

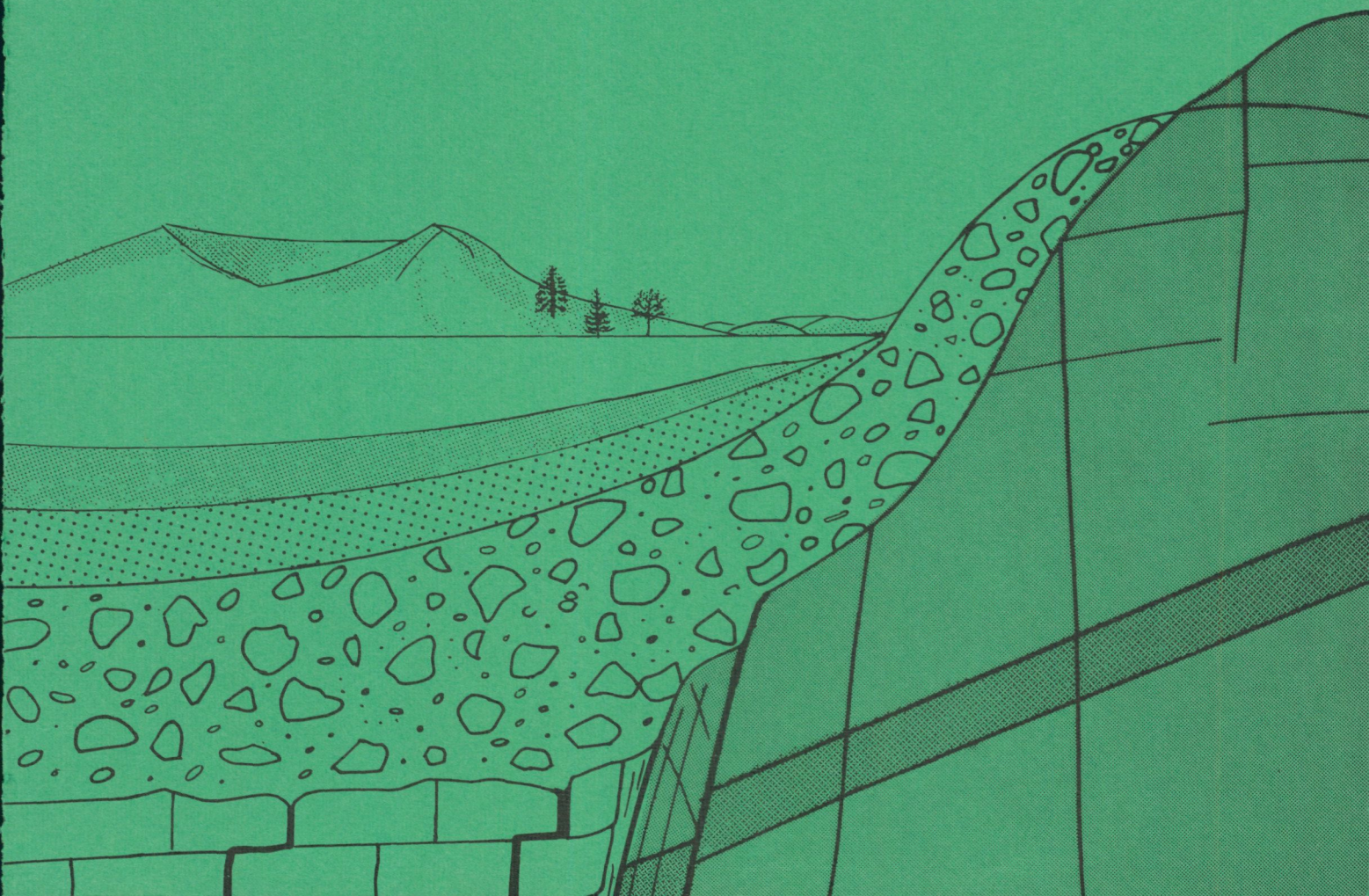


SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Rapporter och meddelanden nr 9

Gert Knutsson och Torbjörn Fagerlind

Grundvattentillgångar i Sverige

Stockholm 1977



Denna rapport är tidigare publicerad genom
statens naturvårdsverks försorg

Översiktlig beskrivning av
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I SVERIGE

Rapporten har sammanställts vid kvartär- och hydro-
geologiska byrån av Gert Knutsson och Torbjörn Fagerlind

Denna rapport är utarbetad på uppdrag av statens
naturvårdsverk

Stockholm 1977
Andra oförändrade upplagan

FÖRORD

Föreliggande utredning har utförts på uppdrag av statens naturvårdsverk (SNV) och utgör en del i SNV:s utredning "Översiktlig kartläggning av landets vattentillgångar och vattenanvändning". Denna kartläggning är i sin tur ett led i det fortsatta riksplanearbetet. Programmet för denna delutredning utarbetades av SGU i samråd med företrädare för Bostadsdepartementet, Jordbruksdepartementet och SNV. Med tanke på uppdragets mycket begränsade omfattning framstod det redan vid programdiskussionen, att utredningen endast skulle kunna inrymma en kortfattad genomgång av nuvarande kunskapsunderlag om grundvattenförhållandena och användningen av grundvatten samt med ledning därav en beskrivning av de viktigaste grundvattenförande bildningarna samt av vissa regionala särdrag beträffande grundvattentillgångarna. Redan från början stod det klart, att beräkningar av grundvattentillgångarnas storlek i olika regioner eller sk redovisningsområden inte skulle kunna genomföras, då tillförlitligt underlag saknas i de flesta delar av landet. Överslagsmässiga beräkningar av t ex magasinsvolymer med hjälp av antagna värden på hydrogeologiska parametrar ansågs mindre lämpliga, då dylika beräkningar tidigare visat sig kunna bli vilseledande vid t ex vattenförsörjningsplanering. Grundvattentillgångarna har därför bedömts med relativa mått, vartill de geologiska förutsättningarna för grundvattenutvinning beskrivits. Ett väsentligt moment i utredningen fastslogs vara att presentera ett förslag till program för framtida kartläggning av Sveriges grundvattentillgångar.

Rapporten har givits motsvarande uppläggning som programmet, vilket tyvärr medfört vissa upprepningar i texten. På grund av att kunskapsunderlaget är mycket skiftande för skilda delar av grundvattensektorn, t ex beträffande regionala förhållanden finns en viss obalans mellan olika avsnitt i rapporten. Obalansen har

emellertid ansetts motiverad, eftersom avsikten med utredningen bl a varit att belysa brister i kunskapsunderlaget.

Utredningsarbetet har bedrivits vid kvartär- och hydrogeologiska byrån, Sveriges geologiska undersökning (SGU). Arkivmaterial beträffande vattenuttag vid kommunala vattentäkter samt vissa industrivattentäkter har ställts till utredningens förfogande av SNV, som också svarat för framställning av kartbilagan i färg. Underlagsmaterial - samt i vissa fall färdigt material - har också lämnats av de olika enheter inom byrån, vilka bedriver verksamhet inom grundvattensektorn. Huvuddelen av utredningsarbetet har utförts av t f statsgeolog Torbjörn Fagerlind med biträde av geologerna Eva Lidén och Kjell Moreborg. Textunderlag för vissa delavschnitt har skrivits av avd dir Leif Carlsson (del av kap 2 och 6), statsgeolog Per Engqvist (kap 3.6), statsgeolog Carl-Fredrik Müllern (kap 3.3), statsgeolog Lars Nordberg och l. statsgeolog Gösta Persson (del av kap 2.3 samt kap 3.2). En stor mängd detaljuppgifter har lämnats av l. statsgeolog Jan De Geer, som också granskat textavschnitt och kartor med regionalt innehåll. Ritarbetet har utförts av kartograferna Ann-Christine Sjöberg och Kerstin Orvandt. Assistent Kerstin Brodén, kontorist Christina Berglund samt assistent Jill Blomstrand har svarat för slutlig utskrift av texten. Ytterligare personal vid SGU har på olika sätt deltagit i utredningsarbetet. Undertecknad har planlagt utredningen, skrivit vissa textavschnitt och bearbetat övriga samt svarat för den slutliga sammanställningen av rapporten. Till samtliga som på olika sätt bidragit till denna utredning riktas ett varmt tack.

Gert Knutsson
Projektledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	
Sammanfattning	1
1 Inledning	7
2 Nuvarande verksamheter inom grundvattensektorn	10
2.1 Forskning och utveckling (FoU)	10
2.2 Offentliga organ och enskilda företag	12
2.3 Sveriges geologiska undersökning (SGU)	15
2.3.1 Grundvattennätet	16
2.3.2 Brunnsarkivet	19
2.3.3 Hydrogeologisk kartering	21
3 Karakteristik av grundvattenförhållandena	22
3.1 Hydrogeologiska begrepp	22
3.2 Grundvattnets variationsmönster	25
3.2.1 Geologins betydelse för grundvattnets variationsmönster	25
3.2.2 Årstidsmönster	29
3.2.3 Flerårstrender	30
3.2.4 Grundvattentemperaturer	35
3.2.5 Flerårsvariationer i grundvattnets kemi .	36
3.3 Grundvatten i berggrund	36
3.3.1 Urberg	42
3.3.2 Sedimentära bergarter	46
3.4 Grundvatten i jordlager	51
3.4.1 Grovkorniga sorterade avlagringar	53
3.4.2 Osorterade avlagringar (moräner)	58
3.4.3 Kombinerade jord- och bergakviferer	59
3.5 Konstgjord infiltration	59
3.6 Grundvattnets beskaffenhet	61
3.6.1 Klorid	63
3.6.2 Kväveföreningar	64
3.6.3 Fluorid	71
3.7 Förorening av grundvatten	72
4 Grundvattnets användning	76
4.1 Kommunal vattenförsörjning	77
4.2 Bevattning med grundvatten	88
4.3 Övrig användning av grundvatten	92

5	Uppskattning av grundvattentillgångar i olika delar av Sverige	93
5.1	I berggrund	94
5.1.1	Område 1. Sydvästra Skånes och Kristianstadsslättens berggrund	97
5.1.2	Område 2. Områden med kambrosilurisk berggrund och prekambrisk sandstensberggrund utanför fjällkedjan	102
5.1.3	Område 3. Urberget	106
5.1.4	Område 4. Fjällkedjans berggrund	108
5.2	I jordlager	109
5.2.1	Område 1. Vissa delar av Skåne	110
5.2.2	Område 2. Sydsverige utom vissa delar av Skåne	115
5.2.2.1	Område 2 a	115
5.2.2.2	Område 2 b	119
5.2.2.3	Område 2 c	120
5.2.2.4	Område 2 d	121
5.2.3	Område 3. Öland och Gotland	122
5.2.4	Område 4. Västsverige, främst Bohuslän - Dalsland	124
5.2.5	Område 5. Stora delar av Mellansverige och södra Norrlands kustland nedanför högsta kustlinjen	126
5.2.5.1	Område 5 a	126
5.2.5.2	Område 5 b	127
5.2.6	Område 6. Norra Norrlands kustland nedanför högsta kustlinjen	128
5.2.7	Område 7. Norrlands och Svealands inland ovanför högsta kustlinjen, utom fjällområdena	129
5.2.8	Område 8. Kalfjällsområden	131
6	Synpunkter på program för framtida kartläggning av Sveriges grundvattentillgångar	131
6.1	Utarbetande av hydrogeologisk översiktskarta över Sverige i skala 1:1 miljon	131
6.2	Dokumentation av grundvattenförhållanden vid större grundvattentäkter	132
6.3	Hydrogeologisk kartering	132

6.4	Principiella undersökningar av grundvattenbildning och grundvattenkemi i olika geologiska miljöer	134
6.5	Utveckling av undersökningsmetodik	135
6.6	Forsknings- och utredningsverksamhet angående förorening av grundvatten	136
	Referenser	139

Figurer och tabeller

Figur 1.	Observationsområden inom SGU:s grundvattennät	17
Figur 2.	Grundvattenståndets variationsmönster i olika bildningar	27
Figur 3.	Regionala mönster i grundvattenståndets årstidsvariationer	31
Figur 4.	Flerårstrender i grundvattenstånd	33
Figur 5.	Grundvattentemperaturens årsmedelvärden 1968 - 1975	37
Figur 6.	Flerårstrender i klorid- och nitrathalt	39
Figur 7.	Olika typer av grundvattenförande bildningar	43
Figur 8.	Olika förutsättningar för grundvattenutvinning i berggrund	47
Figur 9.	A. Rullstensås med god vattentillgång B. Rullstensåsar med måttlig vattentillgång	55
Figur 10.	Klorid	65
Figur 11.	Kväve	67
Figur 12.	Fluorid	69
Figur 13.	Uttag av naturligt och konstgjort grundvatten vid kommunala vattentäkter	79
Figur 14.	Områden med olika geologiska förutsättningar för grundvattenutvinning i berg	95
Figur 15.	Regioner i syd- och mellansveriges berggrund med olikartad grundvattenkapacitet	99
Figur 16.	Områden med olika geologiska förutsättningar för grundvattenutvinning i jordlager	111

Tabell 1. Procentuell angivelse av vissa hydrogeologiska uppgifter av ca 22 000 borrprotokoll från brunnsparkivet, SGU, Stockholm	20
Tabell 2. Sortomvandling mellan olika kapacitetsbegrepp	25
Tabell 3. Antal vattentäktsanläggningar för tätorter med en årsproduktion på mindre resp mer än 100 000 m ³ .	81
Tabell 4. Antal vattentäktsanläggningar för tätorter i Sverige fördelade på olika anläggningstyper	82
Tabell 5. Uttagen vattenmängd från olika typer av grundvattentäkter i % av det totala uttaget för vattenförsörjning av landets tätorter år 1974	85
Tabell 6. Tätorternas vattenförbrukning 1974 i anläggningar med en årsproduktion > 100 000 m ³	86
Tabell 7. Jämförelse mellan vattenåtgång av grundvatten för bevattning och kommunernas förbrukning av naturligt grundvatten	89

Bilaga 1. Tabell över grundvattennätets observationsområden 1976-06-01	
--	--

Kartbilaga. Uttag av grundvatten för tätorternas vattenförsörjning 1974 i olika geologiska bildningar

Citerade tabeller

Tabell I. Föroreningskällor för grundvattnet och skadeförebyggande åtgärder	74
Tabell IV. Forskningsbehov inom sektorn grundvattenförorening/ grundvattenskydd	137

SAMMANFATTNING

Forskning inom grundvattensektorn bedrivs av ett flertal institutioner vid universitet och högskolor framför allt inom ämnesområdena geologi, geoteknik, hydrologi, hydroteknik, kulturteknik, markvetenskap, naturgeografi, vattenbyggnad samt vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Ämnesområdet grundvatten saknar egen professur. Forsknings- och utvecklingsverksamhet (FoU) inom universitet och högskolor ägnas åt detalj- eller delproblem inom grundvattenområdet och övergripande forskningsprojekt, som berör grundvattentillgångarna i landet, saknas.

Kunskapsunderlaget inom grundvattensektorn är generellt sett mycket spritt och svåröverskådligt, liksom dokumentationen av grundvattenförhållandena i landet. Statliga verk och myndigheter med verksamhet inom grundvattensektorn är i första hand Sveriges geologiska undersökning, statens geotekniska institut, statens väg- och trafikinstitut samt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Inom dessa verk finns ett betydande hydrogeologiskt kunskapsunderlag samlat och relativt lättillgängligt. Myndigheter som utnyttjar hydrogeologiska forskningsresultat i praktiskt arbete, bl a statens vägverk, statens järnvägar och statens vattenfallsverk, har vanligen det hydrogeologiska materialet mer svåråtkomligt. Länsstyrelserna har ett stort arkiv- och utredningsmaterial över bl a vattenförsörjningsfrågor men även i viss utsträckning över vattenanalyser för kommunala och enskilda vattentäkter och för vissa län beträffande potentiella vattentillgångar. Konsultföretag med verksamheter inom grundvattensektorn svarar för en del utvecklingsarbete beträffande arbets- och utvinningsmetodik, utför viss forskning samt har egna arkiv över utredningsmaterial. Ytterligare ett stort kunskapsunderlag inom delar av grundvattensektorn finns hos bl a kommunernas tekniska enheter, kommunala och regionala vattenförsörjningsbolag, svenska vatten- och avloppsvetksföreningen samt brunnsborrningsföretag.

Hydrogeologisk verksamhet vid Sveriges geologiska undersökning

omfattar främst grundvattendokumentation och hydrogeologisk kartering. Inom det s k grundvattennätet mäts regionala och tidsmässiga variationer i grundvattenstånd och grundvattenbeskaffenhet. I brunnsparkivet arkiveras och bearbetas i viss mån borrh- och brunnldata samt rapporter, som kommer SGU tillhanda genom en ny lag om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäktsundersökning och brunnborrning. Den hydrogeologiska karteringen har i ett försöksskede syftat till att dokumentera och klarlägga större grundvattentillgångar inom ett antal mindre områden samt några hydrogeologiskt enhetliga regioner. Målsättningen och utformningen av den framtida hydrogeologiska karteringen är f n under utredning. Slutligen utförs viss uppdragsverksamhet vid SGU.

Grundvattenförhållandena i landet karakteriseras bl a av årstidsbundna

variationsmönster samt vissa långtidstrender i grundvattenstånd och delvis även i grundvattnets kemi. Mönstren är främst betingade av klimatologiska variationer men modifierade av geologin och topografin. Grundvattenförhållandena är i hög grad betingade av att relativt täta kristallina bergarter samt för vatten svårgenomsläppliga moräner har helt dominerande utbredning. De viktigaste grundvattenförande bildningarna är grusavlagringar i smala stråk över hela landet samt kalk- och sandstenar i spridda mindre områden. Grundvattnets beskaffenhet är i allmänhet god. De vanligaste kvalitetsproblemen är aggresivitet, höga järn- och manganhalter samt besvärande klöridhalter i vissa kust- och slättområden.

Grundvattenandelen i samhällets vattenanvändning är relativt liten

i jämförelse med ytvattenandelen. Grundvattnet spelar dock en stor roll i vattenförsörjningen för kommuner och enskilda. De kommunala vattenverken producerade 1975, 986 milj m³ vatten, varav 53% utgjordes av ytvatten, 26% av naturligt grundvatten och 21% av konstgjort grundvatten. Användandet av ytvatten är i stort koncentrerat till ett litet antal större orter som Stockholm, Göteborg, Norrköping, Linköping, Jönköping, Borås, Skövde, Skara, Falköping och Östersund. Dessa orter använde ca 35% av den totala vattenproduktionen i kommunerna. För de övriga delarna i landet användes ca 70% naturligt och konstgjort grundvatten, vilket visar ett mycket stort regionalt beroende av grundvatten för den kommunala renvattenförsörjningen. Att 80% av samtliga vattentäktsanläggningar för tätorter producerar naturligt grundvatten understryker det regionala grundvattenberoendet ytterligare. 4% av

tätorternas vattentäkter utgöres av infiltrationanläggningar, vilka liksom ytvattentäkterna (15%) oftast är koncentrerade till befolkningstäta områden. Infiltrationsanläggningarna är alltid anlagda i sand- och grusavlagringar. Utvinningen av naturligt grundvatten för tätorterna domineras också av vatten från sand- och grusavlagringar. Lokalt spelar grundvatten från sedimentär berggrund en betydande roll främst på Gotland och i delar av Skåne. Grundvatten från den kristallina berggrunden är av helt underordnad betydelse i detta sammanhang. Ett mått på detta är att av det totala vattenuttaget 1974 för tätorter hänför sig maximalt 3% från grundvatten i kristallin berggrund

Vattenförsörjningen för spridd bebyggelse på landsbygden samt för fritidsbebyggelse baseras huvudsakligen på grundvatten främst från kristallin berggrund och morän. Ca 1.5 milj av landets befolkning är ej anslutna till kommunala vattenverk.

Bevattning inom lantbruket utnyttjade ca 10 milj m³ naturligt grundvatten år 1976. De län, där grundvatten används mest för bevattning är Kalmar, Blekinge, Kristianstads, Malmöhus och Skaraborgs län. I Kristianstads län, där förbrukningen i detta hänseende är störst uppgår grundvattenuttaget för bevattning till ca 24% av de kommunala vattenverkens årliga uttag av naturligt grundvatten. Beräknad på bevattningsperioden är motsvarande siffra ca 72%. Lokalt befaras att det ökade behovet av grundvatten för bevattning kommer att medföra konkurrenssituationer om detsamma.

Industrins stora vattenbehov tillgodoses i huvudsak med ytvatten. Grundvattenbehovet inom industrin bedöms vara främst av kvalitativ art. Grundvatten används bl a som kylvatten inom vissa industrier samt i luftkonditioneringsanläggningar. I industrier med speciella krav på vattnets kemiska beskaffenhet som t ex bryggerier samt i livsmedelsindustrier med stränga hygieniska krav som t ex mejerier och slakterier utnyttjas ofta grundvatten.

Grundvattentillgång definieras i detta arbete som en grundvattenförekomst av betydelse för grundvattenutvinning med konventionella metoder. Då underlag för kvantitativa beräkningar i allmänhet saknas har grundvattentillgångarna i stället bedömts med relativa mått (mycket god, god, måttlig eller ringa tillgång). Detta har skett med ledning av uppgifter om kontinuerliga uttag av grundvatten och provpumpningsresultat samt en extrapolering av dessa uppgifter till icke undersökta områden under jämförelse med jordlagrens och berggrundens uppbyggnad i respektive områden. Förekomstgraden av viktigaste grundvattenförande jordlager i varje område har också bedömts efter en relativ skala (hög, måttlig, låg). Med bl a dessa bedömningsgrunder som underlag har de geologiska förutsättningarna för grundvattenutvinning i berg respektive jordlager inom olika områden klarlagts. Områdena redovisas i kartbild samt beskrivs översiktligt med hänsyn bl a till geologisk uppbyggnad, grundvattenuttag samt grundvattenbeskaffenhet. Slutligen görs en allmän bedömning av potentiella tillgångar på grundvatten. Beträffande berggrunden har regioner i Syd- och Mellansverige med olikartad grundvattenkapacitet urskilts i en särskild kartbild med ledning av uppgifter om medianvärden på kapaciteten i kända bergbörade brunnar.

Grundvattentillgångar i berggrund bedöms finnas i delar av den sedimentära berggrunden främst i Skåne, huvudtypområde 1 (fig 14, sid 95, fig 15, sid 99). Det är framför allt i porösa sandstenar och i sprickrika kalkstenar som såväl de utnyttjade som de potentiella tillgångarna finns. I övrig sedimentär berggrund, huvudtypområde 2, är det främst i sandstenar och i någon grad i kalkstenar som måttliga tillgångar förekommer. I urberget bedöms grundvattentillgångarna generellt som ringa. De är dock av stor betydelse för spridd bebyggelse. Inom ett par mindre regioner (fig 15, sid 99) i södra Sverige kan dock tillgången betecknas som måttlig. Ställvis inom urbergsområdet kan dock relativt stora mängder grundvatten erhållas och då i större sprick- och förkastningszoner. Bergartsled med mycket liten grundvattentillgång förekommer i bl a Bohuslän och östra Mellansverige. För norra Sverige och speciellt för fjällkedjans bergarter saknas i stor utsträckning hydrogeologiskt bedömningsunderlag.

Grundvattentillgångar i jordlager förekommer främst i sand- och grusavlagringar och då i första hand i rullstensåsar. Dessutom finns i regel geologiska förutsättningar för konstgjord infiltration för att förstärka grundvattentillgången i dessa avlagringar. I stora

delar av östra Mellansverige och södra Norrlands kustland är förekomstgraden av rikligt vattenförande rullstensåsar hög (delområde 5 a, fig 16, sid 111). Inom de huvudtyp- och delområden, som omfattar norra Norrlands kustland (huvudtypområde 6), västra Halland och centrala delar av Kalmar län (delområdena 2 b, resp 2 c) samt stora delar av Skåne (huvudtypområde 1) är förekomsten av goda grundvattentillgångar jämförelsevis måttlig. De från grundvattenutvinningssynpunkt viktigaste avlagringarna i nämnda områden är förutom rullstensåsar, grusförekomster i å- och älvdalar. Inom huvudtypområde 7, Norrlands och Svealands inland, och Sydsvenska höglandet (delområde 2 a) är förekomstgraden av grusavlagringar med god grundvattentillgång måttlig till låg. Karaktären av dessa sand- och grusförekomster, i första hand rullstensåsar och sandfält, skiljer sig från motsvarande bildningar inom exempelvis delområde 5 a, främst genom att mäktigheterna varligen är mindre och att de ställvis är belägna i från grundvattenutvinningssynpunkt ogynnsamma lägen. Grundvattentillgångarna inom Bohuslän och Dalsland (huvudtypområde 4), östra delarna av norra Kalmar och Östergötlands län (delområde 2 d) bedöms som jämförelsevis ringa till måttliga i jordlager. Förekomsten av grundvattenförande sand- och grusavlagringar i dessa områden är mycket liten och avlagringarna har vanligtvis liten utbredning och mäktighet. Inom delar av de senare nämnda områdena har dessutom berggrunden mycket liten grundvattentillgång, varför dessa områden kan betraktas som "bristområden" beträffande grundvattentillgångar. Detta avspeglas också i att kommuner inom de s k "bristområdena" i hög grad använder ytvatten för vattenförsörjning.

Program för framtida kartläggning av landets grundvattentillgångar
föreslås bl a omfatta följande programpunkter:

1. Utarbetande av hydrogeologisk översiktskarta över Sverige i skala 1:1 milj. Arbetet kan ses som en fortsättning på föreliggande utredning och kan till betydande del grunda sig på det svenska avsnittet av den hydrogeologiska Europakartan.
2. Dokumentation av grundvattenförhållanden vid större grundvattentäkter för att få en samlad kunskap om de vattentäkter, som är

av vital betydelse för vattenförsörjningen av nästan halva befolkningen.

3. Hydrogeologisk kartering för att erhålla en sammanhängande bild av grundvattenförhållanden i jord och berg. Utvecklingsarbete med kartmodeller i skala 1:250 000 och 1:50 000 pågår för närvarande vid SGU.
4. Principiella undersökningar av grundvattenbildningen och grundvattnets kemiska beskaffenhet i olika geologiska miljöer för att öka kunskapsunderlaget vid bedömning av bl a grundvattentillgångarnas storlek, effekter i miljön genom grundvattenuttag, dimensionering av dräneringsanordningar vid byggnads- och anläggningsverksamhet samt förändringar av grundvattnets beskaffenhet.
5. Utveckling av undersökningsmetodik, bl a fjärranalysmetoder, borrh- och provtagningsmetoder, utvärderingsmetoder av provpumpningsresultat samt utveckling av grundvattenmodeller.
6. Forsknings- och utredningsverksamhet angående förorening av grundvatten som ett led i att säkerställa och skydda vattentillgångar för framtida behov.

ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV GRUNDVATTENTILLGANGAR I SVERIGE

1 INLEDNING

Grundvatten definieras som det vatten, vilket fyller hålrummen i grunden, t ex porerna mellan kornen i en jordart eller sprickorna i en hård och tät bergart. Grundvatten bildas genom infiltration av ytvatten, antingen direkt från nederbörd eller från ytvattendrag. Efter en längre eller kortare transport i grunden återförs grundvattnet, dels till markytan genom växtligheten, dels till floder, sjöar och hav. Genom avdunstning tillförs vattnet därefter atmosfären och återgår sedan till jordytan i form av nederbörd. Vattnets kretslopp är därigenom slutet. Grundvattenförhållandena är sålunda beroende av geologiska, topografiska, hydrologiska och klimatologiska företeelser och förlopp. Det är därför väsentligt att studera huvuddragen av hela kretsloppet för att närmare kunna lära känna den underjordiska delen, vilken senare kan studeras från skilda aspekter. Inom hydrogeologin undersöks de geologiska förutsättningarna för vattnets nedträngning, strömning och magasinering i grunden samt vattnets sammansättning liksom grundvattnets betydelse som geologisk faktor för t ex vittring, korrosion, stabilitetsförhållanden och erosionsföreteelser. Ämnesområdet har nära anknytning till geologi, hydrologi, vattenförsörjningsteknik, vattenbyggnadsteknik samt geoteknik.

Det geologiska temat i Sverige är - liksom i Norge, Finland och norra Canada - tämligen unikt internationellt sett. Det domineras av mycket gammal, s k kristallin berggrund ("urberg") främst granit och gnejs, samt av unga jordarter från den senaste nedisningen och tiden därefter, bland vilka den dominerande jordarten är landisens direkta avlagring, den hårda moränen. Såväl berggrund som jordlager av nämnda typer är relativt täta och svårgenomsläppliga för vatten utom i sprickzoner respektive grovkorniga skikt. Förutsättningarna för att större mängder grundvatten skall bildas, magasineras och strömma är förekomsten av porösa och sprickrika bergarter, främst

kalk- och sandstenar, samt porösa grovkorniga jordlager, framför allt sand- och grusavlagringar. Dylika berg- och jordlager har emellertid begränsad utbredning i Sverige. Kalk- och sandstenar förekommer i spridda mindre områden och grusavlagringar i smala stråk (rullstensåsar och dalfyllnader). Dessa senare bildningar kännetecknas emellertid ofta av mycket hög vattengenomsläpplighet. Möjligheterna att utvinna vatten är sålunda i allmänhet goda men grundvattenmagasinen är begränsade.

Inom Europa består de största områdena utanför Fennoskandia av relativt unga, lagrade s k sedimentära bergarter, vilka också dominerar i USA och södra Canada. Dessa bergarter har ofta såväl stor utbredning som mäktighet och kan där de utgörs av kalk- och sandstenar bilda mycket stora grundvattenmagasin. Även jordklotet i övrigt domineras i ytliga delar av dylik berggrund. Jordarterna utanför de kvartära nedisningarnas gräns, d v s större delen av jordklotet, består förutom av ren vittringsjord av sedimentjordarter, som avlagrats av floder och avsatts i sjöar eller i havsvikar. De grova avlagringarna med stora grundvattentillgångar påträffas i gamla flodbottnar, i dolda flodavlagringar samt i vidsträckt slättområden, som byggts upp som floddeltan. Omkring de nutida floderna finns ställvis terrasser med mäktiga, grovkorniga sediment ur vilka rikligt med grundvatten kan utvinnas.

De hydrogeologiska förhållandena är sålunda mindre gynnsamma från grundvattenförsörjningssynpunkt över stora delar av Sverige än på europeiska kontinenten och t ex i USA. Sverige har däremot - vid jämförelse med många andra länder - stora ytvattentillgångar. Dessa förhållanden avspeglar sig också i skillnader i uttagen av grund- respektive ytvatten för vattenförsörjning i olika länder. Grundvatten dominerar helt den kommunala vattenförsörjningen i t ex Danmark, Frankrike, Italien, Västtyskland och Österrike, varvid även flera storstäders vattenförsörjning (t ex Köpenhamns, Wiens) baseras på grundvatten.

För bevattning och för kyländamål i industrier och luftkonditioneringsanläggningar är grundvatten också av mycket stor betydelse internationellt sett. I torra delar av världen är grundvatten den mest betydande eller ibland den enda sötvatentillgången för vattenförsörjning och konstbevattning.

I Sverige baseras något mindre än hälften av den kommunala vattenförsörjningen på grundvatten, varav naturligt grundvatten ännu dominerar över sk konstgjort grundvatten. För enskild vattenförsörjning utnyttjas nästan enbart grundvatten. Detta innebär att betydligt mer än hälften av landets befolkning använder grundvatten för konsumtion. Med tanke på de relativt begränsade grundvattentillgångarna i förhållande till ytvattentillgångarna är användningen av grundvatten för kommunal och enskild vattenförsörjning sålunda förvånansvärt omfattande. Detta beror sannolikt på att grundvatten ansetts vara att föredra framför ytvatten dels av kvalitetsskäl, dels av tekniskt - ekonomiska skäl. De spridda små och medelstora tätorternas vattenbehov har nämligen i allmänhet kunnat tillgodoses med grundvatten - utan eller med måttlig rening - från lokala grundvattentillgångar. Av föreliggande utredning framgår att stora regionala skillnader råder vad beträffar utnyttjandet av grundvatten. Detta kan till en del förklaras genom regionala skillnader i grundvattentillgångarnas förekomst, storlek och beskaffenhet men beror också på t ex regionala lösningar med ytvattenförsörjning av vissa områden. Det har i utredningen också klart framkommit, att kännedomen om vårt lands grundvattentillgångar är bristfällig men att sannolikt betydande potentiella tillgångar finns i en del regioner. Det synes därför angeläget att förbättra kunskapsunderlaget om grundvattenförhållandena, innan stora och kostnadskrävande investeringar görs på t ex vattenförsörjningsåtgärder med ytvatten.

2 NUVARANDE VERKSAMHETER INOM GRUNDVATTENSEKTORN

2.1 FORSKNING OCH UTVECKLING (FoU)

Den forskning rörande grundvatten, som bedrivs i Sverige är utspridd på många institutioner, där hydrogeologi utgör del i undervisning eller där kännedom om grundvatten är en bas för förståelse av andra processer eller samband. Ämnesområdet grundvatten saknar för närvarande egen professur. Institutioner och ämnesområden vid universitet och högskolor med grundvatten på programmet är framför allt följande:

- geologi, främst kvartärgeologi och teknisk geologi
- geoteknik (jord- och bergmekanik)
- hydrologi
- hydroteknik
- kulturteknik
- markvetenskap, främst marklära och växtekologi
- naturgeografi
- vattenbyggnad
- vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Utan att i detalj redogöra för verksamheter inom respektive institutioners ämnesområde kan generellt fastslås att övergripande forskningsprojekt syftande till att exempelvis klargöra regionala grundvattenproblem eller - förhållanden saknas. Forskning rörande grundvattenförhållanden förekommer dock inom s k representativa områden. En omfattande satsning har påbörjats för att etablera små s k fältforskningsområden, syftande till allsidiga studier av hydrologiska typområden. Sistnämnda aktiviteter har tillkommit inom ramen för den svenska verksamheten inom Internationella Hydrologiska Dekaden (IHD) respektive Programmet (IHP). FoU-verksamheten vid universitet och högskolor har i stället kommit att ägnas åt detalj- eller delproblem inom grundvattenområdet. Exempel på problemställningar eller forskningsområden, hämtade direkt från projektbenämningar, är:

- djupinfiltration
- geotermisk energi
- grundvatten i moränmark
- grundvattenkvalitet inom vissa lokala områden
- grundvattenmodeller
- grundvattenpåverkan från avfallsupplag, avloppsinfiltation, dagvatteninfiltration och vägar
- grundvattenpåverkan genom skogsgödsling, kalhuggning och odling
- grundvattenpåverkan genom tunnlar och bergrum
- grustäkt under grundvattenytan
- infiltration och perkolationsstudier - markvattenforskning
- isotopundersökningar
- portrycksvariationer och marksättningar
- respons mellan nederbörd och grundvattenstånd
- vatteninläckning i tunnlar och bergrum

Den ovan nämnda forskningen bedrivs till största delen med medel från statens naturvetenskapliga forskningsråd, statens naturvårdsverks forskningsnämnd, statens råd för byggnadsforskning, statens råd för skogs- och jordbruksforskning samt styrelsen för teknisk utveckling.

Utrednings- och inventeringsarbeten rörande grundvatten finansieras också via statliga myndigheter och organisationer. Här kan nämnas regionala inventeringar av grundvattenbeskaffenheten inom Gotlands, Kristianstads och Skaraborgs län samt utredningar rörande samhällenas framtida vattenförsörjning inom ett flertal län, t ex Hallands och Kronobergs län. Inom SGU bedrivs utvecklingsarbete rörande hydrogeologisk kartering samt utnyttjande av regionala geofysiska metoder, verksamheter vilkas resultat är av stort intresse för bedömning av regionala grundvattenförhållanden. Betydande utvecklingsarbete, framför allt rörande undersökningsmetodik bedrivs inom enskilda konsultfirmor. Vissa grundvattenproblem vid byggnads- och anläggningsverksamhet utreds av större entreprenadföretag och beträffande underjordsarbeten i berg genom Gruvforskningen inom Svenska Gruvföreningen och stiftelsen för bergteknisk forskning (BEFO).

Mera avancerad undersökningsmetodik för regionala bedömningar av grundvattentillgångar och för anläggande av grundvattentäkter har tidigare sällan använts, då alternativa vattentillgångar vanligen funnits för att lösa vattenförsörjningsfrågorna vid mindre och medelstora tätorter. Under senare tid har dock förbättrade undersöknings- och analysmetoder kommit i bruk, varvid i viss mån ett mer rationellt utnyttjande av vattentillgångarna blivit möjligt. Modern undersökningsmetodik omfattande bl a s k akviferanalys har sedan 1950-talet använts i exempelvis USA. Först under 1970-talet har metodiken i viss utsträckning kommit att tillämpas i Sverige.

Ett optimalt utnyttjande av grundvatten ställer krav även på brunnsdimensionering och - konstruktion samt på behandlingsmetoder anpassade till grundvattenbeskaffenheten. Hittills har FoU skett endast i begränsad omfattning och då oftast initierat av lokala behov. De större konsultfirmorna med hydrogeologisk verksamhet äger den största praktiska erfarenheten och kunskapsunderlaget i ett flertal av dessa kunskapsområden.

2.2 OFFENTLIGA ORGAN OCH ENSKILDA FÖRETAG

Statliga verk och myndigheter med verksamheter inom grundvatten-sektorn är i första hand de som har anknytning till de ämnesområden inom FoU, som tidigare exemplifierats (geologi, geoteknik, hydrologi o s v, sid 10). Detta innebär - att liksom inom FoU - är den hydrogeologiska verksamheten starkt splittrad. Utvecklingen har i hög grad styrts av praktiska behov. Enskilda myndigheter har ofta själva initierat och genomfört forskning. Myndigheter med verksamheter av hydrogeologisk art är i första hand Sveriges geologiska undersökning (se nedan under 2.3), statens geotekniska institut, statens väg- och trafikinstitut, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut och i viss mån statens naturvårdsverk samt socialstyrelsen. Genom att exempelvis dokumentation av hydrologiska, geologiska och geofysiska parametrar ingår i dessa verks ordinarie arbetsuppgifter finns material av hydrogeologiskt intresse samlat och tillgängligt. I vissa fall publiceras resultat beträffande grundvatten i

rapporter med annat huvudinnehåll, t ex tjälfysik, väggeologi samt jord- och bergmekanik.

Myndigheter som i första hand utnyttjar hydrogeologiska forskningsresultat i praktiskt arbete har i högre grad erfarenheterna spridda under exempelvis projektbenämningar, där det ej framgår att hydrogeologiskt material ingår. Statens vägverk, statens järnvägar, statens vattenfallsverk är exempel på myndigheter, vilka praktiskt använder hydrogeologisk erfarenhet i arbeten med bl a väg-, järnvägs- och tunnelbyggen och underhållsarbeten. Trots att en avsevärd erfarenhet inom praktisk hydrogeologi finns hos flera myndigheter är dessa kunskaper spridda på flera olika händer, varför det är svårt att erhålla en överblick av det nuvarande kunskapsunderlaget. Frågor rörande skydd och fördelning av grundvattentillgångar behandlas av vattendomstolarna, länsstyrelserna, koncessionsnämnden för miljöskydd och statens naturvårdsverk. Det pågår för närvarande en översyn av de lagar som reglerar vårt vattenutnyttjande.

