

Å. MÖLLER, P. ENGQVIST, C. F. MÜLLERN,
P. BENGTSON

BESKRIVNING
TILL HYDROGEOLOGISKA
KARTBLADET ÖREBRO SV

DESCRIPTION OF THE HYDROGEOLOGICAL MAP
ÖREBRO SV



STOCKHOLM 1971

Å. MÖLLER, P. ENGQVIST, C. F. MÜLLERN, P. BENGTSON

**BESKRIVNING TILL HYDROGEOLOGISKA KARTBLADET
ÖREBRO SV**

Description of the Hydrogeological Map Örebro SV

INNEHÅLL

1. Förord	5
2. Abstract	6
3. Inledning	7
3.1. Syfte och ändamål med beskrivningen	7
3.2. Beskrivningens omfattning	8
3.3. Brunnsnumreringssystem	8
4. Grundvattendefinitioner och grundbegrepp	9
4.1. Definition av begreppet grundvatten	9
4.2. Akviferer	9
4.3. Grundvattenbildning	10
4.4. Grundvattenytans fluktuationer	11
5. Nederbördsförhållanden	13
6. Grundvattnets allmänna uppträdande i berggrund och jordarter	14
6.1. Berggrunden	14
6.1.1. Berggrundens utbredning och uppbyggnad	14
6.1.2. Berggrundens vattenförande förmåga	17
6.1.3. Förkastningar och större sprickzoner	21
6.1.4. Sprickigheten i urberget	22
6.1.5. » lingulidsandstenen	27
6.1.6. » skifferleran	28
6.1.7. » alunskiffern	28
6.1.8. » kalkstenen	29
6.1.9. Horisontella sprickor	32
6.1.10. Synpunkter på det praktiska utnyttjandet av grundvatten i berggrunden	33
6.2. Jordarterna	34
6.2.1. Isälvsavlagringar och deras utbredning	34
6.2.2. Jordarternas vattenförande förmåga	35
7. Grundvattentillgångar	36
7.1. Grundvattentillgångar i isälvsavlagringar	36
7.1.1. Allmänt	36
7.1.2. Hardemoåsen	37
7.1.3. Kumla—Hallsbergsåsen	42
7.1.4. Åbytorpsåsen	45
7.1.5. Pålshoda—Glanshammarsåsen	45
7.2. Grundvattentillgångar i berggrund	46
7.2.1. Urberg	46
7.2.2. Kambro-ordoviciska sediment	48
8. Hydrogeologiska förhållanden inom Kvarntorpsområdets sedimentära berggrund	50
8.1. Allmänt	50
8.2. Grundvattennivåer och trycktytor	50
8.3. Grundvattennivålinjer	51
8.4. Grundvattnets strömningsriktning och dräneringsområden	54
9. Grundvattnets kemiska och fysikaliska egenskaper	55
9.1. Allmänt	55
9.2. Temperaturvariationer	58
9.3. Variationer i den kemiska sammansättningen hos grundvatten från olika berg- och jordartstyper	59
9.3.1. Grundvatten i morän	61
9.3.2. » isälvsavlagringar	64
9.3.3. » sandsten	64
9.3.4. » urberg	66
9.3.5. Salt grundvatten	67
9.4. Konstjord infiltration	67
10. Nuvarande grundvattenförbrukning	69

11.	Källor	70
11.1.	Källor i isälvsmaterial	70
11.1.1.	Källor i Hardemoåsen	71
11.1.2.	» Kumla—Hallsbergsåsen	72
11.1.3.	» Pålsboda—Glanshammarsåsen	73
11.1.4.	Övriga källor	73
11.2.	Källor i sedimentbergarter	73
11.2.1.	Kvarntorpsområdet	73
12.	Ordlista	74
13.	Referenslitteratur	76
13.1.	Utredningar	76
13.2.	Litteratur av allmänt intresse	79
14.	Bilagor	81
14.1.	A. Vattenanalyser	81
14.2.	B. Brunnsförteckning	84

1. FÖRORD

Föreliggande kartblad »Hydrogeologiska kartbladet Örebro SV», SGU Ser. Ag nr 1 jämte tillhörande kartbladsbeskrivning är det första i en serie kartor vars syfte är att lämna en översikt över den hydrogeologiska situationen inom ett visst område d. v. s. i huvudsak en redogörelse för grundvattnets uppträdande och förekomst i olika jord- och bergarter inom ett kartbladsområde. Kartan ingår som ett led i SGU:s brunnsarkivs försöksverksamhet och avser bl. a. att belysa den nytta man kan ha av systematiskt insamlade och bearbetade data från brunnsborrningar och andra hydrogeologiska undersökningar.

Redogörelsens tyngdpunkt är lagd på grundvattnets uppträdande och förekomst i framför allt de stora isälvsavlagringarna. Grundvattnets uppträdande i jordarter som lera och morän berörs mer översiktligt av den anledningen att grundvattnet här ej är ekonomiskt utvinnbart annat än i mycket små mängder. Detta beror framför allt på dessa jordarters låga vattenförande förmåga i jämförelse med t. ex. sand och grus. I fråga om berggrunden redogörs för grundvattnets förekomst i såväl urberg som sedimentbergarter. Av speciellt intresse är den hydrogeologiska situationen inom Kvarntorpsområdet, en separat redogörelse för detta område har därför utarbetats.

Kartan och redogörelsen avser ej att lämna fullständiga eller helt definitiva uppgifter på uttagbara grundvattenmängder, grundvattennivåer etc. inom de olika grundvattenmagasinen utan angivna värden måste betraktas enbart som riktvärden. Vid bestämningen av dessa data, inom framför allt åsstråken, har där så funnits, uppgifter från tidigare gjorda grundvattenundersökningar av olika ingenjörsfirmor o. d. använts. En kompletterande fältundersökning ägde rum sommaren 1969 av personal från brunnsarkivet varvid bl. a. provborrningar och seismiska undersökningar gjordes för bestämning av jordlagrens sammansättning och djup på vissa platser, grundvattennivåerna i ett stort antal brunnar kontrollerades genom mätning och avvägning, kapacitetsmätningar i källor gjordes, vattenprover för kemisk analys av olika brunnsvatten togs o. s. v. På grundval av det vid dessa undersökningar insamlade materialet samt det material från brunnsborrningar och andra undersökningar som redan fanns på brunnsarkivet har den hydrogeologiska översikten utarbetats.

Som geologiskt underlag har det geologiska kartbladet Örebro SV, SGU, Ae 5 använts. På detta blad har sedan hydrogeologiska data inlagts med blått övertryck. Med svart övertryck redovisas gränser mellan olika bergarter, förkastningar, sprickor o. d.

Arbetet med kartbladet har utförts under ledning av avd.dir. Åke Möller vilken även har svarat för redovisningen av framför allt grundvattenförhållandena i jordlagren. För grundvattnet i urberg och sedimentbergarter svarar geolog Carl-Fredrik Müllern, för Kvarntorpsområdets hydrogeologi extra-geologen Peter Bengtson. Kapitlet om grundvattnets kvalitet har utarbetats av geolog Per Engqvist. Övrig personal som medverkat vid i huvudsak fält-

arbetena är extrageologerna Börje Ahlgren, Anders Carlstedt, Torbjörn Fagerlind och Lars Linde samt teknikerna vid brunnsarkivet Gunnar Ekman och Leif Särnblad.

2. Abstract

The hydrogeological map-sheet Örebro S.W. is the first produced by the Geological Survey of Sweden. The purpose of the map is to give a detailed description and a summary of the most interesting and significant groundwater-bearing formations and their general hydrological characteristics. The basic data used for preparation of this map have to a large extent been water well data and data from various ground water investigations carried out by consulting engineering companies etc. These data have been collected and interpreted by the staff of the Section of Well Records (Brunnsarkivet) at SGU. In addition to this basic information an extensive field investigation was carried out in the summer of 1969 including a completed well inventory as well as a levelling of the ground water level in various wells and springs, water samples were collected for chemical analysis, discharge measurements on springs were made etc. The geological base map is the existing geological map-sheet Örebro S.W., SGU Series Ae No 5.

Ground water in extractable amounts for both urban and domestic supply is mainly found in the often large deposits of sand and gravel which occur in form of eskers within the map area. To some extent ground water can also be extracted from wells drilled in the Cambrian sandstone and the pre-Cambrian crystalline bedrock. The most important aquifers are the eskers, and the greater part of the report deals with the hydrogeological situation within those.

Three esker systems running from north to south exist within the mapped area, one is located on the left part of the map, one in the middle and one in the south-eastern part. Within these eskers the various ground water systems or basins have been determined as well as the direction of the ground water movement and areas of natural discharge. With the aid of this information and the knowledge of the amount of precipitation, infiltration factors, and infiltration areas the extractable amounts of ground water from the various ground water basins have been estimated. Furthermore, the quality of the ground water was checked and sometimes found to vary considerably within the same ground water system both in relation to depth and location. Usually high iron and manganese contents are found in the deeper parts of the eskers and particularly in areas where most of the sand and gravel is covered with clay and the circulation of the ground water is very low. No general rule is found to exist, however. Every ground water system has its own characteristics.

In somewhat more than half of the investigated area the bedrock consists of leptites, gneisses and granites of pre-Cambrian age. In the rest of the area the bedrock consists of Cambrian sandstone, clayey shale and alum shales together with Ordovician limestone. The largest ground water sources in the bedrock are found in the sandstone, especially its upper half: the Lingulid sandstone and the lowermost layers of the Mickwitzia sandstone resting immediately upon the pre-Cambrian bedrock.

A very small number of wells extract ground water from the limestone. One of the main reasons for this is probably the heavy drainage from the existing quarries in the actual area and the variable capacity of wells in this laminated and fissured

formation. Ground water from alum shales is not attractive because of the contamination with various iron, sulphate and organic compounds that make the water smell and taste bad. The clayey shale yields no ground water because of its strongly pronounced clayey properties. The median yield of water from 100 wells with 100—110 mm diameter receiving water only from sandstone is 1.4 l/s. In 13 wells with 150 mm diameter it is 1.9 l/s. In 50 wells with 100—110 mm diameter receiving water only from the pre-Cambrian crystalline rocks and located outside the sandstone areas the median yield was 0.3 l/s. The indication is that no substantial addition of water can be expected if drilling in sandstone areas is proceeded into the basement of pre-Cambrian rocks. It is here probably more favourable to increase well diameter than to extend well depth below the sandstone.

A description is given of the influence of jointing upon ground water occurrence and circulation in different rock types. It is also shown that, in the relatively permeable sandstone, water-bearing joints are of greater importance than the sandstone itself in yielding water to a well. Analysis have been made of the tectonic pattern based on joint measurements in pre-Cambrian crystalline rocks as well as sandstone, alum shales and limestone of Cambro-Ordovician age. It is statistically shown that the nature of the dip of the joint planes is vertical. Tensional joints striking NNW-SSE in the pre-Cambrian bedrock and WNW-ESE in the pre-Cambrian as well as in the Cambro-Ordovician rocks are considered favourable as sources of ground water. However, joints with other directions of strike are not to be fully excluded as possible channel ways for ground water.

Salt water with a concentration of more than 300 ppm of chloride has been found in several deep wells drilled in both sedimentary and crystalline rocks. This water is probably a residue from the time when sea water covered the area in connection with the last glaciation. There seem to be no particular pattern in the distribution of these wells, the salt water is instead mainly depending on the presence of small and deep pockets in the bedrock from which the precipitation and the overlying fresh water have not been able to wash away the heavier salt water.

3. INLEDNING

AV Å. MÖLLER

3.1. Syfte och ändamål med beskrivningen

Föreliggande beskrivning avser att belysa de hydrogeologiska förhållandena som råder i de berg- och jordarter som förekommer inom det geologiska kartbladet Örebro SV. Redogörelsens tyngdpunkt är på jordartssidan helt lagd på grundvattnets uppträdande i de ur vattenutvinnings synpunkt viktigaste bildningarna, nämligen isälvsavlagringarna. På berggrundssidan behandlas av samma anledning de kambro-ordoviciska sedimentbergarterna mer ingående än vad fallet är med urbergsområdena. Redogörelsen avser ej annat än i undantagsfall ge en detaljerad bild av de rent geologiska förhållandena, för dessa hänvisas i stället till de geologiska kartbladsbeskrivningarna, SGU, Ae 5 för jordarterna och Af 101 för berggrunden.

3.2. Beskrivningens omfattning

Beskrivningen är i huvudsak baserad på den information som erhållits via de till SGU:s brunnarkiv från brunnborrningsfirmor, konsulterande ingenjörbyråer etc. insända resultaten från grundvattenundersökningar, brunnborrnings m. m. Vidare har under sommaren 1969 i brunnarkivets regi ett stort antal brunnar genomgått i fält, härvid har brunnens djup, grundvattenytans nivå, uttagen vattenmängd samt de vattenförande berg- eller jordlagrens sammansättning fastställts där så varit möjligt. Även vid källor, större grundvattentäkter o. d. har den utrunna eller uttagna vattenmängden uppmäts då så varit möjligt och de vattenförande formationerna kartlagts. Ett antal vattenprover har tagits i brunnar och källor där vattenkvaliteten bedömts vara representativ för ett större område eller geologisk formation. På dessa vattenprover har fysikalisk-kemisk analys utförts och bedömts tillsammans med analysresultat från via brunnarkivet insamlade data.

Resultaten av den hydrogeologiska inventeringen redovisas i denna kartbladsbeskrivning med tillhörande hydrogeologisk karta. På kartan är med blå färg inlagt viktiga hydrogeologiska faktorer såsom grundvattendelare, grundvattenytans nivå och lutning, grundvattnets strömningsriktning, källor o. d. Med grundvattenytans nivålinjer går bl. a. att utträna om och var inom en åssträckning den är av den »dränerande» eller »läckande» typen. Kommunala vattentäkter redovisas, däremot ej alla övriga inventerade brunnar, då dessas antal är så stort att de helt skulle komma att dölja övriga data. Läget av dessa brunnar redovisas i stället i en separat översiktskarta. Ett antal representativa bergborrade brunnar eller brunnar där speciella geologiska eller hydrologiska förhållanden råder är dock angivna på huvudkartan och refereras till i olika textavsnitt.

Översiktliga bedömningar av den uttagbara grundvattenmängden inom varje grundvattenområde i de olika åssystemen har gjorts, dessa värden måste dock betraktas som riktvärden och ej helt definitiva då för detta provpumpningar o. d. erfordras. Kapaciteten i olika brunnar i grusåsar anges ej då detta värde helt kan vara en rent teknisk fråga beroende bl. a. på storlek och djup på brunnen, pumpkapacitet etc. Däremot är detta av större intresse när det gäller bergborrade brunnar.

3.3. Brunnnumreringssystem

De på den hydrogeologiska kartan förekommande brunnnumren är samma som användes i SGU:s brunnarkiv. Nummersystemet är baserat på det topografiska kartbladet i skalan 1: 50 000 där kartbladsnumret används som huvudnummer följt av ett löpande nummer. Till exempel inom detta kartblad får samtliga brunnar prefixet 10 F SV. En brunn kan således anges som 10 F SV: 3. På kartan är dock för enkelhetens skull enbart angivet det löpande numret. På arkivkorten i brunnarkivet anges hela numret.

4. GRUNDVATTENDEFINITIONER OCH GRUNDBEGREPP

AV Å. MÖLLER

4.1. Definition av begreppet grundvatten

I det följande lämnas en kort översikt över vissa hydrogeologiska fackuttryck och termer, vilka är nödvändiga att känna till för att förstå kartbladsbeskrivningen. För mer detaljerade begreppsförklaringar, hydrogeologiska grundbegrepp och arbetsmetoder etc. hänvisas till läroböcker i ämnet, samt den år 1970 av Tekniska Nomenklaturcentralen utgivna Vattenordlista 2.

Med grundvatten menas i allmänhet det fria och rörliga vatten som utfyller samtliga sprickor och håligheter i en geologisk formation. Grundvattnets övre gräns benämnes grundvattenyta och representeras av den nivå som vattenytan i en brunn intar om brunnen är nedförd i den vattenförande formationen.

Grundvatten bildar i det vattentransporterande mediet en mättad zon som särskiljs från den omättade eller luftade zonen vilken i princip sträcker sig från grundvattenytan och upp till markytan. Ingen skarp gräns mellan dessa två zoner existerar beroende på att den kapillära stighöjden i olika jord- och bergarter kan variera avsevärt.

Grundvattnet rör sig från områden med högre topografiskt belägen grundvattenyta till områden med lägre. Den hastighet med vilken detta sker är i homogena formationer bl. a. direkt proportionell mot grundvattenytans lutning. I sprickförande bergarter eller jordarter med varierande vattengenomsläpplighet följer grundvattnet de zoner som har den största genomsläppligheten.

Grundvattnet har sitt naturliga utlopp på platser där markytan är lägre än grundvattenytan. Finns här vattengenomsläppliga jord- eller bergarter uppstår källor som ibland kan vara tydligt iakttagbara, grundvattnet kan även avbördas mindre synligt på bred front t. ex. i botten eller längs sidorna av en å eller flod eller till en sjö.

4.2. Akviferer

Med akvifer menas en geologisk formation eller avlagring som har en så hög permeabilitet eller vattentransporterande förmåga att man via brunnar el. liknande kan utvinna grundvatten. Goda akviferer är vad gäller jordarter sand- och grusåsar men däremot ej lera eller moränjordar; för berggrunden gäller att t. ex. gnejs och graniter är dåliga akviferer i jämförelse med porösa eller sprickiga sand- och kalkstenar. Akvifererna kan vidare delas upp i så kallade bundna eller artesiska (eng. confined) och obundna eller fria (eng. unconfined). En obunden akvifer är en vattenförande formation i vilken grundvattenytan (den översta delen på den mättade zonen) ej når upp till formationens övre begränsning. Grundvattenytan i en sådan akvifer varierar i form och lutning beroende på storlek och avstånd till infiltrations- och utrinnsområden, uttag

från pumpning, markytans och akviferens lutning samt olikheter i permeabilitet och porositet. Genom att mäta grundvattenytans höjdnivå på olika punkter kan grundvattenströmmens riktning bestämmas. En bunden akvifer eller artesisk akvifer förekommer där grundvattnet är under större tryck än atmosfärtrycket. I en brunn som är nedförd i en sådan akvifer stiger därför vattenytan i brunnen över underdelen av den tätande formationen.

Vattenståndsfluktuationer i brunnar, vilka hämtar sitt vatten från bundna akviferer, beror i huvudsak på förändringar i tryck snarare än i förändringar i grundvattenmagasinet. Grundvattenytan, eller som den även benämnes »piezometrisk ytan», i en bunden akvifer är en trycknivå som sammanbinder punkter med samma hydrostatiska tryck. Skulle denna trycknivå ligga över markytan uppstår en själv rinnande brunn eller källa. Det bör också påpekas att en bunden akvifer blir obunden om trycknivån sjunker under botten på den överliggande täta formationen, vanligt är också att en obunden akvifer existerar ovanpå en bunden.

4.3. Grundvattenbildning

Det grundvatten som påträffas i svenska jord- och bergarter utgörs nästan undantagslöst av infiltrerat nederbördsvatten. Ett undantag är det saltvatten som ibland kan påträffas i lågpartier i grusåsar och ibland även i sprickor i urberget. Detta vatten är havsvatten från den tid då landet låg under havsytan i sen-glacial eller postglacial tid. Ibland påträffas även saltvatten i djupt liggande sandstensformationer, detta vatten härstammar dock ej från senkvartär tid utan är troligen vatten som inneslöts i sandstenen då denna en gång bildades. Sådant vatten brukar benämnas »fossilt vatten». Salthalten kan i dessa fall vara högre än i nuvarande havsvatten.

