av energigeologisk kartering, kravspecifikationer och ambitionsnivå

Urvalet av de faktorer som kan tänkas ha betydelse för den energigeologiska kartläggningen har gjorts genom kontakter med forskare samt på basis av litteraturstudier. De framtagna faktorerna måste sammanställas. Efter företagna pilotstudier och energigeologisk försökskartering görs en värdering och bedömning av vilka faktorer som bör redovisas. Dessutom ges rekommendationer för faktorernas tillämpning i framtida energigeologiska karteringar.



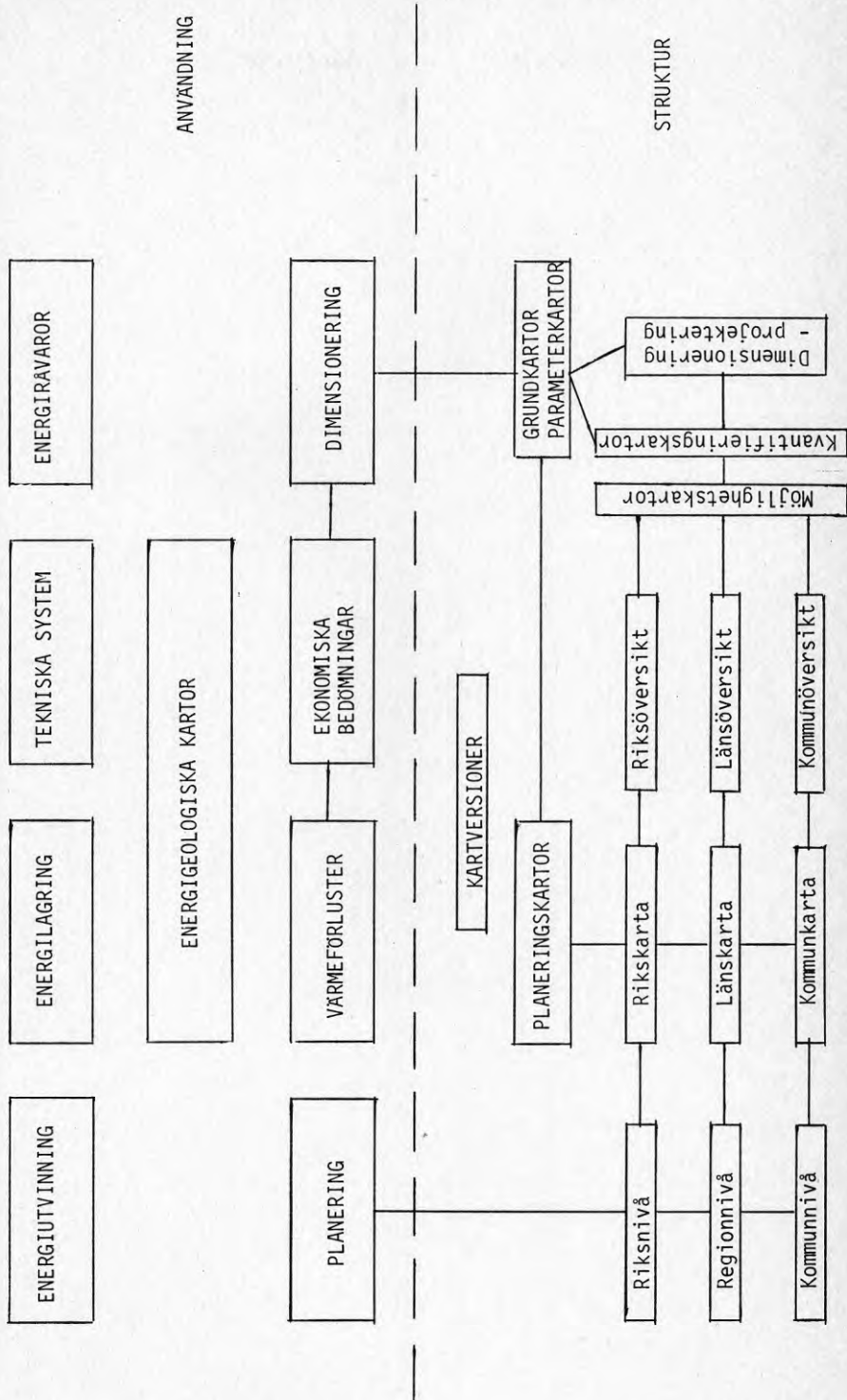


Fig. 16 Energi-geologiska kartor, användningsområden och kartversioner.



Ambitionsnivån vid energigeologisk kartering är främst beroende av följande:

- 1) Kartskala
- 2) Tidsramar
- 3) Ekonomi

Den tidsram som har diskuterats för framtagning av Sverigekartan är 2 år. Denna korta tid medger ej omfattande fältarbeten utan data om de faktorer och parametrar som skall beaktas vid kartframställningen får främst tas från olika arkiv och andra källor.

För framställning av länskartorna krävs i regel mera omfattande fältstudier för att uppnå den erforderliga höga detaljnoggrannheten. Denna verksamhet förutsätter även tillgång till laboratorieutrustning och personal för parameterbestämningar.

Testkartering och pilotstudier bör kunna ge svar på vilka personella och ekonomiska resurser som kommer att krävas för att genomföra en energigeologisk kartläggning av två län per år.

Kommunala energigeologiska kartor förväntas kunna framställas efter genomförd testkartering och pilotstudier. Här kan nämnas att VIAK redan idag kommit i kontakt med kommuner som ansett det angeläget att belysa energigeologiska faktorer i samband med inventeringar för marköversikter. Det bör dock betonas att de ekonomiska resurserna i många fall kan vara begränsade. Det synes därför angeläget att utarbeta ett program för stegvisa insatser vad gäller energigeologiska kartor. En samordning med övrigt planarbete bör dessutom eftersträvas där rätt inventeringsinsats görs vid rätt planeringstillfälle. Detta innebär att en översiktlig energigeologisk kartering bör samordnas med övriga översiktliga inventeringar i ett tidigt planskede. I ett senare planskede fördjupas undersökningarna och inriktas mot utvalda delområden eller objekt. Kostnaden ökar givetvis när fältarbeten, t ex undersökningsborrningar, mätning av termiska parametrar etc påbörjas.

Testkartering och pilotstudier förväntas ge en uppfattning om kostnaden för att framställa dels översiktliga dels detaljerade kommunala energigeologiska kartor.

### 7.3 Kartskalor

Rekommenderade energigeologiska kartskalor:

Rikskarta	1:1 milj
Länskartor	1:250 000
Kommunkartor	1:50 000 - 1:2 000

Kartskalorna för kommunala energigeologiska kartor anpassas till övrig kommunal planering och behov.

Hur detaljerade kan kartorna vara - exempel

Kartskala	Objektredovisning karta	Verklig storlek
1:1 milj	1 x 1 mm	1000 x 1000 m
1:250 000	1 x 1 mm	250 x 250 m
1:50 000	1 x 1 mm	50 x 50 m
1:4 000	1 x 1 mm	4 x 4 m

#### 7.4 Förslag till arbetsgång för framställning av energi-geologiska kartor

Ett förslag till arbetsgång för framställning av energi-geologiska kartor redovisas i Figur 17 (riks- och länskartor) resp Figur 18 (kommunkartor).

#### 7.5 Faktorer och parametrar för energigeologiska kartor

För närvarande sker en forcerad satsning på alternativa energisystem, t ex solvärmesystem, jordvärmesystem, geotermiska system samt energiutvinning och lagring i jord och berg. För en målmedveten och långsiktig planering av dessa system, ekonomiska bedömningar och som ett första underlag för dimensionering krävs information och redovisning av en rad geoparametrar, i vissa fall även information om andra faktorer och parametrar. De olika energilagring- och energiutvinningssystemens principer och utformning bestämmer i hög grad vilka faktorer och parametrar som skall ingå i den energigeologiska kartbilden. En viss parameter kan ha positiv effekt för ett system medan effekten kan vara negativ för ett annat system. Exempelvis bör bergets permeabilitet vara låg vid varmvattenlagring i bergrum medan den bör vara hög vid värmeuttag från bergborrade brunnar via värmepump.

