



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

Metodik för inventering av naturvärme- och markvärmelager

Stig Hård

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	ser

R
AMH

R157:1984

ENERGIGEOLOGISK KARTERING

Metodik för inventering av naturvärme-
och markvärmelager

Stig Hård

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 800958-6
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Göteborg

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

R157:1984

ISBN 91-540-4235-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Spångbergs Tryckerier AB, Stockholm 1984

INNEHÅLL

	Sid.
FÖRORD	
SAMMANFATTNING	1
1. BAKGRUND	3
2. MÅLSÄTTNING	4
3. GEOKARTOR SOM UNDERLAG FÖR PLANERING OCH BYGGANDE	5
4. GEOINFORMATION	7
4.1 Allmänt	7
4.2 Geoundersökningar	7
4.3 Kartor	9
5. SVERIGES GEOLOGI, FÖRUTSÄTTNINGAR OCH POTENTIAL FÖR VÄRMEUTVINNING OCH VÄRMELAGRING	13
5.1 Sveriges geologi	13
5.2 Förutsättningar och potential för värmeutvinning och värmelagring	17
5.3 Värmeutvinning i svenska jord- och bergarter, potential, systemstorlek och förutsättningar för praktiskt utnyttjande	22
6. ENERGIGEOLOGISKA KARTOR	23
6.1 Behovet av energigeologiska kartor	23
6.2 Arbetsmetodik	24

7.	FAKTORER OCH PARAMETRAR FÖR ATT BEDÖMA FÖRUTSÄTTNINGAR, POTENTIAL OCH RESTRIKTIONER VID VÄRMELAGRING OCH VÄRMEUTVINNING I MARKEN	27
7.1	Underlagsmaterial för energigeologiska kartor	27
7.2	Förutsättningar för bedömning av värme- utvinning, värmelagring, potential och restriktioner	28
7.3	Faktorer och parametrar för energigeo- logiska kartor	29
7.4	Beräkning eller bedömning av potential	33
8.	DIGITALA KARTLÄGGNINGSSYSTEM	40
8.1	Allmänt	40
8.2	Basdatamaterial	40
8.3	Koordinatdatahantering och kodning	41
8.4	Bearbetning och redovisning	42
8.5	Erfarenheter med utgångspunkt från de datorframställda kartorna	43
9.	EXEMPEL PÅ ENERGIGEOLOGISKA KARTOR	46
9.1	Allmänt	46
9.2	Energigeologisk översiktskarta över Lerums kommun	46
9.3	Energigeologisk karta över en mindre tätort, Gråbo, Lerums kommun	48
9.4	Redovisning av digitaliserade geodata för energigeologisk kartering	63
10.	REFERENSER	69
11.	BILAGOR	72
1.	EXEMPEL, ENERGIGEOLOGISK ÖVERSIKTS- KARTA ÖVER LERUMS KOMMUN	72
2.	EXEMPEL, ENERGIGEOLOGISK KARTA ÖVER EN MINDRE TÄTORT, GRÅBO, LERUMS KOMMUN	79

3.	EXEMPEL, REDOVISNING AV DIGITALISERADE GEODATA FÖR ENERGIGEOLOGISK KARTERING	93
4.	TEORETISK BERÄKNING AV GRUNDVATTENBILDNING, ISÄLVSAVLAGRINGAR INOM LERUMS KOMMUN	121
	Beräkningsmetodik	121
	Beräkningsexempel	122
5.	KAPACITET I BERGBORRADE BRUNNAR SAMT BEDÖMNING AV REGIONAL PERMEABILITET OCH TRANSMISSIVITET INOM OLIKA BERGARTSOMRÅDEN	125
	Allmänt	125
	Teori	125
	Bearbetning och analys av data	126
	Resultat	127
6.	TERMISKA PARAMETRAR, REFERENSER, ERFARENHETSVÄRDEN OCH EXEMPEL PÅ TEORETISKA BERÄKNINGAR	137
	Markytans medeltemperatur	137
	Grundvattentemperatur	137
	Marklagrens värmeledningsförmåga och värmekapacitet	139
7.	KLASSIFICERING AV GRUNDVATTNET ENLIGT RYZNARS STABILITY INDEX	153
	Teori	153
	Beräkningsexempel	155

FÖRORD

Föreliggande rapport avser att redovisa hur befintlig geoinformation kan användas för att bedöma förutsättningarna för naturvärmesystem.

Rapporten avser i första hand att informera ansvariga för energiplanering och projektansvariga om möjligheterna till inventering och bedömning av befintliga naturvärmeresurser.

Utgångspunkten för detta projekt har varit ett inledande programarbete som gemensamt utförts av VIAK AB och Sveriges geologiska undersökning. Detta programarbete har tidigare redovisats i Byggforskningsrådets skrift R134:1980 "Energigeologisk kartering - metodstudie".

Under projektets genomförande har samråd skett med Byggforskningsrådets referensgrupp för energigeologisk kartering.

Erfarenheter från det här redovisade projektet har delvis inarbetats i Byggforskningsrådets skrift T42:1982 "Att utvinna och lagra värme i mark och vatten - metodik för inventering och redovisning av naturförutsättningar", som arbetats fram av referensgruppen.

Arbetet har utförts under 1981 och 1982 av VIAK AB i Göteborg.

Göteborg i juli 1983

Stig Hård

Originalkartorna i denna skrift finns hos Institutet för byggdokumentation, Hälsingegatan 49, 113 31 Stockholm tel: 08-34 01 70

Sammanfattning

Värmeutvinning ur mark och vatten har redan idag en stor tillämpning och förväntas öka under 1980-talet. När det gäller värmelagring förväntas en storskalig introduktion ske först under 1990-talet.

Potentialen för både värmeutvinning och värmelagring är stor men varierar kraftigt både lokalt och regionalt inom Sverige. Därför krävs att i ett tidigt skede kartera och värdera befintliga resurser, speciellt i anslutning till tätbebyggda områden.

Den övergripande målsättningen inom detta forskningsprojekt har varit att utarbeta en arbetsmetodik och principer för inventering och redovisning av naturvärmeresurser. Dessutom har målsättningen varit att ange vilka faktorer och parametrar som bör redovisas, att redovisa hur potentialen kan beräknas samt att testa hur dator teknik kan utnyttjas för kartredovisning.

Information om naturvärmeresurserna kommer att variera från fall till fall beroende på om avsikten är att lokalisera en anläggning, välja tekniskt system eller dimensionera en anläggning. Oavsett vilket ändamålet är bör i första hand en sammanställning av befintliga geodata göras. Med utgångspunkt från det tillgängliga underlagsmaterialet kan en första värdering göras, som sedan successivt preciseras.

I rapporten redovisas vilken geoinformation som finns tillgänglig och förutsättningarna för att ange områden eller zoner lämpliga för värmelagring och värmeutvinning. För denna värdering och för potentialberäkningar krävs information om flera faktorer och parametrar, t ex geologiska faktorer, termiska parametrar, hydrauliska parametrar m fl. I rapporten redovisas vilka faktorer och parametrar som lämpligen används och hur potentialen för olika markvärmeresurser kan beräknas eller bedömas. Potentialbedömningarna illustreras med hjälp av enkla beräkningsexempel.

Med utgångspunkt från de geologiska förutsättningarna i Sverige görs en bedömning av förutsättningarna för värmeutvinning och värmelagring i svenska jord- och bergarter.

Med hjälp av den föreslagna arbetsmetodiken har ett antal redovisnings-exempel tagits fram inom ett utvalt försöksområde. Försöksområdet utgörs av Lerums kommun samt det område som täcks av det topografiska kartbladet Göteborg SO.

Avsikten har inte varit att genomföra en heltäckande inventering utan att ta fram några typexempel.

Två typer av redovisningsmetoder har testats, dels en konventionell redovisning i form av handritade kartor, dels en datoriserad redovisning av digitaliserade och kodade geodata som plottats upp i en färgbildskrivare.

Den föreslagna inventerings- och arbetsmetodiken förväntas kunna tillämpas inom kommunerna för att skapa ett lämpligt planerings- och beslutsunderlag, som ökar möjligheterna till en lyckad introduktion av lokala värmekällor.

1. BAKGRUND

De senaste årens forskning har visat att potentialen är stor för värmeutvinning och värmelagring i jord, berg och vatten. Flera tekniska system för värmeutvinning har redan utvecklats och satts i drift och för närvarande pågår utveckling av olika system för värmelagring.

För en lyckad introduktion av dessa naturvärmesystem är det nödvändigt att tidigt klarlägga förutsättningarna för värmeuttag och värmelagring i mark och vatten.

Kunskapen är nödvändig, dels för att tekniskt och ekonomiskt kunna utvinna och lagra värme, dels för att förhindra eller minska eventuella skador eller en negativ miljöpåverkan i samband med anläggande och drift av de nya naturvärmesystemen.

Genom att sammanställa och utvärdera i första hand befintlig geoinformation, t ex geologiska kartor, geotekniska utredningar, grundvattenutredningar m m, är det möjligt att skapa ett första planeringsunderlag som underlättar en lyckad introduktion och ett effektivt utnyttjande av befintliga markvärmeresurser.

Föreliggande projekt har genomförts i form av pilotstudier och försökskarteringar inom Lerums kommun. Den ursprungliga ansökan för detta projekt omfattade dels en inledande metodikstudie, dels testkarteringar inom fem kommuner i Sverige, vilka hade valts för att erhålla representativa typområden med varierande geologi. I samråd med BFR beslutades dock att antalet försöksområden skulle minskas till ett område samt att inventeringsdelen begränsas och att arbetet koncentreras till metodiken.

2. MÅLSÄTTNING

Det övergripande målet med föreliggande forskningsprojekt har varit att utarbeta en arbetsmetodik för inventering och redovisning av naturvärmeresurser. Syftet har varit att från befintlig geoinformation redovisa en arbetsmetodik och ge exempel på framställning och redovisning av enkla zonkartor, som redovisar förutsättningarna för värmeutvinning och värmelagring i marken. Inom ramen för den övergripande målsättningen har även följande delmål funnits:

att ange vilka faktorer och parametrar som i första hand bör användas för att bedöma olika värmeutvinnings- och värmelagrings-tekniker

att ge exempel på hur befintlig geoinformation kan användas och redovisas för att uppskatta eller beräkna värmeutvinnings- och lagringspotential i marken.

att testa datorteknik för bearbetning och redovisning av digitaliserad geoinformation

3. GEOKARTOR SOM UNDERLAG FÖR PLANERING OCH BYGGANDE

I Sverige förekommer produktion och utveckling av olika geokartor som underlag för planering och byggande. Som utgångspunkt och basmaterial används ofta någon form av geologisk karta, som redovisar förhållandena i markytan. Genom sammanställning av befintlig information från utförda geoundersökningar eller komplettering med ytterligare undersökningar inom ett område skapas ett geologiskt basdatamaterial, som ökar möjligheterna till tolkningar för olika ändamål. Säkerheten i bedömningarna avgörs till stor del av kvalitén på den geologiska kartan och övriga basdata.

Geologiska kartor började produceras av Sveriges geologiska undersökning (SGU) under 1860-talet. Kartorna förekommer i olika serier och skalor och utgör ett första underlag för planering och teknisk utvärdering inom många sektorer i samhället. Det har dock under hela 1900-talet funnits önskemål om en mer detaljerad beskrivning och redovisning av geoförhållandena inom olika ämnesområden. Detta har lett till utveckling och produktion av olika typer av geokartor med mer eller mindre teknisk inriktning. Dessa geokartor har vanligen benämnts geotekniska kartor, i vissa fall byggnadsgeologiska kartor eller ingenjörsgelogiska kartor.

Utvecklingen av kart- och redovisningssystem för geotekniska kartor har pågått sedan 1930-talet och resulterat i ett genomarbetat beteckningssystem, som idag omfattar sex specialblad, "Beteckningssystem vid geotekniska undersökningar", (Svenska geotekniska föreningen, SGF, 1980).

Utomlands pågår sedan länge utveckling av ingenjörsgelogiska kartor, vilka i första hand är avsedda att vara underlagsmaterial för planering och byggande.

I Sverige påbörjades 1973 ett forsknings- och utvecklingsarbete för att anpassa ingenjörsgelogiska kartor till svenska förhållanden. Arbetet bedrivs inom ramen för Geohydrologiska forskningsgruppens verksamhet vid Geologiska Institutionen, Chalmers tekniska högskola.

Beteckningen "Ingenjörsgelogisk karta" används som överordnad beteckning för det föreslagna kartsystemet. För att förklara de olika kartbladens innehåll tillfogas alltid en underrubrik för varje kartblad.

I det föreslagna kartsystemet uppdelas informationen i två huvudgrupper, basdataredovisning och teknisk utvärdering. Inom varje huvudgrupp finns flera typer av kartblad enligt nedan (Holmstrand, Wedel 1977).

Basdataredovisning

Undersökningar

Jordarter

Berggrund

Hydrogeologi

Teknisk utvärdering

Byggnadsgeologi

Markkostnadsindex

Kartor över enskilda faktorer

Inom ramen för forskningsarbetet har ett antal redovisningsexempel tagits fram. Dessutom har kartsystemets praktiska tillämpbarhet testats både inom forskningsprojektet och i andra sammanhang.

4. GEOINFORMATION

4.1 Allmänt

Information om naturen har insamlats under lång tid och insamlas kontinuerligt inom en rad sektorer och verksamhetsområden. Traditionellt uppdelas naturinformation i flera ämnesområden.

- Topografi
- Hydrologi
- Geologi och hydrogeologi
- Klimat och luft
- Vegetation och djurliv

Basdata för olika typer av bedömningar och värderingar kan inhämtas från undersökningar som utförts inom flertalet av dessa ämnesområden.

Informationen kan hämtas från olika källor, bl a från kartor, litteratur, undersökningar, arkiv m m och finns tillgänglig vid en rad myndigheter, högskolor, institutioner, konsultfirmor, gruvföretag etc.

4.2 Geundersökningar

Geoinformation insamlas huvudsakligen genom fjärranalysmetoder, geologiska fältkarteringar och med hjälp av olika fältundersökningsmetoder. Olika metoder används beroende på syftet och tillgängliga resurser.

Fjärranalysmetoder (vanligen flygbildstolkning) används för översiktliga studier vanligen inom områden där geologiska kartor saknas eller inom områden med äldre småskaliga geologiska kartor.

Om större detaljnoggrannhet eftersträvas görs geologiska fältkarteringar. De två metoderna medger en redovisning av jord- och bergarts-typerna i markytan samt en avgränsning av de olika enheterna.

För att mer detaljerat avgränsa de geologiska formationerna i djupled och för att klarlägga formationernas fysikaliska och tekniska egenskaper används olika typer av undersökningsmetoder. Undersökningarnas art och

omfattning varierar främst beroende på syftet med undersökningen men även beroende på aktuell planeringsnivå, noggrannhetskrav och kostnadsaspekter.

Kostnaden för mer omfattande fältundersökningar är hög. Endast i undantagsfall torde större insatser kunna göras för att skaffa information för ett speciellt ändamål i översiktliga planeringssituationer. Där-
emot torde avsevärda kostnadsbesparingar kunna göras genom samordning och ett effektivt utnyttjande av den information som redan finns framtagen.

De vanligaste undersökningsmetoderna i fält kan sammanfattas i:

- geofysiska undersökningsmetoder
- provpumpningar
- olika typer av borrhningar och sonderingar
- analyser, kartering och tester "insitu" av olika parametrar eller på insamlade jord- och bergartsprov samt vattenprov.

Generellt kan sägas att geofysiska undersökningsmetoder ofta används för att snabbt erhålla information över större områden till en rimlig kostnad. Geofysiska undersökningar in-delas i seismiska, gravimetriska och magnetiska mätmetoder. Inom byggsektorn är seismiska undersökningar vanligast. Metoden ger möjlighet att från markytan erhålla information om marklagrens uppbyggnad och berggrundens kvalitet. Som regel krävs att resultaten verifieras och korreleras mot någon borrhpunkt med känd lagerföljd. Geofysiska mätmetoder, s k loggning, används också i borrhål för att mäta specifika parametrar.

Provpumpningar genomförs främst för att bestämma akviferers (vattenförande formationer) egenskaper, t ex hydrauliska gränser, grundvattnets flödesriktning, vattenkvalitet samt uttagbara vattenmängder. Pumpningen görs i borrhål eller brunnar och varierar i tid från några timmar till flera månader beroende på syftet. För att utvärdering skall kunna göras krävs som regel information och nivåuppgifter från omkringliggande undersökningsrör.

Borrhningar och sonderingar genomförs främst för att bestämma jordlagrens och berggrundens tekniska egenskaper. Vanligen bestäms jord- och

bergartens hållfasthets- och deformationsegenskaper genom punktmätningar eller genom mätningar på upptagna prover. De vanligaste undersökningarna är väl beprövade och har använts under lång tid. Mätmetoderna är standardiserade och används rutinmässigt inom konventionella geotekniska undersökningar.

4.3 Kartor

Topografiska och ekonomiska kartor

Topografiska och ekonomiska kartor finns framtagna över hela Sverige. Kartorna finns tillgängliga i varierande skalor och editioner. Vanligast är dock den topografiska kartan i skala 1:50 000.

Den topografiska kartan redovisar bl a olika typer av gränser, vägar, bebyggelse, ytvatten, grustag, höjdkurvor, skogsmark m m.

Den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 redovisar i princip samma information som den topografiska kartan samt markägoförhållanden. Den ekonomiska kartan erhålls med en flygbild i botten som underlag.

De båda karttyperna kan användas som basdatakartor för olika typer av bedömningar. Kartorna medger utvärdering av bl a följande element.

- ytvattens läge och yta
- ytvattens form, vindexponering och nivåförhållanden, vilket kan användas för att bedöma lämpligheten för ytvattenvärmsystem.
- avgränsning av avrinningsområden, vilket medger översiktlig beräkning av grundvattenbildningen.
- tolkning av olika typer av lineament (krosszoner, sprickzoner), vilket kan ligga till grund för bedömningar av bergarternas tekniska egenskaper tillsammans med flygbildstolkning.
- I vissa fall ger också de båda kartorna geologiska indikationer på förekomsten av en viss jord- och bergartstyp.

Geologiska kartor

Allmänt

Geologiska fältkarteringar utförs genom okulär besiktning och analys av insamlade prover. Karteringen utförs av geologer på underlagskartor i varierande skalor, vanligen 1:10 000. Vid karteringen och tolkningen används både flygbilder och flygmagnetiska kartor som ett komplement.

Geologiska kartor har i Sverige framställts av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) sedan mitten på 1800-talet. Kartorna har utgivits i flera serier med varierande skalor, vilket innebär att kvalitén och tillförlitligheten varierar mellan de olika kartorna.

Till kartorna finns tryckta beskrivningar som innehåller åtskillig information som ej redovisas på själva kartorna.

De äldre geologiska kartorna utgörs vanligen av kombinerade jordarts- och berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000 till 1:200 000. Sedan 1960-talet framställs separata jordarts- och berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000 med topografiska kartan som underlagskarta. Denna kartskala har valts för att möjliggöra en någorlunda snabb kartproduktion.

Hydrogeologiska kartblad i skala 1:50 000 har framställts inom några områden sedan 1971. För närvarande pågår framställning av hydrogeologiska länskartor i skala 1:250 000 vilka ersätter den tidigare hydrogeologiska kartbladsserien, i skala 1:50 000.

Jordartskartor

Den jordartsgeologiska kartbilden är en generaliserad bild av verkligheten. Generaliseringar görs både vid indelningen i geologiska enheter och vid gränstragningen mellan de olika enheterna. Som en allmän regel gäller att kartbilden i möjligaste mån skall återge ett områdes allmänna karaktär.

Jordarterna indelas, dels efter bildningssätt och bildningsmiljö, dels efter kornstorleksfördelning. Differentieringen av de olika jordartstyperna görs relativt omfattande, vilket möjliggör en tolkning av både lagerföljdsförhållanden och jordarternas fysikaliska egenskaper.

På jordartskartorna redovisas den ytliga jordarten, i vissa fall kompletterad med mäktighetsuppgifter. Uppgifterna har i regel erhållits genom borrhningar i samband med karteringen eller genom insamling av information från tidigare utförda borrhningar.

Berggrundskartor och geofysiska kartblad

Vid redovisningen av berggrunden tas hänsyn till såväl genetiska som stratigrafiskt tektoniska och petrografiska begrepp. Indelningen baseras på en lång tradition av berggrundskartering. Klassificeringen och nomenklaturen följer i princip internationella rekommendationer.

Bergarternas ursprung ger i allmänhet grundfärgen på kartan medan senare omvandlingar och skillnader i petrografisk sammansättning vanligen redovisas med överbeteckningar. För konturdragningen mellan de olika enheterna används flygmagnetiska kartor speciellt inom områden med låg blottningsgrad.

De olika bergarternas textur och mineralogiska sammansättning analyseras vanligen i tunnslip. Dessutom görs kemiska analyser.

Hydrogeologiska kartor

Hydrogeologiska kartor framställs genom en översiktlig insamling, sammanställning och utvärdering av befintliga geologiska och hydrogeologiska data. Den nya hydrogeologiska översiktskartan i skala 1:250 000 redovisar de hydrogeologiska förhållandena i vissa geologiska bildningar. I första hand beskrivs grundvattnets förekomst och beskaffenhet, samtidigt som en tolkning görs av vattentillgångarnas storlek och möjligheter till uttag. Redovisningen sker dels på en huvudkarta dels på delkartor och i bilagor. Beteckningarna följer i huvudsak internationella hydrologiska och hydrogeologiska rekommendationer (UNESCO 1970).

Huvudsyftet med den hydrogeologiska kartan är att den skall medge en bedömning av grundvattentillgångarna och ligga till grund för fysisk pla-

nering och samordning. På sikt bedöms även den hydrogeologiska kartan kunna utgöra ett regionalt planeringsunderlag för utvinning och lagring av termisk energi.

Flygbildstolkade geologiska kartor

Flygbildstolkning med fältkontroll är en metod som medger en snabb och relativt billig kartframställning. Metoden medger en översiktlig tolkning av jordarter, jordartsgränser, områden med berg, avgränsning av områden med likartade geologiska och geotekniska egenskaper samt i begränsad omfattning jorddjupsbedömningar. En mer omfattande fältkontroll gör att indelningen kan göras mer detaljerat.

Flygbildstolkning används också för tektoniska studier i berggrunden. Därvid karteras olika typer av svaghetszoner och sprickzoner.

5. SVERIGES GEOLOGI, FÖRUTSÄTTNINGAR OCH POTENTIAL FÖR VÄRMEUTVINNING OCH VÄRMELAGRING

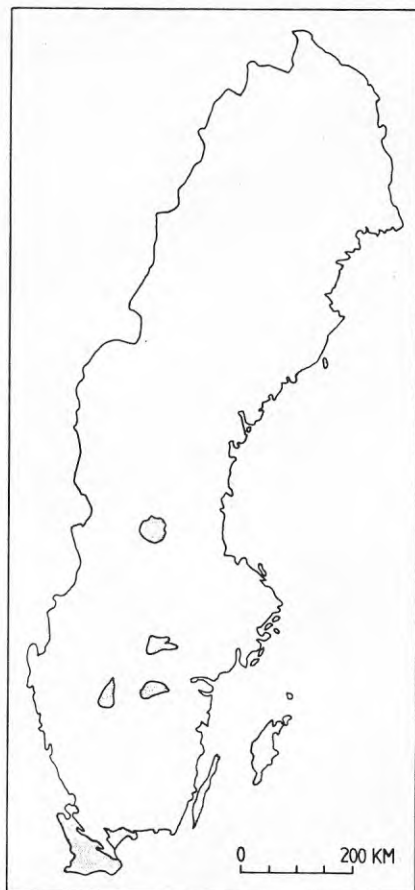
5.1 Sveriges geologi

Systematisk insamling av information för att öka kunskapen om Sveriges geologi påbörjades som tidigare nämnts i mitten på 1800-talet och pågår fortfarande. Kvalitén och omfattningen av de undersökningar som genomförts i Sverige varierar dock kraftigt mellan olika regioner. Ofta har sökande efter olika typer av naturresurser eller utbyggnaden av vägar, järnvägar, städer etc varit avgörande för undersökningarnas omfattning och intensitet.

Inom landet förekommer både formationer som bildades för ca 2,5 miljarder år sedan och formationer som bildas än idag. Grovt sett kan de olika formationerna hänföras till tre grupper:

- kristallin berggrund	ca 2 500 - 900 miljoner år
- sedimentär berggrund	ca 600 - 70 miljoner år
- jordlager (kvartära avlagringar)	< ca 20 000 år

Den kristallina berggrunden förekommer inom hela Sverige, men på varierande djup mellan 0 och ca 2 500 m under markytan. Berggrunden är mer eller mindre uppsprucken i större krosszoner, sprickzoner eller enstaka sprickor. Zonerna kan vara leromvandlade och täta eller öppna och mer eller mindre vattengenomsläppliga. Mellan zonerna och sprickorna kan berggrundsmassan i princip betecknas som tät. De sedimentära bergarterna förekommer endast inom vissa delar av landet, huvudsakligen i Skåne, på Öland och Gotland samt lokalt i Västergötland, Östergötland, Närke och Dalarna. Se figur 5.1. Dessutom förekommer sedimentära bergarter i fjällkedjan.

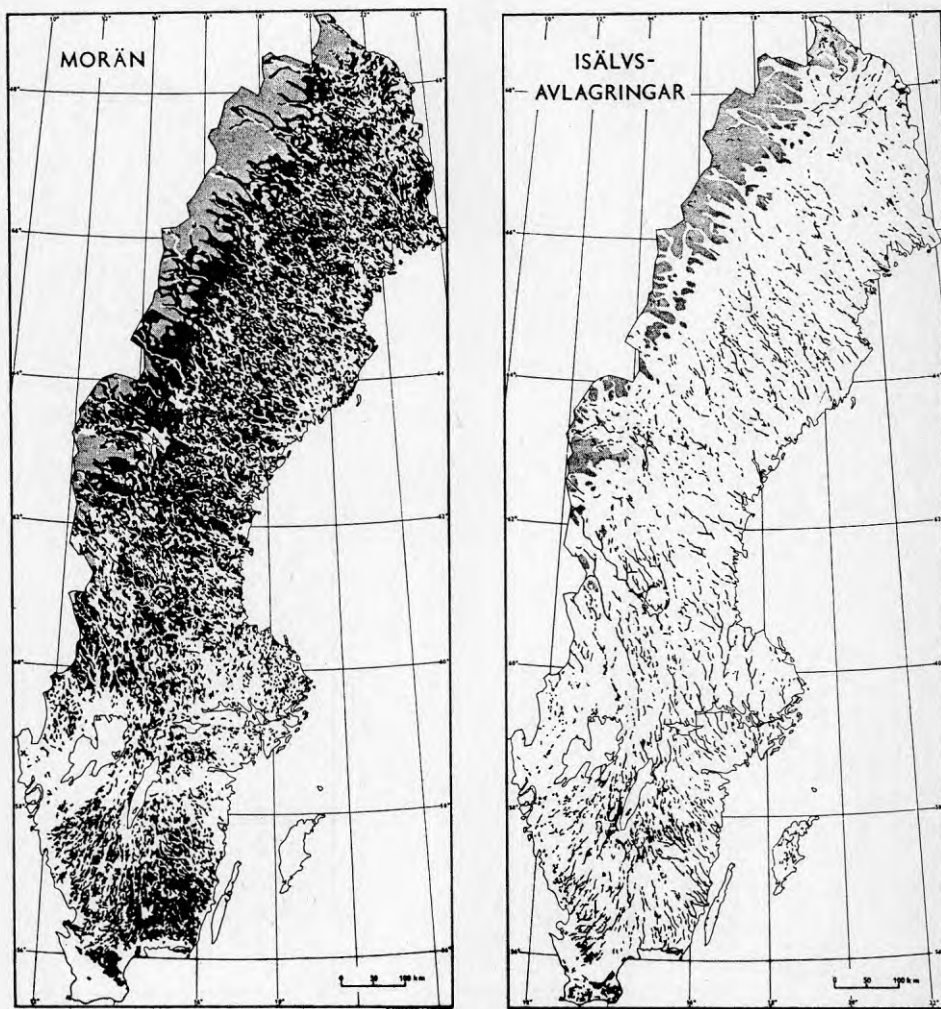


Figur 5.1 Områden med sedimentära bergarter utanför fjällkedjan (efter Lundegårhd, Lundqvist, Lindström 1970)

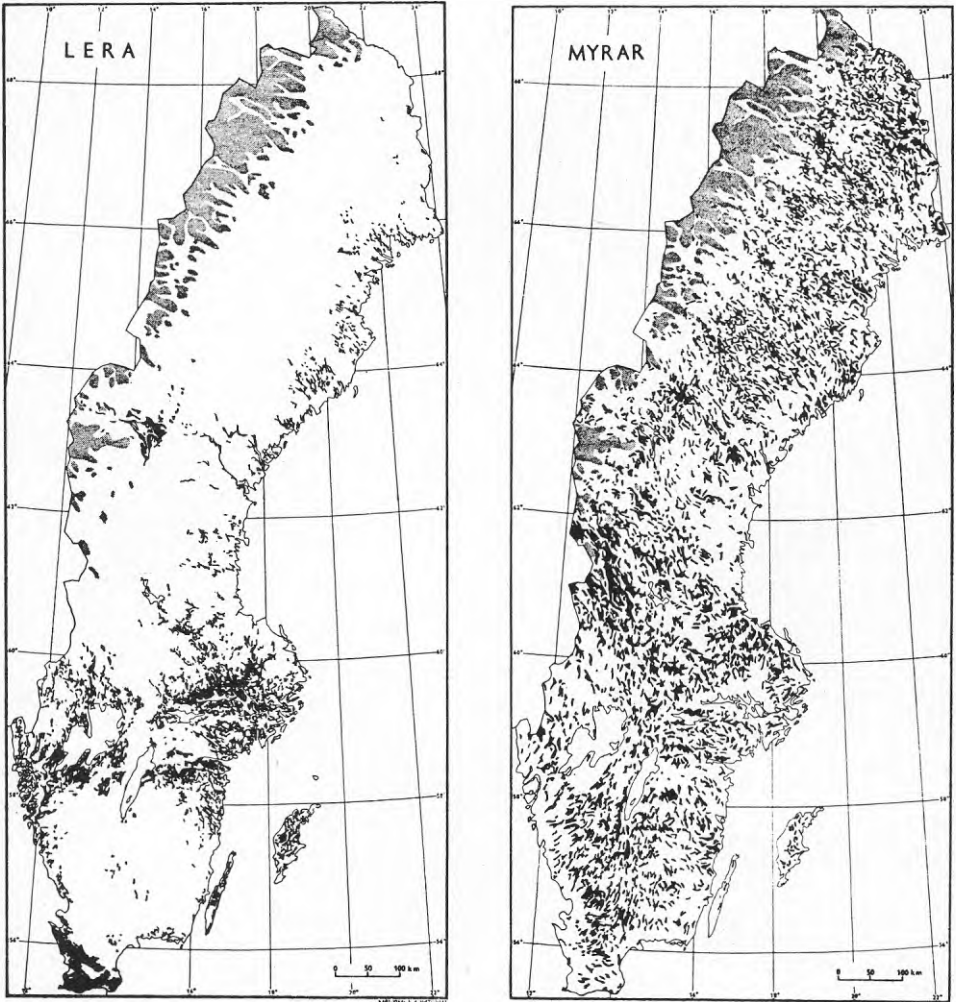
De sedimentära bergarterna kan indelas i grovklastiska (porösa), finklastiska (täta) bergarter och karbonatbergarter. Hydrogeologiskt sett kan bergarterna indelas i porakviferer (sandstenar) och sprickakviferer (kalkstenar) eller kombinationer mellan por- och sprickakviferer.

Jordarterna i Sverige kan indelas i sorterade och osorterade jordarter. Den vanligaste osorterade jordarten är morän, som täcker ca 75 procent av Sveriges yta. De sorterade jordarterna kan förenklat indelas i

grov sediment (sand och grus) och finsediment (lera och silt). Grovsedimenten förekommer i huvudsak i anslutning till och inom områden med isälvsavlagringar i större dalgångar. Finsediment förekommer huvudsakligen under den högsta kustlinjen inom låglänta områden. Organiska jordarter förekommer över hela Sverige med en viss koncentration till Småländska höglandet och Norrlands inland, se figur 5.2 och 5.3.



Figur 5.2 Fördelningen av morän och isälvsavlagringar i Sverige, (Magnusson, Lundqvist, Regnéll 1963)



Figur 5.3 Fördelningen av lera och myrmarker (torv) i Sverige, (Magnusson, Lundqvist, Regnéll 1963)

5.2 Förutsättningar och potential för värmeutvinning och värmelagring

Förutsättningarna för värmeutvinning och värmelagring inom Sverige styrs i hög grad av de olika jord- och bergarternas fysikaliska egenskaper samt av vattnets förekomst och uppträdande i de olika formationerna. Formationernas fysikaliska egenskaper är dock relativt väl kända och därmed kan följande generella potentialbedömning göras för Sveriges berg- och jordarter med den relativt grova uppdelning som redovisats ovan. Naturligtvis varierar potentialen inom de redovisade enheterna, beroende på en mängd faktorer, men en generell bedömning anses ändå vara angelägen att göra.

Kristallin berggrund

- Grundvattenvärme

Potentialen bestäms av uttagbara vattenmängder, som i de flesta brunnar ligger mellan 0 och 1 l/s. Regionala kapacitetsvariationer förekommer men ofta ligger mediankapaciteten för brunnar inom samma typområde snarare under än över 0,5 l/s. Kapaciteter på mer än 1 l/s förekommer i mindre omfattning. Med en temperatursänkning på 5°C medges ett effektuttag på mellan 0 och ca 20 kW från grundvattnet beroende på kapaciteten, vilket vid kontinuerligt uttag motsvarar värmemängden ca 0-175 MWh eller ca 0-17 m³ (eldningsolja EO1) per år. Potentialen är därmed i de flesta fall endast tillräcklig för enskilda fastigheter eller grupper av fastigheter.

- Bergvärme

Saknas grundvatten kan värme tas från bergmassan i ett borrhål. Kapaciteten bestäms av bergartens värmeledningsförmåga och borrhålets djup samt medeltemperaturen vid markytan. Med en temperatursänkning på 5°C möjliggörs ett kontinuerligt värmeuttag från endast bergmassan på ca 1-3 kW i ett 100-150 m djupt borrhål om bergartens värmeledningsförmåga är 3 W/m°C. Vid kontinuerlig drift motsvarar detta ca 1-3 MWh eller ca 1-3 m³ EO1 per år. Genom grundvattenuttag kan potentialen ökas.

- Geotermisk energi

Inom den kristallina berggrunden kan geotermisk energi utvinnas via djupa borrhål inom regioner med hög värmegenerering, vanligen granit-områden.

Områden med uppmätt hög värmegenerering förekommer bl a i Bohuslän (Bohusgranit), Västmanland (Fellingsbrogranit) och Blekinge (Spinkemåla-Halen-granit). Potentialen är stor men praktiska erfarenheter saknas i Sverige.

Teoretiska studier har dock genomförts i Norra Bohuslän där såväl ekonomi som potential har belysts (Ahlbom, Larson, Lind 1978).

- Lagring

Värme kan lagras i utsprängda bergrum och i blockfyllda bergrum med vatten som lagringsmedium, eller i borrhålslager med bergmassan som lagringsmedium. Lagringskapaciteten beror på lagrets volym, lagringsmediet och det utnyttjade temperaturintervallet samt värmeförluster från lagret. Förutsättningarna för anläggande av värmelager i den kristallina berggrunden är mycket goda inom stora delar av Sverige. Tekniken kräver dock ett storskaligt utnyttjande och tillgång till billig överskottsenergi.

Lagringskapaciteten för ett bergrum på 100.000 m^3 kan uppskattas till ca 4-5 GWh, vilket motsvarar ca $400 \text{ m}^3 \text{ E}_0\text{l}$.

Volym	100.000 m^3
Värmekap. vatten	$1,16 \text{ kWh/m}^3\text{°C}$
Temperatur $90\text{-}50\text{°C}$, Δt	40°C
Lagringskapacitet	$100.000 \times 1,16 \times 40 = 4,64 \text{ GWh}$

Sedimentär berggrund

- Grundvattenvärme

De uttagbara vattenmängderna från brunnar i de sedimentära bergarterna (kalkstenar och sandstenar) ligger som regel mellan 1 och 10 l/s. Större uttag, upp till 50 l/s, i enstaka fall 100 l/s, är möjliga inom ett fåtal regioner i Skåne. Med en temperatursänkning på 5°C medges generellt ett effektuttag motsvarande ca 20-200 kW ur brunnar i sedimentär berggrund, vilket vid kontinuerlig drift motsvarar värmemängden ca 170-1700 MWh eller ca 17-170 m³EO1 per år. Lokalt kan en större temperatursänkning utnyttjas, alternativt större vattenmängder tas ut, vilket kan innebära att potentialen ökar avsevärt.

- Geotermisk energi

Inom djupare liggande sedimentbergarter i Skåne förekommer grundvattnet med hög temperatur (30-90°C). I Bunterformationen (sandsten) har provpumpningar visat att uttag på ca 25 l/s är möjligt. (Gustafson 1980). Med en temperatursänkning på 20°C medges ett effektuttag från grundvattnet på ca 2 MW, vilket vid kontinuerlig drift motsvarar en värmemängd av ca 1700 m³EO1. Lokalt är potentialen således mycket stor.

- Lagring

Värmelagring är möjlig i por och/eller sprickackviferer i den sedimentära berggrunden. Lagringskapaciteten för en sandsten kan beräknas till ca 0,70 kWh/m³ °C. För att lagra 5 GWh (årsbehovet för ca 500 lägenheter, 10 000 kWh/lägenhet) krävs en lagervolym på ca 350.000 m³, vilket motsvarar en cylinder med diametern 150 m och höjden 20 m om temperaturen sänks 20°C vid utnyttjandet. Rent praktiskt krävs en större lagervolym beroende på värmeförluster från lagret. Värmeförlusterna beror på många faktorer, bl a lagringsdjup, akvifertyp (öppen eller sluten), hydrauliska förhållanden, lagringstemperatur m m. För en sluten akvifer på måttligt djup kan värmeförlusterna under stationära förhållanden uppgå till storleksordningen 10-30 procent.

Potentialen för lagring inom områden med sedimentära bergarter bedöms lokalt vara stor men kan begränsas av geologiska och hydrogeologiska faktorer samt befintligt utnyttjande av akviferen.

Jordarter

Värmeutvinning

- Morän

Morän är i princip ointressant för både värmelagring och värmeutvinning. Detta beror dels på att jordarten är svår att schakta och penetrera med rör, dels på moränens dåliga vattengenomsläpplighet. Endast i undantagsfall är kapaciteten tillräcklig för utnyttjande av grundvattenvärme.

För ytjordvärmesystem är dock jordarten markfysikaliskt i många fall mycket lämplig. Förutsättningarna begränsas dock ofta av svårigheten att schakta och lägga ned slangsystem i moräner.