Grundvattenbildningen är avhängig av bl. a. grundvattenytans djup under markytan, markytans lutning, vegetation, jord- eller bergarternas permeabilitet, nederbördens storlek, intensitet och varaktighet. På grund av dessa faktorer komplexa natur är det svårt att ange generella regler för infiltrationens storlek, detta speciellt för berggrunden. För kvartära jordarter har man dock funnit vissa empiriska riktvärden på infiltrationen som kan användas vid överslagsberäkningar. Dessa redovisas i följande tabell:

<i>Jordarter</i>	<i>Infiltrationsfaktor</i>
sand-grusås i dagen	0.6—0.8
lera-moränområde	0.1—0.3
lera	0 —0.1

Vid användande av dessa värden måste dock stor varsamhet iakttagas då det t. ex. vid leror har stor betydelse hur tjock leran är, om den är mycket torr vid tidpunkten för infiltrationen, om leran underlagras av mer vattenförande jordar som sand och grus, art av vegetation o. s. v. För detaljstudier hänvisas till facklitteratur.

4.4. Grundvattenytans fluktuationer

I såväl artesiska som icke artesiska akviferer fluktuerar grundvattentrycket eller grundvattenytan ständigt. Dessa fluktuationer samt storleken på dem beror på flera faktorer, till exempel påverkar nederbörd samt infiltration från vattendrag o. d. grundvattenytan så att den stiger, medan dränering via vattendrag, sjöar, pumpning o. d. så att den sjunker. I områden med ringa lutning på grundvattenytan och där denna ligger relativt nära markytan sker även en stor avbördning via avdunstning från träd, växter och mark. Vattenståndsfluktuationer i grundvattenytan kan ofta användas för kontroll av om t. ex. en grundvattenförande ås står i förbindelse med ett ytvattendrag. Kan man nämligen påvisa att båda vattenytorna fluktuerar samtidigt och står grundvattenytan något högre i åsen än i vattendraget sker troligen utströmning av grundvatten till ytvattnet, men om grundvattnet i åsen står lägre är förhållandet omvänt. Ofta är det så att påfyllning till grundvattenmagasin från vattendrag sker under perioder med höga ytvattenstånd medan utströmning av grundvatten sker vid torrperioder då såväl nivå som vattenföring i floder o. d. kraftigt sjunker.

De normala vattenståndsfluktuationernas storlek under ett år varierar i olika jordarter. I t. ex. finkorniga jordar som finmo, mjåla och lera kan de uppgå till flera meter, i sand och grus däremot brukar variationerna sällan överstiga en meter. Detta sammanhänger främst med den stora skillnaden i effektiv porositet mellan finkorniga och grovkorniga jordarter. Samma förhållande gäller för bergarter där fluktuationer i porösa sedimentbergarter som sandsten är av mycket mindre storleksordning än vad fallet är i gnejser och graniter där grundvattnet enbart magasineras i smärre sprickor som relativt snabbt fylls upp med en snabb stigning av grundvattenytan som följd. Fluktuationerna är minst i närheten av källor eller andra fasta dräneringspunkter för att öka i riktning mot grundvattendelaren.

På fig. 1 visas vattenståndsfluktuationerna i två helt olika geologiska bildningar belägna inom kartbladet, samt nederbörden vid Örebro flygplats. Vid bägge brunnarna skedde registreringen med hjälp av självregistrerande pegglar, dessa fungerade emellertid bristfälligt och kontroll för hand fick göras nästan varje vecka. Brunnen vid Ängsholmen är en 2 m djup och 1 m vid grävd brunn belägen i källaren på gården Ängsholmen cirka 2 km sydsydväst om sjön Tysslingen och nedförd i isälvsmaterial. Nr 69 belägen ca 4 km nordväst om Äbytorp är en 42 m djup bergborrad brunn nedförd genom 6 m morän, 16 m sandsten samt cirka 20 m granit. Den grävda brunnen påverkas av uttag, förbrukningen är dock mycket obetydlig och kan försummas i detta sammanhang; den borrhade däremot är helt opåverkad av pumpning o. d. En mindre bäck rinner förbi här, något samband mellan bäcken och brunnen har dock ej kunnat påvisas. Emellertid torde vattenståndet i denna brunn ej vara representativt för grundvattnet i berggrunden utan snarare avspegla förhållandena i moränen. Detta framgår av förhållandet att vattenytan i brunnen reagerar nästan ome-

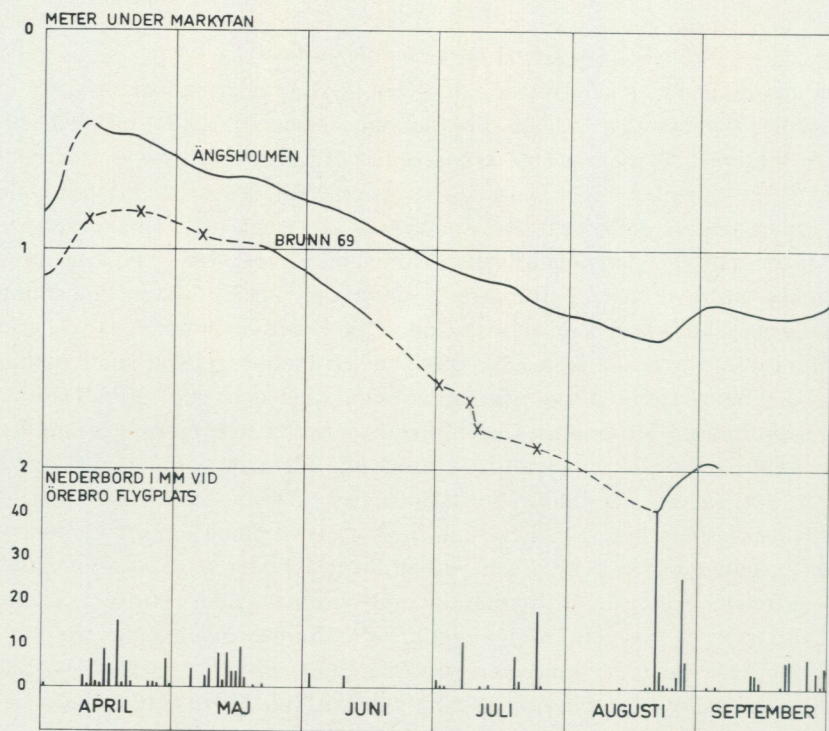


Fig. 1. Grundvattenfluktuation vid Ängsholmen och brunn 69, 1969.
Fluctuation of ground water level at Ängsholmen and well 69, 1969.

delbart på nederbörd och beror sannolikt på att foderröret i brunnens överkant ej är tätat.

Som framgår av vattenståndskurvorna steg grundvattenytan under början av april. Denna stigning är betingad av snösmältningen och den kraftiga infiltration detta medförde. Vattenytorna sjunker sedan relativt likartat från mitten av april till mitten av juni i bägge brunnarna, mot slutet av juni börjar dock vattenståndet i den borrade brunnen att sjunka snabbare. Detta torde hänga samman med att avdunstningen från moränjorden på grund av dess lägre effektiva porositet i jämförelse med sand- och grusmaterialet vid brunnen vid Ängsholmen får en betydligt större inverkan på grundvattenståndet. Under juni, juli och större delen av augusti föll knappt någon nederbörd och grundvattenytan fortsatte att sjunka tämligen konstant. Mot slutet av augusti kom däremot några kraftiga skyfall och en omedelbar reaktion förmärktes i bägge brunnarna och grundvattenytan började stiga. Under september kom ovanligt litet nederbörd och ytorna började igen sakta sjunka.

Med anledning av ovan relaterade förhållanden och kännedom om motsvarande förhållande på andra platser torde man kunna säga att i brunnar nedförda i morän av liknande beskaffenhet som vid platser för brunn 69 och

med grundvattenytan cirka 1 m under markytan kan förändringar på mellan 1 till 2 m i grundvattenytans nivå under torra sommarmånader ej vara ovanligt. För grundvatten i isälvsavlagringar torde under motsvarande förutsättningar fluktuationer på 0.5 till 1 m vara normalt.

Beträffande leror bör man komma ihåg att i dessa jordarter kan efter en längre tids torka uppstå torksprickor. Via dessa sprickor kan relativt stora vattenmängder infiltreras och nå under leran liggande mer vattenförande jordarter. Detta gäller dock endast i de fall där torksprickorna når igenom lerlagret, vidare är sprickorna endast öppna i början av en regnperiod, på grund av absorption av vatten sväller snart leran och sprickorna täpps igen. Dessa faktorer måste beaktas vid t. ex. bedömning av inträffade skador på vattentäcker genom bakteriell förorening o. d. Man kan t. ex. således ej alltid utgå från att täckande lerlager i alla sammanhang utgör fullgott skydd för brunnar.

5. Nederbördsförhållanden

Nederbörd, dess totala mängd, den intensitet med vilken den faller, hur den fördelar sig över året etc. är av största vikt att känna till vid hydrogeologiska bedömningar eller undersökningar. Stationer där dessa faktorer mätes finns bara på en plats inom kartbladet nämligen vid Örebro flygplats. En närliggande station finns vid Hallsberg. Denna senare ligger dock utanför kartbladet men kan ändå anses tillräckligt representativ för södra delarna av kartbladet Örebro SV. Nederbörden för dessa stationer fördelar sig över året enligt följande (SMHI:s medelvärden för tiden 1931—1960):

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Summa
Örebro	47	38	30	37	41	55	72	82	65	56	63	55	641 mm
Hallsberg	54	33	27	36	37	50	69	75	63	57	60	48	600 mm

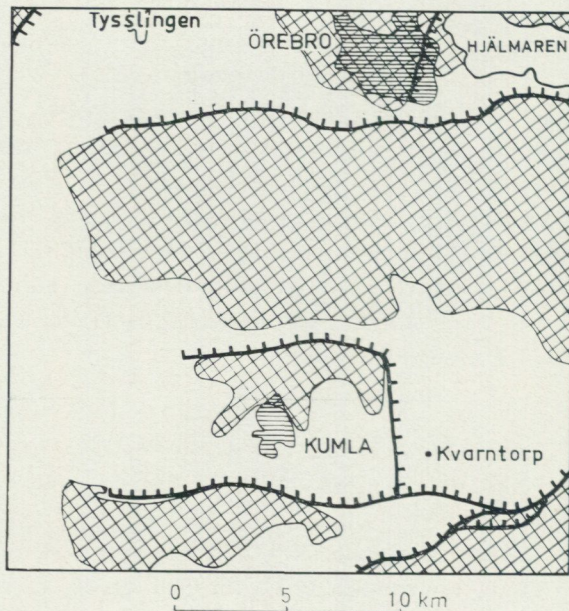
Tyvärr ger dessa värden en ej helt riktig bild av nederbörden över området beroende på i huvudsak topografiska olikheter. Här är det bl. a. Kilsbergen, vilkas östra begränsning når in i det nordvästra hörnet av kartbladet som avviker. Nederbörden är här högre än i övrigt inom kartbladet, cirka 700 mm, men då det aktuella området utgör en obetydlig del av kartbladet saknar det här större intresse. Vidare måste även framhållas att de angivna nederbördsvärdena för Örebro och Hallsberg synes vara något högre än vad som i genomsnitt gäller för själva slättområdet mellan dem. Enligt C. C. Wallens »Nederbörden i Sverige 1901—1930» är nederbörden här något lägre och uppgår till cirka 540—550 mm. Dock torde Kvarntorpsområdet och övriga höjdområden i kartbladets sydöstra hörn få mellan 550 och 600 mm i genomsnitt per år.

6. Grundvattnets allmänna uppträdande i berggrund och jordarter

6.1. Berggrunden AV C. F. MÜLLERN

6.1.1. BERGGRUNDENS UTBREDNING OCH UPPBYGGNAD

Inom området för det topografiska kartbladet 10 F Örebro SV kan berggrunden indelas i två huvudtyper, vilka avsevärt skiljer sig från varandra, nämligen urberg, i huvudsak gnejser, graniter och leptiter, samt kambrika och ordoviciska sediment. En förenklad bild av fördelningen mellan dessa inte minst från grundvattensynpunkt så olika bergarter visas i fig. 2. Av denna framgår, att bergarterna uppträder i ungefär lika utsträckning. Ca 54 % av ytan utgörs av urberg och 46 % av kambro-ordoviciska sediment.






-  **Urberg (Leptit, gnejs, granit)**
Pre-Cambrian crystalline rocks (Leptite, gneiss, granite)
-  **Kambro-Ordoviciska sediment (Sandsten, skifferlera, alunskiffer, kalksten)**
Cambro-Ordovician sediments (Sandstone, clayey shale, alum-shale, limestone)
-  **Större förkastning, nedsänkning på den taggade sidan**
Major fault, downthrow on the toothed side

Fig. 2. Fördelningen mellan urberg och kambro-ordoviciska sediment schematiserad efter E. Fromm 1971.

Distribution of pre-Cambrian crystalline rocks and Cambro-Ordovician sediments.

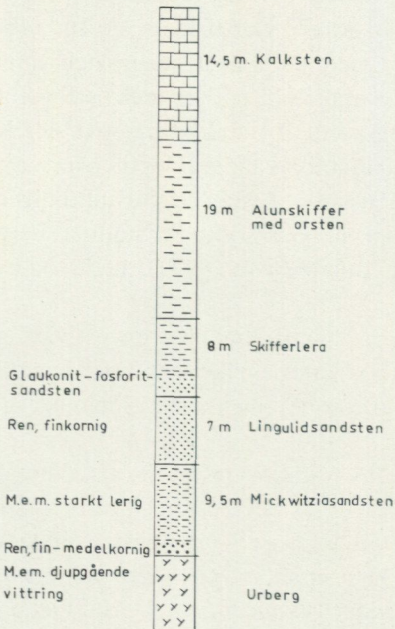
Det obetydliga urbergsområdet vid Lannafors i kartbladets nordvästra hörn utgörs av gnejs och leptit och det större området vid Örebro stadsbebyggda område huvudsakligen av granit. Kartbladets största urbergsområde söder om Örebro består av granit med ett flertal större och mindre partier av gnejsgranit samt migmatitomvandlade leptiter och sedimentgnejser. Vid Kumla påträffas granit och gnejsgranit. I området sydväst om Kumla utgörs urberget till största delen av migmatitomvandlad leptit samt av gnejs. I kartbladets sydöstra hörn, norr om Pålsboda, består det huvudsakligen av migmatitomvandlade gnejser. Dessa olika prekambrika kristallina bergarter, som beskrivits mera detaljerat av P. H. Lundegårdh (1971), utgör underlaget för de kambro-ordoviciska sedimenten.

Leptiterna och gnejserna har i allmänhet en öst-västlig till västnordväst-öst-sydöstlig strykning, men lokala avvikelser från dessa huvudriktningar förekommer. Stupningen kan variera men är i allmänhet ganska brant, vanligen 60° — 80° .

Där urberget är täckt av kambro-ordoviciska sedimentbergarter har en prekambrisk vittringsyta i urberget bevarats tack vare sedimenttäcket. Vittringen har på sådana ställen varit starkast i urbergets överyta för att successivt avta nedåt och i allmänhet helt upphöra på några meters djup. Vittringsprodukterna är främst lermineralen kaolinit och klorit. Genom att dessa mineral i viss mån är rörliga, kan de sätta igen sprickor i urbergets övre delar, vilket kan verka hindrande på vattenföringen. Det har emellertid vid brunnsborringar ofta visat sig, att just gränsen mellan sandsten och urberg är starkt vattenförande. Då den allra understa delen av sandstenen ofta är starkt vattenförande, kan det tänkas, att lermineralen vid strömningar i sandstenen spolats bort från den allra översta delen av vittringszonen och öppnat sprickorna för vattenpassage. Detta kan främst tänkas inträffa vid pumpning i en brunn, i vilket fall dock endast ett mycket begränsat område påverkas. Huvuddelen av vattnet från gränsen urberg — sandsten får därför sannolikt tillskrivas sandstenen, särskilt då denna är relativt vattengenomsläpplig i sina basala delar (se fig. 3 och tabell 1).

De kambrika och ordoviciska sedimenten utgörs av en nästan horisontellt liggande lagerserie, som i allmänhet stupar någon eller några grader mot söder. En representativ bild av lagerserien ges i fig. 3. Nedifrån räknat utgörs den av underkambrisk mickwitzia- och lingulidsandsten, vilkas mäktighet i allmänhet varierar mellan 9 och 11 m respektive 7 och 8 m. Mickwiziasandstenen har mycket ojämn sammansättning. Den innehåller dels relativt grovkorniga och vattengenomsläppliga sandiga partier i de undre lagren, särskilt där dessa ligger i svackor i urbergsytan, dels starkt leriga, för vatten svår genomsläppliga partier högre upp. Lingulidsandstenen däremot är en mycket homogen mosten med omkring 96 % SiO_2 (Ytonglaboratoriet). Endast några få och blott ett par centimeter tjocka lerskikt förekommer. De i sandstenarna uppträdande leriga partierna är tämligen plastiska, vilket innebär att eventuella sprickor tenderar

YXHULTS BERGARTER



Schematiserat efter J.Eklund 1959

Fig. 3. Borrprofil från Yxhult.

Profile of drill-core from Yxhult: 14.5 m Limestone, 19 m alum shales with stinkstone, 8 m clayey shale with basal glauconite-phosphorite sandstone, 7 m pure fine-grained Lingulid sandstone, 9.5 m more or less clayey Mickwitzia sandstone with pure fine- to medium-grained basal sandstone. Core ending in weathered pre-Cambrian crystalline rock.

att tätas. Detta gäller i högre grad mickwitziasandstenens någon meter mäktiga leriga partier och i lägre grad lingulidsandstenens cm-tjocka lerskikt, vilka sannolikt är för tunna för att åstadkomma effektiv tätning.

Ovanpå lingulidsandstenen följer mellankambrisk skifferlera, som varierar i mäktighet mellan 8 och 19 m, varav de understa ca 2 m utgörs av sandsten med glaukonit och fosforit. Skifferleran har, som namnet anger, i flera avseenden de egenskaper som kännetecknar en lera. I detta sammanhang är det främst hög plasticitet med ringa eller ingen tendens till sprickbildning samt mycket låg permeabilitet som gör bergarten i det närmaste ogenomsläpplig för vatten.

Skifferleran överlagras av överkambrisk alunskiffer vars mäktighet i Kvarntorpstrakten är 17—19 m och vid Latorp 12—15 m. På flera nivåer innehåller alunskiffern orsten i form av linser och i vissa fall bankar. Genom de relativt höga halterna av järn-, svavel- och organiska föreningar i alunskiffern är det grundvatten som erhålls ur denna bergart oftast av mycket dålig kvalitet.

De översta lagren i sedimentserien utgörs av ordovicisk ortoceratitkalksten. I Kvarntorpstrakten är närmare 20 m bevarad och nordost om Lannafors har så mycket som 30 m kalksten påträffats.

De kambro-ordoviciska sedimenten har eroderats i varierande grad från plats till plats. De ovan nämnda mäktigheterna av sandsten, skifferlera och alunskiffer är värden, vilka bara är tillämpliga där respektive bergart överlagras av en yngre.

6.1.2. BERGGRUNDENS VATTENFÖRANDE FÖRMÅGA

Grundvattenföringen i urberg är helt beroende av förekomsten av öppna sprickor, i vilka grundvattnet kan röra sig. Urbergets egen porositet och permeabilitet är så liten (se tabell 1), att ur själva bergarten inga vattenmängder, som i dessa sammanhang har någon som helst betydelse, kan utvinnas. Detta förhållande är av stor principiell betydelse för förståelsen av hur grundvattnet uppträder och hur man kan tillgodogöra sig det.

Tabell 1. Permeabilitetsvärden för olika berg- och jordarter
(i cm/tim och tryckgradient 1)

<i>Bergarter</i>		<i>Jordarter</i>	
Mickwitziasandsten, sandig (N Mossby)	0.28	Grus	20 000 — 2 000
Lingulidsandsten, moig (N Mossby)	0.026	Sand	2 000 — 200
Mickwitziasandsten, lerig (N Mossby)	0.00061	Mo	200 — 2
Granit (USA)	0.00002	Mjåla	2 — 0.002
Mörk glimmerskiffer (USA)	0.000002	Lera	0.002 — 0.00002
		Morän	0.2 — 0.00002

(Sandstenarna: SGU jordartslaboratorium, 1969; Granit och glimmerskiffer: D. W. Kessler, 1926. Jordarterna utom morän: G. Lindskog, 1964. Morän: L. Bernell, 1957. I förekommande fall är siffrorna omräknade till cm/tim och avrundade).