##### 7.5.1 Exempel på ingående faktorer och parametrar

Nedan följer en förteckning över parametrar och faktorer som förväntas ha betydelse vid energigeologisk kartering.

##### Geologiska faktorer och parametrar

bergarter

jordarter

strukturer och tektonik

utbredning i markytan

lagerföljder

    jordarter/sedimentär berggrund

    mekanisk sammansättning

    mäktigheter och djuplägen

Insamling av befintlig data

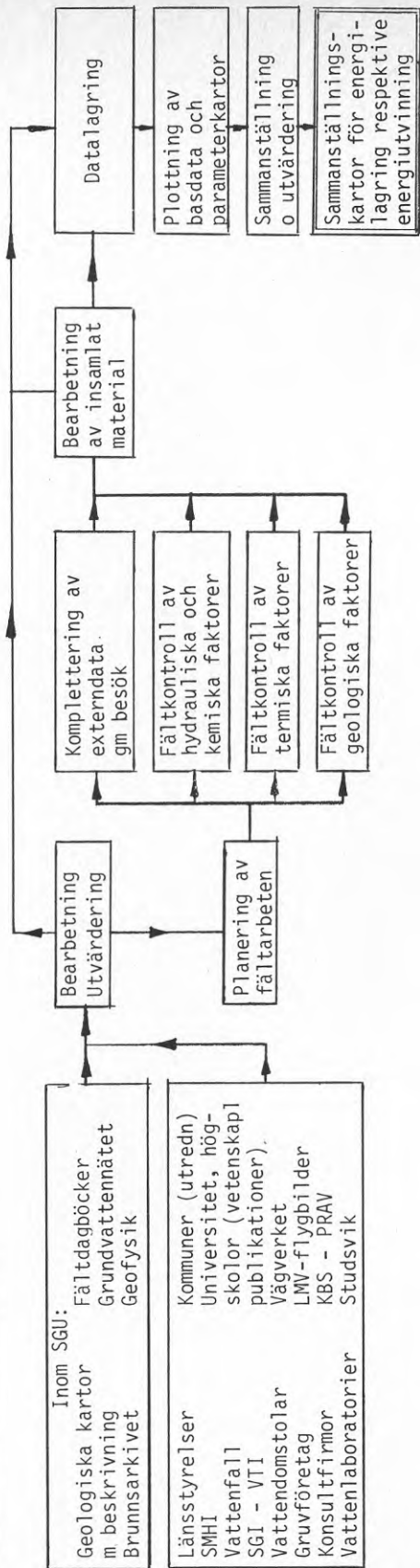


Fig. 17. Energi-geologisk kartframställning, arbetsgång för riks- och länskartor.

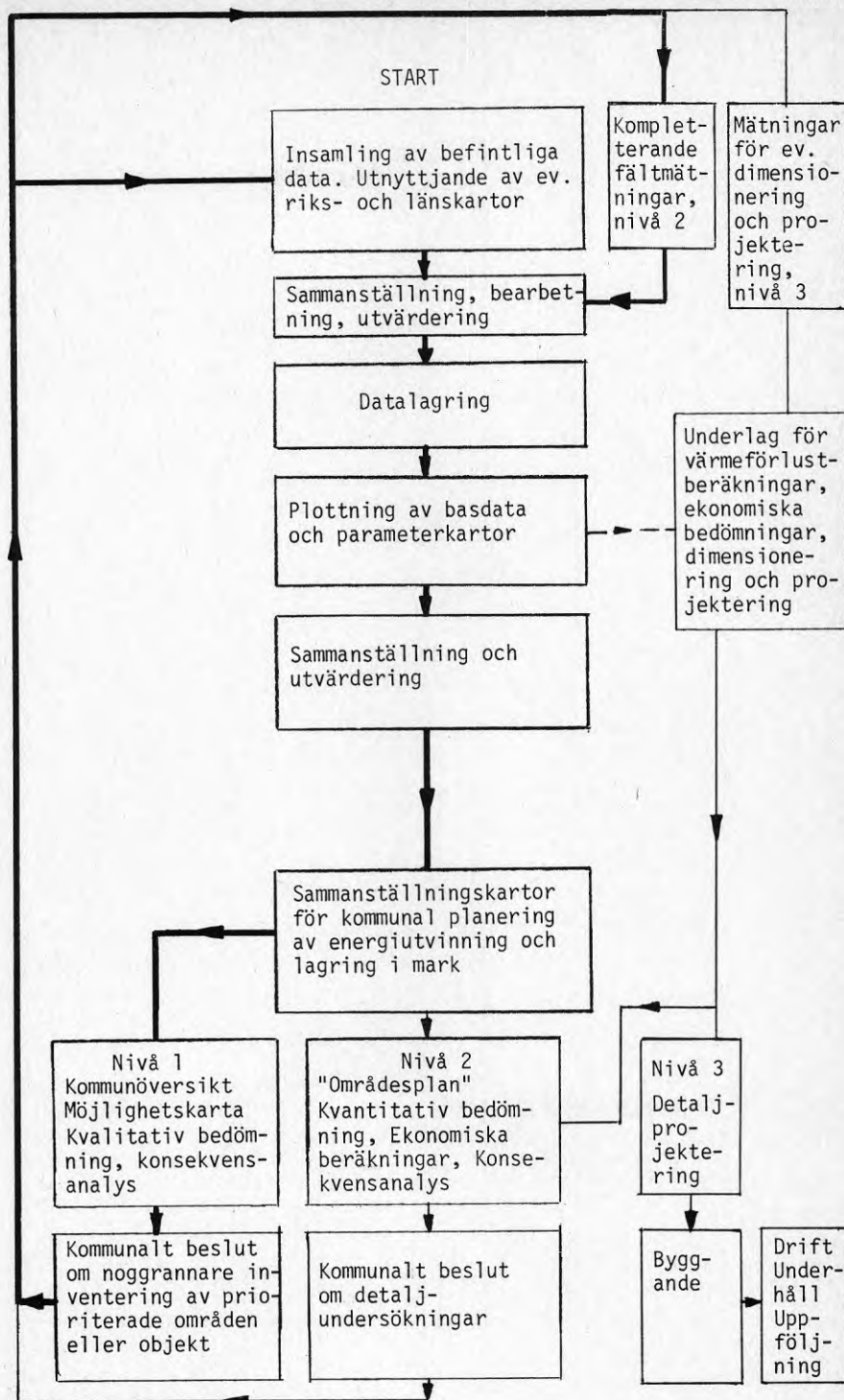


Fig. 18. Energiegeologisk kartframställning, kommunkartor.