- Grovsediment

I grovsedimenten, vanligen åsar och deltaavlagringar, är potentialen för grundvattenvärme stor. Kapaciteten för brunnar i medelstora till stora isälvsavlagringar kan uppskattas till 10-100 l/s. Vid kontinuerlig drift och 5°C temperatursänkning motsvarar detta ett effektuttag på ca 200-2000 kW från grundvattnet och en energimängd motsvarande ca 1,7-17 GWh eller ca 170-1700 m³EO1 per år.

Beroende på lokala förutsättningar kan dessutom potentialen i vissa fall förstärkas genom olika åtgärder, t ex genom ytinfiltration, inducerad infiltration etc. Möjligheterna att utnyttja grundvattenvärme begränsas i vissa fall genom att resursen redan används för vattenförsörjning. Genom återinfiltration bedöms dock värmeutvinning och grundvattenutag för vattenförsörjning i många fall kunna samordnas.

- Finsediment

Inom områden med finsediment med hög vattenhalt kan värme utvinnas i form av ytjordvärme. Systemstorleken begränsas ofta eftersom relativt stora markarealer krävs, ca 200-500 m² per villa.

Potentialen för ytjordvärme är stor men kan i många fall begränsas av bristen på fria ytor för utplacering av slangsystemen. Utförda försök visar att storleksordningen 50 kWh/m² markyta och år kan tas ut om hårdiga växter används (Troedsson m fl 1982). Rent markfysikaliskt kan dock avsevärt större uttag göras. Effekten av en hårdare belastning kan yttra sig som tjälskjutningsskador på tjälfarliga jordartstyper.

Värmelagring

- Finsediment

Potentialen är stor för lagring i finsediment. Lagringskapaciteten i lera uppgår till ca 1 kWh/m³ och °C. Om lerdjupet är 20 m kan värmebehovet för ca 200 lägenheter (2 GWh eller 10.000 kWh per lägenhet) lagras inom ytan 100x100 m om temperaturen sänks 10°C vid uttaget. Vid lagringen krävs tillgång till sol- eller spillvärme. Det är även tänkbart att med hjälp av värmepumpar lagra värme från någon annan naturligt värmekälla, t ex ytvatten.

- Grovsediment

Vid värmelagring i grovsediment utnyttjas akviferer som lagringsmedium. Lagringskapaciteten uppgår till ca 0,75 kWh/m³ och °C. Potentialen är lokalt stor för denna typ av lagring men kräver goda kunskaper om akviferens hydrogeologiska egenskaper. Potentialen begränsas huvudsakligen av befintligt utnyttjande av grundvattenmagasinen för vattenförsörjning. I många fall torde det dock vara möjligt att kombinera värmelagring och vattenförsörjning.

- Organiska jordarter

På liknande sätt som i lera kan värme lagras i torv. Lagringskapaciteten i torv kan jämföras med lera. Potentialen är stor men svårutnyttjad, eftersom större torvmarker i allmänhet förekommer utanför urbana områden.

5.3 Värmeutvinning i svenska jord- och bergarter, potential, systemstorlek och förutsättningar för praktiskt utnyttjande

Med utgångspunkt från Sveriges geologi och formationernas markfysikaliska egenskaper har en sammanfattande bedömning gjorts med avseende på potential, systemstorlekar och förutsättningar för praktiskt utnyttjande, tabell 5.1

Tabell 5.1 Värmeutvinning och värmelagring i svenska jord- och bergarter

Formation/System	Potential	Systemstorlek	Förutsättningar för utnyttjande
Kristallin berggrund			
Grundvattenvärme	liten-stor	små	rel. goda
Bergvärme	stor	små	goda
Geotermisk energi	stor	stora	praktisk erfarenhet saknas
Sedimentär berggrund			
Grundvattenvärme	liten-stor	små-stora	rel. goda-goda (lokalt)
Geotermisk energi	liten-stor	stora	rel. goda-goda (lokalt)
Lagring	stor	stora	praktisk erfarenhet saknas
Jordlagren			
Morän			
Grundvattenvärme	liten	små	dåliga
Ytjordvärme	stor	små	dåliga-rel.goda
Grovsediment			
Grundvattenvärme	liten-stor	små-stora	goda
Lagring	liten-stor	stora	praktisk erfarenhet saknas
Finsediment			
Grundvattenvärme	obefintlig	små	dåliga
Ytjordvärme	stor	små medelstora	goda
Lagring	stor	små-stora	goda
Organiska jordarter			
Ytjordvärme	stor	små- medelstora	rel.goda
Lagring	stor	små-stora	rel.goda

6. ENERGIGEOLOGISKA KARTOR

En energigeologisk kartering syftar till att inventera och redovisa läget och storleken (potentialen) av befintliga naturvärmeresurser samt vilka restriktioner som kan finnas vid utnyttjandet av dem. Inventeringens omfattning, detaljeringsgrad och redovisningsätt bör definieras i samband med varje inventeringsuppgift.

6.1 Behovet av energigeologiska kartor

Genom riksdagsbeslut har nya riktlinjer för energipolitiken antagits. De nya riktlinjerna innebär bl a att

- energiförbrukningen skall reduceras
- förnyelsebara energikällor skall införas

Dessa strävanden förväntas medge en ökad satsning på värmepumpar samt ett accentuerat utnyttjande av lokala naturvärmeresurser.

Värme från jord, berg och vatten kan för närvarande erhållas i form av:

- Ytvattenvärme och sedimentvärme
- Ytjordvärme i markytan
- Grundvattenvärme från jordlagren, respektive berggrunden (ca 5-200 m)
- Bergvärme via ledning i bergmassan (ca 50-200 m)
- Geotermisk värme (> ca 500 m)

Dessutom kan värme lagras i geologiska formationer, t ex i:

- Finsediment och organiska jordarter
- Akviferer
- Bergrum, borrhålslager etc

För en meningsfull planering och introduktion av naturvärmesystem krävs i första hand en kartering och värdering av befintliga resurser, främst inom tätbebyggda områden.

Genom att redovisa läget, förutsättningarna och potentialen för lokala värmekällor och värmelager erhålls ett underlag för beslut, t ex i samband med

- Fysisk planering
- Energiplanering
- Värmeplanering
- Oljereduktionsplanering

Dessutom kan informationen utgöra ett underlag för att bedöma förutsättningarna för t ex industrier att utnyttja lokala värmekällor eller som information för allmänheten i samband med energisparrådgivning.

Uppläggningsen och genomförandet av en inventering som skall leda fram till en redovisning av naturförutsättningar för värmeutvinning och värmelagring i marken inom ett område måste baseras på det kunskapsbehov som föreligger i varje enskilt planeringsfall.

Behovet av information är dock principiellt olika vid frågor som rör:

- lokalisering i samband med övergripande planering
- lokalisering och systemutformning/systemval i samband med planering för tätort eller tätortsdel
- dimensionering i samband med detaljplanläggning

Bygghälsningsrådets referensgrupp för energigeologisk kartering (1982)

6.2 Arbetsmetodik

Lokalisering i samband med övergripande planering

En lämplig arbetsgång vid framtagande av energigeologiska kartor kan vara att i ett första steg göra relativt småskaliga översiktsskator över en kommun, t ex i samband med en kommunomfattande värmeförsörjningsplan eller markdispositionsplan. Lämpliga kartskalor kan vid redovisningen vara 1:50 000 - 1:20 000, se exempel 1, avsnitt 9.2.

På denna översiktliga nivå är det lämpligt att huvudsakligen redovisa områden med stora resurser. Med hjälp av en enkel bearbetning och redigering av geologiska kartor kan områden (zoner) lämpliga för värmeutvinning och värmelagring utskiljas. Saknas geologiska kartor kan bedömningen många gånger göras genom sammanställning och värdering av övrigt geomaterial inom området eller genom en översiktlig flygbildstolkning av de tätbebyggda områdena och dess omgivningar.

En enkel potentialbedömning kan i ett översiktligt skede göras genom att utnyttja känd information, t ex uppgifter om grundvattenuttag, kapacitetsuppgifter från SGU:s brunnarkiv, djupuppgifter från geotekniska utredningar, data från SMHI m m. Genom att utnyttja referensvärden för främst termiska parametrar kan förutsättningarna för värmeutvinning och värmelagring grovt anges för de redovisade zonerna.

Lokalisering och systemutformning i samband med planering för tätort eller tätortsdel

I samband med värmeplanering och fysisk planering för en tätort eller tätortsdel krävs en mer detaljerad information om naturvärmeresurserna. Kravet på detaljeringsgrad varierar dock stort beroende på den aktuella planeringssituationen.

På samma sätt som vid övergripande planering bör i första hand befintlig information användas som underlag för värdering av de olika resurserna.

I vissa fall är kravet på kartredovisning stort, t ex vid redovisning av förutsättningarna för värmeutvinning inom ett planerat utbyggnadsområde eller vid redovisning av förutsättningarna för värmelagring inom en tätortsdel. I andra fall kan kravet att redovisa resursen på en karta vara litet. För att redovisa ett möjligt värmeuttag från en befintlig brunn behöver t ex inte hela den geologiska formationen redovisas på en karta. Det kan istället vara mer angeläget att ta fram information för att bedöma den uttagbara vattenmängden, möjligheter till infiltration, eventuella restriktioner m m.

Redovisningen kan således göras på olika sätt och bör anpassas till varje planeringssituation. Formationer lämpliga för värmeutvinning och vär-

melagring redovisas lämpligen med enkla zonkartor. Potentialen inom de olika zonerna eller för olika naturvärmekällor som ej redovisas i form av zoner bör beräknas med tillräcklig noggrannhet för att möjliggöra en bedömning av olika systemalternativ, se exempel 2, avsnitt 9.3.

Dimensionering i samband med detaljplanläggning

För att dimensionera värmelager eller system för värmeutvinning i marken krävs information om olika faktorer och parametrar. Informationsbehovet varierar dels beroende på vilket lagringssätt eller utvinningssystem som planeras, dels beroende på vilka noggrannhetskrav som ställs upp i varje enskilt fall. Generellt kan sägas att ju närmare projekteringskedet man kommer desto högre ställs kraven på mätning av de enskilda faktorer och parametrar som har betydelse för det aktuella systemet.

I många fall krävs en viss information för att dimensionera systemen medan annan information krävs för att bygga systemen och därtill hörande enheter, t ex byggnader, ledningar m m. Stora besparingar skulle många gånger kunna göras om vissa smärre mätningar och undersökningar av betydelse för värmelager och utvinningssystem genomfördes i samband med de vanliga översiktliga undersökningar som genomförs inför varje exploatering.

7. FAKTORER OCH PARAMETRAR FÖR ATT BEDÖMA FÖRUTSÄTTNINGAR, POTENTIAL OCH RESTRIKTIONER VID VÄRMEUTVINNING OCH VÄRMELAGRING I MARKEN

7.1 Underlagsmaterial för energigeologiska kartor

För att kunna bedöma förutsättningar, potential och restriktioner vid värmeutvinning och värmelagring i marken krävs insamling, bearbetning och analys av främst geoinformation. I första hand krävs information om:

- geologiska faktorer och parametrar
- hydrogeologiska och hydrauliska parametrar
- termiska parametrar
- kemiska parametrar
- geotekniska parametrar

Kunskapsbehovet varierar som tidigare nämnts med varje planeringsuppgift samt beroende på om avsikten är att lokalisera en anläggning, välja system eller dimensionera en anläggning. Oavsett vilket syftet är bör i första hand en sammanställning av befintliga geodata göras. Därvid ges möjlighet att bedöma underlagsmaterialets omfattning och kvalitet samtidigt som ställningstagande kan göras till vilka utvärderingar som är möjliga att göra. En dylik sammanställning ger också möjlighet att ange behovet av ytterligare undersökningar vid olika typer av frågeställningar.

Mängden och kvalitén på den geoinformation som finns framtagen varierar både regionalt och lokalt i Sverige. I de flesta fall finns dock något av följande geomaterial tillgängligt, vilket i första hand bör användas:

- geologiska och hydrogeologiska kartor
- geotekniska undersökningar
- grundvattenundersökningar
- hydrogeologiska undersökningar
- flygbilder
- uppgifter om enskilda faktorer och parametrar från olika källor, arkiv etc, alternativt referensvärden

När det gäller utnyttjande av geoinformation för olika typer av tekniska utvärderingar torde det vara både önskvärt och angeläget att befintlig information sammanställs till någon form av basdataarkiv inom kommunerna. Genom detta ökar möjligheterna till samordning mellan olika planeringssektorer samtidigt som kostnaderna hålls på en rimlig nivå. Det finns tyvärr många exempel på kostsamma undersökningar av samma slag, som har utförts inom samma område men för olika ändamål och i olika sammanhang.

7.2 Förutsättningar för bedömning av värmeutvinning, värme- lagring, potential och restriktioner

Möjligheterna till att utvinna och lagra värme i marken beror av de olika geologiska formationernas storlek och fysikaliska egenskaper. En noggrannare kartering och en ökad differentiering av olika jordarts- och bergartsenheter ger större möjligheter att bedöma både teknikförutsättningar, potential och restriktioner i samband med värmeutvinning eller värmelagring inom ett område.

Vid bedömningen av potential och eventuella restriktioner krävs i de flesta fall kompletterande information om andra parametrar, förutom kunskap om formationernas gränser och utbredning. Ofta kan referensvärden eller teoretiska beräkningar användas i stället för mer kostsamma fältundersökningar, som kanske endast är nödvändiga i detaljerade planskeden eller inför projekteringen av en anläggning.

Om endast uppgifter om läge och storlek av en geologisk formation finns tillgängliga, t ex från en karta, möjliggörs i första hand en teknik- och resursbedömning. Genom att använda referensvärden eller kompletterande information för teoretiska beräkningar av främst termiska och hydrauliska parametrar möjliggörs en grov bedömning av potentialen och eventuella restriktioner.

Omfattande geoinformation t ex resultat från sonderingar, provtagningar, markfysikaliska och vattenkemiska analyser, temperaturdata, flödesdata m m ger möjlighet att mer detaljerat beräkna och bedöma potentialen. Denna mer omfattande information kan också användas för att ytterligare belysa eventuella restriktioner eller begränsningar inom ett område.

7.3 Faktorer och parametrar för energigeologiska kartor

Geologiska faktorer och parametrar

Genom analys av geologiska kartor och/eller genom flygbildstolkning kan jord- och bergarter med likartade egenskaper avgränsas. Avgränsningen ger möjlighet att ange zoner med olika förutsättningar för värmelagring och värmeutvinning.

Följande enheter kan därvid skiljas ut:

Jordarter	Kalt berg (max 0,5 m jord)
	Morän
	Isälvsavlagringar
	Övriga grovsediment
	Lera
	Övriga finsediment
	Organiska jordarter
Sedimentära bergarter	Grovklastiska (porösa och grundvattenförande)
	Finklastiska (täta, ej grundvattenförande)
	Karbonatbergarter
Kristallina bergarter	Bergarter
	Bergartskontakter
	Större lineament
	Mindre lineament

Differentieringen av förekommande jordarter beror till stor del på karteringsmetodiken och kartskalen. Generellt kan sägas att fältkarterade områden ger en mer detaljerad kartbild och en större möjlighet att klassificera värmeresurserna jämfört med en flygbildstolkning. I många fall torde dock en flygbildstolkad jordartskarta med relativt grov indelning kunna användas i översiktliga plansituationer.

När det gäller de kristallina bergarterna så vill man främst kartlägga zoner eller områden med stor eller liten vattengenomsläpplighet. Eftersom vattnets förekomst och uppträdande i den kristallina berggrunden i

första hand styrs av förekommande spricksystem och endast sekundärt av bergarten som sådan kommer intresset att fokuseras mot klassificering och bedömning av förekommande svaghetszoner och tektoniska förhållandena. Vid översiktliga och inledande studier kan detta göras genom flygbildstolkning i olika bildskalor.

Hydrogeologiska och hydrauliska parametrar

Hydrogeologiska och hydrauliska parametrar används främst för att bedöma potentialen och restriktioner i samband med utvinning av grundvattenvärme eller lagring av värme i jordlagren och i berggrunden.

Följande parametrar är vanligen av störst intresse:

- Uttagbar vattenmängd
- Grundvattenbildning
- Geologiska och hydrauliska gränser
- Strömningsbild, gradient och riktning
- Transmissivitet och magasin-koefficient

De hydrogeologiska och hydrauliska parametrarna bestäms bäst genom mätningar i undersökningsrör och genom provpumpningar i brunnar. Ofta kan dock ej provpumpningar utföras i ett inledande skede. För att grovt bedöma potentialen kan grundvattenbildningen bedömas genom utnyttjande av topografiska och geologiska kartor tillsammans med uppgifter och nederbörd och avdunstning. Se beräkningsexempel i bilaga 4. Om undersökningsrör har satts ut kan transmissiviteten och uttagmöjligheterna bedömas från siktanalyser. Dessutom ges möjlighet att projektera uttags- och infiltrationsbrunnar.

I vissa fall kan referensvärden användas eller också kan uppgifter hämtas från tidigare genomförda grundvattenundersökningar eller SGU:s brunnsarkiv.

I SGU: brunnsarkiv finns bl a uppgifter om:

brunnsläge
jorddjup
totaldjup
vattenmängd
jordart
bergart
vattenkvalitet
nivåvariationer
grundvattentemperatur

Ibland är uppgifterna, som bygger på rapportering från brunnsborrharen, ofullständiga eller osäkra, speciellt gäller detta vattenkapaciteten, som uppskattas eller beräknas genom en kortvarig kapacitetstest. Erfarenhetsmässigt kan man säga att kapaciteten snarare överskattas än underskattas.

SGU:s brunnsarkiv utför dock ett värdefullt basdatamaterial, som inom vissa gränser och vid inledande studier, medger beräkningar och utvärdering av grundvattenförhållandena i den kristallina berggrunden och i jordlagren. Genom statistiska bearbetningar av befintliga basdata kan bl a berggrundens regionala permeabilitet uppskattas, vilken har betydelse vid lokalisering av värmelager. Dessutom kan storleksordningen på möjliga vattenuttag inom ett område bedömas. I bilaga 5 redovisas några beräkningsexempel.

Termiska parametrar

De termiska parametrarna används främst för att beräkna och bedöma effektpotential, lagringskapacitet, värmeförluster mm. I första hand behövs information om:

markytans medeltemperatur
grundvattentemperatur
marklagrens värmeledningsförmåga och värmekapacitet

I vissa fall är det önskvärt att erhålla information om:

temperaturgradienter i jordlagren och berggrunden
värmeproduktion; (sönderfall av Uran, Thorium och Kalium i
berggrunden)

Samtliga termiska parametrar kan mätas i fält. Av kostnadsskäl blir det dock ofta nödvändigt att teoretiskt beräkna parametrarna eller att använda erfarenhetsvärden, se bilaga 6.

Kemiska parametrar

Grundvattnets fysikaliskt kemiska sammansättning beror på ett antal olika faktorer. Sammanfattningsvis kan sägas att de kvalitetsproblem som är vanligast vid vattenförsörjning berör aggressivitet, höga järn- och manganhalter samt höga salthalter. När det gäller värmeutvinning eller inlagring av värme i brunnar så omfattar de vanligaste problemen korrosion och inkrustation (utfällningar) i brunnar och på de komponenter i värmesystemet som kommer i kontakt med grundvattnet. I detta sammanhang är infiltrationsbrunnarna speciellt känsliga.

För att i ett tidigt skede kunna karakterisera grundvattnets benägenhet för korrosion och utfällning kan teoretiska beräkningar göras med indata från konventionella vattenanalyser. I bilaga 7 ges ett exempel på detta. Här har valts att använda det så kallade Ryznars Stability Index (RSI).

Geotekniska parametrar

Marklagrens tekniska egenskaper, främst hållfasthets- och deformations-egenskaper, har stor betydelse både vid lokalisering, dimensionering och drift av olika värmesystem i marken. Speciellt gäller detta inom bebyggda områden med finsediment där inlagring och uttag av värme eller grundvatten kan medföra negativa förändringar av markens egenskaper.

Redan utförda geotekniska undersökningar utgör ett viktigt underlags- och basdatamaterial för energigeologiska kartor. Från dessa utredningar kan information erhållas om jordarts- och lagerföljdsförhållanden, jorddjup m m. Dessutom redovisas ofta t ex jordarternas densitet och vattenhalt, som kan användas som indata för värmeförlustberäkningar och beräkningar av värmelagringskapacitet, se bilaga 6.

Hur lerans geotekniska egenskaper förändras vid inlagring och uttag av värme studeras för närvarande vid Chalmers tekniska högskola i Göteborg.

7.4 Beräkning eller bedömning av potential

Värmeutvinning jord-ytjordvärmesystem

De ytliga marklagrens lämplighet för värmeutvinning beror främst på de geologiska och markfysikaliska förhållandena samt tillgänglig markareal och markanvändning. För att bedöma eller beräkna effekt- och energipotential krävs information om marklagrens

- värmeledningsförmåga
- värmekapacitet
- vattenhållande egenskaper
- grundvattennivå och flödesförhållanden
- frysningsegenskaper

Storleksordningen på ovan nämnda parametrar varierar ganska kraftigt med avseende på jordart och vattenhalt. Bästa förutsättningarna för värmeutvinning finns inom områden med vattenmättade finkorniga jordarter, t ex lera. Dåliga förutsättningar finns inom områden med torr sand.

Ytjordvärmesystem kan dimensioneras på olika sätt, t ex för att täcka baslasten i ett värmesystem eller för att täcka större delen av värmebehovet. Mätningar på ytjordvärmesystem i drift har visat att medel-effektuttagen över längre tidsperioder ligger mellan några W upp till ca 10 W per meter slang med kortvariga effektuttag på upp till 40 W per meter slang.

Värmeuttag från marken ger en avkylning av marken. Kylningen är störst runt de nedlagda slangsystemen och där sker vanligtvis isbildning under en del av året. Avkylningen medför en minskning av markaktiviteten och påverkar också vegetationen. Påverkan kan vara både positiv och negativ beroende på jordartens egenskaper och vegetationens härdighet.

Kontrollerade fältförsök med ett värmeuttag motsvarande ca 50 kWh/m² och år har visat att vegetationen påverkas motsvarande en förflyttning på 2-4 odlingszoner om de översta 80 cm av markprofilen beaktas. För de ytliga delarna är den skenbara förflyttningen mindre (Troedsson m fl 1980).

Vid dimensionering av ytjordvärmesystem bör därför vegetationsaspekter tas med vid bedömningen om hur hårt systemen kan belastas.

Ur markfysikalisk synvinkel kan avsevärt högre värmeuttag göras än 50 kW/h och år om lämplig mark finns tillgänglig. Höga värmeuttag kan göras genom att hårdiga växtsorter väljs eller i fall då ingen hänsyn behöver tas till vegetationen. Det är dock för närvarande ej känt hur värmeuttag påverkar växter och markorganismer på längre sikt.

Grundvattenvärme

För att beräkna grundvattenvärmepotentialen krävs uppgifter om uttagbara vattenmängder ur formationen samt uppgifter om grundvattnets temperatur.

Effekten kan beräknas enligt

$$N = Q \times \rho \times C_p \times \Delta t$$

där

$$N = \text{Effekt (W)}$$

$$Q = \text{Grundvattenflöde (m}^3\text{/s)}$$

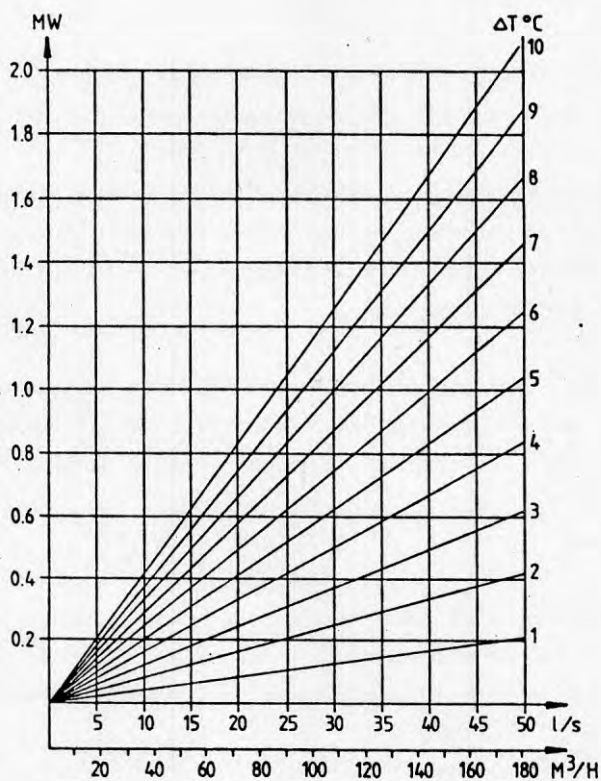
$$\rho = \text{Vattnets densitet (1000 kg/m}^3\text{)}$$

$$C_p = \text{Vattnets specifika värme (4,19 \cdot 10}^3\text{Ws/kg}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta t = \text{Temperatursänkning}$$

Se även figur 7.1. Beroende på vilken information som finns tillgänglig kan mer eller mindre säkra potentialbedömningar göras.

Grundvattnets temperatur kan mätas eller uppskattas med hjälp av referensvärden, se bilaga 6. I vissa fall kan dock stora avvikelser från beräknade referenstemperaturer påträffas, bl a inom tätorter där värmeförluster från byggnader, värmekulvertar m m har medfört en höjning av grundvattnets temperatur. I vissa fall cirkuleras också grundvatten för kylningsändamål, vilket kan ge en ytterligare ökning av temperaturen.



Figur 7.1. Effektuttaget från grundvatten som funktion av flöde och temperatur.

Undersökningar för att bestämma kapacitet och uttagsmöjligheter i en formation kan i princip göras i tre steg:

- en översiktlig bedömning från geologiska kartor, teoretisk beräkning
- en bedömning med utgångspunkt från borrningsdata från formationen
- en slutgiltig bedömning genom provpumpning i formationen

Om enbart kartor finns tillgängliga kan grundvattenbildningen teoretiskt beräknas. Tillgång till borrningsdata och siktanalyser ger möjlighet att bedöma hur mycket grundvatten som kan tas ut med hänsyn till det material som omger en planerad brunn och ger underlag för att dimensionera brunnen. Provpumpningen ger information om akviferens hydrauliska egenskaper och gränser samt hur mycket vatten som kontinuerligt kan tas ur magasinet.

I bilaga 4 ges några exempel på hur grundvattenbildningen teoretiskt kan beräknas i samband med en inledande översiktlig bedömning.

Generella bedömningar om uttagsmöjligheten i den kristallina berggrunden är svårare att göra. I bilaga 5 redovisas några exempel på hur brunnnsdata från SGU:s brunnarkiv kan användas för att bedöma storleksordningen på möjliga uttag.

Genom att ansätta en rimlig värmefaktor på en värmepump, vanligen 2-3, och drifttid (maximalt 8640 timmar per år) kan energipotentialen beräknas för olika typer av värmesystem och driftsfall.

Bergvärme

Värmeutvinning utan vattenuttag kan göras i s k energibrunnar i kristallint berg. Tekniken är tillämpbar huvudsakligen för enskilda fastigheter. De möjliga effekt- och energiuttagen per borrhål är relativt små och kan beräknas teoretiskt.

För dessa beräkningar krävs information om markytans medeltemperatur och bergartens värmeledningsförmåga. Under stationära förhållanden uppgår det möjliga effektuttaget från bergmassan (enbart värmeledning) till ca 15-25 W/m borrhål och det totala energiuttaget på ett år till ca

15.000-20 000 kWh för ett ca 100 m djupt borrhål. Genom grundvattenuttag kan effekt- och energiuttaget från en bergvärmebrunn ökas.

Ytvattenvärme och sedimentvärme

Ytvattenvärme och sedimentvärme har inte behandlats inom ramen för detta projekt. Här redovisas enbart något om storleksordningen när det gäller värmeuttag ur ytvatten samt några av de parametrar som kan behövas vid en bedömning av ett ytvattens lämplighet som värmekälla.

Värmeutvinningen från en "standardsjö" (en sjö utan genomströmning, relativt klar och relativt grund) kan uppskattas till 2-3 W/m² eller 10-15 kWh/m² under vinterperioden. Under vår, sommar och höst är det tekniskt möjliga effektuttaget avsevärt högre (tillgången är vanligen större än behovet).

För en någorlunda säker bedömning krävs uppgifter om:

- Temperaturmätningar på olika nivåer (främst vintermätningar)
- Areal
- Djup, max, medel
- Volym
- Vindexponering
- Siktdjup
- Form
- Geografiskt läge
- Bottenbeskaffenhet
- Genomströmning
- Isläggning

Värmelagring i finsediment (lera, slutna rörsystem)

Lagringskapaciteten kan beräknas från information om djupförhållanden och tillgängliga ytor. Dessutom krävs uppgifter om

- värmekapacitet
- lagringstemperatur

Värmekapaciteten kan beräknas enligt bilaga 6. Saknas underlag kan man använda ett erfarenhetsvärde, för lera ca $0,8 - 1 \text{ kWh/m}^3$ och $^{\circ}\text{C}$.

Effektuttaget från lagret kan beräknas om inlagrings- och uttagsperioden definieras.

För beräkning av värmeförlusterna från ett värmelager krävs kännedom om lagrets volym, geometri, läge och temperaturförhållanden samt kunskap om marklagrens värmeledningsförmåga och vattengenomsläpplighet.

Värmelagring i akvifer (brunnssystem)

Lagringskapaciteten kan beräknas om akviferens volym är känd. Dessutom krävs uppgifter om

- värmekapacitet
- lagringstemperatur

Värmekapaciteten beräknas enligt bilaga 6. Saknas underlag kan man använda erfarenhetsvärden:

- åsakvifer $n = 0,3$ $c = 0,7 - 0,8 \text{ kWh/m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$
- sandsten $c = 0,5 - 0,7 \text{ kWh/m}^3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$

För att bedöma förutsättningarna för värmelagring i en akvifer måste dessutom möjligheterna till uttag och inlagring av värme belysas. Dessutom måste formationens geohydrologiska egenskaper bestämmas, vilka i hög grad avgör värmeförlusternas storlek från lagret.

I övrigt se värmelagring i finsediment.

Värmelagring i berg

För lokalisering av berggrumslager krävs i första hand information om berggrundens spricksystem och grundvattenförhållanden. I ett första skede kan flygbilder användas för att klassificera förekommande spricksystem och välja ut lämpliga bergplintar. I ett senare skede krävs undersökningsborrningar och propumpningar för att lokalisera värmelagret och erhålla underlag för mer detaljerade värmeförlustberäkningar.

Värmelagring i berggrunden kan ske på olika sätt, t ex i öppna berg-
rum, i blockfyllda bergrum eller i borrhålslager.

För att beräkna energi- och effektpotential samt värmeförluster från
ett värmelager krävs i princip uppgifter om:

- volym
- geometri
- temperaturförhållanden
- bergartens: värmekapacitet
 värmeledningsförmåga
 densitet
 permeabilitet och transmissivitet
- driftsstrategi

För borrhålslager krävs dessutom uppgifter om borrhålens djup, diameter
och avståndet mellan borrhålen.

Modellstudier av värmelager kan göras relativt enkelt genom en teore-
tisk beräkning av vissa delparametrear eller genom användning av erfa-
renhetsvärden på i första hand termiska och hydrauliska parametrar.

8. DIGITALA KARTLÄGGNINGSSYSTEM

8.1 Allmänt

För att effektivisera framställning och hantering av bl a kartor har digitala kartläggningssystem utvecklats. Utvecklingen har gått snabbt eftersom koordinatbunden information utgör basinformation för en rad sektorer och verksamhetsområden inom samhället.

I de digitala kartläggningssystemen samlar man uppgifter av olika slag och lagrar informationen i en databank. Från denna databank kan sedan informationen hämtas, bearbetas och redovisas i form av kartor, ritningar, tabeller m m. Redovisningen sker som regel med hjälp av digitalt styrda ritmaskiner, skrivare och kartografiska plottrar.

En viktig del av koordinatdatahanteringen är redovisning av t ex information i form av kartor, diagram m m.

Färgbildskrivaren som nu finns tillgänglig på flera håll i landet tillåter en snabb och mångsidig redovisning av koordinatsatta data i form av rasterade eller färglagda kartor. Vid redovisningen kan kartskala, utsnitt, ritmaner, färgsättning, symboler m m väljas mycket fritt med samma grundmaterial som bas.

Inom ramen för detta projekt har färgbildskrivaren testats med avseende på redovisning av digitaliserade geodata.

8.2 Basdatamaterial

Som underlag för de kartor som bearbetas och redovisats med hjälp av färgbildskrivaren har använts:

- koordinatsatta och kodade borrhningar (brunnar från SGU:s brunnsarkiv)
- koordinatsatta och kodade ytor från jordartskartan Gbg SO, 2i i skala 1:10 000

- koordinatsatta och kodade ytor från berggrundskartan Gbg SO i skala 1:50 000
- koordinatsatta och kodade ytor och borrhingspunkter från en energigeologisk karta (6 blad) i skala 1:10 000, som framtagits inom ramen för detta projekt, exempel 9.3.

8.3 Koordnatdatahantering och kodning

Inläsningen av koordinatdata kan ske på olika sätt. Inom detta projekt har lagring och bearbetning av borrhingspunkter och brunnar skett genom angivande av aktuella koordinater för respektive borrhingspunkt. Varje borrhining har sedan kodats med avseende på borrhningstyp, kapacitet, djup m m.

När det gäller ytinformationen från de geologiska kartorna så har en viss rutstorlek definierats (50 x 50 m i naturen). Rutstorleken har valts både med hänsyn till karteringsmetodik och tidsåtgång för koordinatregistrering.

Varje yta har sedan kodats med avseende på respektive ytas egenskaper (jordart eller bergart). Lagringen av informationen har gjorts i form av en punktmatris där mittpunkten för varje yta har koordinatsatts.

Vid koordinatregistreringen av ytor har vissa regler definierats vid kordineringen:

- registreringen har skett med avseende på den dominerande jord- eller bergartsenheten inom varje ruta.
- om två eller flera enheter förekommer inom en ruta har den enhet som procentuellt har störst täckning registrerats.

Prioritering vid digitaliseringen av jordartskartan

- om 1/3 vatten förekommer inom rutan har rutan kodats som vatten.
- alla mindre områden med berg inom en annan större enhet har alltid kodats som berg.
- små friliggande enheter som fallit på gränslinjen mellan två större enheter har flyttats till närliggande ruta.
- enheter som ligger åtskilda, t ex mindre bergområden med mellanliggande finsediment, har registrerats på sådant sätt att de ligger åtskilda även efter registreringen.

8.4 Bearbetning och redovisning

Den digitaliserade geoinformationen har tagits ut i form av stansade remsor eller band, som har skickats för bearbetning och upplottning i färgbildskrivaren.

Innan upplottningen definierades vilka enheter som skulle redovisas, kartskala, färger, layout m m. I vissa fall har separata beräkningar utförts och redovisats i anslutning till kartorna.

Koordinatinläsning och kodning av de olika parametrarna (ca 30.000 punkter) utfördes på ett digitaliseringsbord, Altec. För bearbetning och sortering av den inlagrade datamängden användes en dator, HP 1000. Datamängden överfördes innan upplottning till magnetband via Göteborgs datacentral.

Upplottningen av kartorna i färgbildskrivare har skett vid Lunds datacentral och vid SGU:s ADB-enhet i Uppsala. Upplottningen har gjorts på bifogade underlagskartor i varierande skalor. I huvudsak har papperskopior på topografiska kartor i skala 1:50 000 och ekonomiska kartor i 1:10 000 och 1:20 000 använts som underlagskartor.

De framtagna kartorna redovisas och kommenteras i kapitel 9 "Exempel på energigeologiska kartor".

8.5 Erfarenheter med utgångspunkt från de datorframställda kartorna

Digitalisering

Inläsning av lägesbestämda data (koordinatdata) kan ske på flera sätt. Här har valts att registrera punkter eller ytor längs ett rutsystem som lagts över underlagskartan. Detta arbetssätt har underlättat en systematisk digitalisering av underlagsmaterialet med mycket få fel-registreringar.

Denna registreringsmetod har dock flera nackdelar. För det första måste en viss rutstorlek definieras. Rutstorleken skall vara lämplig både med tanke på redovisningen och med hänsyn till att kartorna skall kunna plottas upp i olika skalor. Rutorna måste också vara tillräckligt stora för att inte digitaliseringsarbetet skall vara alltför tidskrävande. Detta måste i sin tur ställas i relation till den minsta enhet som skall kunna redovisas från underlagskartan.

I stället för en punktvis registrering längs profiler kan en ytas omslutande polygon registreras med ett lämpligt antal x- och y-koordinater. Detta förfaringsätt ger en geometriskt korrekt bild av den digitaliserade ytan och registreringstätheten kan anpassas till polygonens förlopp. Nackdelen med polygonregistreringen är att samma linjer ibland måste digitaliseras två gånger vilket kan ge glapp vid upplottning i större skalor. Dessutom är det lätt att missa enstaka polygoner.

Den här använda profilregistreringen har fungerat tillfredsställande. I genomsnitt har ca 300-700 punkter per timma kunnat registreras beroende på vilket underlagsmaterial som har digitaliserats.

Dataöverföring

Inlästa koordinatdata har efter digitalisering och korrigeringslagts över på hålremsor. Informationen på hålremsorna har sedan lästs in och bearbetats i en HP 1000. Här har formatet anpassats för att passa färgbildskrivaren. Via Göteborgs datorcentral överfördes den inlagrade datamängden till magnetband som sedan skickades till Lunds datacentral för upplottning.

Hantering av datamängden från själva digitaliseringen till dess att datamängden varit anpassad och lagrad för körning i färgbildskrivaren har varit tidsödande och besvärlig. Detta har dels berott på att befintliga utrustningar har använts, dels beroende på kommunikations-svårigheter mellan de använda utrustningarna och programmen. Bl.a. har programmeringsinsatser varit nödvändigt att genomföra i flera omgångar vilket medfört onödigt höga kostnader. Genom en kontinuerlig användning av datoriserad redovisningsteknik bedöms dock dessa nackdelar helt kunna undvikas.

Upplottning i färgbildskrivaren

Upplottningen i färgbildskrivaren har gjorts med befintliga programvaror UNIRAS-RASPAK från European Software Contractors Aps. Innan upplottningen valdes färgkoder, linjetjocklekar, bokstäver m.m. Som regel har inga problem uppstått vid upplottningen av det inlagrade materialet annat än att borrhållningar m.m. behövs flyttas när de hamnat för tätt med vald symbolstorlek.

Däremot har utformning och redigering av teckenförklaringar medfört ett relativt stort arbete och krävt programmeringsinsatser i samband med upplottningen i färgbildskrivaren. Detta arbete hade avsevärt kunnat reducerats om den som ansvarat för kartornas framställning varit med i samband med upplottningen och kunnat redigerat kartorna "on line".