Genom en spricktekonisk undersökning har fastställts vilka spricksystem som förekommer inom kartbladsområdet, och vilka sprickriktningar som är mest vattenförande. Resultaten baserar sig på flygbildtolkning, kartanalys, sprickkartering i fält samt tidigare utförda geologiska arbeten i området. Avsikten med undersökningen har varit att ge den principiella bilden av de tektoniska förhållandena, så att man med utgångspunkt härifrån bättre kan bedöma, hur och var en bergborrad brunn bör anläggas. Undersökningen och den redovisade tektoniken är dock inte av sådan karaktär, att man med dess hjälp på metern när kan ange det exakta läget av bästa platsen för en enskild brunnsborring, utan får betraktas som rent principiell.

I de kambro-ordoviciska sedimentbergarterna är den primära permeabiliteten, d. v. s. bergarternas ursprungliga (före uppsprickningen) vattentransporterande förmåga, betydligt större än i urberget. (Se tabell 1.) Detta gäller främst de underkambriska sandstenarna, i synnerhet mickwitziasandstenens sandiga bottenskikt och lingulidsandstenen, vilka i motsats till mickwitziasandstenens huvudmassa är relativt rena och innehåller få lerinlagringar som kan hindra vattenföringen. Permeabiliteten i dessa bergarter är dock liten i jämförelse med den i jordarter med undantag av leror och vissa typer av morän. En beräkning av en bergborrad brunnns kapacitet med hänsyn tagen endast till bergartens primära permeabilitet ger efter jämförelse med brunnens verkliga kapacitet en god bild av hur mycket berggrundens sprickighet betyder för vattenföringen. En sådan undersökning har utförts i en brunn ca 6 km nordväst om Kumla, vid punkten 57.3 på det topografiska kartbladet och brunnnummer 69 på den hydrogeologiska kartan. Brunnen har borrats genom 6 m morän och sedan genom 16 m sandsten, varav de övre ca 4 m är lingulidsandsten och de under ca 11 m utgörs av mickwitziasandsten. Brunnen fortsätter sedan ca 20 m ned i urberget. Om man beräknar de två sandstenslagrens kapacitet med hjälp av de permeabilitetsdata, som erhållits ur sandstensproverna från Norra Mossby (se tabell 1), så skulle mickwitziasandstenen ge mellan 0.07 l/s och 0.0002 l/s beroende på vilket permeabilitetsvärde som väljs och lingulidsandstenen 0.002 l/s, allt vid en avsänkning i brunnen av 7 m. De vid provpumpningar med s. k. manschett (för avskärmning av olika delar av brunnen) erhållna kapaciteterna var för mickwitziasandstenen 0.7 l/s och för lingulidsandstenen 0.75 l/s. Dessa värden är betydligt högre än de beräknade, vilket visar att även i sandstenarna bergets sprickighet har den största inverkan på bergborrade brunnars kapacitet. De teoretiska värdena har beräknats enligt den s. k. Thiems ekvation, som gäller för konstant strömning vid jämvikt och icke artesiska förhållanden. En osäkerhetsfaktor vid beräkningarna är den teoretiska sänkrattens radie. Dess storlek är emellertid inte av avgörande betydelse. Här har den hypotetiskt satts till 40 m. En fördubbling av radien medför en ändring av kapaciteten med ca 11 procent, vilket inte nämnvärt påverkar jämförelsen. Vid de utförda provpumpningarna kan, trots foderrör, en del vatten även från moränen via sprickor tänkas komma in i lingulidsandstenen. Provpumpningarna har också haft för liten varaktighet för att fullständig jämvikt skulle kunna uppnås. Dessa osäkerhetsfaktorer innebär, att de anförda siffrorna inte är helt exakta. Jämförelsen mellan de teoretiska och faktiska kapacitetsvärdena är emellertid ändå meningsfull, eftersom skillnaden dem emellan är så stor, att det finns gott om utrymme för de osäkra momenten.

Inom kartbladsområdet är medianvärdet för den erhållna maximala kapaciteten i 100 bergborrade sandstensbrunnar, d. v. s. brunnar, som får sitt vatten endast ur sandsten, 1.35 l/s (fig. 4). Värdet har beräknats vid provpumpning i samband med borrningen och innefattar endast brunnar med 100—110 mm diameter. I brunnar med större diameter erhålls i allmänhet något större vatten-

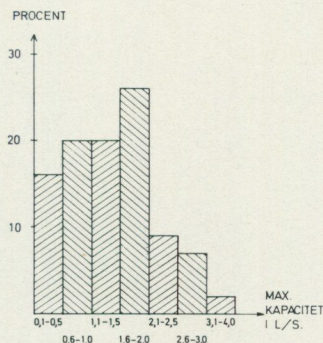


Fig. 4. Fördelning av maximala kapaciteten hos 100 provpumpade sandstensbrunnar med 100—110 mm diameter.

Distribution of maximum capacities based on data from 100 test-pumped wells in sandstone with 100—110 mm diameter.

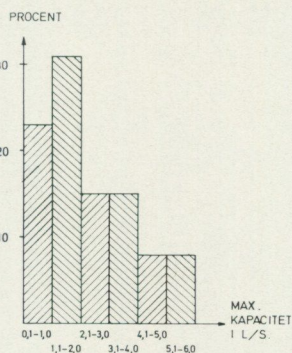


Fig. 5. Fördelning av maximala kapaciteten hos 13 provpumpade sandstensbrunnar med 150 mm diameter.

Distribution of maximum capacities based on data from 13 test-pumped wells in sandstone with 150 mm diameter.

mängder. I 13 st sandstensbrunnar med 150 mm diameter var medianvärdet 1.90 l/s (fig. 5). Medianvärdet i 50 st 100—110 mm urbergsbrunnar är 0.26 l/s (fig. 6). Sandstensbrunnarna inom kartbladsområdet ger alltså i genomsnitt omkring fem gånger så mycket vatten som urbergsbrunnarna med samma diameter. I detta sammanhang kan också nämnas, att urbergsbrunnarna i allmänhet måste borras djupare än sandstensbrunnarna, trots att urbergsbrunnarna efter passage av jordlagren gått direkt in i urberg, medan sandstensbrunnarna efter jordlagren i vissa fall passerat både kalksten, alunskiffer och skifferlera innan de gått in i sandsten. Mediandjupet av urbergsbrunnarna var 41 m och av sandstensbrunnarna 33 m (fig. 7 och 8).

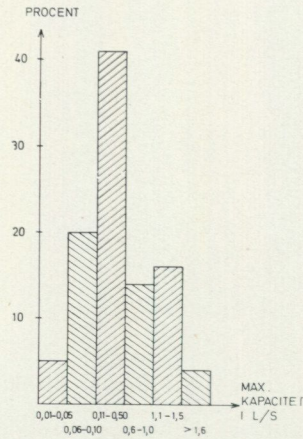


Fig. 6. Fördelningen av maximala kapaciteten hos 50 provpumpade urbergsbrunnar med 100—110 mm diameter.

Distribution of maximum capacities based on data from 50 test-pumped wells in pre-Cambrian crystalline rock with 100—110 mm diameter. For practical reasons the absciss has been made non-uniform.

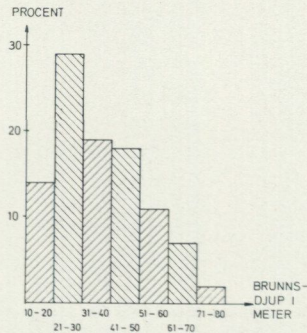


Fig. 7. Fördelningen av brunnsdjup hos 100 sandstensbrunnar.

Distribution of well depths based on data from 100 wells in sandstone.

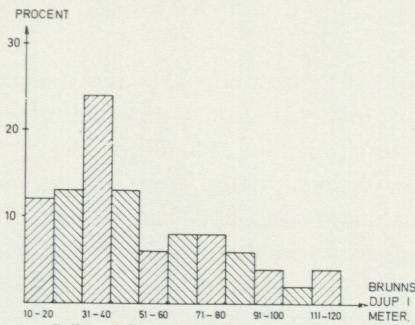


Fig. 8. Fördelningen av brunnsdjup hos 50 urbergsbrunnar.

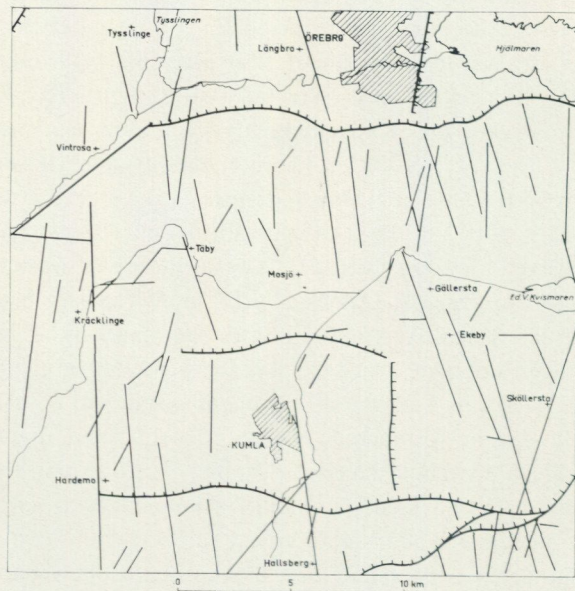
Distribution of well depths based on data from 50 wells in pre-Cambrian crystalline rock.

Kapacitetsvariationerna i bergborrade brunnar ger en god uppfattning om hur mycket den vattenförande sprickigheten i berget betyder. Permeabiliteten i sandstenarna varierar givetvis något från plats till plats men kan på grundval av undersökta borrhprover anses likartad i stort. I urberget kan den anses vara konstant och mycket låg. Kapaciteten i de nämnda sandstensbrunnarna varierade från 0.1 l/s till 3.8 l/s, vilket innebär att den rikaste brunnen gav 38 gånger så mycket vatten som den fattigaste. I urberget varierade kapaciteterna mellan 0.02 l/s och 2.6 l/s. Där gav alltså den rikaste brunnen mer än 100 gånger så mycket som den fattigaste. Dessa värden är ändå inte de mest extrema, som går att uppbringa. Det finns t. ex. många urbergsbrunnar, som inte ger något vatten alls. En osäker faktor i detta sammanhang är inverkan av den vid provpumpningen använda pumpens kapacitet på det uppgivna kapacitetsvärdet för brunnen. Det kan tänkas, att brunnens kapacitet i vissa fall är större än pumpens. Ett sådant förhållande skulle i första hand innebära, att den övre kapacitetsgränsen flyttades ytterligare uppåt. Detta skulle knappast påverka de angivna medianvärdena men däremot öka kapacitetsvariationerna, vilket ytterligare skulle understryka förhållandet att sprickigheten är av mycket stor betydelse, och att den i urberget är helt avgörande. I det följande kommer därför de olika spricksystemens ursprung, riktning och vattenförande förmåga m. m. att utförligt beskrivas.

6.1.3. FÖRKASTNINGAR OCH STÖRRE SPRICKZONER

Genom bl. a. flygbildstolkning och kartanalys iakttagna förkastningar och mer markanta indikationer på sprickzoner visas i fig. 9. Förkastningarnas natur kan anses säkert fastlagd, d. v. s. de utgör väldefinierade sprickor längs vilka berggrunden på ena sidan rört sig i förhållande till den andra. Inom kartbladsområdet har vid öst—västförkastningarna norra sidan sänkts i förhållande till den södra. Vid nordnordväst—sydsydöstförkastningarna har östra sidan sänkts i förhållande till den västra. Förkastningarna utgörs oftast av flera parallella sprickplan. Mer osäkra är de övriga indikationerna, särskilt där jordtäcket är djupt, t. ex. i områdets västligaste del, där drumlinbildningarna maskerar andra lineära strukturer. Indikationerna representerar emellertid huvudsakligen genom erosion mer eller mindre väl markerade tektoniska sprickor.

Som framgår av fig. 9 är den dominerande sprickriktningen nordnordväst—sydsydöst (jfr sprickdiagram). Denna tillkom redan i prekambrisk tid och har även senare påpräglats berggrunden. Sprickorna som löper i denna riktning är, som framgår av det följande, vertikala tensionssprickor och alltså i princip öppna. De är potentiella grundvattenledare och utgör ofta gynnsamma platser för brunnsborring. Exempel på detta är några brunnar vid Garphyttan omedelbart norr om kartbladsområdet. Av dessa är tre placerade vid skärningspunkten mellan en parallell förkastning till den nordöst—sydvästliga förkastningen, som skiljer Kilsbergen (urberg) från sedimentbergarterna i öster, och en





-  **Förkastning, nedsänkning på den taggade sidan.**
Fault, downthrow on the toothed side.
-  **Sprickzon, indikation.**
Zone of joints, indication.

Fig. 9. Större förkastningar och sprickzoner inom kartbladsområdet.
Major faults and zones of joints in the map area.

nordnordväst—sydsydöstlig sprickzon, som via Annaboda löper ner mot Garp-hyttan. Dessa brunnar ger eller har givit 4—5 l/s. En brunn i förkastningszonen ca 400 m från de tre brunnarna i den tektoniska skärningspunkten ger 1.3 l/s, medan en annan bara ca 150 m från denna plats men vid sidan av de tektoniska zonerna endast ger 0.3 l/s. (1. statsgeologen J. De Gëer muntligt meddelande och SGU:s brunnsarkiv.) Detta förhållande visar, att den nordnordvästliga sprickzonen är en betydande leverantör av vatten, som kommer uppifrån Kils-bergen.

6.1.4. SPRICKIGHETEN I URBERGET

Urbergets sprickighet har undersökts främst i vägskärningar men också i större hållpartier. Det sprickstereogram, som erhållits (fig. 10 a—b), tolkas så, att de i NV, NNV och NNÖ orienterade sprickplanen hör till en eller flera prekamb-riska spricktektoniska faser, varvid de i NNV är deformationsriktningens ten-sionssprickor, vilka medgivit framträngande av diabasmagma. De två andra är

skjuvsprickor. VNV-riktningen härrör från senare tektonik och är dess deformationsriktning med tensionssprickor. SV-riktningen är den ena skjuvriktningen och den andra, NV-riktningen, sammanfaller med en av de prekambriiska skjuvriktningarna. Detta senare tektoniska system är sannolikt ett komplex av dels senprekambrisk och dels postsilurisk spricktektonik med sammanfal-

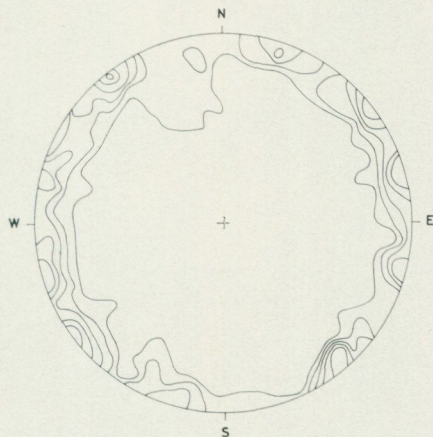


Fig. 10 a. Sprickor i urberg. Stereografisk projektion av sprickyornas normal från undre hemisfär till plan enligt Schmidt. Frekvenskurvorna: 1, 2, 3, 4, 5, 6, %. 446 observationer.

Joints in the pre-Cambrian bedrock. Stereographic projection of the poles of joints. Lower hemisphere, Schmidt's net. 1, 2, 3, 4, 5, 6 %. 446 joints.

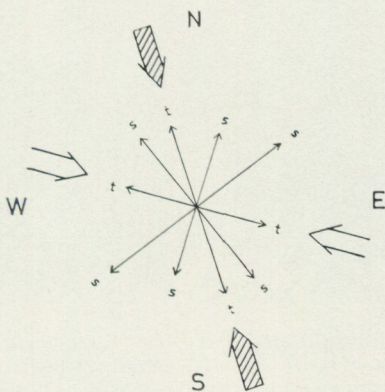


Fig. 10 b. Tolkning av fig. 10 a. Tunna pilar anger sprickighetens huvudriktningar, deras längd den relativa frekvensen. Fyllda grova pilar: prekambrisk deformationsriktning. Ofyllda grova pilar: permisk deformationsriktning. t = tensionssprickor, s = skjuvsprickor.

Interpretation of Fig. 10 a. Thin arrows: main joint direction, length indicate relative frequency. Thick filled arrows: pre-Cambrian direction of deformation. Thick unfilled arrows: Permian direction of deformation. t = joints of tension, s = joints of shear.



Fig. 11. Stor VNV—ÖSÖ-lig sprickyta, glidyta vid Tomta makadambrott. Den stora förkastningen Hallsberg—Tarstaborg går fram i platsens omedelbara närhet. Sprickytan utgör sannolikt en av förkastningens rörelsezoner. Se också fig. 12. Vatten rinner fram ur en av sprickorna, svart på bilden. Lägg märke till personen i bildens nedre vänstra hörn. Foto P. Bengtson.

Major WNW—ESE striking slip surface at Tomta quarry. The large fault Hallsberg—Tarstaborg passes very close to this locality. The slip surface probably constitutes a zone of movement belonging to the fault. See also Fig. 12. Water is seeping from one of the joints, black in the photo. Note the person in the lower left corner.

lande tensionsriktning. Antagandet stöds av de bl. a. i västra Södermanland talrikt uppträdande diabasgångarna med Ö—V- till VNV—ÖSÖ-riktning, vilka bildats i öppna sprickor under jotnisk eller närliggande tid. Enstaka sådana diabasgångar förekommer även inom det undersökta området.

De stora postsiluriska, sannolikt permiska Ö—V-förkastningarna, som påverkat de kambro-ordoviciska bergarterna, har bl. a. genom seismiska metoder visats vara tensionssprickor. Vid Tomta makadambrott, omedelbart intill en Ö—V-förkastning 4 km sydväst om Hallsberg, stupar sprickorna brant mot norr (se fig. 9, 11 och 12). Seismiska data från Ö—V-förkastningen 3 km norr om Pålsboda (SGU:s undersökningar 1969) antyder också, att förkastnings-



Fig. 12. Detalj (ca 12 m hög) av fig. 11. Det vänstra, norra, partiet har rört på sig nedåt jämfört med det södra. Foto P. Bengtson.

Detail of Fig. 11 (about 12 m high). The left northern part has moved downwards as compared to the southern.



Fig. 13. Från det numera vattenfyllda sandstensbrottet vid Norrtorp. Bilden visar ett från början horisontellt sandstenslager, som av spänningar i berget böjts upp en tid efter det att överliggande lager brutits ut. Liknande fenomen har också iakttagits i det underjordiska sandstensbrottet i Kvarntorp. Foto H. Rygne.

From the now water-filled sandstone quarry at Norrtorp. A primarily horizontal sandstone layer has been bent up by stress in the rock some time after the removal of overlying rock. This kind of phenomenon has also been observed in the underground sandstone quarry at Kvarntorp.

planen stupar mot norr. Detta, i förening med att berggrunden på förkastningarnas norra sida är nedsänkt, och att dess överyta lutar mot söder, talar starkt för att förkastningarna är tensionssprickor. En brunnsborring, som träffat en sådan Ö—V-förkastning i grustaget vid Säbylunds hållsplats och utförts år 1964 av Vattenbyggnadsbyrån, stöder denna uppfattning. Detta tektoniska spricksystem kallas här det permiska, ehuru det har sin motsvarighet också i jotnium. Tolkningen anger, att NNV- och VNV-sprickorna var öppna. Detta var förhållandet, då sprickorna bildades under då rådande spänningar i jordskorpan, vilka nu kan antas ha väsentligt förändrats och eventuellt ersatts med andra. Att spänningar förekommer, har bl. a. visat sig i sandstensbrotten i Kvarntorp (fig. 13). Innebörden är, att varje påvisad sprickriktning kan tänkas vara öppen nu och alltså vattenförande, men att NNV- och VNV-sprickorna får anses som mest gynnsamma. Sprickstereogrammet visar, att sprickigheten i dessa system i princip är vertikal. 77 % av alla sprickor stupar brantare än 75°.