Hydrauliska faktorer och parametrar

permeabilitet - grundvattenkapacitet  
 grundvattenbildning  
 årstidsvariationer  
 uttagbara vattenmängder  
 strömningsbild; gradienter, strömningsriktningar, hydrauliska gränser

Termiska parametrar

marktemperatur, årsmedelvärde  
 årliga temperaturvariationer  
 temperaturgradienter i jordlagren och berggrunden  
 värmekonduktivitet  
 värmekapacitet  
 värmediffusivitet  
 värmeproduktion; U, Th och K

Faktorer för berggrunden (kristallin och sedimentär)

sprickighet; frekvens, orientering  
 större sprick- och krosszoner  
 förekomst av övergivna gruvor, bergrum etc  
 lämplighet för anläggning av bergrum för vattenmagasinering

Faktorer och parametrar för jordlagren och den sedimentära berggrunden

-----  
 mäktigheten av avlagringen och av den vattenförande zonen  
 omättade zonens mäktighet och vattenhalt  
 akvifer- och "cap rock"-egenskaper; effektiva porositeten,  
 permeabiliteten och dess vertikala variation, transmissivitet,  
 magasinskoefficient

Kemiska faktorer och parametrar

bergartskemi; löslighet och vittringsbenägenhet  
 grundvattenkemi; salinitet, järnhalt, pH etc

Geotekniska faktorer

sättningsproblem i samband med energilagring/utvinning  
 sprickbenägenhet i berget vid snabba temperaturväxlingar  
 kompaktion  
 schaktbarhet

Förutsättningar för energiutvinning och lagring av energi i marken styrs i hög grad av de geologiska förhållandena. Redovisning av de geologiska förhållandena och tillgängliga parametrar beror i hög grad på hur väl den geologiska formationen tidigare har undersökts. I vissa fall kan kanske endast läge, utbredning i markytan och typ av avlagring anges, i andra fall även lagerföljder, mäktigheter, strukturer m m.

Termiska och hydrauliska parametrar har avgörande betydelse vid bedömning av värmeförlustberäkningar, lagringskapacitet m m och är därmed viktiga för att bedöma om energisystemet eller lagringssättet är ekonomiskt lönsamt och realiserbart.

Kemiska förhållanden har betydelse vid bedömning av drift, funktion och underhåll av i systemen ingående komponenter samt även påverkan på värmelagret, främst kemisk lösning och utlakning.

Geotekniska data har betydelse vid analys av främst sättningsrisker i samband med energilagring i markackumulatorer som lokaliserar till sättningsbenägna jordarter. Geotekniska data har även betydelse vid bedömning av sprickbenägenhet och stabilitet i berggrunden vid temperaturväxlingar i värmelager, t ex bergrum samt schaktbarhet och stabilitet vid anläggande av rörsystem och byggnader i marken.

#### 7.5.2 Exempel på faktorer och parametrar för visst utvinnings- eller lagringssystem

Olika tekniska system för utnyttjande av jordvärme eller lagring av energi medför varierande informationskrav. Nedan redovisas några exempel på vilken typ av geoinformation som behövs för att bedöma möjligheten till energiutvinning och lagring vid några olika utvinnings- och lagringssystem.

- $\lambda$  = värmeledningsförmåga
- $c$  = specifik värmekapacitet
- $n$  = porositet
- $K$  = permeabilitet
- $T$  = transmissivitet
- $S$  = magasinskoefficient
- $f_c$  = infiltrationskapacitet

#### Slutna jordvärmesystem

Värmepump - horisontella slangsystem

- Jordart < 2 m
- Skrymdensitet
- Fukthalt (markvattenförhållanden)
- Grundvattennivå
- Parametrar:  $\lambda, c$



### Värmepump - vertikala slang-rörsystem

Jordart  
 Lagerföljd, jorddjup  
 Skrymdensitet  
 Fukthalt  
 Grundvattenförhållanden  
 Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $n$

I samband med slutna jordvärmesystem kan även grundvatten utnyttjas direkt eller för laddning och återställande av markackumulatorm. Kunskap om de hydrogeologiska förhållandena är därvid viktig, bl a grundvattenströmning, nivåer, temperaturer, infiltration m m samt parametrarna  $K$ ,  $T$ ,  $S$ .

### Direkt grundvattenutnyttjande (värmepump - fjärrvärme)

#### Kristallin sprickakvifer

Bergart  
 Tektonik  
 Geokemiska förhållanden (grundvattenkemi)  
 Hydrogeologiska förhållanden regionala, lokala  
 Temperatur  
 Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $S$

#### Akvifer i sedimentära formationer

Akvifertyp  
 Formation  
 Lagerföljd  
 Tektonik  
 Hydrogeologiska förhållanden regionala, lokala  
 Geokemiska förhållanden (grundvattenkemi)  
 Temperatur  
 Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $n$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $S$

## Akviferer i jordlager

Akvifertyp

Jordarter

Lagerföljd

Hydrogeologiska förhållanden inkl

Infiltrationsmöjligheter

Ytvatten lämpligt för infiltration

Förbindelse akvifer - ytvatten

Grundvattenkemi

Temperatur

Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $n$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $S$ ,  $f_c$ Lagringsätt

Bassäng - sjö

Läge

Volym  $x$   $y$   $z$ 

Omgivande jordarter - bergarter

Tillrinning, avrinning, infiltration

Topografiska förhållanden

## Dagbrott - bergrum - tunnel

Läge

Volym  $x$   $y$   $z$ Djup  $u$   $m_y$ 

Bergarter

Tektonik

Temperaturer

Hydrogeologiska förhållanden

Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $S$ 

## Por- eller sprickakviferer

Akvifertyp öppen - sluten

Jord- och bergart

Hydrogeologiska förhållanden

Grundvattenkemi

Tektonik

Temperatur

Lagerföljd

Parametrar:  $\lambda$ ,  $c$ ,  $K$ ,  $T$ ,  $S$ ,  $n$

Jordlager - markackumulator

Se slutna jordvärmesystem

#### 7.6 Den energigeologiska rikskartan i skala 1:1 milj

Den energigeologiska riksöversiktskartan (Sverigekartan) föreslås bli utförd i skala 1:1 milj. En större skala, 1:250 000, kan tänkas lämplig för redovisning av områden med speciellt intressanta energigeologiska förhållanden som exempelvis Skånes sedimentära berggrund.

Skalan 1:1 milj sammanfaller med förekommande geologiska sammanställningskartor över Sverige vilka skall ligga till grund som baskartor vid den energigeologiska översiktskarteringen.

Sverigekartan föreslås få en sådan utformning att den kan tjäna som en lättolkad riksöversikt, som kan utnyttjas av avnämare med begränsade kunskaper i geologi och energiteknik. Kartan bör ge en översiktlig bild av jordlagrens, den sedimentära och kristallina berggrundens utbredning indelad i huvudgrupper med hänsyn till deras intresse ur energisynpunkt. Kartan bör åtföljas av en förteckning över redovisade energigeologiska objekt. Ett huvudsyfte med kartan är att visa vilka regioner eller områden som är intressanta ur energisynpunkt och därför bör prioriteras vid den mera detaljerade kartläggningen.

Den tidsram som har diskuterats av SGU och VIAK för framställning av den energigeologiska rikskartan är, som ovan nämnts, två år. En tidsram på två år kommer inte att medge omfattande fältarbeten utan kartan får baseras i huvudsak på faktor- och parameterdokumentation, tillgänglig i olika arkiv och andra källor.

Det mesta materialet för kartkompilationen torde finnas tillgängligt i SGU:s och andra geodataarkiv. Vissa kompletterande fältstudier bedöms dock erforderliga, omfattande bl a provtagning för dokumentation av termiska, kemiska och hydrauliska parametrar. Detta arbete bedöms kräva minst 2 fältsäsonger, varför den preliminära tidsramen (2 år) möjligen är något knappt tilltagen.

### 7.6.1 Kartinnehåll

Här nedan ges en komprimerad sammanställning av den information som den energigeologiska Sverigekartan bör ge.

#### Jordlager

A) Avlagringar lämpade för lagring eller utvinning av energi. Följande grupper kan särskiljas:

- 1) Sand- och/eller grusavlagringar (huvudsakligen isälvsavlagringar) lämpade för lagring eller uttag av grundvatten. Tre undergrupper kan redovisas.
  - a) Stora (ytmässigt) och mäktiga avlagringar med goda uttagsmöjligheter för grundvatten.
  - b) Mindre eller grundare avlagringar
  - c) Förmodade eller dåligt kända avlagringar
- 2) Områden med sedimentär lera och/eller silt. Ytor av samma storlek som de som redovisats på Ba 17 (Lundqvist 1958) bör kunna redovisas.

Tre undergrupper kan redovisas.