Kostnader

Kostnaden för de datorritade kartorna har varit av samma storleksordning som de manuellt ritade och rasterade kartorna. Kostnadsfördelningen har dock varit helt olika för de två framställningsmetoderna.

För de manuellt ritade kartorna har ca 50 % av kostnaden legat på utarbetande av konceptkartor och ca 50 % på renritning, rastering och färdigställande av tryckoriginal. För de datorritade kartorna har

ca 30 % av kostnaden legat på digitalisering, 60 % på samordning, programmering och kommunikation medan kostnaden för upplottning endast har varit ca 10 % av totalkostnaden.

Sammanfattningsvis bedöms kostnaden för dataritade kartor avsevärt kunna reduceras genom att effektivisera datahanteringen mellan själva digitaliseringen och upplottningen i färgbildskrivaren.

9. EXEMPEL PÅ ENERGIGEOLOGISKA KARTOR

9.1 Allmänt

Inom ramen för detta projekt har ett antal redovisningsexempel arbetats fram inom ett valt försöksområde. Försöksområdet omfattar Lerums kommun och det område som täcks av topografiska kartbladet Göteborg 7BSO. Lerums kommun ligger till ca 75 procent inom detta kartblad.

Avsikten har inte varit att genomföra en heltäckande inventering och redovisning av förutsättningarna för värmelagring och värmeutvinning inom försöksområdet utan att ge vissa exempel och att illustrera den föreslagna inventerings- och redovisningsmetodiken.

Underlagsmaterialet har utgjorts av den geoinformation som normalt finns inom varje kommun med vissa variationer med avseende på materialets omfattning och kvalitet.

Inom projektet har två typer av redovisningsmetoder testats, dels en konventionell redovisning i form av handritade kartor, dels en datoriserad redovisning av digitaliserade och kodade geodata, som plottats upp i en färgbildskrivare.

9.2 Exempel - Energigeologisk översiktskarta över Lerums kommun, bilaga 1

Målsättning och bakgrund

I ett översiktligt planskede behövs i första hand kunskap om större värmeutvinnings- och lagringsresurser i anslutning till tätorterna inom en kommun. Denna information kan sammanställas från befintliga geologiska kartor.

Bifogade kartexempel redovisar en översiktlig bedömning av förutsättningarna för värmeutvinning och värmelagring inom Lerums kommun. Kartan utgör ett beslutsunderlag i samband med den kommunomfattande fysiska planeringen och värmeplaneringen. Beroende på den aktuella planeringssituationen kan undersökningar av en viss formation eller ett visst område initieras.

Basdatamaterial

Som underlagskartor och basdatakartor har använts SGU:s jordarts- och berggrundsgeologiska kartor i skala 1:50 000. Dessutom har referensvärden, teoretiska beräkningar eller uppmätta värden utnyttjats för vissa specifika parametrar i samband med potentialbedömningen.

Redovisning

Redovisningen av områden med förutsättningarna för värmelagring och värmeutvinning har gjorts i form av en enkel zonkarta. Potentialbedömningarna redovisas i form av tabeller i anslutning till kartan.

Vid sammanställningen av zonkartan har jord- och bergarterna inom området grupperats med avseende på förmågan att lagra eller avge värme.

Följande enheter har skilts ut:

- Isälvsavlagringar
- Finsediment ställvis över- eller underlagrade av grovsediment
- Morän, kalt berg samt mindre områden med finsediment, grovsediment samt organiska jordarter
- Torv (områden > 25 ha)
- Bergarter med låg regional permeabilitet och låg värmeledningsförmåga

Denna enkla sammanställning möjliggör en teknik- och resursbedömning för de redovisade zonerna, se karta 1.1 i bilaga 1.

Den tekniskt möjliga potentialen har bedömts med hjälp av referensvärden och teoretiska beräkningar enligt de principer, som tidigare har redovisats, se tabell 1.1 och 1.2 i bilaga 1 samt kapitel 7.

Till varje delzon kan en mer eller mindre omfattande textdel redovisas som komplement till kartan. Här ges ett exempel på en kortfattad textbilaga till en av de utskiljda zonerna, "Områden med förutsättningar för grundvattenvärme", se bilaga 1.

9.3 Exempel - Energigeologisk karta över en mindre tätort, Gråbo, Lerums kommun, bilaga 2

Målsättning och bakgrund

I samband med den fysiska planeringen och värmeplaneringen för en tätort krävs en mer detaljerad information om naturvärmeresurserna.

I föreliggande exempel har målet varit att göra en inledande översiktlig inventering av befintliga naturvärmeresurser. Här har antagits att inventeringen skall ligga till grund och utgöra ett beslutsunderlag i planeringsprocessen när det gäller införande av naturvärmesystem.

Avsikten har inte varit att göra en heltäckande inventeringen utan att ge exempel på hur befintlig geoinformation kan utnyttjas och redovisas i detta sammanhang.

I exemplet ingår 6 kartor, vilka redovisas i bilaga 2. Till varje karta hör ett textavsnitt som redovisas nedan. Inventeringen har utförts i anslutning till tätorten Gråbo med ca 4000 invånare.

Karta 2.1 - Undersökningar, se bilaga 2.1

Kartan redovisar vilka undersökningar som utförts inom området. Området är relativt väl undersökt både när det gäller kartering av jordarter och borrhningar för att fastställa jordlagerföljden och marklagrens tekniska egenskaper. Följande geoinformation har funnits tillgänglig:

Göteborgs förorter, 1976, Gråbo områdesplan, inventering och fältkontroll av geotekniska förhållanden, skala 1:4000.

SGU 1976 Jordartskartan Göteborg SO med beskrivning.

SGU 1977 Berggrundskartan Göteborg SO med beskrivning

SGU 1982 Utdrag från brunnsarkivet, kartbladet Göteborg SO

SGU Jordartskarta (karteringsunderlag 3i) skala 1:10 000

VIAK AB 1980 Förfrågningsunderlag för utförande av rörbrunn vid Rb 8004.

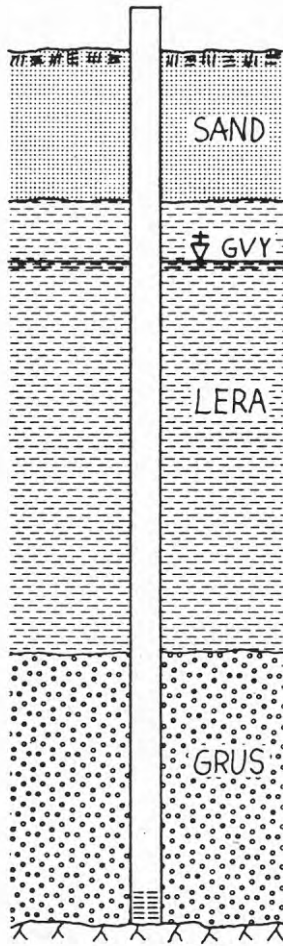
VIAK AB 1980 Redogörelse för kontroll av ny brunn vid Rb 8004.

VIAK AB 1981 Lerums kommun Gråbo, Hydrogeologisk undersökning

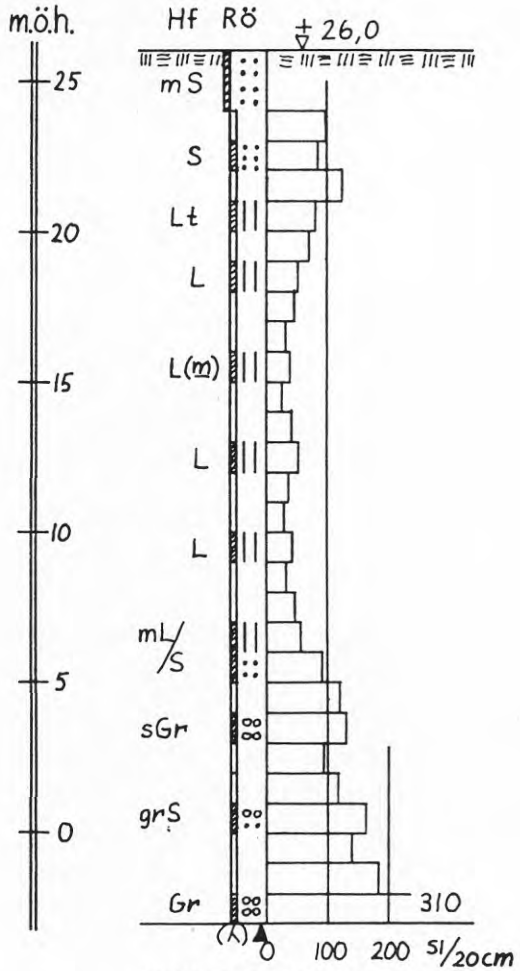
VIAK AB 1982 Flygbildsstudie

En redovisning av utförda undersökningar inom området illustrerar på ett bra sätt det tillgängliga faktaunderlaget samtidigt som de producerade kartornas tillförlitlighet kan bedömas. En sammanställning av utförda undersökningar torde också vara av stort värde som underlag för övriga typer av inventeringar, som normalt genomförs inom ramen för kommunernas planeringsarbete. En karta av typ 2.1 borde således finnas inom varje kommun, t ex i ett geodataarkiv och inte tas fram speciellt inom ramen för varje inventeringsprojekt.

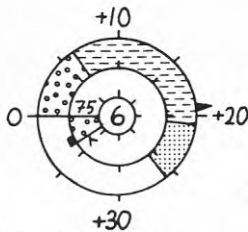
På denna kartbild har undersökningsborrningarna enbart redovisats med punkter. Om kartskalen tillåter bör resultatet av borrningen redovisas i plan. Detta kan antingen göras enligt SGF:s normer (SGF 1980) eller också med cyklogrammetoden, (Andersen 1973). Figur 9.1 redovisar några olika metoder för redovisning av borrningar i profil och plan (Holmstrand, Wedel 1977).



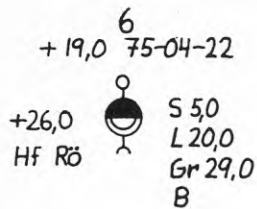
BESKRIVANDE GEOLOGISK PROFIL



STANDARDSEKTION ENL. SGF



CYKLOGRAM



PLAN ENLIGT SGF

Figur 9.1 Några olika metoder för redovisning av borrhningar i profil och plan (Holmstrand, Wedel 1977)

Karta 2.2 - Jordarter, se bilaga 2.2

Jordartskartan redovisar förekommande jordarter och jordartsgränser samt områden med kalt berg. Vid sammanställningen har information huvudsakligen hämtats från geologiska kartor i skala 1:4 000 - 1:10 000 samt från utförda borrningar.

Kartan ger en relativt differentierad bild av förekommande jordarter och utgör ett underlag för en teknik- och resursvärdering för många olika ändamål, t ex värmeutvinning, värmelagring, grundvattenförsörjning, infiltration av dag- och avloppsvatten, naturmaterialresurser, skredriskbedömning mm.

En kvantifiering av resurserna kan alltid göras överslagsmässigt enbart med den geologiska kartan som underlag. För att öka tillförlitligheten är det dock önskvärt att ha tillgång till ytterligare information, t ex borrningar eller uppgifter på andra geoparametrar.

Karta 2.3 - Värmeutvinning - Ytjordvärme, se bilaga 2.3

Kartan redovisar zoner där tekniska förutsättningar finns för utvinning av ytjordvärme genom nedgrävda slangsystem.

Inom den rastrerade zonen förekommer

- 1 finsediment
- 2 morän
- 3 grovsediment underlagrade av finsediment
- 4 tunt torvlager på finsediment
- 5 torv
- 6 sand, grus

Inom områden med berg och grövre isälvsmaterial saknas förutsättningar för ytjordvärmsystem.

Förutsättningarna för värmeutvinning inom de övriga 6 utskilda zonerna varierar beroende på marklagrens fysikaliska egenskaper. Inom vissa av zonerna kan förutsättningarna bedömas vara goda enbart med kunskap

om de olika jordarternas normala markegenskaper. I andra fall krävs olika typer av undersökningar för att bedöma förutsättningarna inom respektive jordartszon.

Inom zonerna 1 och 4 bedöms således förutsättningarna för värmeutvinning vara goda. Potentialen kan erfarenhetsmässigt uppskattas till ca 40-80 kWh/m² markyta och år. Effektuttagen kan uppskattas till max 10 W/m nedgrävd slang under långa tidsperioder medan kortvariga effektuttag på upp till ca 40 w/m slang bedöms vara möjliga. Den möjliga belastningen avgörs i huvudsak av den befintliga markanvändningen och vegetationens tålighet.

Inom zonerna 3 och 6 krävs kompletterande uppgifter om grundvattenytans läge och variation under året samt eventuella grundvattenflöden för att avgöra lämpligheten för värmeutvinning. En torr sand är direkt olämplig för värmeutvinning medan en sandformation med ytlig grundvattennivå och ett visst flöde av grundvatten kan vara mycket lämplig.

Inom zon 2 krävs uppgifter om moränens mäktighet och mekaniska sammansättning, främst halten av sten och block för att bedöma schaktbarhet. Dessutom krävs uppgifter om grundvattenytans läge och variation under året. En lättschaktad finkornmorän med hög vattenhalt kan vara mycket lämplig för värmeutvinning och medge höga effektuttag per meter slang, medan en hårt packad morän kan omöjliggöra nedläggningen av slangsystemen.

Inom zon 5 krävs mäktighetsuppgifter samt information om torvens vattenhalt och grundvattenytans läge.

En lämplig zonindelning ger alltså möjlighet att utskilja områden som med stor sannolikhet är lämpliga för värmeutvinning. Inom övriga zoner kan erforderliga undersökningar specificeras och eventuellt genomföras i ett senare planskede om det blir aktuellt.

Potentialen kan i ett första skede bedömas med utgångspunkt från jordarternas normala markfysikaliska egenskaper eller i form av referensvärden, som bör regleras med utgångspunkt från de erfarenheter som successivt framkommer vid driftuppföljning av projekterade ytjordvärme-system.

Karta 2.4 - Värmelagring, se bilaga 2.4

Kartan redovisar zoner med förutsättningar för värmelagring i akvifer, torv, finsediment och i berggrunden. Förutom jordartskartan har information om jorddjup och lagerföljdsförhållanden utnyttjats för avgränsningen av de utskiljda zonerna. Dessutom har en flygbildstolkning utförts för att bedöma de tektoniska förhållandena i berggrunden.

Följande zoner har skilts ut:

- områden med finsediment (lera och silt)
- områden med grovsediment (isälvsmaterial)
- områden med torv
- bergplintar med låg frekvens av vattenförande sprickzoner

Jordarternas mäktighet har bedömts med utgångspunkt från tillgängliga borrhningar och indelats i tre klasser, 0-10 m, 10-20 m, mer än 20 m.

Inom områden med finsediment och torv finns tekniska förutsättningar för värmelagring via slutna slang- eller rörsystem.

Inom områden med grovsediment finns tekniska förutsättningar för värmelagring i grundvattnet (akviferlagring). Uttag och inlagring sker vanligtvis med brunnar.

Inom de utskilda bergområdena finns förutsättningar för värmelagring i öppna eller blockfyllda bergrum eller i borrhålslager.

Lagringskapaciteten inom de olika zonerna har beräknats, se tabell 9.1. Beräkningen har skett enligt de principer som redovisas i kapitel 7. Hänsyn har ej tagits till värmeförluster, som dock kan uppskattas till ca 20 procent vid stationära förhållanden.

Tabell 9.1. Lagringskapacitet inom utskilda zoner.

Förutsättningar:

Lagringskapacitet finsediment	1 kWh/m ³ °C
Lagringskapacitet akvifer	0,75 kWh/m ³ °C
Lagringskapacitet vatten	1.163 kWh/m ³ °C

 Δt finsediment 20°C Δt akvifer 20°C Δt berggrum 40°CVolym berggrum 100 000 m³Volym lera 100 x 100 x mäktigheten m³Volym akvifer 100 000 m³

Formation	Lagrings- kapacitet (GWh)	Lägenhetsekvivalenter (1 lgh = 10 000 kWh)
Finsediment 10 m	2	200
Finsediment 20 m	4	400
Akvifer 10 m	1,5	150
Berggrum	4,6	460

Kartan ger en relativt noggrann redovisning av områden med förutsättningar för olika typer av värmelagring. Därmed ges möjlighet att reservera mark för framtida värmelagring samtidigt som möjlighet ges till planering och samordning med övriga verksamheter inom området, t ex grustäktexploatering, vattenförsörjning m m.

Den översiktliga potentialbedömningen ger ett första underlag inom ramen för den fysiska planeringen och värmeplaneringen.

Karta 2.5 - Värmeutvinning från grundvatten i jordlagren, se bilaga 2.5

Kartan redovisar zoner med förutsättningar för utvinning av grundvattenvärme. Följande zoner har urskiljts.

- isälvsavlagringar
- mo-, sand- och grusavlagringar
- friktionsmaterial under finsediment
- friktionsmaterial över finsediment

Förutsättningarna för uttag av grundvattenvärme har indelats i tre klasser:

- mycket goda förutsättningar
- goda förutsättningar
- vissa förutsättningar

Indelningen av de olika zonerna och klassningen av förutsättningarna för uttag har gjorts med utgångspunkt från jordartsfördelningen inom området samt genom information om jordlagerföljden från utförda borrhningar.

Potentialen har beräknats enligt de principer som redovisas i kapitel 7 och bilaga 4 och redovisas nedan:

- Områden med mycket goda förutsättningar för grundvattenvärme:

Grundvattenbildningen har teoretiskt beräknats till ca 30 l/s. Motsvarande uttag bedöms kunna ske via en eller flera uttagsbrunnar inom isälvsavlagringen. Inom området finns goda förutsättningar att ytterligare förstärka potentialen genom infiltration av sommarvarmt ytvatten eller soluppvärmt grundvatten.

- Områden med goda förutsättningar för grundvattenvärme:

Områden i direkt anslutning till isälvsavlagringen utgörs av sand, grus eller mo, i vissa fall i form av svallsediment där underliggande finsediment kan förekomma. Förutsättningarna för uttag och infiltration bedöms dock variera i större omfattning

jämfört med själva isälvsavlagringen, varför mer omfattande undersökningar sannolikt krävs inom de markerade områdena vid ett eventuellt utnyttjande.

Inom övriga markerade områden bedöms förutsättningarna för uttag vara goda. Förutsättningarna för värmeutvinning begränsas dock av en relativt liten grundvattenbildning samt av att avlagringarnas mäktighet i vissa fall kan vara liten. Potentialen bedöms inom de flesta områdena vara lägre än ca 2 l/s.

- Områden med vissa förutsättningar för grundvattenvärme under täckande finsediment:

Från borrningsdata framgår att friktionsmaterial förekommer under stora delar av de täckande finsedimenten. I vissa fall bedöms friktionsmaterialet utgöras av grovsediment med hydraulisk kontakt med isälvsavlagringen. Genom uppgifter om friktionsmaterialets mäktighet och avsänkingsmöjligheter i en antagen brunn samt referensvärden för friktionsmaterialets genomsläpplighet har det möjliga uttaget beräknats till maximalt ca 5 l/s.

För att ytterligare belysa förutsättningarna för värmeutvinning inom området krävs en undersökningsborrning med provtagning och mekanisk analys av upptagna jordprover.

- Områden med vissa förutsättningar för grundvattenvärme över finsediment:

Inom vissa partier förekommer friktionsmaterial över finsediment. I vissa fall bedöms små uttag, maximalt 1 l/s, kunna erhållas från dessa områden. Förutsättningarna måste bedömas från fall till fall genom provtagning.

För att uttrycka potentialen i energitermer kan effekt- och energipotentialen från grundvattnet beräknas enligt de principer som redovisas i kapitel 7.

Tabell 9.2 redovisar ett sätt att uttrycka potentialen för grundvattenvärme. Naturligtvis kan förutsättningarna varieras och anpassas från fall till fall, t ex när det gäller drifttider och värmefaktor för värmepumpen. För värmepumpsanläggningar som ligger som baslast i större värmeanläggningar kan värmepumpens drifttid vara lång, i vissa fall hela året. Normala drifttider i medelstora anläggningar är vanligtvis drifttider i storleksordningen 4000-5000 timmar per år.

Tabell 9.2 Exempel på redovisning av potential för grundvattenvärme

Förutsättningar:

$$\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$$

Drifttid värmepump = 5000 h, ca 60 %

Värmefaktor värmepump $\phi = 3$

$$1 \text{ m}^3 \text{ E01} = 9880 \text{ kWh}$$

Antagen pannverkningsgrad = 0,7

Grundvatten- flöde	Värmeeffekt grundvatten	Värmeeffekt efter värmepump	Energi efter värmepump	Energi från grundvatten	Tillsatt el till värmepump	Oljesparning
(l/s)	(kW)	(kW)	(Gwh)	(Gwh)	(Gwh)	(m ³)
1	21	31	0.155	0.105	0.050	15
2	42	63	0.315	0.210	0.105	30
3	63	94	0.470	0.315	0.155	45
5	105	157	0.785	0.525	0.260	75
10	205	314	1.570	1.025	0.545	146
20	418	628	3.140	2.090	1.050	299
50	1046	1570	7.850	5.230	2.620	747
100	2093	3140	15.700	10.465	5.235	1495

Karta 2.6 - Restriktioner, se bilaga 2.6

Värmeuttag och värmelagring i mark och vatten kommer att innebära lokala ingrepp och förändringar i miljön. Dessutom kommer i vissa fall system för värmeutvinning och värmelagring att komma i konflikt med andra typer av tekniska system och befintlig eller planerad markanvändning.

Uttag och lagring av värme i marken kan under vissa betingelser direkt eller indirekt påverka marklagren och dess egenskaper på sådant sätt att olika tekniker begränsas.

När det gäller värmeutvinning och lagring med slutna rörsystem i lera så påverkar inlagring och uttag av värme lerans fysikaliska egenskaper negativt. Under uppvärmningsfasen finns risk för att leran torkar ut och vid kylning under fryspunkten finns risk för vattenmigration och vattenanrikning runt rörsystemen. Dessa fenomen kan orsaka att lerans deformations- och hållfasthetsegenskaper försämras, vilket måste beaktas.

Minskad grundvattenbildning eller grundvattentrycksänkningar inom områden med finsediment, främst lera, har medfört stora skador under de senaste årtiondena. Omfattande sättningsskador har orsakats av bl a hårdgöring av ytor med minskad infiltration som följd, grundvattentrycksänkningar genom tunnel- och bergrumsbyggande samt genom grundvattenuttag.

I samband med grundvattenuttag nära eller under finsediment måste därför eventuella skaderisker klarläggas.

På restriktionskartan har fyra zoner urskilts. Två av zonerna redovisar den befintliga markanvändningen.

- grustäktsovmråde
- skyddsområde för en befintlig vattentäkt

De övriga två zonerna redovisar

- områden med finsediment
- områden med grovsediment

Inom dessa två zoner finns speciella restriktioner vid värmeutvinning och värmelagring.

Zonen med grovsediment

- Värmeutvinning och värmelagring måste samordnas med övrig verksamhet inom området, i första hand grustäktsverksamheten och vattenförsörjningen.
- Om grundvattnet skall återföras måste uttags- och infiltrationsbrunnar, alternativt infiltrationsbassänger, lokaliseras på sådant sätt att en nedkylning i produktionsbrunnen undviks.
- Stora grundvattenuttag kan påverka intilliggande finsediment med påföljd att sättningar erhålls.
- Bortledning av nedkylt vatten till en ytvattenrecipient kan påverka miljöförhållandena i recipienten.
- Ökande grundvattenuttag kan förorsaka en försämrad vattenkvalitet.

Zonen med finsediment

- grundvattenuttag över eller under finsedimenten kan förorsaka sättningar
- potentialen är begränsad vilken medför att ett visst minimiavstånd måste finnas mellan eventuella produktions- och infiltrationsbrunnar för att förhindra kapacitetsminskningar eller temperatursänkningar i brunnarna.
- uttag eller lagring av värme i finsedimenten kan påverka jordarternas deformations- och hållfasthets egenskaper, vilket måste beaktas vid lokaliseringen.
- värmeuttag i form av ytjordvärme kan påverka vegetationen.

Den påverkan som ett system för värmeutvinning eller värme-lagring utövar på omkringliggande mark kan i många fall beräk-nas om vissa geoparametrar är kända eller uppskattas. Nedan ges ett exempel på hur risken för sättningar eller påverkan på omkringliggande brunnar kan beräknas.

Beräkningsexempel - grundvattenuttag under finsediment

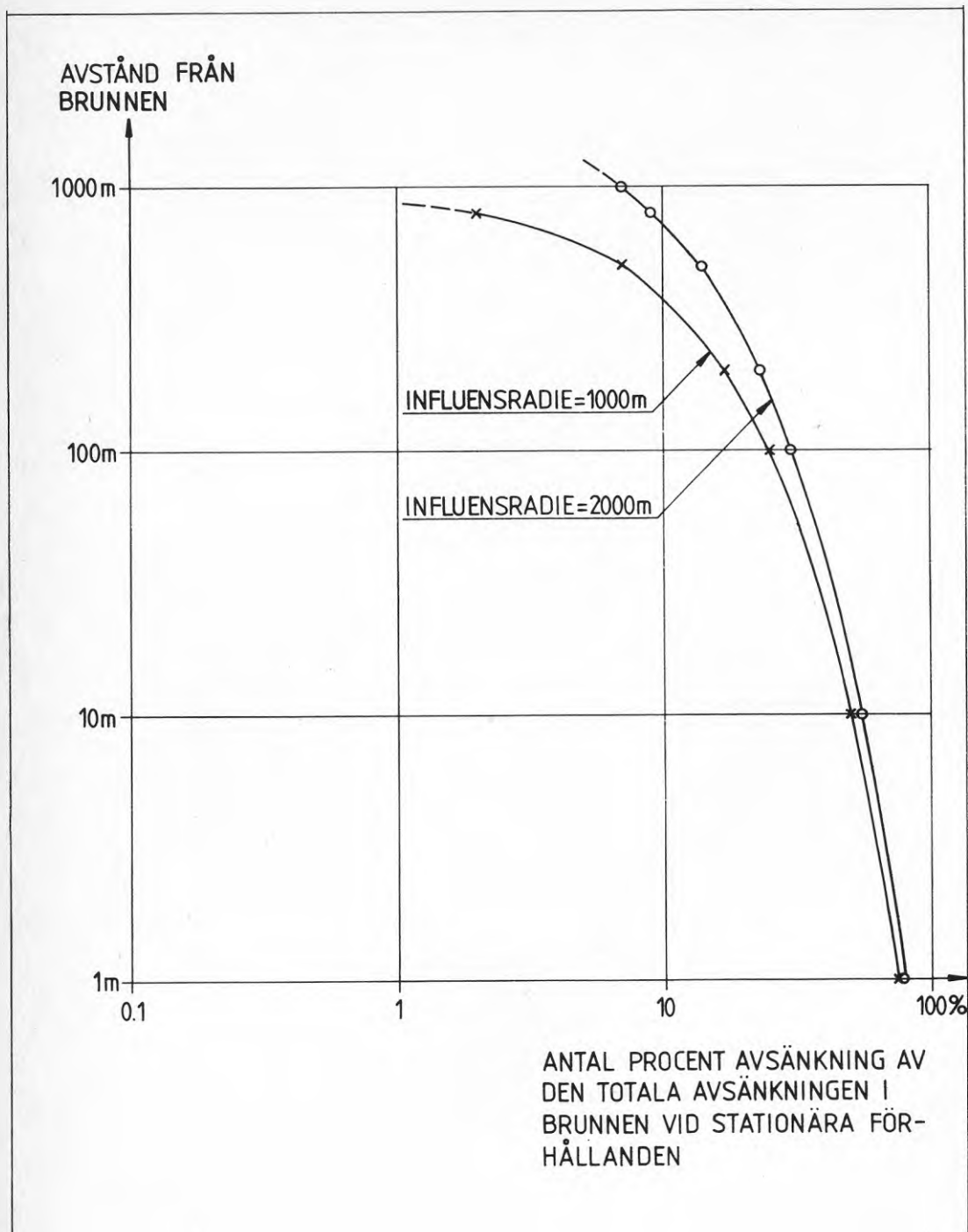
Utförda borrningar inom området visar att friktionsmaterialets mäktighet under finsedimenten är i storleksordningen 2 m. Om friktionsmaterialet utgörs av sand, vilket är troligt nära isälvs-avlagringen, kan sandmaterialets permeabilitet uppskattas till storleksordningen 10^{-4} - 10^{-3} m/s.

Om en brunn med radien 0,08 m och djupet 20 m utföres i det-ta material kommer brunnens maximala kapacitet att ligga i storleksordningen 0,5-5 l/s, med ca 15-20 m avsänkning. Effek-ten av detta uttag kan belysas genom att man plottar upp det generella samband som vid stationära förhållanden råder mellan avstånd och andel avsänkning av den totala avsänkningen i ut-tagsbrunnen, figur 9.2.

Beräkningen har utförts med två olika influensradier ($R = 1000$, $R = 2000$ m) och för en brunn med radien 0,1 m.

Avsänkningen på olika avstånd illustreras även nedan:

<u>Avstånd från brunnen (m)</u>	<u>Avsänkning (m)</u>
1	11 - 15
10	8 - 11
50	5 - 7
100	4 - 6
200	3 - 5
500	1 - 3
1000	0 - 1
2000	0



Figur 9.2 Funktionen avstånd och andel avsänkning i procent av den totala avsänkning i brunn med radien 0,1 m och influensradien $R = 1000$ m och $R = 2000$ m.

Genom att använda information om lerans geotekniska egenskaper från de utförda borrhningarna och avsänkningens storlek kan risken för sättningar belysas. Någon dylik beräkning har ej utförts men på 500 m avstånd från brunnen kan sättningarna uppskattas till storleksordningen 0,2 - 0,3 m, varvid huvuddelen bedöms ske inom ca 10 år.

9.4 Exempel - Redovisning av digitaliserade geodata för energigeologisk kartering, bilaga 3

Inom ramen för detta projekt har grunddata, ca 30 000 punkter och ytor, digitaliserats, kodats och inlagrats som basdatamaterial för framställning av olika typer av energigeologiska kartor. Det har dock ej varit möjligt att exemplifiera alla typer av utvärderingar som den inlagrade informationen medger.

I exemplen redovisas både enkla zonkartor, vilka är avpassade för kommunal planering och kartor över enskilda parametrar, som kan ha större intresse för enskilda energitekniker, hydrogeologer etc.

Karta 3.1 - Digitaliserade bergartsdata, bilaga 3.1

Som underlag har använts SGU:s berggrundsgeologiska karta SGU Ser Af nr 117 i skala 1:50 000. Förekommande bergarter har kodats och digitaliserats i rutor med storleken 1x1 mm enligt de riktlinjer som redovisas i kapitel 8.

Karta 3.1.1 och 3.1.2 redovisar inlagrade grunddata (bergartsfördelningen inom området). Som underlagskartor har valts den topografiska kartan i skala 1:50 000 och en kommunal planeringskarta i skala 1:20 000. För att exemplifiera hur kartskala, färger, "layout" m m kan ändras har ytterligare kartor plottats, bl a med den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 som underlag. Dessa kartor redovisas dock ej i denna rapport.

Karta 3.1.3 redovisar sannolikheten att erhålla en viss energimängd i form av grundvattenvärme inom de olika bergartsgrupperna. För att öka åskådligheten har varje bergart redovisats separat. I denna rapport redovisas en av de 6 upplottade kartorna.

Vid upplottningen har kartskalen valts till 1:20 000. Områden med en viss bergart har redovisats tillsammans med en tabell, som redovisar sannolikheten att erhålla en viss energimängd från brunnar, som förutsättningslöst sätts ut inom varje bergartsområde.

Vatten- eller energimängd har beräknats statistiskt med hjälp av kapacitetsuppgifter från SGU:s brunnarkiv enligt de principer som redovisas i kapitel 7 och bilaga 5.

Det inlagrade grundmaterialet ger möjlighet att producera ytterligare utvärderande kartor, t ex kartor som redovisar områden lämpliga för värmelagring i berggrum eller borrhålslager, områden lämpliga för bergvärme m m.

Karta 3.2 - Digitaliserade brunndata, bilaga 3.2

Karta 3.2.1 redovisar grundvattenkapaciteten i bergborrade brunnar inom kartbladet Göteborg 7BSO, i skala 1:50 000.

Grunddata har erhållits från SGU:s brunnarkiv, där uppgifter finns om läge, kapacitet, djup, bergart m m.

Vid upplottningen har brunnarnas kapacitet klassats i 7 intervall vilket lämnats som styrintformation tillsammans med färgkoder i en skala från blått till rött.

Potentialen för grundvattenvärme i de befintliga brunnarna har beräknats enligt vissa förutsättningar och redovisas i form av en tabell i anslutning till kartan.

Karta 3.2.2 redovisar de brunnar som finns inom det ekonomiska kartbladet Stenkullen 7B2i och är ett utsnitt av den lagrade datamängden. Här illustreras i stället den möjliga kyl-(värme)effekten från grundvatten vid kontinuerligt uttag. Dessutom redovisas ytterligare en parameter (brunnsdjupet) i anslutning till varje brunn.

Exempel 3.3 - Digitaliserade jordartsdata, bilaga 3.3

Karta 3.3.1 i skala 1:10 000 redovisar jordartsfördelningen inom det ekonomiska kartbladet 7B2i. Som underlagskarta har använts SGU:s jordartskarta Serie Ae nr 26 i 1:50 000 och den konceptkarta i skala 1:10 000 som används vid fältkarteringen.

Kartan var den första som testades inom projektet och därför digitaliserades enbart ca 75 procent av ytan på kartbladet. Mindre intressanta områden utelämnades i nordvästra och sydöstra hörnet på kartan.

Vid digitaliseringen gjordes en relativt noggrann differentiering av förekommande jordarter, vilket innebär att det digitaliserade basmaterialet kan användas för många utvärderingar med teknisk inriktning.

Här har dock enbart en enkel zonkarta tagits fram. Kartan 3.3.2 redovisar områden med förutsättningar för värmeutvinning. Från det ursprungliga basdatamaterialet har sex kodade ytor plockats ut och samredovisas nu i tre grupper:

- områden med goda förutsättningar för grundvattenvärme avser ytor med

isälvsmaterial
sand
älvsediment

- områden med goda förutsättningar för ytjordvärme och lokala förutsättningar för grundvattenvärme avser ytor med

grovmå
lera

- områden med förutsättningar för bergvärme och lokala förutsättningar för grundvattenvärme avser ytor med

berg i dagen eller ringa jordtäckte

Områden med morän, torv, fyllning och ytvatten redovisas ej i detta exempel.

Exempel 3.4 Energigeologisk karta över en mindre tätort, Gråbo, Lerums kommun, bilaga, bilaga 3.4

Målsättning och bakgrund

Föreliggande exempel redovisar datorritade kartor över Gråbo tätort, Lerums kommun. Kartorna har tagits fram i samma versioner och över samma område som redovisats i kapitel 9.3 "Exempel - Energigeologisk karta över en mindre tätort". För ytterligare information hänvisas till kapitel 9.3 och kapitel 8.5, där erfarenheterna från datorbearbetningen redovisas.

Avsikten med detta exempel har varit att:

- digitalisera de geodata som legat till grund för framställningen av de manuellt ritade kartorna.
- bearbeta och plotta upp motsvarande kartor med färgbildskrivare.
- jämföra de två metoderna och belysa tidsåtgång, kostnader, möjligheter och begränsningar m m.

Karta 3.4.1 Undersökningar, se bilaga 3.4.1

Kartan redovisar inom området utförda undersökningar. Borrningarna har digitaliserats med avseende på läge och färgkodats med utgångspunkt från borrhningstyp, utförda analyser och övriga observationer enligt SGF:s beteckningsschema (1980). Färgkoden och motsvarande SGF-beteckning redovisas i teckenförklaringen.

Programrutiner för en mer detaljerad redovisning av borrhingsdata enligt cyklogrammetoden, se figur 9.1, finns framtaget (VIAK 1980), men har inte tillämpats i detta exempel.

Det är också möjligt att för varje borrhning redovisa jordarter, lagerföljder, jorddjup, grundvattennivå m m. Detta kan göras på separata kartor för varje parameter eller på samma karta om utrymme finns tillgängligt. Det torde också vara möjligt att med datortekniken kunna redovisa borrhningarna enligt SGF:s modell.

Karta 3.4.2 Jordarter, se bilaga 3.4.2

Jordartskartan redovisar förekommande jordarter, jordartsgränser och områden med kalt berg. Vid digitaliseringen har ytor på 50 x 50 m kodats med avseende på aktuell jordart. Den inlagrade informationen ligger till grund för upplottning av de övriga kartorna "ytjordvärme", "värmelagring", "värmeutvinning från grundvatten i jordlagren" samt "restriktioner".

Färgerna på jordartskartan har anpassats till SGU:s normer för jordartsgeologiska kartor.

Karta 3.4.3 Ytjordvärme, se bilaga 3.4.3

Kartan redovisar områden med förutsättningar för värmeutvinning via ytjordvärmesystem. Indata till kartan har utgjorts av den digitaliserade jordartskartan. Här har valts att redovisa förutsättningarna för värmeutvinning i fyra klasser, goda, varierande, vissa samt inga förutsättningar. Områden där förutsättningar saknas är på kartan vita. Färgerna för förekommande jordarter har bibehållits enligt jordartskartan men hade lika gärna kunnat ändras till ett valfritt färgschema för de utskilda klasserna.

Karta 3.4.4 Värmelagring, se bilaga 3.4.4

Kartan redovisar områden med potentiella förutsättningar för värmelagring i finsediment, torv, akfiver och i berggrunden. Indata till kartan har utgjorts av digitaliserade jordartsdata som har kompletterats med uppgifter om jordlagrens mäktighet. Jordlagrens mäktighet har lagts in som ytor med mäktigheten 10 m eller 20 m. Programrutiner finns dock för interpolering med utgångspunkt från inlästa x, y eller z koordinater. För detta krävs dock en viss styrning så att interpoleringen sker inom förutbestämda polygoner, som definieras med hänsyn till de lokala geologiska förutsättningarna.

Karta 3.4.5 Värmeutvinning från grundvatten i jordlagren, se bilaga 3.4.5

Kartan redovisar fyra zoner med varierande potential och förutsättningar för utvinning av grundvattenvärme. Indata till kartan har utgjorts av digitaliserade jordartsdata samt separata beräkningar av grundvattenpotentialen inom de utskilda zonerna. Tyvärr raderades data för en av de utskilda zonerna i samband med redigeringen av materialet, varför denna zon saknas på den redovisade kartan.

Karta 3.4.6 Restriktioner, se bilaga 3.4.6

Kartan redovisar två huvudzoner inom vilka speciella restriktioner finns vid värmeutvinning och värmelagring. Kartan har kompletterats med begränsningslinjer för två grustäktsområden och ett skyddsmoråde för en befintlig vattentäkt.

10. REFERENSER

ABEM 1971. Physical property guide for rocks and minerals.
Geophysical Memorandum 4/71.