6.1.5. SPRICKIGHETEN I LINGULIDSANDSTENEN

Lingulidsandstenens sprickighet har undersökts i Ytongbolagens underjordiska sandstensbrott i Kvarntorp. Mickwitziasandstenen finns inte på något ställe tillgänglig för sådana sprickmätningar som här utförts. Sprickstereogrammet (fig. 14 a—b) visar, att den dominerande sprickriktningen är SV men att även sprickor i VNV och NV förekommer.

Spricksystemet tolkas så, att VNV-riktningen är den permiska tektonikens deformationsriktning med tensionssprickor, och de två övriga är skjuvriktningarna. Vid mätningarna i Kvarntorp befanns, att SV-riktningen är starkast

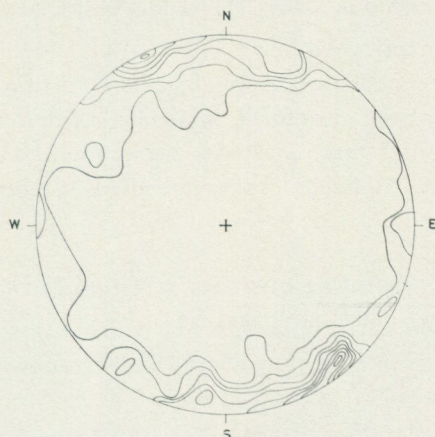


Fig. 14 a. Sprickor i sandsten. Stereografisk projektion som i fig. 10 a. Frekvenskurvorna 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 %. 96 observationer.

Joints in lower Cambrian sandstone. Stereographic projection as in Fig. 10 a. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 %. 96 joints.

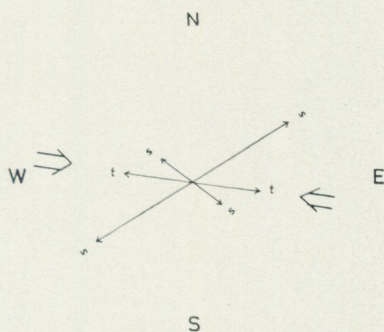


Fig. 14 b. Tolkning av fig. 14 a. Beteckningar som i fig. 10 b.

Interpretation of Fig. 14 a. Symbols as in Fig. 10 b.

markerad, vilket kan bero på att den nära sammanfaller med brytningsriktningen i sandstensbrottet och därigenom blivit förtydligad. Den relativt lilla vinkeln mellan NV- och SV-riktningarna antyder, att sandstenen varit kompetent och väl konsoliderad vid deformationen. Enligt den anförda tolkningen ger VNV-sprickorna den bästa vattenföringen, men även NV- och SV-sprickorna kan genom förändrade spänningsförhållanden vara goda vattenledare. Av stereogrammet framgår att sprickigheten i princip är vertikal. 73 % av alla sprickor stupar brantare än 75° .

6.1.6. SPRICKIGHETEN I SKIFFERLERAN

I skifferleran har inga sprickmätningar utförts. Detta beror på att den i blottat tillstånd snabbt vittrar sönder, varvid sprickigheten utplånas. Det kan även förutsättas att de sprickor som eventuellt uppstår i skifferleran snabbt tätas på grund av denna bergarts starkt plastiska egenskaper. Skifferleran får snarast betraktas som ett effektivt hinder för grundvattenströmningar.

6.1.7. SPRICKIGHETEN I ALUNSKIFFERN

Alunskifferns sprickighet har uppmätts av Walter Larsson 1940 i Yxhults skifferbrott strax väster om Kvarntorp. Sprickstereogrammet (fig. 15 a—b) visar sprickriktningar i NV, VNV och SSV. En tolkning är att de två sistnämnda är skjuvriktningar till en VSV—ÖNÖ-lig permisk deformationsriktning, som emellertid inte har några tydligt framträdande tensionsprickor. Den relativt stora skjuvinkeln i alunskiffern beror på denna bergarts större plasticitet. En

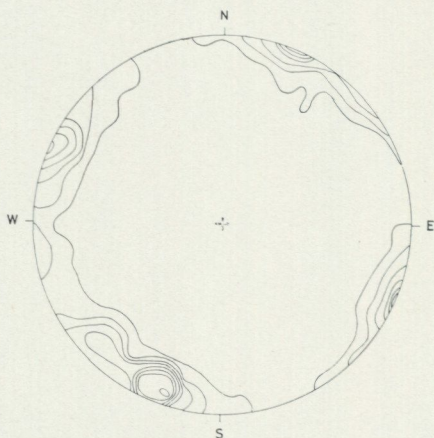


Fig. 15 a. Sprickor i alunskiffer. Stereografisk projektion som i fig. 10 a. Frekvenskurvorna 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 %. 230 observationer.

Joints in upper Cambrian alum shales. Stereographic projection as in Fig. 10 a. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 %. 230 joints.

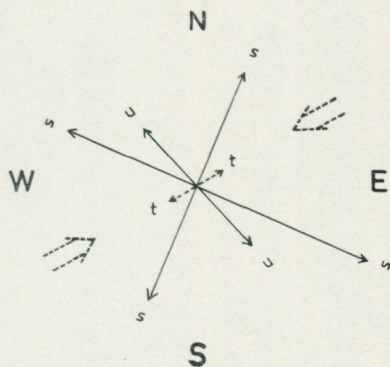


Fig. 15 b. Tolkning av fig. 15 a. Beteckningar som i fig. 10 b. u = sprickor som härleds till urbergets NNV-riktning. Streckade tunna pilar = mycket svagt markerad sprickriktning. Streckade grova pilar = en i förhållande till övriga bergarter förskjutna deformationsriktning. Huruvida denna är skenbar eller ej är osäkert.

Interpretation of Fig. 15 a. Symbols as in Fig. 10 b; u means joints related to the NNW direction in the pre-Cambrian bedrock. Dashed thin arrows = very weakly indicated direction of joints. Dashed thick arrows = in comparison to other rock types dislocated direction of deformation. Whether this is illusory or not is uncertain.

Jämförelse med de permiska deformationsriktningarna i urberg och sandsten antyder att sprickigheten i alunskiffern är förskjutna, roterad drygt 25° motsols. Om man återställer förskjutningen, kommer alunskifferns NV-riktning att sammanfalla med den starkt markerade NNV-riktningen i urberget. Samma förskjutning har konstaterats i fyra olika skifferbrott i Kvarntorpsområdet (700 sprickor). Det förefaller alltså, som om det vid den permiska tektoniken förekommit rörelser också längs urbergets NNV-sprickor, vilka slagit igenom i alunskiffern. Teoretiskt föreligger även möjligheten att rotationen skett ca 65° medsols. Detta förefaller emellertid mindre sannolikt. Vad som talar för en rotation motsols är, att en sådan omfattar endast ca 25° medan en rotation medsols omfattar 65° , och att NV-sprickorna blir svårförklarade särskilt med tanke på uppträdandet av motsvarande sprickriktning i kalkstenen. Då det inte förekommer några tydliga tensionsprickor, kan de tre påvisade sprickriktningarna av tidigare anförda skäl anses vara ungefär jämställda från vattenföringssynpunkt. Av stereogrammet framgår, att sprickigheten även i alunskiffern i princip är vertikal. 93 % av alla sprickor är brantare än 75° .

6.1.8. SPRICKIGHETEN I KALKSTENEN

Kalkstenens sprickighet har uppmätts av Walter Larsson 1940 i bröderna Jonassons gamla kalkstensbrott väster om Kvarntorp. Stereogrammet (fig. 16 a—b) visar väl markerade sprickriktningar i NV och SV samt en svag i NNV och en mycket svagt markerad i VNV. Det tolkas här så, att VNV-riktningen

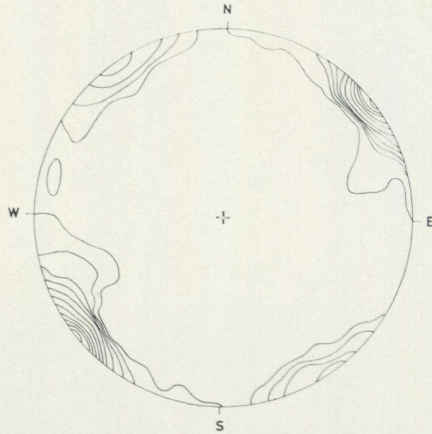


Fig. 16 a. Sprickor i kalksten. Stereografisk projektion som i fig. 10 a. Frekvenskurvorna 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 %. 439 observationer.

Joints in lower Ordovician limestone. Stereographic projection as in Fig. 10 a. 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21 %. 439 joints.

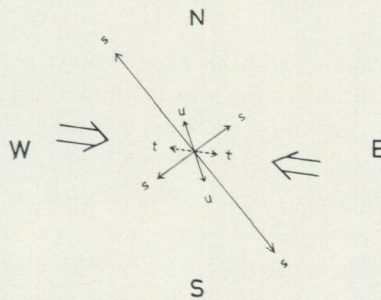


Fig. 16 b. Tolkning av fig. 16 a. Beteckningar som i fig. 15 b.

Interpretation of Fig. 16 a. Symbols as in Fig. 15 b.

är den permiska deformationsriktningens tensionssprickor. NV- och SV-riktningarna är skjuvsprickor. Skjuvvinkeln är något mindre än i alunskiffern men betydligt större än i sandstenen, vilket visar, att av de tre bergarterna sandstenen har varit minst plastisk och kalkstenen något mindre plastisk än alunskiffern. En jämförelse mellan urberget och sandstenen visar, att ingen påtaglig förskjutning av sprickriktningarna har ägt rum. I kalkstenen har urbergets utpräglade NNV-riktning slagit igenom på samma sätt som i alunskiffern men utan förskjutning. Samma sprickmönster uppträder i nio olika kalkstensbrott i Kvarntorps-trakten, Lanna och Latorp (1 100 sprickor). Då det inte heller i kalkstenen finns någon tydlig markerad tensionsriktning, kan de tre huvudsprickriktningarna på samma sätt som i alunskiffern anses vara likvärdiga ur vatten-

föringspunkt. Av stereogrammet framgår att sprickigheten i princip även här är vertikal, vilket alltså är genomgående för alla undersökta bergarter inom kartbladsområdet. 91 % av sprickorna i kalkstenen är brantare än 75°.

Principerna för sprickigheten i de olika bergarterna har skisserats i tabellform (tabell 2). Tensionssprickor är i allmänhet bäst lämpade för grundvattenutvinning.

Tabell 2

A. Prekambrisk tektonik

1. Urberget

Tensionssprickor	i NNV—SSÖ	Starkt markerade
Skjuvsprickor	i NV—SÖ	» »
»	i NNÖ—SSV	» »

B. Permisk tektonik

1. Urberget

Tensionssprickor	i VNV—ÖSÖ till Ö—V	Starkt markerade
Skjuvsprickor	i NV—SÖ	» »
»	i SV—NÖ	» »

2. Sandstenen

Tensionssprickor	i VNV—ÖSÖ till Ö—V	Starkt markerade
Skjuvsprickor	i NV—SÖ	Mindre starkt markerade
»	i SV—NÖ	Mycket » »

3. Alunskiffern

(Spricksystemet roterat drygt 25° motsols i förhållande till urberget)		
Tensionssprickor	i SV—NÖ	Mycket svagt markerade
Skjuvsprickor	i VNV—ÖSÖ	» starkt »
»	i SSV—NNÖ	» » »
Sprickor	i NV ¹	Starkt markerade
(¹ härledda till urbergets NNV-riktning)		

4. Kalkstenen

Tensionssprickor	i VNV—ÖSÖ till Ö—V	Mycket svagt markerade
Skjuvsprickor	i NV—SÖ	» starkt »
»	i SV—NÖ	Starkt markerade
Sprickor	i NNV ¹	Svagt »

(¹ härledda till urbergets NNV-riktning)

Att sandstenen saknar sprickor som kan härledas till urbergets NNV-riktning beror sannolikt på att den är mer kompetent än alunskiffern och kalkstenen. Den minst kompetenta, alunskiffern, visar den starkaste påverkan.

Samtliga dessa spricksystem är till sin natur vertikala, men avvikelser förekommer, bl. a. beroende på bergarternas inhomogenitet. Detta framförs också av E. Wiman (1942) i en undersökning baserad på ca 9 000 observationer inom Mälar—Hjälmarområdet.

Beträffande spricksystemets förskjutning (rotation) i alunskiffern kan här nämnas att R. Kaufmann (1931) har konstaterat exakt samma förhållande vid sprickmätningar i alunskiffer och kalksten på Öland. Även där synes alunskifferns spricksystem vara roterat ca 20° motsols i förhållande till systemet i den ordoviciska kalkstenen. Detta visar att rotationen inte är någon tillfällighet. Den beror sannolikt på alunskifferns mekaniska och fysikaliska egenskaper.

6.1.9. HORISONTELLA SPRICKOR

I de kambro-ordoviciska bergarterna förekommer horisontella sprickor, i huvudsak utbildade längs de olika skiktplanen i berggrunden. Dessa har ej medtagits i stereogrammen. De är emellertid ofta vattenförande och fungerar som förbindelse mellan de vertikala sprickorna, genom vilka den huvudsakliga infiltrationen av nederbördsvatten sker. En starkt bidragande orsak till denna uppsprickning längs de horisontella skiktplanen torde vara den belastande och avlastande effekt, som de kvartära nedisningarna har medfört. En annan orsak är avlastningen genom erosion och borttransport av tidigare överlagrande bergmassor. På fig. 17 visas hur ett relativt kraftigt vattenflöde bryter fram ur horisontella sprickor. Här är det undre delen av lingulidsandstenen som sprucit upp längs kontaktzonen mot mickwitziasandstenen.



Fig. 17. Bilden visar den vattenförande kontaktzonen mellan lingulid- och mickwitziasandstenen i det numera vattenfyllda sandstensbrottet vid Älvesta. Foto P. Thorslund.

Water-bearing contact zone between Lingulid (above) and Mickwitzia (below) sandstone in the now water-filled sandstone quarry at Älvesta.

Även i urbergs-, och särskilt i granitområden, förekommer genom avlastning framkallade horisontalsprickor (bankning). De uppträder emellertid i mycket mindre utsträckning än i kambro-ordoviciska bergarter, eftersom de inte sammanfaller med skikttytor. De avtar också snabbt i frekvens mot djupet.

6.1.10 SYNPKUNKTER PÅ DET PRAKTISKA UTNYTTJANDET AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

En av de viktigaste faktorerna när det gäller utvinning av grundvatten, är att sprickorna i berggrunden inom det undersökta området i helt övervägande grad är vertikala eller nära vertikala. I urberget och sandstenen, vilka är de för grundvatten vanligaste utnyttjade bergarterna, står mellan 70 och 80 % av alla sprickor brantare än 75° . Detta innebär, att om man borrar vertikala brunnar, vilket är det vanliga, så kommer brunnen att bli nära parallell med de flesta sprickor. Brunnen kommer att på så sätt träffa endast ett relativt fåtal sprickor. Om brunnen däremot borrar snett, d. v. s. i vinkel mot vertikalplanet, ökar sannolikheten att man träffar sprickor och därmed också möjligheterna att få vatten. Sannolikheten att träffa sprickor växer med ökande vinkel. Dylåka brunnar, d. v. s. där brunnen borrar i vinkel mot vertikalplanet, kan utföras med de moderna tryckluftsdrivna bormaskiner som nu finns i marknaden. Även lämpliga pumptyper finns.

För att öka möjligheterna att träffa vattenförande sprickor, bör man borra brunnen vinkelrätt mot de rikast vattenförande s. k. tensionssprickorna, vilkas riktning redovisas i tabell 2. Optimala resultat nås, om man kan borra i skärningspunkten mellan flera vattenförande sprickor. Detta kräver emellertid närmare undersökningar vid varje enskild borrhålsplats och torde vara aktuellt endast vid behov av större vattenmängder. Vid privata brunnsborrningar, t. ex. för husbehov, måste val av brunnsplats i de flesta fall göras inom mycket begränsade områden, oftast mindre än 75 meter från förbrukningsstället. Möjligheterna att man inom så begränsade områden påträffar större sprickzoner kan anses vara mycket små. Vad man däremot kan göra, är att borra brunnen i gynnsammast möjliga vinkel i förhållande till de allmänna sprickriktningarna. I områden där man kan utvinna vatten ur sandsten, får en borring, som lutar ca 60° från horisontalplanet med riktning NNÖ—SSV anses som mest gynnsam mot bakgrund av här anförda skäl. I urbergsområden har man flera sprickriktningar att ta hänsyn till. Motsvarande gynnsamma borriktning där torde vara NNÖ—SSV till ÖNÖ—VSV med ca 60° lutning från horisontalplanet.

Det bör kanske påpekas, att de nämnda borriktningarna ingalunda är de enda, som kan ge goda resultat. Som tidigare nämnts, kan nämligen snart sagt varje sprickriktning tänkas vara vattenförande. Andra riktningar än nämnda huvudriktningar får dock i allmänhet tillmätas mindre möjligheter.

Ett annat viktigt förhållande, som bör iakttagas vid rekognoscering av lämpliga platser för bergbrunnar, är att spricksystemen oftast är bäst utbildade i topografiskt låga partier, t.ex. dalgångar, sänkor o.d. Möjligheterna att finna vatten i bergklackar eller höjdområden är oftast små, då spricksystem här ofta saknas helt eller är svagare utbildade. Detta sammanhänger med att dylika höjdområden bildligt talat kan sägas ha utgjort stela block, mellan vilka sprickzoner utbildats. Man bör således i allmänhet eftersträva att lokalisera bergborrade brunnar till låglänta delar av terrängen, gärna längs kanten av själva sänkan och ej i mitten. Detta för att undvika att eventuellt förorenat ytvatten samlas i närheten av brunnen och förorenar den. Såväl grundvatten som ytvatten strävar mot topografiskt låga partier, varför de i sådana lägen ofta väl utbildade spricksystemen också i allmänhet är rikligt vattenförande. Ett annat förhållande, som i detta sammanhang förtjänar att påpekas, är att ljusa bergarter i allmänhet för mer vatten än mörka. Detta beror på mörka bergarters större tendens att vid vittring ge upphov till lermineral, som kan sätta igen sprickor och därmed hindra vattenföringen.

6.2. Jordarterna

AV Å. MÖLLER

6.2.1. ISÄLVSAVLAGRINGAR OCH DERAS UTBREDNING

Nedan redovisas de viktigaste förekomsterna av isälvsmaterial. Någon detaljerad geologisk beskrivning lämnas ej här. För detta hänvisas till den geologiska kartbladsbeskrivningen, SGU, Ae 5.

Den största isälvsavlagringen inom kartbladet är Hallsberg—Kumlaåsen, vilken sträcker sig genom den centrala delen av kartbladet i nord—sydlig riktning. Åsens storlek varierar väsentligt, från en mäktighet av 25—30 m och en bredd av 500—700 m i norr till en mäktighet av 5—8 m och en bredd av 40—60 m i söder. Med denna variation i åsens uppbyggnad följer givetvis motsvarande olikhet i vattenförande förmåga. En väsentligt mindre ås är Pålsboda—Glanshammarsåsen, som förekommer inom kartbladets sydöstra del. Denna ås är relativt blygsam men torde ändå ha intresse ur vattenutvinnings synpunkt för bl. a. Sköllerstrakten. I västra delen av kartbladet är den s. k. Hardemoåsen belägen. Den sträcker sig i nord—sydlig riktning genom hela kartbladet men är som de övriga åssystemen inom kartbladet ej en sammanhängande hydraulisk enhet utan uppdelad i ett flertal smärre grundvattenmagasinsområden. På ett flertal ställen inom denna ås finns goda möjligheter till grundvattenuttag.

En mindre åsbildning, Åbytorpsåsen, finns strax öster om samhället Åbytorp. Åsen är emellertid mycket blygsam i fråga om såväl djup som bredd och torde sakna större intresse ur grundvattensynpunkt.