  - a) Områden med mäktighet  $\geq 20$  m.
  - b) Områden med mäktighet  $\leq 20$  m.
  - c) Områden med dåligt kända (eller i vissa fall förmodade) avlagringar.
- 3) Torvmarker om 50 ha och med en mäktighet  $> 3$  m.

B) Punktuppgifter om representativa mäktigheter av objekten 1, 2 och 3.

C) Isolinjer för grundvattentemperatur i jord på 5-10 m djup.

Information A och B lämnas på kartan i skala 1:1 milj. C kan redovisas på en separat karta i A4-format. Även avlagringar belägna i sjöar och kustvatten bör i möjligaste mån redovisas. Dessa objekt kommer huvudsakligen att tillhöra grupperna 1c och 2c.

### Sedimentär berggrund

A) Avlagringar lämpade för lagring eller utvinning av energi. Följande grupper kan urskiljas:

1) Grovklastiska bergarter

- a) Sandstens- och konglomeratavlagringar på ringa djup med stor regional utbredning, vilka bildar betydande akviferer med stora grundvattentillgångar och goda uttagsmöjligheter. Lämpliga för lagring och uttag av värme.
- b) Dito på större djup. Lämpliga för utvinning av geotermisk energi, akviferlagring av naturgas och kolväteprospektering.
- c) Sandstens- och konglomeratavlagringar på ringa djup som pga strukturgeologiska, sedimentologiska eller andra faktorer bildar mindre akviferer. Lämpliga för begränsad värmelagring och måttliga grundvattenuttag.
- d) Dito på större djup. Lämpliga för utvinning av geotermisk energi och för lagring av naturgas.

2) Finklastiska bergarter

- a) Siltstenar, siltiga skiffrar, lerstenar och lerskiffrar i ytligt läge. Lämpliga för ytjordvärmsystem och under vissa betingelser för bergrumsanläggningar.
- b) Dito på större djup. Ofta goda "cap-rock"-egenskaper och därför viktiga vid lagring av naturgas och prospektering efter kolväten i underliggande porösa och permeabla formationer.

3) Karbonatbergarter (kalkstenar)

- 3.1 Kalkareniter (porösa och permeabla kalkstenar).  
Se 1 a-d.
- 3.2 Kalcilutiter (täta och impermeabla kalkstenar).  
Se 2 a-b.

4) Alunskiffer. Egenskaper som finklastiska sedimentbergarter. Dessutom intressant som energiråvara.

5) Kol. I ytligt läge och på större, dock måttligt, djup intressant som energiråvara.

B) Punktuppgifter och representativa mäktigheter samt djuplägen för objekten enligt ovan redovisas på kartan.

Mera detaljerade data om individuella objekt kan redovisas på separata kartor i anslutning till objektbeskrivningen.

### Berggrunden, generellt (kristallin och sedimentär)

- A) De geologiska faktorerna och parametrarna utgör basdata för den energigeologiska kartan (se under 7.5).
- B) De termiska faktorerna för bergarter med stor regional utbredning tas från tabellverk, mineralanalyser och kompletterande fältmätningar. Detta bör kunna resultera i en karta med en grov uppskattning av de termiska faktorernas variation.
- C) Geotermiska och kemiska faktorer bör främst tas med i beskrivningen till kartan.

### 7.7 Länskartor i skala 1:250 000

Den energigeologiska länsöversikten i skala 1:250·000, följande samma skala som användes vid de länsinventeringar som genomfördes 1970-1972 inom ramen för den fysiska riksplaneringen, bör ge samma information som Sverigekartan, men med större detaljnoggrannhet. Skalan sammanfaller även med en av de skalor som SGU utnyttjar vid sin hydrogeologiska länskartläggning.

#### 7.7.1 Kartinnehåll

##### Jordlager

Samma information som ges i sammanställningen för rikskartan, men med större detaljnoggrannhet.

Uppgifter om medelgrundvattentemperaturer och årstidsvariation hos temperaturen på olika djup i de skilda akvifertyperna lämnas i form av isolinjer och diagram.

##### Sedimentär och kristallin berggrund

Samma information som ges för rikskartan, sedimentär berggrund och berggrunden generellt, men med större detaljnoggrannhet.

Följande tillägg kan göras:

- A) Geologiska\* basdata från olika län har varierande kvalitet och detaljrikedom, främst beroende på tillgången till moderna geologiska kartor. Eftersom dessa basdata används vid kartering och sammanställning av hydrauliska och termiska faktorer, kan den energigeologiska karteringen försvåras i de län där endast äldre geologiskt kartunderlag finns.
- B) För bestämning av termiska parametrar och faktorer vid läns-karteringen måste dessa i större grad än för Sverigekartan beräknas vid fältmätningar ("in situ") samt med kompletterande laboriemätningar på bergprover.
- C) Uppgifter om de hydrauliska parametrarna tas främst från den hydrogeologiska kartläggningen.
- D) Geotekniska och kemiska faktorer bör främst tas med i beskrivningen till kartan.



## 7.8 Energigeologiska kommunkartor 1:50 000 - 1:2 000

Ett förslag till energigeologiska kartor, riksöversikter och länskartor, skall enligt planerna utarbetas av SGU. Kartorna förväntas ge information om möjligheterna till energiutvinning och lagring i berg och jord. Länskartorna bedöms också ge underlag för energiplanering på regionnivå. Det är angeläget att dessa kartor tas fram snabbt för att kunna utgöra ett underlag och komplement till kommunala energigeologiska kartor.

### Kommunala energigeologiska kartor på olika planeringsnivåer

Framtagandet av översiktliga kommunala energigeologiska kartor bör ske samtidigt som övrig översiktlig planering och inventering sker inom kommunen, t ex vid en marköversikt. Den energigeologiska kartan bör på denna planeringsnivå ses som en möjlighetskarta och ge en grov bild av förutsättningarna för energilagring och utvinning. Målet bör vara att göra en relativt begränsad inventeringsinsats med hjälp av tillgänglig information och eventuellt tillgänglig rikskarta och länskartor. Vid en högre planeringsnivå genomförs en mer probleminriktad analys. Arbetet sker med utgångspunkt från "möjlighetskartan" och bör innefatta en viss kvantifiering av olika alternativ. Eftersom det energigeologiska kartsystemet avses att datoranpassas både vad gäller lagring av data och datapresentation kan en ändring av kartskala och komplettering av nya faktorer och parametrar göras enkelt.

De energigeologiska kartorna skall alltså ses som ett system som successivt kan byggas ut och skalanpassas till kommunala behov och önskemål. Det kommer även att bli enkelt att komplettera de energigeologiska kartorna med annan information. Fördelen med denna uppdelning är att framtagandet av kommunala energigeologiska kartor för planeringsändamål kan samordnas med övrigt planarbete på olika planeringsnivåer. Med denna stegvisa uppdelning förhindras att för stora och omfattande inventeringar görs inom områden som ej är intressanta att utnyttja av olika skäl. Därmed kan även kostnaderna hållas nere och befintliga resurser styras mot speciellt utvalda områden som sammanfaller med kommunens intentioner och löpande planering.

### Kartskalor - förslag

Nivå 1, Kommunöversikt

Översiktlig redovisning i skala 1:50 000 - 1:20 000

Kartskalan anpassas till den kartskala som används inom kommunen för översiktlig planering. Skalan 1:50 000 sammanfaller med topografiska kartan, geologiska och hydrogeologiska kartor samt vanligen också med kartskalor som används inom kommunen för t ex marköversikter.

Skalan 1:20 000 sammanfaller med de förminskade ekonomiska kartor som framställs för planeringsändamål på t ex länsstyrelser och kommuner.

Kartor i denna skala bör ses som "möjlighetskartor" och medge en kvantitativ bedömning och riktlinjer för fortsatt planering.