Länsstyrelserna har - som ovan nämnts - i flera fall genomfört inventeringar och sammanställningar rörande samhällenas nuvarande och framtida vattenförsörjning. Det insamlade och sammanställda materialet utgör en värdefull informationskälla, speciellt vad gäller det nuvarande utnyttjandet av grundvatten men för vissa län även beträffande potentiella tillgångar. Vid länsstyrelserna finns dessutom ett mycket värdefullt arkivmaterial i form av rapporter från de utredningar för kommunal vattenförsörjning till vilka statsbidrag erhöles. På vissa länsstyrelser finns dessutom registerkort över kontinuerliga vattenanalyser från kommunala vattentäkter. Huvuddelen av nämnda arkivmaterial vid länsstyrelserna härrör från de tidigare länsingenjörskontorens verksamhetstid. Genom länsläkarorganisationerna görs vissa undersökningar av konsumtionsvattnets beskaffenhet. Som exempel kan nämnas utredningar av nitrathalten i enskilda vattentäkter i Kristianstads län.

Svenska vatten- och avloppsverksföreningen utger årligen statistik över kommunernas vattenförbrukning, bl a förbrukning av grundvatten med och utan konstgjord infiltration, ytvatten samt vilka mängder vatten som renas innan förbrukningen. Statistik från 1968 och tidigare innehöll även uppgift om varje tätorts vattenförbrukning

samt om vilken geologisk bildning respektive grundvattentäkt var anlagd i. Denna förändring i den statistiska redovisningen är att beklaga.

Kommunernas vatten- och avloppsverk, byggnads- eller gatukontor samt hälsovårdsmyndigheter har uppgifter om vattentäkter, vattenförbrukning och vattenbeskaffenhet. I vissa fall finns dessa uppgifter sammanställda i översiktskartor, tabeller m m. I några få större kommuner har särskilda skrifter och handlingar framställts om grundvattentäkterna, t ex i Helsingborg och Uppsala. Tyvärr är det dock vanligt, att det hydrogeologiska materialet är spritt på olika förvaltningar inom kommunen, varigenom det är mycket tidsödande att samla och utvärdera detta. Som exempel kan nämnas att för uppgifter om vattenbeskaffenheten (vid en förvaltning) anges ibland inte typen av vattentäkt (yt- eller grundvatten) och sällan den geologiska bildning vattentäkten är anlagd i. Dessa uppgifter får uppletas hos en annan förvaltning. Konsultutredningar för de kommunala vattentäkterna samt handlingar från kommunernas egna undersökningar och mätningar utgör ett värdefullt dokumentations- och referensmaterial, vilket i högre grad än för närvarande borde tas till vara och bearbetas.

Kommunala vattenförsörjningsbolag eller vattentäktsförbund bildas ofta då flera kommuner är beroende av samma vattentäkt eller har gemensam vattenförsörjningsplanering. Som exempel kan nämnas Stockholmstraktens vattenverksförbund, Nybroåsens vattentäktsförbund och AB Sydsvatten. Dyliga vattenförsörjningsbolag har egen statistik och har vanligen dokumenterat de geologiska och tekniska erfarenheterna om vattenförsörjningsfrågorna i respektive region. Det finns också ett stort antal enskilda föreningar, som bildats för skötsel av gemensamma vattentäkter och vattenledningar. Detta gäller ofta för mindre byar i glesbygd eller för fritidsbebyggelse. Dessa föreningar har ofta ekonomiska bidrag från kommunerna. Man vet i allmänhet dock föga om uttagens storlek o dyl vid de samfällda vattentäkterna, och dokumentation om förhållandena kring vattentäkterna saknas vanligen.

Konsultföretag, med verksamhet inom grundvattensektorn, är ca 30 till antalet, representerade av ungefär 70 lokalkontor runt om i landet. Företrädare för dessa företag har ofta lett utvecklingen beträffande den praktiska tillämpningen av hydrogeologin. Inom konsultbolagen finns naturligtvis också ett betydande teoretiskt kunnande. Forskning för nya behovsområden initieras ibland eller utförs direkt av konsultföretagen och resultaten publiceras i vissa fall i särskilda skrifter. Man får bl a tillskriva de ledande vattenteknikerna inom konsultbolagen utvecklingen av och kunnandet i konstruktion av anläggningar för konstgjord grundvattenbildning ("konstgjord infiltration"), vilket medfört att Sverige anses som föregångare och ledande i denna teknik. Flera konsultföretag för egna arkiv över utförda utredningar, varigenom hydrogeologiska uppgifter och praktiska erfarenheter samlas på ett för företagen ändamålsenligt sätt. I en fortsatt utveckling av hydrogeologisk verksamhet och för samordning av kunskaper i detta hänseende mellan olika intressegrupper i Sverige bör konsultbolagen inta en betydande roll.

Brunnsbörningsföretagen i Sverige är ca 260 st. De allra flesta är små företag med vanligtvis 1 - 4 personer anställda. Det finns en branschorganisation, Sveriges auktoriserade Avanti-borrare, som har organiserat ca 20 - 25 % av företagen. Brunnsbörarna har ofta en god lokal kunskap om vattenanskaffning ur jord- och berggrund och några firmor för egna arkiv över gjorda börningar. På senare tid har brunnsbörningstekniken utvecklats till alltmer snabbborrande maskiner. Företagen tenderar vidare att bli större, vilket medför att allt fler företag borrar inom större regioner. Tekniken för brunnsbyggande har inte utvecklats i takt med börningstekniken, varför ett ökat kunskapsunderlag beträffande vattentäktsutformning i relation till geologiska förhållanden är önskvärt.

2.3 SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING (SGU)

Den hydrogeologiska verksamheten vid SGU har tidigare varit av tämligen blygsam omfattning - vid internationell jämförelse - men befinner sig nu i ett utbyggnadsskede. De hydrogeologiska arbeten, som ingår i den fasta verksamheten och helt bekostas av SGU:s ordinarie budget är hydrogeologisk kartering samt grund-

vattendokumentation, innefattande grundvattennätet och brunnsarkivet, vilkas inriktning beskrivs kortfattat nedan. Förutom i dessa s k delprogram utförs hydrogeologiska arbeten i delprogram som grundvattenprospektering, naturvårdsundersökningar och anläggningsgeologiska undersökningar. Inom de senare delprogramområdena utförs främst arbeten på uppdrag av statliga myndigheter, kommuner och enskilda.

2.3.1 Grundvattennätet

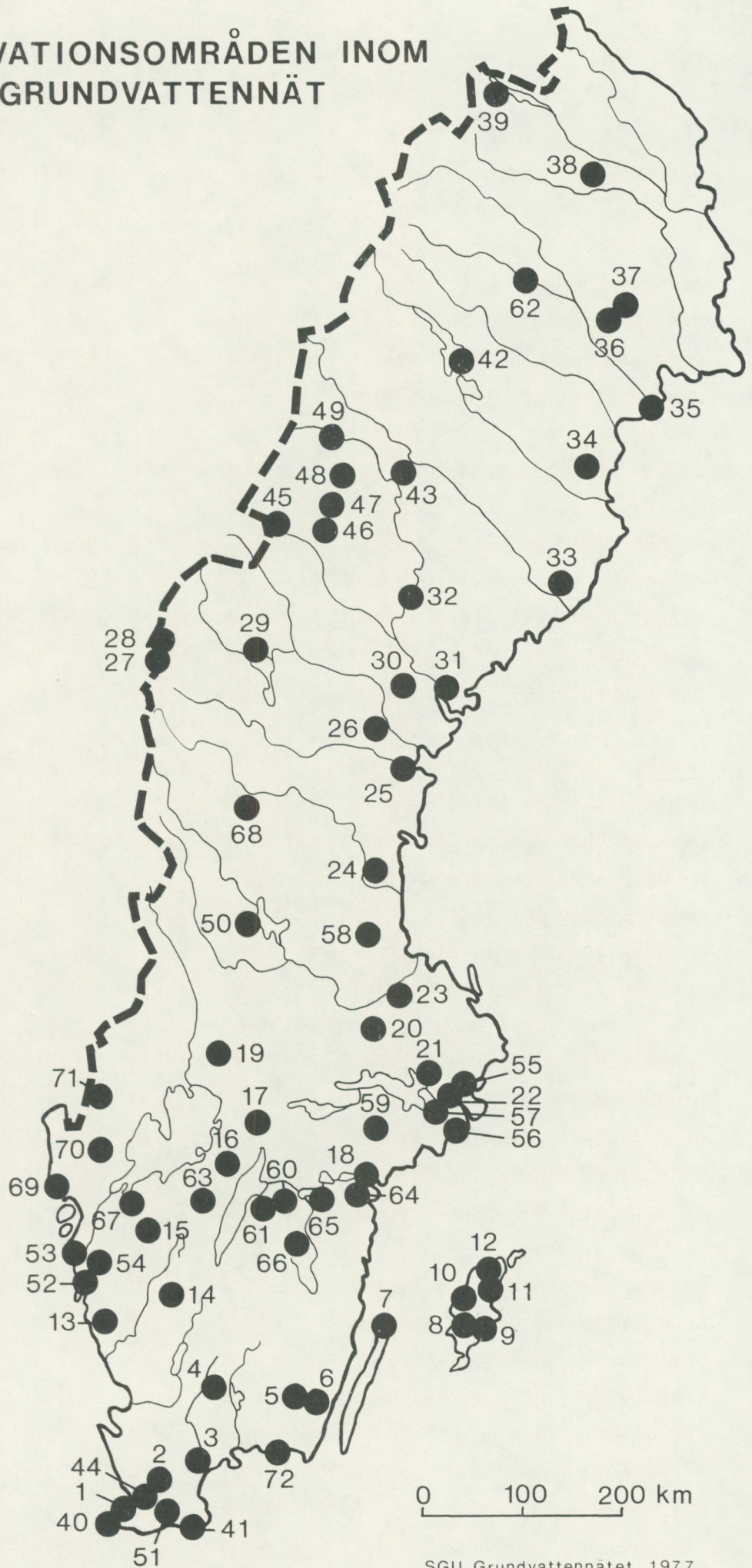
Etableringen av nätet påbörjades 1966 som ett projekt inom ramen för det svenska programmet för IHD - en Unesco-initierad satsning på vattenforskning över hela världen. Information om observationsområdenas geografiska lägen samt om mätstationerna och mätprogrammet ges i figur 1 samt i bilaga 1.

Grundvattennätet syftar allmänt till ett studium av de regionala och tidsmässiga variationerna i grundvattenstånd och grundvattenbeskaffenhet. Främst insamlas inom grundvattennätet data om av människan ostörda grundvattenförhållanden. Insamling av data i grundvattennätet syftar även till en fortlöpande kontroll av grundvattnets kvalitetsvariationer i linje med det av miljödatanämnden föreslagna programmet för övervakning av miljökvalitet.

Genom studium av grundvattnets naturliga nybildning och omsättning i relation till hela det hydrologiska kretsloppet skaffas underlag för bedömning av vattentillgångarnas förnyelsebarhet på lång sikt. Sådana bedömningar utgör en av grunderna för beräkning av uttagbara mängder ur grundvattenmagasin.

Grundvattennätets data används för grundläggande forskning avseende sambanden mellan grundvatten, geologi och klimat i Sverige samt mellan grundvatten och andra delposter i det hydrologiska kretsloppet. Data om aktuella förändringar såväl som typmönster för olika variationsförlopp kan utarbetas liksom data om de långsiktiga förändringarnas storlek och varaktighet. Materialet kan nyttjas som referens vid t ex bedömning av om mänskliga ingrepp i naturen har påverkat grundvattnets naturliga variationsmönster. På liknande sätt kan det även nyttjas för viss bedömning av fram-

OBSERVATIONSSOMRÅDEN INOM SGU:s GRUNDVATTENNÄT



tida variationer. Fortlöpande kännedom om grundvattenmagasinens fyllnadsgrad är av betydelse för t ex kraftverksindustrin, jordbruket, skogsbruket, tätorternas VA-anläggningar och vägväsendet. Denna kännedom kan också underlätta beräkning av flöden i ytvat- tendrag (avrinningen).

Tillgång till data kan erhållas genom publikationer, som utges, främst SGU:s skriftserier samt genom direkt hänvändelse till grundvattennätet. Aktuella data kan lämnas med någon eller några veckors fördröjning från de flesta observationsstationerna i landet. Abon- nemang på standarddata kan tecknas liksom beställningar av särskilt anpassade sammanställningar och bearbetningar.

2.3.2 Brunnsarkivet

Under lång tid har brunns- och borrhugggifter insamlats av SGU. Till en början användes dessa data i samband med karteringsverksamheten. Systematisk insamling av borrhugg och annan information framkommen vid bormningar utfördes först vid SGU:s undersökningar på 1940 - 50-talen efter kol, olja, salt och gas i sydvästligaste Skåne. 1966 påbörjades en försöksverksamhet med regelbunden insamling, vilken i första hand koncentrerades till Gotlands, Kalmar, Hallands, Örebro, Kristianstads och Malmöhus län. Insamlingen av borrhuggdata och borrhugg grundade sig på ett frivilligt samarbete mellan SGU, länsingenjörs- kontoren och brunnsborrhuggarna. Denna försöksverksamhet lade grunden till en lag (SFS 1975:424), vilken ålägger brunnsborrhuggare och vissa typer av konsultföretag obligatorisk uppgiftsskyldighet vid arbeten där hydrogeologiska data framkommer. Lagen om uppgiftsskyldighet vid grundvattentäcksundersökning och brunnsbormning trädde i kraft 1976-01-01.

Det fanns i brunnsarkivet ca 28 000 brunns- och borrhuggprotokoll före lagens tillkomst. Från ca 5 000 av dessa bormningar har dessutom borrhugg insamlats, företrädesvis i Skåne. Det finns också arkiverat ca 1 600 rapporter eller anvisningar om rapporter. De brunnsupp- gifter, som finns arkiverade, är av varierande kvalitet men mer- parten bedöms kunna ge god hydrogeologisk information (tabell 1).

Tabell 1. Procentuell angivelse av vissa hydrogeologiska uppgifter av ca 22 000 borrhprotokoll från brunnsarkivet, SGU, Stockholm

avslutad i jord- lager	total- djup	rel. ut- förlig lager- följd	kapa- citet	prov- pumpn. tid	av- sänkn. vid pumpn.	vatten- stånd	vatten- analys
10	99	17	93	31	13	36	3

I och med att lagen om uppgiftsskyldighet antogs så har insamlingsförfarandet anpassats så att en rikstäckande verksamhet skall fungera. Borrhprotokoll och utredningar sänds till SGU från brunnsborrare och konsulter. Ett system har utarbetats i samarbete med Centralnämnden för fastighetsdata så att merparten av de insända uppgifterna skall kunna geografiskt lokaliseras. Utöver det manuella arkivförfarandet bearbetas de insända uppgifterna så att i möjligaste mån en geologiskt och hydrogeologiskt anpassad nomenklatur tillförs basuppgifterna. I och med detta är det möjligt att använda ett datalagrings- och bearbetningssystem. För närvarande pågår ett arbete med utformandet av ett sådant system. Bearbetningen av de geologiska och hydrogeologiska uppgifterna görs främst med hjälp av geologiskt kartmaterial. Datalagringen syftar till att förenkla framtida arbetsuppgifter och kunna ge en överblick på ett omfattande hydrogeologiskt material.

Brunnsarkivet har nu kontakt med ca 260 st borrhfirmor och ca 30 konsultföretag med hydrogeologisk verksamhet. Ungefär 8 000 protokoll beräknas årligen inkomma till brunnsarkivet med ledning av det hittillsvarande resultatet av insamlandet sedan lagens tillkomst.

Uppgifter från SGU:s brunns- och borrhprotokoll är offentliga och bedöms kunna komma till användning vid arbeten i samband med bl a grundvattenprospektering, skyddsområden för vattentäkter, anläggning av deponeringsplatser, konstgjord infiltration, bevattning, byggverksamhet, malmprospektering, geologisk och hydrogeologisk kartverksamhet.

2.3.3 Hydrogeologisk kartering

Den hydrogeologiska karteringen är en inom SGU tämligen ny verksamhetsgren. Det var först 1969 som en i fastare form regelmässig kartering av hydrogeologiska förhållanden påbörjades. De hittills utgivna kartbladen har syftat till att dokumentera och klarlägga de större och från utvinningssynpunkt viktigaste grundvattentillgångarna inom respektive kartblad. Detaljarbetena har inriktats på att kartlägga bl a grundvattenstånd, grundvattendelare, grundvattnets rörelseriktning, grundvattnets beskaffenhet samt en bedömning av storleken av utvinnbara mängder grundvatten (för vissa avlagringar). Hänsyn har härvid tagits till grundvattnet i både jord och berg. Tyngdpunkten i arbetena har dock varit att beskriva grundvattenförekomsterna i jordlager och då främst vattnet i de viktigaste sand- och grusavlagringarna. Berggrunden har beskrivits mer översiktligt med hjälp av brunnsdata från främst brunnsarkivet. I Skåne har arbetena kunnat utföras med en jämförelsevis större noggrannhet beträffande berggrunden än för andra områden i Sverige. Hittills har sex hydrogeologiska kartor i skala 1:50 000 med beskrivningar utgivits i SGU:s serie Ag. Dessa är Örebro NV, NO, SV, SO, Malmö SV/Trelleborg NV samt Malmö SO/Trelleborg NO (beskrivningen är ännu ej utgiven). Följande kartblad är påbörjade men ännu inte utgivna: Linköping NO, Norrköping NV, NO, Nyköping SV, SO, Eskilstuna NV och NO. En karta i skalan 1:100 000, som berör de hydrogeologiska förhållandena i Närkes sedimentära berggrund är färdigställd och en motsvarande karta för Östergötlands sedimentära berggrund är under utarbetande.

Framställningen av hydrogeologiska kartor omfattar också en översiktlig presentation av vårt lands allmänna hydrogeologi i skala 1:1 500 000. Denna kartering är ett led i ett internationellt samarbete (Internationella hydrogeologiska Europakartan), som syftar till att presentera grundvattensituationen i Europa i stora drag. Delar av detta kartverk är nu under utgivning.

På uppdrag av myndigheter, företag och enskilda utför SGU grundvattenundersökningar och utredningar av skilda slag. Bland regionala utredningar märks sådana över Skåne, Öland, Gotland samt Badelundaåsen mellan Dalälven och Mälaren. En speciell hydrogeologisk karta över Billingen har nyligen utarbetats i samband med den omfattande utredningen om uranskifferbrytningen vid Ranstad.

För närvarande pågår ett internt utredningsarbete på SGU angående den framtida målsättningen för och utformningen av den hydrogeologiska karteringsverksamheten. I kapitel 6 berörs detta närmare.

3 KARAKTERISTIK AV GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDENA

3.1 NÅGRA HYDROGEOLOGISKA BEGREPP

Vattnet uppträder under markytan i alla tillstånd; som vätska, vattenånga och is samt, med hänsyn till rörligheten, i en mängd former, från kemiskt bundet vatten i mineralen till fritt strömmande vatten i grövre hålrum. Det är vanligt att indela vatten som finns under markytan dels med hänsyn till graden av "rörelsefrihet" och de fysikalisk-kemiska krafter som är verksamma, dels med hänsyn till den vertikala fördelningen i olika zoner. Det existerar dock inte några skarpa gränser mellan de olika formerna respektive zonerna.

Den traditionella zonindelningen av vattnets förekomst under markytan är följande:

Markvattenzonen definieras i vidsträckt betydelse som den vattenomättade zonen i en markprofil, d v s zonen mellan markytan och grundvattenytan. I inskränkt betydelse anges markvattenzonen ofta som den del av markprofilen som uppåt begränsas av markytan och nedåt av växternas undre rotzon. Vatteninnehållet i marken kan vara mycket stort men variationerna är stora under året. Vatteninnehållet i en markprofil av t ex sandig mo med en mäktighet av 160 cm kan uppgå till halva årsnederbörden eller mera.

Sjunkvattenzonen omfattar zonen mellan markvattenzonen och kapillär-vattenzonen. Det s k sjunkvattnet rör sig nedåt genom inverkan av tyngdkraften.

Kapillärvattenzonen sträcker sig från grundvattenytan och upp till nivån för vattnets största kapillära stigning i materialet i fråga. I grovsand med stora porer är kapillärvattenzonen endast några centimeter, medan den t ex i finmo med små porer är flera meter mäktig. Om grundvattenytan ligger högt och kapillariteten är tillräckligt stor försiggår en kapillär upptransport av vatten till markvattenzonen under längre torkperioder och under långvarig tjälning. Detta är särskilt vanligt i mo- och mjälajordarter.

Grundvattenytan är inte utbildad som en distinkt yta i grunden utan framkommer först som en sådan, när man gräver en brunn eller borrar ett hål. I de geologiska bildningar, där grundvattnet står i fri vertikal förbindelse med atmosfären, en s k öppen grundvattenförekomst, anges grundvattenytan som den yta vid vilken vattentrycket är lika med atmosfärtrycket. Är grundvattnet i en bildning avskilt från atmosfären genom ett ogenomsläppligt eller föga genomsläppligt lager, en s k sluten grundvattenförekomst, står grundvattnet under större tryck än atmosfärtrycket. När det svår- eller ogenomsläppliga lagret genomborras stiger vattenytan till den aktuella trycknivån. Om vattenytan stiger över markytan sägs grundvattnet vara artesiskt. Dubbla (eller flera) grundvattenytor förekommer, när två (eller flera) skilda grundvattenmagasin är utbildade. Detta är fallet på många ställen i Mellansverige, där en fri grundvattenyta uppträder i det övre grundvattenmagasinet i t ex svallgrus ovanpå lera, medan grundvattnet i isälvsgrus eller morän under leran kan stå under ett visst övertryck.

Grundvattenzonen begränsas uppåt av nämnda diffusa övergång till kapillärvattenzonen (eller av ett svår- eller ogenomträngligt lager) och nedåt av ett ogenomträngligt lager. Djupet till detta täta lager varierar kraftigt beroende på de geologiska förhållandena. I grundvattenzonen är vattentrycket högre än atmosfärtrycket och ökar proportionellt mot djupet.

Två grundläggande begrepp vad gäller vatten i jord- och berglager är porositet och permeabilitet. Med porositet eller hålrumsfaktor

(den totala porositeten) avses den sammanlagda volymen porer, d v s hålrum, i procent av den totala volymen av en jord- eller bergart. Porositeten i lösa avlagringar beror på kornstorleksfördelningen samt kornens packning, form och arrangemang. Sorteringsgraden är av mycket stor betydelse. Porositeten i berggrund är dessutom beroende av graden av förfastning och cementering (t ex för sandsten), av utlösning (för kalksten och dolomit) samt av sprickighet (speciellt för täta och hårda bergarter, t ex granit och gnejs). Den i grundvattensammanhang viktigaste uppgiften är volymen av de porer, där vattnet kan röra sig fritt, den s k effektiva porositeten. Denna är störst i grus (10 - 25%) och minst i lera; i morän har 5% uppmätts, men variationen i morän är sannolikt stor (se Nordberg, Modig 1974).

Med permeabilitet avses en jord- eller bergarts vattengenomsläpplighet. Permeabiliteten beror dels på materialets egenskaper (bl a den effektiva porositeten, de större porernas kontinuitet, strukturen, lagerföljden), dels på vätskans egenskaper (tätheten, temperaturen/viskositeten). Permeabiliteten varierar inom mycket vida gränser från 10^{-1} m/s i grus till $<10^{-9}$ m/s i lera. Permeabiliteten kan variera i olika riktningar i en geologisk bildning. I sedimentära bildningar är oftast den horisontella permeabiliteten större än den vertikala. I morän är förhållandena heterogena. Strukturer av olika slag (linser och skikt, sprickor m m) är av stor betydelse för vattengenomsläppligheten i denna jordartstyp.

Nedanstående begrepp används också i den följande texten:

Akvifer = geologisk bildning som innehåller och leder grundvatten i användbara mängder.

Grundvattenmagasin = grundvattenförande lager med relativt stor mäktighet och avgränsat så att det kan betraktas som en hydrologisk enhet.

Grundvattenstånd = grundvattenytans nivå i förhållande till ett referensplan.

Grundvattentillgång = grundvattenförekomst av betydelse för grundvattenutvinning med konventionella metoder.

Tabell 2. Sortomvandling mellan olika kapacitetsbegrepp.

	l/h	l/s	m ³ /dygn	m ³ /år
1 l/h	1	$2.78 \cdot 10^{-4}$	$2.40 \cdot 10^{-2}$	8.80
1 l/s	3 600	1	86.40	31536
1 m ³ /dygn	41.67	$1.16 \cdot 10^{-2}$	1	365
1 m ³ /år	0.11	$3.17 \cdot 10^{-5}$	$2.74 \cdot 10^{-3}$	1

3.2 GRUNDVATTNETS VARIATIONSMÖNSTER

3.2.1 Geologins betydelse för grundvattnets variationsmönster

Grundvatten i jord och berg är underkastat naturliga, klimatologiskt betingade variationer, vilka förorsakar ett årstidsbundet variationsmönster i grundvattenstånd och delvis även i grundvattnets kemiska beskaffenhet. Mönstren modifieras av geologiska och topografiska förhållanden i terrängen. Variationerna är särskilt påtagliga i små och medelstora grundvattenmagasin på ringa djup under markytan, medan variationerna är kraftigt dämpade i stora magasin, som dessutom vanligen ligger på relativt stort djup.

Det geologiska materialets betydelse kan illustreras av diagramserien i figur 2, vilken hänför sig till ett mellansvenskt observationsområde (Tärnsjö, Västmanlands län). Motsvarande förhållanden råder i hela landet men med skillnader som beror på olikheter i klimatet. Den översta kurvan visar ett typiskt nivåvariationsmönster för grundvatten i urberg. Den för vatten tillgängliga volymen utgörs nästan uteslutande av sprickor, vilka emellertid utgör en mycket ringa del av berggrundens volym. Detta gör att en relativt måttlig förändring i den absoluta mängden grundvatten ger en stor förändring i grundvattenstånd. Årsamplituden i grundvattenståndets fluktuationer i urberget är vanligen mellan 1 och 2 m. Förändringar går snabbt på så att infiltrerande regnvatten snabbt kan röra sig

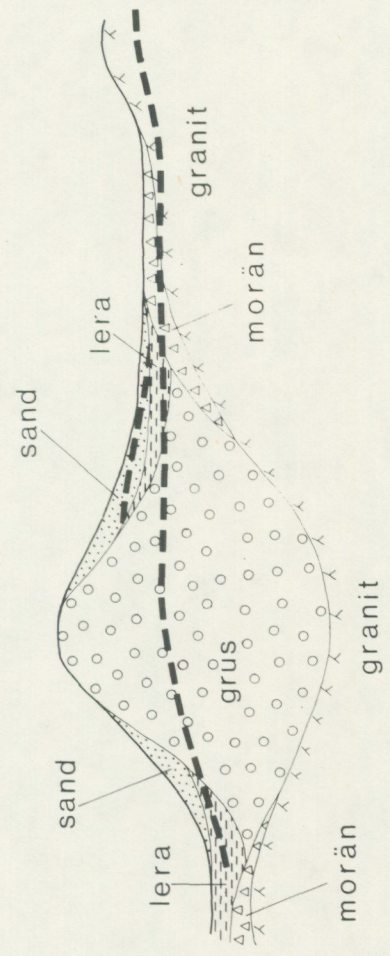
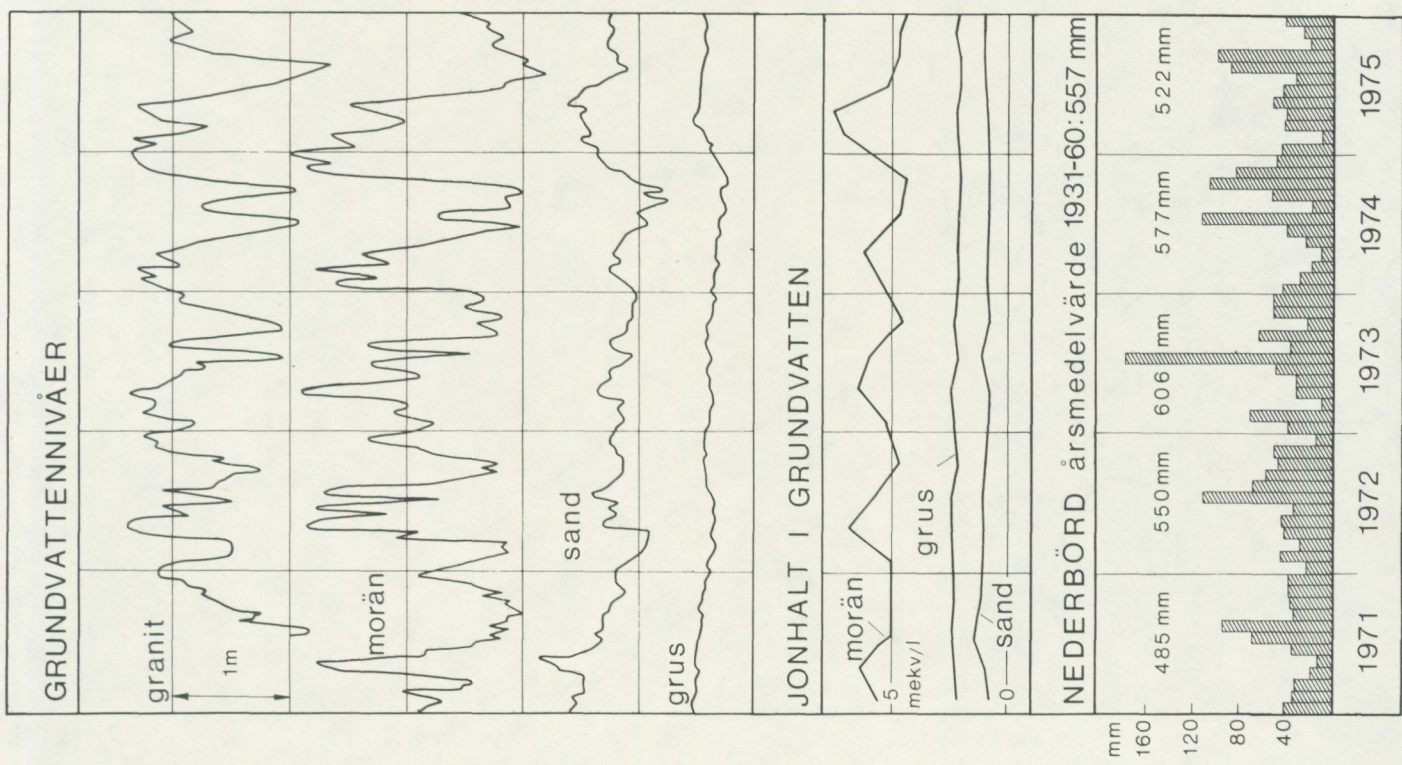
i sprickorna ned till grundvattenmagasinet.

Kurvan för grundvattenståndet i morän visar också mycket stora och relativt snabba nivåförändringar. Årsamplituden i de vanligaste svenska moräntyperna är oftast mellan 1 och 3 m. Dessa typer av jordarter är i allmänhet dåligt sorterade och har ofta hög finmaterialhalt, varför den effektiva porositeten är låg. Grundvattenytan befinner sig i dessa magasin typer sällan på större djup under markytan än några meter, varför grundvattenytan reagerar snabbt på infiltrerande nederbörds- eller smältvatten.

I väl sorterade mo-, sand- och grusjordarter är den effektiva porositeten större än i morän, vilket medför att stigningen hos grundvattenytan blir mindre efter ett tillskott av en given vattenmängd än hos t ex morän. Detta exemplifieras av kurvan för grundvattenståndet i sand i figur 2. Årsamplituder på under 1 m är typiska för många svallavlagringar och mindre isälvsavlagringar.

I stora isälvsavlagringar, t ex mellansvenska rullstensåsar, har grundvattenståndet vanligen mycket liten årsamplitud. Kurvan för grundvattenståndet i grus i figur 2 är ett exempel på detta. Den lilla amplituden är i detta fall en effekt dels av stor effektiv porositet, dels av den omättade zonens mäktighet över grundvattenytan (ställvis flera 10-tals meter), vilket verkar utjämnande i tiden på de vattenmängder som tillförs från markytan. Magasinets stora utbredning och sammanhang verkar också dämpande på variationerna.

Liknande variationsmönster, som man finner för grundvattenstånden, existerar även beträffande kemisk sammansättning. I diagrammet redovisas tre kurvor, för morän, grus och sand. Dessa kurvor kan jämföras med nivåkurvorna i figuren.



GRUNDVATTENSTÅNDETS VARIATIONS- MÖNSTER I OLIKA BILDNINGAR

3.2.2 Årstidsmönster

Geologisk uppbyggnad har sålunda ett stort inflytande på storleken av grundvattenståndens årstidsförändringar. Som ovan antytts påverkar även klimatskillnaderna mellan olika delar av Sverige grundvattenståndens variationsmönster - kanske inte så mycket amplitudens storlek som årstidsrytmen. Kartan i figur 3 är en sammanställning gjord vid SGU:s grundvattennät av flerårs-genomsnitt av grundvattenståndens årstidsrytm från utvalda stationer i små och medelstora magasin. Diagrammen visar ej absoluta utan relativa förändringar. Diagramrutans höjd är lika för alla stationer och motsvarar skillnaden mellan högsta och lägsta månadsmedelvärde för de uppmätta grundvattenstånden. Det bearbetade materialet omfattar de senaste 5 - 10 åren. Med tillgång till längre mätserier kan de angivna mönstren och deras utbredning komma att modifieras, eftersom enstaka extremår kan ha förryckat medelvärdena. Med denna reservation kan fyra huvudmönster urskiljas i Sverige.

I norra Sveriges inland är den huvudsakliga grundvattenståndsstigningen knuten till senvårens intensiva snösmältning (typ 1). Under den långa vintern, då nederbörden faller som snö och marken är tjälad, bildas i regel inget grundvatten. Grundvattenståndet stiger snabbt i april - maj - juni och når sitt maximum under försommaren. Under resten av sommaren, hösten och vintern blir det inga tillskott till grundvattenmagasinet, utan detta avtappas kontinuerligt med sjunkande grundvattenstånd som följd. Minimum nås omedelbart före snösmältningen.

I Norrlands kustland och i södra Norrland samt i nordvästra Svealand förekommer - vid sidan om senvårens period av grundvattenbildning - en sekundär period med grundvattentillskott under hösten, då avdunstningen är låg och nederbörden faller som regn på otjälad mark. Detta resulterar i ett variationsmönster med två maxima och och två minima varje år (typ 2). Högsta grundvattenstånd uppnås i samband med snösmältningen och lägsta under senvintern. Denna

variationstyp återfinns också i södra Norrlands fjälltrakter, där det atlantiska klimatinflytandet kan medföra relativt milda och regniga höstar.

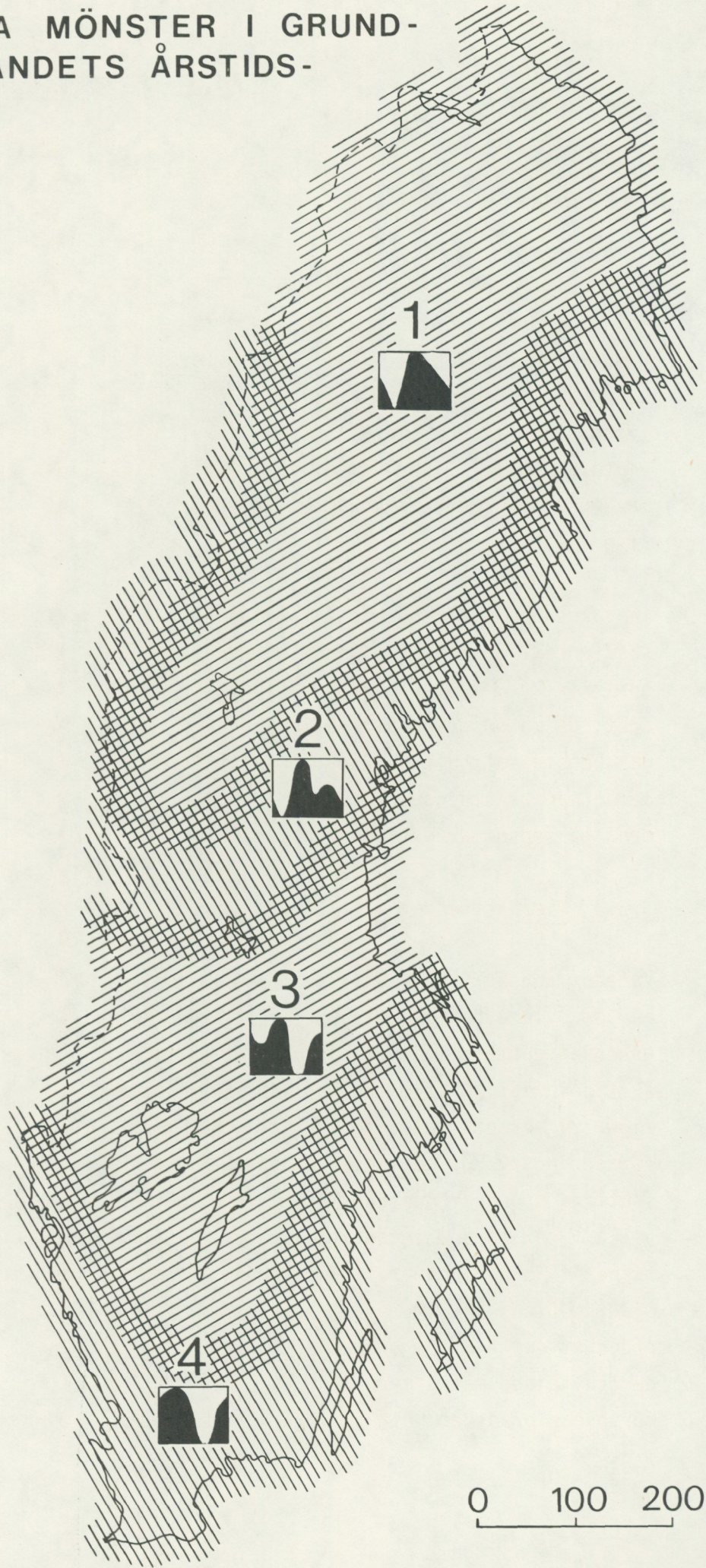
I södra och mellersta Sverige är hösten den dominerande perioden för stigande grundvattenstånd, medan sensommaren uppvisar de lägsta grundvattenstånden. I Svealands och Götalands inland uppträder ett sekundärt vinterminimum (typ 3), men i kustlandet är vintern vanligen så kort och mild att grundvattnet får tillskott under hela vintern. Därför visar variationskurvan i kustlandet endast ett maximum (vår) och ett minimum (sensommar - förhöst) varje år (typ 4).

En liknande årstidsbunden variation i grundvattnets kemiska beskaffenhet framträder i vissa grundvattenmagasin. En viss relativ anrikning av salter i grundvattnet tycks ske under den tid på året, då ingen grundvattenbildning äger rum. I norra Sverige uppnås högsta salthalt sålunda på senvintern just före snösmältningen, medan man på stationer i södra Sverige finner de högsta salthalterna på sensommaren/förhösten.