Agerstrand T, Ericsson L-O 1980. Energi ur grundvatten - inventering av stora grundvattenmagasin för energiutrustning med värmepump NE-Projekt 2060551, Slutrapport VIAK AB 1980.

Ahlbom K, Larsson S-Å, Lind, G 1978. Geotermisk energiutvinning ur sprick- och krosszoner, inledande undersökning, slutredovisning av NE 4560071. Publ B 103 CTH, GU geologiska institutionen, Göteborg.

Andersen L-J 1973. Cyklogram technique for geological mapping of borehole data. Geological Survey of Denmark III Series No. 41.

Andersson O, Gustafson G 1980. Värmelagring i djupa slutna grundvattenmagasin - Förstudie. Byggeforskningsrådet, Rapport R101:1980.

Byggeforskningsrådets referensgrupp för energigeologisk karering 1982. Att utvinna och lagra värme i mark och vatten - Metodik för inventering och redovisning av naturförutsättningar. Byggeforskningsrådet, Rapport T42:1982.

Eriksson 1980. Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden av nederbörd, avdunstning och avrinning, SMHI Rapporter Nr RHO 21.

Granholm H 1971. Om Frostens nedträngande i marken med särskild hänsyn till möjligheten att förhindra tjälskador, CTH handlingar nr 332, Göteborg.

Gustafson G, Andersson O 1979. Geotermi i SV Skåne - uppbörning och provpumpning av Höllviksnäs 1. NE-Projekt 4560 062-063. VIAK AB 1979.

Gustafson G, Norling E m fl 1980. Energigeologisk kartering - metodstudie, Byggeforskningsrådet, Rapport R 134:1980.

Holmstrand O, Wedel P 1977. Ingenjörsgelogisk kartering - redovisning av i första hand jordlager och grundvatten. Publ A17 CTH, GU, Geologiska institutionen, Göteborg.

Holmstrand O 1981. Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. Geohydrologiska forskningsgruppen medd nr 63 CTH/G 1981.

Horai 1971. Thermal Conductivity of rock-forming minerals. Journ. of Geophys. research, Vol 76 No. 5 1971.

Jetel J 1972. Hydrogeology of the Solokov Basin, function of rocks, hydrochemistry, mineral waters. Sbornik geologickýck v'ed řada HIG, Svazek 9, 1972, 7-146, Praha.

Johansson B, Nordell B 1980. Berglager - en anläggning för säsongs-lagring av värme. Forskningsrapport TULEA 1980:14, Serie A nr 39 LuH.

Kappelmeyer & Haenel 1974. Geothermics with special reference to application.

Lundegårdh P H, Lundqvist J, Lindström M 1970. Berg och jord i Sverige.

Magnusson N H, Lundqvist G, Regnéll G 1963. Sveriges geologi.

Modin B 1979. Förstudie av byggnadsuppvärmning med jordvärmepump - Geologiska faktorer, Byggforskningsrådet, Rapport R55-1979.

Ryznar J W 1944. A new index for Determining Amount of Calcium Carbonate Scale Formed by a Water Journal of American Water Works Association, Vol 36, April 1944.

Samuelsson L 1978. Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO SGU, Serie Af nr 117.

Svedinger B (red) 1981. Värme i jord, berg och vatten - utvinning och lagring, Byggforskningsrådet T1:1981.

Svenska Geotekniska Föreningen, SGF 1980. Beteckningssystem vid geotekniska undersökningar.

Sveriges Geologiska Undersökning 1980. Geologiska kartor och publikationer.

Sveriges Geologiska Undersökning 1980. Information från brunnsarkivet nr 1, 1980.

Sveriges Geologiska Undersökning 1981. Pousette J, Müllern C-F, Engqvist P, Knutsson G. Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Kalmar län. SGU Ser Ah Nr 1.

Troedsson T, Jansson P-E, Lundkvist H, Lundin L, Svensson R 1982. Ekologiska effekter av ytjordvärmeuttag. Bygghörsningsrådet, Rapport R51:1982.

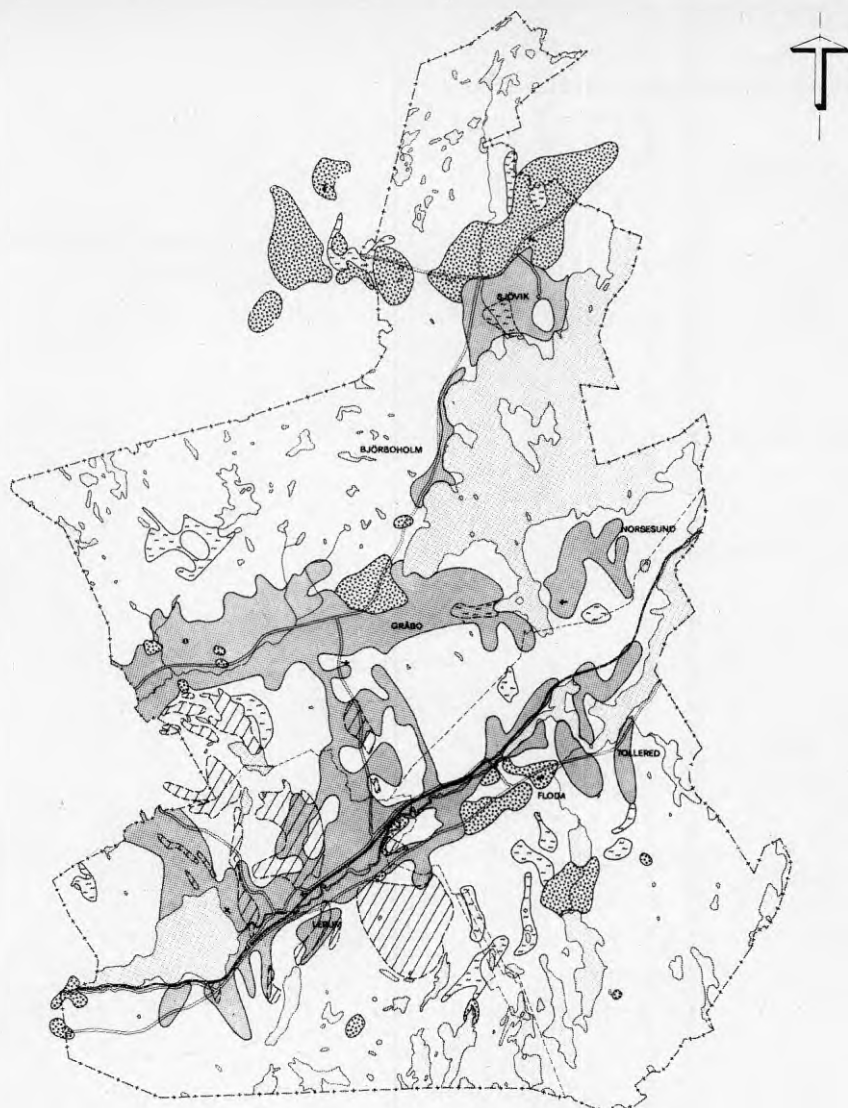
UNESCO 1970. International legend for hydrogeological maps UNESCO, Paris.

VIK AB 1980. Trelleborgs och Vellinge kommuner. Grundvatten - Utredning över tillgång, behov, utnyttjande och skydd - cyklogramkarta.

VIK AB 1981. Lerums kommun, Gråbo - Hydrogeologisk undersökning 5412.1211-05.



Bilaga 1

EXEMPEL - ENERGIGEOLOGISK KARTA ÖVER LERUMS KOMMUN



FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMEUTVINNING OCH VÄRMELAGRING

VÄRMEUTVINNING

-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENVÄRME
-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR YTJORDVÄRME
LOKALT FINNS VISSA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENVÄRME
-  OMRÅDEN MED VISSA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR YTJORDVÄRME, GRUNDVATTENVÄRME SAMT BERGVÄRME
-  YTVATTEN

VÄRMELAGRING

-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I AKVIFER
-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I FINSSEDIMENT
-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I BERGRUM
-  OMRÅDEN MED LOKALA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING
-  OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I TORV (>CA 25 HA)

LERUMS KOMMUN

SKALA
0 1 2 3 4 5 KM

VIAK A:10

Potentialbedömning

Beräkningsförutsättningar potentialbedömning

Värmeutvinning

Grundvattentemperatur	7°C, $\Delta t = 5^\circ\text{C}$
Ytjordvärme	5-10 W/m slang i genomsnitt under året, 40-80 kWh/m ² markyta och år
Bergvärme	25 W/m borrhål, djup = 100 m, $\lambda = 3 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.
Drifttid värmepumpar	5000 h
Värmefaktor värmepumpar	$\phi = 3$
1 m ³ EO1	10 000 kWh
Antagen pannverkningsgrad	70 %

Värmelagring

Akvifer och finsediment, Δt	20°C, Bergtrum $\Delta t = 40^\circ\text{C}$
Volym	150 000 m ³ (100 x 100 x 15 m)
Värmeförlust	20 %

TABELL 1.1 POTENTIAL FÖR VÄRMELAGRING

Lagertyp	Lagrings- kapacitet (kWh/m ³ °C)	Exempel på lagrings- kapacitet (150.000 m ³) (GWh)	Lägenhets- ekvivalenter (1 lgh = 10 000 kWh)
Värmelager i akvifer	0,75	1,8	180
Värmelager i finsediment	1	2,4	240
Värmelager i bergtrum	1.163	5,6	560
Värmelager i torv	1	2,4	240

TABELL 1.2 Potential för värmeutvinning

Värmekälla	Värmeeffekt från värmekälla (kW)	Värmeeffekt efter värmepump (kW)	Energi från värmepump (Gwh)	Energi från värmekälla (Gwh)	Tillsatt el till värmepump (Gwh)	Oljebesparing (m ³)
Områden med förutsättningar för grundvattenvärme	20-1000	30-1500	0.15-7.5	0.10-5	0.05-2.5	14-714
Områden med förutsättningar för ytjordvärme, potentialbedömningar avser 1 ha (100 x 100 m)	45-90	70-140	0.35-0.7	0.25-0.45	0.18-0.25	36-114
Lokalt finns vissa förutsättningar för grundvattenvärme	0-200	0-300	0-1.5	0-1	0-0.5	0-143
Områden med vissa förutsättningar för: ytjordvärme	se ovan					
grundvattenvärme	0-60	0-90	0-0.45	0-0.3	0-1.5	0-43
bergvärme (100 m, $\lambda = 3$)	2.5	3.75	0.020	0.013	0.006	0-2
Ytvatten	generell bedömning	50 w/m ² sommar 2-3 w/m ² vinter 5-15 kWh/m ² vinter				

Exempel på textbilaga till den utskilda zonen "Områden med förutsättningar för grundvattenvärme"

Geologisk formation

Markerade områden utgörs av isälvsavlagringar. Formationerna är vanligen porösa och vattengenomsläppliga och är ofta potentiella grundvattentillgångar.

Värmeutvinning

Värmeutvinning i form av grundvattenvärme bedöms kunna göras för både storskaliga och småskaliga värmesystem.

Den uttagbara värmeeffekten och energin kan beräknas om vattenflödet och temperaturen är kända. Grundvattentemperaturen är inom området ca 7°C (referensmätningar). Om vattentemperaturen sänks 5°C erhålls följande effekter vid varierande vattenflöden:

Flöde (l/s)	Effekt (kW)
0,5	10
1	20
2	40
5	100
10	200
20	400
50	1000

Potential

Potentialen inom förekommande områden har beräknats teoretiskt med avseende på grundvattenbildningen enligt bilaga 4. I vissa fall finns provpumpningsresultat från tidigare genomförda undersökningar tillgängliga.

Område	Grundvatten- kapacitet (l/s)	Effekt (kW)
Tätorter		
Gråbo	30	628
Jonsered	7,5	157
Skallsjö	14,5	303
Stenkullen	4	90
Östad nord	27	569
Östad syd	24	498
Övriga områden		
Lensjön	25	523
Målöga	1,5	31

Förutsättningar för infiltration av ytvatten för att förstärka potentialen är goda inom områdena Gråbo, Jonsered och Stenkullen.

Restriktioner

De större isälvsavlagringarna utnyttjas för närvarande till viss del som vattentäcker. I vissa fall pågår täktverksamhet.

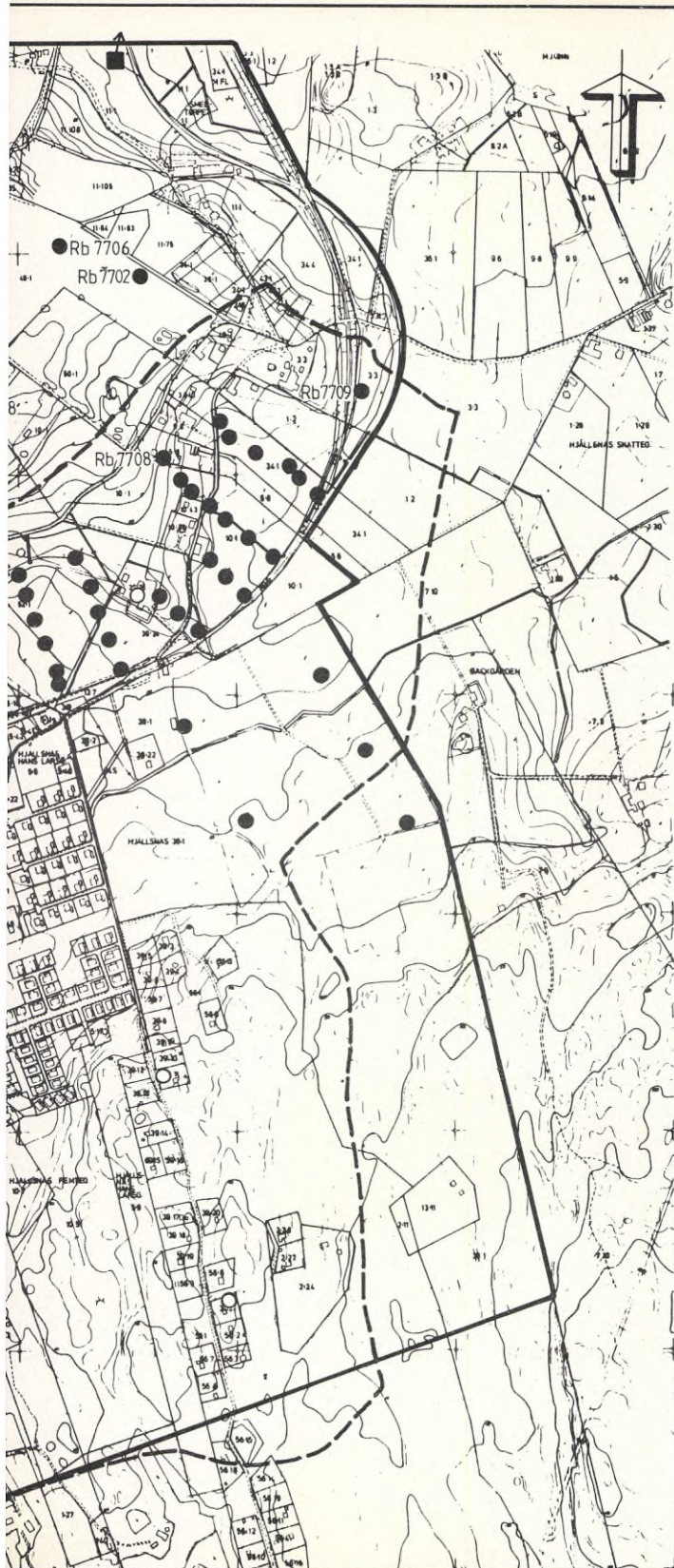
Nya eller ökande vattenuttag kan medföra en negativ inverkan på närliggande finsediment eller försämrade vattenkvalitet.

Bortledning av avkyllt vatten kan påverka temperaturförhållandena i recipienten.

Vid effektuttag motsvarande ca 3,5 l/s krävs vattendom.

EXEMPEL - ENERGIGEOLOGISK KARTA ÖVER EN MINDRE TÄTORT,
GRÄBO, LERUMS KOMMUN





LERUMS KOMMUN

GRÅBO

ENERGIGEOLOGISK
KARTERING

UNDERSÖKNINGAR

TECKENFÖRKLARING:



UNDERSÖKNINGSOMRADE

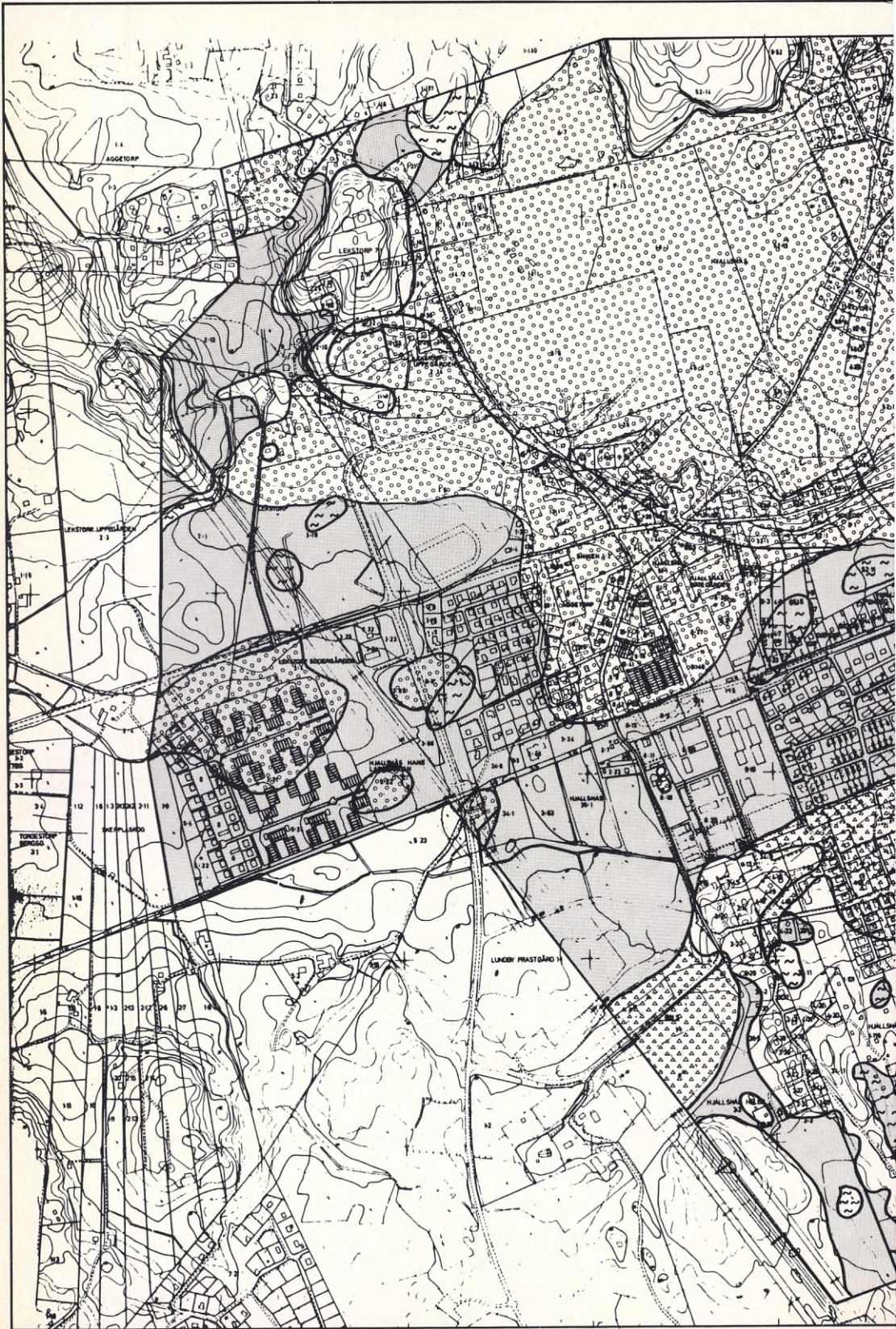


BORRNINGAR

BRUNNAR FRÅN SGU:S
BRUNNSARKIV


BRUNNAR (VATTENTÅKT)

OMRADE SOM FLYGBILDS-
TOLKATS MED AVSEENDE
PÅ JORDARTERHELA KARTBLADET TACKS
AV SGU:S JORDARTS-
OCH BERGGRUNDSGEO-
LOGISKA KARTOR



LERUMS KOMMUN
GRÅBO
ENERGIGEOLGISK
KARTERING
JORDARTER

TECKENFÖRKLARING:


 BERG I DAGEN ELLER
PÅ RINGA DJUP

 MORÄN

 GROVSEDIMENT SAND,
GRUS

 GROVSEDIMENT UNDER-
LAGRADE AV FINSEDIMENT

 FINSEDIMENT

 TUNT TORVLAGER PÅ
FINSEDIMENT

 TORV

0 100 200 300 400 500M

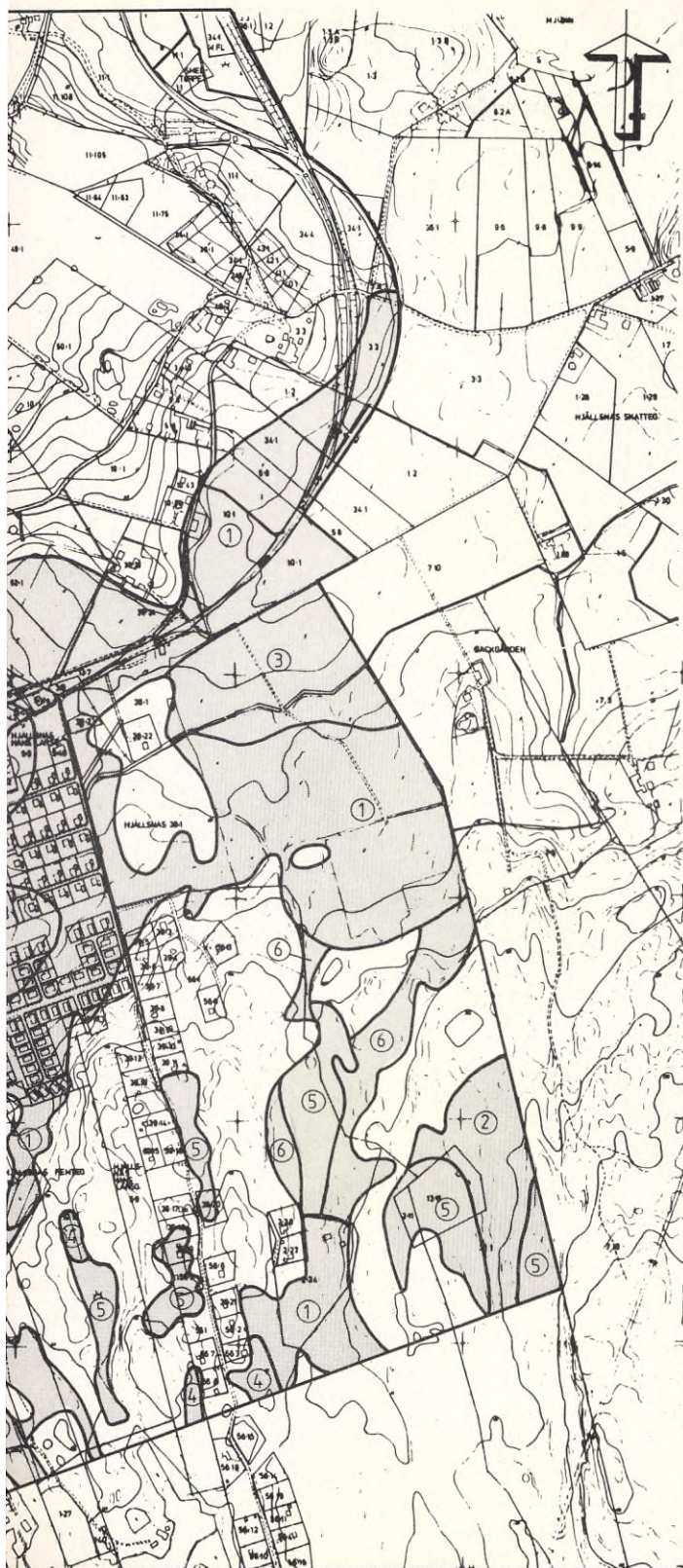


LERUMS KOMMUN

GRÅBO

ENERGIGEOLOGISK
KARTERING

YTJORDVÄRME

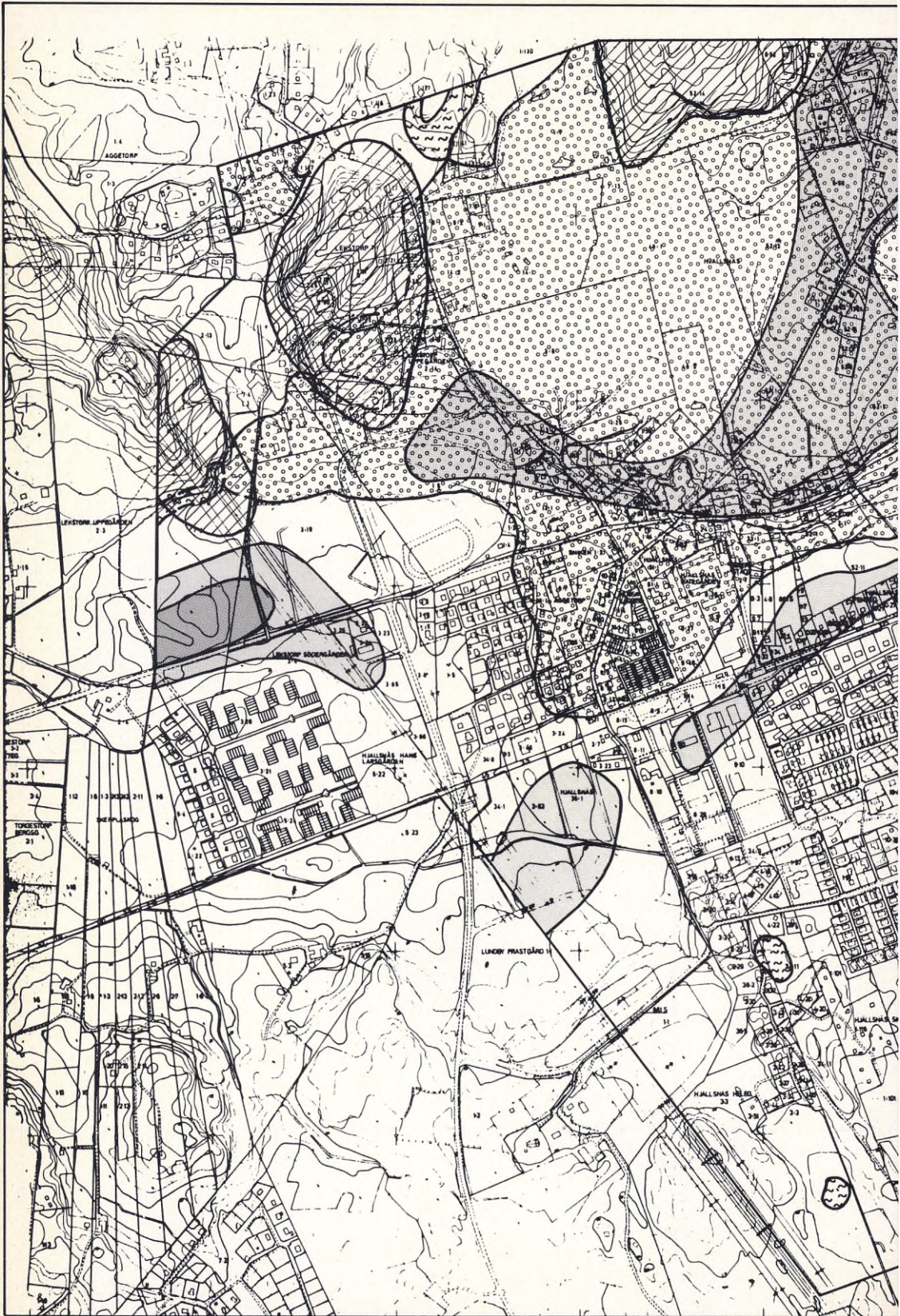


TECKENFÖRKLARING:

OMRADE MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR YTJORDVÄRME

- ① FINSEDIMENT
- ② MORÄN
- ③ GROVSEDIMENT UNDERLAGRAD AV FINSEDIMENT
- ④ TUNT TORVLAGER PÅ FINSEDIMENT
- ⑤ TORV
- ⑥ SAND, GRUS

0 100 200 300 400 500 M




LERUMS KOMMUN


GRÅBO


ENERGIGEOLGISK
KARTERING


VÄRMELAGRING

TECKENFÖRKLARING:


 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I FINSSEDIMENT


 BEDÖMD MÄKTIGHET >10M


 BEDÖMD MÄKTIGHET >20M

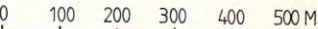
 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I AKVIFER

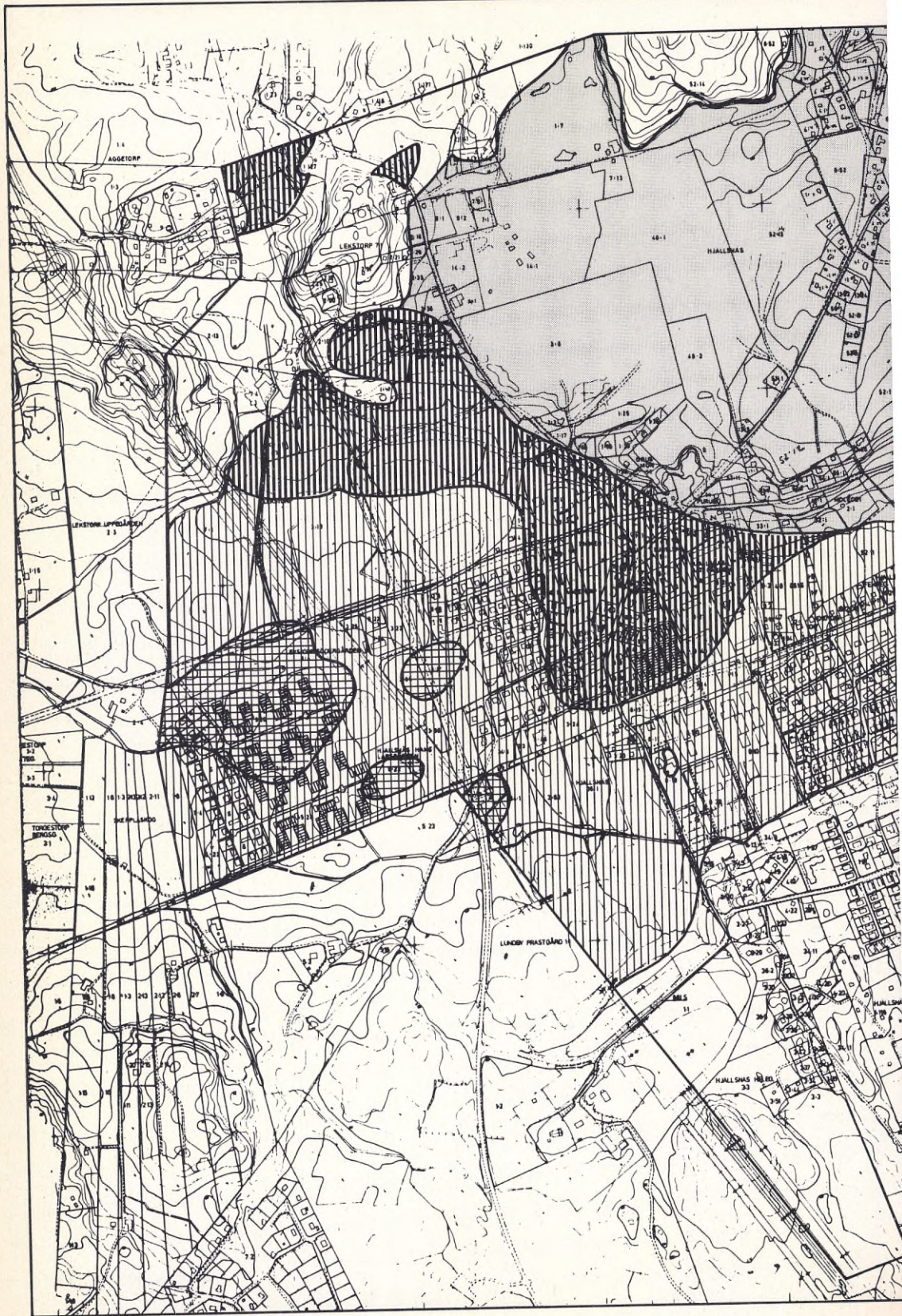
 VARIERANDE MÄKTIGHET

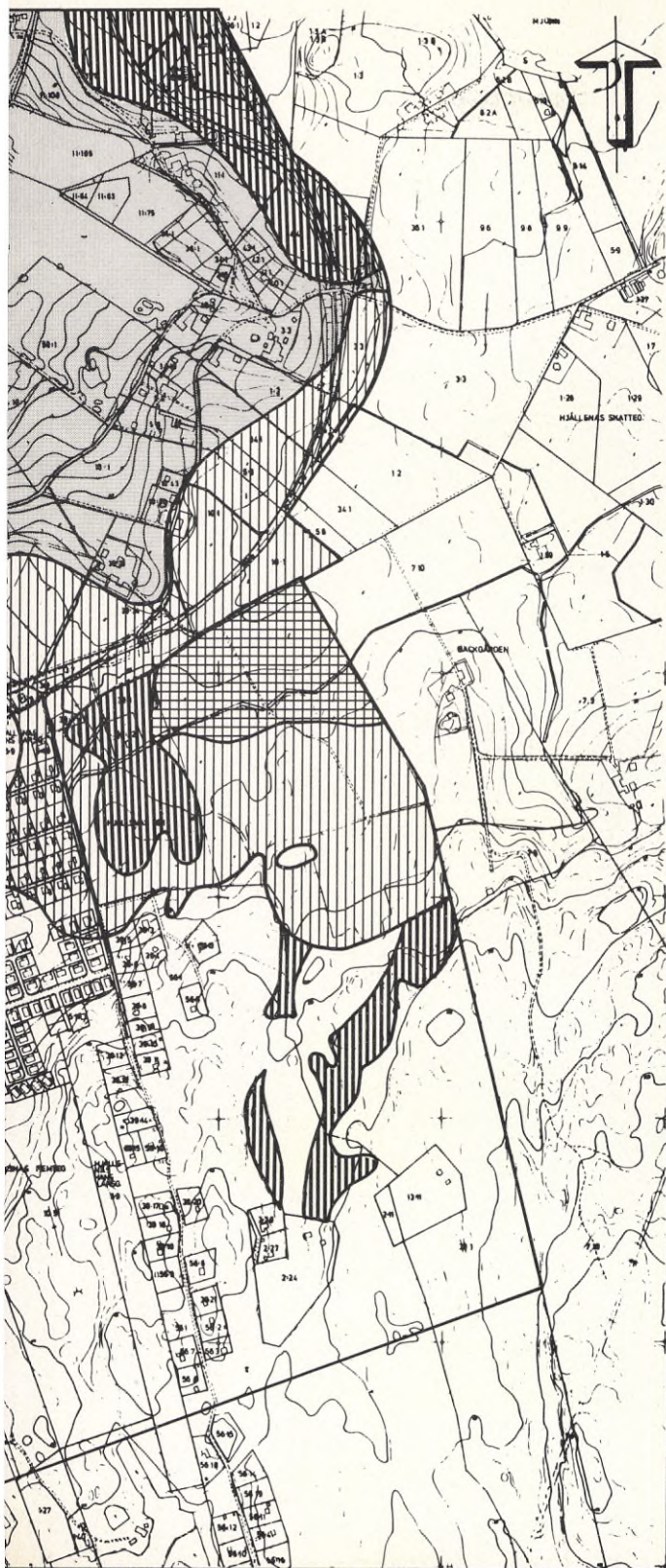
 BEDÖMD MÄKTIGHET >20M

 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I TORV. MÄKTIGHETSUPPGIFT SAKNAS

 OMRÅDEN MED FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMELAGRING I BERGRUM ELLER BORRHÅLSLAGER

 0 100 200 300 400 500 M






LERUMS KOMMUN

GRÅBO


ENERGIGEOLGISK
KARTERINGVÄRMEUTVINNING
FRÅN GRUND-
VATTEN I JORD-
LAGREN


TECKENFÖRKLARING:

OMRADEN MED

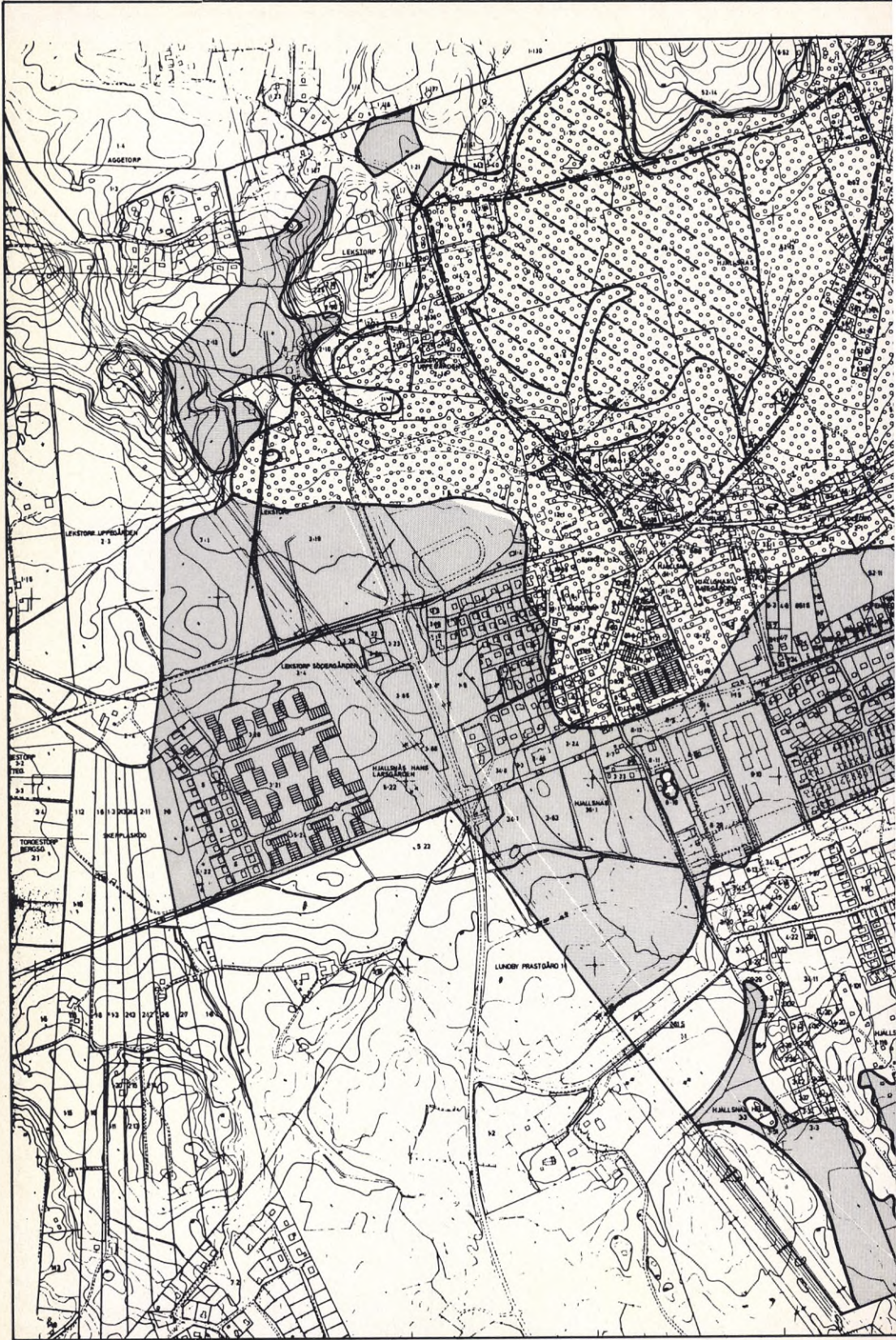
 MYCKET GODA FÖRUTSÄTTNINGAR

 GODA FÖRUTSÄTTNINGAR

 VISSA FÖRUTSÄTTNINGAR
UNDER FINSSEDIMENT

 VISSA FÖRUTSÄTTNINGAR
ÖVER FINSSEDIMENT

0 100 200 300 400 500 M

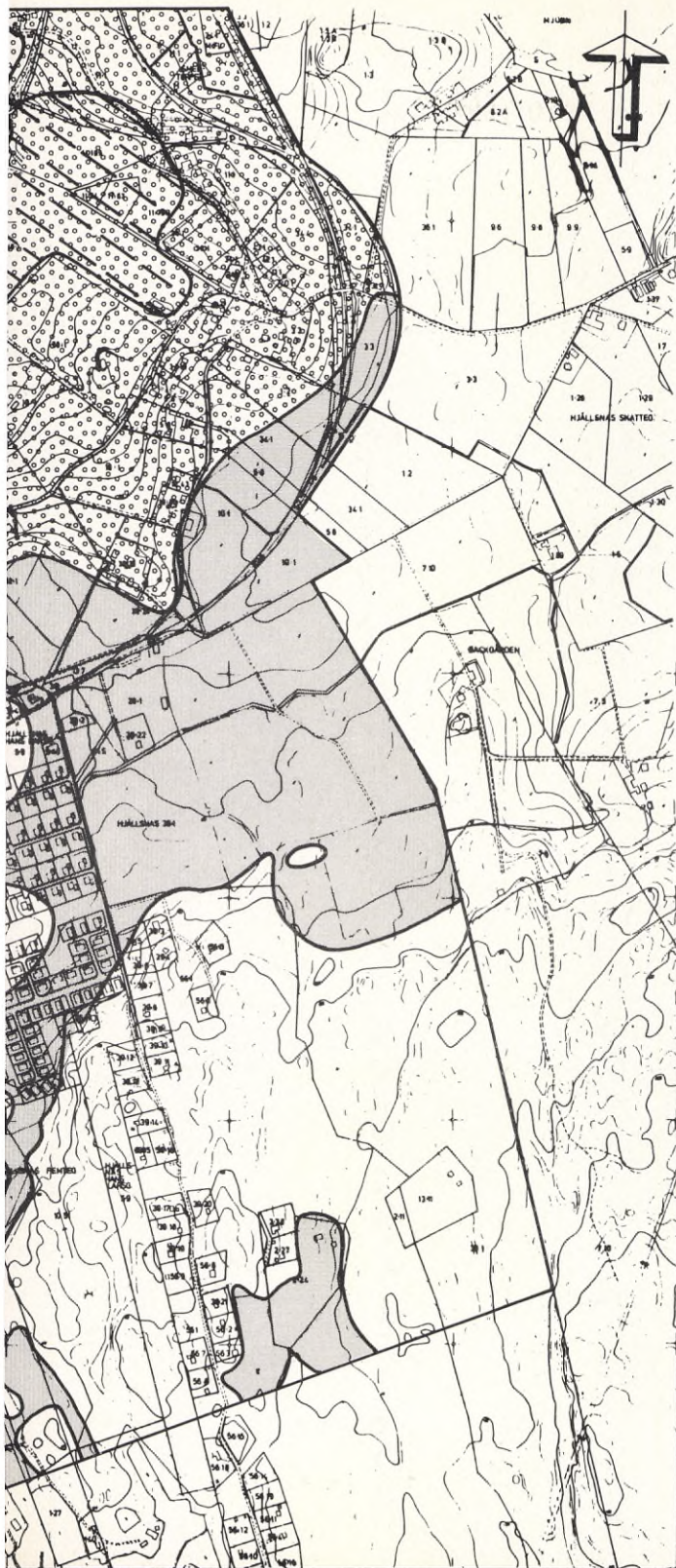


LERUMS KOMMUN

GRÅBO

ENERGIGEOLGISK
KARTERING

RESTRIKTIONER



TECKENFÖRKLARING



GRUSTÄKT

SKYDDSSOMRADE
VATTENTÄKT

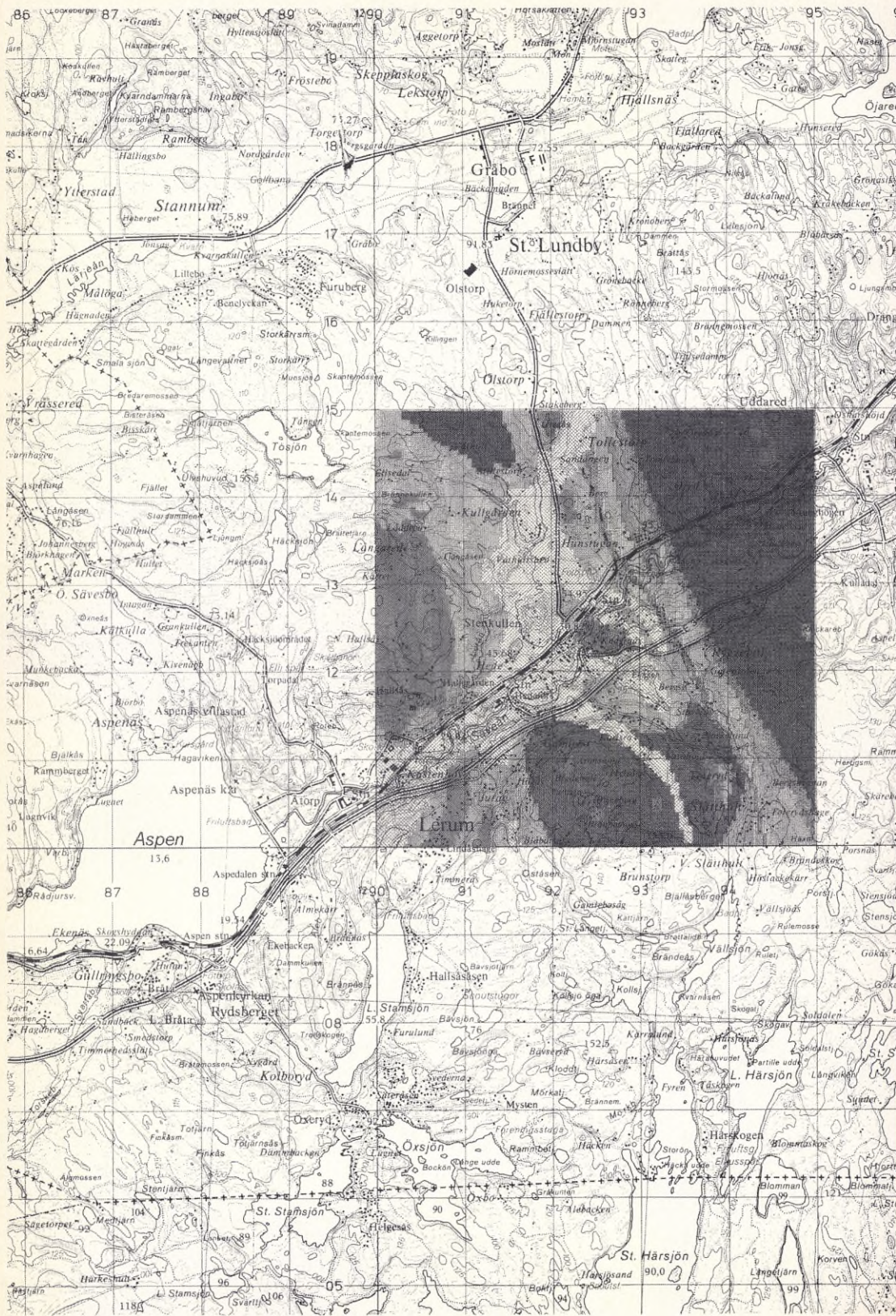
VÄRMEUTVINNING OCH
VÄRMELAGRING MASTE
SAMORDNAS MED ÖVRIG
VERKSAMHET INOM OM-
RÅDET. STORA GRUND-
VATTENUTTAG KAN PÅ-
VERKA INTILLIGGANDE
FINSSEDIMENT NEGATIVT

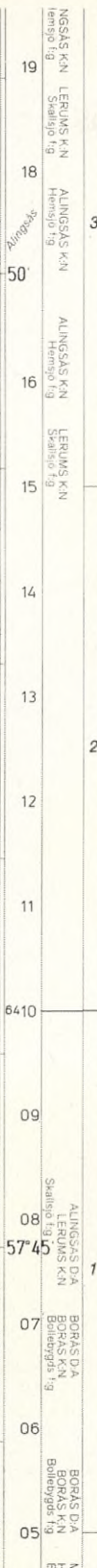


VÄRMEUTVINNING I FORM
AV GRUNDVATTENVÄRME
OCH VÄRMELAGRING I
SLUTNA RÖRSYSTEM KAN
FÖRSÄMRA FINSSEDIMEN-
TENS HÅLLFASTIGHETS-
OCH DEFORMATIONSEGEN-
SKAPER OCH MEDFÖRA
SÄTTNINGAR OCH STABI-
LITETSPROBLEM

0 100 200 300 400 500 M









EXEMPEL - REDOVISNING AV DIGITALISERADE GEODATA FÖR
ENERGIGEOLOGISK KARTERING

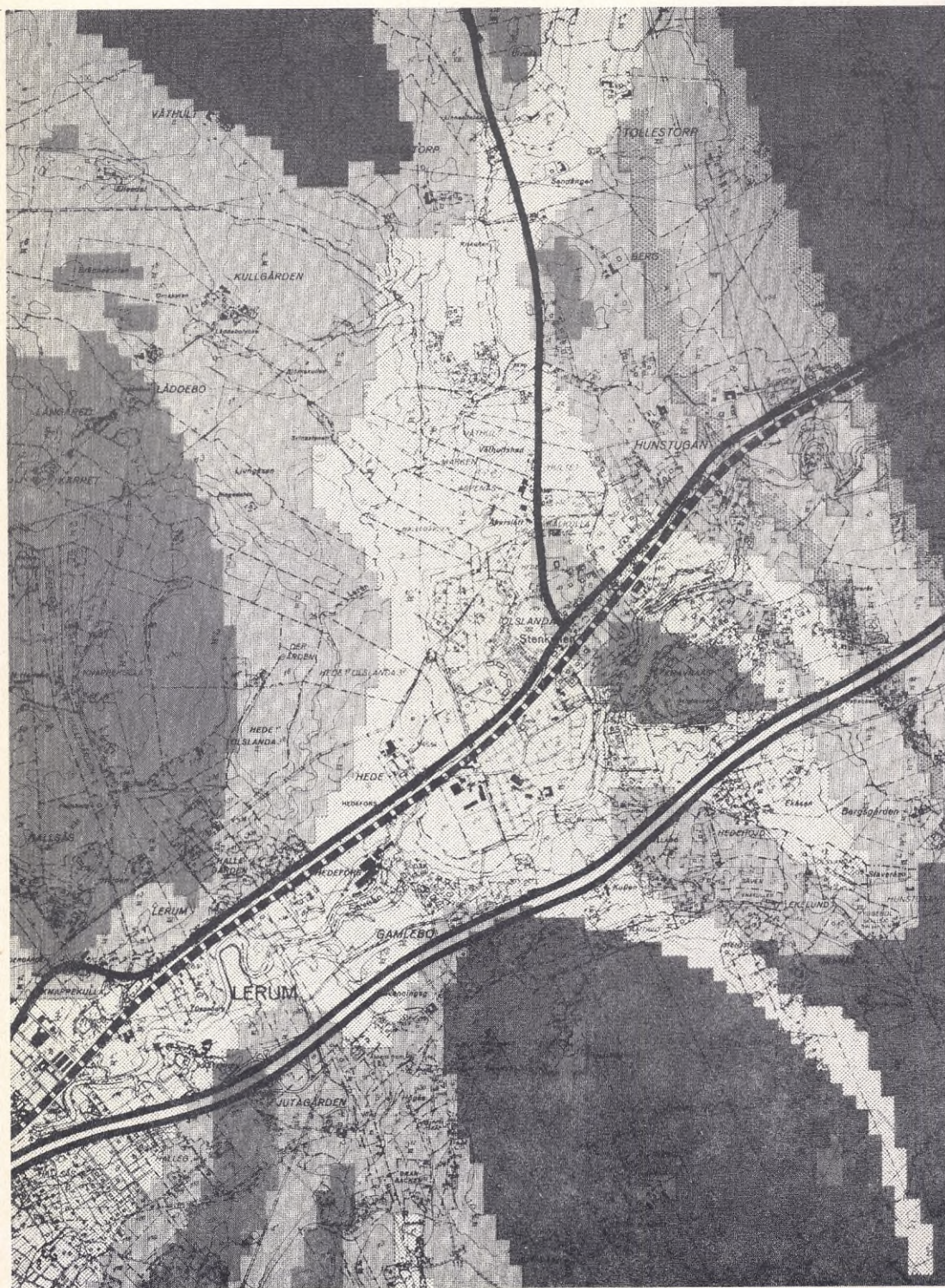




BFR LERUM 7B2i BERGARTSKARTA VIAK-82










TECKENFÖRKLARING

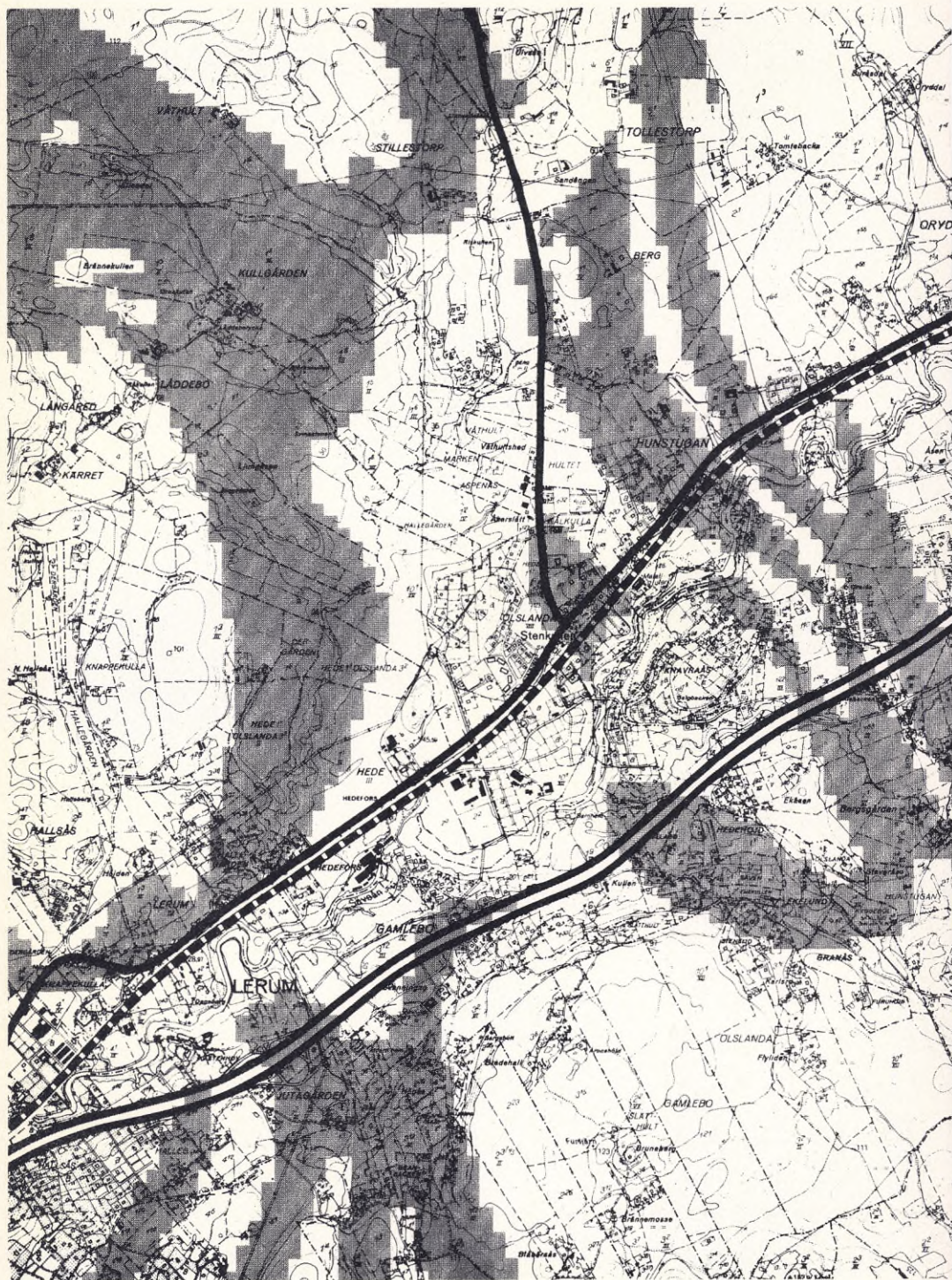
-  GRANIT, ÖGONFÖRANDE
-  METABASIT (AMFIBOLIT)
-  GRANIT, GRÅ
-  GRANODIORIT OCH LJUS TONALIT
-  TONALIT
-  METABASIT
-  GNEJS MED MIKROKLINÖGON
-  GNEJS, GRÅ TILL RÖDGRÅ



BFR LERUM 7B2i BERGARTSKARTA VIAK-82

TECKENFÖRKLARING

- 
-  GRANIT, ÖGONFÖRANDE
 -  METABASIT (AMFIBOLIT)
 -  GRANIT, GRÅ
 -  GRANODIORIT OCH LJUS TONALIT
 -  TONALIT
 -  METABASIT
 -  GNEJS MED MIKROKLINÖGON
 -  GNEJS, GRÅ TILL RÖDGRÅ



BFR LERUM 7B2i VIAK-82

GNEJS 03 04

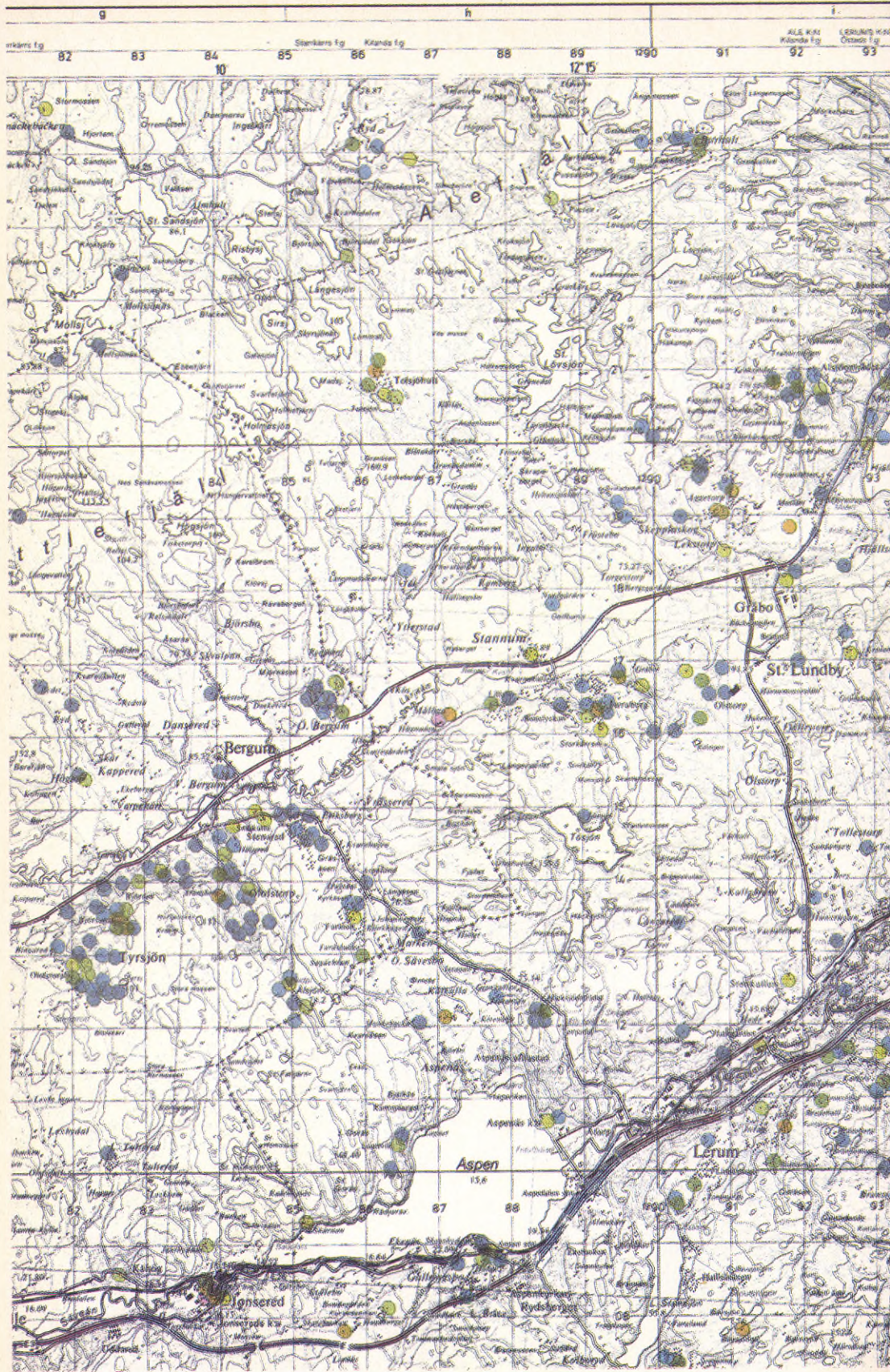
TECKENFÖRKLARING

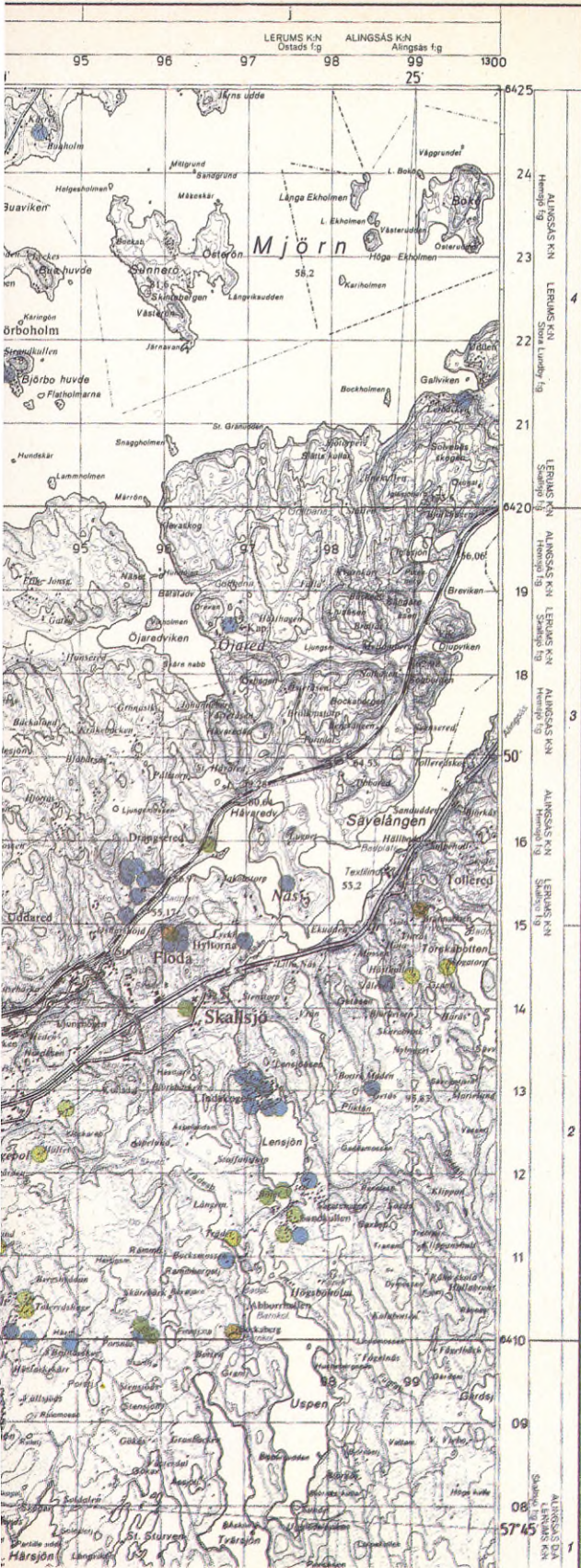
BERGART	SÄNNOLIKHET ATT ERHÅLLA VISS ENERGI MÄNGD (%)	VÄRMEEFFEKT GRUND- VATTEN (kw)	EFTER VÄRME- PUMP (kw)	ENERGI EFTER VÄRME- PUMP (kwh)	FRÅN GRUND- VATTEN (kwh)	TILLSATT EL TILL VÄRME- PUMP (kwh)	OLJE- BESPA- RING (m ³)	OLJE- REDUK- TION (m ³)
	90	0.84	1.25	8792	5861	2930	0.593	0.890
GNEJS 03 04	50	4.2	6.3	43961	29307	14654	2.97	4.45
	10	20.9	31.4	219807	146538	73269	14.8	22.3

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
ADB-SEKTIONEN



TOPOGRAFISK KARTA ÖVER SVERIGE





BFR LERUM 7BSO VIK-82

FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENVÄRME
BRUNNAR OCH KAPACITET ENLIGT SGU:s
BRUNNSARKIV

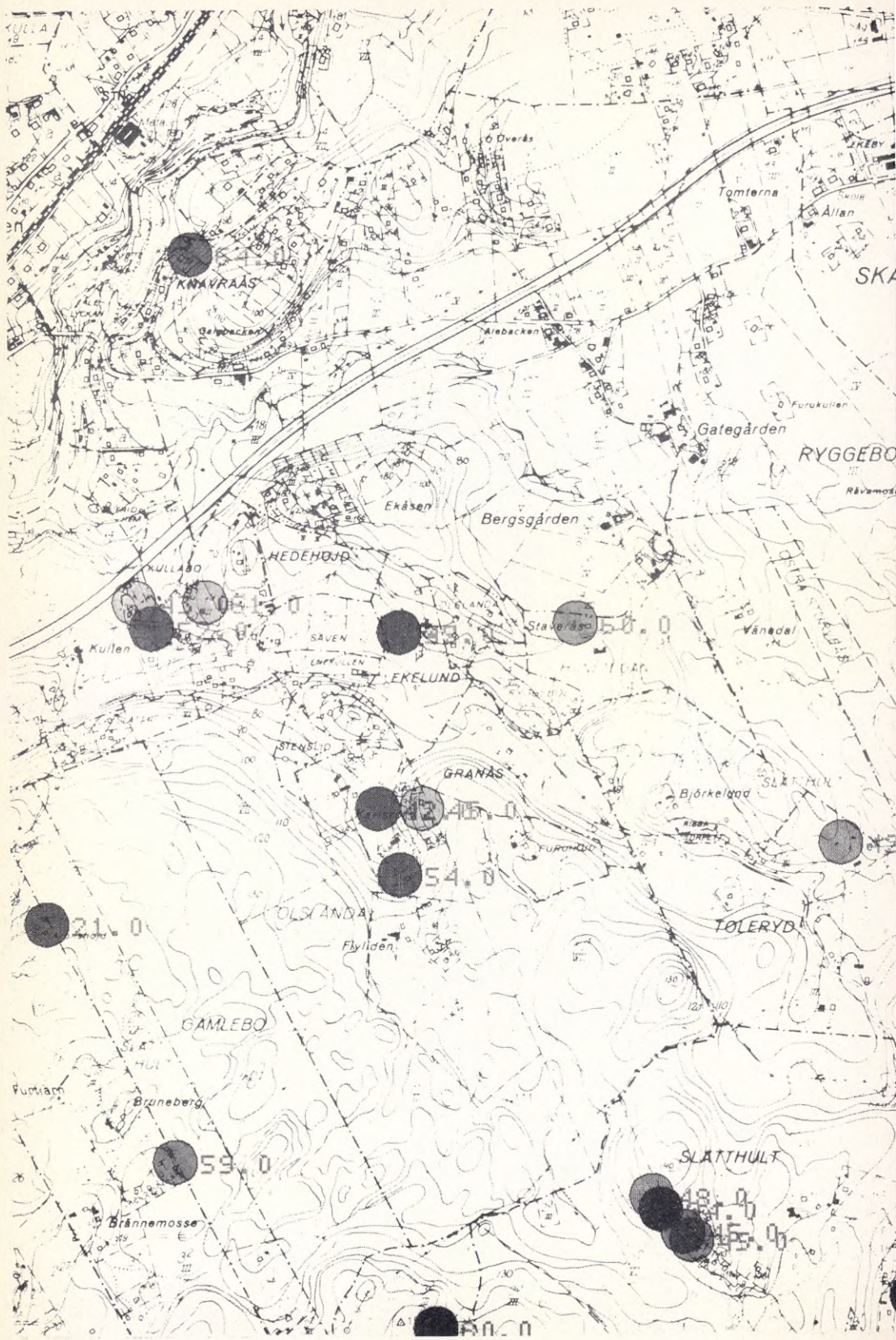
TECKENFÖRKLARING

KAPACITET ENLIGT SGU (l/h)	VÄRMEEFFEKT GRUND- VATTEN (kw)	EFTER VÄRME- PUMP (kw)	ENERGI FRÅN VÄRME- PUMP (kwh)	TILLSATT EL TILL GRUND- VATTEN- PUMP (kwh)	OLJE- BESPA- RING (m ³)	OLJE- REDUK- TION (m ³)
0-360	2.09	3.14	21980	14654	7326	1.48
361-720	4.18	6.28	43961	29307	14654	2.96
721-1080	6.28	9.42	65942	43961	21981	4.44
1081-1800	10.5	15.7	109903	73269	36634	7.41
1801-3600	20.9	31.4	219807	146538	73269	14.8
3601-7200	41.9	62.8	439614	293076	146538	29.7
7201-18000	104	157	1099035	732690	366345	74.2
18001-36000	209	314	2198070	1465380	732690	148

FÖRUTSÄTTNINGAR:

Temperatursänkning delta t = 5° C
 Drifttid värmepump = 7000h, ca 80%
 Värmeffektivitet värmepump $\eta = 3$
 $1 \text{ m}^3 \text{ E}_0 = 9880 \text{ kwh}$
 Brunnskapacitet enl. SGU:s brunnsarkiv.
 Kapacitetsuppgiften är i många fall osäker.

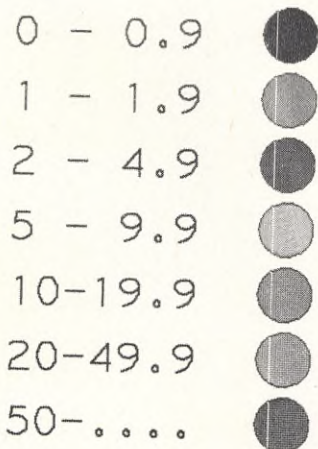
SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
ADB-ENHETEN

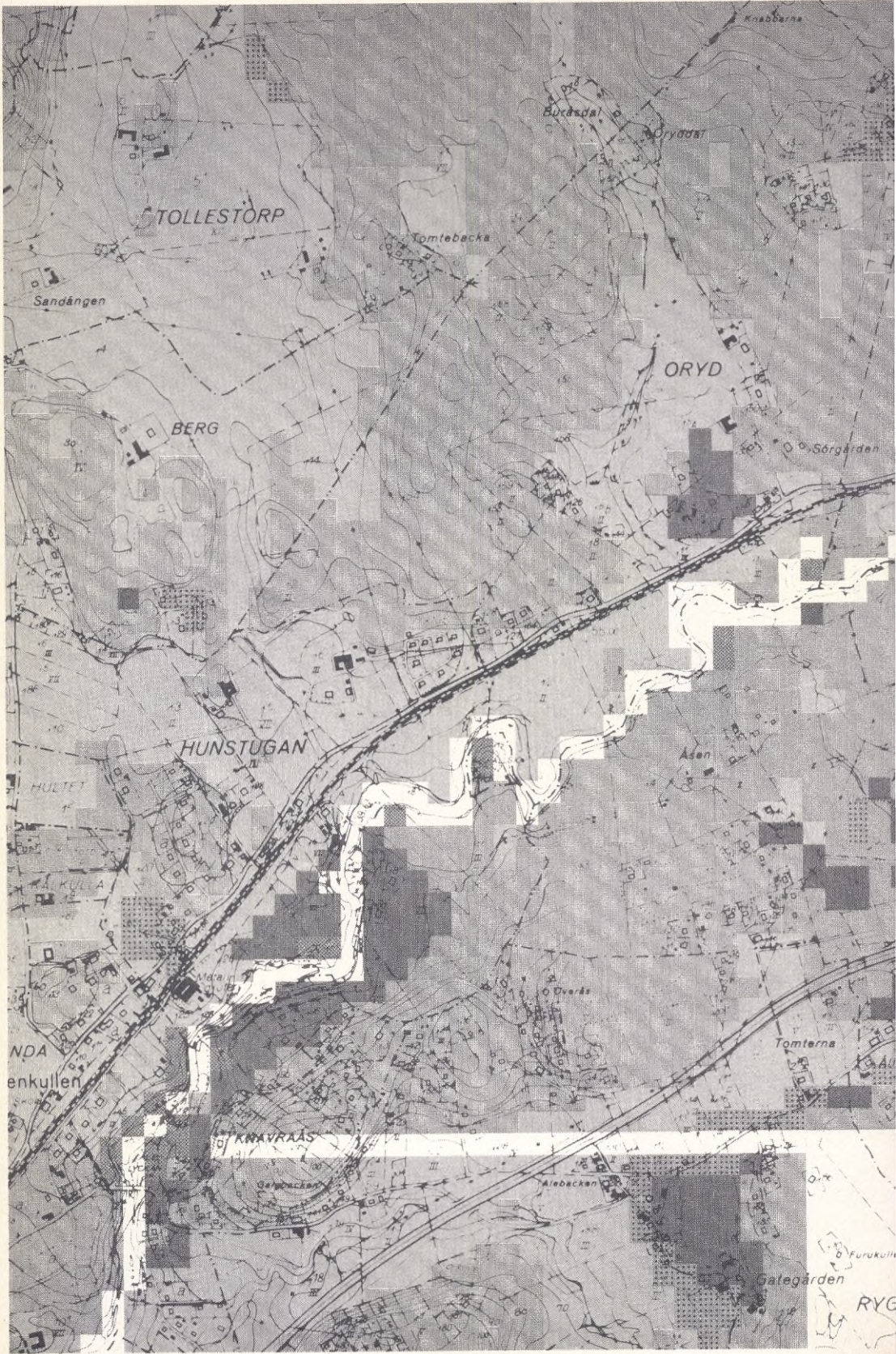




BFR LERUM 7B 2i GRUNDVATTEN- VÄRME

Kyleffekt (KW) i
befintliga brunnar,
kapacitet enligt
SGU:s brunnsarkiv

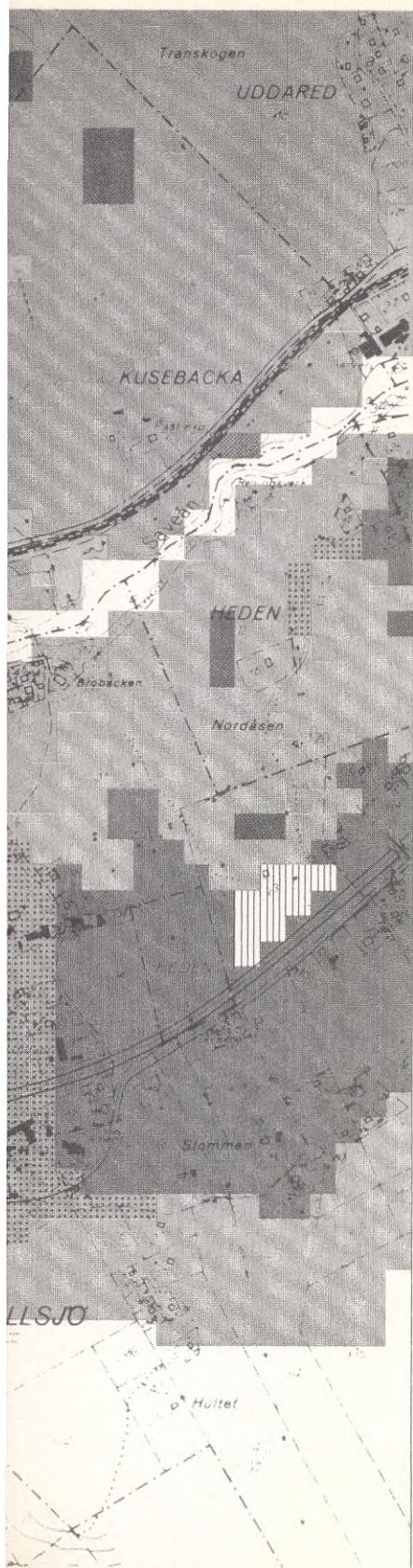


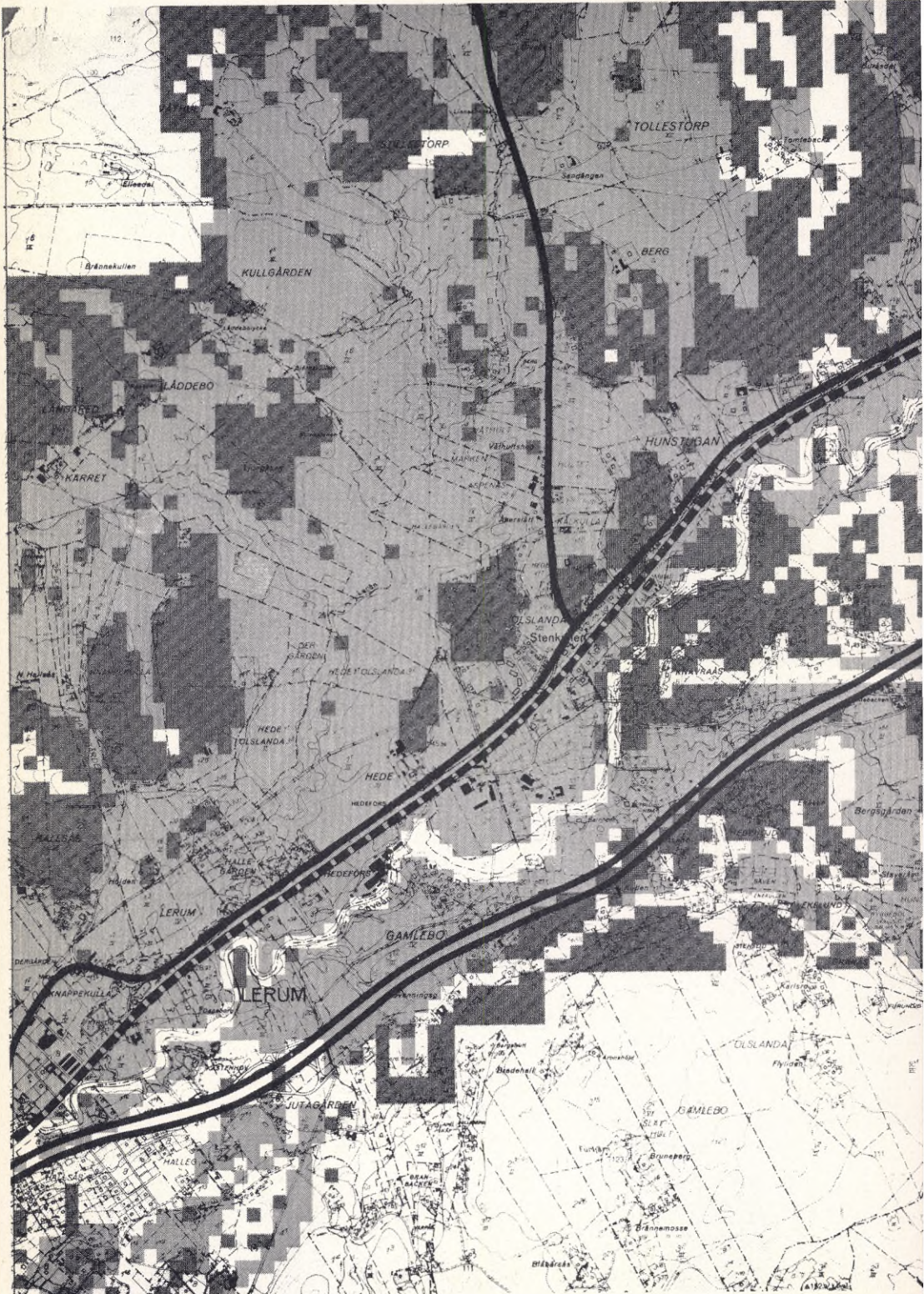


BFR LERUM 2i JORDARTSKARTA




TECKENFÖRKLARING

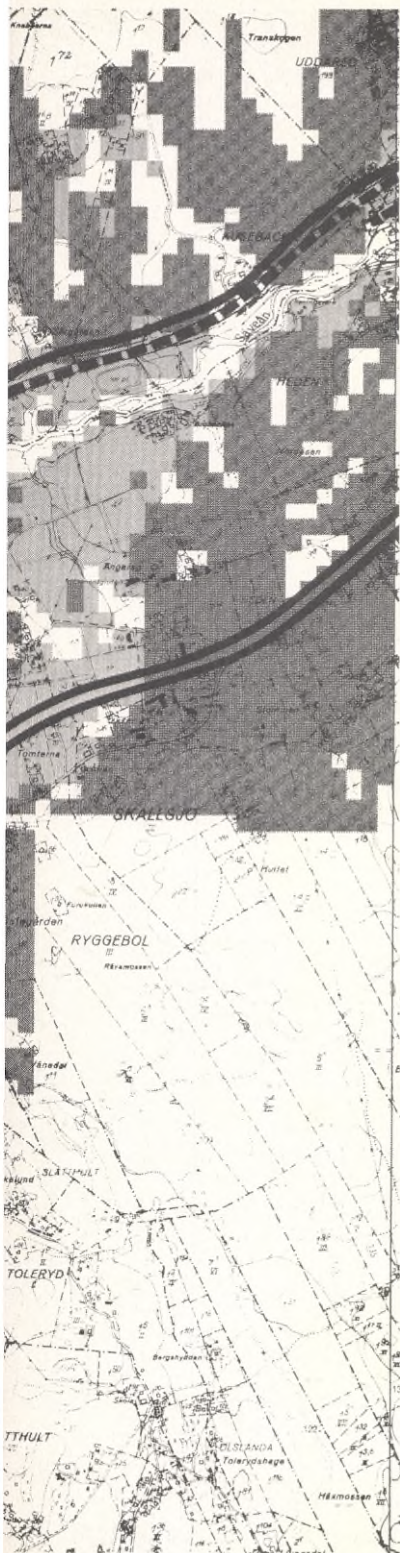
	BERG
	MORÅN
	ISÅLVSMATERIAL
	SAND
	GROVMO
	ÅLVSEDIMENT
	LERA
	TORV
	FYLLNING
	YTVATTEN





BFR LERUM 2i FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR VÄRMEUTVINNING

-  Områden med goda förutsättningar för grundvattenvärme
-  Områden med goda förutsättningar för ytjordvärme, lokalt finns vissa förutsättningar för grundvattenvärme
-  Områden med förutsättningar för bergvärme, lokalt finns vissa förutsättningar för grundvattenvärme.