6.2.2. JORDARTERNAS VATTENFÖRANDE FÖRMÅGA

Morän

Moränen saknar i allmänhet intresse i grundvattensammanhang då jordartens låga vattengenomsläpplighet eller permeabilitet medför att i flertalet fall relativt små vattenmängder går att utvinna ur en brunn, från några få liter till ca 500 liter per dygn. Anledningen till denna stora kapacitetsvariation är att söka i flera faktorer. Till exempel lämnar brunnar i topografiska lågområden såsom svackor eller sänkor oftast mer vatten och är framför allt mindre känsliga för torrperioder än brunnar utförda på kullar o. d. Detta beror bl. a. på att brunnar i lågpunkter får ett större nederbördsområde och utnyttjar således ett större grundvattenmagasin än brunnar belägna på höjder. Vidare är moränen mycket heterogen i sin uppbyggnad och mer sandiga eller grusiga linser kan förekomma eller helt saknas. Då det är dessa mer vattengenomsläppliga linser som är de huvudsakliga vattentransportörerna i moränen inses lätt att en brunns kapacitet kan variera kraftigt inom ett relativt litet markområde. Förekomsten av sådana sand- och grusskikt i moränen är mycket svår att förutsäga, generellt kan dock nämnas att en brunn som nedförs i morän bör göras så djup att den når ner till underliggande berggrund. Ofta är nämligen moränen inom de närmaste decimetrarna ovan berggrunden något mer sandig och det är här som det mesta grundvattnet går att utvinna.

Lera

Lera är ur grundvattenutvinningssynpunkt föga intressant. Brunnar nedförda i enbart denna jordart ger mycket litet vatten, vid brunnar som uppges lämna mycket vatten är det i stället så att de går igenom lerlagren och utnyttjar vatten från under leran befintliga jordarter. Det är som vid moränjordar nämligen ofta så, att lerans bottenlager kan innehålla smärre sand- eller moskikt, vilka kan lämna mindre vattenmängder. När brunnen emellertid inte ned i dessa lager blir vattentillgången mycket ringa och torde enbart räcka till för smärre hushåll.

Isälvsavlagringar

Isälvsavlagringar i form av sand- och grusåsar är våra bästa grundvattenledare. Detta hänger samman med den stora effektiva porositet och höga permeabilitet som dessa sorterade jordarter har. I grus och grov sand kan hastigheter på grundvattenströmmen på mellan 1 och 3 m/dygn förekomma, i mellansand är hastigheten avsevärt lägre, i normala fall 0.1 till 0.3 m/dygn och i grovmo 0.01—0.005 m/dygn. Då hastigheten dessutom varierar med bl. a. materialets packningsgrad och grundvattenytans lutning bör ovan nämnda värden enbart betraktas som riktvärden.

Då en brunns förmåga att leverera vatten till största delen är avhängig av omgivande jordarters vattentransporterande kapacitet förstås lätt att en brunn nedförd i grus kan lämna mycket mer vatten än en brunn nedsänkt i fin sand. Av denna anledning bör brunnar anläggas i de delar av åsarna där de mera grusiga jordarterna finns.

7. GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

7.1. Grundvattentillgångarna i isälvsavlagringar

AV Å. MÖLLER

7.1.1. ALLMÄNT

I det följande redovisas de olika grundvattenmagasinen inom de viktigaste isälvsavlagringarna. Speciell vikt har fästs vid fastställande av grundvattendelare, grundvattnets strömningsriktning inom de olika grundvattenenheterna, förekomst av källor o. d. Med kännedom om dessa data kan bl. a. överslagsmässiga bedömningar göras av de olika magasinens kapacitet. Särskild vikt har även lagts på den kvalitativa sidan och ett flertal analyser på grundvatten från olika källor och brunnar m. m. har utförts. Dessa data behandlas i ett separat kapitel.

På den hydrogeologiska översigtskartan i 1:50 000 redovisas såväl hydrografiska data såsom diken, vattendrag, sjöar o. d. som hydrogeologiska data, d. v. s. i främsta hand grundvattenytans nivå i meter över havet, grundvattendelare, grundvattnets huvudsakliga strömningsriktning samt källor och andra utsläppspunkter. Dessa senare data är baserade på en omfattande inventering av såväl grävda som borrhade brunnar belägna i och i omedelbar närhet av åssystemen samt data från olika ingenjörfirmor och där gjorda grundvattenundersökningar. Grundvattenytorna har avvägts och de angivna nivåerna avser förhållandena i början av juli 1969. De angivna värdena har avrundats till närmast hela meter och någon hänsyn till grundvattenytans fluktuation över året har ej tagits. Då dessa fluktuationer speciellt i sand- och grusåsar oftast är mindre än en meter under året och då ändringarna sker tämligen likartat utom för delar där grundvattennivån regleras av ett ytvattendrag, pumpning m. m. är detta av mindre betydelse vid betraktande av åsen som helhet. I områden där det varit mycket glest mellan observationspunkterna har undersökningsrör neddrivits i SGU:s regi och jordlagerföljden och grundvattenytans nivå fastställts. Vidare har från större kommunala vattentäkter uppgifter på den uttagna vattenmängden införskaffats. De uttagna vattenmängderna redovisas i separat kapitel.

Med hjälp av grundvattennivålinjerna kan man utläsa vilka delar av åsen som är »dränerande» respektive »läckande». Med dränerande menas att grundvattenytan i åsen är lägre än i omgivningen vilket medför att grundvattnet rör sig från kringliggande områden in mot åsen. Uttag i åsen medför här lätt att närliggande brunnar kan komma att dräneras, likaså är möjligheterna stora att en eventuell förorening i områden nära åsen kan komma in i själva åsen och påverka dess grundvatten. Med en läckande ås menas att grundvattenytan i åsen står högre än i omgivande områden. Detta är oftast en följd av att lera täcker de lägre liggande åsdelarna och så att säga vallar in åsen och inneliggande grundvatten. Brunnar utförda i nederdelen av åsslutningen kan under sådana betingelser bli självrinnande om de penetrerar lerlagret. En läckande ås kan bli dränerande om den naturliga grundvattensituationen ändras genom t. ex. stora uttag. Vid en dränerande ås är nivålinjerna konkava i grundvattenströmmens riktning medan de vid en läckande ås är konvexa.

I de inom kartbladet förekommande åsbildningarna har där så varit möjligt fastställts var åsarna har varit av dränerande eller läckande typen. Detta har skett genom jämförelse av grundvattenytorna i åsarna med omgivande terräng, antingen genom avvägning eller genom skattning av nivåerna. Ligger grundvattenytan i åsen högre än grundvattenytan i omgivningen, är åsen av den läckande typen. En indikation på detta är förekomsten av källor i foten av åsen, jfr källan K 14. Är grundvattenytan i åsen lägre än i närliggande bildningar, är den av den dränerande typen, t. ex. Pålsboda—Glanshammarsåsen mellan Åkerby och Sköllersta.

7.1.2. HARDEMOÅSEN

Den södra delen av denna ås, d. v. s. sträckan mellan södra kartgränsen vid Brändåsen och norrut till Kräcklinge har gemensamt undersökts av Vattenbyggnadsbyrån och Kommunernas Konsultbyrå LBF och redovisas i »Utredning angående grundvattentillgången inom Kumla—Hallsbergsregionen» vars slutredovisning är dagtecknad 20/11 1968. Häri anges bl. a. att åsen har ett sammanhängande grundvattensystem mellan Vissbomom och Kräcklinge. Den totalt inom detta område uttagbara vattenmängden anges till cirka 30 l/s. I det förstnämnda kan dock icke helt instämmas, i stället torde fyra grundvattensystem föreligga inom själva kartbladsområdet. Vad beträffar uttagbara vattenmängder är detta svårare att bestämma. Med hänsyn till det stora område det gäller verkar dock den angivna mängden väl låg. I det följande beskrivs de olika grundvattensystemen var för sig med början i norra delen av kartbladet.

Tysslingen—Sanna

Det första grundvattensystemet omfattar sträckan mellan E 18 vid Sanna och norrut till sjön Tysslingen. Inom denna delen av åsen verkar sjöns samt Svartåns nivåer reglerande på grundvattennivån. Grundvattendelaren strax norr om Ängsholmen är mycket obetydlig och grundvattenytan är här bara en eller två decimeter högre än vid Tysslingen och Svartån.

Svartån skär igenom åsen och grundvattenytan följer här helt åns fluktuationer. Detta har konstaterats genom kontinuerliga observationer via observationsrör under två månader. I det stora dräneringsdiket strax söder om Svartåns korsning med åsen läcker grundvatten fram; här uppmättes i juli 1969 en vattenmängd av 25 l/min med en temperatur av 6.0° C. En åren 1968—1969 av SGU utförd undersökning av uttagbar mängd naturligt grundvatten inom hela detta åsavsnitt gav värdet 7—10 l/s. Kvaliteten på vattnet var utan anmärkning inom den centrala delen av åsen, däremot hade grundvattnet relativt höga järn- och manganhalter i den norra delen av åsen, som är täckt av lera och som sträcker sig från i höjd med Rumboholm mot Irvingsholm. Denna åsträckning är ej inlagd på den geologiska kartan då den är helt dold av lera. Att den verkligen förekommer är dokumenterat av borrhningar och seismiska undersökningar i området strax norr om järnvägen (se fig. 18, 19).

Söder om Sanna följer ett mindre grundvattensystem som avrinner mot väster. Området saknar större intresse ur grundvattensynpunkt.

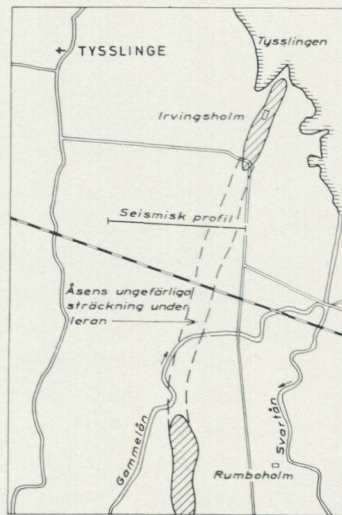


Fig. 18. Läge av seismisk profil vid Tysslinge.

Location of seismic profile at Tysslinge.

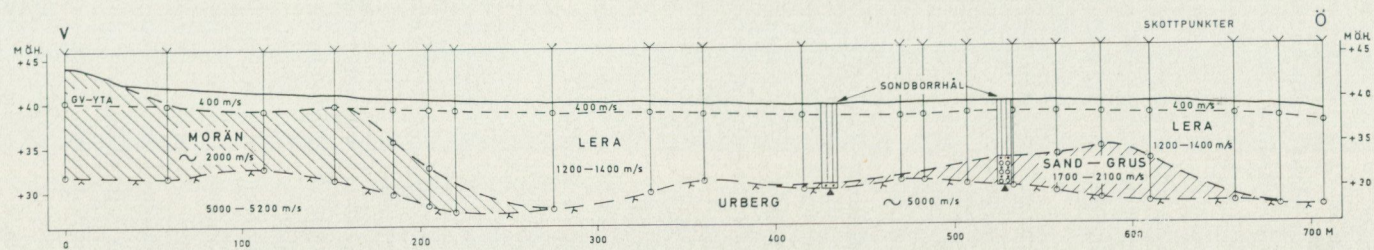


Fig. 19. Jord- och berglagerförhållanden vid platsen för den seismiska profilen vid Tysslinge.

Bedrock and soil conditions along the seismic profile at Tysslinge.

Hässelkulla—Karlslund

Det andra större grundvattenssystemet sträcker sig från i höjd med Hässelkulla söderut till Karlslund, en sträcka av ca 3 km. Grundvattnets strömningsriktning är mot söder och den huvudsakliga utläckningen sker vid källan K 5 via ett dräneringssystem. Smärre utläckningar sker vid K 3 och K 4. Ca 200 till 300 m norr om Karlslund har grundvattnet sin lägsta nivå, någon direkt utläckning av grundvatten har dock ej påträffats här. Att sådan förekommer måste anses som säkert. Området är genomkorsat av täckdiken och det är förmodligen genom dessa grundvattnet försvinner. Mätningar i dessa rörsystem har dock ej gått att göra. Lämplig plats för framtida eventuell vattentäkt bör med anledning av ovan redovisade förhållanden vara i närheten av gården Höjden. Den här uttagbara grundvattenmängden kan uppskattas ej uppgå till mer än cirka 4—6 l/s på grund av åsens höga topografiska läge samt relativt ringa mäktighet.

Karlslund—Lerbo

Söder om Karlslund rör sig grundvattenströmmen mot väster för att till en del dräneras ut vid Nybble. Resten av grundvattnet rör sig mot söder och sydost för att på bred front via dräneringsdiken nå Täljeån. Grundvattennivån här är mycket flack och inget speciellt grundvattenutsläpp har konstaterats. Mängderna torde även vara små. Den sammanlagt utläckande vattenmängden vid K 3 och K 4 uppmättes i juli till 0.5 l/s men mer vatten torde försvinna via de tidigare nämnda täckdikningssystem som finns längs åsens östra sida och som tyvärr ej gått att närmare undersöka.

Rösan—Kräcklinge

Hardemoåsen gör ett uppehåll och en kastning i sidled i området söder om Nybble. Något hydrauliskt samband finns ej mellan de tidigare nämnda grundvattenssystemen och den del av Hardemoåsen som börjar vid Rösan och sedan oavbrutet sträcker sig vidare söderut till kartbladsgränsen vid Brändåsen. Ett mindre grundvattenssystem är utbildat mellan Rösan och Kräcklinge. Åsen är i de norra delarna topografiskt sett högt belägen och en del grundvatten rinner här ut åt öster via källan K 6. Söderut omges åsens lågpartier av lera och grundvattnet från detta område har sitt utlopp vid K 7, där ett större dike tjänstgör som dränering. Här uppmättes en utläckning av 7 l/s i mitten av juli 1969. Att vattenmängden här var så relativt stor torde främst bero på de gynnsamma infiltrationsförhållandena som råder i den norra delen av åsen mellan Strängstorp och höjdpardiet nordväst därom. Mycket av det här fallna nederbördsvattnet avrinner nämligen från berg- och moränområdena mot sydost, infiltrerar i åsmaterialet och förenar sig med grundvattnet.

Kräcklinge—Norrby

Ett av de största enhetliga grundvattenområdena sträcker sig mellan Kräcklinge och söderut till Götabro—Norrby. Grundvattenströmmen har sitt naturliga utlopp vid K 8 där Täljeån korsar åsen. Det har varit omöjligt att fastställa den här utläckande grundvattenmängden på grund av den höga vattenföringen i Täljeån. Grundvattenytan är inom hela området mycket flack och en viss dränering åt öster via diken o. d. torde förekomma. Grundvattnets kemiska beskaffenhet kan inom området bedömas vara mindre bra, särskilt inom de norra och centrala delarna av åsen på grund av ringa omsättning av grundvattnet och på grund av inverkan från den åsen bitvis täckande leran. Det är speciellt höga järn- och manganhalter som kan förekomma. De totalt uttagbara mängderna grundvatten inom detta grundvattenmagasin torde uppgå till cirka 8—12 l/s.

Norrby—Skyberga

Mellan Götabro—Norrby och området omedelbart norr om vägskälet vid Skyberga förekommer ett mindre grundvattenområde. Grundvattnet rör sig mot källorna K 9 A—B. Grundvattnet läcker här ut på flera ställen längs ån, de totala mängderna torde vara ganska ringa. Ett totalt uttag på ett par sekundliter torde dock vara möjligt.

Skyberga—Kvarntorp

Det sista av de större grundvattenområdena inom Hardemoåsen sträcker sig mellan Hardemo och Kvarntorp—Brändåsen. Grundvattenströmmen börjar i söder vid foten av Nälbergshammaren och rör sig mot norr för att dräneras ut vid K 10 och K 11. Vid K 11 läcker grundvatten ut till Lannabäcken längs en ca 150 m lång sträcka. Här uppmättes 7—8 l/s i mitten av juli. Vid K 10, d. v. s. där Länsbäcken och Lannabäcken möts rinner resten av grundvattnet ut. Någon mätning av denna mängd har ej kunnat göras men torde uppgå till ett par sekundliter. Vid K 12 sker även en viss utläckning, någon mätning har ej heller här kunnat göras, mängden kan dock uppskattas till 1—3 l/s.

Grundvattenytan lutar relativt litet mot norr mellan Lötåsen fram till Högtorp för att därefter falla ganska kraftigt fram mot K 11. Denna skillnad kan bero på att berggrunden inom den södra delen är något högre belägen än inom den norra och därför så att säga dämmer upp grundvattennivån. En annan anledning kan vara att jordartsmaterialet i norra delen är något finare än i den södra, vilket medför ett ökat strömningsmotstånd med kraftigare fall på grundvattenytan som följd. Vilken anledningen nu än kan vara bör framtida eventuella vattentäkter placeras i åsen dels i närheten av K 11 och dels längre söderut, lämpligen i närheten av K 12. Med denna fördelning av uttagspunkter erhålles de största uttagsmöjligheterna inom detta grundvattenmagasin.

7.1.3. KUMLA—HALLSBERGSÅSEN

Denna, speciellt i de norra delarna av kartbladet mycket mäktiga ås, utgör en geologisk men flera hydrologiska enheter. Längst i norr delar sig åsen i två grenar, den västra kallad Karlslund—Kilåsen och den östra Örebroåsen. Inom den västra delen är Örebro stads grundvattenverk beläget. De här förekommande infiltrationsbassängerna och brunnarna reglerar grundvattenytorna och gör det omöjligt att för närvarande bestämma eller återge grundvattenytans ursprungliga nivå. Av denna anledning redovisas inga grundvattenstånd från detta område. Inom den östra åsdelen redovisas ej heller grundvattenytorna i någon större grad beroende på svårigheten att erhålla säkra data. Anledningen till detta är bl. a. att grundvattenytan ställvis varierar starkt på grund av byggnation, lokala brunnar o. d.

Adolfsberg—Täljeån

Åsområdet söder om det stora vägkorset väster om Adolfsberg och fram till norra delen av Kumla stad bildar ett sammanhängande grundvattenområde. Grundvattnet rör sig i åsområdet norr om Täljeån mot söder och söder om Täljeån mot norr. Av detta följer att systemets lågpunkt återfinns i åsens skärning med Täljeån och här har även grundvattenläckage tydligt konstaterats.

Betraktar vi till att börja med den norra åsdelen verkar denna i området närmast söder om vattendelaren vid vägkorset starkt dränerande på omgivningen till i höjd med vattentäkten för Mobacka. Därefter blir åsen av den läckande typen till i höjd med Mosjö vattentäkt, varefter den åter är dränerande. Vid källan K 13, den så kallade Gällö brunn, rann under juni och juli 1969 ut mellan 6 och 8 l/s, vattenuttaget för den närliggande vattentäkten var under året i genomsnitt ca 2.5 l/s. Den här totalt avbördade vattenmängden blir därför ca 10 l/s, och motsvarar enbart en del av den i åsen totalt framrinnande grundvattenmängden. Enligt en av Allmänna Ingenjörbyrå utförd provpumpning av Mosjö vattentäkts brunn gick det ur denna att uttaga cirka 20—22 l/s med en avsänkning av 2 m i brunnen. Brunnen består av betongringar med diametern 1.8 m, har ett djup av 12 m och utfördes 1957. Vattenytan står, om ej pumpning pågår, cirka 6 m under markytan. Den uttagbara vattenmängden verkar dock något låg och borde varit större om en lämpligare brunnstyp kommit till användning. En modern grusfilterbrunn har oftast ett väsentligt lägre inströmningsmotstånd och kan använda och utnyttja en avsevärt större avsänkning och därmed få ett större influensområde än vad en med betongringar utförd brunn förmår. En dylik brunn torde, speciellt i detta fall med så mäktiga vattenförande jordlager, varit lämpligare.