3.2.3 Flerårstrender

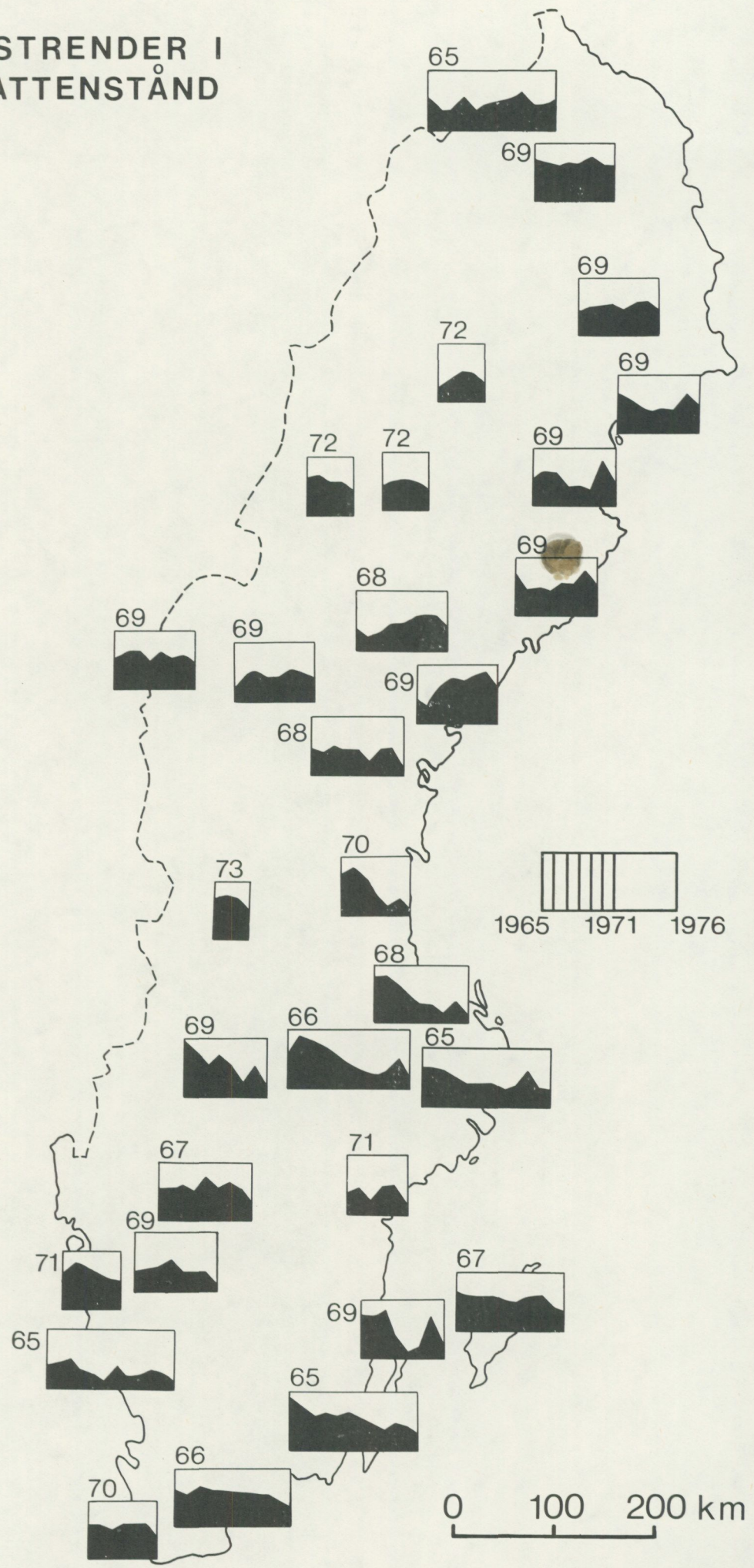
Vattenståndskurvor från vissa stora grundvattenmagasin ger direkt en god bild av långtidstrender. Ett exempel på detta är kurvan för grundvattenståndet i grus i figur 2. Kurvor, som visar en större årstidsvariation (t ex kurvan för grundvattenståndet i morän i figur 2) ger ett betydligt mer överskådligt intryck av dessa förändringar. För att underlätta en regional jämförelse av långsiktliga grundvattenståndsvariationer har diagram framställts, vilka visar förändringen i årsmedelvärdet för ett urval av stationer i förhållande till den maximalt uppmätta amplituden (fig 4). Diagramrutans höjd motsvarar skillnaden mellan det högsta och lägsta grundvattenstånd som uppmätts under mätperioden. Beroende på att de utnyttjade mätserierna har olika längd i olika områden är kurvornas branthet helt jämförbar endast mellan stationer med

REGIONALA MÖNSTER I GRUNDVATTENSTÄNDETS ÅRSTIDS-VARIATION



0 100 200 km

FLERÅRSTRENDER I GRUNDVATTENSTÅND



lika långa mätserier. Metoden ger en grov uppfattning om grundvattenståndens förändringar under de senaste åren. Klart sjunkande trender under de senaste 7 - 8 åren har registrerats i östra Götaland och Svealand. I delar av Norrland finns däremot en stigande trend. I övriga delar av landet föreligger ingen konsekvent flerårstrend.

De långsiktigt, naturligt sjunkande grundvattenstånden i vissa delar av landet har betingats av avsevärda nederbördsunderskott under de senaste åren. De naturliga förändringarna kan dessutom lokalt ha förstärkts genom olika mänskliga ingrepp, t ex genom ökande uttag ur grundvattentäkter, genom dränering i samband med anläggning av tunnlar och genom bortledning av s k dagvatten. Någon allmänt sjunkande trend i grundvattenstånden över hela landet föreligger däremot inte.

Det bör observeras att på kartan redovisas variationer i både stora och små grundvattenmagasin på olika djup under markytan och i olika geologiska miljöer. Eftersom nederbördens påverkan av grundvattenstånden är tidsberoende av bl a dessa faktorer, kan en viss fasförskjutning konstateras mellan kurvor representerande olika typer av grundvattenmagasin. Ett sådant förhållande illustreras av diagrammen i figur 2, där kurvan för grundvattenståndet i grus representerar ett stort och i huvudsak djupt liggande magasin till skillnad från övriga stationer som representerar mindre, mer marknära magasin. Den mycket stora höstnederbörden 1974 åstadkom en snabb och kraftig stigning av grundvattenståndet i de marknära magasinerna, medan i det stora, djupt belägna magasinet endast en antydning till stigning kan konstateras.

3.2.4 Grundvattentemperaturer

Ett allmänt kännetecken på grundvatten i Sverige är bl a att det håller jämn och låg temperatur. På ett djup av 5 - 10 m under markytan uppvisar grundvattentemperaturen i regel ett från år till år nära konstant variationsmönster med ett medelvärde, som väl anknyter till lufttemperaturens årsmedelvärde. I nordligaste Sverige,

där luftens årsmedeltemperatur är under 0°C , är dock grundvattnets årsmedeltemperatur några grader högre än luftens på grund av dels att grundvatten inte nybildas under vintern, dels att snötäcket isolerar. I figur 5 visas grundvattnets årsmedeltemperatur från ett antal stationer med relativt långa mätserier (1968 - 1975).

3.2.5 Flerårsvariationer i grundvattnets kemi

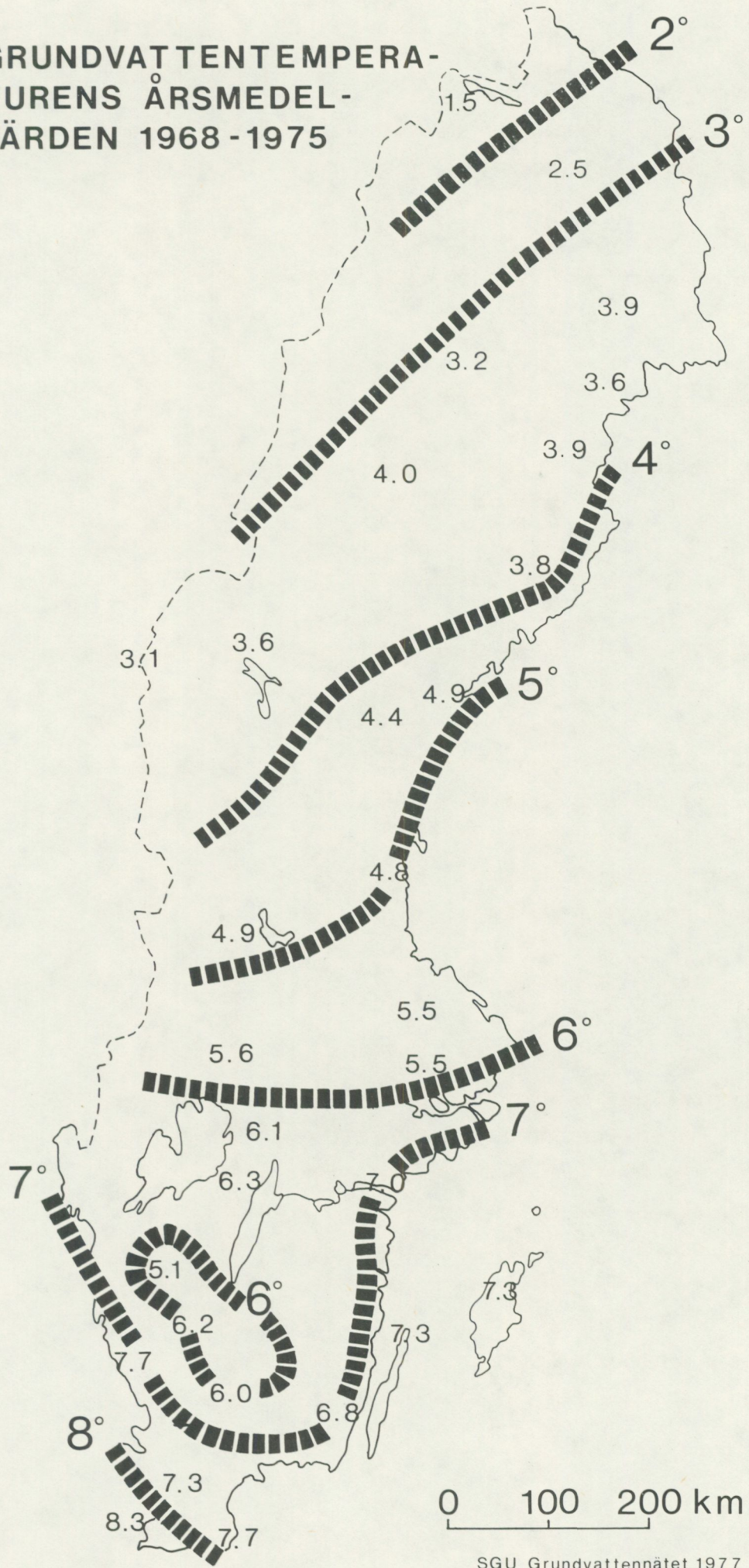
Få flerårsvariationer i kemisk sammansättning av grundvattnet har registrerats i det datamaterial som insamlats vid SGU. Akviferer som visar tydliga flerårstrender i grundvattennivå har i regel inga motsvarande förändringar när det gäller kemi.

I några fall har dock flerårsvariationer hos enstaka komponenter noterats. Figur 6 visar exempel på detta. Det övre diagrammet visar stigande kloridhalter, som noterats på flera mätstationer i Sverige under senare åren. Förändringar i kloridhalterna torde vara betingade av klimatiska förhållanden. Det undre diagrammet visar stigande nitrathalter i en källa i Halland. Förändringen torde kunna sättas i samband med mänsklig aktivitet (gödsling, avloppsvatten).

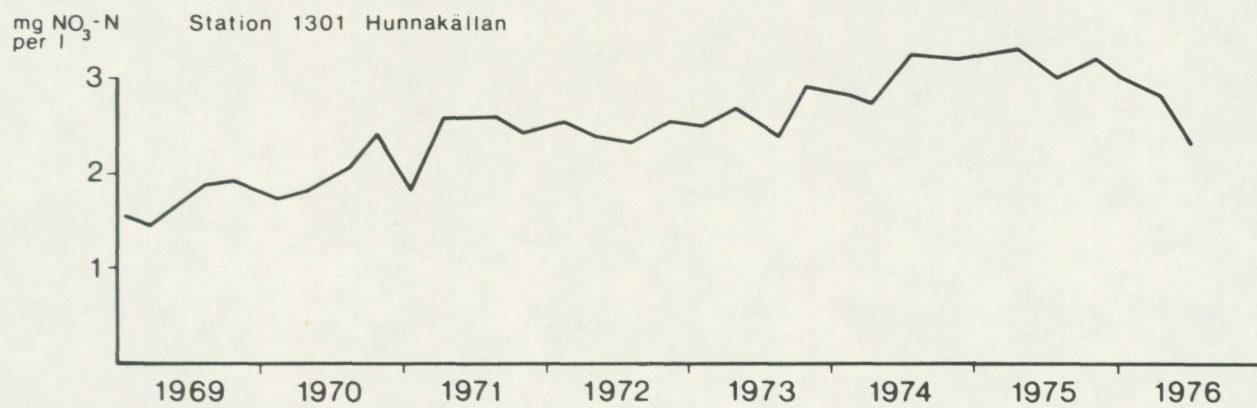
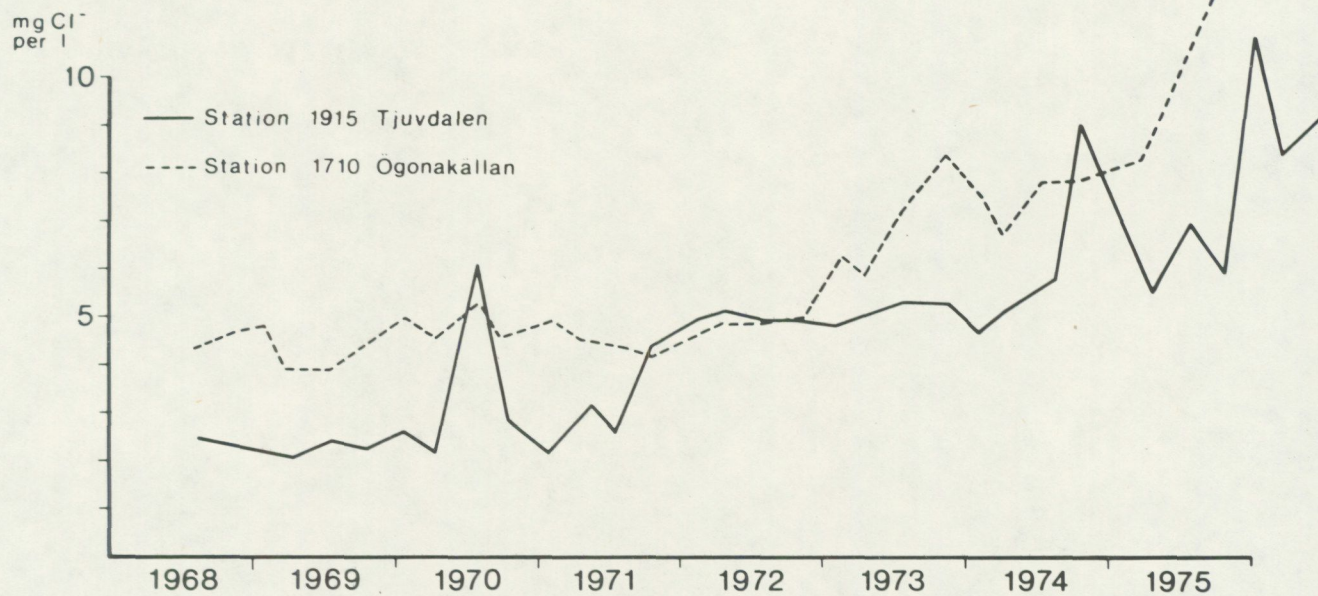
3.3 GRUNDTVATTEN I BERGGRUND

En bergartstyps allmänna hydrogeologiska egenskaper är beroende av fysikaliska faktorer såsom bergartens porositet, sprickbenägenhet, partikelorientering, samt kemiska faktorer, främst bergartens löslighet och vittringsbenägenhet. Berggrundens hydrogeologiska egenskaper är - förutom av de ingående bergarternas egenskaper - beroende av strukturella drag i berggrunden såsom lagring, skiffrihet, sprickorientering samt större tektoniska företeelser, främst förkastningar, långsträckta, djupt nedskurna sprickor och större krosszoner i berget. En förkastning bildas då delar av jordskorpan förskjuts

GRUNDVATTENTEMPERA- TURENS ÅRSMEDEL- VÄRDEN 1968-1975



FLERÅRSTRENDER I KLORID - OCH NITRATHALT



i förhållande till varandra, varvid sprick- och krosszoner uppstår. Som exempel på en förkastningsbrant kan nämnas Kilsbergsranden mot Närkeslätten. Då bergartsmassor i samband med bergskedjebildning skjuts över varandra eller veckas bildas större sprick- eller krosszoner. Gynnsamma uttagsmöjligheter av grundvatten föreligger om sprickorna eller krosszonerna har stora hålutrymmen. Dessa större tektoniska företeelser finns spridda över hela Sverige. De är i förhållandevis liten utsträckning beroende av bergartstypen. Även i bergarter med små möjligheter för grundvattenuttag kan relativt stora mängder vatten utvinnas i dessa sprick- och krosszoner. Givetvis är uttagsmöjligheterna större om en spricka eller krosszon ligger i bergartsled med gynnsamma hydrogeologiska egenskaper.

Tre akvifertyper kan urskiljas i olika typer av berggrund beroende på hur grundvattnet magasineras och cirkulerar, nämligen porakviferer (fig 7 A), sprickakviferer (fig 7 B) och karstakviferer (fig 7 D). Som exempel på en typisk porakvifer kan den lösa glaukonit-sandstenen i Kristianstadsslättens berggrund nämnas, medan de hårda, kristallina bergarterna i Sveriges urberg är karakteristiska sprickakviferer. Inom vissa kalkstensområden, främst på Öland och Gotland samt i fjällkedjan, har karstakviferer utbildats. Berggrundsakvifererna uppträder emellertid ofta som kombinationer av dessa tre huvudtyper. Så är t ex sandstensakviferer vanligen en kombination av por- och sprickakviferer, där sprickorna kan ha minst lika stor betydelse för grundvattenföringen som porerna (fig 7 C). Karstakviferer har bildats genom att mindre sprickor och hålrum har vidgats mer eller mindre kraftigt genom kemisk upplösning (vittring) av kalkberggrunden. Denna process har vanligtvis inte gått särskilt långt i den svenska kalkberggrunden till skillnad från t ex i kalkstensområden omkring Medelhavet. Kalkstensakvifererna i Sverige är emellertid oftast en kombination av karst- (underordnad del) och sprickakvifer (överordnad del). I extremfall kan mindre vattendrag rinna fram i karstakviferer som exempelvis vid Lummelunda på Gotland samt i Bjurälven i Jämtland och i vissa andra kalkstensrika trakter i fjällen.

3.3.1 Urberg

Som ovan framgått utgör urbergsområden mestadels renodlade sprickakviferer. Det kristallina urbergets primära porositets- och permeabilitetsvärden (sprickorna undantagna) är så små att de helt kan försummas i grundvattensammanhang. Grundvattnets uppträdande är sålunda helt beroende på var och hur öppna, vattenförande sprickor förekommer. Uppgifter om den effektiva porositeten i urberg är mycket knapphändiga men tyder på att den är av storleksordningen 0.05% (Carlsson, Olsson 1977). Permeabiliteten i graniter och gnejser i södra Sverige är av storleksordningen 10^{-7} - 10^{-8} m/s (Carlsson, Carlstedt 1977). Det svenska urberget har utsatts för spänningar med åtföljande sprickbildning vid många skilda tillfällen under skiftande geologiska förhållanden. Därför förekommer nu sprickor i ett stort antal riktningar. Det är emellertid vanligt, att vissa sprickriktningar dominerar inom begränsade områden. I sådana fall kan en tektonisk sprickanalys vara ett hjälpmedel vid sökandet efter rikligt vattenförande sprickor.

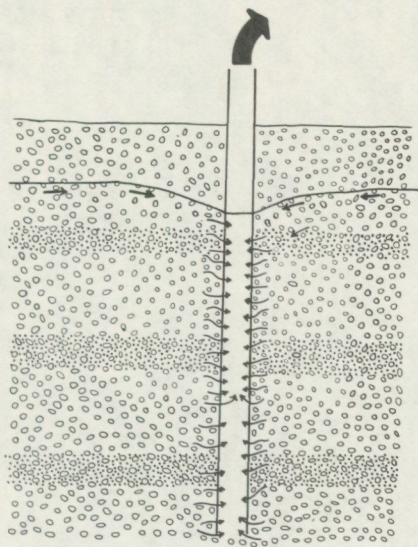
Urberget kan från strukturell och hydrogeologisk synpunkt indelas i två huvudbergartstyper.

- A. Bergarter, vars beståndsdelar inte är orienterade i någon bestämd riktning och som saknar skiktning, förskiffring, orienterade mineral m m, t ex massformiga graniter.
- B. Bergarter, vars beståndsdelar är orienterade i vissa riktningar genom förskiffring, bandning m m, t ex glimmerskiffer och sedimentgnejs.

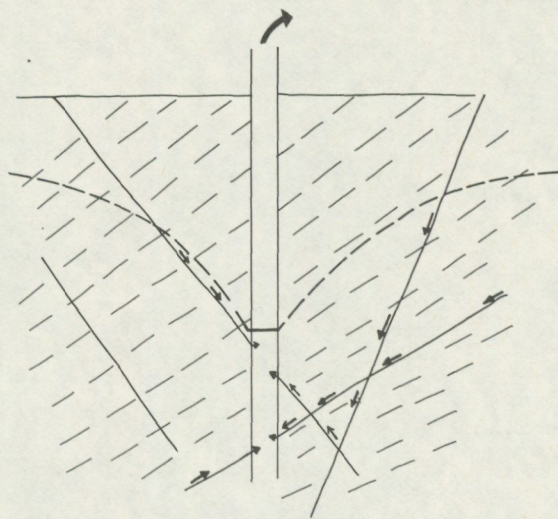
Sprickorna i berggrunden uppträder i väsentliga delar på skilda sätt i dessa olika strukturtyper.

Vid den hydrogeologiska karteringen som SGU utför har det kunnat konstateras att det övervägande antalet sprickor i urberget, åtminstone inom stora delar av Mellansverige, stupar vertikalt eller brant. Eftersom så gott som alla brunnar borrar vertikalt träffar dessa endast ett fåtal brant stupande sprickor. Detta förhållande innebär att förekomsten av flacka sprickor är av mycket stor betydelse för vattentillgången i bergborrade brunnar i dylik berggrund.

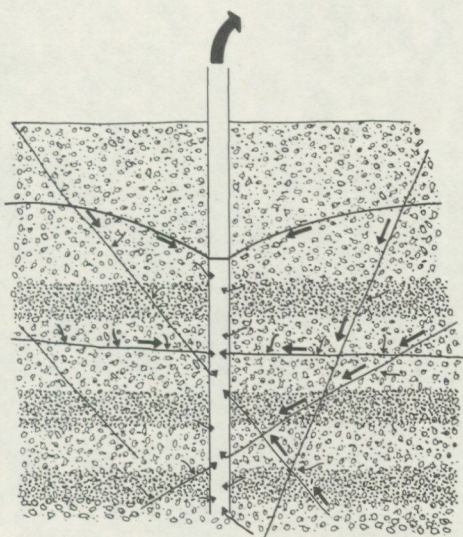
OLIKA TYPER AV GRUNDVATTENFÖRANDE BILDNINGAR



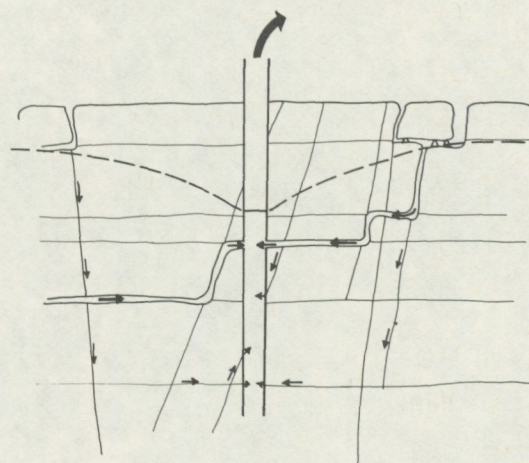
A PORAKVIFER



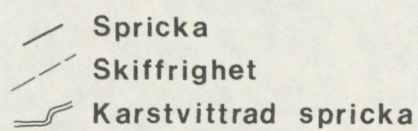
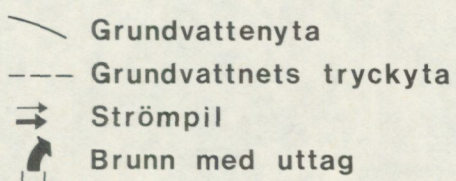
B SPRICKAKVIFER



C POR - SPRICKAKVIFER



D KARST-SPRICKAKVIFER



De kapacitetsvärden som visas i figurerna 8 A - D är grundade på data hämtade ur SGU:s brunnsarkiv. Den statistiska fördelningen av brunnars kapacitet i t ex Smålandsgranit åskådliggörs av de tre brunnarna i figur 8 C. Medianvärdet för kapaciteten på brunnar borrhade i Smålandsgranit är 1 200 l/h, vilket betyder att antalet brunnar som ger mer än 1 200 l/h är lika stort som antalet som ger mindre än 1 200 l/h. Den vänstra brunnen visar variationsbredden mellan undre kvartil och medianvärde, den mellersta visar variationsbredden mellan medianvärde och övre kvartil och den högra variationsbredden mellan övre kvartil och maximalt erhållna kapaciteter i gynnsamma lägen i denna bergart. Undantagsvis kan kapaciteter över 20 000 l/h erhållas i extremt gynnsamma lägen.

I skiktade och förskiffrade bergarter kan grundvattenförhållandena variera högst avsevärt. Skiktningen eller förskiffringen kan givetvis inta alla stupningsriktningar. Dessutom kan bergarten vara mer eller mindre starkt veckad. För enkelhets skull skall här endast redogöras för de vanligaste typfallen: flackt stupande skiffrighet (fig 8 A) och brant stupande skiffrighet (fig 8 B).

Figur 8 A visar flackt stupande gnejs av en typ, som är vanligt förekommande i Västergötland. En jämförelse mellan figur 8 A och figur 8 B visar, att borrhade brunnar har betydligt större möjligheter att träffa sprickor längs flacka skiffrighetsplan än att träffa sprickor längs branta skiffrighetsplan. Medianvärdet för kapaciteten i brunnar i Västergötlands och Hallands gnejser är 1 800 l/h. De tre brunnarna i figur 8 A uppvisar värden på undre och övre kvartil samt maximal kapacitet som i huvudsak överensstämmer med värdena för den massformiga Smålandsgraniten (fig 8 C). Sprickmönstret i de två bergartstyperna är visserligen olika men fyller ungefär samma hydrogeologiska funktion.

Figur 8 B visar på ett schematiserat sätt förhållandena i den ofta brant stupande Sörmlandsgnejsen. Medianvärdet för kapaciteten i brunnar i denna bergart är 400 l/h, vilket är ett relativt lågt värde. Många brunnar - ca 25 % - i denna bergart ger mellan 0 och 200 l/h, vilket åskådliggörs på figuren av den vänstra brunnen. Som

framgår av figur 8 B saknas den typ av flacka bankningsplan som förekommer i massformiga bergarter (fig 8 C). Däremot uppträder avlossningar längs vissa skikt- eller skiffrighetsplan. Då dessa emellertid stupar brant, träffas de inte så ofta av borrade brunnar. Det är ofta nödvändigt att borra relativt djupt i dessa bergarter med brant stupning, innan man träffar på vattenförande sprickor, vilket åskådliggörs på figuren av den mellersta brunnen. Den högra brunnen visar att gynnsamma lägen (större vattenförande sprickzoner) finns också i denna typ av berggrund. I enstaka fall kan kapaciteter över 10 000 l/h erhållas.

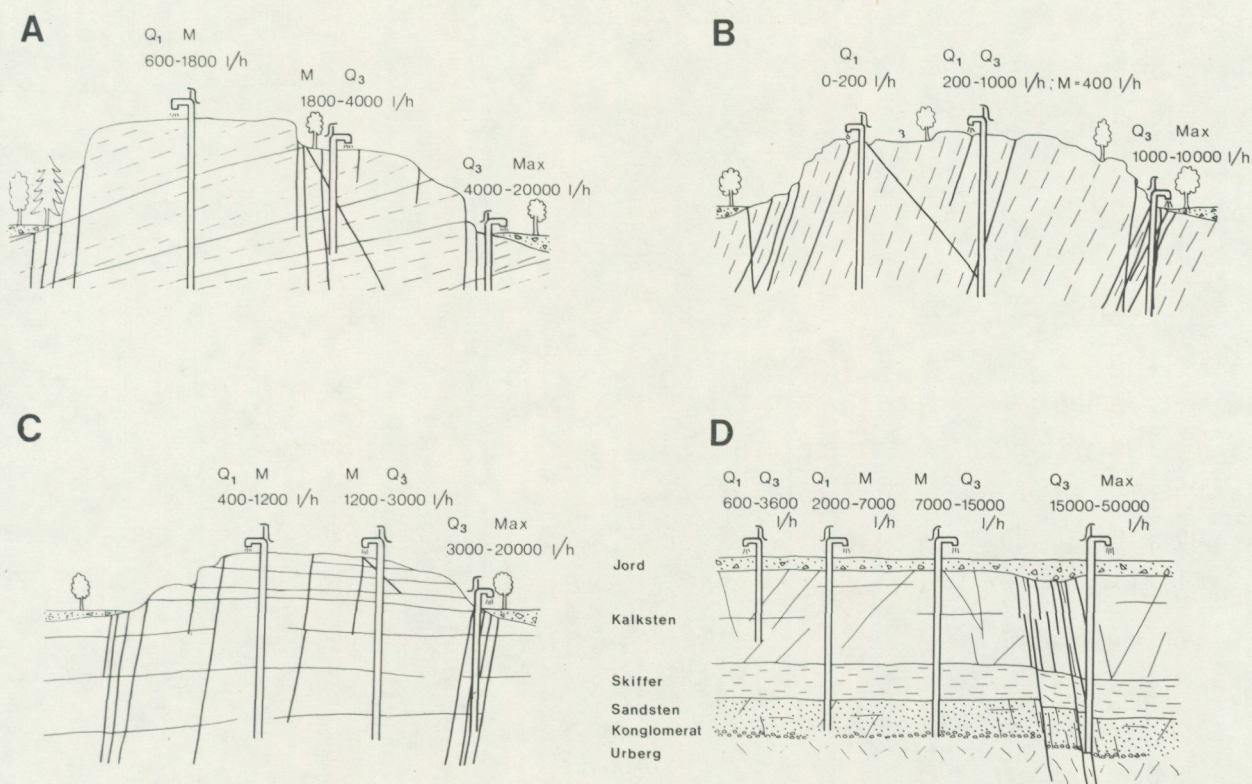
I massformiga bergarter (fig 8 C) förekommer vanligen upprepade flacka sprickor med avtagande frekvens mot djupet. Dessa sprickor benämns bankningssprickor. De har uppkommit genom spänningsförändringar förorsakade av erosion och avlastning av tidigare överlagrade berg- eller ismassor. Dessa flacka sprickor tjänar som förbindelse-länkar mellan de brant stupande sprickorna, genom vilka den huvudsakliga grundvatteninfiltrationen och påfyllningen av grundvattenmagasinet sker. Sådana bergarter är vanligen relativt gynnsamma att borra efter vatten i.

3.3.2 Sedimentära bergarter

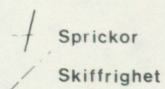
De sedimentära bergarterna utgörs mestadels av mycket flackt liggande sandstenar, konglomerat, skiffrar, lerstenar och kalkstenar med varierande sammansättning och mäktighet. De underlagras överallt av urberg. Större sammanhängande områden med sedimentär berggrund utanför fjällkedjan framgår av översiktskartan (fig 14).

Sedimentbergarterna i huvudtypsområde 2 på översiktskartan utgörs oftast av akviferer av kombinationstyp. Kalkstenarna är ibland en kombination av sprickakvifer och karstakvifer; sandstenarna en kombination av porakvifer och sprickakvifer (fig 7). I konglomerat har porositeten ofta större betydelse än sprickorna, medan förhållandet är det omvända i kvartsitiska (delvis omkristalliserade) sandstenar. Grundvattnet i olika typer av skiffrar och lerstenar brukar sällan utnyttjas, bl a beroende på dålig vattenkvalitet och ofta små vattenmängder.

OLIKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENUTVINNING I BERGGRUND



SGU.C-F Müllern. 536025-0



- A. Gnejs med flackt stupande skiffrighet t.ex. i Västergötland.
 B. Gnejs med brant stupande skiffrighet t.ex. i Södermanland.
 C. Massformig granit t.ex. i Småland.
 D. Sedimentär berggrund t.ex. i Närke och på Öland.

Kapacitetsvärdena är statistiskt beräknade med hjälp av uppgifter från brunnsborringar i olika bergartsled. Q_1 = undre kvartil, M= medianvärde och Q_3 = övre kvartil.

Figur 8 D visar en principskiss över hur grundvattnet uttas ur denna typ av berggrund. På Öland och Gotland är kalkstenar de viktigaste akvifererna i berggrunden. I de övriga områdena överväger vanligen sandsten och konglomerat i betydelse som akvifer över kalksten. Detta har bl a klarlagts på Billingen (Carlsson, Carlstedt 1977), där medelvärdet på permeabiliteten i sandstenen är $6.3 \cdot 10^{-6}$ och i kalkstenen $1.5 \cdot 10^{-6}$. Den effektiva porositeten i sandsten har beräknats till 0.1 - 0.5 % (Hörnsten et al 1977).

Den vänstra brunnen i figur 8 D visar värden för undre kvartil, median och övre kvartil på 600, 900 respektive 3 600 l/h för brunnar borrhade i kalksten på Öland. Lokalt kan brunnar i starkt karstvittrade områden ge mycket stora vattenmängder. Det statistiska underlaget för kapacitetsuppgifterna för de övriga brunnarna i figur 8 D är hämtat från sandstensbrunnar i Närke och Östergötland. I sådana brunnar skärmar man av grundvattnet i kalksten, alunskiffer och lersten huvudsakligen beroende på sämre vattenbeskaffenhet i alunskiffern.

På många håll förekommer ett grovkornigt konglomerat med högre porositet och permeabilitet underst i den sedimentära bergartsserien. Brunnar som får kontakt med ett sådant konglomerat eller med gynnsamma sprickor i sandstenen kan, som den tredje brunnen från vänster i figur 8 D visar, ge mycket stora vattenmängder (7 000 - 15 000 l/h) jämfört med brunnar i en gynnsam urbergart av typ massformig granit (1 200 - 3 000 l/h), figur 8 C. I särskilt gynnsamma lägen i sandsten kan man erhålla upp mot 50 000 l/h eller kanske mer ur en brunn, vilket åskådliggörs av brunnen längst till höger i figur 8 D. De avsevärt högre kapaciteterna i sandstensbrunnarna än i urbergsbrunnarna beror till stor del på att sprickvolymen i sandstenen, vilken i och för sig inte behöver vara större än i urberget, kombineras med att sprickväggarna utgör betydande utströmningsytor för det i sandstensens porer magasinerade grundvattnet. En större eller mindre del av det till en sandstensbrunn strömmande grundvattnet är även utpräglat porvatten, d v s vatten som strömmar direkt från porerna i sandstenen till en brunn utan förmedling via sprickor (jämför fig 7 C).

De sedimentära bergarterna i Skåne intar en särställning beroende dels på att huvuddelen av dessa är bildade under senare tidsperioder än övrig sedimentär berggrund i Sverige, dels på deras vanligtvis mycket stora mäktighet och stora utbredning. De vattenförande bergarterna är huvudsakligen sandstenar och kalkstenar. Den effektiva porositeten i de porösa och delvis sprickrika kalkstenarna på Kristianstadsslätten har beräknats till den förvånansvärt höga siffran 10% (Nilsson 1970).

Sandstenarna på Kristianstadsslätten är i vissa partier rena porakviferer och i andra avsnitt por - sprickakviferer med tonvikt på porvattnet. Detta beror på att sandstenarna endast delvis är förfastade, d v s de utgör en övergångsform mellan jordlager och berggrund. Denna sandstenstyp innehåller mycket stora mängder lätt utvinnbart grundvatten. Kapacitetsvärden för ett stort antal brunnar ligger mellan ca 10 000 och 100 000 l/h och i gynnsamma fall kan kapaciteter på upp mot 180 000 l/h erhållas. De sammanhängande grundvattenområdena är dessutom ovanligt stora för svenska förhållanden.

Kalkstenen i sydvästra Skåne är också gynnsam för grundvattenutvinning beroende på att dess ytligare delar vanligtvis har hög sprickighet. I mindre utsträckning torde också vissa karstprocesser vara anledning till dessa kalkstenars goda vattenförande förmåga. Grundvattenområdena är även i denna bergartstyp mycket stora. Uttagen i enskilda brunnar varierar vanligen mellan ca 7 000 och 36 000 l/h.

Inom delar av nordvästra Skåne utgörs berggrunden av mo- och sandstenar i växellagring med leror och lerstenar, s k rät - liaslager. Sandstenarna är ofta porösa och utgör ofta förhållandevis goda por - sprickakviferer. Kapaciteterna ligger också här i stor omfattning mellan ca 7 000 och 36 000 l/h i enskilda uttagsplatser.

Sedimentbergarter av den typ som ställvis finns i övriga delar av Sverige förekommer också i Skåne. Det är kambrosiluriska bergarter bestående av i huvudsak skifferar, kalkstenar och sandstenar. Samtliga dessa utgör till övervägande del sprickakviferer. Sand-

stenarna i dessa bergartsled är vanligtvis mer eller mindre kvartsitiska och inrymmer därför mindre mängder vatten än porösare sandstenar. Uttagsmöjligheterna varierar vanligen mellan 3 600 l/h och 18 000 l/h för enskilda borrhål.

3.4 GRUNDVATTEN I JORDLAGER

Grundvatten förekommer vid ett visst djup i de flesta jordlager. Det är dock inte förekomsten av grundvatten som i vattenresurssammanhang är väsentlig utan i stället de faktorer, som påverkar dels vattnets rörlighet i grunden, dels vattnets beskaffenhet, dels grundens förmåga att magasinera vatten, dels möjligheterna att finna lämpliga uttagsplatser. Följande faktorer synes vara de väsentligaste för bedömning av grundvattentillgångar i jordlager.

a) Avlagringens porositet och permeabilitet

Den effektiva porositeten (se sid 24) i en akvifer med fri grundvattenyta är ett direkt mått på den s k magasinskoefficienten, S . Denna definieras som den vattenvolym, vilken avges eller magasineras per enhetsarea, då grundvattnets tryckyta ändras en enhet. I en sluten akvifer varierar S ofta mellan 0.005 och 0.00005, d v s S är mycket mindre än i en öppen akvifer (i grus 0.10 - 0.25). Detta innebär, att stora avsänkningar krävs för att utvinna vattencmängder av betydelse ur en sluten akvifer. Vattnets rörlighet i grunden bestäms av permeabiliteten och grundvattenytans lutning (gradient).

b) Avlagringens lagerföljd, mäktighet och utbredning

En lagerföljd med en homogent fördelad hög vattengenomsläpplighet ger bättre förutsättningar för grundvattenutvinning än en lagerföljd med omväxlande täta och genomsläppliga lager. Stor mäktighet av grundvattenförande lager i en öppen akvifer ökar möjligheten att till en uttagspunkt få vatten att strömma från ett stort område, vilket ger bättre förutsättningar för stora grundvattenuttag. Stor utbredning av en grundvattenförande avlagring ger ett stort grundvattenmagasin, ur vilket stora mängder vatten kan utvinnas vid val av lämpliga brunnslägen.

vattenförande avlagring ger ett stort grundvattenmagasin, ur vilket stora mängder vatten kan utvinnas vid val av lämpliga brunnslägen.

c) Avlagringens terrängläge samt omgivande jordarter

Grundvattenytan kan i stora drag sägas följa terrängens ytformer, om än oftast i utflackad form. Eftersom grundvattnet söker sig från högre till lägre relativ höjd finner man avlagringar med stort tillströmningsområde i terrängens lågpunkter. Dalgångar är därigenom av stor betydelse från grundvattenprospekterings-synpunkt. Berggrundens ytformer spelar också stor roll i detta sammanhang. Jordtäckta berggrundsdalar har därvidlag också ofta stora tillströmningsområden. Lokaliseringen av goda brunnslägen i sådana dalar kräver ofta omfattande hydrogeologiska undersökningar.