## Nivå 2, Områdesplaner

Redovisning i skala 1:20 000 - 1:2 000

Större kartskalor används för planering av delområden inom kommunen. Kartskalan varierar beroende på delområdets storlek och mellan olika kommuner. Kartor i dessa skalor bör medge en viss kvantifiering och konsekvensbedömning vad gäller olika alternativ. På denna nivå kan begränsade fältstudier vara aktuella att genomföra.

## Nivå 3, Byggnadsplan, Stadsplan

Detaljredovisning > 1:2 000

På denna nivå fastställs i detalj markanvändning, hustyper m m. På denna nivå bör information föreligga som medger dimensionering och projektering av lämpliga system. Undersökningar förutsätts ingå i ordinarie projekteringsarbete.

### Exempel på informationsmängd vid några olika kartskalor

För att täcka Göteborgs stad med kranskommunerna Kungälv, Lerum och Kungsbacka åtgår 4 kartblad i skalan 1:50 000 (50 x 50 cm). Väljer man att redovisa samma område i skala 1:20 000 åtgår 21 kartblad (50 x 50 cm). Om man väljer en redovisning i skala 1:10 000 åtgår 100 kartblad i samma storlek. Antalet kartblad och därmed också informationsmängd, arbetsinsats och kostnad ökar snabbt med ökande kartskala.

Sannolikt är en kombination av ovan redovisade kartskalor lämplig att använda. En översiktlig redovisning i skala 1:50 000 - 1:20 000 samt en detaljredovisning i större skala för angelägna delområden inom kommunen torde vara lämplig.

### 7.8.1 Kartinnehåll

Nedan redovisade förslag till kartinnehåll har begränsats. En mängd parametrar och faktorer kan läggas till förslaget. För att kartsystemet med fördel skall komma till användning torde det vara nödvändigt att till en början begränsa antalet parametrar och endast medtaga parametrar som har stor betydelse för energitvinning och lagring i mark. Systemet avses att successivt kunna byggas ut.

Föreliggande kartförslag är principiellt utformat på sådant sätt att en översiktlig redovisning nivå 1 skall kunna göras med befintliga data, fjärranalys samt den energigeologiska riks- och länskartan. På nivå 2 ökar detaljeringsgraden. Endast ett begränsat antal objekt antas detaljstuderas. I detta skede förutsätts fältinsatser vara nödvändiga.

Geologiska faktorer - jordlager

- A) Avlagringar lämpade för lagring eller utvinning av energi.
- 1) Sand- och grusavlagringar (isälvsavlagringar) lämpade för lagring eller uttag av grundvatten.
    - a) Stora mäktiga avlagringar med goda uttagsmöjligheter för grundvatten.
    - b) Avlagringar i kontakt med ytvatten
    - c) Mindre eller grundare avlagringar
    - d) Förmodade eller dåligt kända avlagringar
  - 2) Övriga avlagringar med vissa möjligheter till energilagring eller uttag av grundvatten (morän, svallavlagringar, grövre svämsediment).
  - 3) Kohesionsjordarter (lera, silt) lämpliga för horisontella och vertikala yttjordvärmsystem.
    1. Områden med mäktigheten > 10 m
    2. Områden med mäktigheten < 10 m
    3. Dåligt kända eller förmodade avlagringar
  - 4) Torvmarker > 25 ha
- B) Mäktighetsuppgifter för 1-4
- C) Lagerföljder inom respektive grupp
- D) Kornstorleksanalyser för 1-4

Geologiska faktorer - sedimentär berggrund

Avlagringar lämpliga för lagring eller utvinning av energi.

Samma information som anges för riks- och länskartan men med större detaljnoggrannhet.

Geologiska faktorer - kristallin berggrund

- A) Bergart (mineralogisk sammansättning)
- B) Strukturer lämpade för lagring eller utvinning av energi
- 1) Större svaghetszoner (överskjutningszoner - förkastningar)
  - 2) Sprickmönster, sprickighet (orientering, frekvens)
  - 3) Bergartskontakter
  - 4) Sprickfattiga bergplintar
- C) Läge, förekomst av dagbrott, gruvor, bergrum, tunnlar etc

### Termiska faktorer

Faktorer som är viktiga för beräkning av lagringskapacitet, värmeförlustberäkningar m m

- 1) Specifik värmekapacitet
- 2) Värmeledningsförmåga (temperaturledningsförmåga)

Vid en översiktlig bedömning kan regionala värden för riks- och länskartor användas. Dessutom kan teoretiska beräkningar göras från tillgängliga jordprov- och bergartsanalyser, se kap. 6. Fältmätningar bedöms vara aktuella först på nivå 2.

- 3) Marktemperatur, årsmedelvärde
- 4) Årliga temperaturvariationer

Uppgifter för 3 och 4 kan erhållas från sammanställningar av klimatdata (SMHI)

- 5) Grundvattentemperatur

En rikskarta finns redan. Den kan kompletteras med lokala uppgifter.

- 6) Temperaturgradient

- 7) Värmeproduktion

Uppgifter på 5 och 6 är endast intressanta inom begränsade områden. I första hand bör information hämtas från riks- och länskartor.

### Hydrauliska faktorer

Uppgifter för att bestämma möjligheterna att lagra och utvinna vatten.

- 1) Permeabilitet - transmissivitet

Från befintliga kornstorlekskurvor kan överslagsberäkningar göras. Genom korrelationer mellan kornstorleksfördelning från prov som tagits vid undersökningsborrning och provpumpningsdata bör säkrare prognoser kunna göras.

- 2) Kapacitet för befintliga brunnar och vattentäkter.

Vid översiktliga bedömningar bör i första hand tillgänglig information utnyttjas t ex utförda provpumpningar, uppgifter över kommunala och industriella vattenuttag, Vatten- och Avloppsföreningens statistik (VAV S69, VAV S77) och SNV sammanställningar.

På nivå 2 kan det vara aktuellt att utföra undersökningsborrningar, provpumpningar, magasinanalys m m. Provpumpningar kan många gånger utföras i befintliga brunnar.

- 3) Grundvattennivåer, gradienter, strömningsriktningar samt hydrauliska gränser.

Vid översiktliga bedömningar bör tillgängliga uppgifter utnyttjas. Om brunnar och observationsrör saknas, kan en översiktlig bedömning göras från befintliga geologiska och topografiska data.

På nivå 2 bedöms brunnsinventering i befintliga brunnar, borrhål etc behöva göras. I många fall kan kompletterande undersökningsborrningar vara nödvändigt.

- 4) Magasinskoefficient.

Värden på magasinskoefficienten och transmissiviteten erhålls vid utvärdering av provpumpningar, s k akviferanalys. Vid översiktliga bedömningar kan erfarenhetsvärden användas.

- 5) Infiltrationskapacitet, grundvattenbildning.

Översiktliga bedömningar kan göras med hjälp av klimatdata och den aktuella geologin.

På nivå 2 kan fältundersökningar utföras genom t ex gropinfiltration eller infiltration i spadborrhål.

#### Kemiska faktorer

I ett översiktligt skede kan bedömningar göras från befintliga vattenanalyser, autoklavförsök på olika bergartstyper och lokala erfarenheter.

På nivå 2 bedöms en viss provtagning vara nödvändig. Analyserna anpassas till varje objekt.

#### Geotekniska faktorer

I ett översiktligt skede kan bedömningar göras från geologiska basdata.

På nivå 2 anpassas parameterredovisningen beroende på det tekniska systemets utformning och lagringsätt.



## 8 DATAARKIV OCH ANDRA KÄLLOR

Befintliga geodata förekommer i text, bild och kartor. Vissa geodata förekommer i regionala och lokala dataregister. Information kan erhållas från en rad myndigheter och organisationer.