BFR-EGK

LERUMS KOMMUN

GRÄBO

UNDERSÖKNINGAR

TECKENFÖRKLARING

○ ● Borringar
beteckningar
enligt SGF.



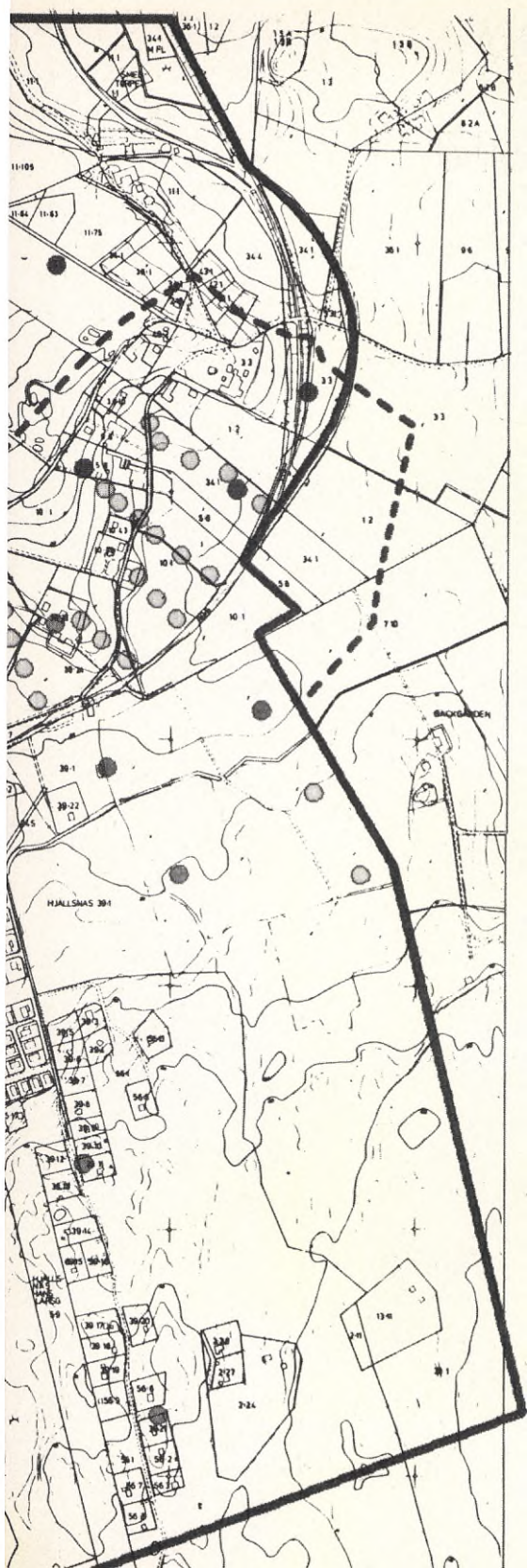
● Bergborrade brunnar.
enligt SGU.

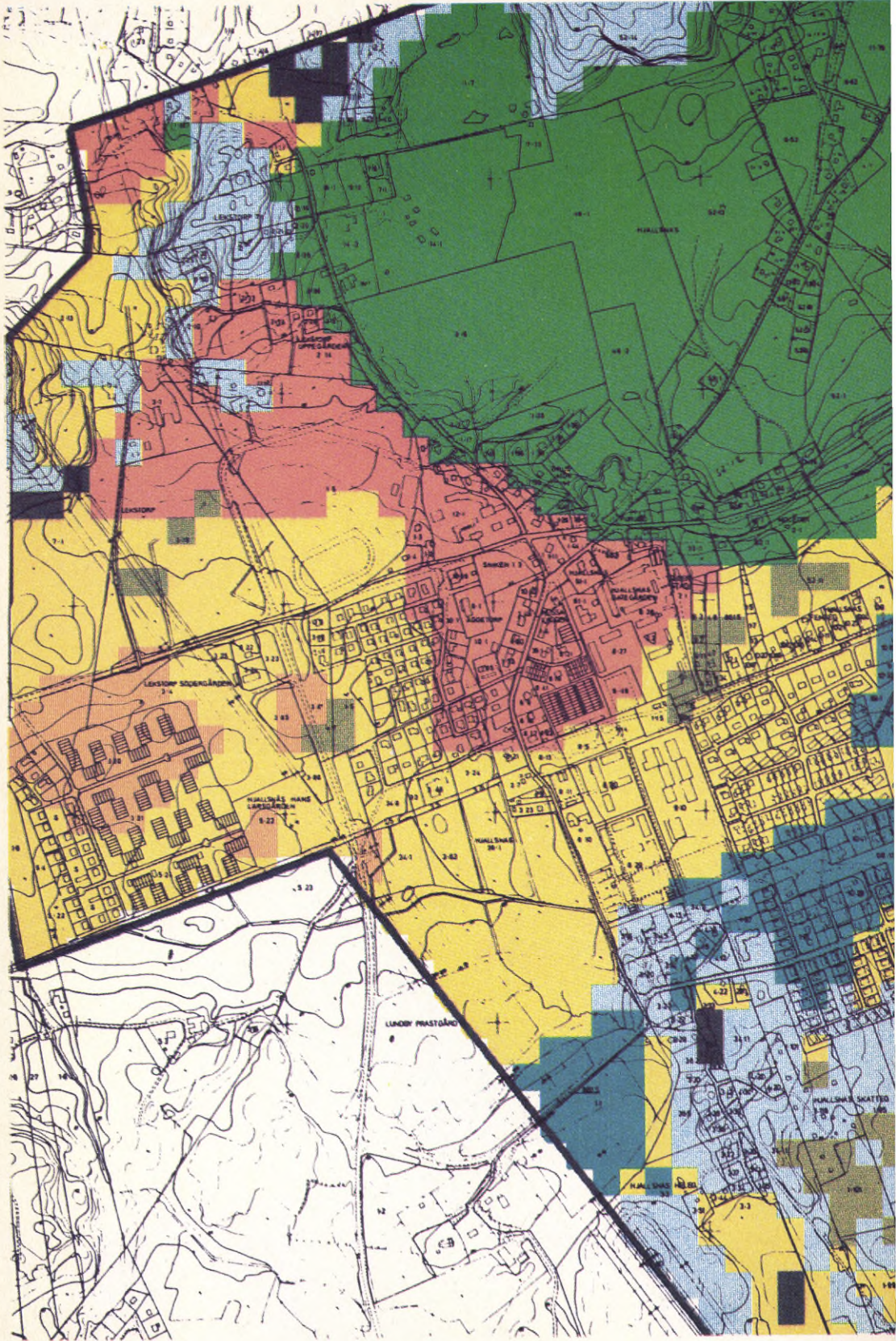
■ Kommunal vattentäkt.

— Undersökningsområde.

⋯ Område som flygbildstolkats
med avseende på jordarter

Hela kartbladet täcks av SGUs
jordarts- och berggrundsgeologiska
kartor.






BFR-EGK

LERUMS KOMMUN


GRÄBO

JORDARTER


TECKENFÖRKLARING


 Berg i dagen eller på ringa djup.


 Morän.

 Grovsediment, isälvsediment.

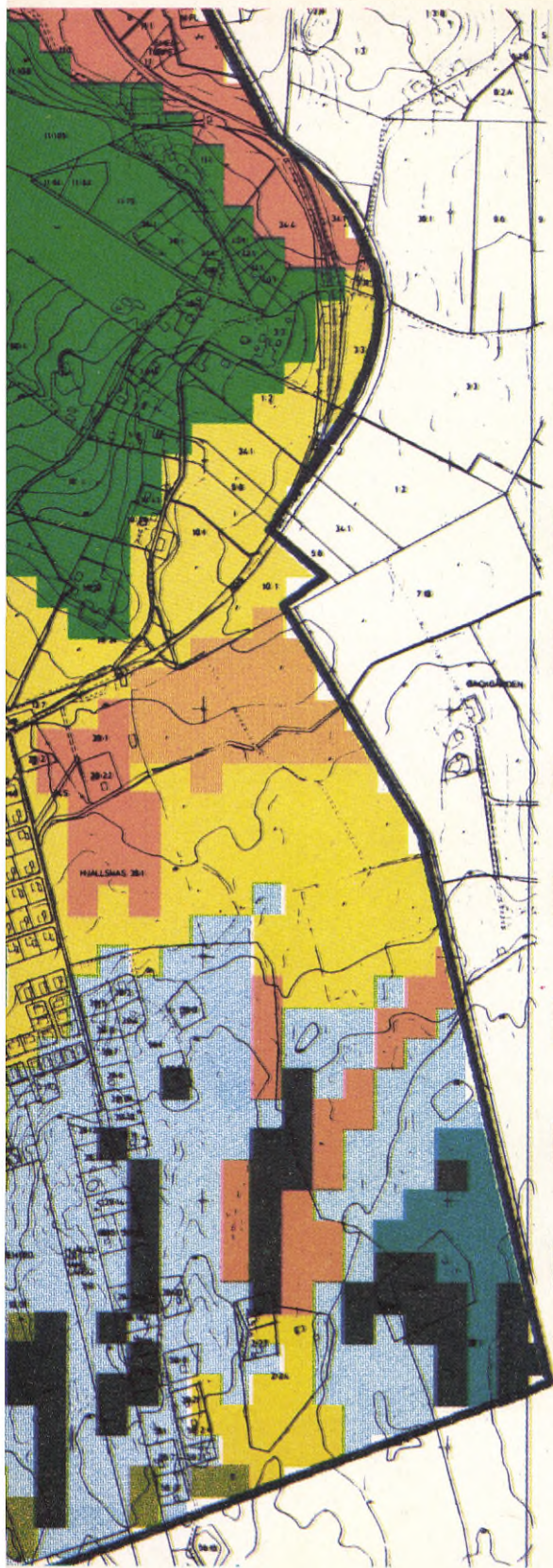
 Grovsediment.

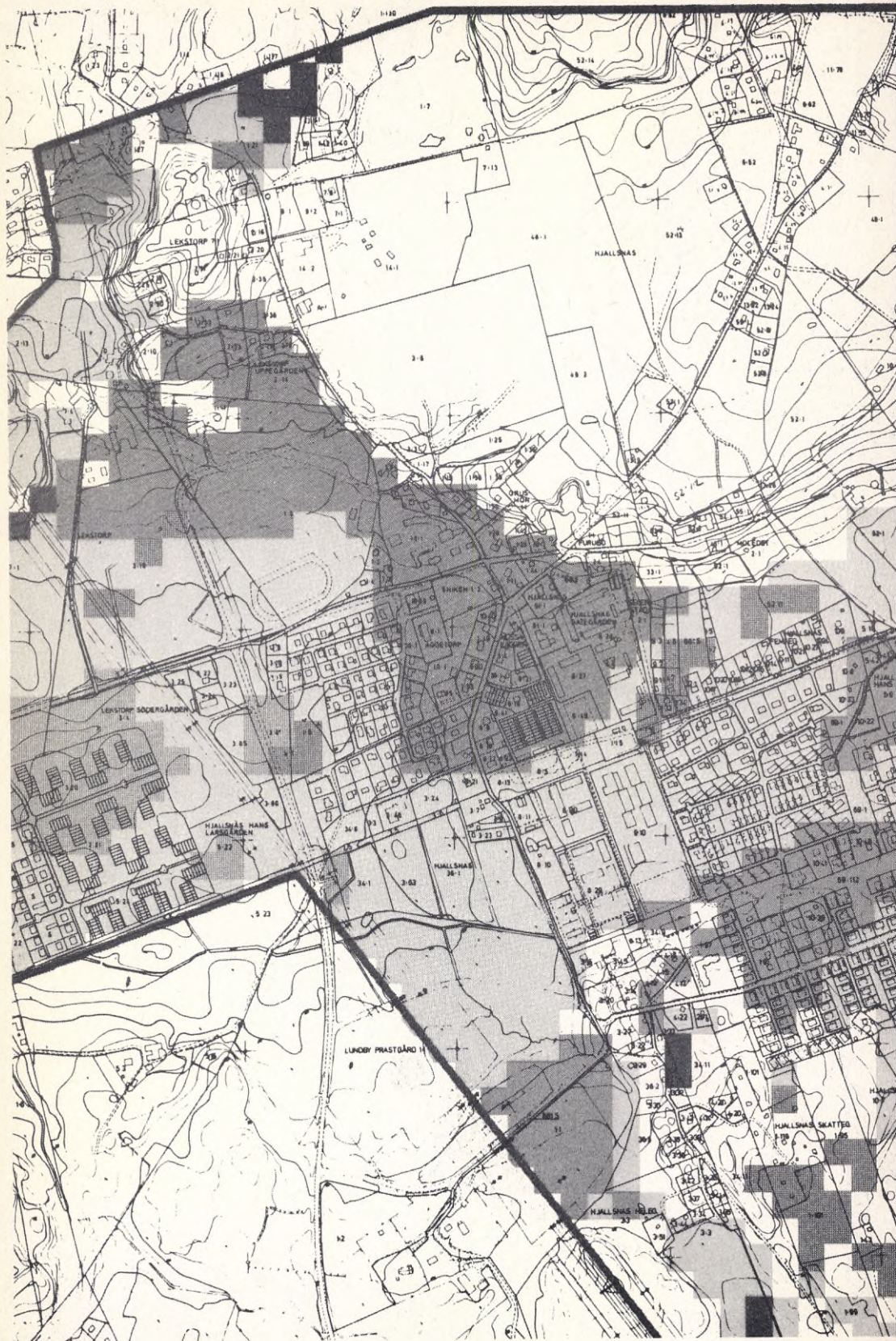
 Grovsediment underlagrade av finsediment.

 Finsediment.

 Tunt torvlager på finsediment.

 Torv.





BFR-EGK

LERUMS KOMMUN

GRÄBO

YTJORDVÄRME

TECKENFÖRKLARING

Områden med förutsättningar
för ytjordvärmesystem.

Goda förutsättningar.



Finsediment.



Tunt torvlager på finsediment.

Varierande förutsättningar.



Grovsediment underlagrade
av finsediment.



Sand,grus.

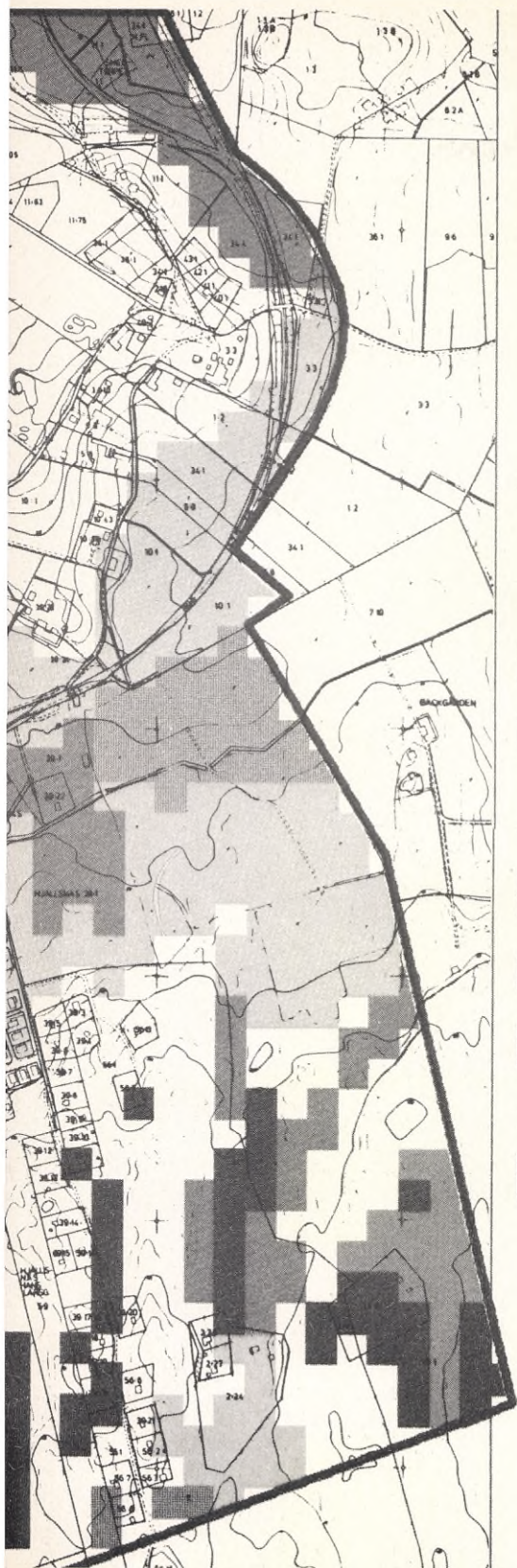


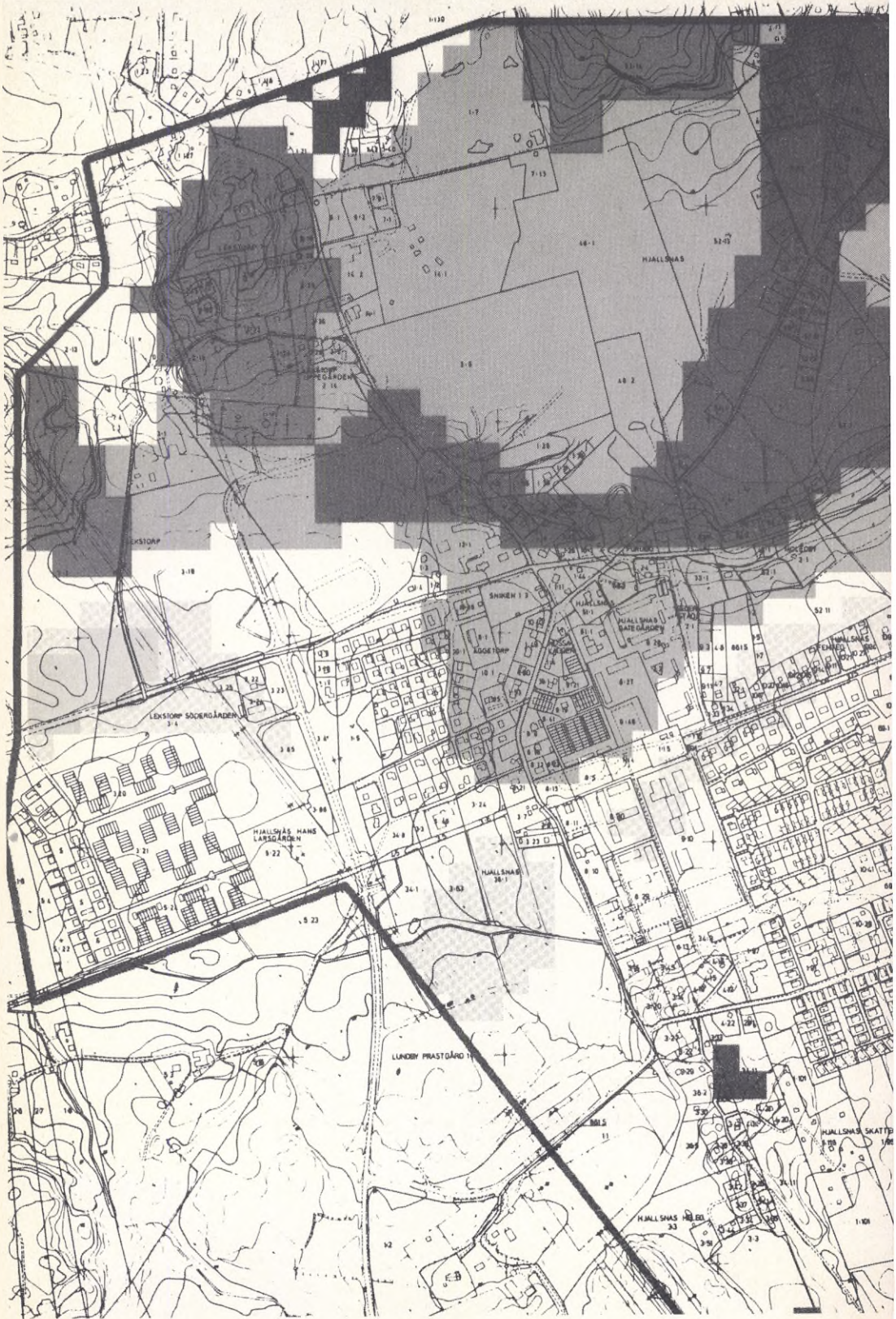
Torv.

Vissa förutsättningar.



Morän.





BFR-EGK


LERUMS KOMMUN


GRÄBO

VÄRMELAGRING


TECKENFÖRKLARING


Område med förutsättningar för
värmelagring i finsediment.

 Bedömd mäktighet 10m


 Bedömd mäktighet 20m

Område med förutsättningar för
värmelagring i akifer

 Varierande mäktighet.

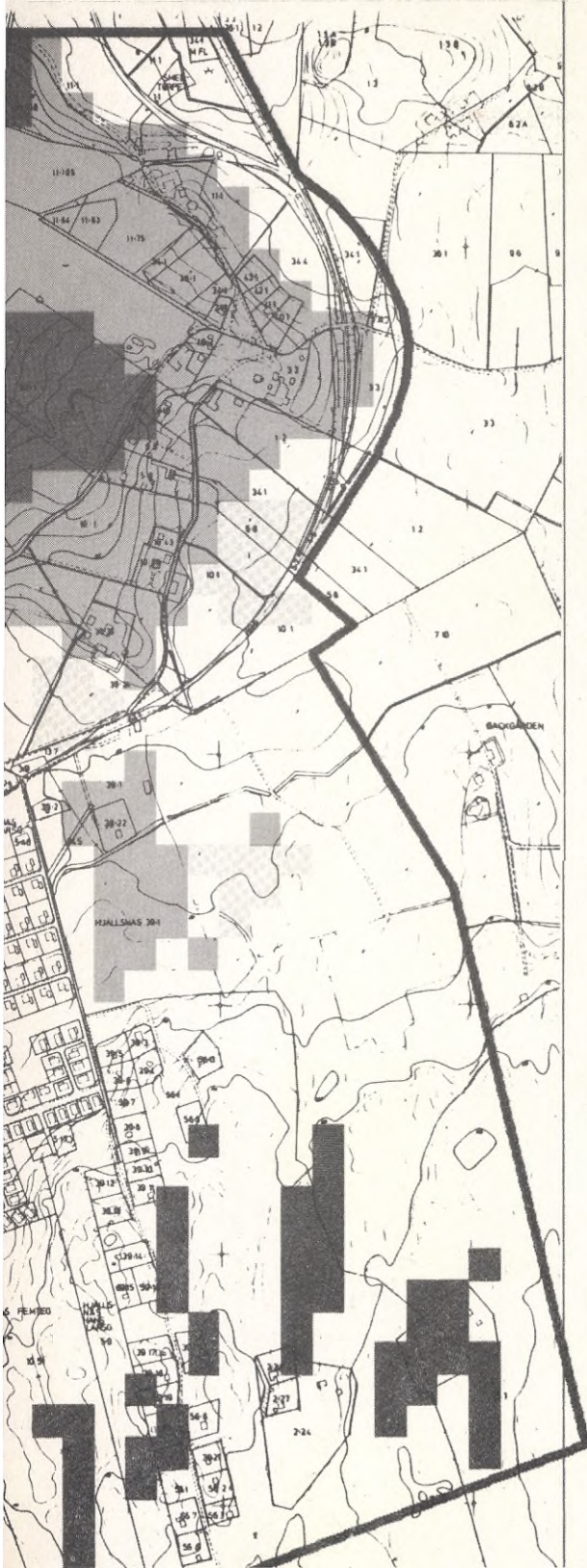
 Bedömd mäktighet 20m

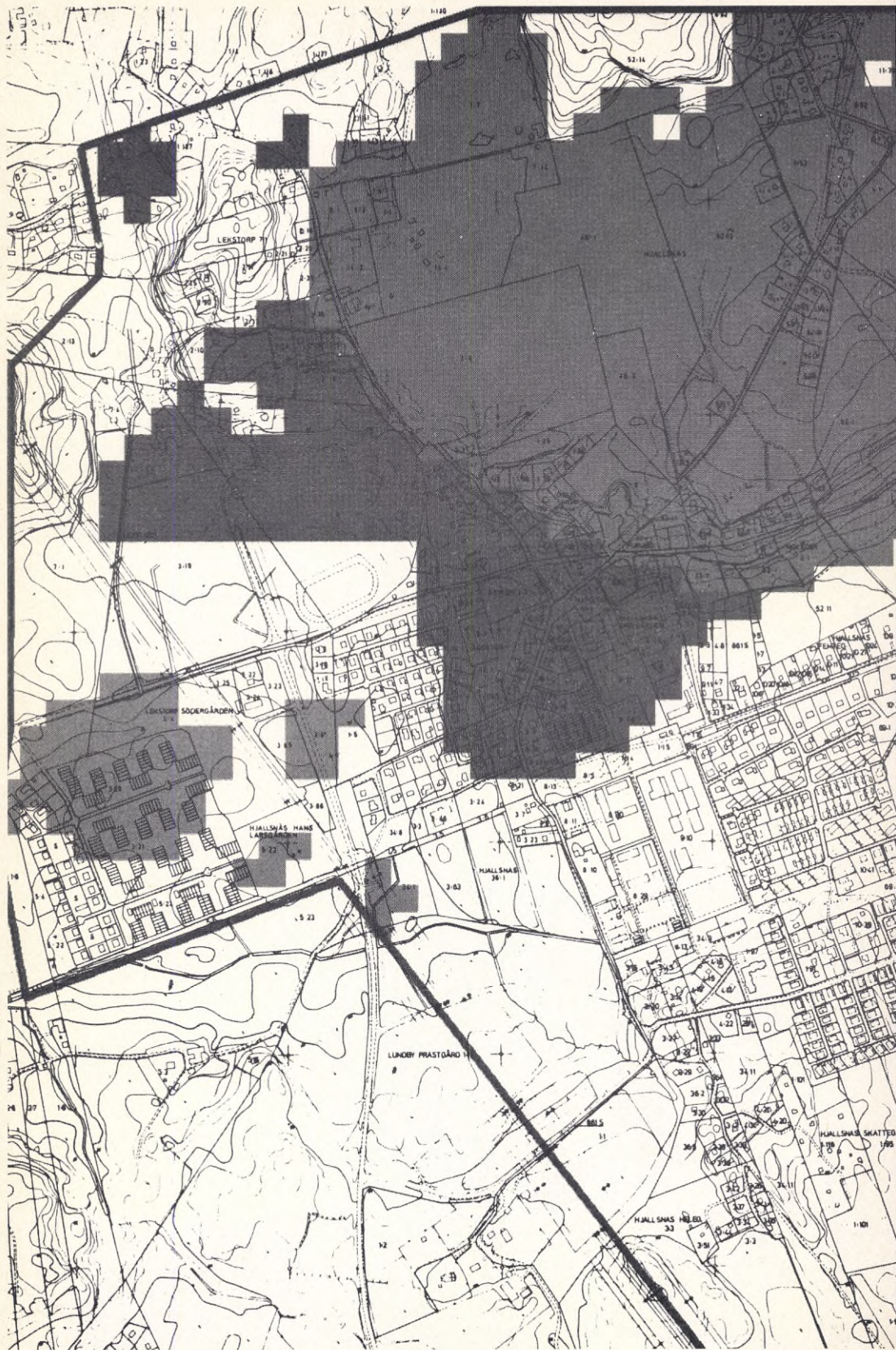
Område med förutsättningar för
värmelagring i torv.

 Mäktighetsuppgift saknas

Område med förutsättningar för
värmelagring i berggrunden.







BFR-EGK

LERUMS KOMMUN





GRÄBO

VÄRMEUTVINNING FRÅN





GRUNDTVATTEN I JORDLAGREN

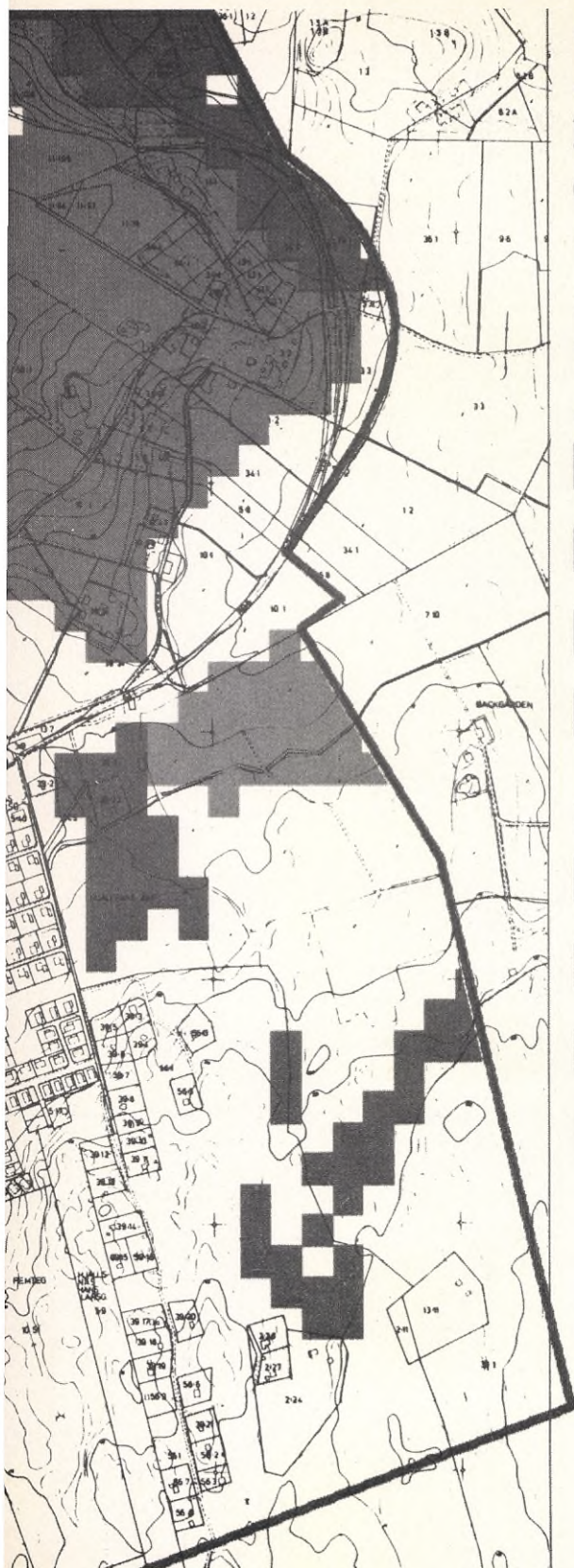
TECKENFÖRKLARING

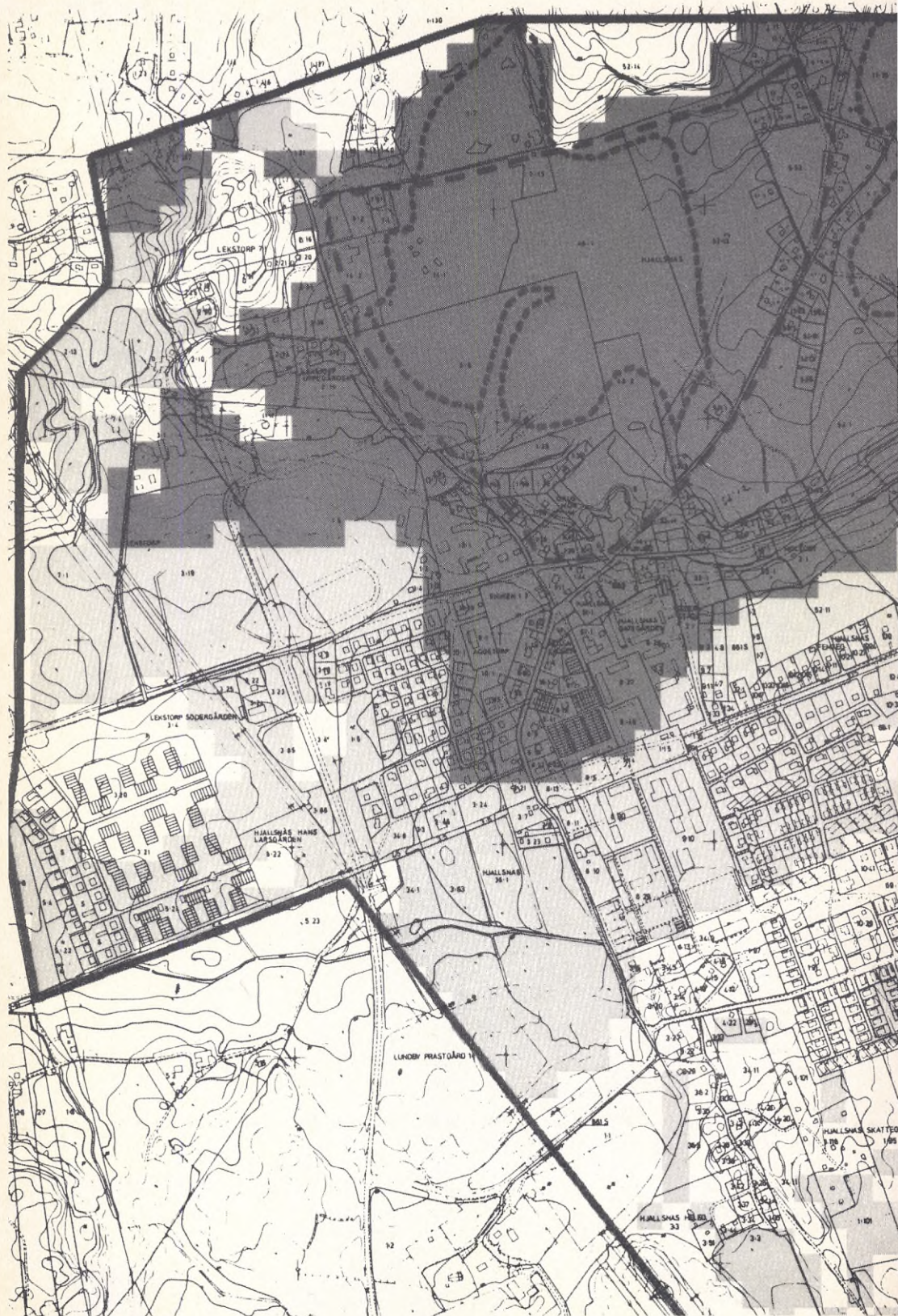
Områden med

-  Mycket goda förutsättningar.
-  Goda förutsättningar.
-  Vissa förutsättningar under finsediment.
-  Vissa förutsättningar över finsediment.