Fysikaliska och kemiska karaktärer i jordarter, som omger från grundvattenutvinnings-synpunkt lämpliga avlagringar, är av stor betydelse för vattenbeskaffenheten. Exempelvis kan ofta torvjordarter avge ett från teknisk (hygienisk) synpunkt olämpligt vatten till den angränsande avlagring, ur vilken konsumtionsvatten skulle kunna utvinnas.

En måttligt eller ringa vattenförande jordart, exempelvis morän, kan avge relativt stora mängder grundvatten till en mer genomsläpplig jordart. En grusås t ex kan fungera på likartat sätt som ett täckdike, d v s kan utgöra en högpermeabel zon med stor anläggningsyta mot ett lågpermeabelt material, vilket dräneras om gradienten är tillräckligt stor.

d) Avlagringens mineralogiska och petrografiska sammansättning

Jordlagrets sammansättning med avseende på mineral och bergartsfragment är i stor utsträckning avgörande för grundvattnets kemiska sammansättning i jordlagret i fråga. Ju längre tid vattnet uppehåller sig i ett jordlager desto mer påverkas vattnet av avlagringens mineralogiska sammansättning. Det bör dock observeras att den kemiska sammansättningen hos grundvattnet också påverkas av salter i nederbörden liksom av vegetation och jordmån.

e) Mänsklig påverkan

En avlagrings belägenhet i förhållande till vägar, samhällen, deponeringsplatser för avfall, förorenade vattendrag, befintliga vattentäkter kan ofta minska möjligheten att utvinna grundvatten ur densamma med hänsyn till föroreningsriskerna och förändrad vattenbeskaffenhet.

Jordakviferer kan också kallas porakviferer om jämförelse görs med berggrundens akvifertyper (fig 7 A). I en jordakvifer/porakvifer magasineras och transporteras vattnet i jordlagrens porutrymmen. Dock kan ett visst samspel mellan jordakviferer och bergakviferer förekomma (d v s en kombination av por- och sprickakviferer, jämför figur 7 C. Jordakvifererna kan indelas i följande huvudtyper:

1. Grovkorniga sorterade avlagringar (främst sand och grus).
2. Osorterade avlagringar (moräner).
3. Kombinerade jord- och bergakviferer.

3.4.1 Grovkorniga sorterade avlagringar

Inom denna huvudtyp förekommer de bildningar, vilka har största betydelsen för grundvattenutvinning i jordlager. Bildningarna består av sorterat sandigt - grusigt material, som har avsatts i vatten eller luft. Materialet är i allmänhet löst packat, vilket medför att de enskilda porutrymmena är relativt stora. Härigenom blir huvuddelen av vattnet lättrörligt; endast små mängder bundet vatten förekommer i motsats till i de finkorniga jordarterna. De viktigaste bildningarna utgörs av isälvsavlagringar (rullstensåsar, deltabildningar), älvavlagringar, strandavlagringar, vindavlagringar (flygsand).

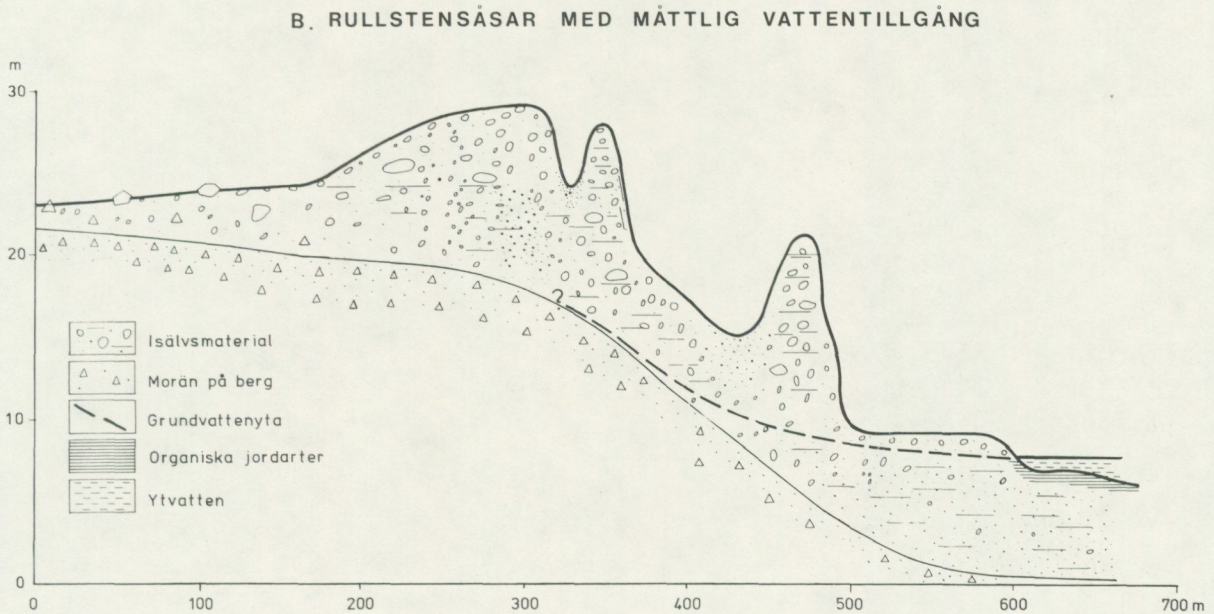
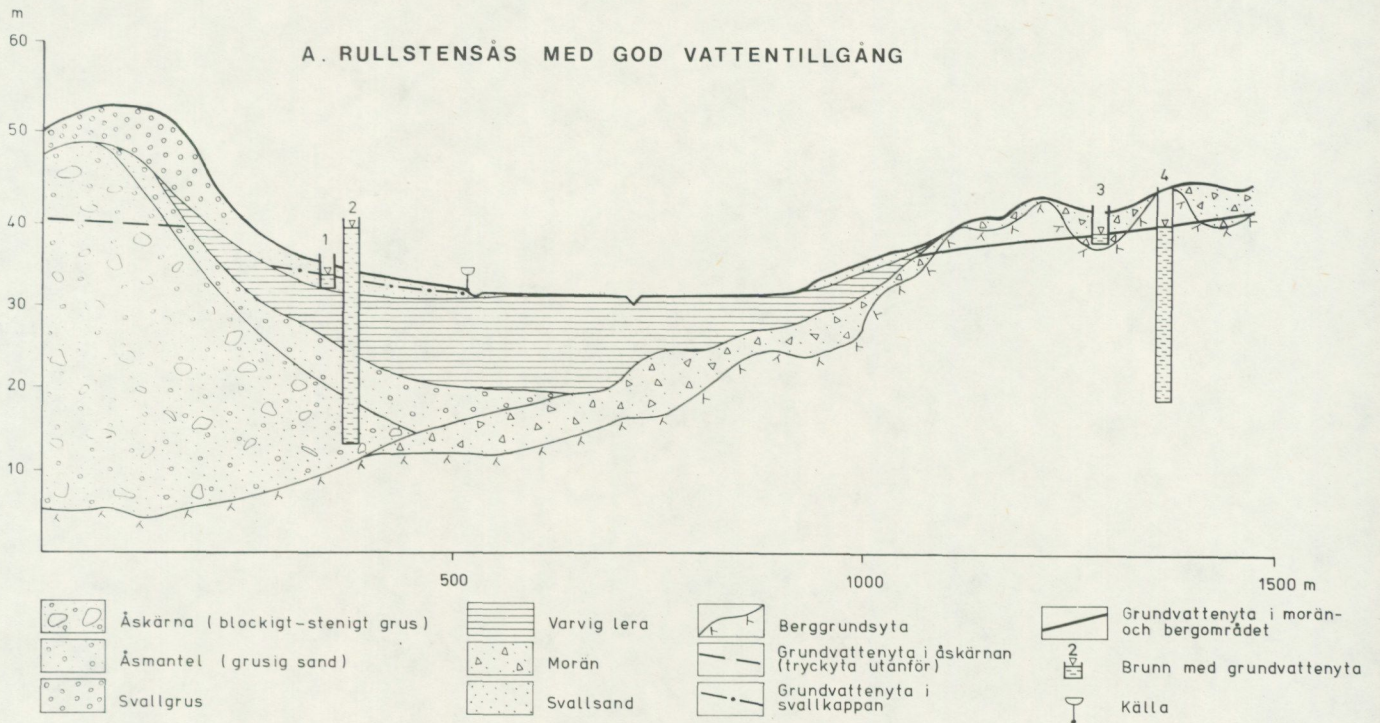
De flesta stora grundvattentäkter i Sverige är belägna på eller invid isälvsavlagringar, främst rullstensåsar. Dessa bildades under landisens avsmältningsskede. Stora vattenmängder lösgjordes då landisen smälte och dessa vattenmängder bildade älvar av varierande storlek. I dessa älvar transporterades material, som landisen plockat upp från sitt underlag. Materialet sorterades och avrundades i transporten och när det avsattes. Avlagringarna är oftast långa och utsträckta med det grövsta materialet i mitten och underst i avlag-

ringen, medan materialet ofta är finkornigare på sidorna och uppåt i lagerföljden. Om åsarna är avsatta i hav eller sjöar (under högsta kustlinjen eller i issjöar) är materialet oftast bättre sorterat och avlagringarna sammanhängande på längre sträckor eller mer utbredda än motsvarande bildningar avsatta på land. Sålunda finns de viktigaste isälvsavlagringarna från grundvattensynpunkt under högsta kustlinjen eller i större issjöområden. Exempel på sådana avlagringar är de mellansvenska åsarna, bl a Badelundaåsen, som sträcker sig från Västerås i söder till Leksand i norr. Så gott som alla större orter längs Badelundaåsen, bl a Västerås, Avesta, Hedemora, Säter och Borlänge, klarar sin vattenförsörjning från åsens grundvatten eller genom tillskott av ytvatten som infiltreras i åsen.

Åsarna under högsta kustlinjen har sällan egna primära ytformer (fig 9 A), utan är oftast svallade eller t o m förflyttade. Avlagringarna är på många håll dolda av täckande lera, speciellt gäller detta utbredningen i sidled men även partier i längsled. Detta innebär att vanligen rätt omfattande hydrogeologiska undersökningar är nödvändiga för att lokalisera den lämpligaste uttagsplatsen.

En annan typ av isälvsavlagringar är deltabildningar, vilka avsatts där isälven mynnade i ishavsområdet eller en issjö. Flera deltar är mycket mäktiga bildningar och har stor grundvattenpotential. Ett exempel härpå är Brattförsheden som ligger i sydöstra delen av Värmland. Det sammanlagda grundvattenläckaget från källor är ca 200 l/s.

Isälvsavlagringar över högsta kustlinjen har i allmänhet ej lika goda förutsättningar för grundvattenuttag som motsvarande under högsta kustlinjen (fig 9 B). Dock förekommer goda möjligheter om avlagringarna är förhållandevis mäktiga och belägna i terrängens lågpunkter. I de flesta fall torde möjligheterna för stora grundvattenuttag avsevärt kunna förbättras genom konstgjord infiltration.



Mäktiga avlagringar av grovkorniga sediment förekommer ofta i de nutida älvdalarna. Älvens egna avlagringar är oftast oregelbundna beträffande högpermeabla lager. I anslutning till älvdalarna och oftast under de recenta älvarnas egna avlagringar förekommer grovkorniga isälvsavlagringar. Detta högpermeabla material i kombination med stort grundvattenmagasin i älvens avlagringar och ibland också en direktinfiltration från älven gör att förutsättningarna blir mycket gynnsamma för grundvattenuttag. Som exempel härpå kan nämnas Lagans dalgång vid Värnamo där mäktigheten av isälvs-, issjö-, fornsjö- och flodsediment på sina ställen uppgår till ca 90 m. Grundvattentillgången i de undre, grovkorniga sedimenten i lagerföljden är där mycket stora.

Berggrundsdalar (sprick- och erosionsdalar), som är utfyllda av jordavlagringar eller delvis gömda av jordlager, kan ha liknande funktion i grundvattensammanhang som åsar. I dalbotten förekommer ofta grovkorniga sediment eller åtminstone relativt genomsläppliga lager, vilka är dolda av vanligen mäktiga lager lera. Genom dalarnas långsträckthet och terrängläget erhålls ett stort tillströmningsområde. Om materialet i dalbotten samtidigt har hög permeabilitet är uttagsmöjligheterna goda. Ett känt exempel härpå är Alnarpsdalen. De vattenförande sedimenten är här täckta av osorterat material (morän). Uttaget av vatten ur den nordvästra delen av Alnarpsdalen är ca 500 l/s. Merparten av detta vatten utnyttjas för Malmös och Lunds vattenförsörjning.

De grovkorniga, sorterade avlagringarna är intressanta från såväl grundvattensynpunkt som grustäktssynpunkt samt dessutom ofta från naturvårdssynpunkt. Detta gör att konfliktsituationer ibland uppstår mellan olika intressenter av avlagringarnas nyttjande. Det allvarligaste hotet mot grundvattenmagasinen utgörs av föroreningsrisker i samband med deponeringsplatser, industriupplag, bebyggelse, vägar samt minskat skydd av grundvattenmagasinen genom grusexploatering.

3.4.2 Osorterade avlagringar (moräner)

Moränjordarna täcker ca 3/4 av landets yta, vilket innebär att en stor del av landets glesbygdsbefolkning samt det växande antalet fritidsboende är hänvisade att lösa vattenförsörjningen genom att gräva brunnar i morän eller låta borra brunnar i berg, trots att den utnyttjningsbara grundvattenmängden i dessa akviferer oftast är tämligen liten. Moräner utgörs av äldre jordmaterial och krossat bergartsmaterial, vilket inte undergått någon sortering. Då moränmaterialet är en krossprodukt består det av samtliga kornstorlekar. En dominans av vissa kornstorlekar kan uppkomma beroende dels på bergartsmaterialets hållfasthet och struktur samt på hur långt detta transporterats i landisen, dels på typen och mängden av äldre jordmaterial. På grund av kornstorleksammansättningen hos moräner och att moränavlagringar vanligen varit utsatta för stort tryck av landisen är materialet oftast väl packat. Den effektiva porositeten är därför liten till måttlig och permeabiliteten låg (se sid 24), varför det i allmänhet inte är möjligt att utta stora mängder vatten ur moränen.

Förutsättningarna att utvinna grundvatten ur morän beror till en mindre grad på dess kornstorlekssammansättning. Mer avgörande är moränformationens struktur och lagringsförhållande. Det är främst när moränmaterialet innehåller uthålliga lager eller sliror av sorterat grovkornigt material, som relativt måttliga mängder grundvatten kan utvinnas. I vissa moräntyper (t ex drumliner) förekommer lager av sorterat grus- och sandmaterial. Dessa lager eller skikt kan ha förhållandevis stor uthållighet och fungerar som dräneringsleder för det omgivande, mer täta moränmaterialet. Moränmaterialet kan också i vissa terränglägen ha varit utsatt för relativt stor vattenpåverkan, när det avsattes, varför övergångsformer mellan morän- och isälvsmaterial, t ex skäläbildningar och linsrika moräner finns. Dessutom har i vissa områden moränmaterial och isälvsmaterial blandats samman eller blivit växellagrade (t ex i änd- och randmoräner). De vattenmängder som kan utvinnas, varierar från vanligen något 100-tal l/h

till ca 1 000 l/h; i gynnsammaste fall kan kapaciteter på mer än ca 7 000 l/h erhållas. Det senare fallet är emellertid sällsynt.

3.4.3 Kombinerade jord- och bergakviferer

Övergångsformer mellan berg- och jordakviferer förekommer ställvis. De karakteriseras i allmänhet av att ena formationen har god magasineringsförmåga och den andra har hög permeabilitet. Jordlager med låg eller måttlig permeabilitet eller med liten vattenförande sektion kan överlagra ett i ytan kraftigt uppsprucket berg. Goda förutsättningar råder att utvinna relativt stora mängder vatten i den spruckna delen av berget, som förutom från sitt eget magasin får ett tillskott av vatten från jordlagren. Denna typ av akvifer är relativt vanlig på bl a Öland och Gotland samt i sydvästra Skåne, där den överlagrande jordarten ofta består av morän och berggrunden utgörs av kalksten, som är kraftigt uppsprucken någon eller några meter i ytan p g a landisens tryck. Det finns också exempel på rikt givande brunnar nedsprängda i urberg, då den grundvattenförande sektionen i en överlagrande grusavlagring är mycket begränsad. Denna typ av akvifer utnyttjas dock sällan för kommunala vattentäkter. Däremot är det vanligt att grävda brunnar för enskilda hushåll förbättras genom att man spränger sig ned någon meter i "rösberget". Det är inte vanligt att brunnsborrningsföretag åtar sig brunnskonstruktioner, där man på ovannämnda sätt utnyttjar vattnet från både berg och jord, om jordmäktigheten överstiger maskinellt grävningdjup. Kombinerade jord- och bergakviferer bedöms kunna utnyttjas i högre grad, om lämpliga brunnskonstruktioner härför framtas och kännedomen om detta sprids.

3.5 KONSTGJORD INFILTRATION

Konstgjord infiltration används bl a för att förstärka den naturliga grundvattentillgången, återställa grundvattenståndet i tätorter, motverka saltvatteninträngning, förbättra ytvattens eller grundvattens beskaffenhet samt återföra kylvatten. En infiltrationsbassäng eller i enklare fall ett dike eller en grop, anläggs på en

avlagring på ett visst avstånd uppströms platsen för grundvattenuttaget. Jordlagren bör vara relativt mäktiga ovanför grundvattenytan och den hydrauliska förbindelsen god mellan bassäng och brunn. Ytvatten pumpas upp i bassängen och infiltrerar genom sandlager i bassängens botten. Därvid uppstår dels mekanisk rening i ytskiktet, dels biologisk aktivitet, dels fysikalisk-kemiska processer. Resultet blir ett bakteriefritt, välsmakande vatten av grundvattenkaraktär. Huvuddelen av denna förändring försiggår i det översta sandskiktet, sålunda efter kort uppehållstid i grunden. Konstgjord infiltration innebär sålunda ett enkelt reningsförfarande, ofta till lägre kostnad än rening i ytvattenverk.

Man strävar efter att utföra infiltrationen på ett avstånd från uttagspunkten, som är så stort, att det infiltrerade vattnet uppehåller sig i grunden ca 60 dygn, varvid eventuella bakteriologiska föroreningar i det infiltrerade ytvattnet säkert bryts ned och vattnet får den för grundvatten karakteristiska låga, jämna temperaturen. Noggranna undersökningar genomförs, dels för att fastställa det optimala läget för bassänger, dels för att på rimligt avstånd finna ett ytvatten av tillfredsställande beskaffenhet och i tillräcklig mängd. Åtskilliga vattendrag i södra och mellersta Sverige är förorenade och därför olämpliga som råvattentäkter. Naturliga magasin är ofta förändrade, varför i vissa fall dämningar måste göras och ytvattenmagasin tillskapas för att tillräcklig vattenmängd för infiltration skall erhållas. Vatten måste ibland t o m överledas från ett vattensystem till ett annat.

Det är nästan uteslutande grovkorniga sorterade sediment och då framför allt isälvsavlagringar, som är lämpade för konstgjord infiltration. För vattenförsörjningsplanering bör därför även sådana grusavlagringar, ur vilka endast mindre mängder naturligt grundvatten kan utvinnas men vilka är lämpade för konstgjord infiltration, räknas som potentiella tillgångar. En förutsättning härför är givetvis att lämpligt ytvatten kan erhållas inom rimliga avstånd. Vatten från en infiltrationsanläggning bör också klassificeras som grundvatten i och med att den geologiska avlagringen utnyttjas för att på ett industrimässigt sätt framställa ett fullgott grundvatten.

3.6 GRUNDVATTNETS BESKAFFENHET

Grundvattnet har i regel en jämn och låg temperatur, smakar och luktar gott och är oftast fritt från skadliga ämnen och bakterier. Grundvatten kan därför ofta utan någon behandling alls eller efter måttliga behandlingsåtgärder nyttjas som dricksvatten. Om vattnet skall användas för andra ändamål, t ex till tvätt, får det inte innehålla för höga halter av kalcium och magnesium, som hårdgör vattnet eller ha för höga halter av järn och mangan, som kan missfärga tvättgodset. För användning till kylning, till processvatten inom industrin eller konstbevattning inom jordbruket måste delvis helt andra krav ställas på vattnets kvalitet. Ett råvatten som inte uppfyller önskade krav kan emellertid många gånger renas eller på annat sätt förändras så att det kan användas för avsett ändamål. Aggressivt grundvatten, d v s vatten som har ledningsangripande egenskaper, kan på olika sätt behandlas så att den olägenheten elimineras.

Eftersom kraven på vattnets kvalitet växlar liksom möjligheterna för vattenrening är det svårt att ställa upp generella regler för bedömning av vattenkvaliteten. Då normer och analyser vanligtvis anpassats för vanligt konsumtionsvatten till hushåll saknar man i många fall analyser av ämnen, som skulle vara av intresse för mera allsidig utvärdering av vattnets sammansättning och egenskaper.

Grundvattnets naturliga sammansättning bestäms av en rad olika faktorer, främst jord- eller berggrundens mineral- och bergartsinnehåll, den kemiska miljön i den geologiska formationen och dess omgivning, vattnets uppehållstid samt också det infiltrerande vattnets sammansättning. Faktorerna samverkar på ett ofta ganska komplicerat sätt, varom kunskapsunderlaget är begränsat. Klart är emellertid att för såmånga ämnens förekomst i grundvattnet är den aktuella geologiska formationens mineralogiska sammansättning av avgörande betydelse. Vattnet är t ex ofta hårt i områden med kalkrika jord- och/eller bergarter genom att kalcium och magnesium utlöses från karbonatmineral i dylika bildningar. Höga halter av klorid förekommer däremot ofta helt oberoende av jord- och bergarternas kloridinnehåll. Detta beror på att kloriden inte har sitt ursprung från omgivande jord- och berggrund utan från saltvatten i tidigare eller nutida hav.

För andra ämnen kan den kemiska miljön vara avgörande. Järn kan t ex beroende på pH och redoxförhållanden förekomma i olika former, dels löst i vatten, dels utfällt i fast form. I första fallet får man ett järnhaltigt vatten, medan man i det andra fallet får ett mera järnfritt vatten, eftersom järnet fällts ut i marken och fastlagts där. Det är i allmänhet också möjligt att fälla ut järnet genom behandling av vattnet. Dock kan stora svårigheter uppstå om järnet är humusbundet. För enskild vattenförsörjning är höga järnhalter ofta besvärande. På grund av att den kemiska miljön växlar så snabbt i marken, är det inte ovanligt att två närliggande brunnar kan uppvisa stora skillnader i järninnehåll, liksom olika nivåer i ett och samma borrhål. Det är därför ofta missvisande att försöka framställa kartor över järnhalten i grundvattnet. Skulle emellertid den kemiska miljön visa sig vara stabil över större områden kan naturligtvis en kartframställning framstå som motiverad. Vanligen är det störst risk att påträffa grundvatten med höga järnhalter i urbergsområden, särskilt i skogsmarker med högt grundvattenstånd.

Kunskaperna om grundvattnets fysikaliska och kemiska sammansättning i Sverige är mycket begränsade. Endast några få mindre arbeten finns publicerade. Allmänt kan sägas att grundvattnet i de viktigaste grundvattenförande bildningarna - sand och grusavlagringarna - kännetecknas av låga totala salthalter till skillnad från de mäktiga jord- och berggrundsakvifererna på t ex europeiska kontinenten och i torra områden på jordklotet. Förutom på olikheter i jord- och berggrundens mineralogiska sammansättning och i klimat beror detta på den relativt snabba omsättningen på vattnet i det oftast ytligt förekommande grundvatten, som utnyttjas här i landet jämfört med i nämnda områden. För att ge några exempel på den regionala spridningen av anmärkningsvärda halter av några ämnen i grundvattnet, har tre kartor framställts. Kartorna visar var observationer av grundvatten med höga klorid- respektive fluoridhalter eller från hygienisk synpunkt anmärkningsvärda halter av kväveföreningar har gjorts, främst enligt tillgänglig litteratur. Det har - inom den för detta arbete givna kostnadsramen - ej kunnat avsättas medel för insamling av primärdata. Underlaget är därför delvis både ofullständigt och föråldrat. Trots dessa brister kan dock några tendenser skönjas, som grovt visar var vissa problem med vattenkvaliteter förekommer. Det måste dock kraftigt betonas, att de vanligaste

förekommande kvalitetsproblemen vid grundvattenförsörjning är aggressivitet samt höga järn- och manganhalter. Vidare bör i detta sammanhang också påpekas, att det ofta endast är ett fåtal av alla brunnar inom ett område som har problem med vattenbeskaffenheten.

3.6.1 Klorid

Efter senaste istiden har relativt stora landytor av Sverige varit täckta av hav. När landet höjde sig ur havet förträngdes det från havsvattnet härrörande salta por- och sprickvattnet i de övre jord- och berglagren av infiltrerande sött nederbördsvattnet. Beroende på strömningsförhållandena i grunden har denna urlakning och utspädning av saltet försiggått till olika djup. I jord- och berglager med dålig vattenomsättning t ex lerområden, kan det salta vattnet fortfarande finnas kvar. Riskerna att påträffa sådant s k reliktvatten är vanligen större i låglänta områden och i närheten av stora sjöar. Vid djupa brunnborringar ökar riskerna. Salt vatten förekommer huvudsakligen i bergborrade brunnar, men har även rapporterats från jordbrunnar t ex på Varaslättan. Relikt saltvatten av betydligt äldre datum finns slutligen i vissa sedimentära bergartsserier, t ex i Skåne. Relikt saltvatten måste särskiljas från det recenta salta vatten, som kan intränga från nuvarande hav längs våra kuster. Det fordras, att man pumpar bort vatten för att en inträngning av sådant vatten skall kunna ske. Vid pumpning ur strandnära brunnar förstoras givetvis riskerna för att salt vatten skall tränga in och fördärva dessa. Om brunnen står i kontakt med sprickor med direkt hydraulisk förbindelse med havet, kan salt vatten tränga in relativt snabbt. Om salt vatten tränger in på bred front i en porös avlagring, fordras i regel ganska stora uttag innan någon skadlig saltvattenintrusion äger rum. Salt vatten kan avsaltas, men för vanligt konsumtionsvatten är det dock i dag ej ekonomiskt lönsamt.

Kartan i figur 10 visar observationer av vatten i bergborrade brunnar med kloridhalter överstigande 300 mg/l enligt tillgängligt material. Vatten med kloridhalter över nämnda värde smakar salt.

Områden, som tidigare varit täckta av salt eller bräckt vatten, har markerats med grå färgton. De flesta brunnarna med salt vatten är som väntat belägna inom dessa områden. Såväl inom som utanför dessa områden kan dock salt vatten av annat ursprung lokalt påträffas. Det kan då röra sig om olika slag av föroreningar, t ex läckande saltupplag, effekter av vägsaltning, läckage från urinbrunnar och avlopp eller lakvatten från avfallsupplag.

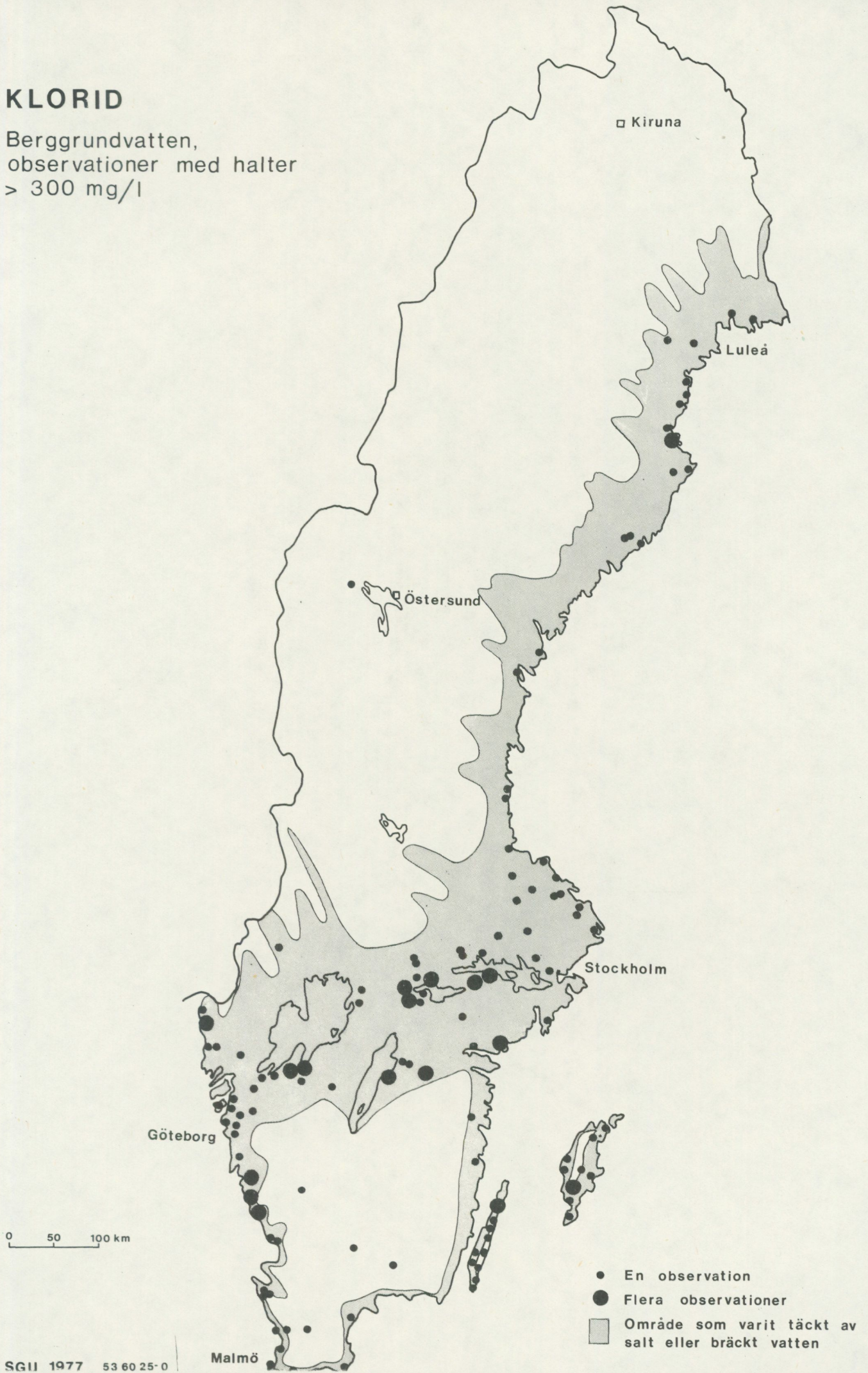
3.6.2 Kväveföreningar

Den vanligaste kväveföreningen i naturen är nitrat (NO_3^-). Nitrat upptas av växterna vid deras uppbyggnad och frigörs vid nedbrytning av organiskt material. Först bildas vid nedbrytningen ammonium (NH_4^+), som vid god syretillgång oxideras till nitrit (NO_2^-) och nitrat. Om tillgången på kväveföreningar blir större än vad växterna förmår ta upp, kan överskottet tillföras grundvattnet. Detta är inte önskvärt, då kväveföreningar, om de tillförs människan med vattnet, kan inverka menligt på den mänskliga organismen. Sålunda kan nitrat omvandlas till nitrit, som kan ge upphov till sjukdomen methämoglobemi. Denna sjukdom drabbar framför allt spädbarn och kan i svåra fall leda till döden. Enligt socialstyrelsens anvisningar får därför ej barn under 1 år ges dricksvatten med högre nitrathalt än 50 mg/l NO_3 . Andra sjukdomar kan även tänkas orsakas av kväveföreningar, men sambanden är inte helt klarlagda. Socialstyrelsen anser halter överstigande nedanstående värden som från hygienisk synpunkt anmärkningsvärda: ammonium 0.5 mg/l, nitrat 30 mg/l och nitrit 0.02 mg/l.

Grundvattnets nitrathalt är i allmänhet låg, mindre än 10 mg/l NO_3 . Genom spridning av gödsel, som innehåller kväve, kan nitrathalterna i grundvattnet stiga. Stora givor vid olämpliga tidpunkter ökar riskerna för att kväveföreningarna skall nå grundvattnet. Även läckande avloppsvattenledningar kan medföra höga kvävehalter i grundvattnet. Det är vanligtvis grunda, dåligt anlagda brunnar, som drabbas av för höga nitrathalter. Bergborrhade brunnar brukar i regel klara sig bättre, då det oftast endast är det ytliga grundvattnet, som drabbas av föroreningarna. Riskerna är större i lättgenomsläppliga sandjordarter än i relativt täta ler- och moränjordarter. I områden med sprickrik berggrund, som

KLORID

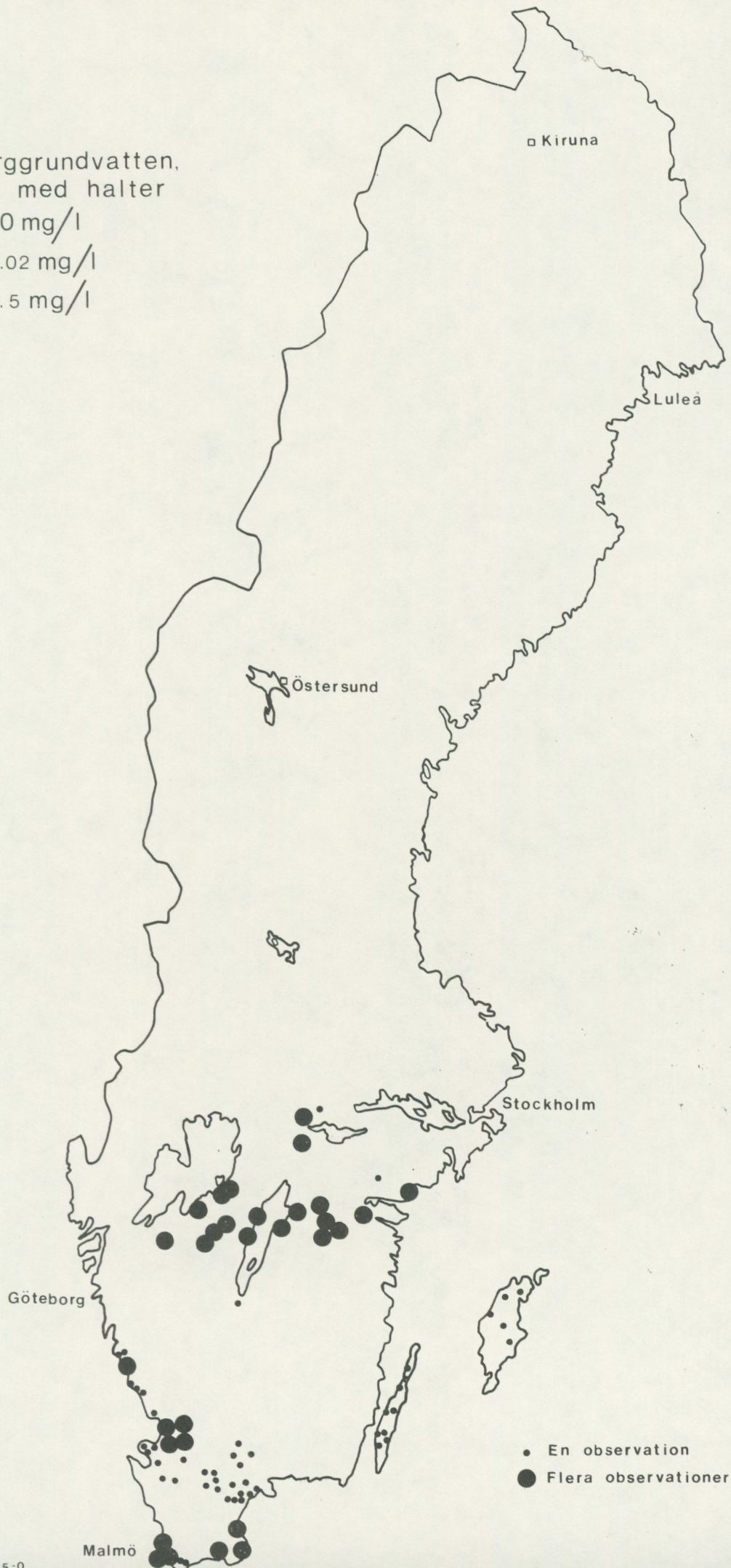
Berggrundvatten,
observationer med halter
> 300 mg/l



KVÄVE

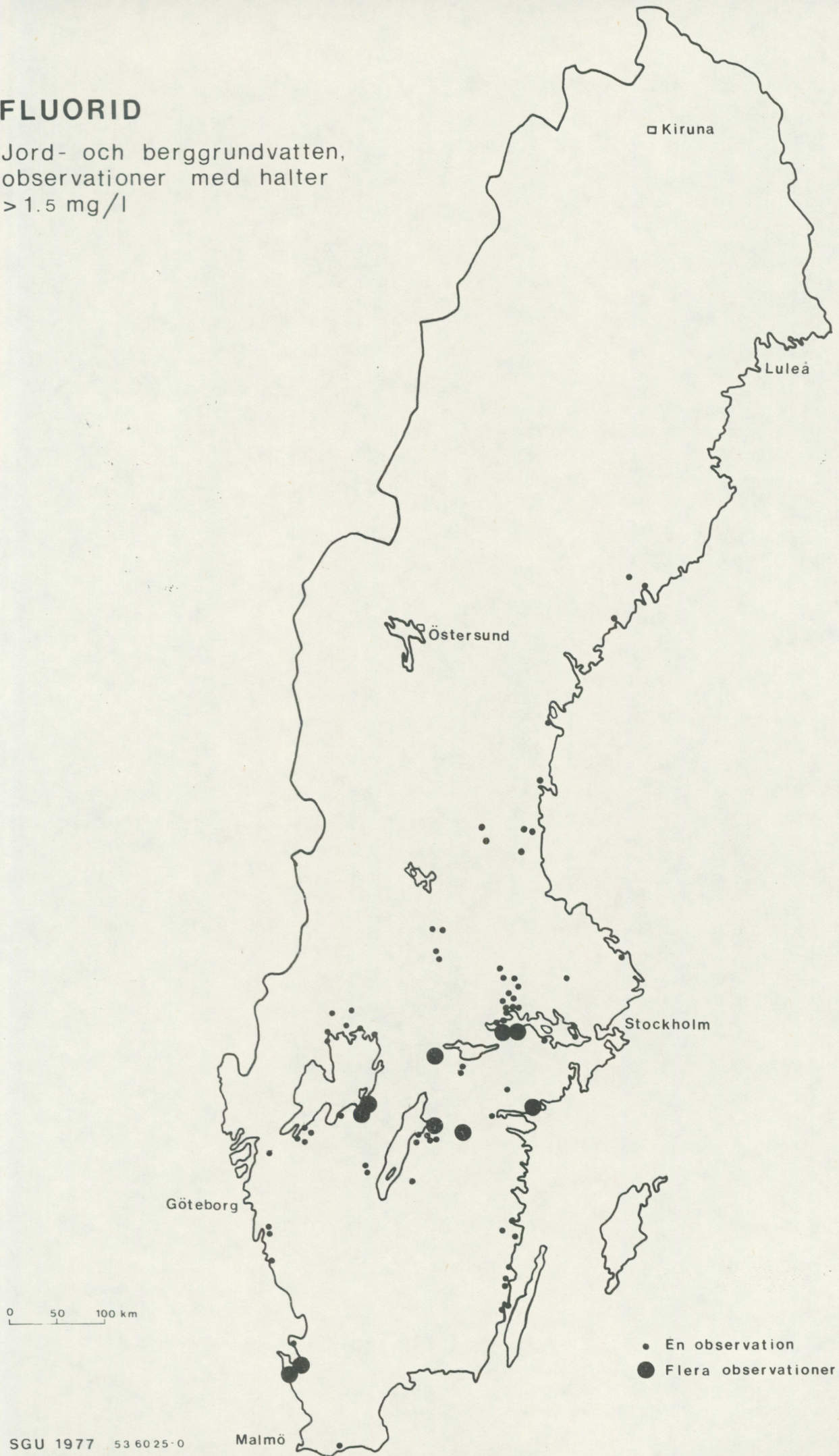
Jord- och berggrundvatten,
observationer med halter

- för $\text{NO}_3 > 30 \text{ mg/l}$
 " $\text{NO}_2 > 0.02 \text{ mg/l}$
 " $\text{NH}_4 > 0.5 \text{ mg/l}$



FLUORID

Jord- och berggrundvatten,
observationer med halter
> 1.5 mg/l



saknar skyddande jordtäckte som t ex inom vissa delar av Öland och Gotland, blir även berggrundsvattnet ställvis förorenat med kväveföreningar.