## 8.1 Offentliga arkiv och källor

Vid SMHI, lantbruksuniversitetet (Uthuna) och SGU (grundvatten-  
nätet) finns data om:

- 1) marktemperatur
- 2) temperaturvariationer

Vid de tekniska högskolorna (spec. CTH, KTH, LTH), SGU, gruv-  
företag, STU, finns uppgifter om:

- 3) temperaturgradienter
- 4) värmekonduktiviteten
- 5) värmekapaciteten
- 6) värmediffusiviteten

Vid CTH, Studsvik och SGU finns data om:

- 7) värmeproduktion

Vid SGU, högskolorna (spec. KTH), kommunerna m fl finns infor-  
mation om:

- 8) grundvattenkemin

På CTH finns data om mineralens och bergarternas löslighet och  
vittringsbenägenhet vid långvarig kontakt med hett vatten:

- 9) bergarters löslighet och vittringsbenägenhet

Vid SGU, konsultföretag, KBS samt PRAV:s hydrogeologiska under-  
sökningar och hos kommuner finns data om:

- 10) grundvattenkapacitet
- 11) permeabilitet

Från SGU:s, konsultbyråers och kommuners kartmaterial kan upp-  
gifter om sprickzoner och förkastningar hämtas. Sådana uppgif-  
ter kan även hämtas från flyg- och satellitbilder, flyg-  
elektriska (VLF) och flygmagnetiska kartor:

- 12) sprickzoner och andra tektoniska data

SGU:s jordarts- och berggrundskartor med beskrivningar har upp-  
gifter bl a om:

- 13) jordarter, utbredning, en del mäktighetsuppgifter
- 14) bergarter, utbredning, mäktighetsuppgifter rörande vissa  
sedimentbergarter
- 15) förskiffring



- 16) strukturgeologi
- 17) lagerföljder (i vissa fall)

Data om övergivna gruvor finns i en omfattande litteratur inklusive kartbladsbeskrivningar samt i gruvföretagens arkiv:

- 18) övergivna gruvor

## 8.2 Konfidentiella arkiv

En mycket omfattande geologisk och geofysisk dokumentation av stor vikt för energilagring och utvinning i anslutning till den sedimentära berggrunden finns hos Oljeprospektering AB (OPAB). Delar av denna dokumentation finns även hos NE, LTH, SGU, VIAK och Swedegas AB, som dock genom avtal med OPAB är förbundna att ej lämna ut OPAB-data till tredje man.

Det bedöms som utomordentligt viktigt att framställan görs att få tillgång till OPAB-data för den energigeologiska karteringen.

## 9 LAGRING OCH PRESENTATION AV DATA

För att snabbt kunna bearbeta och presentera data krävs att tillämpliga delar av materialet är datoranpassat för lagring på magnetband. Det skall vara möjligt att när som helst kunna presentera ett samlat material över ett område med exempelvis färgplottningsteknik. Utan datortekniken är det ej möjligt att kunna bearbeta och presentera energigeologiska kartor i den takt som föreslagits. Erfarenheten vid SGU:s brunnarkiv kan här vara till stor hjälp.

## 9.1 Lagring av data

SGU brunnarkivs databas synes vara väl lämpad för lagring av data i energigeologiska sammanhang för datorbaserad bearbetning. Det är i första hand knytningen till de geologiska förhållandena (systemet kan ta rätt avancerad geologisk information) och grundvattenuppgifterna som borde utnyttjas. Särskilt viktigt i detta sammanhang är påpekandet att systemet lätt kan byggas ut till upp emot 90 nya filer där speciell information kan lagras. Varje fil bör ha sådan identifikation att den kan knytas till de uppgifter som lagras samman med brunndata, var efter hela systemet kan utnyttjas.

Lagring av data och bearbetning kan ske för vilken kartskala som helst, dvs systemet kan utnyttjas för den kartmodell som för tillfället utarbetas.

När det gäller kommunala energigeologiska kartor föreligger flera möjligheter. Data kan dels lagras i databaser inom eller utom kommunens regi. Datalagring i kommunens regi bedöms dock enbart vara möjlig inom stora kommuner med egna datorsystem.

Datalagring och kartframställning utom kommunen kan lösas på flera olika sätt. Dels kan centrala register användas t ex SGU:s databas och datacentraler eller också kan konsultfirmornas datasystem användas. För närvarande produceras många olika karttyper med hjälp av datateknik. På VIAK används bl a systemet DIGIKART. För närvarande lagras också propumpningsdata, undersökningsborrningar, bergborrningar, siktanalyser m m på minidatorer. Färdiga program för utvärdering finns tillgängliga.

## 9.2 Utnyttjande av befintliga uppgifter i SGU:s brunnarkiv

I första hand hänvisas till det sätt på vilket uppgifterna utnyttjas av SGU vid den hydrogeologiska karteringen.

Beträffande Sverigekartan (skala 1:1 milj) synes brunnarkivets material främst kunna användas till att ge en översikt av bergarternas hydrauliska förhållanden (jfr internationella hydrogeologiska kartan över Europa, skala 1:1,5 milj). Medel- och medianvärden för olika bergartstypers kapacitet i brunnar (utgör ett mått på bergarters vattengivande förmåga liksom deras regionala variation ett grovt mått på sprickigheten, liksom på lagringsförmågan). Det bör observeras att nästan varje data-lagrad brunn är hänförd till bergartstyp både i grova sammandrag (Ba 16) och i finare indelningar där sådan finns i kart-

form (länskartor, 50 000-delskartor). I den mån bergartstyperna också kan ges termiska data synes möjligheterna för utvärderingar goda beträffande förutsättningar för värmelagring - värmeutvinning.

Beträffande förhållandena i jord synes det svårare att utnyttja brunnsarkivsmaterialet så rationellt som berggrundsuppgifterna. Brunnsarkivsdokumentationen ger i första hand uppgifter om jorddjup. Dessa måste kompletteras med annan information från kartor. Brunnsarkivet kan t ex inte areellt ange utbredningen av grusformationer. En koppling till "projektet grus och sand" är kanske viktig. En utökning av jordlageruppgifterna med en framsortering av "jorddjup överstigande 20 m" är troligen användbart.

Vattenuppgifter i jord är fåtaliga då uppskattningsvis endast 3-5 % arkiverade brunnsuppgifter rör jordbrunnar. Framförallt de kommunala vattentäkterna och uppgifter om dessa synes viktiga för en översikt av de större grundvattenmagasinen i jordlagren. (Jfr det tidigare omnämnda materialet i samband med "Grundvattentillgångar i Sverige"). Sammanställningar över kommunala och industriella vattenuttag har gjorts av SNV 1976 och VAV 1969, 1978.

Beträffande energigeologiska kartor i skala 1:250 000, 1:50 000 och större kan materialet principiellt användas på samma sätt som ovan beskrivits. Då relativt avancerad geologisk information kan lagras i databasen synes den vara väl användbar. Dock kan det ställas större krav på basmaterialet (mer detaljerad basinformation) än vad som karakteriserar brunnsuppgifter i allmänhet. Anmärkas bör dock att det finns uppgifter om väl beskrivna lagerföljder inte minst beträffande den sedimentära berggrunden, bl a i Skåne. En sammanfattande bedömning är att mängden tillgänglig värdefull information är stor och att det finns möjlighet att lagra avancerad geologisk dokumentation på ett för den energigeologiska karteringen ändamålsenligt sätt.

Beträffande kartor över enskilda faktorer och parametrar möter det inga hinder att framställa dessa med hjälp av datorteknik. Det rekommenderas att färgsprute- och perspektivplottnings-tekniker utnyttjas för deras framställning. Med datorteknik är den stora fördelen bl a den att dokumentationsunderlaget lätt kan revideras och kompletteras på basis av nya inkommande data, vilket medför att beställaren alltid kan få kartor baserade på ny, aktuell information.