Bedömd potential

-  ca 30 l/s.
-  ca 0-30 l/s.
-  ca 0-5 l/s.
-  ca 0-1 l/s.





BFR-EGK

LERUMS KOMMUN

GRABO

RESTRIKTIONER

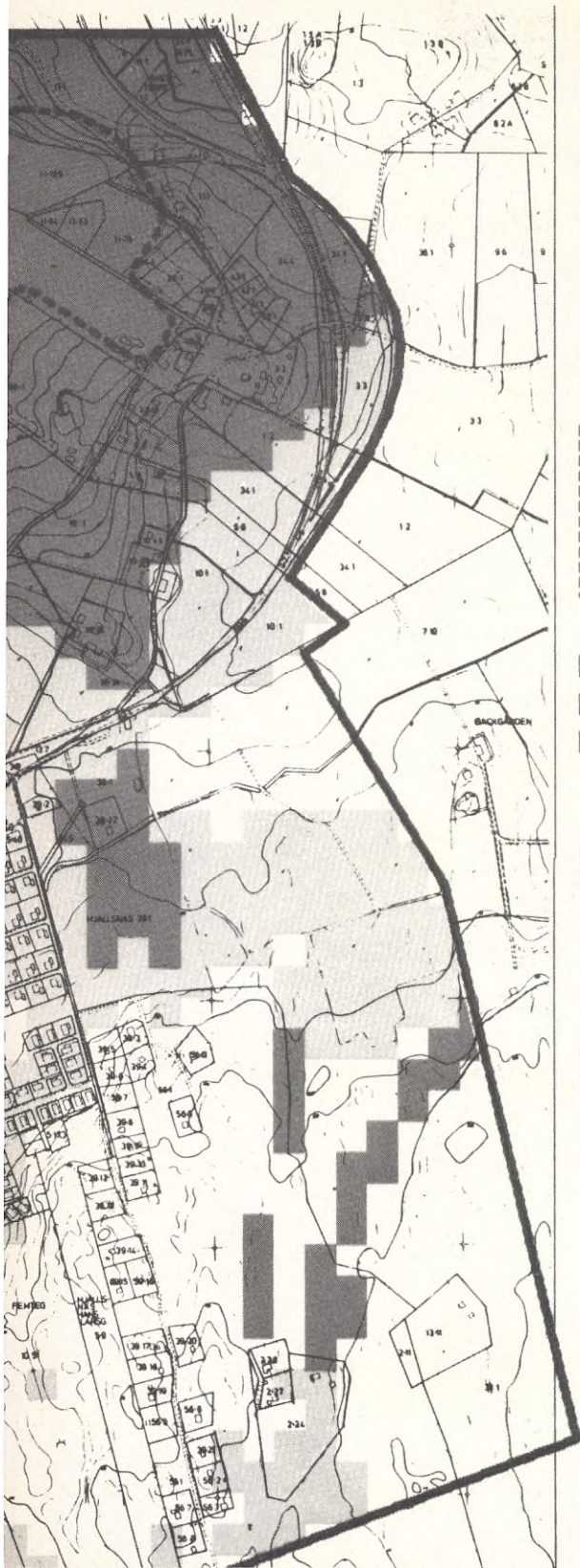
TECKENFÖRKLARING

Grustå ktsområde.

Skyddsområde vattentäkt.

Värmeutvinning och värmelagring måste samordnas med övrig verksamhet. Grundvattenuttag kan påverka intilliggande finsediment.

Värmeutvinning och värmelagring kan lokalt påverka finsedimentens geotekniska egenskaper.



TEORETISK BERÄKNING AV GRUNDVATTENBILDNINGEN,
ISÄLVSAVLAGRINGAR INOM LERUMS KOMMUN

Bilaga 4

Beräkningsmetodik

Grundvattenbildningen har beräknats med utgångspunkt från den geologiska kartan SGU Ser Ae nr 26, avrinningsområdenas storlek samt meteorologiska data från SMHI:s nederbördsstation i Öjared.

Vid beräkningarna har avrinningsområdenas storlek bestämts från den topografiska kartan. Den uppmätta nederbörden har korrigerats för systematiska mätfel och ökats med 16 procent. Nederbörden har minskats med den totala avdunstningen (evapotranspirationen) enligt Eriksson (1980).

Ytavrinning och infiltrationsfaktorer har bedömts från fall till fall med utgångspunkt från den topografiska och geologiska kartan.

Beräkningsexempel**Gräbodeltat**

Avrinningsområde	2,4 km ²
Geologiska förutsättningar	
Isälvsavlagring	1,1 km ²
Berg	1,2 km ²
Lera	0,1 km ²
Korrigerad bruttonederbörd	924 mm
Avdunstning	499 mm
Nettonederbörd	425 mm
Infiltrationsfaktor	
Isälvsavlagring	1
Berg	1
Lera	0

Grundvattenbildning

$$\frac{1,1 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,425}{365 \cdot 24 \cdot 3600} \approx 31 \text{ l/s}$$

Ytvattenavrinning

$$\frac{0,1 \cdot 10^5 \cdot 0,425}{365 \cdot 24 \cdot 3600} \approx 1,5 \text{ l/s}$$

I det redovisade exemplet förekommer huvudsakligen berg och isälvs-material. Eftersom all nederbörd som faller inom bergområdet rinner mot och infiltrerar i den lägre liggande isälvsavlagringen kan hela nettonederbörden inom bergområdet anses bilda grundvatten.

Ytvattenavrinning ut från avrinningsområdet bedöms endast ske i den östra delen av området där lera förekommer. För denna del, som sammanfaller med ett utströmningsområde för grundvatten, bedöms ingen grundvattenbildning ske.

Övriga isälvsavlagringar

Område	Grundvattenbildning
Jonsered	7,5 l/s
Målöga	1,5 l/s
Lensjön	25 l/s
Skallsjö (västra delen)	14,5 l/s
Stenkullen	4,3 l/s
Östad (norra delen)	27,2 l/s
Östad (södra delen)	23,8 l/s

Exemplen redovisar grundvattenbildningen beräknad på samma sätt som för Gråbodeltat.

Möjligheterna till grundvattenuttag varierar dock stort beroende på lokala geologiska förhållanden. Inom större avlagringar krävs många gånger flera brunnar för att ta ut det grundvatten som nybildas. Inom vissa områden kan också förutsättningar för grundvattenuttag saknas.

För isälvsavlagringar som gränsar till ytvatten kan många gånger avsevärt mer grundvatten tas ut än vad som motsvarar grundvattenbildningen. Grundvattnets temperatur kommer dock att förändras vid uttag som överstiger nybildningen. Genom infiltration av varmt ytvatten eller kraftigare pumpning under sommarperioden kan grundvattentemperaturen eller uttagskapaciteten ökas. Olika systemkombinationer och driftsätt kan därmed avsevärt höja potentialen för värmeutvinning och lagring utöver den mängd som motsvaras av nybildningen vid nederbörden i anslutning till respektive avlagring. I ett inledande inventeringsskede torde det dock vara tillräckligt att enbart konstatera om förutsättningar finns för inducerad infiltration eller förstärkning genom ytinfiltration.

KAPACITET I BERGBORRADE BRUNNAR SAMT REGIONALA Bilaga 5
BEDÖMNINGAR AV PERMEABILITET OCH TRANSMISSIVITET INOM
OLIKA BERGARTSOMRÅDEN

Allmänt

Teoretiska beräkningar för att uppskatta möjliga grundvattenuttag i olika bergarter i den kristallina berggrunden kan ej göras generellt. Detta beror på att vatten i princip enbart förekommer i berggrundens spricksystem vilkas frekvens och egenskaper varierar både lokalt och regionalt.

Genom en statistisk bearbetning av brunnsdata från SGU:s brunnsarkiv kan dock storleksordningen på möjliga uttag "gafflas in". Det är också möjligt att bedöma berggrundens regionala permeabilitet eller transmissivitet genom en bearbetning av ett tillräckligt stort antal brunnar.

Teori

Parametrarna K (permeabilitet, m/s) och T (transmissivitet, m^2/s), som är ett mått på berggrundens vattengenomsläpplighet bestäms säkrast genom provpumpningar. Vid översiktliga bedömningar i ett inledande undersökningsskede måste dock andra metoder användas. Ett sätt är att sammanställa och utvärdera information om enstaka borrhål, t ex bergborrade brunnar.

Genom att använda den sk specifika kapaciteten, dvs brunnens kapacitet dividerat med avsänkningen eller brunnens vattenförande del, har Jetel (1972) definierat regionalparametrarna Y och Z . Genom en statistisk bearbetning av Y - och Z -värden kan berggrundens regionala permeabilitet och transmissivitet beräknas.

$$Y = \text{Log} \left(\frac{Q}{S} 10^6 \right)$$

$$Z = \text{Log} \left(\frac{Q}{Sm} 10^6 \right)$$

där

Q = brunnens kapacitet (l/s)

s = avsänkningen (m)

m = mäktigheten av vattenförande lager

(längden av den aktiva delen av brunnen) (m)

Transmissiviteten T och permeabiliteten K beräknas enligt

$$T = K \cdot m = 10^{\log Y - C + \log(\log R/r)}$$

$$K = 10^{\log Z - C + \log(\log R/r)}$$

där

C = konstanten 9,436

R = influensradie (ansätts vanligen till 1000 m)

r = brunnsradie (m)

Bearbetning och analys av data

Den specifika kapaciteten har beräknats för totalt 272 brunnar inom det topografiska kartbladet Göteborg SO. Uppgifter om kapacitet, brunnsdjup, grundvattenytans läga m m har hämtats från SGU:s brunnsarkiv. I vissa fall har uppgifter om grundvattenytans läge saknats, den har då antagits ligga 5 m under markytan.

Brunnarna har sorterats efter bergart. Inom varje bergartsgrupp har brunnarna sorterats efter storleken på den specifika kapaciteten och anpassats till en log-pearson typ III fördelning. Utvärdering av materialet har skett genom plottning på logaritmiskt normalfördelningspapper.

$$P_n = \frac{3n - 1}{3N + 1}$$

där

n = ordningsnumret för den specifika kapaciteten

N = totala antalet observationer

P_n = frekvensen av specifika kapaciteten med storleken q_n

De erhållna data har anpassats till en rät linje.

Medianvärdet för den specifika kapaciteten blir det värde som motsvarar $p = 50 \%$ medan standardavvikelsen erhålls som skillnaden mellan $p = 50 \%$ och $p = 84,13 \%$.

Resultat

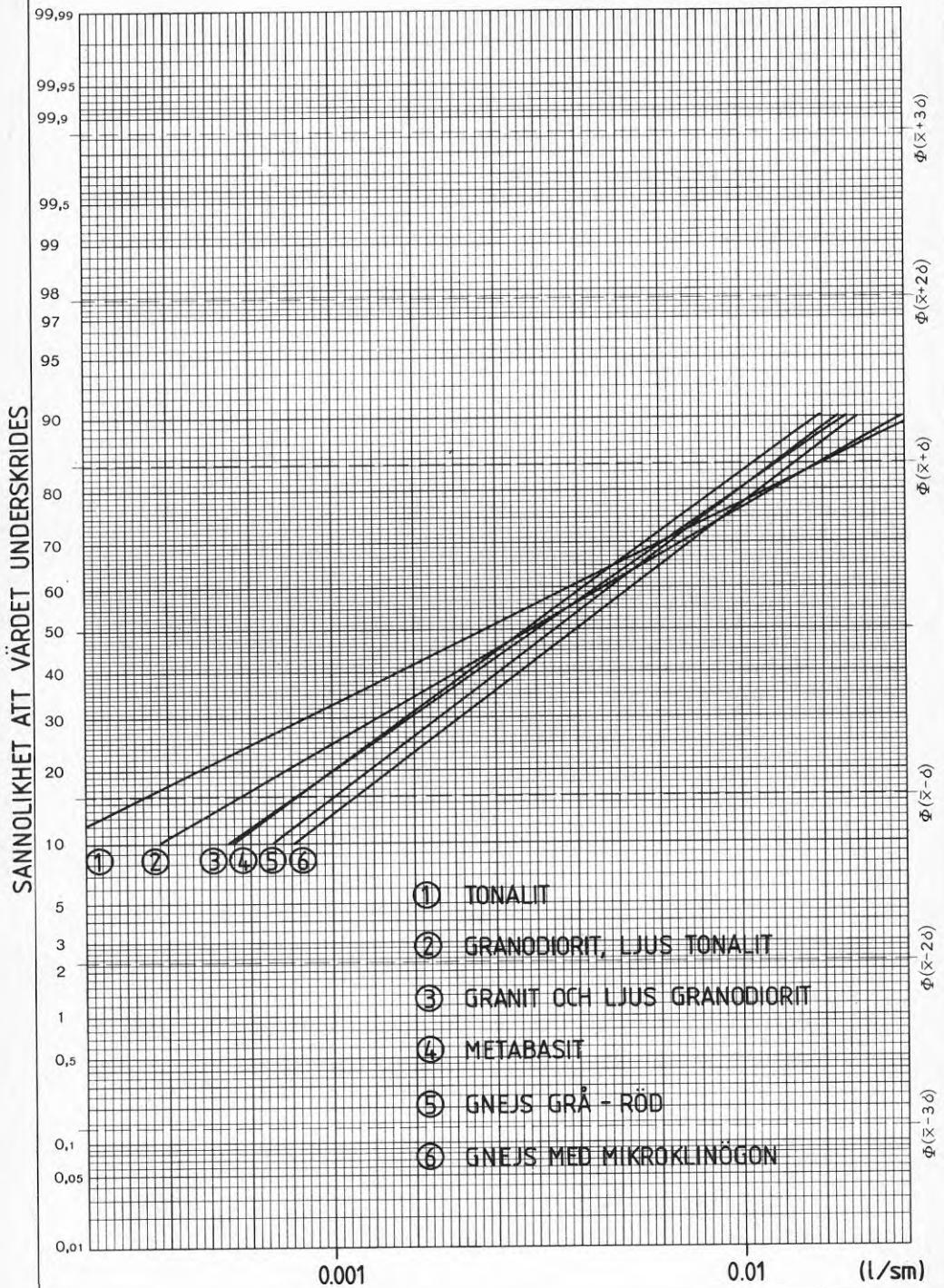
De olika bergarternas kapacitet redovisas i figur 5.1-6. Linjernas lutning anger hur den specifika kapaciteten varierar inom respektive bergart. En flack linje visar stora variationer medan en brant linje visar små variationer.

Av figur 5.1, som visar kapaciteten för samtliga bergarter framgår att kapacitetsvariationen inom en och samma bergart är avsevärt större än kapacitetsvariationer mellan de olika bergarterna. Detta beror främst på att berggrundens sprickor och spricksystem har större betydelse för vattnets uppträdande i berggrunden än själva bergarten.

Det synes därför ej vara lämpligt att ange bergarten som kriterium för att utvinna en viss mängd grundvatten eller värme. I stället borde ut-sättningen av brunnar ske med utgångspunkt från en analys av berggrundens sprickor.

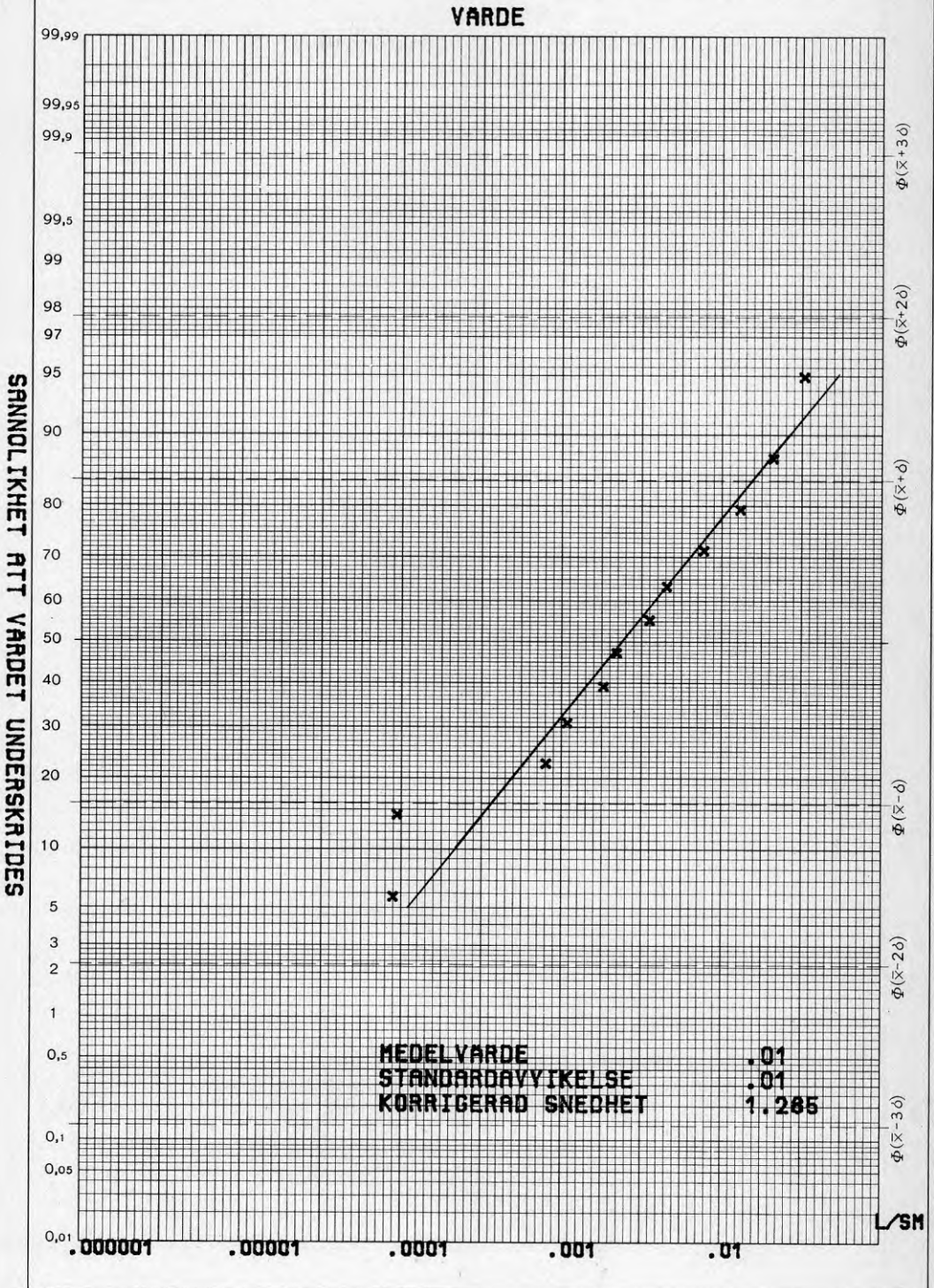
BFR
 GBG S0
 SPECIFIK KAPACITET FÖR OLIKA BERGARTER

5:1



BFR
 GBG 50
 SPECIFIK KAPACITET TONALIT

5:2

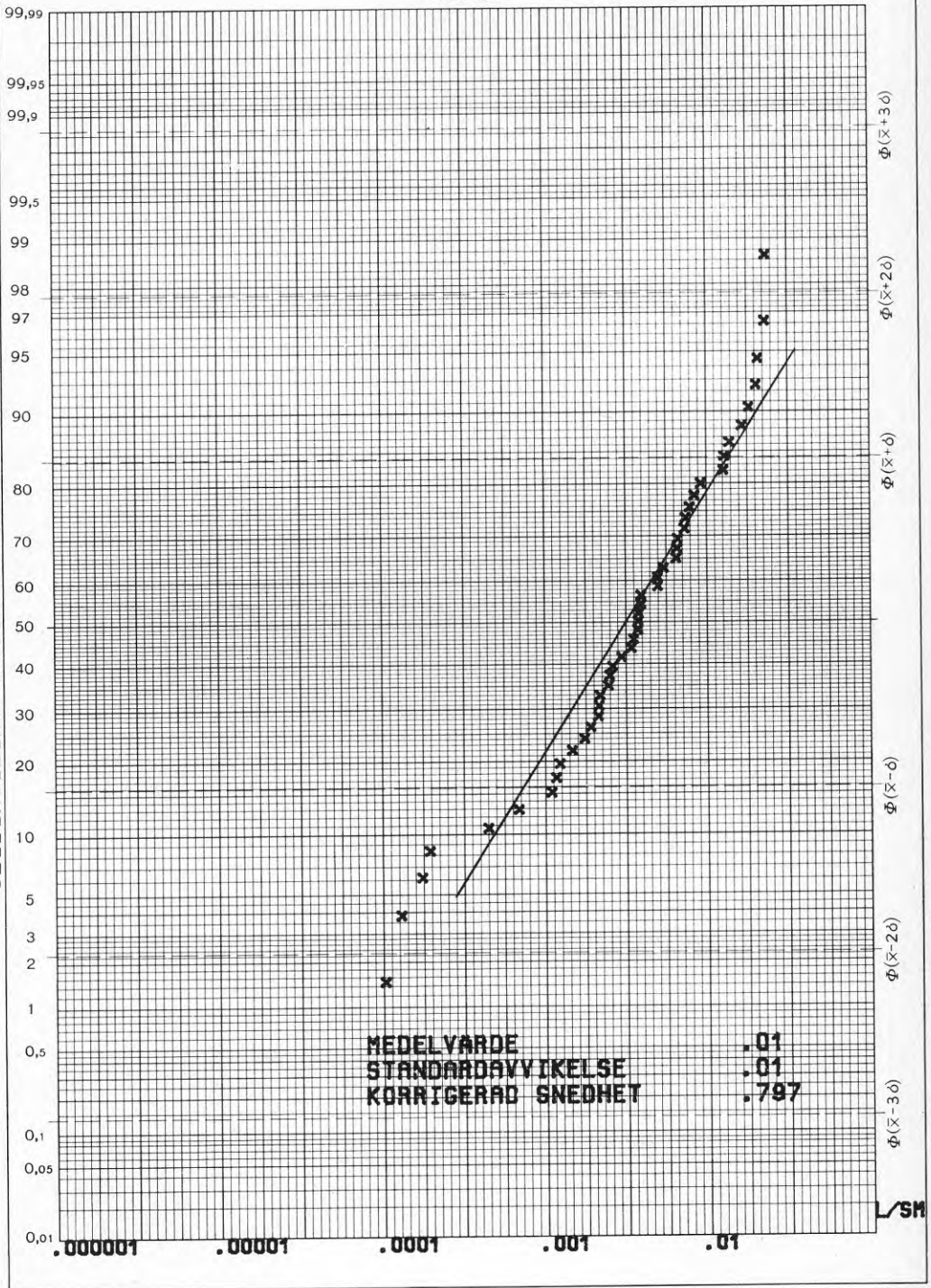


BFR
 GBG 50
 SPECIFIK KAPACITET GRANIT 02,03,04,06

5:3

VARDE

SANNOLIKHET ATT VARDET UNDERSKRIDES



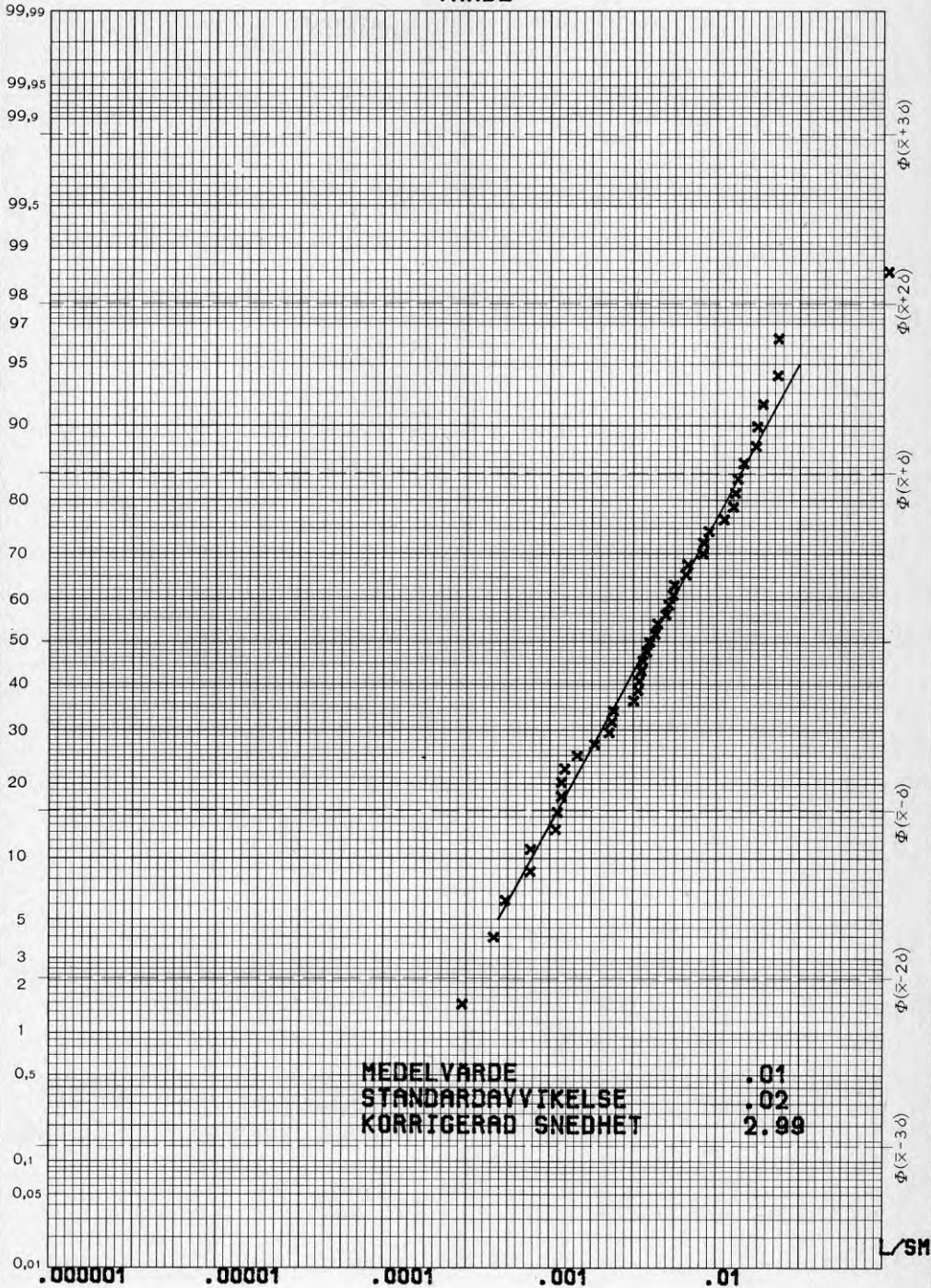
SM

BFR
 GBC 50
 SPECIFIK KAPACITET GNEJS 01,02

5:4

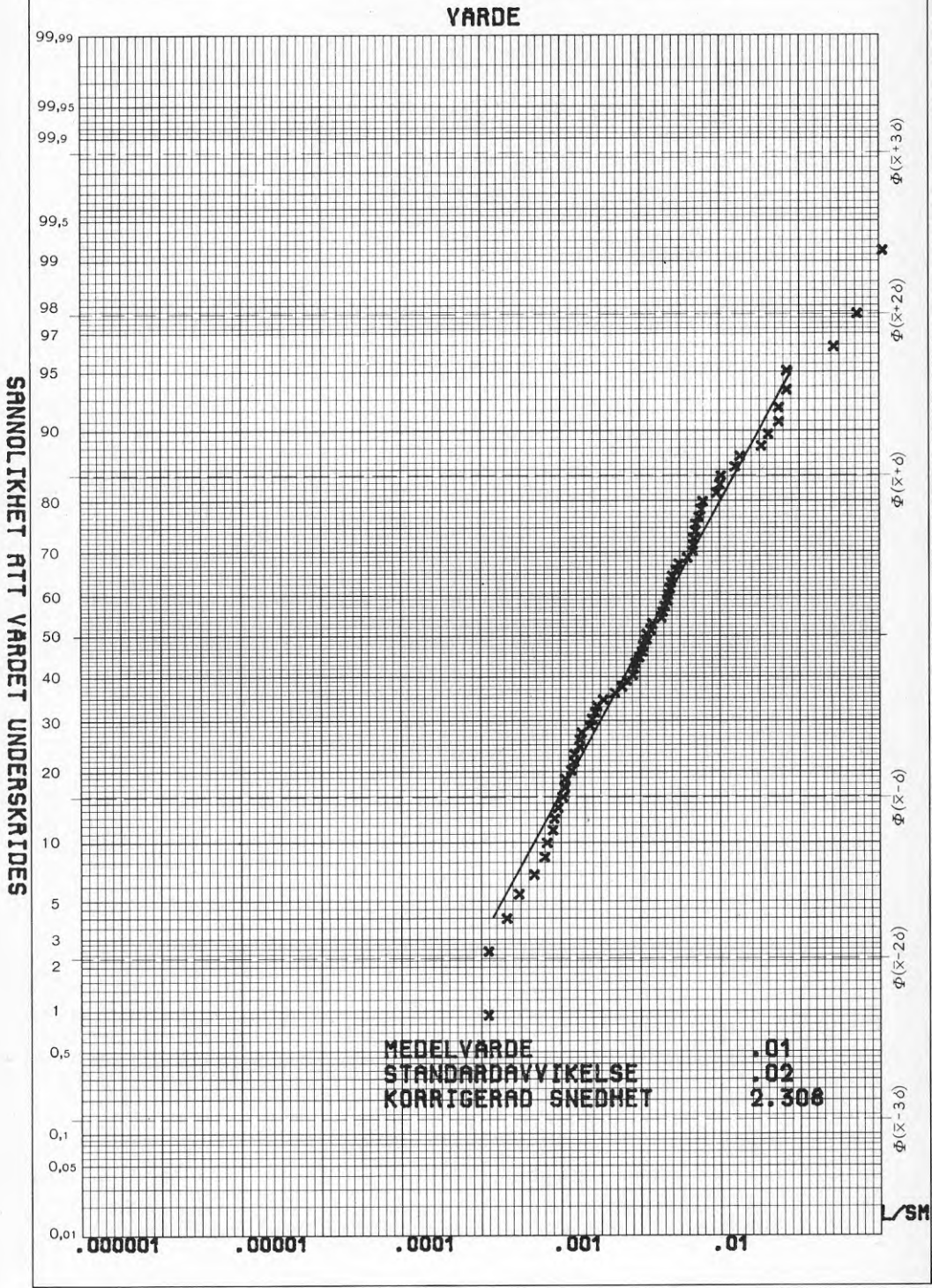
VARDE

SANNOLIKHET ATT VARDET UNDERSKRIDES



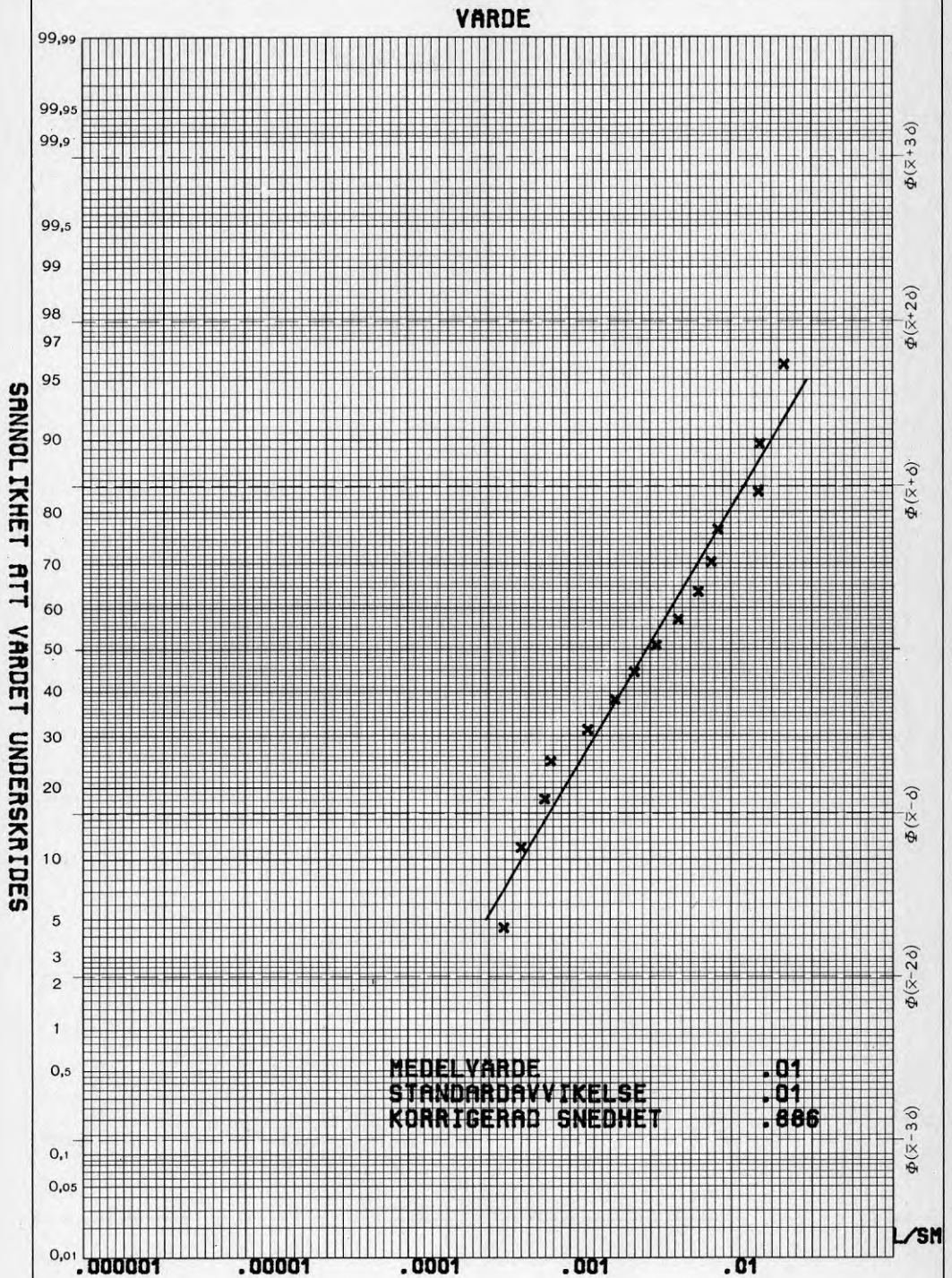
BFR
 GBG 50
 SPECIFIK KAPACITET GNEJS 03,04

5:5



BFR
GBG 50
SPECIFIK KAPACITET METABASIT

5:6



De upplottade kurvorna fig 5.2-6 ger möjlighet att bedöma sannolikheten för att erhålla en viss vattenmängd från de olika bergarterna om en brunn sätts ut förutsättningslöst. I tabell 5.1 redovisas p₉₀, p₅₀ och p₁₀ för de olika bergarterna. Vid beräkningen har brunnarnas mediandjup använts.

Tabell 5.1 Sannolikhet att erhålla viss vattenmängd i olika bergarter, kartbladet 7B i Göteborg S0

Bergart	Antal brunnar	Median- djup (m)	Sannolikhet att erhålla viss vattenmängd	Specifik kapacitet (l/sm)	Brunnskapacitet vid mediandjup (l/h)
Tonalit	12	52	p ₉₀	$1,92 \cdot 10^{-4}$	39
			p ₅₀	$2,31 \cdot 10^{-3}$	440
			p ₁₀	$2,63 \cdot 10^{-2}$	4944
Metabasit	15	57	p ₉₀	$5,26 \cdot 10^{-4}$	124
			p ₅₀	$2,81 \cdot 10^{-3}$	600
			p ₁₀	$1,42 \cdot 10^{-2}$	2908
Granit och ljus granodiorit	46	54	p ₉₀	$5,55 \cdot 10^{-4}$	91
			p ₅₀	$3,15 \cdot 10^{-3}$	614
			p ₁₀	$2,13 \cdot 10^{-2}$	4157
Gnejs med mikroklin- ögon	44	56	p ₉₀	$7,14 \cdot 10^{-4}$	153
			p ₅₀	$3,75 \cdot 10^{-3}$	767
			p ₁₀	$1,91 \cdot 10^{-2}$	3847
Gnejs grå-röd	70	57	p ₉₀	$7,01 \cdot 10^{-4}$	72
			p ₅₀	$3,51 \cdot 10^{-3}$	684
			p ₁₀	$1,75 \cdot 10^{-2}$	5508
Granodiorit och ljus tonalit	85	61	p ₉₀	$3,28 \cdot 10^{-4}$	72
			p ₅₀	$3,11 \cdot 10^{-3}$	684
			p ₁₀	$2,51 \cdot 10^{-2}$	5508

De olika bergarternas regionala permeabilitet och transmissivitet har beräknats och framgår av tabell 5.2.

Tabell 5.2 Regional permeabilitet och transmissivitet för bergarter inom kartbladet 7B Göteborg SO.

Bergart	Transmissivitet (m ² /s)	Permeabilitet (m/s)
Tonalit	2,59 · 10 ⁻⁶	4,73 · 10 ⁻⁸
Metabasit	3,24 · 10 ⁻⁶	6,49 · 10 ⁻⁸
Granit och ljus granodiorit	3,48 · 10 ⁻⁶	6,82 · 10 ⁻⁸
Gnejs med mikro- klinögon	4,34 · 10 ⁻⁶	8,35 · 10 ⁻⁸
Gnejs grå-röd	3,85 · 10 ⁻⁶	7,58 · 10 ⁻⁸

Den genomförda beräkningen visar att den regionala genomsläppligheten sannolikt är lägst för bergarterna tonalit och metabasit. Genomsläppligheten för t ex tonalit är ca hälften jämfört med gnejs med mikroklinögon.

TERMISKA PARAMETRAR, REFERENSER, ERFARENHETSVÄRDEN OCH Bilaga 6 EXEMPEL PÅ TEORETISKA BERÄKNINGAR

Markytans medeltemperatur

Uppgifter kan hämtas från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).

Grundvattentemperatur

Grundvattentemperaturen på ca 10 m djup är ungefär lika med markytans medeltemperatur under året. Vissa avvikelser kan förekomma, speciellt i Norrland, beroende på snötäckning samt inom tätbebyggda områden, som ofta uppvisar högre temperatur.

Uppgifter kan också hämtas från SGU:s brunnsarkiv, som kontinuerligt mäter grundvattentemperaturen vid ett antal stationer i Sverige. Figur 6.1 redovisar grundvattnets och luftens medeltemperatur 1971-1977, SGU 1980.