Från tillgängliga uppgifter har kartan i figur 11 upprättats. Den visar platser, där för höga halter av kväveföreningar i någon form har påträffats i grundvatten i jord- och berggrund. Kartan visar, att kväveproblemen framför allt koncentreras till jordbruksbygder, särskilt då områden med sandjordar och ytligt sprickig berggrund. Några besvär i samband med skogsgödsling har ej rapporterats. Det kan bero på att det hittills är ganska begränsade arealer, som blivit föremål för gödsling och att gödslingen ej upprepas år efter år som inom jordbruket. Även den ringa förekomsten av brunnar i skogsområdet kan ha viss betydelse i detta sammanhang.

3.6.3 Fluorid

Förekomsten av fluorid i grundvattnet är av intresse genom att redan små mängder fluorid har fysiologiska effekter på människokroppen. Halter mellan 0.5 och 1.5 mg/l F anses öka tändernas motståndskraft mot kariesangrepp. Överstiger halterna 1.5 mg/l betraktas det som anmärkningsvärt från hygienisk synpunkt och fläckar på tandemaljen, skelettskador och allergiska symptom kan uppstå. I jämförelse med ytvatten har grundvatten generellt högre fluoridinhåll. Förekomsten av höga fluoridhalter i grundvattnet kan inte enbart förklaras med utgångspunkt från tillgången av fluorbärande mineral i jord- och berggrund. Det syns snarare vara den kemiska miljön som inverkar. Höga fluoridhalter påträffas företrädesvis i djupa, bergborrade brunnar med mjukt vatten av natriumbikarbonat-typ. Brunnar på Öland och Gotland har hart vatten och låga fluoridhalter. En undersökning i bergborrade brunnar i delar av Mariestads, Skövdes och Törebodas kommuner uppvisade ett medelvärde på fluoridhalten på 1.6 mg/l. Enligt undersökningar i Stockholms-trakten är medeltalet av fluoridhalten i vatten från bergborrade brunnar 1.2 mg/l, medan medeltalet i vatten från jordlager är 0.5 mg/l. Kartan i figur 12 visar tillgängliga uppgifter om grundvatten med högre fluoridhalter än 1.5 mg/l.

3.7 FÖRORENING AV GRUNDVATTEN

Grundvatten har i de flesta fall - till skillnad från ytvatten - ett tämligen effektivt skydd mot föroreningar från markytan genom den filtrering och den fastläggning respektive nedbrytning (genom fysikalisk-kemiska samt biologiska processer) som försiggår i jordmånshorisonten. Om föroreningarna trots allt tränger igenom denna horisont, beror den vidare transporten på den underliggande jord- och berglagrens genomsläplighet (för vätskor), jonbytande förmåga o dyl samt mäktighet ovan grundvattenytan. Ett tunt sandlager är sålunda en dålig spärr mot föroreningar jämfört med ett mäktigt lager av lera eller finkornig morän. Sprickrika berg hållar ger vanligen ett mycket dåligt skydd.

Problem angående förorening av grundvatten och forskningsbehovet inom denna sektor har nyligen redovisats av SGU i en rapport till forskningsnämnden, SNV (Persson et al 1976). Ur rapporten kan bl a följande citeras:

"En mängd olika typer av verksamhet kan orsaka skador på grundvattnet. Tillförsel av olika ämnen till naturen innebär en risk för att grundvattnets kvalitét påverkas. Påverkan kan nå en sådan grad att vattnet blir förorenat. Andra typer av ingrepp i miljön kan leda till störningar i grundvattenbildningen eller i grundvattnets strömningsförhållanden. Dessa förändringar kan få oönskade konsekvenser, dels genom att i vissa fall grundvattenmängderna ökar (kan leda till försumpning, dräneringsproblem i källare o dyl), dels genom att i andra fall grundvattenmängderna minskar (sinande brunnar, sättningsskador m m). Dessutom kan grundvattnets kemi påverkas genom rubbningar i grundvattenbalansen. Vissa ämnen kan utlösas ur grunden (t ex järn och mangan vid höjt grundvattenstånd) och förorena grundvattnet. En förändring av strömningsmönstret för grundvattnet kan naturligtvis också få den effekten, att föroreningar i ett grund- eller ytvatten får möjlighet att sprida sig till andra tidigare skyddade grundvattenmagasin.

Tabell I visar en översikt över olika typer av föroreningskällor och skadeförebyggande åtgärder. I tabellen är de potentiellt grundvattenförorenande aktiviteterna indelade i fyra principiellt olika grupper.

Föroreningskällor hänförliga till de olika grupperna finns exemplifierade.

Grupp nr 1 omfattar oavsiktlig spridning av ämnen som kan förorena grundvattnet. Det kan sägas vara olyckor i vidsträckt bemärkelse. Exempel på vad som ingår i denna grupp är spill vid hantering av olika ämnen, läckage vid lagring och transport samt naturligtvis även mer påtagliga olyckor. Även läckande avloppsledningar, septiktankar, urinbrunnar och gödselstäder hör till denna grupp.

En mängd olika ämnen kan ifrågakomma som förorenande substanser. Vid de mer akuta händelserna är det oftast fråga om petroleumprodukter eller andra kemikalier. Vid långvariga läckage från t ex avloppsledningar kan allvarlig kväveförorening och bakteriell förorening uppkomma.

De skadeförebyggande åtgärderna måste i första hand inriktas på att förebygga den oavsiktliga spridningen genom förbättrad teknik, information och kontroll av lagring, transport och hantering av potentiellt förorenande ämnen. Dessutom är det naturligtvis viktigt, att beredskap finns för en effektiv sanering efter olyckor.

Grupp nr 2 omfattar deponering och spridning av olika ämnen i syfte att bli av med avfallsprodukter.

Deponeringsanläggningar för vissa typer av avfall som hushållsavfall, industriavfall och bark är ofta en källa till grundvattenförorening. Andra avfallstyper, t ex byggnadsavfall, innebär mindre risk för allvarlig grundvattenförorening.

Till denna grupp hör också den avsiktliga infiltrationen av avloppsvatten. Dagvatteninfiltrationen kan i viss mån också räknas hit även om syftet med denna i första hand är att genom infiltration bli av med själva vattnet och ibland även att höja grundvattennivån.

Utsläpp av rök och stoft i atmosfären kan också inordnas i grupp nr 2. Ämnen spridda på detta sätt kan orsaka en regional påverkan på grundvattnet.

Tabell I. Föroreningskällor för grundvattnet och skadeförebyggande åtgärder

Grupp	Exempel på föroreningskällor	Skadeförebyggande åtgärder
1. Oavsiktlig spridning	Spill vid hantering Läckage vid lagring och transport Läckande tankar och avloppsledningar Trafikolyckor	Förbättrad teknik, information och kontroll Beredskap för effektiv sanering efter olyckor
2. Deponering eller spridning i syfte att bli av med avfallsämnen	Avfallsupplag Infiltration av avlopps- och dagvatten Rök- och stoftutsläpp	Minskning av mängder (särskilt av farliga ämnen) genom rening och återanvändning Tekniska lösningar för minskad urlakning Hydrogeologiska undersökningar för fastställande av potentiellt föroreningsområde inför val av plats för deponerings- eller infiltrationsanläggning
3. Avsiktlig spridning för speciella ändamål	Kemisk bekämpning Gödning av åker och skog Saltspridning på vägar	Mindre giftiga och lättare nedbrytbara preparat Förhöjd verkningsgrad och minskad urlakning genom val av lämplig spridningstid och -form Bättre avvägning av mängden tillförda ämnen med hänsyn till åtgärdens nytta och risk för grundvattensskador
Störning av grundvattenomsättningen	4. Ingrepp som mobiliserar ämnen i mark eller grund	Bättre avvägning mellan ingreppens nytta och risk för grundvattensskador
	Vattenreglering Dikning Skogsavverkning Grundvattenuttag Bevattning	

Många ämnen är aktuella som förorenare. Vid avfalls- och avlopps- anläggningar föreligger risk för bakteriell förorening och förorening med bl a kväveföreningar, en rad olika organiska föreningar, salter och tungmetaller. Riskerna för grundvattnet vid luftspridning av rök och stoft är kanske störst när det gäller försurande ämnen och eventuellt tungmetaller.

De förebyggande åtgärderna bör syfta till en minskning av avfallsmängderna, speciellt mängderna av särskilt farliga ämnen. Detta kan ske genom förändrade industriprocesser eller genom rening, eventuellt i kombination med återanvändning. Tekniska lösningar, vid deponering eller infiltration, vilka minimerar urlakning och transport av ämnen till grundvattnet, bör sökas. Inför val av plats för deponerings- eller infiltrationsanläggningar bör de potentiella föroreningsområdena bestämmas, vilket kräver att hydrogeologisk undersökningsmetodik tillämpas.

Grupp nr 3 omfattar avsiktlig spridning av ämnen i syfte att uppnå vissa önskade effekter, men där de utspridda ämnena kan ha oönskade återverkningar på grundvattnet. Exempel på sådan aktivitet är utspridning av gödsel- eller bekämpningsmedel för att få högre avkastning inom jord- och skogsbruk. Ett annat exempel är spridning av vägsalt i halkbekämpande eller dammbindande syfte.

Olika skadeförebyggande åtgärder kan ifrågakomma. I vissa fall, t ex när det gäller de kemiska bekämpningsmedlen, bör strävan vara att söka få mindre giftiga och mer lättnedbrytbara medel, som ej ackumuleras i grunden. För t ex gödselmedlen är denna väg ej framkomlig då det i detta fall är kväveföreningar, som är önskvärda för växtligheten men som samtidigt är oönskade i grundvattnet. I dessa fall måste en avvägning av tillförda mängder med hänsyn till nyttan för växtligheten och risken för grundvattenskada ske. Genom val av lämplig tidpunkt och form för tillförsel av gödselmedel kan också en minskning av urlakningen och en bättre verkningsgrad hos medlen för växterna erhållas.

Grupp nr 4 omfattar de ingrepp, som inte innebär direkt tillförsel av ämnen men där ingreppet kan orsaka att ämnen frigörs och/eller transporteras till grundvattnet. I gruppen ingår främst aktiviteter

som påverkar vattenbalansen genom att infiltrationsförhållanden eller avströmningsförhållanden i ett grundvattenmagasin förändras. Hit hör ingrepp som vattenreglering, dikning, skogsavverkning, grundvattenuttag, täkt- och byggnadsverksamhet, bevattning m m.

Vid planering av ingrepp av denna typ behövs en bättre avvägning av ingreppens nytta gentemot risken för grundvattensskador.

Förutom de skadeförebyggande åtgärder som nämnts ovan i samband med de olika grupperna måste ett effektivt skydd för större vattentäkter finnas i form av skyddsområden, inom vilka särskilda restriktioner råder för aktiviteter, som kan vara ett potentiellt hot mot grundvattnet. Nuvarande skyddsområdesbestämmelser och avgränsningar av skyddsområden är ej alltid till fyllest."

4 GRUNDVATTNETS ANVÄNDNING

Vattnets användning i vårt land innebär i liten grad att vattnet verkligen förbrukas. Vanligen återgår vattnet till vattendragen som avlopp. Dock förbrukas en del vatten vid industriella processer samt avdunstar en betydande del av det vatten som utnyttjas för bevattning.

Uttag av grundvatten innebär emellertid en mer eller mindre påtagbar förändring eller störning i de naturliga förhållandena. Som påtalats i föregående avsnitt kan grundvattenbildningen öka, särskilt i områden med artesiskt tryck före uttagets påbörjande. Vidare kan sänkta grundvattenstånd medföra sättningar i lerområden.

Vatten konsumeras av i huvudsak tre grupper, nämligen kommuner, industrier och enskilda förbrukare. Inom den senare gruppen har jordbrukets ökade behov av vatten för bevattning gjort, att jordbruket på senare år fått en särställning som vattenkonsument i vissa delar av landet. Industrin i Sverige använder mest vatten, ca 6 600 milj m³/år; kommunerna kommer därefter med ca 1 000 milj m³/år. Den enskilda förbrukningen är svår att uppskatta, men bedöms ligga mellan ca 100 och 200 milj m³/år. Användningen av vatten domineras kvantitativt helt av ytvatten. Det är främst industrins behov av process-

vatten som dominerar ytvattenanvändandet. De flesta industrier har i allmänhet relativt låga krav på vattenkvaliteten i jämförelse med den näst största förbrukaren, kommunerna. Vid kommunal vattenförsörjning skall vattnet kunna användas för mänsklig konsumtion, d v s vattnet måste betraktas som ett livsmedel. De kvalitativa kraven är därför mycket stora. Kommunernas vattenförsörjning grundar sig dels på naturligt och konstgjort grundvatten, dels på ytvatten. Det ställs i stort samma krav på vatten för enskild försörjning - fränsett för bevattning - som för kommunal vattenförsörjning. För denna grupp dominerar användningen av grundvatten totalt sett, men för bevattning utnyttjas ca 85 % ytvatten och ca 15 % grundvatten.

Trots att grundvatten kvantitativt spelar en liten roll för vår totala vattenförbrukning har sålunda grundvatten mycket stor betydelse som konsumtionsvatten för människan. Det är grundvattnets specifika roll inom vattenförsörjningen som behandlas i det följande, dock görs vissa kvantitativa jämförelser med ytvatten.

4.1 KOMMUNAL VATTENFÖRSÖRJNING

Underlag för beskrivningen av den kommunala vattenförsörjningen har varit utredningsmaterial från statens naturvårdsverk, statistik från Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, sammanfattande utredningar rörande vattenförsörjning från ett flertal länsstyrelser och konsultföretag samt arkivuppgifter från SGU:s hydrogeologiska verksamhet. På grund av uppdragets begränsade omfattning och arbetets översiktliga karaktär har det ej varit möjligt att kontrollera eller värdera detaljuppgifter. Detta innebär, att kategoriuppdelningen av materialet till viss del är styrd av basmaterialet samt att vissa detaljuppgifter kan vara felaktiga. Emellertid torde inte de regionala särdragen och de statistiska resultaten nämnvärt påverkats av mindre felaktigheter i detaljuppgifterna.

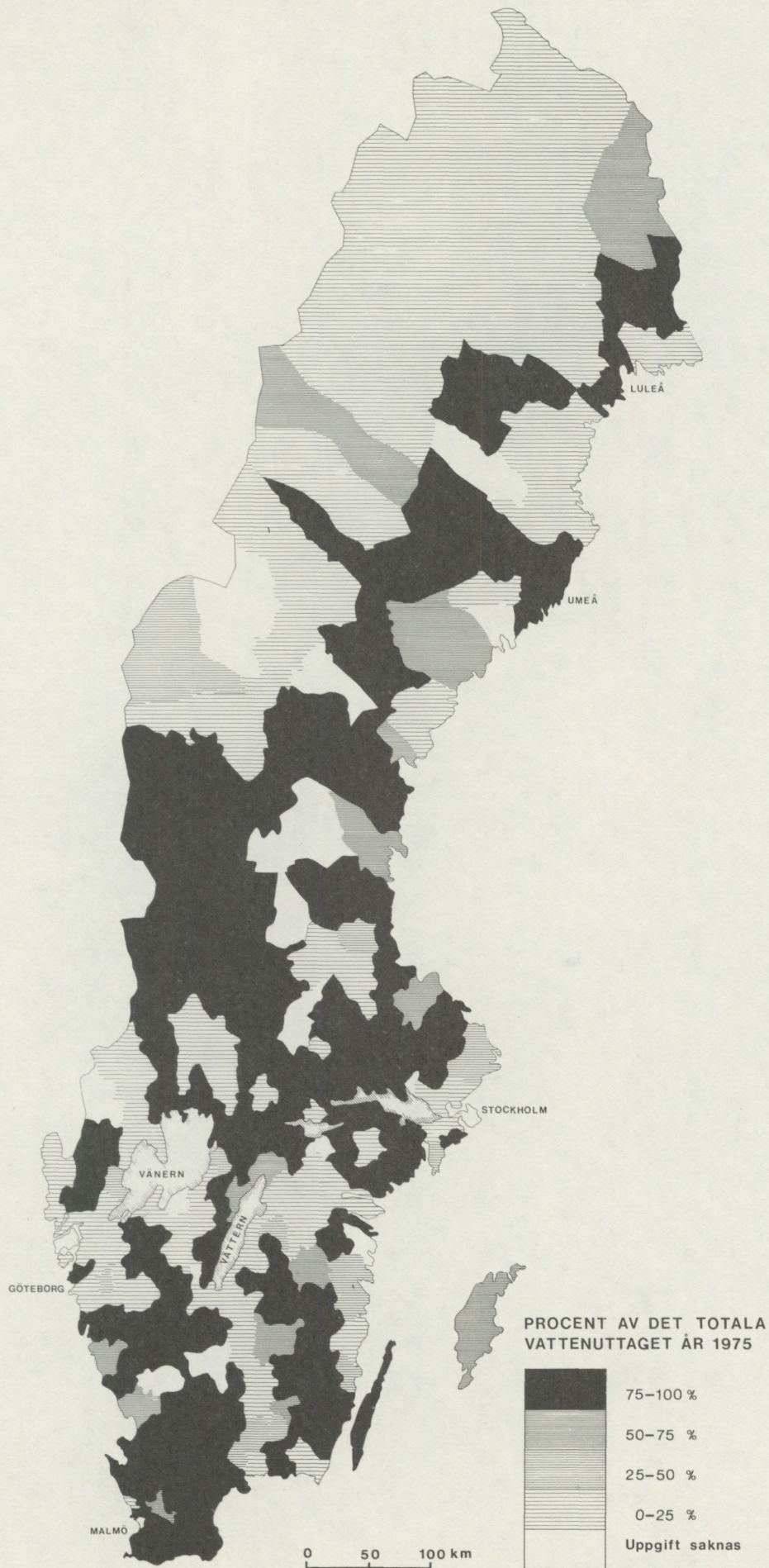
Totalt producerade de kommunala vattenverken 986 milj m^3 år 1975 enligt VAV S75. Av denna vattenmängd utgjordes 53 % av ytvatten, 26 % av naturligt grundvatten och 21 % av konstgjort grundvatten. De största förbrukarna av ytvatten är Stockholm, Stockholmstraktens

vattenverksförbund och Göteborg, vilka använde 274 milj m^3 år 1975, d v s 28% av hela den kommunala vattenanvändningen. De övriga största ytvattenförbrukarna är Norrköping, Linköping, Jönköping, Borås, Skaraborgs vattenverksförbund och Östersund, vilka använde 7% (67 milj m^3) av den kommunala vattenkonsumtionen. Användandet av ytvatten för kommunal vattenförsörjning har starkt samband med kommuner med stor befolkningskoncentration, med tillgången på kvalitativt bra ytvatten och med områden där grundvattnet är svåråtkomligt (jämför fig 13). Ytvattenanvändandet tenderar att öka i och med att lösningar söks för att snabbt trygga det framtida vattenbehovet för större regioner, exempelvis Sydsvattenprojektet. Det finns dock aktuella exempel på genomförd eller planerad övergång från ytvatten till grundvatten - av kvalitativa skäl - i medelstora tätorter, t ex Bollnäs. Jämtland och Norrbotten är län, där det förekommer god tillgång på högkvalitativt ytvatten, vilket belyses av att där finns en stor mängd mindre ytvattentäkter (se tabell 3). Göteborgs och Bohus läns ytvattenberoende hör samman med de dåliga förutsättningarna för grundvattenutvinning i större skala.

Om det bortses från de stora ytvattenförbrukarna (enligt ovan) var den kommunala vattenförsörjningen i övrigt baserad på ca 70 % naturligt och konstgjort grundvatten av kommunernas totala vattenuttag beräknat efter VAV:s statistik (VAV S75).

Tabell 4 över antalet vattentäktsanläggningar för landets tätorter visar, att 80 % av anläggningarna är grundvattentäkter, 4 % är infiltrationsanläggningar, 15 % är ytvattenanläggningar. I 7 % av fallen har ej "anläggningstypen" kunnat bestämmas. Klart är dock att dessa hänför sig till grundvattentäkter. Av det totala antalet anläggningar (1 510 st) är 50 % anlagda i jord, 16 % i kristallin berggrund och 7 % i sedimentär berggrund. Jordbrunnarna dominerar sålunda mycket klart, vilket givetvis främst beror på att de bästa förutsättningarna för större grundvattenuttag i Sverige finns i vissa jordlager. Andelen brunnar i kristallin berggrund för kommunal vattenförsörjning är dock förvånansvärt stor med tanke på att det ofta råder dåliga förutsättningar för större grundvattenuttag i dylik berggrund (se kap 3.3.1). Brunnarna

UTTAG AV NATURLIGT OCH KONSTGJORT GRUNDVATTEN VID KOMMUNALA VATTEN- TÄKTER



TABELL 3

ANTAL VATTENTÄKTSANLÄGGNINGAR FÖR TÄTORTER MED EN ÅRSPRODUKTION PÅ MINDRE RESP. MER ÄN 100 000 m³ SAMT UPPDELNING AV DESSA PÅ OLIKA ANLÄGGNINGSTYPER.

Län	Totalt Antal	Jord		Krist.berg		Sed. berg		Infiltra- tion		Ytvatten		Uppgift saknas
		mindre	mer	mindre	mer	mindre	mer	mindre	mer	mindre	mer	
01 Stockholms	60	19	12	13	1	-	-	-	3	1	8	3
03 Uppsala	53	23	19	5	-	-	-	-	1	1	2	2
04 Södermanlands	47	22	12	2	-	-	-	-	3	2	5	1
05 Östergötlands	61	16	5	9	-	3	1	1	2	5	13	6
06 Jönköpings	73	24	16	5	1	-	-	1	3	4	11	8
07 Kronobergs	48	9	8	17	2	-	-	-	6	1	5	-
08 Kalmar	80	20	19	17	-	9	1	-	5	-	6	3
09 Gotlands	21	3	-	-	-	7	6	-	-	-	3	2
10 Blekinge	38	9	6	12	1	1	2	-	-	1	3	3
11 Kristianstads	96	20	24	19	7	15	8	-	3	-	-	-
12 Malmöhus	101	25	23	-	1	16	23	-	3	-	2	8
13 Hallands	43	20	9	5	2	-	-	-	4	-	3	0
14 Göteborg o Bohus	64	23	7	5	1	-	-	-	1	2	17	8
15 Älvsborgs	98	30	19	23	2	-	-	2	-	4	13	5
16 Skaraborgs	72	25	20	7	1	3	3	1	-	-	7	5
17 Värmlands	66	21	9	8	1	-	-	-	3	3	14	7
18 Örebro	42	16	11	3	2	2	1	-	4	-	3	-
19 Västmanlands	25	5	10	2	1	-	-	-	3	-	3	1
20 Kopparbergs	90	28	24	13	1	3	2	-	1	1	5	12
21 Gävleborgs	53	12	15	6	-	1	1	-	3	1	9	5
22 Västernorrlands	68	17	23	12	-	-	-	-	1	3	9	3
23 Jämtlands	57	21	2	6	-	-	-	-	-	21	6	1
24 Västerbottens	65	15	16	9	-	-	-	-	1	2	9	13
25 Norrbottens	89	21	12	27	1	-	-	-	1	6	15	6
	1 510	444	321	225	25	60	48	5	51	58	171	102

Uppgifterna sammanställda från Statens Naturvårdsverk, Statistiska Centralbyrån 1969 samt Statens Naturvårdsverk 1976.

TABELL 4

 ANTAL VATTENTÄKTSANLÄGGNINGAR FÖR TÄTORTER I SVERIGE FÖRDELADE PÅ OLIKA
 ANLÄGGNINGSTYPER

Län	Totalt Antal	Jord %	Krist. Berg %	Sed. Berg %	Infil- tration %	Ytvatten %	Uppg. saknas %
01 Stockholms	60	52	23	0	5	15	5
03 Uppsala	53	79	9	0	2	6	4
04 Södermanlands	47	72	4	0	6	16	2
05 Östergötlands	61	34	15	7	5	29	10
06 Jönköpings	73	55	8	0	5	21	11
07 Kronobergs	48	35	39	0	13	13	0
08 Kalmar	80	49	21	13	6	8	4
09 Gotlands	21	14	0	62	0	14	10
10 Blekinge	38	39	34	8	0	11	8
11 Kristianstads	96	46	27	24	3	0	0
12 Malmöhus	101	48	1	39	3	2	8
13 Hallands	43	67	16	0	9	7	0
14 Göteborg o Bohus	64	47	9	0	2	30	13
15 Älvsborgs	98	50	26	0	2	17	5
16 Skaraborgs	72	63	11	8	1	10	7
17 Värmlands	66	45	14	0	5	26	11
18 Örebro	42	64	12	7	10	7	0
19 Västmanlands	25	60	12	0	12	12	4
20 Kopparbergs	90	58	16	6	1	7	13
21 Gävleborgs	53	51	11	4	6	19	9
22 Västernorrlands	68	59	18	0	1	18	4
23 Jämtlands	57	40	11	0	0	47	2
24 Västerbottens	65	48	14	0	2	17	20
25 Norrbottens	89	37	31	0	1	24	7
Summa	1 510	50	16	7	4	15	7

Uppgifterna sammanställda från Statens Naturvårdsverk, Statistiska Centralbyrån 1969 samt Statens Naturvårdsverk 1976.

är spridda över stora delar av landet. Vattentäkter i sedimentär berggrund har däremot en klar regional fördelning, då endast begränsade områden i Sverige har dylik berggrund, t ex Gotland, Öland, Kristianstadsslätten, Sydvästskåne, Västgötabergsen, mindre delar av Östergötland, Närke och Dalarna samt partier av fjällområdena (se fig 14, huvudtypområden 1, 2 och 4).

Det framgår av tabell 4, att endast ca 4 % av det totala antalet vattentäkter utgörs av infiltrationsanläggningar, trots att 21 % av den totala renvattenmängden utvinns från sådana anläggningar. Detta beror på att flera stora tätorter har vattenförsörjningen huvudsakligen baserad på konstgjort grundvatten, bl a Malmö - Lund, Uppsala, Västerås, Örebro, Eskilstuna, Gävle, Umeå, Karlstad och Kalmar. Infiltrationsanläggningen vid Vombsjön i Skåne är Sveriges största. Där produceras ca 32 milj m³/år främst till Malmö och Lund. Vattenförsörjningen i många av dessa tätorter har från början varit baserad på naturligt grundvatten i någon sand- eller grusavlagring. Genom kraftigt ökad vattenkonsumtion har behovet vid en viss tidpunkt kommit att bli större än den naturliga grundvattentillgången. Då har förstärkning av grundvattnet kunnat åstadkommas genom konstgjord infiltration, i gynnsamma fall i anslutning till befintliga brunnar och vattenverk. Konstgjord infiltration har också fått stor betydelse för vattenförsörjningen i en del mindre tätorter, där de naturliga grundvattentillgångarna i närbelägna grusavlagringar är små, men där infiltrations- och uttagsmöjligheterna är goda. En ytterligare förutsättning har givetvis varit att ytvattnet i tillräcklig mängd och av tillfredsställande beskaffenhet funnits att tillgå.

Ett specifikt särdrag för användandet av naturligt grundvatten framgår av tabell 4. De kommunala vattentäkterna med enbart naturligt grundvatten utgör - som ovan påtalats - ca 80 % av samtliga vattentäktsanläggningar. Om man ser till de enskilda länen, överstiger antalet grundvattentäkter 50 % i samtliga län. Dominansen av grundvattenanläggningar visar klart på ett mycket stort regionalt beroende av grundvatten för vår vattenförsörjning. Den måttliga andelen naturligt grundvatten (26 %) för kommunal vattenförsörjning ger en skev bild av vårt grundvattenberoende, om ej

jämförelse görs med antalet och spridningen av grundvattentäkterna. Kartbilden visar en förhållandevis jämn spridning över landet av grundvattentäkter (kartbilaga 1) i motsats till infiltrations- och ytvattenanläggningarna, vilka har en koncentration till tätbefolkade områden. Det är främst mindre samhällen och tätorter, som är beroende av grundvatten, men det finns ett flertal exempel på medelstora och stora tätorter, vilka helt baserar sin vattenförsörjning på naturligt grundvatten (Sundsvall, Sollefteå, Söderhamn, Borlänge, Trelleborg, Kristianstad, Enköping m fl). I Västernorrlands, Kopparbergs och Kristianstads län är den kommunala vattenförsörjningen nästan uteslutande baserad på naturligt grundvatten.

Det naturliga grundvattnet utvinns ur jordlager och berggrund. I kartbilaga 1, som upptar tätorternas grundvattentäkter i tre storleksklasser, har det markerats om vattnet utvinns ur jordlager, sedimentär eller kristallin berggrund. Dessutom anges om konstgjord infiltration förekommer. Då underlagsmaterialet till denna karta delvis är något föråldrat och då kontroll av uppgifterna endast kunnat göras i begränsad omfattning, kan felaktigheter i detaljer förekomma. Det har emellertid visat sig, att förändringar av vattentäktstyperna från 1968 till 1974 är förhållandevis små, om man ser till riket som helhet. I de fall kapacitetsuppgifter hänförs till grupper av brunnar, grundar sig bestämningen av det geologiska beroendet på en bedömning av vilken formation som det kan utvinnas mest vatten ur. Indelningen av brunnar i de två kategorierna kristallin berggrund (urberg) och sedimentär berggrund (kalkstenar, sandstenar) har i huvudsak gjorts med ledning av geologiska kartor. Samma inskränkningar av materialets giltighet, som beskrivits för kartbilaga 1, gäller för tabellerna 3, 4, 5 och 6. Mängduppgifterna hänförs till den kommunala vattenproduktionen år 1974.

Tabell 5 visar mängdfördelningen mellan olika typer av grundvattentäkter. Mängduppgifterna i utredningsmaterialet från SNV hänförs till endast till brunnar med en årsproduktion större än $100\ 000\ \text{m}^3/\text{år}$ (tabell 6). Antalet brunnar med uttag mindre än $100\ 000\ \text{m}^3/\text{år}$ finns dock angett. Då dessa är förhållandevis många har uttagsuppgifterna beräknats så att antalet multiplicerats med $100\ 000\ \text{m}^3$, vilket är den maximala

mängden från dessa vattentäkter. Det statistiska resultatet anges med ett procentintervall. Det första talet i tabellen anger den procentuella mängden vatten från grundvattentäkter med uttag större än 100 000 m³/år och det andra talet anger den beräknade maximala procentandelen av samtliga grundvattentäkter för tätorter.

Tabell 5. Uttagen vattenmängd från olika typer av grundvattentäkter i % av det totala uttaget för vattenförsörjning av landets tätorter år 1974

Kristallin berggrund	Sedimentär berggrund	Jordlager
1 - 3	3 - 3	20 - 22

De totala mängderna för samtliga vattentäkter varierar beroende på det nämnda beräkningssättet mellan ca 940 milj m³ och 1 000 milj m³. Som jämförelse kan nämnas den ovan nämnda siffran 986 milj m³ över produktionen vid de kommunala vattenverken 1974 (VAV S75).

Jordgrundvatten dominerar sålunda ännu kraftigare vad beträffar mängd än antal, dels för hela riket och dels om man ser till de enskilda länen utom för Gotland, där vatten från den sedimentära berggrunden dominerar. Den kommunala vattenförsörjningen i Malmöhus och Kristianstads län är också i betydande grad beroende av grundvatten från sedimentär berggrund (ca 15 resp 34 %). I övrigt är den vatten från sedimentär berggrund helt av underordnad betydelse regionalt sett. Lokalt spelar detta vatten dock en viss roll (för vissa tätorter i södra Kalmar län och på Öland, för Hjo tätort m fl) och i framtiden kan detta vatten få större betydelse för de ovan nämnda regionerna, då det föreligger förhållandevis goda förutsättningar för grundvattenutvinning i sedimentär berggrund. Från den kristallina berggrunden tas endast mellan 1 och 3 % av tätorternas vattenförbrukning, medan hela 16 % av det totala antalet vattentäktsanläggningar utgörs av brunnar i kristallin berggrund. Detta visar främst på att dessa anläggningar är spridda över en stor yta av Sverige (se kartbilaga 1) och att vanligtvis mycket små mängder utvinns från brunnar i den kristallina berggrunden. Från kommunal vattenförsörjningssynpunkt har sålunda dessa anläggningar främst betydelse för de minsta tätorterna och

TABELL 6

TÄTORTERNAS VATTENFÖRBRUKNING 1974 I ANLÄGGNINGAR MED EN ÅRSPRODUKTION > 100 000 m³

Län	Volym x 1000 m ³	Jord %	Kristallint berg %	Sedimentärt berg %	Infiltrations- anläggning	Ytvatten %
01 Stockholm	245 261	3	0	-	5	92
03 Uppsala	27 239	36	-	-	58	6
04 Södermanlands	30 192	22	-	-	66	12
05 Östergötlands	43 781	6	-	1	2	92
06 Jönköpings	25 881	29	1	-	7	62
07 Kronobergs	10 769	27	2	-	18	52
08 Kalmar	18 391	40	-	1	27	33
09 Gotlands	4 259	-	-	75	-	25
10 Blekinge	16 938	24	1	7	-	67
11 Kristianstads	19 308	40	8	34	18	-
12 Malmöhus	85 663	22	1	15	58	5
13 Hallands	16 117	40	2	-	32	26
14 Göteborg o Bohus	89 248	2	-	-	1	96
15 Älvsborgs	38 569	14	1	-	-	84
16 Skaraborgs	21 482	28	1	4	-	67
17 Värmlands	25 870	17	0	-	45	37
18 Örebro	32 648	23	6	4	64	4
19 Västmanlands	37 229	20	0	-	65	15
20 Kopparbergs	30 458	74	1	2	4	20
21 Gävleborgs	28 023	31	-	1	39	29
22 Västernorrlands	39 043	73	-	-	3	24
23 Jämtlands	8 354	6	-	-	-	94
24 Västerbottens	16 964	29	-	-	27	45
25 Norrbottens	29 202	18	0	-	21	61
Totalt	941 889	20	1	3	21	56

Uppgifterna är sammanställda från Statens Naturvårdsverk, Statistiska Centralbyrån 1969 samt Statens Naturvårdsverk 1976.

som komplementvattentäkter i regioner, där vatten från andra typer av anläggningar dominerar samt för speciella kommunala ändamål, t ex vid idrottsplatser, fritidsbyar o dyl. Endast ett mindre område på gränsen mellan Kronobergs och Kristianstads län samt på Hallandsåsen har en särprägel när det gäller vattenförsörjning från det kristallina berget. Detta sammanfaller med gynnsamma geologiska förutsättningar för utvinning av grundvatten i den lokalt sprickrika berggrunden. En anledning till att den kristallina berggrunden spelar en så liten roll i den totala kommunala vattenförsörjningen, trots att denna typ av berggrund täcker den helt dominerande ytan av Sverige, är att de hydrogeologiska förhållandena i berggrunden är dåligt kända och att många borrhöjningar är slumpmässigt valda. Erfarenheter på senare år visar, att det genom noggranna geologiska och geofysiska undersökningar ibland är möjligt att lokalisera grundvattentäkter i "urberget" som ger upp till 10 gånger mer vatten än omgivande bergbrunnar.

Sammanfattningsvis kan för den kommunala vattenförsörjningen konstateras, att ytvatten dominerar vattenförsörjningen totalt och tenderar att öka samt att ytvatten används för vattenförsörjning i begränsade, tätbefolkade områden av Sverige. Konstgjort grundvatten spelar en betydande roll för den kommunala vattenförsörjningen i ett flertal större och medelstora tätorter. Från ekonomisk och kvalitetsmässig synpunkt utgör konstgjort grundvatten ofta ett bättre alternativ än ytvatten. Det naturliga grundvattennet dominerar den kommunala vattenförsörjningen, om man ser till landets yta och inte till befolkningsfördelningen. Jordgrundvattennet dominerar tätorternas uttag av naturligt grundvatten och spelar en förhållandevis stor roll över hela landet. Grundvatten från det kristallina berget spelar en underordnad roll, vilket även gäller för grundvatten från det sedimentära berget, förutom för några få regioner i Sverige och då främst för Gotland, Kristianstadsslätten och sydvästra Skåne.

Många av landets mest tätbefolkade regioner är för sin vattenförsörjning beroende av ett fåtal, mycket stora ytvatten- och infiltrationsanläggningar. Åverkan på sådana anläggningar exempelvis i krigstid kan medföra stora störningar i samhället, om inte alternativa vattenförsörjningsanläggningar finns att tillgå. Det

är bl a därför viktigt att tillvarata och upprätthålla grundvattentäkter, som f n inte används. Den stora spridningen av grundvattentäkter gör att det inte medför så omfattande störningar för samhället om några blir utslagna. Dessutom har - som tidigare beskrivits - grundvattnet ett bättre naturligt skydd för förorening än vad ytvatten har.