Åsen är inom större delen av det aktuella området kraftigt svallad på ömse sidor. I svallmaterialet på västra sidan av åsen har en övre grundvatten-nivå konstaterats. Detta lokala grundvattenmagasin saknar dock intresse ur

vattenutvinningssynpunkt annat än för lokala småbrunnar. Dylåka brunnar löper stor risk att sina vid nederbördsfattiga år. Risken för förorening är även större i dessa brunnar jämfört med brunnar som hämtar sitt vatten ur själva huvudåsen. Detta åskådliggöres principiellt på fig. 20. Brunn 2 på bilden kan dock förbättras väsentligt om den nedförs genom lerlagret till det tunna sandskiktet. Brunnen blir i så fall självdrinande genom att vattnet kommer från huvudåsen där grundvattnet står högre än vid platsen för brunn 2.

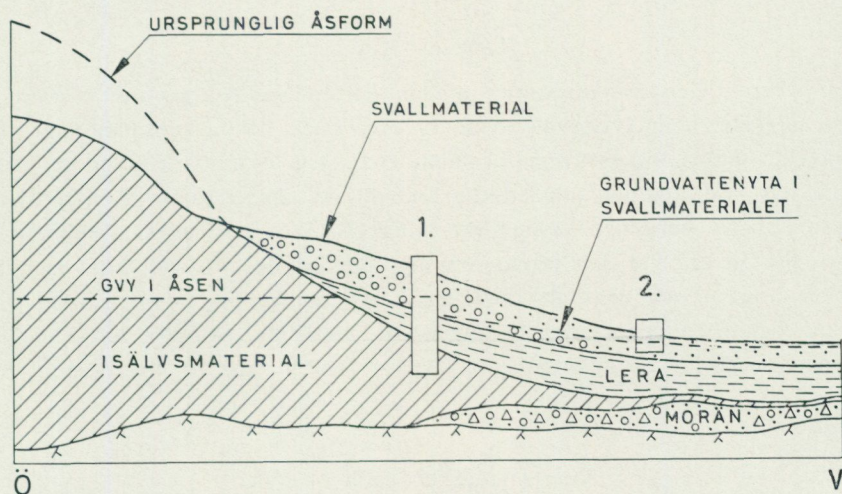


Fig. 20. Principiell bild av grundvattensituationen längs västra kanten av den kraftigt svallade åsdelen mellan Mobacka och Norrgårda. Brunn 1 är nedförd i åsens huvudavlagringar, medan brunn 2 är nedförd i svallmaterial.

Schematic profile across the esker at Mobacka—Norrgårda. Well 1 is using ground water from the main aquifer, well 2 is using perched ground water.

I svallmaterialet öster om åsen är förhållandena likartade, vid läckaget vid K 14, 1—3 l/s, kommer dock grundvattnet från själva åsen och ej från svallmaterialet. Vid en här utförd grundvattenundersökning (AIB 1954) befanns jordlagren bestå av 2—3 m lera följd av 5 m sand och grus, varefter följde sten eller berg. En propumpning gjordes varvid 10 l/s uttogs utan svårigheter, avsänkningen var då cirka 2 m vid pumpplatsen. Vattenkvaliteten var utan anmärkning.

Vid det gamla lertaget strax öster om K 14 dräneras ytterligare 3—5 l/s ut via ett flertal mindre diken. Anledningen till dessa utläckningar kan vara att åsen i och med avsmalningen norr om Mosås har så låg transporterande kapacitet att överskottsgrundvattnet läcker ut i nämnda källområde. Av grundvattenytans nivå indikeras att riktningen av huvudströmmen fortfarande är mot söder.

Utläckning av grundvatten vid åsens skärning med Täljeån har konstaterats genom temperaturmätningar i åns botten och längs dess sidor i området ca 150—200 m väster om den gamla landsvägsbron. Någon beräkning av den uttrinnande vattenmängden har ej gått att göra på grund av det stora vattenflödet i ån.

De uttagna vattenmängderna inom åsen är relativt blygsamma, tillsammans uppgår de totalt till ca 5 l/s för vattenverken vid Mobacka, Mosås samt cementfabriken vid Mosås.

Täljeån—Kumla

Inom större delen av åsavsnittet mellan vattendelaren norr om Kumla och fram till Täljeån är grundvattenytan mycket flack. Detta sammanhänger med de mycket jämna topografiska förhållandena. Den utvinnbara mängden grundvatten har i »Utredning angående grundvattentillgången inom Kumla—Hallsbergsregionen» beräknats uppgå till minst 10 l/s. Vattenbeskaffenheten var till en början bra vid den provpumpning som gjordes vid Säbylund men blev snabbt sämre i och med att höga järn- och manganhalter uppträdde. Färgstyrkan och permanganatförbrukningen var även hög, troligen berodde denna kvalitetsförändring på inläckning till åsen av vatten från Ekebymosse.

Kumla stadsbebyggda område

Nästa grundvattenmagasin är till största delen beläget inom själva Kumla stad. Området begränsas i norr av vattendelaren vid Södra Mos och söderut av en vattendelare belägen ca 1 km norr om Blacksta. Grundvattenytan inom själva isälvsavlagringarna är mycket flack men stiger snabbt mot väster in mot stadskärnan. Inom de här förekommande svallsandsområdena är grundvattenytan ej avhängig av nivån i de primära isälvsavlagringarna. Den ur huvudåsen totalt uttagna vattenmängden uppgår till i genomsnitt ca 14 l/s enligt uppgift från Kumla stad (1969). Den maximalt uttagbara grundvattenmängden anges i »Utredning angående grundvattentillgången inom Kumla—Hallsbergsregionen» till 19 l/s.

Blacksta—Berga

Det södra och sista grundvattenmagasinet inom denna ås är beläget mellan området strax söder om Kumla stad och vattendelaren strax nordöst om Hallsberg. Åsen är föga utbildad inom den södra delen. Mot norr i närheten av vattentäkten vid Blacksta är den däremot över 400 m bred och har ett djup av mellan 20 och 30 m. Åsen är speciellt mellan Sanna och Norrby kraftigt svallad, vilket medför att man här ofta finner en övre oregelbunden grund-

vattenyta representerad av vattenstånden i grävda brunnar längs åssidorna. Den undre och jämna grundvattenytan, huvudsakligen representerad av vattenstånden i borrhade brunnar, lutar mot norr och grundvattenmagasinets naturliga utlopp var tidigare vid Ralaåns skärning med åsen strax norr om Blacksta, källa K 16. På grund av den nuvarande vattentäkten i detta område har flödet i källan nu i det närmaste upphört. Den maximalt uttagbara naturliga grundvattenmängden är angiven till cirka 23 l/s (VBB — K-Konsult, 1968).

7.1.4. ÅBYTORPSÅSEN

Åbytorp

Denna ås är mycket blygsam till utbredning och djup och består vid Åbytorp till övervägande del av sand och mo. Åsen synes här ha blivit kraftigt om-lagrad på grund av sitt exponerade läge mot öster och sydöst. Någon egentlig grundvattenström kan man ej tala om i denna åsbildning, grundvattenytan är mycket flack och det mesta grundvattnet torde inom Åbytorps-området rinna ut på bred front i östlig riktning via dräneringar. Samhället baserar sin vattenförsörjning på bergborrade brunnar, en i södra delen av samhället och en i norra. För närvarande synes enbart den södra användas och den genomsnittliga kapaciteten uppgick under 1968 till ca 0.8 l/s. Möjligheterna att utvinna några större vattenmängder ur isälvsavlagringarna finns troligen ej, detta främst beroende på åsens ringa mäktighet och dåliga hydrauliska kapacitet. På grund av den föroreningsrisk som bebyggelsen utgör kan åsen av denna anledning ej heller anses lämplig. För enskilda gårdar, speciellt i området norr om Åbytorp, bör det dock finnas vissa möjligheter att utvinna tillräckliga vattenmängder ur lämpligt utförda brunnar.

7.1.5. PÅLSBODA—GLANSHAMMARSÅSEN

Pålsboda—Sköllersta

Denna ås är belägen i kartbladets sydöstra del mellan samhällena Pålsboda och Sköllersta. Norr om Sköllersta gör åsen ett kast åt öster och försvinner ner under ler- och torvmarkerna vid Kvismaren. Åsen är ej särskilt mäktig, i allmänhet ca 10—15 m bred och 8—12 m djup. I trakten av Åkerby är den kraftigt svallad och stora delar av kringliggande områden är täckta av svallsand och svallmo. Dessa lager underlagras oftast av lera, vilket innebär att man här lokalt kan ha två olika grundvattensystem.

Grundvattnet i åsen rör sig från grundvattendelaren strax norr om Pålsboda samhälle mot norr, närmast samhället är emellertid grundvattenströmmen obetydlig och dräneras ut mot svallsandförekomsterna väster om Källbergsbackberget. I dessa jordar rör sig vattnet sedan mot norr för att i höjd med

Åkerby delvis förena sig med grundvattnet i själva åsen och delvis dräneras ut via ett flertal smärre källor längs den lilla bäck som rinner fram öster om samhället, källa K 19. Här utrinnes även grundvatten från svallsandområdena öster om bäcken. Vid källa K 18 förekommer ett flertal smärre utsläpp längs bäcken. Läckagen torde totalt uppgå till en eller ett par sekundliter. Det bör vid denna källa röra sig om dränering från själva åsen.

Grundvattnet rör sig från Åkerby mot Sköllersta samhälle där delar av grundvattnet tas om hand via den söder om samhället belägna vattentäkten. Vid den grundvattenundersökning som gjordes här under sensommaren 1955, provpumpades ur rörspetsar med cirka 100 l/min varvid fortfarighet med en avsänkning vid pumpplatsen av 3 m erhöles. Kvaliteten på vattnet var god, och det kunde distribueras utan föregående behandling (VIK, 1956).

Åsen torde från i höjd med Tarsta och vidare norrut verka dränerande på grundvattnet i den underliggande sandstenen. Detta indikeras av grundvattennivålinjerna. Hur stor denna vattenmängd är och var den har sitt naturliga utlopp är ej helt klarlagt. Tidigare rann en del grundvatten ut via källan K 20, denna har nu till största delen sinat beroende på ökade uttag genom nya vattentäkter i åsen och i sandstenen i området söder och sydost om källan. Några nu aktiva källor eller utläckningar har ej påträffats längs Sköllerstabäcken. Tidigare förekom dock utläckning i området öster om Sköllersta samhälle och markerna var här starkt vattensjuka.

7.2. Grundvattentillgångar i berggrunden

AV C. F. MÜLLERN

7.2.1. URBERG

Som tidigare framhållits i kapitlet om berggrundens vattenförande förmåga är grundvattenförekomsten i urberget — företrädesvis gnejser och graniter — helt beroende av spricksystemens uppträdnad och egenskaper. Det medianvärde på ca 0.3 l/s, som redogjorts för i nämnda kapitel, representerar ungefär den vattenmängd som man kan förvänta sig i urbergsbrunnar inom kartbladsområdet. Vattenmängder på över 1 l/s kan dock undantagsvis erhållas, t. ex. brunnarna nr 50, 3 km söder om Hardemo kyrka och nr 81, 5 km norr om Gällersta kyrka, vilka givit respektive 1.5 l/s och 1.7 l/s. I sådana fall kan man antaga, att brunnarna träffat ur vattenföringssynpunkt särskilt gynnsamma sprickor. Vad beträffar brunn nr 50, är det sannolikt att denna har träffat den på kartan schematiskt angivna N—S-liga sprickzonen. Det är också möjligt, att brunnen ligger något vid sidan om denna men har träffat

sprickor, som står i förbindelse med den markerade sprickzonen. Brunn nr 81 är så belägen, att man kan antaga, att den står i förbindelse med den på kartan markerade NNV—SSÖ-liga sprickzonen. Denna sprickzon hör också till den typ av sprickor, som tidigare beskrivits såsom mest gynnsamma ur grundvattensynpunkt.

Den utförda undersökningen av brunnskapaciteter visar tydligt, att vill man utvinna mer än ungefär 0.3 l/s ur en brunn borrhärad i urberg, måste man ta speciell hänsyn till förekomsten av tydligt iakttagbara sprickor eller spricksystem i området. Detta kan göras bl. a. genom studium av förklyftningar o. d. vid berghällar och genom studium av geologiska och topografiska kartor.

Om det inte går att observera sprickorna direkt t. ex. i jordtäckta områden, finns det möjlighet att lokalisera större sprickzoner med seismiska metoder. Man kan även med ledning av platsens topografi rent allmänt göra ett lämpligt val av brunnsplats genom att t. ex. välja lågpartier framför höjdparter. Dalgångar, sänkor o. d. är nämligen ofta betingade av sprickor i berggrunden, medan höjdparter är relativt sprickfria.

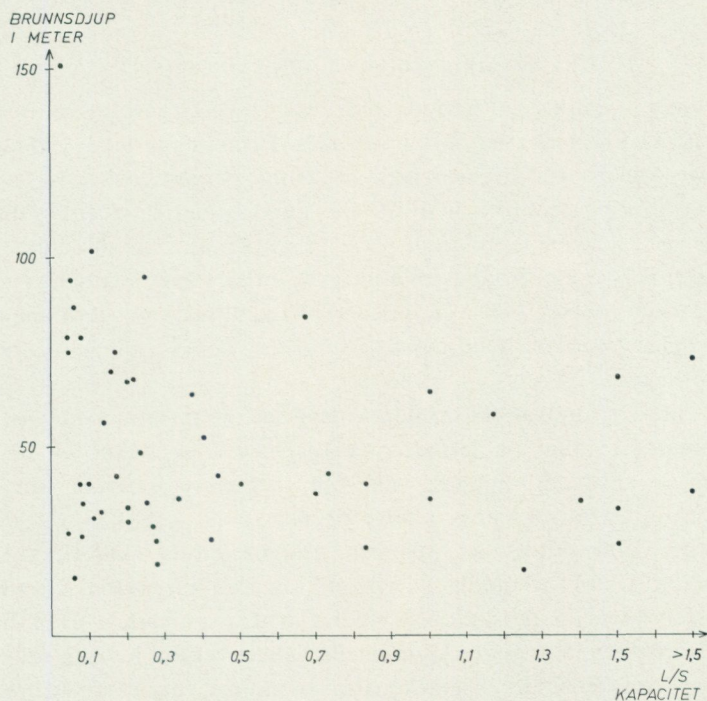


Fig. 21. Förhållandet mellan brunnsdjup och kapacitet hos 50 st urbergsbrunnar inom kartbladsområdet med 100—110 mm diameter. Figuren visar inget påtagligt samband mellan djup och kapacitet.

Relation between depth of well and capacity of 50 wells with 100—110 mm diameter drilled in pre-Cambrian crystalline rocks in the map area. The figure shows no obvious relation between depth and capacity.

Fig. 21 visar förhållandet mellan brunnsdjup och kapacitet hos urbergsbrunnar inom kartbladsområdet. Av denna framgår att inget påtagligt samband föreligger mellan dessa.

Mediandjupet för urbergsbrunnar inom kartbladsområdet är ca 40 m. Det finns ingenting som tyder på att stora brunnsdjup medför stora eller ökade grundvattenmängder. Orsaken till att vissa urbergsbrunnar ger mycket litet vatten torde i allmänhet vara, att de har råkat bli placerade i relativt sprickfritt berg. Då sprickigheten oftast avtar mot djupet och sprickorna här bl. a. på grund av högre bergtryck i mindre utsträckning står öppna, är sannolikheten inte stor att genom djupborrning påträffa större vattenmängder. En viss risk föreligger även att man i djupare brunnar kan påträffa salt vatten. Sådant vatten har i flera fall påträffats på 50 m djup. Det kan även hända, att man i sådana salthaltiga områden i en brunn med från början sött vatten genom stora uttag tillför brunnen salt vatten. Detta problem behandlas närmare i kapitlet om grundvattnets kemiska sammansättning.

7.2.2. KAMBRO-ORDOVICISKA SEDIMENT

Det är relativt ovanligt, att grundvatten tas ur kalkstensförekomsterna inom kartbladsområdet. Orsakerna härtill är dels bergartens ringa utbredning (se den hydrogeologiska kartan) och dels att denna bergart, och i viss mån även alunskiffern, genom stenbrott är utsatt för stark dränering. Detta gäller främst i områden med pågående brytning och länsdumpning. I allmänhet är dock kapaciteten hos borrade brunnar relativt god, cirka 1 l/s. Vattnet är emellertid ofta mycket hårt, vilket också är en anledning till att man i allmänhet fortsätter borrningen ned till sandstenen och med foderrör stänger av kalkstensdelen av brunnen.

Vad beträffar grundvattnet i alunskiffern är detta, som tidigare nämnts, oftast av sämre kvalitet på grund av bergartens höga halter av bl. a. järn-, svavel- och organiska föreningar, vilka ger vattnet dålig smak och lukt. Av denna anledning är sådant vatten mindre attraktivt.

Den mellan alunskiffer och sandsten belägna gröna skifferleran är i sig själv betydelselös för utvinning av vatten, då den på grund av sina starkt plastiska egenskaper praktiskt taget saknar fritt grundvatten. Den har emellertid sin stora betydelse som skärm mellan det ovanför belägna dåliga alunskiffervattnet och det under i sandstenarna befintliga vattnet av bättre kvalitet.

Sandstenens vattenförande förmåga är relativt god särskilt i mickwitziasandstenens understa partier och vid kontakten mot urberget samt i lingulid-sandstenen. I mickwitziasandstenens översta 7—8 m är den vattenförande förmågan emellertid väsentligt nedsatt beroende på hög lerhalt i dessa lager.

Som framgår av berggrundskartan, täcks nära hälften av kartbladsområdet

av sandsten. I kapitlet om berggrundens vattenförande förmåga anges medianvärdet för maximala kapaciteten hos sandstensbrunnar med diametern 100—110 mm till ca 1.4 l/s. Av fig. 4 framgår även att sandstensbrunnar i gynnsamma fall kan ge 2.5 à 3 l/s. Brunnar med större diameter, 150 mm, har i vissa fall givit upp till 6 l/s. Den 33 m djupa brunnen vid Kumla Bandindustri har av borrhjälpen uppgivits lämna mer än 5.5 l/s. Brunnen vid Hallsbergs Läderindustri gav 4.6 l/s. Se även fig. 5. Medianvärdet på maximala kapaciteten för dessa brunnar är 1.9 l/s. Det för denna redogörelse tillgängliga antalet uppgifter på brunnar med 150 mm diameter är ganska litet, 13 st, men de antyder att en inte obetydlig kapacitetsökning erhålles med ökande brunnsdiameter. Denna kapacitetsökning, som följer med ökad diameter, är emellertid inte en funktion av den ökade inströmningsarean vid själva brunnsväggen, utan beror på att arean av de vattenförande sprickor som träffas av brunnen har ökat. Vid ett homogent vattenförande medium medför en fördubbling av brunnsdiametern enbart en ökning av vattenmängden på cirka 11 %. Den här iakttagna ökningen av medianhalten från 1.4 till 1.9 l/s, cirka 26 %, är således till största delen avhängig av spricksystemen och ej av bergartens egen porositet och permeabilitet.

Goda vattenledare bör de större förkastningarna i sandstensområdena vara på grund av den stora sprickrikedomen längs dessa. Det finns exempel på brunnar längs förkastningen mot Kilsbergen, som ger mellan 4 och 7 l/s. Liknande förkastningar, som berör sandstenen, uppträder på flera håll inom kartbladsområdet. Dessa skulle kanske i större utsträckning än vad som hittills varit fallet kunna utnyttjas för grundvattenuttag. För lokalisering av lämpliga platser längs dessa zoner fordras dock oftast detaljerade förundersökningar, t. ex. seismiska mätningar.

Den så kallade sandstensmoränen, som utgörs av större och mindre sandstensblock, vilka brutits loss i stora ansamlingar av inlandsisen och skjutits upp över fast sandsten, har på vissa håll t. ex. i trakten kring Älvesta—Örsta visat sig hålla goda grundvattentillgångar. I detta område finns ett flertal brunnar som ger mellan 1.5 och 2.5 l/s. Grundvattenflödet i det nu nedlagda sandstensbrottet vid Älvesta var drygt 25 l/s, vilket är lika mycket eller något mindre än det, som 1969 var rådande i det underjordiska sandstensbrottet vid Kvarntorp.