### 9.3 Digitaliserade basdata

För närvarande finns tillgängliga system för digitalisering av ytor, punkter, linjer. Koordinaterna för de digitaliserade ytorna/punkterna/linjerna lagras och kodas. Objekt med samma egenskaper kan sedan upprättas automatiskt på plotterbord i valfri skala. På VIAC används systemet DIGIKART för varierande ändamål. Systemet avses att användas i samband med pilotstudierna.

## 10 PILOTSTUDIER

I programplaneringen har ingått förslag till områden för pilotstudier för testning av metodik och dokumentation. Dessa studier bedöms vara av avgörande betydelse för ett slutgiltigt program och rekommendationer för framtida energigeologiska karteringar.

Efter genomförda pilotstudier och provkartering bör bedömningar kunna göras beträffande de personella och ekonomiska resurser som en framtida energigeologisk kartering kommer att kräva.

## 10.1 Förslag till områden för pilotstudier och provkartering

Här nedan ges en förteckning över områden som ur energigeologisk och dokumentarisk synvinkel bedöms vara lämpliga för pilotstudier inklusive provkarteringar. Områdena har valts på sådant sätt att områden med både moderna och äldre geologiska kartor finns representerade. Försöksområdena har också valts så att varierande förutsättningar för energiutvinning och lagring i mark föreligger.

Rikskarta och länskarter

## A) Enköpingsområdet

Karakteristik: Stor ås, lerslätter, saltvatten, modernt kartmaterial.

Kartmaterial: Kbl 11 H Enköping SV, 1:50 000, rutorna 1e, 2e samt ev 3e. Jordartskartan Ae 28, berggrundskartan Af 118.

## B) Västerviksområdet

Karakteristik: Isälvsavlagringar, förorenat grundvatten, ny hydrogeologisk länskarta, men i ö gammalt geologiskt kartmaterial.

Kartmaterial: Kbl 7G Västervik SO, 1:50 000, delar av rutorna 1j och 0j. Kbl 7H Loftahammar SV, 1:50 000, del av rutan 0a samt Kbl 6H Kråkelund NV, 1:50 000, del av ruta 9a. Geologisk karta Aa 137 Västervik.

## C) Varaslätten

Karakteristik: Isälvsavlagringar, lerslätter, saltvatten, modernt kartmaterial.

Kartmaterial: Kbl 8C Lidköping SO och NO, 1:50 000, rutorna 4g, 5g och/eller 3f. Geologisk karta Aa 201 Levene.

## D) Nordvästra Skåne

Karakteristik: Isälvsavlagringar, lerslätter, sedimentär och kristallin berggrund, saltvatten, förorenat grundvatten, moderna kartblad avseende såväl jordarter som berggrund, omfattande dokumentation från Höganäs AB:s och OPAB:s arkiv.

Kartmaterial: Kbl 3B Höganäs NO, ruta 8j, Kbl 3C Helsingborg NV och SV, rutorna 8d och 3e, 1:50 000. Jordartskartor Ae 16 och Ae 25, färdigställd berggrundskarta över Höganäs NO och Helsingborg NV (i koncept).

Anmärkning: Få områden i Sverige torde ha en sådan omfattande geologisk dokumentation som NV Skåne, bl a till följd av mycket omfattande borrhingsverksamhet i samband med 200-årig prospektering efter kol och eldfasta leror. Därtill kommer att SGU genom dokumentationsutbyte har förvärvat ett omfattande, helt modernt regionalgeofysiskt material (främst vibroseismiska profiler med god penetration från markytan ned till ca 800 m djup) från OPAB. VIAK, Malmö, har också dokumentation efter vattenprospektering för de nordvästskånska kommunerna. SGU disponerar över en omfattande borrhålsdokumentation inom området.

### Kommunkartor

Pilotstudier och försökskarteringar avses att genomföras inom några utvalda kommuner. Avsikten är dels att göra småskaliga kommunöversikter, dels storskaliga kartor över vissa delområden inom kommunerna. För att försökskarteringarna skall kunna genomföras och slutföras inom givna tidsramar krävs att kommunerna är intresserade. Vissa av kommunerna har vidtalats och visat ett mycket stort intresse för detta projekt. Nedan redovisas en förteckning över kommuner inom vilka försökskarteringar avses att genomföras:

Enköpings kommun, se 12.1, A.

Leksands kommun:

Karakteristik: Älvsediment och isälvsavlagringar, sammanhängande moränområden, granit och mindre områden med kambrosilurbergarter.

Kartmaterial: Kbl 13F Falun NV m fl. Jordartskartan Ca nr 21.

Lerums kommun:

Karakteristik: Sedimentfyllda sprickdalar, bergområden med tunt moräntäcke och moränackumulationer, isälvsavlagringar.

Kartmaterial: Kbl 7B Göteborg SÖ. Jordartskartan Ae nr 26, berggrundskartan Af 117.

Lidköpings kommun, se 12.1, C.

Ängelholms, Bjuvs, Höganäs kommun eller annan kommun i nordvästra Skåne, se 12.1, D.

Nedan redovisas reservområden för pilotstudier och försökskarteringar:

Kungsbacka kommun:

Karakteristik: Lerslätter, morän-bergområde, randbildningar.

Kartmaterial: Kbl 6B Kungsbacka NO. Jordartskartan Ae nr 34, berggrundskartan Af nr 124.

## Lysekils kommun:

Karakteristik: Lerfyllda dalgångar omgivna av berg.  
Kartmaterial: Kbl 8A Lysekil S0. Jord- och bergartskartan  
Ac nr 3. Bohusläns granitområde, C 479.

## Ulricehamns kommun:

Karakteristik: Morän-bergsområde, issjösediment, isälvs-  
avlagringar och svämsediment.  
Kartmaterial: Kbl 7D Ulricehamn SV. Jord- och bergarts-  
kartan, Aa nr 21.