4.2 BEVATTNING MED GRUNDVATTEN

Institutionen för markvetenskap, avdelningen för lantbrukets hydroteknik, tillhörig lantbrukshögskolan i Uppsala, utreder parallellt med föreliggande arbete bevattningens roll inom lantbruket. Genom vänligt tillmötesgående har SGU fått ta del av de preliminära resultaten av lantbrukshögskolans arbeten. I det följande används dessa resultat utan värdering av det basunderlag, vilket lantbrukshögskolan tagit fram, främst i samarbete med statistiska centralbyrån och SNV. För värdering av det statistiska underlaget och lantbrukshögskolans beräkningar hänvisas till lantbrukshögskolans rapport "Bevattning inom lantbruket 1976. Bevattnad areal, vattenåtgång och vattentäkter" (Johansson, W., Klingspor, P., 1977). Av lantbrukshögskolans arbeten används i första hand material som belyser grundvattenanvändning vid bevattning. Dessutom berörs kortfattat problem med grundvattenutvinning för bevattning samt konkurrenssituationer mellan kommunal vattenförsörjning och bevattning avseende grundvatten.

Av tabell 7 framgår att ca 10 milj m³ grundvatten år 1976 använts för bevattning, vilket utgör ca 4 % av den kommunala grundvattenanvändningen. Det kan antas, att bevattning med grundvatten hänför sig till enbart naturligt grundvatten, varför detta sätts i relation till den kommunala förbrukningen av naturligt grundvatten. I relativ jämförelse med kommunernas användning av naturligt grundvatten för de olika länen framträder Kalmar, Blekinge, Kristianstads, Malmöhus och Skaraborgs län som stora förbrukare av grundvatten för bevattning (tabell 7). I faktiska tal har också samma län den största förbrukningen. För Kristianstads län uppgår grundvattenuttaget för bevattning till ca 24 % av de kommunala vattenverkens årliga uttag av naturligt grundvatten. Bevattning sker dock i huvudsak endast 4 månader per år (maj - augusti), vilket medför att

TABELL 7

JÄMFÖRELSE MELLAN VATTENÅTGÅNG AV GRUNDVATTEN FÖR BEVATTNING OCH KOMMUNERNAS
FÖRBRUKNING AV NATURLIGT GRUNDVATTEN

Län	Vattenåtgång för bevattning 1976			Kommunernas uttag av na- turl. grund- vatten 1975 x 1000 m ³	Grundv.för bevattning i % av tätorternas gr.v.förbruk- ning %
	Totalt x 1000 m ³	Grundvat- ten %	Grundvat- ten x 1000 m ³		
01 Stockholms	2 107	2	42	6 234	0.7
03 Uppsala	2 707	3	81	16 871	0.5
04 Södermanlands	3 053	1	31	7 768	0.4
05 Östergötlands	3 209	3	96	4 397	2.2
06 Jönköpings	1 459	3	44	7 209	0.6
07 Kronobergs	1 000	2	20	4 720	0.4
08 Kalmar	4 822	22	1 061	8 139	13.0
09 Gotlands	702	20	140	3 756	3.7
10 Blekinge	2 837	29	823	5 243	15.7
11 Kristianstad	13 332	34	4 533	19 289	23.5
12 Malmöhus	7 740	36	2 786	32 820	8.5
13 Hallands	3 774	6	226	8 926	2.5
14 Göteborg o Bohus	415	14	58	2 620	2.2
15 Älvsborgs	2 328	6	140	10 253	1.4
16 Skaraborgs	7 302	6	438	7 458	5.9
17 Värmlands	2 347	2	47	7 779	0.6
18 Örebro	1 738	3	52	9 206	0.6
19 Västmanlands	1 057	4	42	8 140	0.5
20 Kopparbergs	924	1	9	23 831	0.0
21 Gävleborgs	566	1	6	10 786	0.1
22 Västernorrlands	195	4	8	24 666	0.0
23 Jämtlands	87	4	3	2 562	0.1
24 Västerbottens	95	3	3	6 407	0.0
25 Norrbottens	138	14	19	7 605	0.2
	63 934	16	10 708	246 685	4 %

Uppgifterna sammanställda från Johansson, Klingspor 1977 och Svenska vatten- och avloppsverksföreningen 1976.

konkurrenssituationen om grundvattnet är större än vad jämförelse-siffrorna i tabellen anger. Under bevattningsperiodens senare del står dessutom grundvattenytorna lågt, d v s problem kan av naturliga skäl uppkomma med grundvattenförsörjning vid denna tidpunkt. För att bättre belysa den verkliga konkurrenssituationen om grundvattnet under sommarperioden borde mängden kommunalt grundvatten i tabell 7 divideras med 3 eller procentandelen grundvatten för bevattning i jämförelse med kommunernas förbrukning av naturligt grundvatten multipliceras med 3. För det län, där den i särklass största förbrukningen av grundvatten för bevattning finns, nämligen Kristianstads län, innebär en dylik jämförelse att det används nästan lika mycket grundvatten för bevattning (72%), som för kommunal vattenförsörjning under bevattningsperioden. Därtill bör betäckas, att bevattningsvattnet huvudsakligen uttas inom begränsade delar av länet, framför allt Kristianstadsslätten och Bjärehalvön. Konkurrenssituationer om grundvattnet kan bedömas uppstå framför allt inom jordbruksområdena i Kristianstad, Kalmar, Blekinge, Malmöhus och Skaraborgs län om bevattningen ökar ytterligare. För Kristianstadsslättens del är risken för framtida konflikter om utnyttjandet av grundvattenresurserna särskilt stora, då grundvatten är av central betydelse för såväl den kommunala försörjningen som dessutom för vissa livsmedelsindustrier. Länsstyrelsen i Kristianstad har därför föreslagit en utredning gällande grundvattentillgångarna på Kristianstadsslätten i samarbete med SGU.

Ett speciellt problem med användandet av grundvatten för bevattning är, att relativt stora mängder vatten måste kunna utvinnas under korta tidsperioder. Detta är endast möjligt under de gynnsammaste hydrogeologiska förhållanden, d v s i sorterade sand- och grusavlagringar eller i porösa och sprickrika lager av den sedimentära berggrunden, såsom t ex från sandsten på Kristianstadsslätten. Om grundvattnet är mindre lätt att utvinna måste vattnet kunna magasineras i dammar eller i cisterner för att de stora momentana behoven skall kunna tillgodoses. Bevattning av grödor grundar sig på ekonomiska bedömningar. I detta sammanhang bör därför betonas, att kostnaderna för prospektering efter grundvatten samt anläggandet

av brunnar och eventuella magasin kan bli betydande. Med den beskrivna karaktären av de erforderliga vattenmängderna är det emellertid nödvändigt att i den allra största delen av vårt land låta utföra förundersökningar för att klarlägga möjligheterna för tillräckligt stora grundvattenuttag. Bevattningsbrunnar placerade på måfå har små chanser att erhålla erforderliga vattenmängder. Slutligen bör påpekas vikten av att utreda och kontrollera eventuella effekter av bevattning på omgivande miljö, bl a eventuella förändringar i grundvattnets beskaffenhet.

4.3 ÖVRIG ANVÄNDNING AV GRUNDVATTEN

Industrins stora vattenbehov, främst till processvatten, tillgodoses - som ovan nämnts - huvudsakligen med ytvatten. I områden med begränsade ytvattentillgångar används dock grundvatten från särskilda täkter i tämligen stor omfattning, främst i sydvästra Skåne. Vissa industrier har emellertid speciella krav på vattnet t ex låg och jämn temperatur året om för användning till kylvatten bl a inom gummiindustrin. Därvidlag är grundvatten att föredra framför ytvatten, liksom av samma skäl - till luftkonditioneringsanläggningar i stora kontors- och affärshus samt hotell. I varma länder används grundvatten i stor skala för dylika ändamål. Andra industrier har vissa krav på vattnets kemiska beskaffenhet t ex ytbehandlingsindustrier och bryggerier. Åter andra har stränga hygieniska krav på vattnet, framför allt då livsmedelsindustrier såsom mejerier, slakterier/charkuterier och konservfabriker. I nämnda fall tillgodoses oftast kraven genom att grundvatten utnyttjas.

Jordbrukets vattenbehov utgörs - förutom för bevattning - av vatten till djurhållningen, vartill kvalitetskraven är höga. Genom den ökade specialiseringen och koncentrereringen inom jordbruket kan de erforderliga vattenmängderna vid större gårdar med t ex mjölkproduktion vara betydande. Högproducerande mjölkkor kräver närmare 100 liter vatten per dygn, därtill kommer behov av vatten för kylning och diskning. Av såväl kvalitetsskäl som av ekonomiska skäl utnyttjas oftast grundvatten.

Vattenförsörjningen för spridd bebyggelse på landsbygden samt för fritidsbebyggelse baseras nästan uteslutande på grundvatten. Av landets fasta befolkning är fortfarande närmare 1.5 milj ej anslutna till kommunala vattenverk. Den procentuella andelen "ej anslutna" varierar kraftigt från län till län: från 5% i Stockholms län till ca 40% på Gotland. Vattenförsörjningssituationen i vissa delar av landsbygden, speciellt i östra Syd- och Mellansveriges samt i kustbandet, är besvärlig, särskilt under torrår. Undersökningar i sydöstra Sverige visar, att upp till 40% av brunnarna på landsbygden kan vara torra under - eller snarare efter - ett extremt torrår (eller en följd av torrår, se avsnitt 3.2). Enskilda brunnsägare måste då satsa avsevärda belopp på köp av vatten, långa vattentransporter eller ny vattentäkt. Kommunala - och i vissa fall statliga - bidrag har på senare år utgått för hjälp till förbättringar av vatten- och avloppsanläggningar för enskilda fastigheter på landsbygden.

Slutligen bör nämnas att grundvattentillgångarna på landsbygden ytterligare kan komma att tas i anspråk, nämligen i samband med evakuering vid beredskap. Kommunerna är - enligt lagen om kommunal beredskap - skyldiga att vidta erforderliga anordningar eller förberedelser för vattenförsörjningen och den allmänna hälsovården vid planlagd inkvartering.

5 UPPSKATTNING AV GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I OLIKA DELAR AV SVERIGE

Grundvattentillgång definieras i detta arbete som en grundvattenförekomst av betydelse för grundvattenutvinning med konventionella metoder. En väsentlig faktor, som måste beaktas vid en slutlig bedömning av grundvattentillgångarnas storlek i olika områden, är klimatet. Det är emellertid inte möjligt att inom ramen för detta uppdrag analysera nederbörds-, avdunstnings- och avrinningsförhållanden i skilda delar av landet. Här kan endast några allmänna drag beröras samt påpekas att nämnda förhållanden bör utredas i samband med t ex lokalisering av större grundvattentäkter. Särskilt viktigt är det därvidlag att få fram uppgifter om frekvensen av våtår respektive torrår samt storleken av den s k nettonederbörden. Därmed

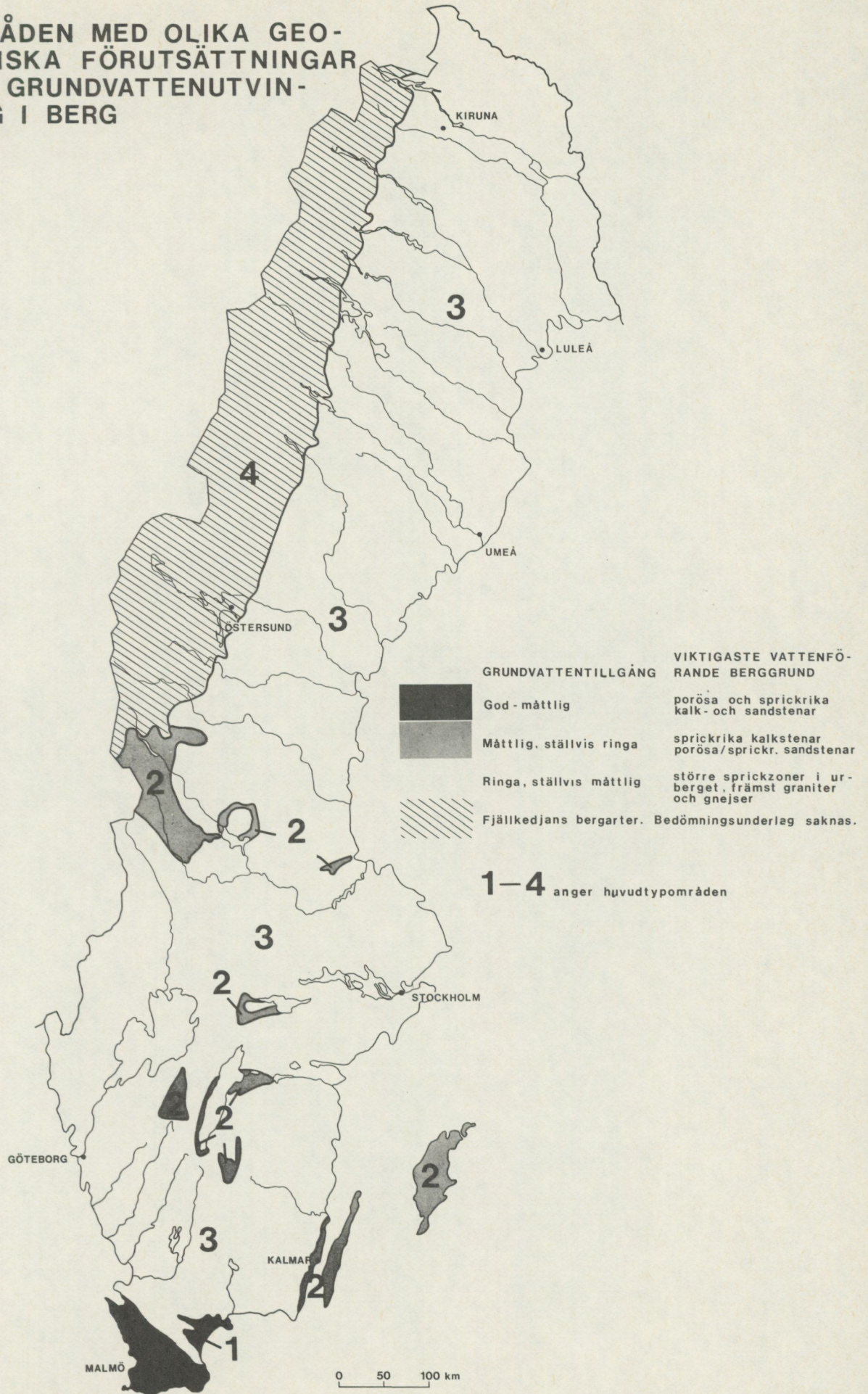
menas den del av nederbörden, som inte avdunstar. Nettonederbörden fördelar sig på ytvatten och grundvatten främst beroende på landytans brutenhet och markens infiltrationsförmåga.

Den årliga medelavdunstningen har beräknats till 150 - 200 mm i nordligaste Sverige och 400 - 500 mm i södra Sverige. Nederbördsförhållandena växlar mera, från drygt 1 200 mm per år i västligaste fjällkedjan och ca 1 000 mm i det inre av Halland till mindre än 500 mm per år på Öland och vissa delar av Gotland. Detta innebär, att nettonederbörden skiljer sig kraftigt mellan t ex Halland och Öland. Bortsett från skillnader i ytavrinnings- och infiltrationsförhållanden är sålunda förutsättningarna för grundvattenbildning mycket olikartade i dessa relativt närliggande områden. Dyliga skillnader kommer att påpekas mer eller mindre parentetiskt i den följande texten, som i huvudsak behandlar de geologiska förutsättningarna för grundvattenutvinning. Grundvattenbildningen i Sverige kan dock i allmänhet sägas vara av måttlig storleksordning. Grundvattenmagasinen är därtill i allmänhet begränsade. Uttagen av grundvatten kan då inte vara större än den kontinuerliga grundvattenbildningen, varigenom torråren blir dimensionerande. Om magasinen är stora kan däremot en längre period av "torrår" överbryggas genom magasinspumpning. Sådana stora grundvattenmagasin är emellertid mindre vanliga i Sverige. Det är framför allt i den sedimentära berggrunden på Kristianstadsslätten samt i de största sand- och grusavlagringarna, som magasinen kan tänkas utnyttjas på detta sätt. Som tidigare påpekats kan grundvattenbildningen ibland öka i samband med grundvattenutvinning t ex genom sänkning av trycknivån under marknivån i områden med artesiskt grundvatten.

5.1 I BERGGRUND

Indelningen i områden med olika geologiska förutsättningar för grundvattenutvinning i berg, framgår av figur 14. Regioner i Syd- och Mellansveriges berggrund med olikartad grundvattenkapacitet redovisas på figur 15.

OMRÅDEN MED OLIKA GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENUTVINNING I BERG



5.1.1 Område 1. Sydvästra Skånes och Kristianstadsslättens berggrund

Inom detta typområde är det främst den sedimentära berggrunden förutom jordlager, som är intressant från grundvattenutvinnings-synpunkt. Den sedimentära berggrunden täcker också hela området förutom mindre partier av urberg, varav den s k Romeleåsen är det största. Urberget behandlas i typområde 3 och berörs inte närmare i detta avsnitt.

Den sedimentära berggrunden i Skåne befinner sig i en randzon mellan det svenska urbergsområdet och mäktiga sedimentbergsområden på kontinenten, vilket medför att här finns ett stort antal bergarter av olika ålder och karaktär. Mycket mäktiga sedimentbergartslager på mer än ca 2 000 m har konstaterats genom borrhningar i bl a Höllviken i sydvästligaste Skåne. Sedimentmaktigheterna är varierande men ofta måttliga i randstråken mot urbergsområdena. Det är dock endast de ytligare lagren från 0 - ca 150 m under markytan som praktiskt kan exploateras på grundvatten.

De sedimentära bergarterna på Kristianstadsslätten består av olika typer av kalkstenar och sandstenar. Den sandsten, som är speciellt intressant från grundvattenutvinnings-synpunkt, uppvisar olika grader av förfastning. Detta innebär att delar av sandstenen är så lös att den hydrogeologiskt kan betraktas som en ren porakvifer av sand, andra delar är förfastade eller delvis förfastade och utgör en kombinerad por-sprickakvifer. Den från grundvattenutvinnings-synpunkt viktiga sandstenen ligger vanligen under relativt mäktiga kalkstensskikt, ca 50 - 100 m. Kalkstenarnas hydrogeologiska egenskaper är till en del kända, vissa lager är porösa, andra sprickrika. De ger ställvis tämligen stora mängder grundvatten. Kalkstenarna är dock av underordnad betydelse för grundvattenutvinningen i relation till sandstenarna, som i enstaka brunnar kan ge uppemot 180 000 l/h. Normala uttagsmöjligheter bedöms kunna ligga mellan ca 18 000 l/h och 50 000 l/h.

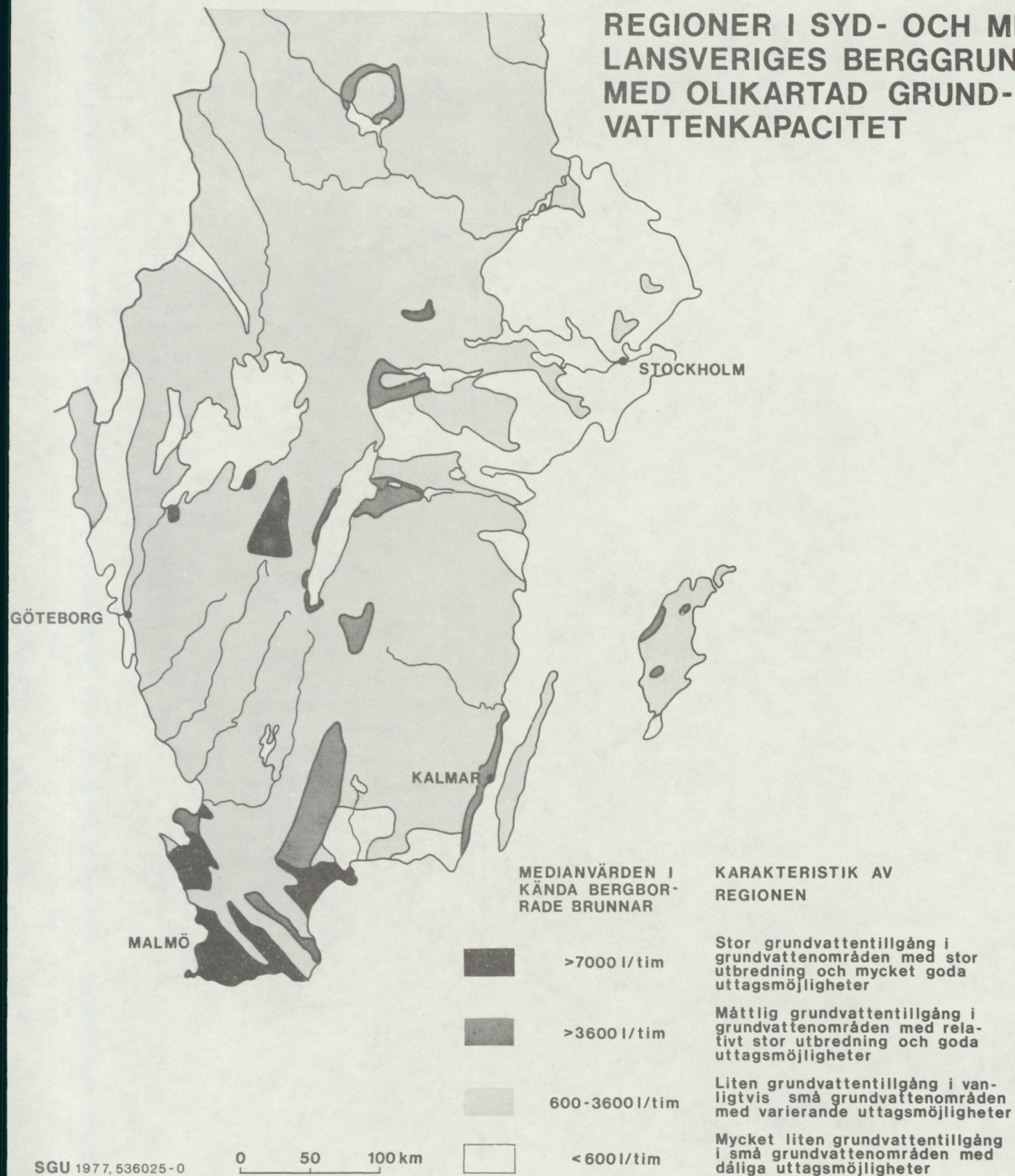
Den sedimentära berggrunden i sydvästra Skåne består av sprickrika och ställvis porösa kalkstenar med för svenska förhållanden stor mäktighet och utbredning. De ytligaste delarna (ca 10 - 30 m) är genom inlandsisens tryckpåverkan särskilt sprickrika och därför mycket gynnsamma för grundvattenutvinning (fig 15). De relativt porösa sandstenarna i nordvästra Skåne är också gynnsamma i detta avseende. Vanligen varierar uttagsmöjligheterna per brunn mellan ca 18 000 och 72 000 l/h i de gynnsamma områdena.

Ett ca 15 - 20 km brett stråk i nordvästlig riktning från trakten av Simrishamn till ca 20 km från Helsingborg består till större delen av kambrosiluriska skiffrar, kalkstenar och sandstenar. I synnerhet skiffrarna betraktas som dåliga för grundvattenutvinning. Sandstenarna i stråkets norra del är tämligen gynnsamma för grundvattenutvinning, men underordnade i betydelse i jämförelse med sandstenarna på Kristianstadsslätten och de i nordvästra Skåne. Inom det av skiffrarna dominerande området understiger vanligen uttagsmöjligheterna 3 600 l/h i enstaka uttagsplatser.

I områden med stora jordmäktigheter och/ eller där jordlagren består av sand och grus erhålles ofta gynnsamma förutsättningar för stora grundvattenuttag i berggrundens övre delar, om denna är sprickrik. Särskilt i sydvästra Skåne finns exempel på dylika gynnsamma lagerföljder.

Förbrukningen av grundvatten från berggrunden för tätorters vattenförsörjning är störst i Malmöhus och Kristianstads län samt på Gotland. Detta hör samman med de gynnsamma hydrogeologiska förutsättningarna i främst den delvis ej förfastade sandstenen på Kristianstadsslätten, sandstensområdena i nordvästra och kalkstenarna i sydvästra Skåne. På Kristianstadsslätten tas nästan allt kommunalt vatten, och en stor del av vattnet för enskilt behov, bl a en avsevärd mängd vatten för bevattning, från sandstenslagren. I syd- och nordvästra Skåne dominerar naturligt och konstgjort grundvatten från jordlager, men

REGIONER I SYD- OCH MEL- LANSVERIGES BERGGRUND MED OLIKARTAD GRUND- VATTENKAPACITET



berggrundsvattnet spelar en betydande roll för den kommunala vattenförsörjningen samt för bevattning och för industriändamål. Som exempel kan nämnas att vattenförsörjningen för Trelleborg helt baseras på grundvatten från kalkstenen. För enskild vattenförsörjning anläggs brunnar i stor utsträckning i berggrunden.

Höga järnhalter i berggrundsvattnet är allmänt förekommande inom typområdet. Grundvattnet är också vanligen hårt, d v s det innehåller kalk- och magnesiumkarbonater. Höga salthalter förekommer ställvis i hela typområdet. Relativt allmänt uppträder höga salthalter i ett större område vid Ängelholm samt i en ca 5 km bred zon efter kusten mellan Landskrona och Malmö. Endast undantagsvis och då där jordtäcket är tunt förekommer anmärkningsvärda nitrit- eller ammoniumhalter i berggrundsvattnet.

I en utredning (Gustafsson, De Geer, 1976), benämnd "Skånes större grundvattentillgångar" har det bedömts att uttagsmöjligheterna är 3 - 4 gånger större än den mängd, som utvinns för närvarande. De kommunala vattentäkternas potential beräknas vara ca 2.5 gånger större än nuvarande förbrukning. En stor del av dessa icke utnyttjade grundvattentillgångar bedöms bli kunna utvinnas ur Kristianstadsslättens sandstenar. Dock har farhågor om överexploatering av grundvattentillgångarna inom delar av Kristianstadsslätten framkommit bli till följd av en kraftigt ökande bevattning. Önskemål har framställts av länsstyrelsen i Kristianstads län, att undersökningar måtte företas så att grundvattenresurserna kan utnyttjas på ett sådant sätt, att allvarliga konfliktsituationer ej uppstår. Också i sydvästra Skåne torde det enligt utredningen finnas avsevärda icke utnyttjad grundvattentillgångar. En stor del av dessa tillgångar härrör från sand- och grusavlagringar men också till betydande del från de beskrivna från grundvattensynpunkt gynnsamma kalkstens- och sandstensavlagringarna. Även om den kommunala vattenförsörjningen i västra Skåne i framtiden kommer att baseras på ytvatten genom Sydsvattenprojektet, kommer sannolikt grundvattentillgångarna att vara av betydelse för lokal och enskild vattenförsörjning, bevattning, industriändamål samt för tillförsel av vatten i

ytvattendragen vid extrem lågvattenföring. Därför ställs det krav på en långsiktig planering i användandet av de totala vattenresurserna. För detta fordras omfattande hydrogeologiska undersökningar för att dels kunna lokalisera lämpliga produktionsbrunnar, dels kunna beräkna tillgängliga mängder grundvatten och miljömässiga förändringar av ökade grundvattenuttag.

5.1.2 Område 2. Områden med kambrosilurisk berggrund och prekambrisk sandstensberggrund utanför fjällkedjan

Detta typområde omfattar flera delområden, vilka har från flera aspekter likartade geologiska bildningar och hydrogeologiska förutsättningar. Indelningsgrunden hänför sig förutom till bergartstyperna till den geologiska period då dessa bildningar avsattes. De kambrosiluriska bergarterna är vanligtvis uppbyggda i plana lager och har förutom förfastning undergått mycket liten förvandling. En grovt schematiserad kambrosilurisk lagerserie kan sägas bestå underifrån räknat av sandstenar, skiffrar, kalkstenar, skiffrar och kalkstenar (ex fig 8D).

Lagerserien är dock vanligen inte fullständig i de kambrosiluriska delområdena. Lagren kan också vara störda i förkastningar och större sprickzoner. De prekambrisk sandstenarna bildades under perioder före kambrium, och har i högre grad omvandlats. De är i allmänhet mer kvartsitiska än de kambrosiluriska sandstenarna.

De från hydrogeologisk synpunkt viktigaste bergarterna är sandstenar med por-sprickakviferer och kalkstenar med sprick- och karst-sprickakviferer. Delområdena beskrivs nedan efter bergartstypernas ålder och viktigaste kviferbergart (fig 14).

Delområde	Bergartens ålder	Viktigast akviferbergart
Gotland	Kambrosilur	Kalkstenar
Öland	"	"
Kalmarsund, fastlandet	"	Sandstenar
Östergötlands sedimentbergsområde	"	"
Billingen, Västergötland	"	"
Närkes sedimentbergsområde	"	"
Siljansområdets kambrosilurberggrund	"	"
Almesåkraformationen, Jönköpings län	Prekambrium	"
Visingsöformationen	"	"
Gävlesandstenen	"	"
Dalasantenen	"	"

Medianvärdet på kapaciteter i kända kalkstensbrunnar har visat sig variera i olika områden mellan ca 600 och 3 600 l/h, d v s normalt av blygsam storlek. Det finns emellertid partier på Gotland (fig 15) med en mediankapacitet på mer än 3 600 l/h, vilken också troligen kan återfinnas på Öland, om än i små områden.

Kalkstensberggrund i delområdena i Östergötland, Västergötland och Närke är från grundvattenutvinningssynpunkt av underordnad betydelse i förhållande till dessa områdens sandstensberggrund. I samband med större sprickzoner eller förkastningar och i blandakviferer mellan i första hand jord och berg finns dock förutsättningar för större uttag. Kalkstensberggrunden i Siljansområdet är starkt sönderbruten p g a jordskorperörelser vilket torde vara en förutsättning för att

mediankapaciteten för kända brunnar i detta område är förhållandevis hög, ca 6 000 l/h.

Medianvärdet av kapaciteter för sandstensbrunnar i kambrosilurområdena är i allmänhet högre än för kalkstenen, mellan ca 4 000 och 7 000 l/h. Kapaciteter på 50 000 l/h torde kunna förekomma i extremt gynnsamma lägen. Genom att uttagsmöjligheterna i kambrosilurisk sandsten i allmänhet är goda över hela sandstensområdet samt att den geologiska uppbyggnaden av den kambrosiluriska sandstenen är förhållandevis homogen föreligger möjligheter av ett rationellt utnyttjande av grundvattenresurserna i denna.

Den prekambrika sandstenen ger relativt stora grundvattenmängder i enstaka brunnar, medianvärdet ligger mellan ca 2 000 och 6 000 l/h i olika områden. Uttagsmöjligheterna varierar förmodligen i högre grad i den prekambrika sandstenen än i den kambrosiluriska sandstenen beroende på att den förra i större utsträckning än den senare omvandlats av geologiska processer.

För Ölands och Gotlands del används grundvatten från i första hand kalkstensberggrunden för kommunal vattenförsörjning. För Gotland dominerar grundvatten från kalksten vattenförsörjningen, men för Öland är vatten från kalkstensakviferen underordnad i storlek, i förhållande till vatten från jord- och berg-jord akvifer. Den enskilda grundvattenutvinningen härrör emellertid i stor utsträckning från kalkstenen.

Grundvattenförekomsterna i de övriga delområdenas berggrund har för närvarande liten betydelse för den kommunala vattenförsörjningen i stort. Av föreliggande material är 26 brunnar för tätorters vattenförsörjning belägna inom sedimentbergområden utanför Öland och Gotland, vilka har för motsvarande ändamål 19 vattentäkter i berget. Av dessa 26 brunnar synes flertalet vara belägna i sandstensberggrund. I området vid Kalmarsund på fastlandet är grundvattenutvinningen från sandstenen av förhållandevis stor lokal betydelse. För de övriga

områdena baseras tätorternas vattenförsörjning huvudsakligen på ytvatten eller grundvatten från jordlager. Tidigare har dock stora uttag gjorts från sandstensberggrunden för vattenförsörjningen bl a i Jönköping, Falköping och Skövde. Dessa grundvattentäkter är nu reservvattentäkter. Enskilda vattentäkter är emellertid i stor utsträckning anlagda i berggrunden inom delområdena, som exempelvis på Billingen.

Från främst grundvatten i de kambrosiluriska bergarterna finns uppgifter om höga halter av klorid, karbonat, svavelväte och järn. Problemet med höga halter av klorid förekommer i sandstensberggrunden, speciellt på Öland, där möjligheterna att använda grundvattnet från sandstenen som dricksvatten bedöms som små. Hög hårdhet, d v s stor förekomst av kalcium- och magnesiumkarbonater, i grundvatten är mycket vanlig i kalkstensberggrunden samt grundvattenförande lager i anslutning till kalkstensområdena. Höga svavelväte- och järnhalter förekommer på vissa håll inom främst Ölands, Östergötlands, Västergötlands och Närke's sedimentberggrund. Det är grundvatten som passerat skifferlager, främst alunskiffer, som orsakar dessa problem. Dylikt vatten kan vara svårbehandlat. Riskerna att påträffa svavelväte föreligger främst i sandstenslagren, eftersom dessa underlagrar alunskifferlagren, ur vilka det mer sällan kan utvinnas grundvattenmängder av betydelse.

Vissa potentiella tillgångar av grundvatten bedöms föreligga på Öland och Gotland i kalkstensberggrunden där karst - sprickakviferer och por - sprickakviferer förekommer, samt där berggrundens vanligtvis homogena uppbyggnad störts av större sprickbildningar. De största utvinnbara grundvattenmängderna finns dock främst i jord eller kombinerade berg - jordakviferer.

För de övriga delområdena bedöms förhållandevis stora utnyttjningsbara grundvattentillgångar finnas att tillgå i främst sandstensberggrunden. Beroende på den relativt homogena uppbyggnaden av den kambriska sandstenen föreligger det goda möjligheter för ett rationellt utnyttjande av grundvattentillgångarna i större delar av dessa sandstensområden. Trots att uttagbara mängder i enskilda brunnar är tämligen måttlig i förhållande till möjligheterna i sand- och

grusavlagringar kan ett rationellt utnyttjande av sandstensakviferen som helhet vara av betydelse i ett framtidsperspektiv. Ett likartat rationellt utnyttjande av grundvattenförekomsterna i de prekambrisk sandstenarna synes vara svårare. De största potentiella tillgångarna i denna typ av sandsten bedöms föreligga i större sprick- eller krosszoner, där uttag kan vara av lokal betydelse för mindre tätorter och enskilda med relativt stora vattenbehov. Särskilt gynnsamma förhållanden har konstaterats i den porösa och sprickrika Visingsösandstenen, speciellt längs Vätterns västra och södra stränder.

5.1.3 Område 3. Urberget

Urberget i Sverige består av en mängd typer av bergarter med olika kemiska och fysikaliska egenskaper. Det svenska urberget med dess olika strukturer har formats genom en rad bergskedjeveckningar, vulkanisk aktivitet och andra rörelser i jordskorpan. Urberget kan inte heller anses som likartat beträffande hydrogeologiska förhållanden utan rymmer en mängd olika förutsättningar, vilka är översiktligt beskrivna i kapitel 3.3.1 och belysta genom en schematisk figurserie (fig 7 och 8).

Förutsättningarna för grundvattenutvinning i urberget i stort får betraktas som dåliga. Figur 15 visar fördelningen av mediankapaciteter i Syd- och Mellansverige. Dessa medianvärden är beräknade efter brunnsborrhårens uppgifter från brunnar belägna i olika bergartsled. Den största delen av urberget hamnar inom kapacitetsintervallet 600 - 3 600 l/h. Om möjligheter för en finare intervallsindelning förelagat, torde huvuddelen av dessa berggrundsområden erhålla medianvärden mellan ca 600 och 2 000 l/h.

Tre urbergsområden har med föreliggande material visat sig ha bättre förutsättningar för grundvattenutvinning, nämligen ett avlångt område i nord - sydlig riktning (i den s k förskiffringszonen) med centrum på gränsen mellan Kristianstad och Kronobergs län med ett medianvärde på ca 6 000 l/h, Hallands-

åsens västligaste del vid Båstad (förkastningszon) med ett medianvärde på ca 7 000 l/h samt ett mindre område vid Lindesberg med ett medianvärde på ca 3 600 l/h. I jämförelse med tillgångarna i den sedimentära berggrunden i typområde 2 bör dessa urbergsområden kunna klassificeras som likvärdiga avseende uttagsmöjligheterna, men det är dock måttliga utvinnbara mängder i förhållande till tillgångar i sand- och grusavlagringar.

Några områden har också urskiljts, som har mycket små uttagbara mängder grundvatten. I dessa områden understiger mediankapaciteterna för urbergsbrunnarna 600 l/h. Det är också känt från dessa områden ett flertal fall där vattenmängderna i bergborrade brunnar inte räcker ens för en ringa vattenförbrukning för enskilda hushåll. Områdena ligger i trakterna kring Mälardalen, delar av Östergötland, Blekinge, Bohuslän och Värmland (fig 15).

Det är dock viktigt att framhålla att de angivna medianvärdena beskriver förutsättningar, där oftast slumpen fått avgöra valet av borrhåll i stället för de hydrogeologiska förhållandena. Vid val av borrhåll där hänsyn tas till hydrogeologiska förutsättningar kan uttag på mellan 10 000 och 20 000 l/h göras. Gynnsamma förutsättningar erhålls ofta i större sprickzoner och förkastningar. Exempel på olika förutsättningar för uttagsmöjligheter är schematiskt återgivet i figur 8.

Av tätorternas vattenförbrukning utgör grundvatten från urberget 1 - 3% (sid 85) och är därför av relativt liten betydelse för kommunernas vattenförsörjning regionalt sett. Lokalt spelar dock grundvatten från urberget en viss roll för mindre orter. I områden där förutsättningar för grundvattenutvinning från jordlager är dåliga, t ex i delar av Kronobergs län, finns ett flertal kommunala grundvattentäkter i urberget. I de beskrivna områdena med relativt gynnsamma förutsättningar för grundvattenutvinning i urberg, speciellt en del i Kristianstads län och angränsande delar av Kronobergs län, är den kommunala vattenförsörjningen ställvis helt baserad på grundvatten från urberget. På Hallandsåsen uttas mycket vatten från urberget till bevattning.

Grundvatten från urberget spelar en mycket stor roll för hushåll och företag som inte är anslutna till kommunala vattenledningsnät. Detta beror till viss del på att de allra flesta brunnsbörningsföretag är specialinriktade på att borra i berg och att de i liten utsträckning utför brunnsanläggningar i jord. Dessutom ligger huvuddelen av den spridda bebyggelsen i morän - urbergsområden, där berggrundvattnet utgör ett likvärdigt alternativ till jordgrundvattnet beträffande mängder och kvalitet.

Vattenkvaliteterna för detta typområdes grundvatten är mycket varierande och kunskaperna om dessa är i allmänhet små. Grundvattnets beskaffenhet behandlas allmänt i kapitel 3.6.