Sammanfattningsvis kan nämnas att vattenföringen i lingulidsandstenen tycks vara tämligen likartad genom hela dess mäktighet, medan i den underliggande mickwitziasandstenen det i huvudsak är de understa metrarna närmast urberget som är vattenförande. En brunn bör därför borraras helt genom sandstenen, vilket också är brukligt. Har man emellertid då inte erhållit önskad vattenmängd, kan man borra ytterligare några meter i urbergets övre sprickiga och vittrade partier. Det är dock i allmänhet bättre att därefter borra en ny brunn i sandstenen, eventuellt med större diameter, än att borra brunnen vidare djupt ned i urberget.

8. HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN INOM KVARNTORPS- OMRÅDETS SEDIMENTÄRA BERGGRUND

AV P. BENGTON

8.1. Allmänt

Grundvattnets uppträdande i sedimentära bergarter skiljer sig avsevärt från det i kristallina bergarter. I syfte att belysa grundvattensituationen i den sedimentära berggrunden utvaldes Kvarntorpsområdet för närmare studium. Berggrunden utgörs inom detta område av prekambriskt urberg, underkambrisk sandsten, mellankambrisk sandsten och skifferlera, överkambrisk alunskiffer och ordovicisk kalksten. Fig. 22 visar bergarternas utbredning. Det sedimentära området begränsas i söder av en stor förkastning. Norr om denna löper en mindre förkastning eller flexur vilken i öster uppgår i den större förkastningen. Denna södra förkastning utgör ett markant inslag i topografin. De lägsta partierna i området, omkring 25 m ö. h., förekommer i nordöst, medan söder om förkastningen höjden på vissa ställen uppgår till 115 m ö. h.

De kambro-ordoviciska bergarternas mäktighet uppgår till max. 65 m, varav 20 m består av kalksten (resten borteroderat), 17—19 m av alunskiffer, 7—11 m av skifferlera (inberäknat 1—4 m fosforit- och glaukonitsandsten) och 16—19 m av sandsten (fig. 3, sid. 16). Av dessa har sandstenen störst betydelse som vattenförande medium på grund av sin i jämförelse med övriga här nämnda bergarter höga permeabilitet. Sprickförekomster spelar dock en avgörande roll för den vattenförande förmågan. I regel borrar brunnarna ned till och oftast igenom sandstenslagret.

Grundvattennivån uppmättes i 63 borrhållade brunnar. Ett ungefär lika stort antal var av olika skäl oåtkomliga för mätning, men för 27 av dessa kunde uppgift erhållas om grundvattennivån vid borrhållstillfället, antingen genom SGU:s brunns- och borrhållarkiv eller direkt från borrhållfirmorna. Dessa uppgifter är i allmänhet några år gamla, varför de har givits mindre vikt i undersökningen. Där jämförelser kunnat göras mellan mätvärden från skilda år uppvisar dock grundvattennivån ringa förändring.

För förståelse av grundvattnets uppträdande är kännedom om de geologiska förhållandena inom området av största vikt. De stratigrafiska uppgifter som erhöles ur brunnsborrprotokollen och genom de olika undersökningsborrningar som tidigare företagits inom området, har legat till grund för den under sommaren 1969 gjorda hydrogeologiska undersökningen över Kvarntorpsområdet. Denna är detaljredovisad i en separat publikation (Bengtson 1971). Här kommer därför endast i stora drag att redogöras för den hydrogeologiska situationen.

8.2. Grundvattennivåer och trycktytor

Vid mätningar i olika typer av brunnar visade det sig att grundvattnet i princip uppträder i två våningar. Den övre av dessa, vilken kan observeras i grävda

brunnar, utgörs av grundvattnet i morän och andra jordarter. Denna grundvattenyta följer i stora drag topografien på en eller ett par meters djup under markytan. Den undre grundvattenytan påträffas i brunnar borrade ned till det vattenförande sandstenslagret och avspeglar det piezometriska tryck under vilket grundvattnet i sandstenen står. I allmänhet ligger denna grundvattenyta avsevärt högre än sandstenslagret. I Kvarntorpsområdet påträffades den på mellan ca fem och några tiotal meters djup under markytan.

Tryckytans läge i borrhålen bestäms av ett flertal faktorer, såsom infiltrationsområdets topografiska höjd och avstånd från brunnen, bergarternas permeabilitet, eventuellt läckage genom ovanliggande lager, brunnens konstruktion, beklädnadsrörets längd och perforeringar, etc. Om borrhålet är igensatt kan t. o. m. den hydrauliska förbindelsen med sandstenslagret vara helt avbruten, så att i stället den övre grundvattenytan observeras. Svårigheten att avgöra om en uppmätt grundvattennivå i ett borrhål representerar den verkliga tryckytan försvårade undersökningen. I de fall där vattenuttag har gjorts omedelbart före mätningen, tillkommer ytterligare en felfaktor.

Vatten som varit i kontakt med alunskiffer är oftast starkt järnhaltigt och har smak av svavelväte. Vid brunnsborrning företas därför vanligen rördrivning och beklädnad med foderrör i syfte att undvika inblandning av vatten från alunskifferlagret.

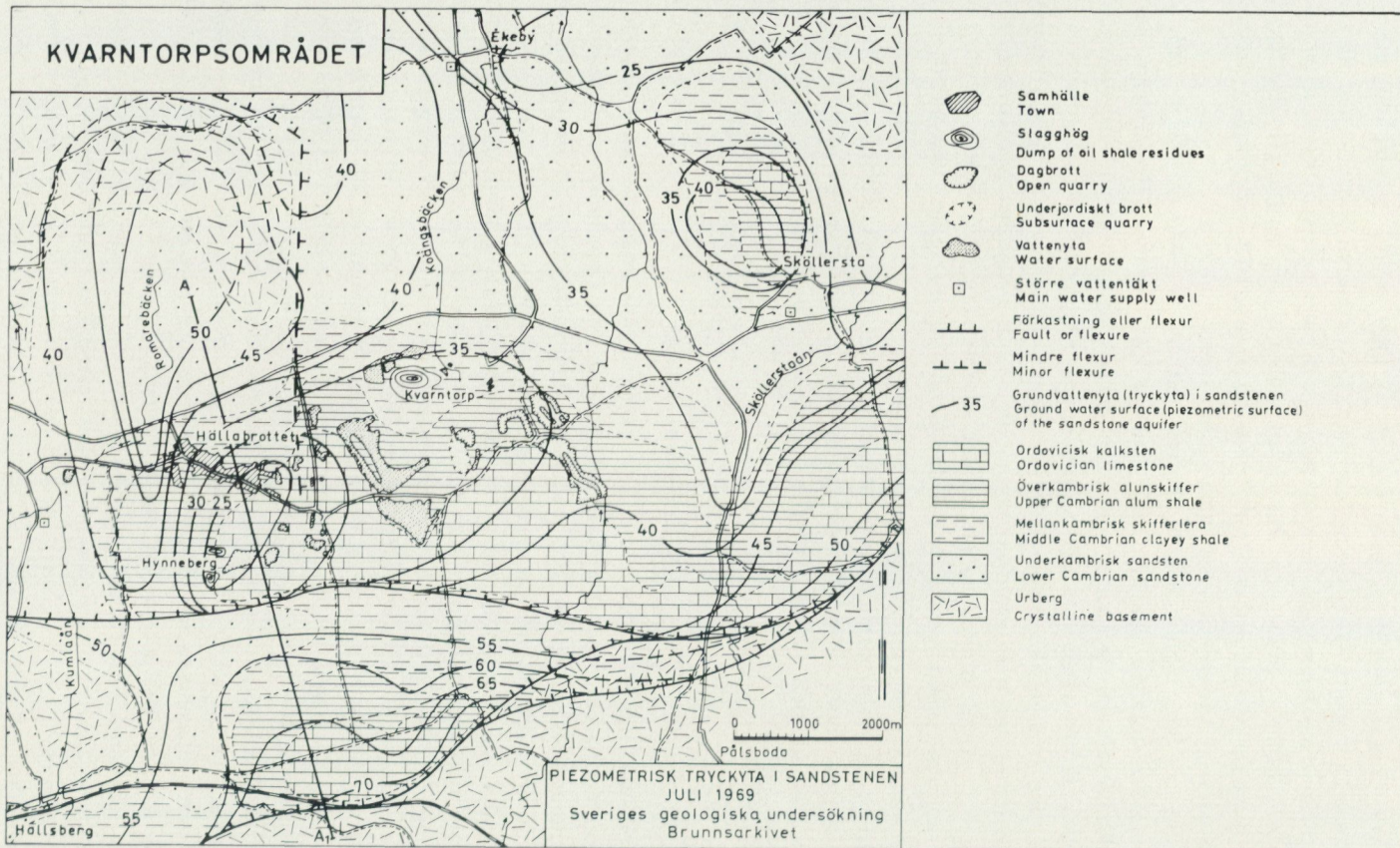
8.3. Grundvattennivålinjer

Förekomsten av borrade brunnar är koncentrerad till bebyggelsecentra och alltså inte jämnt fördelad över undersökningsområdet. För uppritande av detaljerade grundvattennivålinjer är därför materialet i knappaste laget. Nivålinjerna i fig. 22 torde dock relativt väl återge den piezometriska ytan i sandstenen.

Området norr om Hälgholmen är anmärkningsvärt genom den avsevärda sänkning av grundvattennivån som förekommer norr om förkastningen (se profilen, fig. 22). De lägsta nivåerna representeras av brunnar vid betongfabrikerna i Hynneberg och Hällabrottet (Yxhults Stenhuggeri AB). Det ligger därför närmast till hands att antaga att de industriella vattenuttagen vid dessa fabriker utgör den huvudsakliga orsaken till grundvattensänkning. Uppgifter om vattenuttagens storlek har dock inte kunnat anskaffas.

Grundvattendelaren väster om sänkningstratten baseras på endast tre nivåmätningar, varför den bör betraktas med visst förbehåll. Den förmodade grundvattendelaren sammanfaller dock tämligen väl med en konstaterad om än måttlig urbergsförhöjning väster om Hynneberg.

Den markanta grundvattensänkning norr om Hälgholmen illustrerar förkastningens stora betydelse för grundvattennivån inom området. På grund av förkastningens till synes låga vattenförande kapacitet i nord—sydlig riktning fungerar den vid den kraftiga dräneringen i norr som en tröskel, ett bräddavlopp, för grundvattnet i sandstenen söder därom. Uttagen norr om förkast-



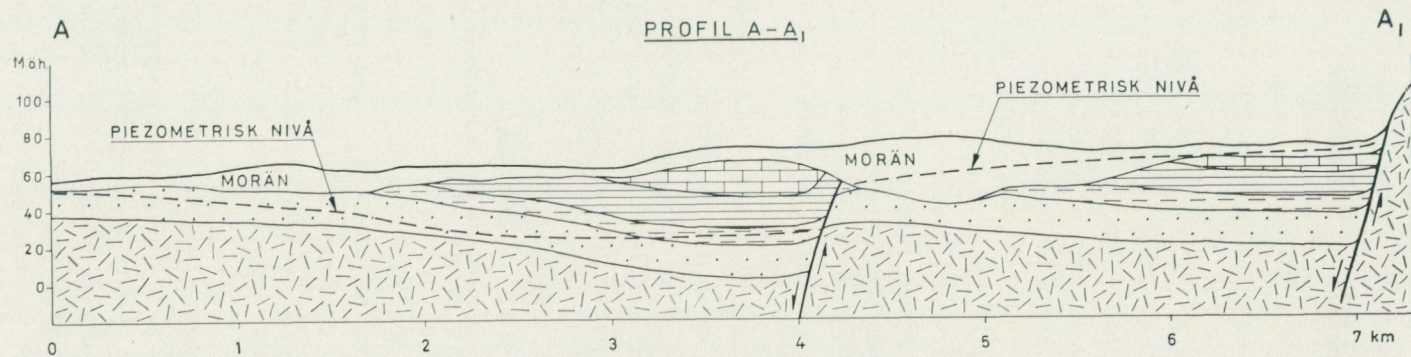


Fig. 22. Piezometrisk tryckyta i sandstenen juli 1969, Kvarntorpsområdet.
Piezometric ground water level in the sandstone aquifer, July 1969, Kvarntorp area.

ningen påverkar således inte nämnvärt grundvattennivån söder om densamma. Detta förhållande råder förmodligen längs större delen av förkastningen.

Österut från sänkningstratten vid Hällabrottet stiger grundvattennivån tämligen långsamt. Detta beror främst på de stora uttagen vid Ytongbolagens underjordiska sandstensbrott söder om Kvarntorp. Någon exakt uppgift om den uttagna vattenmängden ur sandstensgruvan har inte kunnat erhållas, men den torde uppgå till ca 25 l/s.

Söder om Hälgholmen har nivålinjerna för 60 respektive 65 m av topografiska skäl dragits i en båge mot söder. Grundvattennivåer enligt de streckade linjerna skulle innebära artesiskt vatten vid markytan. Detta påstås visserligen ha observerats vid en provborrning inom området, men dessa uppgifter har inte kunnat bekräftas. Också väster om Ekeby (40 m-linjen) och söder om Sköllersta (35 m-linjen) har topografien fått bestämma nivålinjernas utseende. Närmare undersökningar bör kunna visa om trycksänkande naturlig utläckning av grundvatten förekommer i dessa områden eller om det piezometriska trycket är så högt att självrinnande artesiskt vatten kan erhållas vid borrning.

Med stigande avstånd från det huvudsakliga dräneringsområdet kommer infiltrationsområdets topografiska höjd att öka i betydelse för grundvattennivån. Söder om Sköllersta, t. ex., stiger grundvattennivån i riktning mot höjderna söder om förkastningen.

Förhållandena vid den kambro-ordoviciska skollan norr om Sköllersta är troligen något särpräglade. I och med att bergarterna här är betydligt mer uppspruckna än normalt (p. g. a. isens påverkan), förekommer ett visst läckage genom de övre lagren ner till sandstenen. Detta påverkar grundvattennivån i borrhålen, och någon ostörd piezometrisk yta är därför ej utbildad.

AV Å. MÖLLER

8.4. Grundvattnets strömningsriktning och dräneringsområden

Förutom den rörelse som betingas av dräningen och uttagen vid de olika brotten i Hynneberg och Kvarntorp kan man säga att grundvattnet dräneras ut åt i huvudsak tre väderstreck nämligen väster, norr och öster. Åt väster strömmar relativt litet grundvatten, utläckning torde ske via dräneringsdiken o. d. till Kumlaån. Vid läns-pumpningen av det gamla sandstensbrottet vid Älvesta uttogs cirka 25 l/s under en längre tid. Några större källor har ej påträffats inom detta område.

Mot norr rör sig grundvattnet i två helt separata system. Det västra och mindre utgör det grundvatten som rör sig från grundvattendelaren vid Kappe-torp och Gölinge och vidare över Boängen för att dräneras ut via diken vid Attlingstorp och det låglänta området närmast väster därom. Den andra grundvattenströmmen utgörs av det vatten som finns inom området söder och sydöst om Ekeby samhälle och väster om höjdryggen vid Sköllersta. Även detta vatten dräneras ut på bred front via i huvudsak de stora diken som börjar inom de

låglänta områdena mellan Näsby, Nynäs och Kilsgården. Vid t. ex. början av det stora diket väster om gården Nynäs syntes stora järnutfällningar på vissa platser, temperaturskillnader på över 3° C kunde påvisas inom ett par meter av diket. Några mängdmätningar har dock ej gått att göra då vid besiktningen vattenståndet var högt och ingen strömning kunde observeras. Det naturliga flödet bör vara av storleksordningen 3—5 l/s. Den strax norr om detta område befintliga gränsen mellan sandsten och urberg torde även bidra till att grundvattnet här dräneras ut. Anledningen till detta skulle vara att urberget verkar som en tät barriär för det i sandstenen rörliga grundvattnet. Ur lämpligt belägna och tillräckligt stora borrhade brunnar inom detta område bör det gå att utvinna relativt mycket grundvatten, storleksmässigt 3—5 l/s per brunn.

Åt öster sker en viss dränering eller utläckning längs den depression eller fördjupning i bergarterna som förekommer mellan Tarsta och norrut mot Sköllersta. Här torde åsen spela en viss roll som dräneringsmedium något som indikeras av grundvattennivålinjerna. Någon utläckning av grundvatten till Sköllerstabäcken har ej heller iakttagits, det är dock tänkbart att sådan sker längs botten av ån, vidare att utläckning även sker via det flertal diken som finns. Någon större källa har ej påträffats här.

Tidigare d. v. s. innan de större brunnarna anlagts vilka förser Sköllersta samhälle och den där belägna korvindustrin med vatten, förekom utläckning av grundvatten längs Sköllerstabäcken öster om Kalsta. I samband med vissa grävningsarbeten för Sköllersta avloppsverk i detta område frilades sandstenen och ansemliga mängder grundvatten fick kontinuerligt pumpas bort. Båda dessa händelser indikerar att åsens och troligen även sandstenens naturliga dränering är till Sköllerstabäcken men att nu stora delar av detta grundvatten tas om hand via uttagen i brunnar, (se vidare kapitlet om källor).

9. GRUNDVATTNETS KEMISKA OCH FYSIKALISKA EGENSKAPER

AV P. ENGQVIST

9.1. Allmänt

Vatten, däri inräknat även nederbördsvatten, är under naturliga förhållanden aldrig helt rent. Damppartiklar, små mängder av salt och lösta gaser tas upp i atmosfären och påverkar nederbördens sammansättning. När nederbördsvattnet tränger ned i marken tas mineralämnen upp från jord- och bergarter. I vilken utsträckning detta sker beror på stabiliteten hos de mineral där ämnet ifråga ingår. Avgörande är även kontakttidens längd samt kontaktytans storlek. Eftersom nederbördsvattnet såväl under själva infiltrationen som när

det bildat grundvatten under olika lång tid kommer i kontakt med ett stort antal mineral med olika kemiska egenskaper, och utsätts för varierande tryck- och temperaturförhållanden, är det mycket svårt att fullständigt klarlägga den växelverkan som uppstår mellan vattnet och den geologiska omgivningen och den kvalitetsförändring som detta kan medföra på grundvattnet. I regel måste man dessutom vid bedömningen av varje enskild vattenanalys ta i betraktande de betingelser som rådde vid provtagningstillfället. Det utvunna grundvattnets sammansättning kan nämligen variera beroende bland annat på skiftande årstids- och nederbördsförhållanden, djup från markytan till grundvattenytan, från vilket djup under grundvattenytan som provet togs m. m. Vattenomsättningens storlek och förändringar av teknisk natur kan också påverka vattnets kemiska sammansättning.

De i vårt land rutinmässigt utförda vattenanalyserna för bedömning av grundvattnets kvalitet innehåller förutom fysikaliska data såsom färgstyrka, grumlighet, lukt, smak, bottensats och specifik ledningsförmåga, vanligen även uppgifter om permanganatförbrukning, glödrest, pH, totalhårdhet samt vattnets halt av ammonium, järn, mangan, bikarbonat, klorid, nitrat, nitrit, marmoraggressiv kolsyra och i vissa fall även halt av sulfat, fosfat och fluorid. I meddelande nr 122 från Kungl. Medicinalstyrelsen ges råd och anvisningar angående fysikalisk-kemiska vattenundersökningar. De normer för bedömningen av analysresultaten som där ges har i huvudsak använts här.

Grundvatten från riktigt konstruerade och utförda brunnar har i regel en ur bakteriologisk synpunkt tillfredsställande kvalitet. Med avseende på vattnets kemiska egenskaper kan olika krav ställas med hänsyn till användningsområdet. Det är inte alltid så att de toleransvärden som gäller för dricksvatten kan nyttjas för vatten, som avses att användas inom vissa processer inom industrin, eller för konstbevattning. De normer som här behandlas gäller vanligt konsumtionsvatten.

Permanganatförbrukning

Permanganatförbrukningen kan som regel karakteriseras som ett mått på halten organiska ämnen i vattnet. Mestadels utgörs dessa av humusämnen. Permanganatförbrukning av 40—50 mg/l KMnO_4 kan betecknas som tämligen hög.