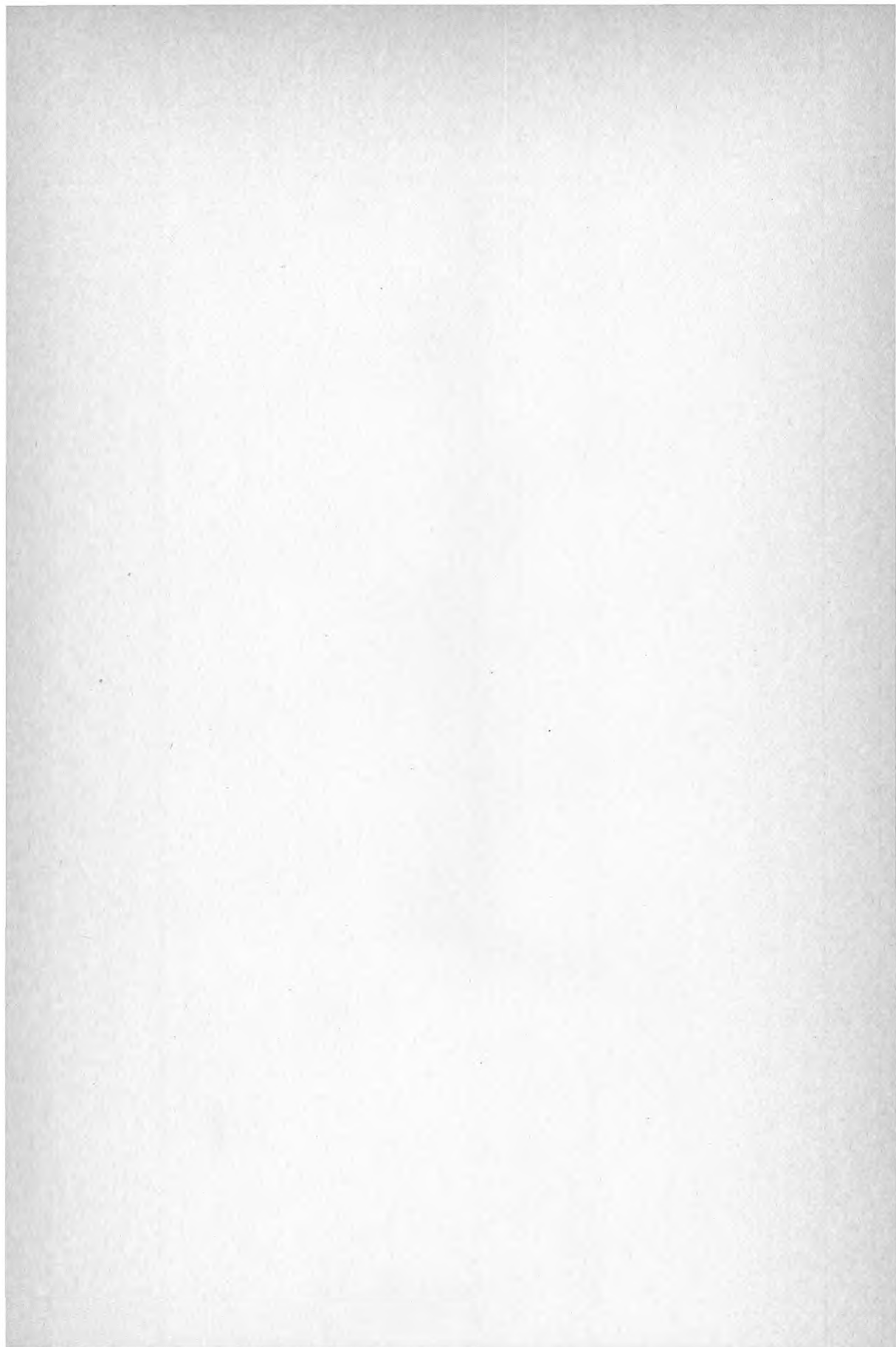


## 11 REFERENSER

- Agerstrand, T. Ericsson L.O. 1980. Energi ur grundvatten - inventering av stora grundvattenmagasin för energiutvinning med värmepump NE-Projekt 2060 551. Slutrapport VIAK 1980.
- Andersson, O. 1979. Vellinge kommun. PM över projekt att använda geotermisk energi för uppvärmning i västra Vellinge. NE-projekt. VIAK AB 1979-08-01.
- Birch, F. Schaller, J.F. och Spicer, H.C. 1942. Handbook of Physical Constants Geological Society of America Special Papers, No. 36, 1942.
- Bjurström, S. Cederberg, H. Hansson, T. Lindskog, R. 1974. Hetvattenlagring i bergrum. Bergtekniska konsekvenser av lagring av varmt vatten i oinklädda bergrum. Stiftelsen bergteknisk forskning-BeFo. Forskningsprojekt 720552-5, BFR.
- Daniel, E. 1978. Beskrivning till jordartskartan Höganäs NO/Helsingborg NV. Skala 1:50 000 - SGU Ser Ae No. 25.
- Gustafson, G. 1979. Energilagring i jord och berg. Programarbete. VIAK 1979.
- Gustafson, O & Teeling, M. 1980. Jorddjupskarta över sydvästra Skåne. SGU Ser Ba No. 28.
- Gustafsson, S.E. Karwacki, E. and Khan, M.N. Transient hot strip method for simultaneously measuring thermal conductivity and thermal diffusivity of solids and fluids. J. Phys. D. Applied Physics, 12 1979.
- Holmstrand, O. Wedel, P. 1977. Ingenjörsgelogisk kartering, redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. Publ A17 Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Universitet, Geologiska institutionen.
- Holmstrand, O. 1980. Ingenjörsgelogisk kartering - Seminarium 1980-04-17 Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr (under tryckning), Chalmers Tekniska Högskola.
- Horai, K. 1971. Thermal Conductivity of Rock-forming Minerals, Geophys. Res. Vol. 76 pp 1278-1308.
- Johansson, M. Claesson, J. 1979. Säsongsvärmelagring i akviferer, Lund University, Department of Mathematical Physics.
- Johansen, Ø, 1973. Thermal Conductivity of Soils. Symp on Frost Action on Roads, Report I OECD, Paris pp 165-188.
- Johansen, Ø. 1975. Thermal Conductivity of Soil and Rock. Frost i jord nr 16, Oslo.
- Johansen, Ø. 1977. Frost penetration and ice accumulation in Soils. Int. Symp. Univ. of Luleå. Proc vol. 1.

- Kappelmeyer, O. & Haenel, R. 1974. Geothermics with special reference to application, Berlin.
- Kers, G. 1980. Energilagring ur ytvatten via värmepump - mätning och utvärdering. Ansökan om projektanslag BFR. VIAK 1980.
- Knutsson, F. Fagerlind, T. 1977. Grundvattentillgångar i Sverige. SGU. Rapporter och meddelanden nr 9.
- Landström, O. Larsson, S-A. Lind, G. Malmqvist, D. Värmefflöde i berg, slutrapport för NE-projekten 4560 014-015. Geologiska institutioner Publ B 137. Chalmers Tekniska Högskola/Göteborgs Universitet.
- Ljungblom, L. 1980. Publicerade bedömningar av bidrag från nya energikällor. Novator 0060 28. NE. Nämnden för energiproduktionsforskning 1980:3.
- Lundin S-E, Stephansson O, Zetterlund P. 1973. Geoteknisk databank. BFR Rapport R70:1973.
- Lundqvist, G. 1958. Karta över Sveriges jordarter med beskrivning. Skala 1:1 milj, 3 blad - SGU Ser Ba 17.
- Magnusson, N.H. m fl. 1958. Karta över Sveriges berggrund med beskrivning. Skala 1:1 milj, 3 blad - SGU Ser Ba 16.
- Modin, B. 1979. Förstudier av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump - Geologiska faktorer. Byggeforskningen. Rapport R55-1979.
- Modin, B & Wilén, P. 1979. Byggnadsuppvärmning med jordvärmepump, Geologiska förutsättningar för värmelagring i lera inom större tätorter i mellansverige. BFR Rapport R88:1980.
- Mohrén, E. Larsson, W. 1974. Geologiska kartbladet Levene med beskrivning - SGU Ser Aa No. 201.
- Mohrén, E. 1974. Jordartskartan Helsingborg SV. Skala 1:50 000 - SGU Ser Ae No. 16.
- Mohrén, E. 1976. Jordartskartan Höganäs NO/Helsingborg NV. Skala 1:50 000 - SGU Ser Ae No. 25.
- Möller, H. 1976. Jordartskartan Enköping SV med beskrivning. Skala 1:50 000 - SGU Ser Ae No. 28.
- NE 1979. Nämnden för energiproduktionsforskning. Hetvattentechnik, remissutgåva 1979-12-03.
- Orre B. 1979. Redovisning av geotekniska utredningar. BFR T-skrift T 33:1979.
- Sibbit, Dodson, Tester, 1979. Thermal conductivity of rocks associated with energy extraction from hot dry rock geothermal system. J. of Geophys. Research. Vol. 84 No. B3, 1979.
- Stålhös, G. 1977. Berggrundsgelogiska kartbladet Enköping SV med beskrivning - SGU Ser Af No. 118.

- Sundberg, J. 1979. Metoder för bestämning av termiska parametrar i berg och jord. Geol. inst. B 132. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Universitet.
- SNV, 1976. Opublicerade kapacitetsuppgifter och lägesangivelser för kommunala vattentäkter i Sverige.
- Svenonius, F. 1907. Geologiska kartbladet Västervik med beskrivning - SGU Ser Aa No. 137.
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen 1978. Va-verk 1977. Statistik VAV 577, Stockholm.
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, 1969. Va-verk 1968. Statistik VAV 569, Stockholm.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 790824-7  
från Statens råd för byggnadsforskning till Sveriges  
geologiska undersökning (SGU) och VIAK AB.**

**R134: 1980**

**ISBN 91-540-3362-4**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6700234**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

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

**Cirka pris: 20 kr exkl moms**