Potentiella större tillgångar av grundvatten i urberget bedöms föreligga i framför allt förkastningar, större sprick- och krosszoner. Dessa tillgångar är mindre beroende av bergartstyperna och mer av karaktären av sprickbildningar, varför förutsättningar för relativt stora grundvattenuttag föreligger ställvis inom hela typområdet. Med hjälp av moderna geofysiska metoder borde en kartläggning av gynnsamma förutsättningar för grundvattenuttag i berggrunden kunna vara möjlig. En mer detaljerad differentiering av utvinningsmöjligheterna beträffande de mer blygsamma tillgångarna som karakteriserar detta typområde får anses som önskvärd och till gagn för enskilda hushålls vattenbehov, fritidsbebyggelse, planering för miljöfarliga deponeringar och upplag m m.

5.1.4 Område 4. Fjällkedjans berggrund

Detta område avser även stora partier öster om kalfjällsområdena (jfr fig 16, typområde 8) beroende på den enhet detta område utgör i förhållande till den övriga berggrunden i Sverige. Fjällkedjans bergarter ligger som stora överskjutningsmassor (skollor) över dels äldre urberg och dels yngre kambrosiluriska bergarter. Karakteristiskt för stora delar av fjällkedjans bergarter är att dessa i stora delar utgörs av omvandlade sedimentbergarter. I randområdena ligger förhållandevis väl bevarade kambrosiluriska sedimentbergarter fastän lagringsförhållandena i stor utsträckning är störda (jfr typområde 2). Geologiskt uppvisar detta

område en stor variation, varför det kan förmodas att möjligheterna för grundvattenuttag också varierar i hög grad. I anslutning till kalkstensberggrund finns ställvis en omfattande karstbildning, som är orsaken till flera stora källflöden. Avsevärda mängder grundvatten torde kunna utvinnas i dylik karst. Det kan förmodas, att stora partier i övrigt har en grundvattenpotential motsvarande urbergets.

Den huvudsakliga vattenförsörjningen inom detta typområde baseras på ytvatten eller grundvatten från jordlager. Detta förmodas gälla såväl för kommunala behov som för enskilda. Grundvatten från berggrunden i detta typområde kan behöva tas i anspråk i viss omfattning för fritidsbebyggelse.

5.2 I JORDLAGER

Det finns för närvarande inga möjligheter till en detaljerad uppskattning av grundvattentillgångarna i jordlager i Sverige. Som tidigare framhållits är kunskapsunderlaget beträffande grundvattenförhållanden spritt mellan olika offentliga och enskilda organ. Grundläggande hydrogeologiska kunskaper om de i detta hänseende viktigaste avlagringarna saknas oftast, såvida inte dessa avlagringar redan utnyttjas för vattenförsörjningsändamål. Den föreliggande uppdelningen av områden med olika förutsättningar för grundvattenutvinning i jordlager (fig 16) grundar sig på den nuvarande användningen och då främst på tätorternas grundvattenuttag i olika avlagringar (kartbilaga 1) samt en extrapolering av dessa uppgifter i jämförelse med kunskaper om karaktärsskillnader i jordlagrens uppbyggnad. Det kan konstateras att kännedomen om landets potentiella grundvattentillgångar är alltför liten till och med för en översiktlig resursplanering. De potentiella tillgångarna bedöms här främst på rent geologiska grunder, varvid hänsyn tagits främst till olika typer av sand- och grusavlagringar för områdesindelningen. Det är dessa avlagringar som helt dominerar i vattentäktssammanhang av större betydelse. Områdena beskrivs emellertid också med hänsyn till andra avlagringstyper, om dessa är vanliga

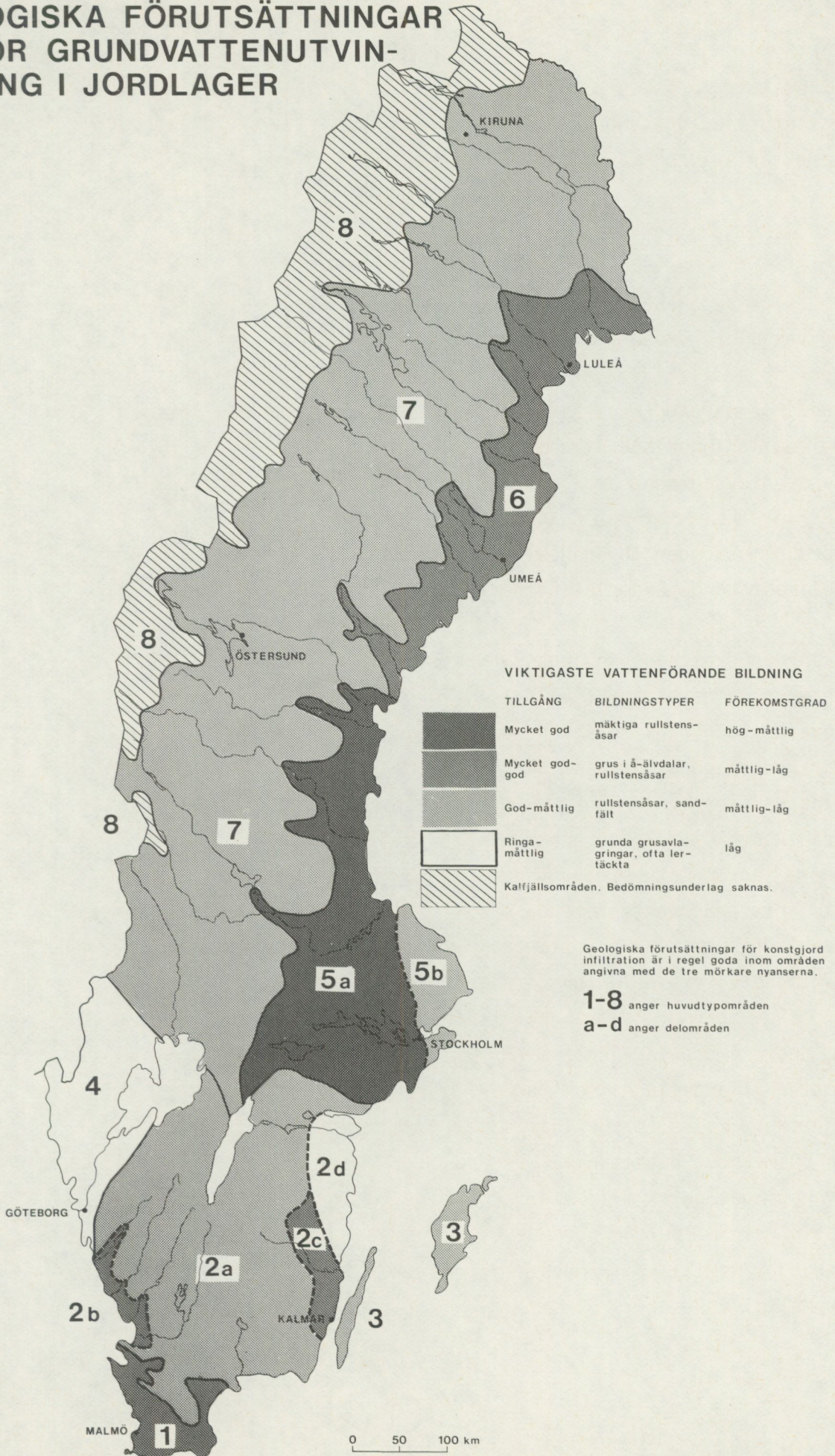
eller karakteristiska för regionen och har betydelse från grundvattenutvinnings synpunkt. I övrigt hänvisas till den allmänna karakteristiken av grundvattenförhållandena (kap 3.4).

5.2.1 Område 1. Vissa delar av Skåne

De delar av Skåne som typområdet utgör är till största delen täckt av moränleror. Sand- och grusavlagringar intar dock i jämförelse med andra delar av Sverige tämligen stora ytor. Sand- och grusavlagringarna utgöres främst av isälvsavlagringar, issjösediment, deltabildningar och strandavlagringar. Till stora delar underlagras dessa grovsediment av finkornigare jordarter, främst moränleror. På flera håll har det också kunnat konstateras att sand och grus förekommer under moränen eller mellan olika lager av moräner. Det mest kända exemplet härpå är den s k Alnarpsdalen.

Från grundvattenutvinnings synpunkt är sand- och grusavlagringarna de viktigaste. Framför allt är de grovkorniga sedimenten under moränen, och då i första hand bildningarna i Alnarpsdalen, som har mycket goda förutsättningar för stora grundvattenuttag. Alnarpsdalen är en jordfyllt förkastningsdal, som sträcker sig från Abbekås till Ven och fortsätter in över Själland. De undre lagren mot berggrunden utgöres av ca 10 m mäktiga, oftast rikligt grundvattenförande sand- och grusavlagringar, vilka överlagras av mindre vattengenomsläppliga molager med ca 25 - 35 m mäktighet. Övre delen av jordlagerföljden utgöres av två olika typer av moräner, vilka delvis är åtskilda av tunnare sandlinser. De undre grusavlagringarna har stor anläggningsyta mot överliggande vattenhållande lager samt underliggande förhållandevis vattengenomsläppliga kalkstenar. Alnarpsdalens horisontella botten är belägen ca 60 m under havets nivå. De grovkorniga sedimenten utgör en mycket gynnsam geologisk miljö för stora grundvattenuttag. 1975 uttogs ca 16 milj m³ per år inom den s k Alnarpsströmmens nordvästra del, varav ca 9 milj m³ från vattentäkterna vid Greve ca 10 km öster om Malmö.

OMRÅDEN MED OLIKA GEOLOGISKA FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GRUNDVATTENUTVINNING I JORDLAGER



Issjöavlagringarna utgöres ofta av utbredda sand- och grusavlagringar med relativt liten mäktighet och de är ofta underlagrade av tätare jordarter, leror eller moräner. Ett exempel härpå är Vombsänkan. De naturliga grundvattentillgångarna får i allmänhet betraktas som måttliga till goda och endast ställvis som mycket goda. Förutsättningar för mycket stora grundvattenuttag i dessa avlagringar har erhållits genom förstärkning med konstgjord infiltration. I sand- och grusavlagringar väster om Vombsjön är Skånes största vattenverk och Sveriges största infiltrationsanläggningar anlagda. Från Vombsjön uttogs 1975 ca 30 milj m^3 ytvatten. Genom drygt 100 st produktionsbrunnar utvanns ca 32 milj m^3 grundvatten. Huvuddelen av detta vatten användes för Lunds och Malmös vattenförsörjning.

Isälvsavlagringar i form av rullstensåsar och deltabildningar har varierande hydrogeologiska förutsättningar, framför allt beroende på terrängläge, uppbyggnad, mäktighet och utbredning. Möjligheterna för grundvattenutvinning inom t ex Sjöbodeltat, sydöst om Vombsjön, bedöms som relativt goda i dess västra del men till stora delar måttliga i dess högre partier i öster. I Fyledalen mellan Ystad och Sjöbo har på senare år stora grundvattentillgångar konstaterats i mäktiga sand- och gruslager. Inom centrala delar av de mäktiga och utbredda isälvsavlagringarna vid Kvidinge, 25 km sydöst om Ängelholm finns sannolikt stora mängder grundvatten. Goda möjligheter för konstgjord infiltration torde föreligga även i de grundare sand- och grusavlagringarna. Kristianstadsslättens isälvsavlagringar är föga kända från hydrogeologisk synpunkt, då utvinningen av grundvatten främst inriktats på de mycket stora tillgångarna i berggrunden. Emellertid bedöms dessa avlagringar ställvis ha stora utvinnbara grundvattentillgångar. Undersökningar planeras för att närmare utreda detta.

Sand- och grusavlagringar av annan typ än de beskrivna, ofta med mycket komplicerade bildningsförlopp, har vanligtvis måttliga mängder uttagbart grundvatten. Emellertid finns det lokalt goda förutsättningar för konstgjord infiltration i sådana bildningar.

Exempel på detta är Örbyfältet söder om Helsingborg, där ca 15 milj m³/år utvinns genom konstgjord infiltration för Helsingborgs vattenförsörjning.

Grundvattentillgångarna i moränlera, den mest utbredda jordarten, är ytterligt små, dock kan vatten i lokala sandlinser ge förutsättningar för enskild vattenförsörjning. Moränlerornas vatten kan i någon utsträckning tillgodogöras genom uttagsplatser i angränsande sand- eller grusavlagringar.

Den kommunala vattenförsörjningen i Malmöhus och Kristianstads län grundar sig till ca 95% på naturligt och konstgjort grundvatten. Inom Kristianstadsslätten dominerar grundvatten från främst sandstenslager i berggrunden för tätorternas vattenförsörjning och grundvatten från jordlager är av underordnad betydelse. Inom typområdet i Malmöhus län spelar också grundvattnet från den sedimentära berggrunden stor roll, men naturligt och konstgjort grundvatten från sand- och grusavlagringar dominerar den kommunala vattenförsörjningen, främst genom de stora uttagen från infiltrationsanläggningarna vid Vombsjön och Örbyfältet samt grundvattenuttagen i Alnarpsdalen.

Hög hårdhet, d v s kalk- och magnesiumkarbonater, i grundvattnet är vanligt inom typområdet beroende på att kalkstenar eller kalkstensfragment är rikligt förekommande i både berggrund och jordlager. Problem med höga järnhalter och salthalter förekommer ställvis i jordgrundvattnet. Höga salthalter är påträffade på några håll företrädesvis efter den skånska västkusten i grundvattenförekomster i jordlager. Höga järnhalter förekommer i bl a grundvattnet i Alnarpsdalens grova sediment. Höga kvävehalter har påträffats i ytligare grundvattenmagasin i jordlager speciellt i sandjordar där intensivt jordbruk förekommer, bl a på Kristianstadsslätten (fig 11).

Stora potentiella grundvattentillgångar i sand- och grusavlagringar bedöms föreligga inom typområdet enligt ovannämnda utredning (Gustafsson, De Geer 1976), bl a förhållandevis stora, icke utnyttjade tillgångar i de befintliga kommunala vattentäkterna. Utredningen föreslår, att ett antal nya vattentäktsområden undersöks närmare för att klargöra storleken på tillgångarna. Områdena är företrädesvis belägna i relativt glesbebyggda områden bl a för att undvika konkurrenssituationer om grundvattnet. Områden som bedöms ha större grundvattentillgångar i jordlager är bl a Alnarpsdalens sydöstra del, den s k Skivarpsströmmen, samt sand- och grusavlagringar inom Kvidingefältet. Dessutom tyder mycket på att Kristianstadsslättens isälvsavlagringar bör kunna utnyttjas för stora grundvattenuttag. Geologiska förutsättningar för konstgjord infiltration finns också på flera håll. Ytvattentillgångar för konstgjord infiltration är däremot begränsade. Grundvattentillgångarna i vissa delar av berggrunden får dessutom betraktas som relativt goda (fig 15).

5.2.2 Område 2. Sydsverige utom vissa delar av Skåne

Huvudtypområdet har uppdelats i fyra delområden med hänsyn till skillnader i sand- och grusavlagringarnas uppbyggnad, utbredning och vattenförande förmåga.

5.2.2.1 Område 2 a

Delområdet omfattar främst Sydsvenska höglandet och dess randområden (fig 16). Stora delar ligger ovanför högsta kustlinjen men lokala issjöar har upptagit vissa dalgångar och sjöbäcken. Jordlagren domineras av olika moränjordarter, från vilka vanligen endast mycket små grundvattenmängder kan utvinnas. I anslutning till stora moränlinder förekommer källor och brunnslägen med vattenföring av sådan storleksordning att den är tillräcklig för vattenförsörjning av byar och mindre samhällen. I de västra delarna av området har torvjordarter stor utbredning. Grundvatten i bildningar som gränsar till torvmarker har ofta låga pH-värden, aggressiv kolsyra, dålig smak, hög vattenfärg samt höga järn- och manganhalter.

De bildningar, som är av betydelse för vattenuttag i större skala kan grupperas i följande huvudtyper:

1. Rullstensåsar och andra isälvsavlagringar, belägna inom större dalgångar eller sjöbäcken och omgivna eller överlagrade av sand- och mofält, ställvis av lera (issjö- och ishavsavlagringar), förekommer bl a i västra delen av området. Rullstensåsarna har ofta en kärna av grovt, vattengenomsläppligt material. De kännetecknas av god kontinuitet och tämligen stor mäktighet, i vissa fall mycket stor mäktighet. Detta gäller särskilt i Nissans och Lagans dalgångar; vid Apladalen i Värnamo är t ex de vattenavsatta jordarterna ca 90 m mäktiga. De grovkorniga högpermeabla lagren ligger i dylika fall oftast på djupet och har flera tiotal meters mäktighet, varigenom mycket betydande grundvattenmagasin bildas. Kontinuerliga uttag av naturligt grundvatten på några tiotal l/s ur en enda brunn är tämligen vanliga vid normal utbildning av avlagringarna. I mycket gynnsamma lägen har upp till 200 l/s beräknats kunna uttas ur ett enda vattentäktsområde (norr om Värnamo). Vattenbeskaffenheten är i regel god, fränsett de inom urbergsområden vanliga problemen med aggressiv kolsyra och relativt höga järn- och manganhalter samt de inom lerslätterna i Västergötland ställvis höga kloridhalterna.

Grundvattentillgångarna i de beskrivna avlagringarna är av regional betydelse för vattenförsörjningen i de större ådalarna och deras omgivningar, främst i västra delen av området (kartbilaga 1).

Även den framtida vattenförsörjningen av tätorter såsom Ljungby, Värnamo, Gislaved m fl beräknas kunna baseras på grundvatten, i vissa fall förstärkt genom konstgjord infiltration. Möjligheterna för ytterligare grundvattenuttag är goda inom de tämligen stora avsnitt av avlagringarna, som ännu inte tagits i anspråk för vattentäktssändamål, bl a Eketorpsåsen mellan Hova och Tidån i Västergötland.

2. Rullstensåsar och andra isälvsavlagringar belägna inom platåområden samt mindre dalgångar och omgivna av morän och torv. Huvudsakligen är dessa avlagringar belägna ovanför högsta kustlinjen. De utgör den dominerande akvifertypen inom området, särskilt i de östra delarna. Åsarna har ofta markerade ytformer (getryggåsar, åsnät m m)

med måttliga eller obetydliga mäktigheter under markplanet och därmed begränsade grundvattenmagasin (se fig 9 B). Materialet i de centrala åsryggarna är grovt eller mycket grovt men ibland dåligt ursköljt, vilket sätter ned permeabiliteten. Berg- och moräntrösklar förekommer ställvis inne i åsarna, vilket medför en uppdelning i många, små grundvattenmagasin. I vissa terränglägen omges åsarna av kullar och plåtåer bestående av sand och mo, i åter andra utbreder sig grunda åsgrusbälten omkring ryggarna. I dylika områden är förhållandena för grundvattenbildning gynnsamma och tämligen stora grundvattenmagasin kan utbildas. Om uttagsställen kan lokaliseras till grovkorniga partier i terrängens lågpunkter är kontinuerliga uttag på några tiotal liter per sekund möjliga. Atskilliga isälvsavlagringar på Sydsvenska höglandet ligger emellertid relativt högt i terrängen eller är utbildade på berg- och moränsluttningar (se fig 9 B). Grundvattentillgångarna är då mycket begränsade; ställvis kan åsarna vara alldeles torra. Möjligheterna att förstärka den naturliga grundvattentillgången genom konstgjord infiltration är emellertid ofta goda inte minst i sluttningslägen.

Vattenbeskaffenheten är ungefär likartad med den inom bildningstyp 1. Då det emellertid är relativt vanligt att åsarna av typ 2 omges av långa sänkor med torv uppträder ställvis problem med hög färgstyrka och humusbundet järn.

Möjligheterna att utvinna grundvatten ur de nu beskrivna avlagringarna är sålunda i allmänhet måttliga, i gynnsamma fall goda. Förekomstgraden är också måttlig; i sydöstra Småland och östra Blekinge t o m låg. Den naturliga grundvattenbildningen är dessutom liten på grund av den låga nettonederbörden i sydöstra Sverige. Detta kompenseras dock i många fall vid kommunala vattentäkter av att konstgjord infiltration utnyttjas även för små tätorters vattenförsörjning (se kartbilaga 1). Härigenom kommer grundvatten - med huvudsakliga uttag i denna typ av bildningar - att dominera åtskilliga kommuners vattenförsörjning även inom sydöstra Sverige (fig 13). Ett karakteristiskt inslag i vattenförsörjningsbilden

är emellertid, att flera små tätorter har grundvattentäkter i urberg och sandsten samt att några förhållandevis små tätorter har ytvattentäkter - liksom föflertalet av de största tätorterna (Karlshamn, Karlskrona, Nässjö, Växjö m fl). Det förefaller sålunda - av flera skäl att döma - endast möjligt att räkna med att naturligt grundvatten från denna typ av bildning kan bli av lokal betydelse för den framtida kommunala vattenförsörjningen. Däremot kan genom konstgjord infiltration avsevärda vattenmängder produceras om lämpliga avsnitt av avlagringarna reserveras för vattentäktanläggningar. Enstaka större potentiella naturliga grundvattentillgångar kan bedömas förekomma t ex i Bredåkräfältet i Blekinge, i vissa andra deltaavlagringar, t ex Rännefalan i Västergötland och Ränneslätt vid Eksjö samt i de vidsträckta grusavlagringarna väster om Vättern (Hökensås med Svedmon).

3. Randbildningar, främst inom ett brett stråk genom Väster- och Östergötland, de s k mellansvenska randmoränerna samt längs Västkusten, bl a den s k Göteborgsmoränen. I dessa bildningar förekommer jordlager av växlande karaktär, främst morän och isälvsmaterial, som ställvis är hopskjutet av landisen. På vissa sträckor dominerar morän, på andra isälvsmaterial, varvid i det senare fallet grundvattentillgången kan vara mycket god som exempelvis i Fjärås bräcka (Kungsbackas vattentäkt med konstgjord infiltration), Rådaåsen (Lidköpings gamla vattentäkt) och Mjölbyfältet. Sannolikt finns potentiella grundvattentillgångar av betydelse i flera andra randbildningar t ex Djurkällaplatån norr om Motala. Svårigheten är emellertid att uttala sig generellt om denna typ av bildningar, då lagerföljderna ofta är mycket komplicerade. Geofysiska undersökningar och ingående borrhningar samt provpumpningar måste utföras för att klarlägga uppbyggnaden och grundvattenförhållandena.

4. Isälvsavlagringar täckta av morän i vissa större höjdsträckningar, som är spridda över hela delområdet men som framför allt förekommer i centrala Småland. Avlagringarna har växlande materialsammansättning och är tämligen mäktiga. Grundvattentillgångarna utnyttjas i några få fall för kommunal vattenförsörjning av liten till måttlig omfattning,

störst är troligen uttagen för Kungälv (ca 25 l/s naturligt grundvatten). I övrigt är grundvattentillgångarna i dessa bildningar dåligt kända. De bör betraktas som potentiella tillgångar av lokal betydelse.

5. Sand- och mofält inom stora sjöbäcken och dalgångar, främst i västra delen av området. Avlagringarna har ofta stor utbredning men måttlig mäktighet. De är kornstorleksmässigt mycket enhetliga, dock ofta alltför finkorniga för grundvattenutvinning med normala metoder. Genom att t ex anlägga sk horisontalfilterbrunnar är relativt stora uttag möjliga. Som exempel kan nämnas försörjning med kylvatten till Gislaveds gummifabrik. De potentiella tillgångarna är sannolikt stora om lämpliga uttagsställen och uttagsbrunnar kan lokaliseras respektive konstrueras.

5.2.2.2 Område 2 b

Delområdet omfattar kustlandet och ådalarna i Halland (fig 16). Av de i det föregående delområdet beskrivna akvifertyperna uppträder framför allt rullstensåsar med omgivande sediment (i ådalarna), randbildningar samt sandfält (på kustslätten). Isälvsdeltan är tämligen vanliga, särskilt i övergångsområdet mellan högländ och kustslätt, varvid de ofta spärrar av en dalgång med en sjö på uppströmsidan och kraftiga källor på nedströmssidan. Ådalarna är mycket kraftigt nedskurna just i övergångsområdet, men är till betydande del uppfyllda av isälvsavlagringar samt yngre sediment. Längre ut mot kusten är vissa dalgångar täckta av mäktiga lerlager, som i flera fall, t ex Himleåns dalgång och Tvååkers kanals dalgång, visat sig överlagra gruslager av relativt stor mäktighet och utbredning. Grundvattnet i dessa lager står under tryck, som ställvis kan vara artesiskt. I vissa områden överlagras leran av sand (främst över hela Laholmslätten) eller grus (t ex vid Veddige), på sina ställen i form av deltabildningar (t ex vid Skogaby på Laholmslätten). Observera sålunda att dessa är yngre, ytliga deltan, artskilda från isälvsdeltan. Härigenom uppkommer två skilda grundvattenmagasin, varav redan det övre kan innehålla betydande grundvattenmängder. De geologiska förutsättningarna för stora grundvattenuttag är sålunda goda eller to m mycket goda. Dessutom är netto-nederbörden hög i detta område.

Grundvattnets beskaffenhet har några speciella drag inom delområdet. Dels har salt grundvatten påträffats, främst på Laholmslätten, dels har allt högre nitrathalter konstaterats i ytligt grundvatten i sandområden med intensivt jordbruk.

Grundvattentillgångarna i ovan beskrivna akvifertyper utnyttjas i stor omfattning för kommunal och ibland också för industriell vattenförsörjning. De potentiella tillgångarna är stora i flera deltabildningar i mellersta Halland samt i kombinerade ås- och randbildningar av typ Eldsbergaåsen (med stora källor). Största tillgångarna finns dock sannolikt i de mäktiga grovkorniga avlagringar som fyller ådalarna, främst Nissans och Ätrans (med bidalar). I Sennans dalgång beräknas 200 l/s kunna tas ut för Halmstads framtida vattenförsörjning; i Ätrans dalgång 180 l/s (med konstjord infiltration) för Falkenbergs del. Laholm har hittills huvudsakligen baserat vattenförsörjningen på grundvattentillgången i den ytliga sanden på slätten, men då denna tillgång nu är otillräcklig har ett nytt grundvattentäktsområde lokaliserats till isälvsavlagringar vid Storesjö, från vilken sjö lämpligt ytvatten kan erhållas för konstjord infiltration.

5.2.2.3 Område 2 c

Delområdet omfattar de centrala delarna av Kalmar län (fig 16). Det har särskilts från delområde 2 a, främst med anledning av att rullstensåsarna är större och uthålligare än normalt inom detta område samt att åsarna är tämligen frekventa. Den naturliga grundvattenbildningen är låg i dessa nederbördsfattiga trakter. Som exempel kan nämnas att de kontinuerligt uttagbara mängderna av naturligt grundvatten beräknats till ca 170 l/s i den mäktiga Nybroåsen mellan kustslätten och Nybro. Detta innebär 7 l/s i genomsnitt för varje kilometer ås. Genom konstjord infiltration kan uttagsmöjligheterna på samma sträcka tiofaldigas. Den kommunala vattenförsörjningen för större tätorter inom delområdet är nästan uteslutande baserad på grundvatten från de ovan beskripta åsarna (jfr fig 13 och kartbilaga 1). I den södra delen är den naturliga grundvattentillgången vanligen förstärkt genom konstjord infiltration. De potentiella grundvattentillgångarna är av allt att döma relativt begränsade fränsett vissa

helt outnyttjade åssträckor långt från tätorterna. Genom utnyttjandet av konstgjord infiltration kan dock avsevärda grundvattenuttag göras. På grund av låg vattenföring i ytvattendragen samt i vissa fall kraftiga föroreningar av dessa finns dock vissa problem med anskaffandet av lämpligt ytvatten i tillräcklig mängd för infiltration i större skala. Som komplement till jordgrundvattnet kan tjäna dels grundvatten i sandstensberggrunden längs kusten, dels grundvatten i granitberggrundens större krosszoner.

5.2.2.4 Område 2 d

Delområdet omfattar en ca 50 km bred kustremsa mellan Oskarshamn och Norrköping inom Kalmar och Östergötlands län (fig 16). Området har stora arealer med blottad häll och lertäckta ofta skarpt markerade dalgångar. I mycket liten utsträckning förekommer sammanhängande rullstensåsar och dessa är vanligtvis av ringa mäktighet och utbredning. Mindre isälvsavlagringar av s k läsidestyp eller en övergångsform mellan isälvsavlagring och morän, s k läbildningar, förekommer dock relativt ofta inom delområdet. Läbildningar uppträder i dalgångarna söder eller sydost om och i anslutning till höjdområdena. De lägre liggande delarna av dessa bildningar är ofta täckta av leror. Delområdet är småkuperat, varför det utgörs av en mängd små avrinningsområden. Likaså har grundvattenområdena små tillrinningsområden. De geologiska och hydrologiska förutsättningarna är vanligen dåliga för grundvattenuttag av större betydelse. Bästa förutsättningarna för grundvattenuttag finns i vissa partier av de större rullstensåsarna, i läbildningarna samt i sand- och grusavlagringar och lucker morän under lera i dalgångar. I delar av de större isälvsavlagringarna bedöms storleken av grundvattenuttag i enstaka brunnar kunna uppgå till ca 10 l/s. Undantagsvis i mycket gynnsamma lägen har kapaciteter från vattentäktssområden på ca 40 l/s kunnat erhållas som t ex vid Atvidaberg. I läbildningarna och i grövre jordarter under lera beräknas ca 5 l/s kunna uttas i lämpliga lägen.

Den region som delområdet utgör baserar sin vattenförsörjning i huvudsak på ytvatten som t ex Oskarshamn, Västervik och Norrköping. Inom bl a Norrköpings kommun använder också ett flertal av de mindre

samhällena ytvatten. Ätvidaberg och Söderköping tar grundvatten från isälvsavlagringar för sitt vattenbehov, Gamleby och Valdemarsvik försörjs främst genom konstgjort grundvatten.

Problem med grundvattenbeskaffenheten, främst höga järnhalter och i någon mån hårt grundvatten, har påträffats i grövre material under lera i dalgångar.

De potentiella grundvattentillgångarna i både jord och berg inom delområdet kan betraktas som små. Det är framför allt i de större rullstensåsarna och i grusavlagringar under leror i de större dalgångarna, vilka utgör de största grundvattenområdena i regionen, som förutsättningar för de större grundvattenuttagen finns. För små samhällen, spridd permanent- och fritidsbebyggelse kan även grundvatten från morän eller berg vara av betydelse. Berggrunden ger emellertid i allmänhet endast förutsättningar för mycket små uttag, vilket är fallet speciellt på Vikbolandet och i trakterna kring Valdemarsvik (fig 15). Det är därför av vikt att brunnar placeras i hydrogeologiskt gynnsamma lägen som t ex i större sprickbildningar för att kunna erhålla tillräckliga vattenmängder även för mindre behov. Vad gäller moränområdena bör man i första hand söka läbildningar i lågt belägna delar av landskapet.

5.2.3 Område 3. Öland och Gotland

Sand- och grusavlagringar av betydelse för grundvattenutvinning förekommer sparsamt. Då Östersjöns vattenyta under tidigare skeden stått betydligt högre än det nuvarande havet, har jordlagren bearbetats av vågor över hela tygområdet. Rullstensåsarna är till stor del omlagrade eller till och med flyttade. De är i allmänhet föga mäktiga, fränsett de relativt mäktiga (15 - 20 m) avlagringarna söder om Köpingsvik samt vid Stora Rör på Öland. Utbredda sand- och grusfält förekommer allmänt. De är dock vanligtvis endast någon eller några få meter mäktiga och i allmänhet föga lämpade för grundvattenutvinning. Undantag finns dock, t ex de 5 - 10 m mäktiga sandavlagringarna vid Löttorp på Öland med relativt god vattentillgång. Flygsandsavlagringar med mäktighet på upp

till ca 10 m på norra delen av Fårö (Ullahau) har likaledes visat sig ha god grundvattentillgång. I övrigt domineras jordlagren av föga mäktiga moräner - och då främst moränleror. Möjligheterna för grundvattenutvinning ur moränleror är praktiskt taget obefintliga. Stora områden består dessutom av alvarmark, d v s hällområden delvis täckta av någon decimeter vittringsjord, som exempelvis Ölands Stora Alvar och File Hajdar på Gotland.

Hög hårdhet i både jord- och berggrundvattnet är allmänt på både Öland och Gotland beroende på den kalkrika berggrunden och den höga frekvensen av kalkstenspartiklar i jordlagren. Kvalitetsproblem med höga nitrat-, nitrit- och ammoniumhalter förekommer ställvis och då främst i ytliga grundvattentäkter. Höga kloridhalter uppträder främst i berggrundvatten, bl a i sandstenen på norra Öland.

Tätorternas vattenförsörjning på Gotland grundar sig främst på grundvatten från den sedimentära berggrunden. De enda tätorter, som utnyttjar jordgrundvatten, är Stånga och Lärbro. Enskilda vattentäkter är däremot i relativt stor omfattning anlagda i jordlager eller i övergången jord - berggrund.

På Öland baseras den kommunala vattenförsörjningen - i högre grad än på Gotland - på grundvatten från jordlager eller kombinerade jord - berggrundsakviferer. Som exempel kan nämnas Borgholm, som får sitt vatten i huvudsak från det s k Solberga - Lindbyfältet söder om Köpingsvik, vilket till största delen består av omlagrat isälvsmaterial. Tveta-vattentäkten, som försörjer Färjestaden, är en kombinerad jord - bergvattentäkt, ur vilken det togs ca 14 l/s 1974. Mörbylångas vattenförsörjning baseras på vattnet från Resmo källa, som avvattnar ett karstområde på Stora Alvaret. Enskilda vattentäkter är ofta anlagda i berg.

Ett problem med grundvattenhushållningen både på Gotland och Öland är de rikligt förekommande dikningarna. Speciellt gäller detta kanalerna i områden med ringa jordtäckte och där kanalerna delvis är anlagda i berggrundens övre del. Kanalerna transporterar bort yt- och grundvattnet betydligt snabbare än vad som skulle varit fallet under opåverkade förhållanden.

Begränsade, ej utnyttjade grundvattentillgångar bedöms föreligga i de mäktigaste sand- och grusavlagringarna, t ex i Solberga - Lindbyfältets södra del. Noggranna undersökningar av dylika avlagringar, främst beträffande deras uppbyggnad och mäktighet, krävs för att bättre kunna bedöma möjligheterna för grundvattenutvinning. Outnyttjade grundvattentillgångar torde också finnas i vissa jordtäckta, normalt flacka berggrunds-dalar, där grundvattnet i den övre delen av sprickrik, delvis karstutbildad kalkstensberggrund kan tänkas utnyttjas i kombination med grundvattenmagasin i jorden. Berggrundsytans morfologi och tektonik bör därför närmare kartläggas. Det är slutligen viktigt att lämpliga brunnskonstruktioner utvecklas för denna akvifertyp. Möjligheterna att utvinna grundvatten i berggrunden (se 5.1.2) bör betraktas som begränsade, särskilt på Öland.

5.2.4 Område 4. Västsverige, främst Bohuslän - Dalsland

Området omfattar norra Halland, västra Västergötland, Bohuslän, Dalsland samt sydvästra Värmland (fig 16). Terrängen karakteriseras främst av kala bergryggar och bergplataer med mellanliggande lerfyllda sänkor. Söder och väster om Väneren utbreder sig dock vidsträckta lerslätter med uppstickande flacka berghällar. Större områden med morän förekommer endast i norra Dalsland och sydvästra Värmland. Större sand- och grusavlagringar är sparsamt förekommande. De uppträder framför allt i form av isolerade randbildningar, som ligger i stråk, dels parallellt med kusten från norra Halland och upp igenom Bohuslän, dels i södra Dalsland från Dals Ed och Ödskölts moar till Hjortens udde och vidare över Väneren till Hindens udde. Dessa uddar består dock främst av morän.

Grundvattentillgångarna i de största randbildningarna av sand och grus är sannolikt goda eller mycket goda. Några få utnyttjas för vattenförsörjningsändamål, men flertalet inte, då de ligger på alltför stort avstånd från förbrukningsorterna. I övrigt finns endast små eller obetydliga grundvattentillgångar i jordlagren. Tämmligen gynnsamma är s k lerbildningar, som uppträder intill

bergklackar. Materialet utgörs av morän med talrika linser eller skikt av sand och grus. Förekomsten av sand- och gruslager under lera är avgörande för möjligheterna att utvinna grundvatten från lerområden. I regel finns ett tunt lager av sand under leran på berg eller morän, men i vissa fall förekommer vattenförande sandskikt också på högre nivåer i leran, t ex i Göta älvs dalgång. I Göteborgs-trakten finns talrika exempel på att lera ligger direkt på berg, d v s att vattenförande skikt saknas helt närmast berget. Grundvattnet under leran står ställvis under artesiskt tryck. Vattenförsörjningen för enskilda fastigheter och gårdar kan i regel lösas genom att ett rör drivs ned under leran, varvid vatten med självtryck ibland erhålls. I de fall då metermäktiga gruslager kunnat lokaliseras under leran har grundvattentillgången visat sig vara tillräcklig för byar och små tätorter. I Grästorps tätort i Västergötland kunde vattenförsörjningen tidigare baseras på grundvattentillgången i ett dylikt lager. Ett stort antal kommunala grundvattentäkter för små tätorter i Bohuslän utgörs också av sänk- eller rörbrunnar i grus under lera. De uttagbara vattenmängderna är obetydliga, oftast omkring 1 l/s men ibland endast några tiondels liter per sekund. Den sammanlagda kapaciteten på de kommunala grundvattentäkterna i hela mellersta och norra Bohuslän uppgick 1966 endast till 80 l/s. Även de kvalitativa problemen är ibland besvärande vid utnyttjande av grundvatten i lerområden. I områdena vid södra Vänern är ofta salthalterna höga, ställvis över smakgränsen. I Bohuslän finns relativt få kommunala grundvattentäkter med höga halter av relik saltvatten, däremot har problem uppträtt med saltvatteninträngning vid kraftiga uttag i brunnar i havsbandet. Järn- och manganhalterna är i regel höga.

De potentiella grundvattentillgångarna i området är mycket små, fränsett i de fåtaliga, spridda större randbildningarna av grus, t ex Backamo, Dals Ed och Ödskölts moar, vilka dock ofta inte är exploaterbara för kommunalt bruk p g a det stora avståndet till förbrukningsorterna. Konstgjord infiltration är svår att arrangera i lertäckta dalar. Mediankapaciteten för bergborrade brunnar har det lägsta värdet (fig 15). Möjligheterna till ökat utnyttjande av grundvatten är sålunda mycket begränsade i detta område.

5.2.5 Område 5. Stora delar av Mellansverige och södra Norrlands kustland nedanför högsta kustlinjen

Detta huvudtypområde är uppdelat i två delområden beroende främst på skillnader i åsarnas vattenförande förmåga och deras förekomstgrad (fig 16).

5.2.5.1 Område 5 a

Centrala delarna av Mellansverige och södra Norrlands kustland karakteriseras från hydrogeologisk synpunkt främst av tämligen rikligt förekommande rullstensåsar med vanligen goda möjligheter för stora grundvattenuttag och goda möjligheter för konstgjord infiltration. Åsarna är i allmänhet mäktiga och har stor utbredning i sidled samt är sammanhängande långa sträckor. I många fall fortsätter det grova isälvs materialet under lera och andra finkorniga jordarter på ställen där åsen upphör i ytan. Åsarna följer ofta dalstråk eller lågt liggande terrängpartier, varför stora tillströmningsområden erhålls. Åsarna står på så sätt i kontakt med stora omgivande grundvattenmagasin och grundvattnet är lätt utvinnbart i det grova åsmaterialet. Gynnsammaste förutsättningarna för stora grundvattenuttag i enskilda uttagspunkter föreligger, då åsmaterialet står i kontakt med ytvattendrag, vilket är fallet t ex på vissa punkter och sträckor i älvdalarna i södra Norrland. Genom pumpning av grundvatten i åsen infiltreras vatten från ytvattendraget utan att särskilda anläggningar behöver konstrueras härför. Exempel på rullstensåsar med dokumenterat stora grundvattentillgångar är Uppsalaåsen, Badelundaåsen och Ljunganåsen.