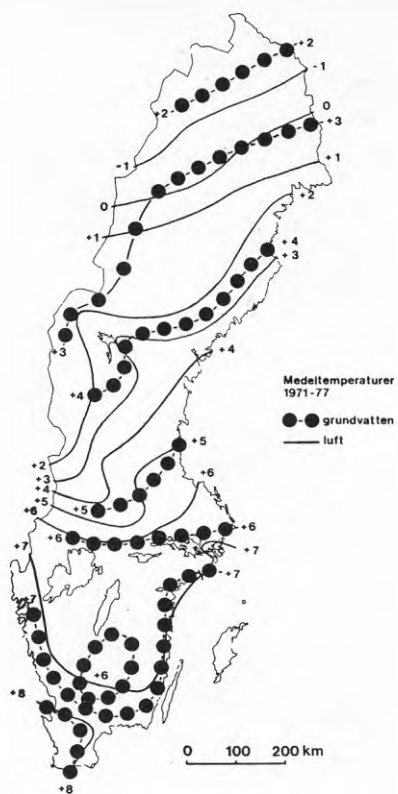


Fig 6.1 Grundvattnets och luftens medeltemperaturer i Sverige. 1971-1977, (SGU 1980)

Marklagrens värmeledningsförmåga och värmekapacitet

Definitioner

- Värmediffusivitet (Temperaturledningsförmåga) (m^2/s)

Anger hur snabbt en temperaturförändring fortplantas genom ett material, betecknas (κ).

- Värmekonduktivitet (Värmeledningsförmåga) ($W/m^{\circ}C$)

Anger hur mycket värme som transporteras genom ett material per tidsenhet, betecknas (λ).

- Värmekapacitet (Specifikt värme) ($J/m^3^{\circ}C$)

Anger hur mycket värme som kan lagras genom att temperaturen hos en volymenhet ändras en grad, betecknas (c).

Sambandet mellan de termiska parametrarna ges av uttrycket

$$\lambda = \kappa \cdot \rho \cdot c$$

$$\rho = \text{densitet (kg/m}^3\text{)}$$

Exempel på teoretisk beräkning av värmeledningsförmåga och värmekapacitet

Värmeledningsförmåga

Värmeledningsförmåga i vattenmättade porösa material:

$$\lambda = \lambda_1 \cdot n + \lambda_2 \cdot (1-n)$$

där

λ_1 = vattnets värmeledningsförmåga ($0,57 W/m^{\circ} C$)

$\lambda_2 = 7,7^k \cdot 2^{(1-k)}$ där k = kvartshalt ($\lambda_k = 7,7$)

n = porositet

Värmeledningsförmåga för icke vattenmättade porösa material:

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

där

λ_L = luftens värmeledningsförmåga (0,023 W/m⁰ C)

n = porositet

Värmeledningsförmåga för kristallint berg (eruptiva djupbergarter):

$$\lambda = \lambda_1^K \cdot \lambda_2^{FG} \cdot \lambda_3^{(1-(K+FG))}$$

där

K = kvartshalt ($\lambda_K = 7,7$ W/m⁰ C)

FG = fältspat och glimmerhalt ($\lambda_{FG} \approx 2,0$ W/m⁰ C)

λ_3 = övriga mineral ($\lambda_3 \approx 3,0$ W/m⁰ C)

För kalksten gäller

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

där

Ca = kalkhalt

$\lambda_{Ca} = 3,6$ W/m⁰ C

$\lambda_2 = 3,0$ W/m⁰ C

Värmekapacitet

Värmekapacitet för ett poröst vattenmättat medium

$$\rho_c = c_1 \cdot \rho_1 \cdot n + c_2 \cdot \rho_2 \cdot (1-n)$$

där

$$\rho_1 = \text{vattnets densitet (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_2 = \text{bergarten eller jordpartiklarnas densitet (kg/m}^3\text{)}$$

$$c_1 = \text{vattnets värmekapacitet (4200 J/Kg}^\circ\text{ C)}$$

$$c_2 = \text{bergartens eller jordpartiklarnas värmekapacitet (800 J/Kg}^\circ\text{ C)}$$

$$n = \text{porositet}$$

Indata för beräkning av värmeledningsförmåga och värmekapacitet kan bl a erhållas från textdelarna till de geologiska kartorna, från geotekniska undersökningar samt från litteraturuppgifter om mineral och bergarters termiska egenskaper.

Termiska parametrar - några referenser

Tabell 6.1

Ungefärliga termiska data för några marktyper, Granholm H, 1971.

	Fukthalt [vol%]	Värmeled- ningsförmåga [W/m ² ·°C]	Värmekapa- citet [MJ/m ³ ·°C]	Densitet [kg/m ³]
Torr, förmultnad	46	0,3	2,1	370
Löst packad torr sand	-	0,2-0,3	1,3	1500
Natursingel, torr	-	0,3	1,2	1550
Sandig grus, torr	-	0,7	1,6	1800
Lera, styv	65	1,0	3,6	1640
Lera, lät	60	1,2	3,5	1800
Packad sand och grus	15	1,7	2,8	2200
Morän, sandig eller lerig	27	2,3	2,7	2200
Hård sandsten	-	2,3	1,9	2300
Granit	-	2,6-3,5	2,1	2700

Tabell 6.2

Värmeledningsförmåga för bergmineral, Horai 1971.

	W/m ² ·°C	variationsområde
Kvarts	7,7	
Fältspat:		
Ortoklas	2,0	(1,7 .. 2,3)
Plagioklas		
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 ₃)	3,6	
Klorit	5,0	(4,0 .. 6,0)

Tabell 6.3

Värmeledningsförmåga för bergarter och lera, kompletterad med en svensk lera, Kappelmeyer & Haenel 1974

Bergart	Värmeledningsförmåga W/m°C
Basalt	1,4 - 2,7
Gnejs	2,6 - 2,9
Granit	1,6 - 3,1
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)

Tabell 6.4

Densitet och värmeledningsförmåga för olika bergarter och mineral,
ABEM 4/1971

Material	Vättdensitet g/cm ³	Värmeledningsförmåga W/m ⁰ C
Amfibolit	2.99 (2.79 - 3.14)	2.89 (2.55 - 3.80)
Anortosit	2.73 (2.64 - 2.92)	5.35 (4.89 - 5.73)
Basalt	2.98 (2.90 - 3.05)	1.47 - 2.18
Diabas	2.96 (2.80 - 3.11)	2.20 (2.10 - 2.32)
Diorit	2.81 (2.68 - 2.96)	2.48 (2.10 - 3.42)
Dolerit	2.8 - 3.3	2.01 (1.65 - 2.28)
Dolomit	2.80 (2.75 - 2.85)	4.6 (4.0 - 5.0)
Gåbbero	2.98 (2.85 - 2.92)	2.15 (2.0 - 2.3)
Glimmer	2.75 (2.65 - 2.96)	2.9 (2.3 - 4.2)
Gnejs	2.70 (2.66 - 2.73)	2.7 (1.9 - 3.2)
Granit	2.67 (2.52 - 2.82)	3.3 (2.6 - 3.8)
Granodiorit	2.72 (2.67 - 2.78)	3.0 (2.6 - 3.5)
Is	0.92	2.17 (0°C)
Koppar	8.96	384
Kalksten	2.70 (2.58 - 2.80)	2.5 (2.0 - 3.0)
"Loam" = blandning av lera, silt, sand med organiskt innehåll		
	1.15 - 1.43 (torr)	0.21 (0.15 - 0.37)
Marmor	2.75	1.47 (0.91 - 2.22)
Norite	2.98 (2.72 - 3.02)	2.7 (2.30 - 3.1)
Ryolit	2.33 - 2.41	(1.38)
Pyroxenit	3.10 - 3.32	(3.8)
Kvarts	2.65 (2.61 - 2.66)	6.7
Kvartsit	2.65 (2.61 - 2.66)	5.8 (3.1 - 7.9)
Sandsten		
Carboniferous	2.35 - 2.55	2.5 - 3.2
Quartzitic	2.65	3.4 (1.1 - 5-2)

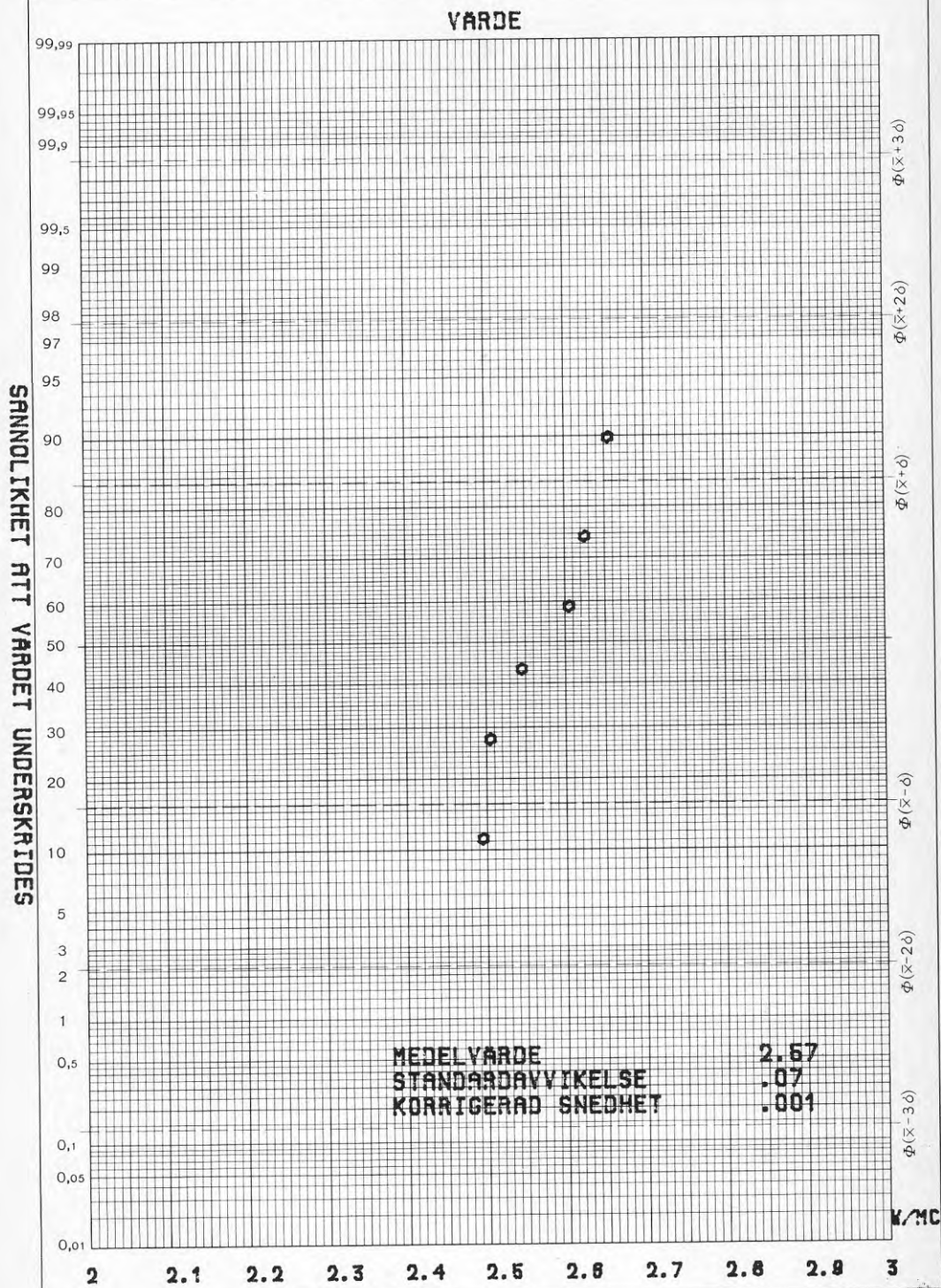
Material	Våtdensitet g/cm ³	Värmeledningsförmåga W/m °C
Serpentinit	2.60 (2.5 - 2.7)	2.3 (2.0 - 3.8)
Skiffer (äldre metamorf)	2.70 (2.65 - 2.75)	1.36 (1.25 - 1.80)
Siltsten (äldre)	2.65	1.6 - 2.0
Syenit	2.76 (2.63 - 2.90)	3.2 (2.6 - 4.0)
Vatten	1.000 (4°C)	0.56 (0°C)
		0.59 (25°C)

Beräkningsexempel

I figurerna 6.2-7 redovisas några teoretiska beräkningar av berggrundens värmeledningsförmåga. Beräkningarna har utförts enligt de formler som redovisats ovan. Indata har hämtats i form av bergarternas mineralogiska sammansättning från beskrivningen till berggrundskartan Göteborg SO SGU Ser. Af nr 117 (Samuelsson 1978).

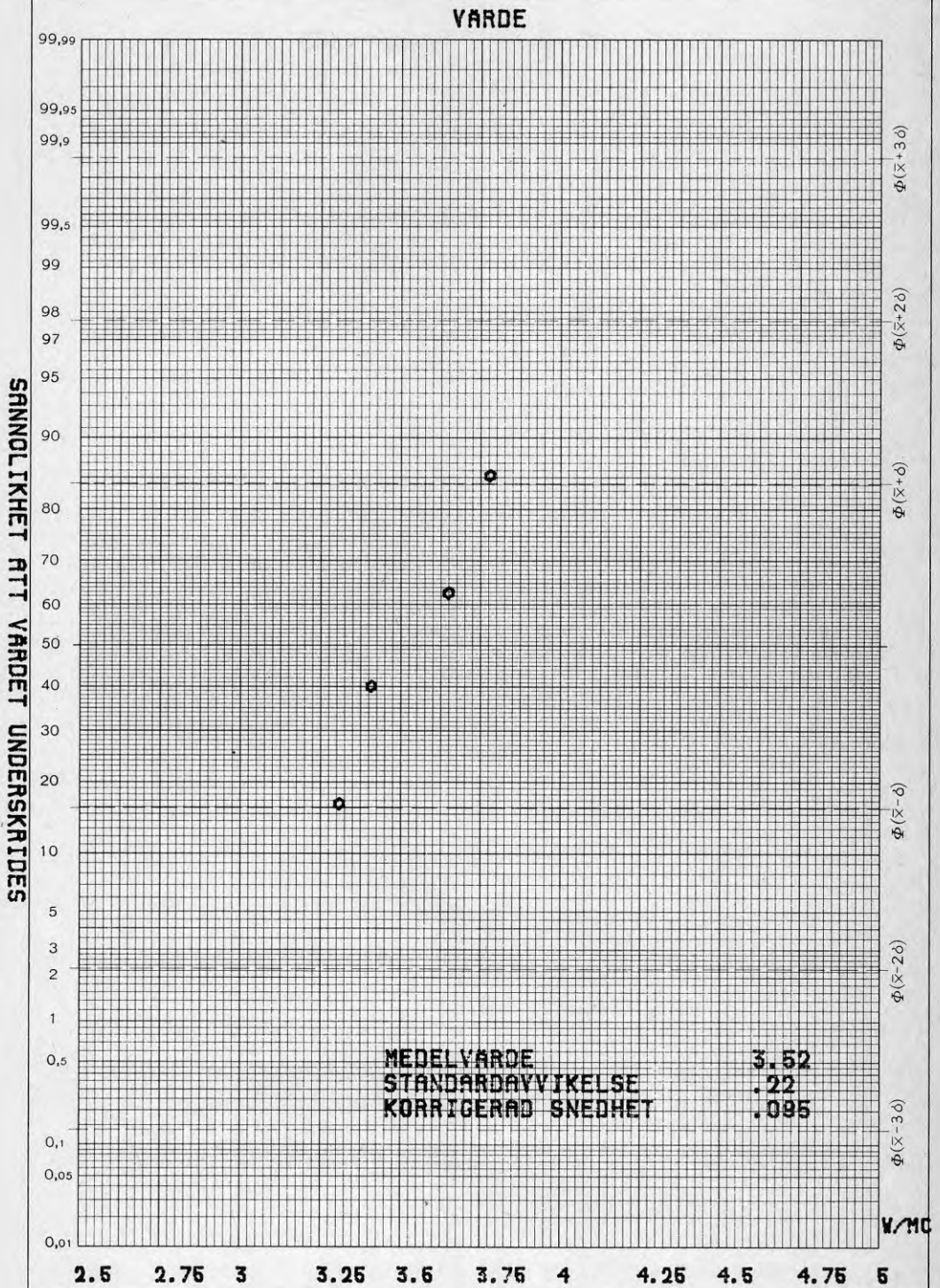
BFR
 GBG SO GÅNG-LINSF. METABASITER
 VARMELEDNINGSFÖRMÅGA

6:2



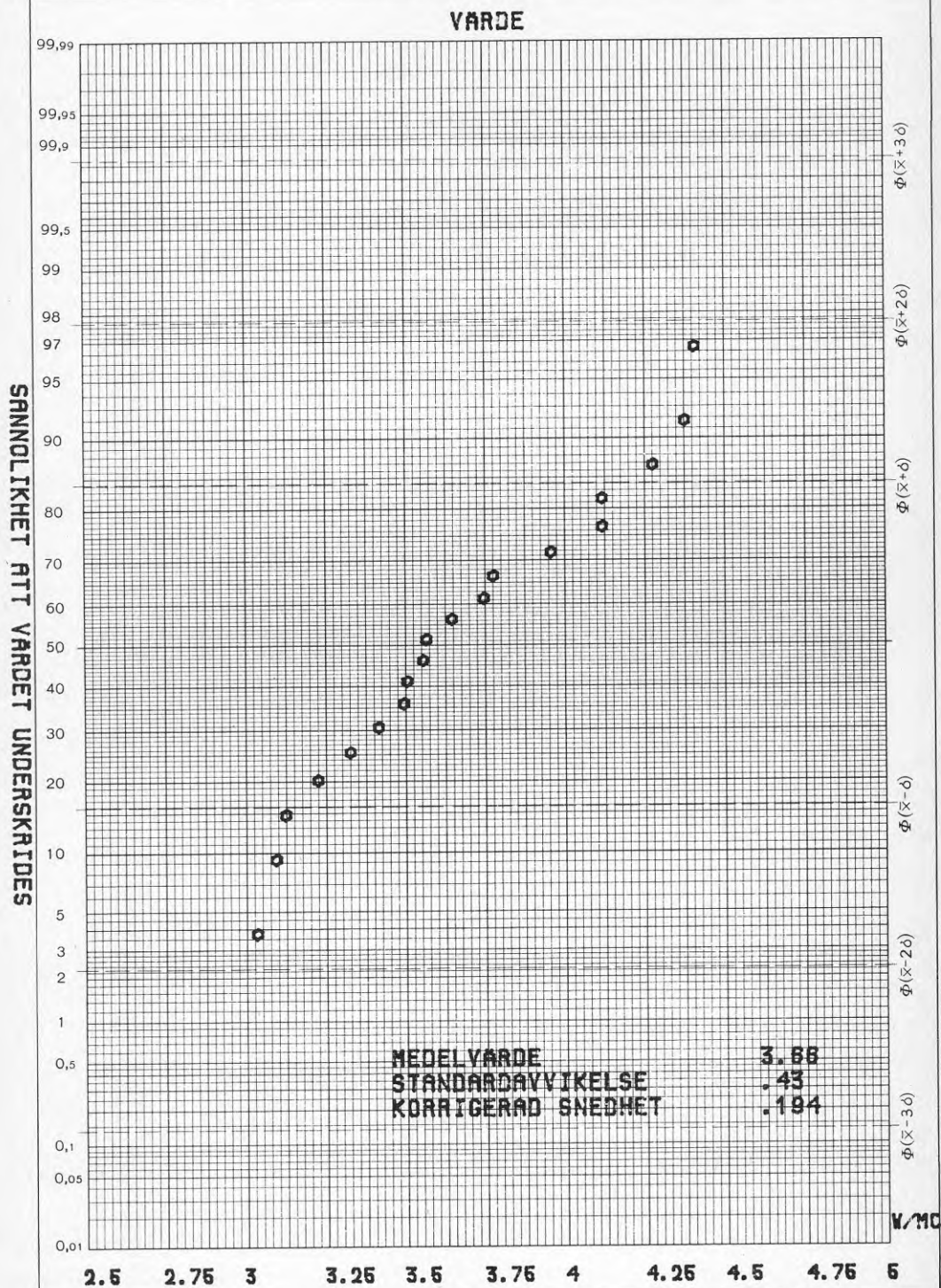
BFR
GØG SO ØGONGNEJSER
VARMELEDNINGSFØRMÅG

6:3



BFR
GBG SO FIN-TILL MEDELK. GNEJSER
VARMELEDNINGSFORMÅGA

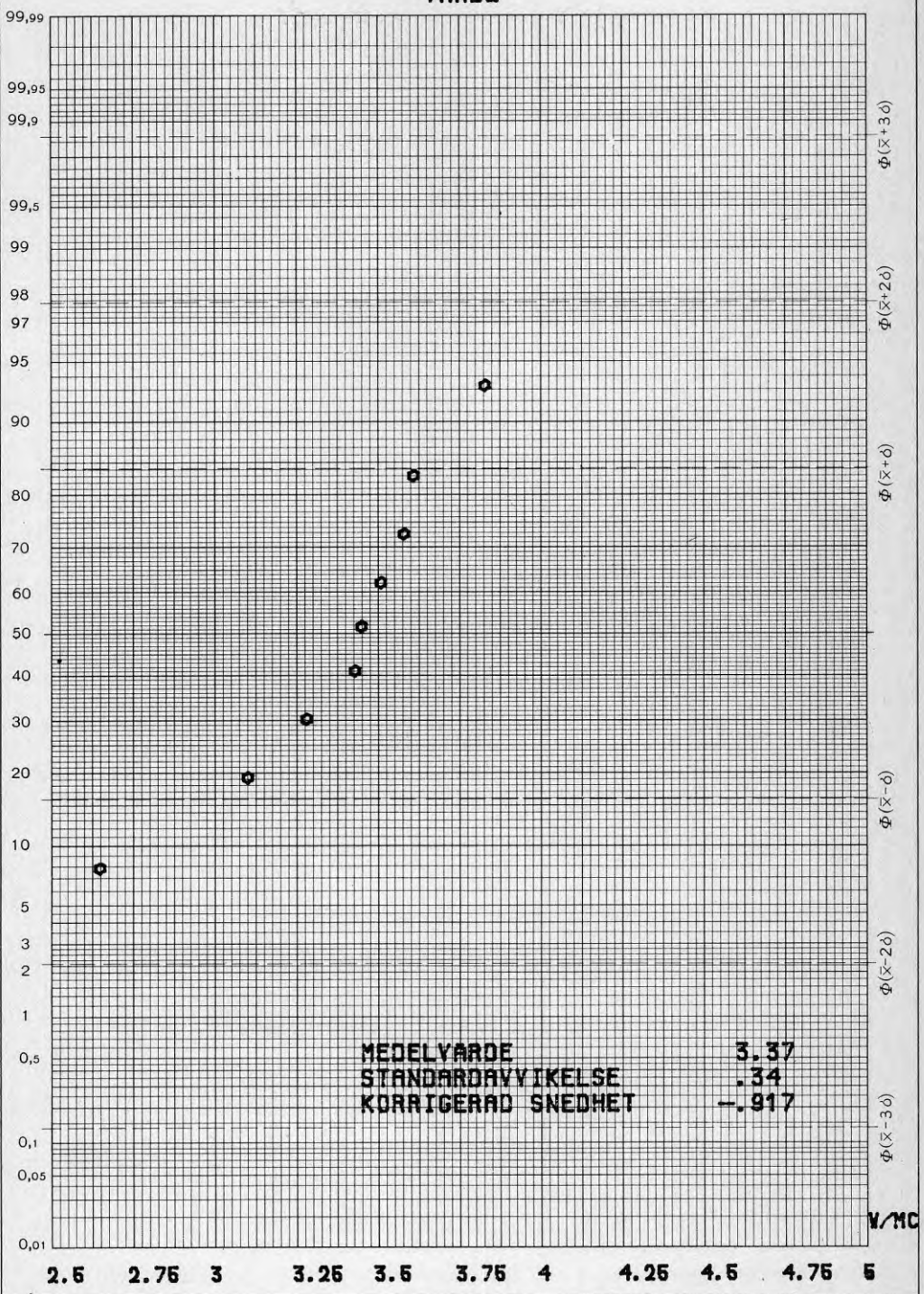
6:4



BFR
 GBG SO FIN-MED.KOR. MUSKOVTF. GRANITER 6:5
 VARMELEDNINGSFÖRÅGA

SANNOLIKHET ATT VÄRDET UNDERSKRIDES

VARDE



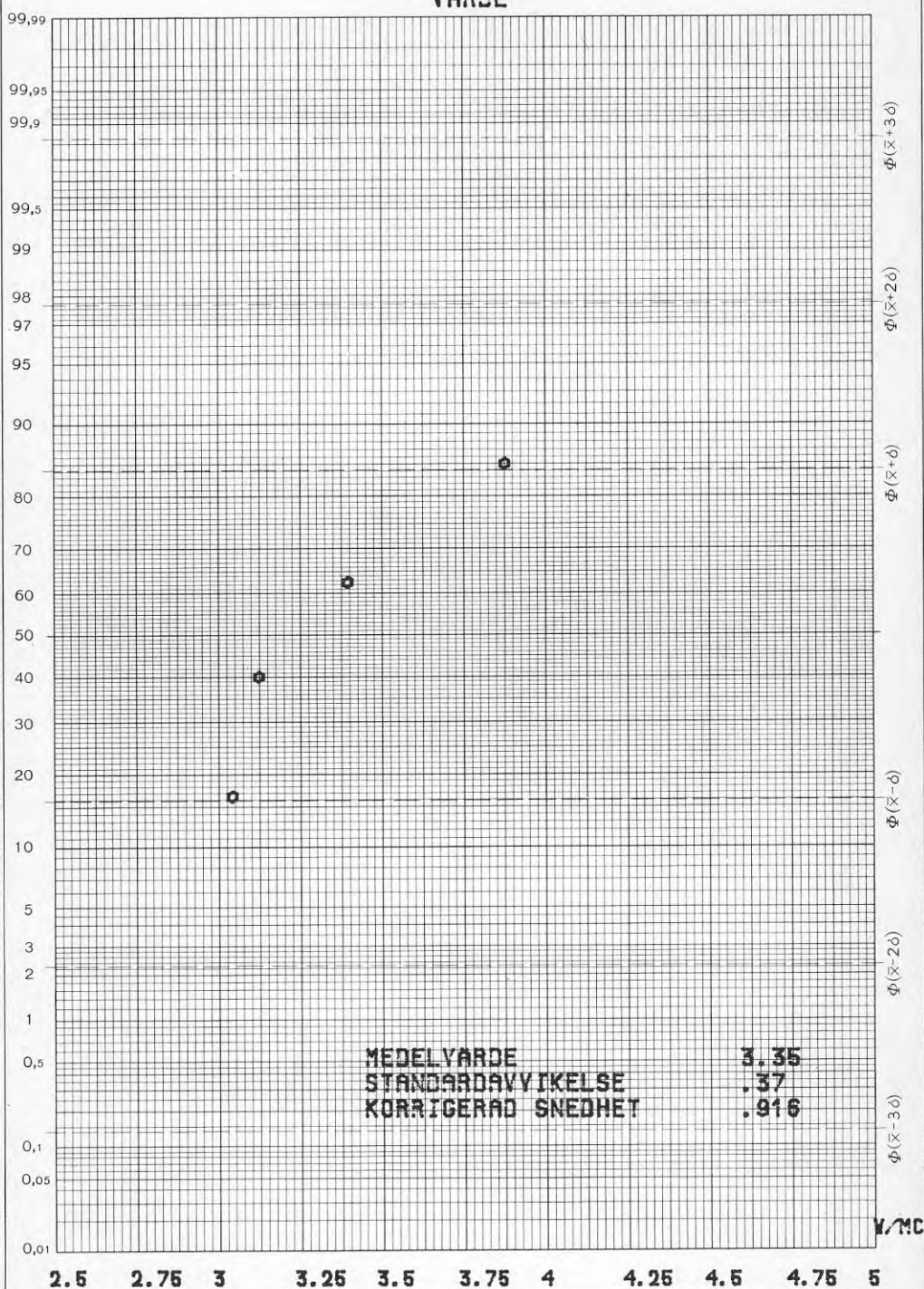
V/MC

BFR
GBG SO ÖGONGRANIT
VÄRMELEDNINGSFÖRMÅGA

6:6

SANNOLIKHET ATT VÄRDET UNDERSKRIDES

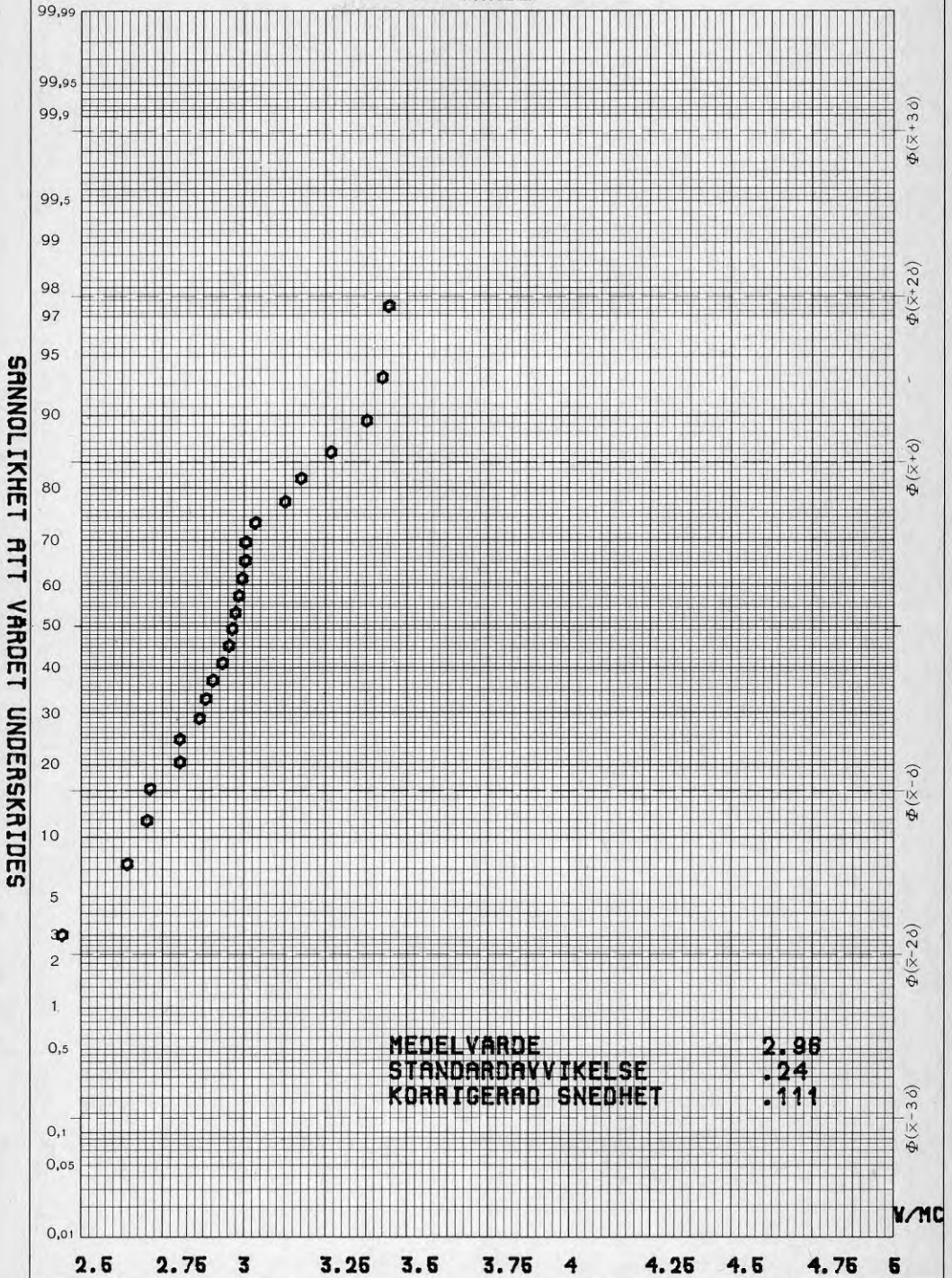
VÄRDE



**BFR
GBG SO KVARTSDIORIT-GRANITSVITEN
VARMELEDNINGSFORMÅGA**

6:7

VARDE



KLASSIFICERING AV GRUNDVATTNET ENLIGT RYZNARS STABILITY INDEX Bilaga 7

Teori

För att karakterisera olika vattens benägenhet för korrosion och utfällningar har olika parametrar använts. I USA har Ryznars Stability Index, RSI (Ryznar 1944) använts sedan länge och synes ge goda möjligheter att förutsäga vattnets egenskaper. Index talet grundar sig på kalkmättnads-pH (pH_s) och rådande pH-värde.

$$RSI = 2 pH_s - pH$$

Kalkmättnads-pH kan bestämmas med följande formel:

$$pH_s = (pK_2 - pK_1) + pCa + pAlk$$

där

K_2 = andra dissociationskonstanten för HCO_3

K_1 = aktivitetsprodukten för $CaCO_3$

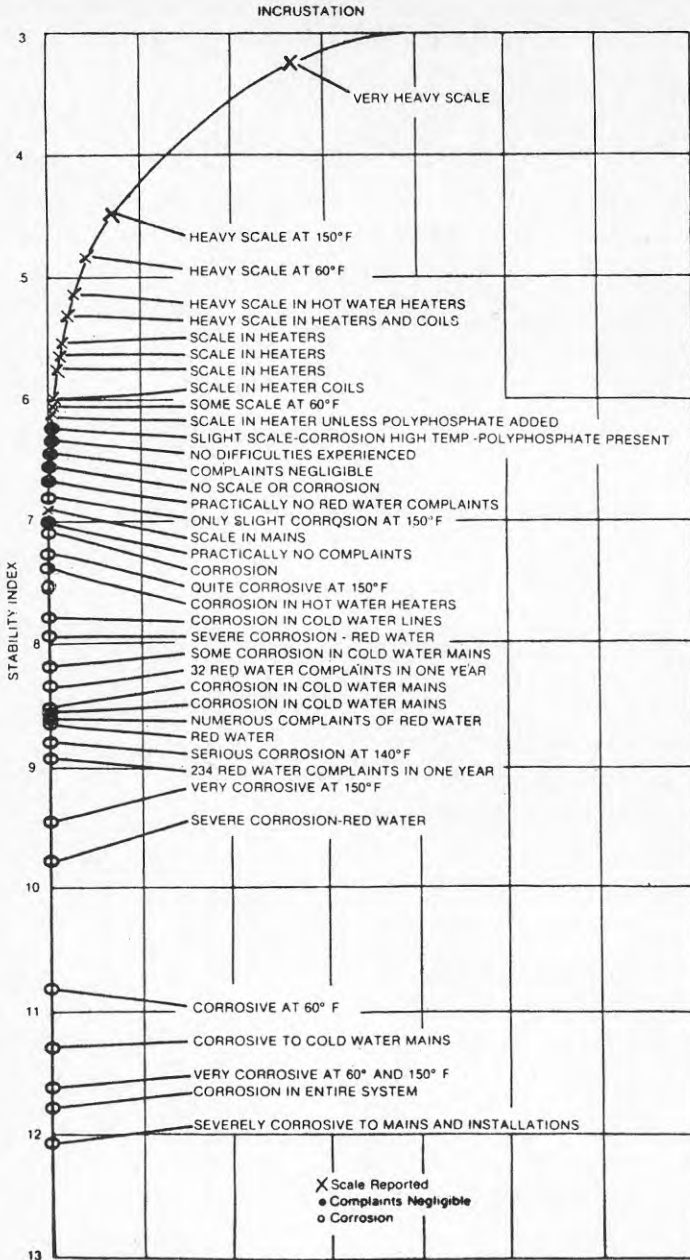
Ca = kalciumkoncentrationen, mol/l

Alk = alkaliniteten

p = negativ 10-logaritm

Beräkningen av RSI tar hänsyn till följande parametrar: Ca, HCO_3 , pH, total salthalt och vattentemperatur.

Ett vatten med RSI mindre än 7 är benäget till kalkutfällning, medan RSI större än 7 är benäget för korrosion, se även figur 7.1



Figur 7.1 Det empiriska sambandet mellan RSI-index och påverkan på rörsystem, Ryznar 1944.

Beräkningsexempel

I samband med en hydrogeologisk undersökning av Gråbodeltat, VIAK 1981, utfördes RSI-beräkningar för 6 vattenprov, se tabell 7.1.

Beräkningsexemplen visar att vattnet har ledningsangripande egenskaper, vilket bör beaktas vid materialval och kostnadsberäkningar på ingående komponenter i ett eventuellt värmesystem.

SAMMANSTÄLLNING AV VATTENANALYSER
FRAN NY VATTENTÄKT VID RB 8004

UNDERSÖKNING	ENHET	PROV 1	PROV 2	PROV 3	PROV 4	PROV 5	PROV 6
Provtagningsdatum		801027	801028	801030	801105	801117	801124
Tidpunkt							
Temperatur (enl uppgift)	°C	<5	<5	<5	<5	5	5
Färg	mg/l Pt	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Grumlighet	FTU	ingen	ingen	ingen	svag	ingen	ingen
Lukt, styrka							
Lukt, art		ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Bottensats		6,3	6,2	6,2	6,3	6,6	6,5
pH (pot)		140	150	170	150	160	160
Ledningsförmåga x 10 ⁴ , 25°C	ohm ⁻¹ cm ⁻¹	<1	<1	5	<1	<1	1
Permanganatförbrukning	mg/l KMnO ₄	0,02	<0,01	<0,01	0,05	0,02	<0,01
Järn	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mangan	"	0,010	0,008	0,031	0,008	0,007	0,007
Fosfat	PO ₄	0,012	0,025	0,036	0,007	0,016	0,003
Ammonium	NH ₄	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	0,002
Nitrit	NO ₂	4	3	4	4	7	62
Nitrat	NO ₃	15	13	10	13	13	14
Sulfat	SO ₄	17	16	20	22	22	18
Bikarbonat	HCO ₃	24	8	28	28	15	25
Klorid	Cl						
Kalcium	Ca						
Magnesium	Mg						
Totalhärdhet	°dH	2,0	2,3	2,1	5,0	2,0	1,9
Kolsyra, marmoraggressiv ber	mg/l	20	23	42	25	13	13
Kiselsyra	SiO ₂						
Aluminium	Al	0,02					
Fluorid		<0,1					<0,1
Totala ant bakterier	antal/ml	220					0
Totala ant coliforma bakt	antal/100 ml	79					<2
Ant termotabila colif bakt	antal/100 ml						<2
RSI		12,7	12,7	12,6	11,6	12,2	12,5

Tabell 7.1. Beräkning av RSI-index på vattenprov från Gråbo, Rb 8004.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800958-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till VIAK AB, Göteborg.**

R157:1984

ISBN 91-540-4235-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704156

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 45 kr exkl moms