Det är för övrigt leror och moräner som areellt dominerar jordarterna inom området. Endast små mängder grundvatten kan i allmänhet utvinnas ur moränen i enskilda uttagspunkter, ställvis även otillräckliga för ett hushåll. Med nuvarande geologiska kartunderlag är utbredningen och förekomsten av moränformationer med mer gynnsamma förutsättningar för grundvattenuttag (se 3.4.2) ej möjlig att överblicka. Grundvattenutvinning i leror är i allmänhet ej praktiskt möjlig.

Grundvattenkvaliteterna är vanligtvis tillfredsställande i sand- och grusavlagringarna i detta område. Det är framför allt stor hårdhet, som kan utgöra problem särskilt i Uppland. Höga kloridhalter förekommer ställvis i berggrundsvatten.

Den huvudsakliga kommunala grundvattenförsörjningen inom detta område grundar sig på naturligt eller konstgjort grundvatten, vilket utvinns ur åsarna. Den enskilda vattenförsörjningen baseras på grundvatten från morän, mo och sandlager under lera, sandlager på lera (svallsand), berg och i någon mån från isälvmaterial.

Ej utnyttjade tillgångar av grundvatten bedöms förekomma framför allt i rullstensåsarna. Trots relativt stor exploatering av åsarnas grundvatten bedöms de potentiella tillgångarna vara mycket stora inom de åssträckor, som ligger mellan befintliga större uttagspunkter i de stora åsstråken. Möjligheterna för konstgjord infiltration är dessutom goda. Till stor del outnyttjade grundvattentillgångar finns dessutom i de mindre åsstråk, som enligt de nya, detaljerade jordartskartorna uppträder tämligen regelmässigt mellan de stora stråken. Potentiella grundvattentillgångar av betydelse bedöms också föreligga i jordtäckta berggrundsdalar, där leror vanligtvis täcker grovkornigt material. Dessa tillgångar är för närvarande föga utnyttjade, varför kunskaperna om tillgångarnas storlek och övriga effekter på grundvattenutvinning i sådana jordlager är små. I jämförelse med grundvattentillgångarna i de nämnda jordakvifererna är berggrundvattnet (typområde 3, fig 14) av helt underordnad betydelse.

5.2.5.2 Område 5 b

Nordöstra Mellansverige karakteriseras geologiskt av att morän, berg i dagen och torv täcker stora ytor av landskapet. Terrängen är oftast småkuperad, varför en mängd små tillrinningsområden för grundvattnet är typiska. De för grundvattenutvinning gynnsammaste avlagringarna, rullstensåsarna, förekommer relativt glest och är i jämförelse med åsarna i område 5 a i allmänhet mindre mäktiga och sammanhängande.

Den kommunala grundvattenförsörjningen inom detta område är till största delen baserad på ytvatten. Speciellt i områdets norra del utnyttjas dock grundvatten från rullstensåsar. Den enskilda vattenförsörjningen är i huvudsak jämförbar med den i område 5 a. Problem med vattenförsörjning förekommer framför allt i fritids- och sommarstugområden på ett flertal platser inom området. Potentiella tillgångar bedöms i första hand förekomma i åsarna och de jordtäckta berggrundsdalarna, där vatten i tillräcklig mängd för mindre samhällen bedöms kunna utvinnas. Tillgångarna är sålunda måttliga i jämförelse med tillgångarna i område 5 a. Möjligheter till konstgjord infiltration bedöms kunna föreligga inom vissa delar av rullstensåsarna. Begränsade grundvattentillgångar finns slutligen i s k läbildningar, vilka är tämligen vanliga inom södra delen av området.

5.2.6 Område 6. Norra Norrlands kustland nedanför högsta kustlinjen

Gynnsamma förutsättningar för stora grundvattenuttag föreligger framför allt i sand- och grusavlagringar i älvdalarna. Mäktiga rullstensåsar följer oftast älvdalarna och är delvis omlagrade samt på långa sträckor överlagrade av älvsediment. I dessa olika avlagringar finns grundvattenmagasin av olika storleksordning. Grundvatten kan lättast utvinnas ur det grova åsmaterialet. De gynnsammaste förutsättningarna för stora uttag föreligger då direktinfiltration från ytvattendrag kan erhållas genom pumpning. Rullstensåsar belägna mellan älvdalarna bedöms i stort kunna vara jämförbara med de i område 5 b beskrivna åsarna, d v s uttagsmöjligheterna är jämförelsevis måttliga. Området karakteriseras för övrigt av stora arealer morän och närmast kusten blottat berg, speciellt i södra delen av området, samt förhållandevis mäktiga strandbildningar av sand och grus. Dessa s k svallavlagringar är från grundvattensynpunkt klart underordnade älvdalarnas grova sediment och oftast också de övriga grusavlagringarna.

Höga järnhalter i grundvatten i jordlager utgör ofta problem. Bl a är mycket höga järnhalter i sand- och grusavlagringar kända i Umeå-, Piteå- och Luleå-trakterna.

Den kommunala vattenförsörjningen baseras till stor del på ytvatten. Detta beror framför allt på riklig tillgång på ytvatten av god beskaffenhet inom rimliga avstånd från tätorterna och sålunda inte på små grundvattentillgångar. Det naturliga grundvattnet som används tas till övervägande delen från sand- och grusavlagringar i älvdalar samt från rullstensåsar. Konstgjord infiltration utnyttjas för Umeås och Luleås vattenförsörjning. Vattentäkter för enskild vattenförbrukning är oftast anlagda i morän, sandavlagringar och ställvis också i berg.

Stora potentiella tillgångar av grundvatten bedöms finnas inom typområdet, framför allt i sand- och grusavlagringar i älvdalarna. Möjligheter att finna uttagsplatser för grundvatten, där grundvattentillgången förstärks genom naturlig infiltration från ytvattendrag, bedöms föreligga på flera håll. Konstgjord infiltration bör i allmänhet kunna arrangeras, framför allt i isälvsavlagringar. Andra typer av jordavlagringar bedöms vara av underordnad betydelse för utvinning av stora mängder grundvatten. För mindre byar och enskilda hushåll inom områden, där vattenförande sand- och grusavlagringar saknas, måste vattenförsörjningen baseras på grundvatten i morän eller berg. Lämpligt konstruerade brunnar i moränslutningar har ibland visat sig kunna ge tillräckliga mängder vatten för vattenförsörjning av byar eller små samhällen. I allmänhet får dock grundvattentillgångarna i både morän och berg betraktas som mycket små.

5.2.7 Område 7. Norrlands och Svealands inland ovanför högsta kustlinjen, utom fjällområdena

De hydrogeologiska förhållandena kan för området som helhet betraktas som dåligt kända, dock kan området i flera avseenden jämföras med delområde 2 a. Geologiskt karakteriseras området av att största delen av ytan täcks av morän- och torvjordar. Sand och grusavlagringar förekommer i allmänhet glesst och utgörs

framför allt av rullstensåsar, deltabildningar och älvsediment. Rullstensåsarna har i allmänhet relativt dåligt sorterat material och är ofta belägna så att de ej håller större grundvattenmagasin (se fig 9 B). Gynnsamma förutsättningar för större grundvattenuttag finns speciellt om åsarna ligger i älvdalarna eller i de lägre partierna av andra dalgångar. Mäktiga deltabildningar förekommer på flera platser i anslutning till högsta kustlinjen. Inom deltaområdena finns stora grundvattenmagasin och goda möjligheter för grundvattenutvinning. Exempel på sådana deltabildningar är Brattforsheden vid Filipstad och sand- och grusavlagringar vid Mora. Mindre deltabildningar förekommer, där isälvar mynnade i forntida isdämda sjöar. De grövre issjösedimenten utgörs ofta av vidsträckta sandfält med vanligtvis relativt ringa mäktighet. Avsevärda mäktigheter av sand och grus kan dock förekomma och då ofta centralt i eller inom de lägre partierna av dessa områden.

Höga järnhalter i grundvattnet utgör ställvis problem. För främst delar av Jämtlands och Kopparbergs län bedöms också höga kalkhalter i grundvattnet kunna förekomma.

För de nordligaste länen inom detta område, Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län, utnyttjas ytvatten i hög grad för den kommunala vattenförsörjningen, vilket beror på - liksom i område 6 - på god tillgång av högkvalitativt ytvatten. I den övriga delen av området dominerar grundvattenanvändningen. De större grundvattentäkterna är i stor utsträckning belägna i isälvsmaterial i älvdalarna, i rullstensåsar och i några fall i deltabildningar. Övriga typer av jordartsbildningar utnyttjas sällan för grundvattenutvinning för samhällen. Berggrundvatten används i liten omfattning och då endast för orter där behov av mindre mängder vatten föreligger. Mindre byar i glesbygdsområden, fritidsbebyggelse och enskilda fastigheter är dock ofta hänvisade till mindre grundvattentillgångar i moränavlagringar och berg. I några fall har vattenförsörjningen för mindre samhällen kunnat lösas med hjälp av grundvatten från större källor i moränlidterräng.

Avsevärda, icke utnyttjade grundvattentillgångar föreligger inom i första hand områdets sand- och grusavlagringar. Möjligheterna att i ökande grad basera vattenförsörjningen på grundvatten synes ej orealistiska, speciellt då även de mindre sand- och grusavlagringarna bör kunna utnyttjas för konstgjord infiltration i högre grad än för närvarande. Inom detta område, liksom på andra håll i Sverige, kan grundvattentillgångar i morän utnyttjas för mindre behov. Generella anvisningar härom är svåra att ge, speciellt som det geologiska kartmaterialet vanligtvis inte kunnat ta hänsyn till hydrogeologiska förhållanden i morän. Karakteristiskt är emellertid att betydande källor ofta uppträder i nedre delarna av de stora moränliderna i inlandet och i fjällranden. Grundvattenet i urberg är helt underordnat grundvattentillgången i jordlager och spelar endast lokalt en viss roll.

Den sedimentära berggrunden (typområde 2, fig 14) och då i första hand områden kring Siljan (Siljansringen) samt sandstensområden i västra Dalarna har bättre grundvattentillgångar än urberget. Dock torde dessa tillgångar klassificeras som måttliga till ringa.

5.2.8 Område 8. Kalfjällsområden

De hydrogeologiska förhållandena inom kalfjällsområdena är så gott som helt okända. Det torde inte heller finnas något större behov av att exploatera grundvattentillgångar i dessa områden, förutom för enstaka större fritidsanläggningar.

6 SYNPUNKTER PÅ PROGRAM FÖR FRAMTIDA KARTLÄGGNING AV SVERIGES GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Med ledning av gjorda erfarenheter bl a vid utarbetandet av denna rapport synes följande programpunkter mycket angelägna att genomföra.

6.1 UTARBETANDE AV HYDROGEOLOGISK ÖVERSIKTSKARTA ÖVER SVERIGE I SKALA 1:1 MILJON

Arbetet kan ses som en fortsättning på föreliggande utredning och kan till betydande del grunda sig på det svenska avsnittet av den hydrogeologiska Europakartan.

6.2 DOKUMENTATION AV GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN VID STÖRRE GRUNDVATTENTÄKTER

De officiella uppgifterna om de hydrogeologiska förhållandena vid större vattentäkter är - som framgår av detta arbete - mycket knapphändiga. Det finns emellertid ett omfattande arkivmaterial vid bl a kommuner och länsstyrelser om de flesta kommunala grundvattentäkter, vissa andra större vattentäkter för bevattning och industriändamål, samt spridda enskilda vattentäkter. I samråd med berörda parter bör dylikt material systematiskt samlas in, arkiveras och bearbetas för att ge en samlad kunskap om bl a de kommunala grundvattentäkterna, som är av vital betydelse för vattenförsörjningen. Dokumentationen bör också omfatta större källor, vilka kan vara av stort värde dels från vattenförsörjningssynpunkt, dels från natur- och kulturskyddssynpunkt. Resultatet av bearbetningen kan - efter vissa kompletteringar - redovisas t ex i form av en "vattentäksatlas". Det utgör också ett nödvändigt underlag för moment 6.3. Ett pilotprojekt för att finna formerna för en dylik verksamhet (allmän grundvattendokumentation) planeras f n vid SGU.

6.3 HYDROGEOLOGISK KARTERING

En kartläggning av Sveriges grundvattentillgångar bör ses som en deluppgift i en större, samordnad utredning av landets totala vattenresurser och disponeringen av dessa. Därvid är kännedomen om samspelet mellan yt- och grundvatten av synnerlig vikt. För att få ett tillfredsställande kunskapsunderlag på grundvattensidan krävs bl a att hydrogeologisk kartering utförs. Därigenom kan också bedömningar av potentiella grundvattentillgångar göras samt uppgifter om t ex väsentliga grundvattenkemiska förhållanden framtas och presenteras i kartform. Dessa kartor kommer att utgöra ett värdefullt basmaterial för vidare bedömningar av t ex riskområden för grundvattenförorening, problemområden för byggnadsteknisk verksamhet, lämpliga områden för konstgjord infiltration, täktverksamhet, avfallsdeponering m m. För att så snabbt som möjligt täcka de regioner av landet, där grundvattnet spelar stor roll för olika samhällsintressen, främst i Syd- och Mellansverige samt Norrlands kustland, föreslås översiktskartor i skala 1:250 000

framställas. Lämplig indelningsgrund är län eller regioner. Det är angeläget att om möjligt samordna ett dylikt kartläggningsarbete med översiktliga inventeringar av grustillgångarna. Därigenom kan dels framtagandet av det geologiska basmaterialet rationaliseras, dels kan det bli möjligt att göra en samlad bedömning av hur t ex grusavlagringarna skall kunna disponeras för såväl grus- som grundvattenförsörjning med hänsyn tagen också till naturvårds- och annan samhällsplanering.

Där grundvattenfrågorna är av synnerlig vikt bör skala 1:50 000 eller ännu större kartskalor väljas. Inom två typer av områden är behovet av detaljerade hydrogeologiska kartor särskilt angeläget:

1. Tätortsregioner med naturligt och/eller konstgjort grundvatten för kommunal vattenförsörjning.
2. Jordbruksregioner med ökat behov av grundvatten för bevattning, särskilt östra Syd- och Mellansverige.

Inom några regioner - t ex Kristianstadsslätten, södra Kalmar län med Öland samt Gotland - baseras den kommunala vattenförsörjningen nästan helt på grundvatten, liksom en del industrivattenförsörjning, samtidigt som grundvatten utnyttjas i allt högre grad för bevattning. Risken för framtida konflikter mellan de olika intressenterna för grundvatten är uppenbar. För en optimal användning av grundvattentillgångarna krävs regional vattenhushållningsplanering grundad bl a på noggranna hydrogeologiska undersökningar.

Inom SGU pågår ett internt utredningsarbete för den framtida hydrogeologiska karteringens målsättning och utformning. Två modeller för hydrogeologiska kartor i skala 1:250 000 respektive 1:50 000 har utarbetats och har vid en pågående remissbehandling mötts av stort intresse. Bland de synpunkter som från SGU:s sida framförts märks bl a följande:

De framtida hydrogeologiska kartorna bör präglas av stor flexibilitet beroende på dels de aktuella geologiska förhållandena, dels ändamålet med kartorna. De framlagda modellerna är avsedda främst som planeringsunderlag i frågor rörande vattenförsörjning och miljö-
vård.

Översiktskartorna kommer att till stor del utarbetas genom sammanställning av befintliga geologiska och hydrogeologiska uppgifter dels från SGU, dels från andra myndigheter, kommuner och enskilda. Vissa kompletterande fältarbeten måste dock utföras. De mera detaljerade kartorna kommer att kräva omfattande fältarbeten.

De hydrogeologiska kartorna kommer att kompletteras med dels speciella kartor över t ex grundvattenkemi, dels registerkartor över brunnar av betydelse, särskilda grundvattenutredningar, geofysiska mätningar etc. Registerkartorna skall efter hand kunna revideras. Arbetskartor och annat underlag som t ex brunnsarkivets ajourförda kartor över brunnar, utredningar etc kommer att vara tillgängliga på särskild begäran. Översiktskartan i 1:250 000 upprättas med LMV:s översiktskartor i 1:250 000 (planeringsversionen) som underlag. Kartan i 1:50 000 upprättas med deloriginal till topografiska kartan (1:50 000) som underlag.

De hydrogeologiska kartorna skall åtföljas av beskrivningar innehållande dels en allmän del med arbetsmetodik, definitioner etc, dels en speciell del med beskrivning av kartområdets hydrogeologi.

6.4 PRINCIPIELLA UNDERSÖKNINGAR AV GRUNDVATTENBILDNING OCH GRUNDVATTENKEMI I OLIKA GEOLOGISKA MILJÖER

Kännedomen om grundvattenbildningens storlek och förlopp i olika geologiska miljöer är f n bristfällig, vilket är till allvarig nackdel i en rad olika sammanhang, t ex vid bedömning av grundvattentillgångarnas storlek, effekten av olika ingrepp, dimensionering av dräneringsanordningar vid byggnads- och anläggningsverksamhet. Det är därför angeläget att systematiska studier av grundvattenbildningen i de viktigaste geologiska miljöerna inom landet snarast påbörjas. Några områden bör utväljas, där undersökningar av ostörda hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden redan pågår, framför allt i anslutning till observationsområden inom SGU:s grundvattennät och s k fältforskningsområden inom IHP. Genom analys av ytvattenavrinningens variation i små avrinningsområden kan värdefull information om grundvattenbildningens storlek och variation erhållas. SGU avser att medverka till att

fler avrinningsstationer upprättas inom utvalda områden. Det är också viktigt att utvälja områden, där grundvatten utvinns för att dels kunna klarlägga skillnader i grundvattenbildning vid ostörda och störda förhållanden, dels genom de kontinuerliga uttagen av grundvatten kunna få direkta mätvärden på grundvattenbildningens storlek. Ett fåtal, hittills redovisade studier i detta avseende har givit intressanta resultat, bl a att nybildningsfaktorn kan öka i samband med kontinuerliga uttag. Den senare typen av områden bör vara möjlig att lokalisera genom dokumentationsverksamhet enligt 6.2 och hydrogeologisk översiktskartering enligt 6.3. Forskningsarbetet under denna punkt bör bedrivas i samarbete mellan olika statliga verk och institutioner samt kommunala och enskilda organ inom vattensektorn.

Kunskaperna om grundvattnets kemiska beskaffenhet, främst i relation till geologisk miljö och utveckling är små. FoU i detta hänseende kan lämpligen bedrivas parallellt med det ovan beskrivna utvecklingsarbetet.

6.5 UTVECKLING AV UNDERSÖKNINGSMETODIK

De omfattande karteringar och undersökningar som föreslås i 6.2 och 6.3 medför behov av förbättrad undersökningsmetodik. För översiktskartering bör möjligheterna till ökat utnyttjande av fjärranalysmetoder samt översiktliga geofysiska metoder prövas. Ett visst utvecklingsarbete beträffande flygelektriska mätningar har påbörjats på SGU (det s k RAMA-projektet). För detaljerade undersökningar krävs förbättrade borr- och provtagningsmetoder. Utveckling av utvärderingsmetoder av provpumpningsresultat, s k akviferanalyser, anpassade till de specifika svenska förhållandena är av synnerlig vikt för att få bättre prognosunderlag i samband med exploatering av mineraltillgångar, regional vattenförsörjningsplanering m m. Grundvattenmodeller med numeriska lösningsmetoder bör prövas som en naturlig fortsättning av akviferanalysen.

Som resultat av FoU-arbetet bör "rekommendationer för utförandet av grundvattenundersökningar" utformas. Det är av stor vikt att den lämpligaste undersöknings- och analysmetoden väljs vid varje tillfälle. I en svårgenomsläpplig urbergsberggrund måste t ex annan typ av

provpumpning eller därmed likställd metod användas än vid provpumpning i genomsläppliga grusavlagringar. För närvarande saknas enhetliga normer för hur undersökningar bör utföras och redovisas till skillnad från på det geotekniska området. Arbetet beträffande metoder och rekommendationer bör utföras i samarbete mellan statliga verk och institutioner samt konsulter.

6.6 FORSKNINGS- OCH UTREDNINGSVERKSAMHET ANGAENDE FÖRORENING AV GRUNDVATTEN

I samhällsplaneringen ingår att säkerställa vattentillgångar för framtida behov. Ett ökat utnyttjande av befintliga grundvattentäkter i kombination med viss utbyggnad med kompletterande eller nya grundvattentäkter samt infiltrationsanläggningar kan förutses. Ett väsentligt problem som i första hand måste beaktas härvid är skyddet av grundvattentillgångarna. I kommunernas planering måste skyddet av befintliga och presumtiva grundvattentäkter mer påtagligt beaktas. Information i kombination med översiktliga karteringar utgör en väsentlig del härvidlag. Ökad kunskap om riskerna för förorening av grundvatten behövs också. En av de övergripande metoderna för att bedöma dessa risker är utnyttjandet av numeriska grundvattenmodeller, där spridning av föroreningar är möjligt att simulera. En del forskning pågår angående grundvattenförorening genom olika mänskliga aktiviteter. Forskningen inom olika delar av grundvattenföroreningssektorn har emellertid nått olika långt. Tre huvudnivåer kan urskiljas enligt tidigare nämnd utredning vid SGU.

- A. Information saknas om potentiellt förorenande verksamhet verkligen har orsakat eller kan orsaka grundvattensskador.
- B. Kända föroreningsfall finns men en fördjupad kunskap om problemens omfattning och processerna krävs för att effektiva skadeförebyggande åtgärder skall kunna sättas in.
- C. Kunskapsmaterial finns i sådan omfattning, att sammanställning av underlag till råd och anvisningar kan vara meningsfull.

Tabell IV. Forskningsbehov inom sektorn grundvattenförening/grundvattenskydd

Nivå	Forskningsuppgift	Särskilt aktuella föroreningar eller aktiviteter
A. Inventering	Förekomst av vissa ämnen i grundvattnet	Oljeprodukter, bekämpningsmedel, tungmetaller, försurande ämnen
	Effekter på grundvattenkvalitén av vissa ingrepp	Skogsavverkning, bevattning, vattentäcker, täktverksamhet
B. Förutsättning för och omfattning av konstaterade föroreningsproblem	Spridning av olika föroreningar i grunden under skilda hydrogeologiska, geokemiska och spridnings- eller deponeringstekniska förutsättningar	Kvävföreningar, oljeprodukter, lakvatten, barksafter, salter
	Kemiska och fysikaliska processer vid olika ämnens rörelse genom mark och grund under olika geokemiska förutsättningar	Kvävföreningar
C. Sammanställning av underlag för anvisningar	Skyddsområden för vattentäcker Anläggning av mindre vattentäcker Undersökningsmetodik vid lokalisering och anläggning av större vattentäkt	

Angelägen forskningsinriktning inom de tre grupperna framgår av tabell IV. En i högsta grad nationell och tillika internationell forskningsuppgift är att utreda hur grundvatten påverkas av det ökade svavelnedfallet genom nederbörd. Mest utsatta torde ytliga grundvattenmagasin vara i dels näringsfattiga morän- och sandområden med mycket låga pH-värden i markskiktet i de nederbördsrika delarna av västra Sverige, dels kvartsrik berggrund med intet eller ringa jordtäcke. Grundvatten i dessa typer av geologiska bildningar har i regel mycket låg buffertkapacitet.

REFERENSER

Följande handlingar har direkt refererats i text, tabeller och kartor. Dessutom har ett 100-tal handlingar av olika slag genomgått mer eller mindre ingående. Hit hör arkivmaterial, främst från SGU:s brunnsarkiv och grundvattennät, forskningsrapporter, geologiska och hydrogeologiska kartor med beskrivningar, läroböcker samt utredningar, främst från länsstyrelser och kommuner.

- CARLSSON, L., CARLSTEDT, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrock. *Nordic hydrology*, 8. 1977.
- CARLSSON, A., OLSSON, T., 1977: Permeabilitetens variation i det svenska urberget. Statens Vattenfallsverk. Rapport BT 77-4. Stockholm.
- GUSTAFSSON, O., DE GEER, J., 1976: Skånes större grundvattentillgångar. Rapport till jordbruksdepartementet, Sveriges geologiska undersökning. Stockholm.
- HÖRNSTEN, Å., CARLSSON, L., Carlstedt, A., MÜLLERN, C-F., 1977: Hydrogeologiska synpunkter på planerad uranutvinning i Billingen vid Ranstad, Skaraborgs län. Uppdragsrapport SGU.
- JOHANSSON, W., KLINGSPOR, P., 1977: Bevattning inom lantbruket 1976. Bevattnad areal, vattenåtgång och vattentäkter. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck nr 100. Uppsala.
- NILSSON, K., 1970: Något om grundvattenförhållandena i Skånes sedimentbergarter. Grundvatten, Norstedt & Söners förlag. Stockholm
- NORDBERG, L., MODIG, S., 1974: Investigations of effective porosity of till by means of a combined soil-moisture/density gauge. *Isotope techniques in ground water hydrology 1974*, Vol. II, IAEA. Vienna.
- PERSSON, G., ENGQVIST, P., KNUTSSON, G., MODIG, S., 1976: Förorening av grundvatten - forskningsbehov. Rapport till forskningsnämnden, SNV. Sveriges geologiska undersökning. Täby.

STATENS NATURVÅRDSVERK, STATISTISKA CENTRALBYRÅN, 1969: Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsanläggningar 1968.

STATENS NATURVÅRDSVERK 1976: Arkivmaterial beträffande vattenuttag vid kommunala vattentäkter 1974. Solna.

SVENSKA VATTEN- OCH AVLOPPSVERKSFÖRENINGEN, 1976: VA-VERK 1975. Statistik VAV S75. Stockholm.

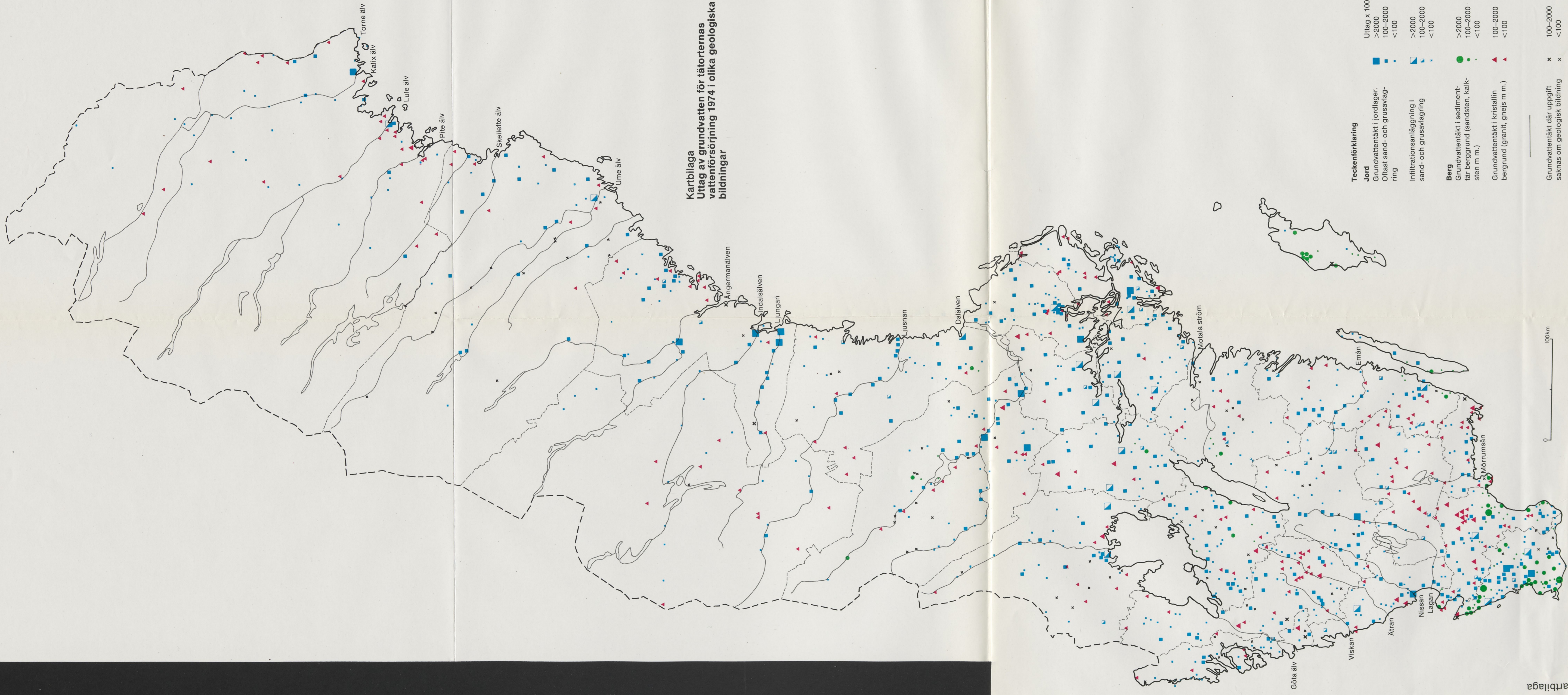
Tabell över grundvattennätets observationsområden 1977-06-01

Områdets nr och namn	Grundvatten- nivå		Grundvatten- kemi o tritium		Grundvatten- temperatur		Snötäcke o tjäldjup	
	Antal station.	Mätn. sedan	Antal station.	Provt. sedan	Antal station.	Mätn. sedan	Antal station.	Mätn. sedan
1 Vellinge	6	1969	1	1972	1	1970		
2 Rövarekulan			1	1968				
3 Kristianstad	20	1963	11	1963	1	1972		
4 Liatorp	10	1968			1	1968	2	1971
5 Emmaboda	11	1961	2	1968			2	1971
6 Nybroåsen	11	1957			1	1973		
7 Böda	12	1968			1	1968	1	1971
8 Hemse	1	1966						
9 Lau			1	1969				
10 Isums	1	1967						
11 File Hajdar	9	1967			1	1972		
12 Hångars			1	1969				
13 Djurarpsdalen	4	1959	1	1968				
14 Nissafors	11	1967	1	1970	1	1969	1	1971
15 Ölanda	8	1968			1	1968		
16 Velen	15	1966	4	1970	4	1967		
17 Vissboda	8	1967	2	1968				
18 Dammtorp	5	1969			1	1971		
19 Brattforsheden	10	1968	1	1968	1	1970		
20 Sätrabrunn	6	1965	3	1969				
21 Bärmö	6	1965	2	1969	1	1968		
22 Ugglevik			(1)	1969		UPPHÖRT 1971		
23 Tärnsjö	16	1965	13	1968	3	1968	4	1969
24 Rengsjö	4	1969			1	1969	3	1969
25 Tunaby	14	1953						
26 Kassjöån	14	1967			1	1968		
27 Rundhögen			7	1968				
28 Visjövalen	5	1968			1	1968		
29 Ytterån	7	1968	1	1973	1	1968		
30 Viksmon	5	1968			1	1968	4	1970
31 Lo-Frök	3	1968			1	1968		
32 Hälla	21	1958						
33 Sävarheden	5	1968			1	1969	3	1970
34 Drängsmark	12	1968	2	1968	1	1968	3	1970
35 Kallaxheden	6	1968			1	1969	2	1970
36 Mårdudden			1	1968				

forts.

Områdets nr och namn	Grundvatten- nivå		Grundvatten- kemi o tritium		Grundvatten- temperatur		Snötäcke o tjäldjup	
	Antal station.	Mätn. sedan	Antal station.	Provt. sedan	Antal station.	Mätn. sedan	Antal station.	Mätn. sedan
37 Lappträsket	45	1968	4	1970	2	1969		
38 Svappavaara	12	1968	1	1968	2	1968		
39 Abisko	5	1955	2	1974	1	1968	2	1972
40 Skanör-Falsterbo (5)		1968	UPPHÖRT 1970					
41 Sandhammaren	8	1970	2	1971	1	1970		
42 Arjeplog	10	1971			1	1971	3	1971
43 Stensele	12	1971			1	1971	4	1971
44 Hyby	2	1970	1	1972				
45 Ströms Vattudal	9	1972						
46 Flåsjön	8	1972						
47 Tåsjön	5	1972	1	1973				
48 Ormsjön	15	1972						
49 Malgomaj	10	1972						
50 Siljansfors	12	1972	1	1974			2	1975
51 Näsbyholm	9	1973						
52 Sandsjöbacka	13	1970			1	1975		
53 Harestad	13	1971			1	1975		
54 Härskogen	15	1970			1	1975		
55 Bogesund	27 ^x	1968			1	1975		
56 Berga	18	1968			1	1975		
57 Bornsjön	22	1968						
58 Jädraås	2	1974						
59 Flinkesta	5	1973						
60 Motala	33	1974	6	1975	1	1975		
61 Furåsa	(3)	1974	(3)	1975	UPPHÖRT 1976			
62 Jokkmokk	10	1974						
63 Karstorp	7	1974						
64 Kuddby	5	1975			1	1975		
65 Gistad	10	1975	2	1975				
66 Kinda	7	1975			1	1975		
67 Vara	4	1975	2	1972				
68 Sveg	7	1976			1	1976		
69 Stångenäs	4	1976	3	1976				
70 Ödskölt	5	1976	2	1976				
71 Lefsebäcken	2	1976						
72 Ronneby	12	1953						
	649		82		44		36	

x) varav tre portrycksmätare



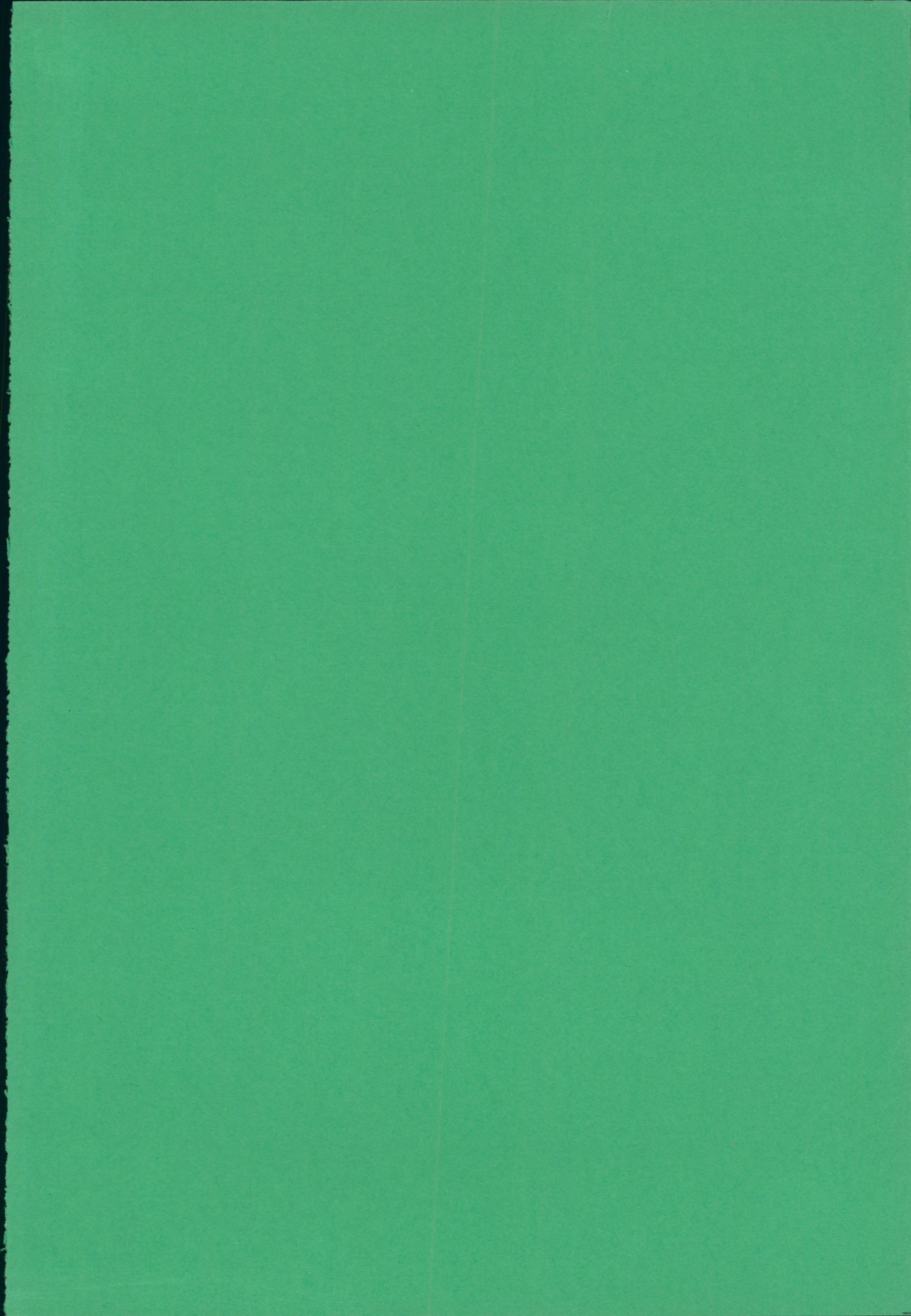
Kartbilaga
Uttag av grundvatten för tätorternas
vattenförsörjning 1974 i olika geologiska
bildningar

Teckenförklaring

Jord	■	Uttag x 1000 m ³
Grundvattentäkt i jordlager.	■	>2000
Oftast sand- och grusavlagring	■	100-2000
	■	<100
Berg	▲	>2000
Grundvattentäkt i sedimenttär berggrund (sandsten, kalksten m m.)	▲	100-2000
	▲	<100
Grundvattentäkt i kristallin berggrund (granit, gnejs m m.)	▲	100-2000
	▲	<100
Grundvattentäkt där uppgift saknas om geologisk bildning	*	100-2000
	*	<100

0 100km

SGU 1977 53 60 25-0



I SGU:s serie Rapporten och meddelanden
har tidigare utgivits:

- *1. Utredning rörande det svenska jordbrukets kalkförsörjning 1—2. 1931.
- *2. **Sahlström, K.E.** Sveriges lodade sjöar. 1945.
- *3. **Ödman, O.H.** Rapport över manganmalmsletningen i Jokkmokks socken 1940—48.
4. **Stålhös, G.** Bidrag till kännedomen om den radioaktiva strålningens fördelning inom den svenska berggrunden. 1959.
5. **Johansson, H.G. & Ericsson, B.** Grusutredningen —74. Översiktlig inventering av sand- och grusförekomster — Försöksverksamhet. 1976.
6. **Knutsson, G. m fl:** Grustillgångarna i Östersundsområdet. Del 1 Inventering. 1976.
7. **Ericsson, B.** Svallgrustillgångar längs Kilsbergen, Örebro län. 1977.
8. **Gustafsson, O. & De Geer, J.** Skånes större grundvattentillgångar. 1977.

*Utgången

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Biblioteket
Fack, 104 05 Stockholm
Telefon 08-15 09 50