Glödrest

Glödresten är ett mått på vattnets halt av lösta mineralsalter.

pH

För att uttrycka ett vattens halt av vätejoner används det så kallade pH-värdet, som är detsamma som logaritmen för vätejonskoncentrationen med omvänt

tecken. Är pH mindre än 7 benämns vattnet surt, är det större benämns det alkaliskt.

pH-värdet i grundvattnet regleras av kemiska reaktioner och jämvikter bland de lösta jonerna. I de flesta fall är det jämvikten mellan karbonat och bikarbonat som påverkar pH i naturligt grundvatten. Även närvaron av fosfater, silikater, borater, fluorider och andra mindre vanliga salter kan påverka pH-värdet. Alla dessa ämnen strävar att höja pH-värdet över 7. Grävda brunnar i skogsmark har ofta pH-värde mindre än 7. Detta beror på inverkan av humussyror och koldioxid från vegetationen. Grundvatten från bergborrade brunnar har ofta alkaliskt vatten. Grundvatten från områden med kalkberggrund är vanligen alkaliskt, detta gäller såväl bergborrade som grävda brunnar.

Hårdhet

Hårt vatten beror oftast på höga halter av kalcium och magnesium.

Vid en halt av	0— 15 mg/l Ca	betecknas vattnet som mycket mjukt
»	15— 35 »	mjukt
»	35— 70 »	medelhårt
»	70—150 »	hårt
»	över 150 »	mycket hårt

Ett tidigare använt mått på hårdheten var s. k. tyska hårdhetsgrader, °dH.

Järn

Järn i grundvatten härrör till största delen från utlösning av i jord- och bergarter ingående järnhaltiga mineral. I många fall beror dock höga järnhalter på korroderade ledningar och är således ej representativt för själva grundvattnet.

I grävda brunnar i moränjordar kan järnhalten tidvis ofta vara hög speciellt om grundvattenytan fluktuerar mycket under året. Från teknisk synpunkt anmärkningsvärda anses vatten med en järnhalt mellan 0.20 och 0.40 mg/l Fe, medan en järnhalt överstigande 0.40—0.50 mg/l Fe betecknas som tämligen hög. För konsumtionsvatten bör järnhalten vara lägre än 0.40 mg/l.

Mangan

I likhet med järn härrör mangan till största delen från utlösning av manganhaltiga mineral i jord- och berggrund. En halt av 0.20—0.30 mg/l Mn betecknas som tämligen hög och kan medföra risk för att svartbruna eller svarta utfällningar uppstår i ledningar. För konsumtionsvatten bör halten vara lägre än 0.10 mg/l.

Nitrat — nitrit

Från hygienisk synpunkt anmärkningsvärda anses nitrathalter överstigande 30 mg/l NO_3 och nitrithalter överstigande 0.02 mg/l NO_2 vara. Vatten med nitrathalter över 50 mg/l NO_3 skall ej ges till barn under 1 års ålder.

Höga halter av nitrat eller nitrit kan indikera fekal förorening och bör alltid föranleda bakteriologisk analys.

Fluorid

Grundämnet fluor har visat sig ha en påtaglig inverkan på tändernas emalj redan vid tillförsel i små mängder. En fluoridhalt i dricksvattnet av omkring 1 mg/l anses ha en i det närmaste maximal karieshämning. Överstiger däremot fluoridhalten i vattnet 1.5 mg/l F kan emaljförändringar på tänderna börja uppträda.

9.2. Temperaturvariationer

En av grundvattnets mera uppskattade egenskaper är att temperaturen håller sig relativt konstant under året och är lägre än lufttemperaturen under sommarmånaderna. Detta är önskvärda egenskaper för ett konsumtionsvatten. För vissa processer inom industrin krävs tillgång till vatten med konstant temperatur. Grundvatten kan ofta vara väl lämpat för detta ändamål. Den i förhållande till lufttemperaturen under sommarmånaderna låga temperaturen på grundvattnet har ibland utnyttjats för vattenkylning av luftkonditioneringsanläggningar.

Två huvudfaktorer påverkar grundvattentemperaturen. Den ena är solvärmen som varierar kraftigt med årstiderna. Den andra är värmetransporten från jordens inre som är mer eller mindre konstant. Solvärmen påverkar jordlager eller berggrund ned till endast cirka 30 m. Under denna nivå ökar temperaturen i Sverige med 1° för var 40—45 m. Det djupintervall varmed temperaturen stiger med 1° brukar kallas det geotermiska måttet.

Temperaturmätningar i bergborrade brunnar inom kartbladsområdet med stillastående vatten utförda i mitten av augusti 1969 visar att de lägsta temperaturerna registrerades på 12—14 meters djup. I de olika borrhålen varierade de lägsta temperaturerna mellan 4.5° och 7.0° C. De högsta temperaturerna påträffades nära grundvattenytan och dessa varierade mellan 8.0° och 11.0° C. Under 15 meters djup ökade temperaturen med 1° på cirka 40 meter.

Mätningar i borrhålet nr 69, beläget ca 3.5 km nordväst om Åbytorp, visar att temperaturen på 5 meters djup var 3.6° C i slutet på mars och 8.0° C i mitten av augusti. Borrhålet består av 6 meters rördrivning genom morän och därefter bergborring genom sandsten och urberg ned till 42 meters djup. På 20 meters djup var vid motsvarande tidpunkt temperaturen 5.3° C respek-

tive 6.0° C. Mätningarna visar hur det ytliga grundvattnet mera har påverkats av sommarens värme än det mera djupt belägna.

På nivåer mer än ca 30 m under markytan kan man vänta att grundvattnets temperatur förhåller sig mer eller mindre konstant under året.

Temperaturmätningar utförda den 22—23 juli 1969 i 57 brunnar nedförda i isälvsmaterial i Karlslundsåsen mellan Adolfsberg och Blacksta gav följande fördelning:

Temperatur °C	<6.0	6.0—6.9	7.0—7.9	8.0—8.9	9.0—9.9	>10.0
Antal brunnar	2	18	16	10	4	7

9.3. Variationer i den kemiska sammansättningen hos grundvatten från olika berg- och jordartstyper

Analysresultaten av 86 vattenprover tagna från olika produktions- och undersökningsbrunnar inom kartbladet finns redovisade i tabell 3. Brunnarnas lägen framgår av kartan fig. 23. De insamlade analyserna har utförts vid olika tidpunkter och för skiftande ändamål och är därför ej alltid helt jämförbara. Uppgifter om halterna av ammonium, nitrat, nitrit och fosfat har ej medtagits i tabellen då dessa ämnen i regel ej förekommit i påvisbara mängder. I de fall dessa varit påvisbara har man kunnat spåra orsaken till mänsklig aktivitet av något slag.

Grundvattnet har med avseende på ursprunget uppdelats i 6 olika typer. I) vatten i morän II) vatten i isälvsavlagringar III) vatten i sandsten täckt av skifferlera IV) vatten i sandsten som ej är täckt av skifferlera V) vatten i urberg samt VI) salt vatten med en kloridhalt överstigande 300 mg/l.

Maximi-, minimi- och medianvärden för olika kemiska och fysikaliska variabler vid olika grundvattentyper redovisas i diagrammen fig. 25.

Spridningen av värdena inom varje grundvattentyp kan bero på normala variationer men kan även till en del hänföras till analysfel och svårigheten att differentiera de olika typerna.

Grundvattnets kemiska sammansättning är ofta avhängig av grundvattenytans läge och fluktuationer i förhållande till markytan. På fig. 24 visas relationen mellan topografi och grundvattenyta i några brunnar inom kartbladet. Av figuren framgår hur väl grundvattenytan i moränbrunnar följer topografien. Skälet till detta är moränjordarnas i allmänhet mycket låga permeabilitet och porositet vilket medför dålig dränering eller avrinning av infiltrerat nederbördsvatten. En hög grundvattenyta blir därför följden. Isälvsavlagringarnas brunnar visar däremot att grundvattenytan här kan vara belägen åtskilliga meter under markytan. Då grundvattenytan inom de flesta åsstråken är relativt flack och fluktuationerna under året relativt små, 0.5—1.5 m, beror de stora differenserna mellan markyta och grundvattenyta till största delen på var inom åsen brunnen är utförd.

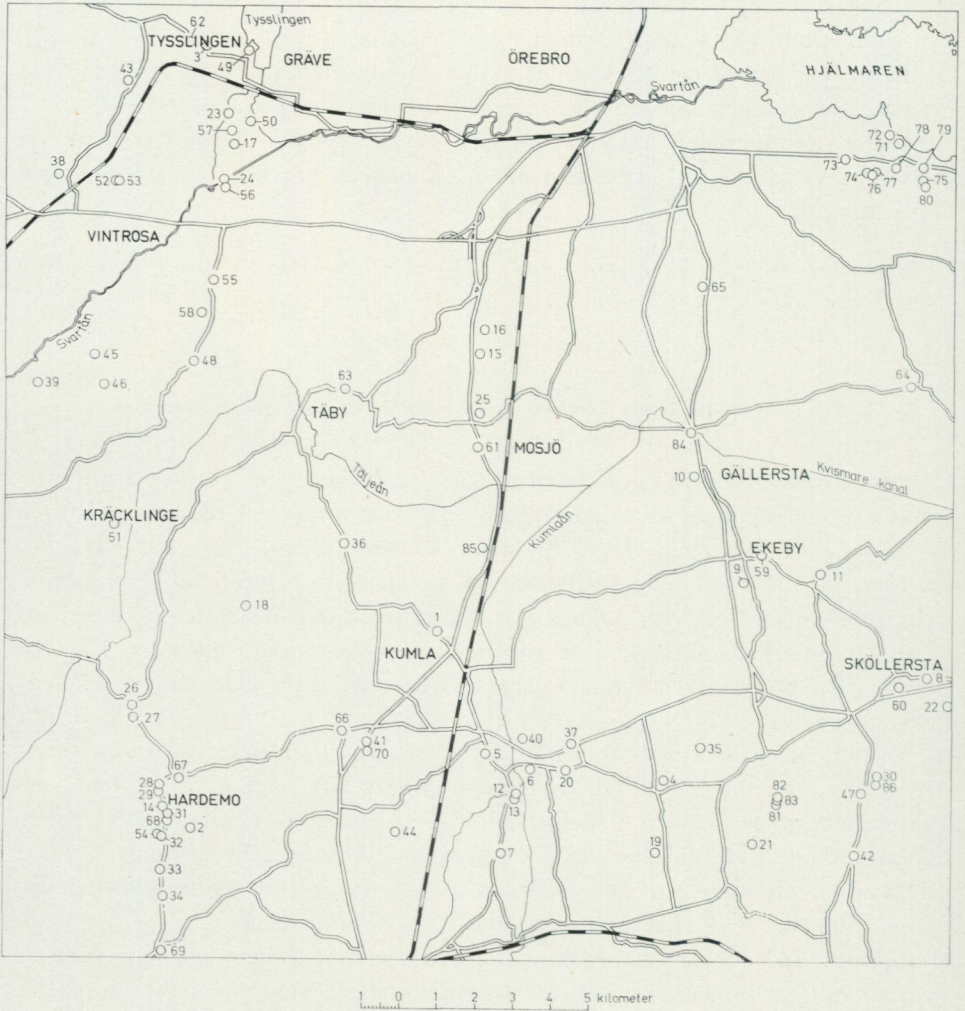


Fig. 23. Översiktskarta över brunnar från vilka vattenanalyser tagits. Numreringen hänför sig till analysnumren.

Map showing chemical quality sampling sites.

Brunnar nedförda i sandsten visar upp de största variationerna. De djupast belägna grundvattenytorna emanerar från brunnar där hela den kambro-ordoviciska lagerserien penetrerats. I övrigt uppvisar sandstensbrunnarna, liksom även urbergsbrunnarna, grundvattenytor som är belägna från 1 m till cirka 16 m under markytan.

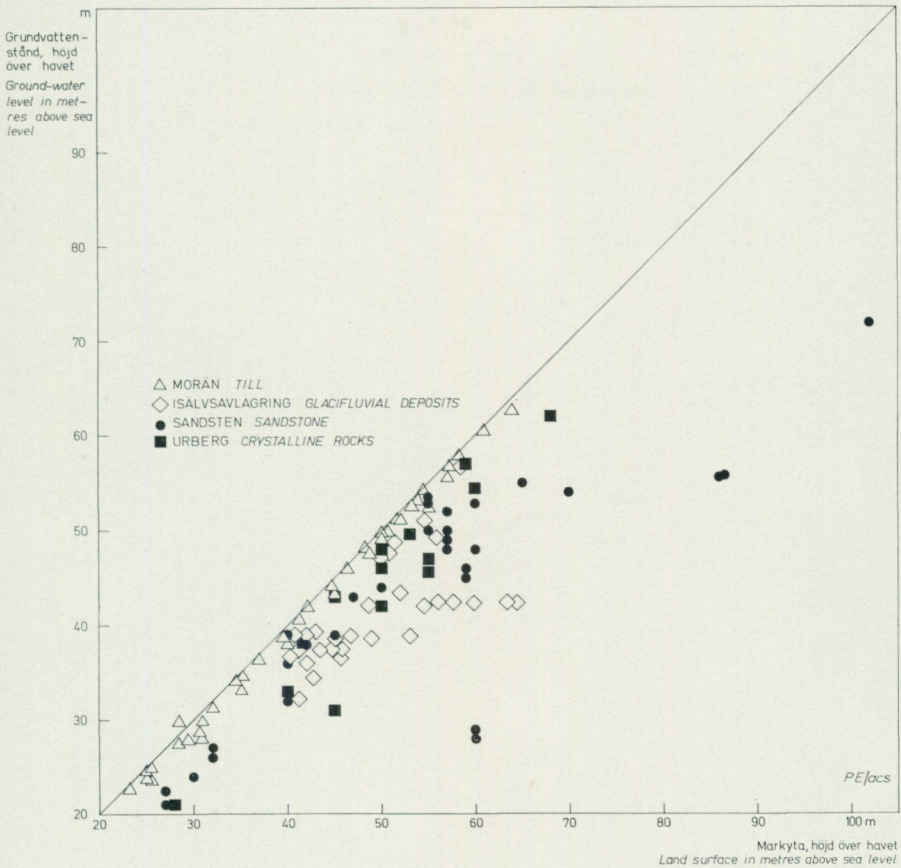


Fig. 24. Diagram över sambandet mellan topografi och grundvattenyta.
Diagram illustrating the relation between topography and groundwater level.

9.3.1. GRUNDVATTEN I MORÄN TYP I

Järn och mangan har anrikats i markens rostjordsskikt. Dessa järn- och manganförekomster kan snabbt gå i lösning och tillföras grundvattnet om reducerande miljö förekommer.

I regel tillförs markens översta skikt organiskt material av olika slag. Nedbrytningen av detta material, som går under benämningen humus, är en biologisk process. Syret som fordras för detta förlopp, tas i viss utsträckning från det syresatta nederbördsvattnet, men det förekommer också ett direkt utbyte av gaser mellan atmosfären och marken på så sätt att markens porer tillförs syre medan koldioxid avgår.

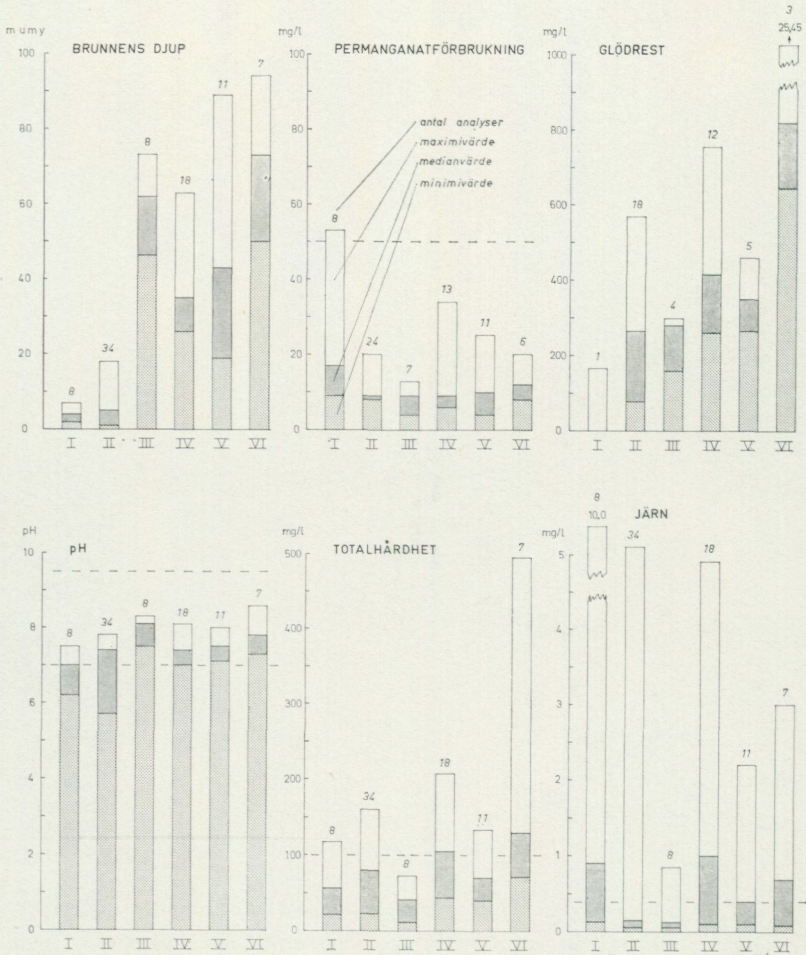
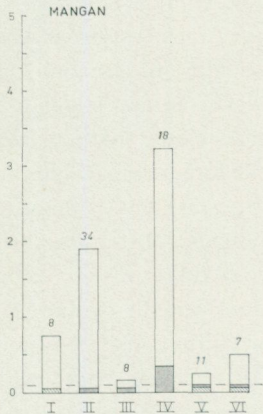


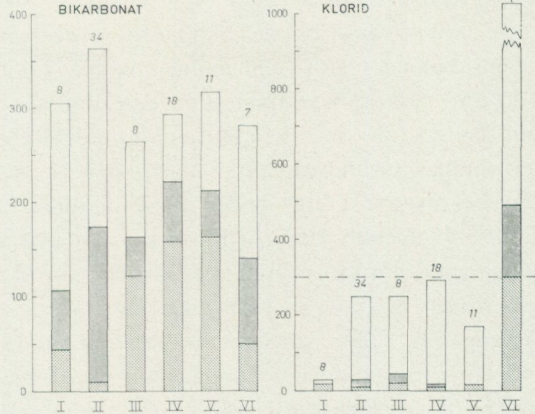
Fig. 25. Maximi-, minimi- och medianvärden för olika kemiska och fysikaliska variabler vid olika grundvattentyper. Typ I: vatten från morän, typ II: vatten från isälvsavlagringar, typ III: vatten från sandsten täckt av skifferlera, typ IV: vatten från sandsten ej täckt av skifferlera, typ V: vatten från urberg, typ VI: vatten med en salthalt överstigande 300 mg Cl/l.

Maximum, minimum and median values of chemical and physical properties of ground water from I: groundwater in till, II: groundwater in glacial deposits, III: groundwater in sandstone covered by clayey shale, IV: groundwater in sandstone not covered by clayey shale, V: groundwater in crystalline rocks, VI: groundwater with content of chloride exceeding 300 mg/l Cl.

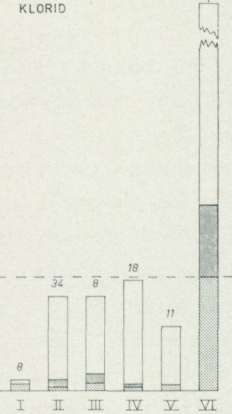
mg/l MANGAN



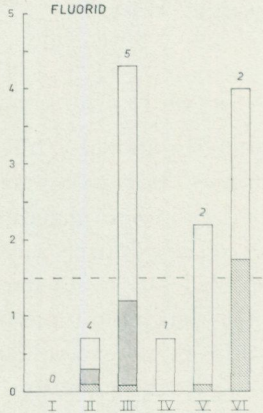
mg/l BIKARBONAT



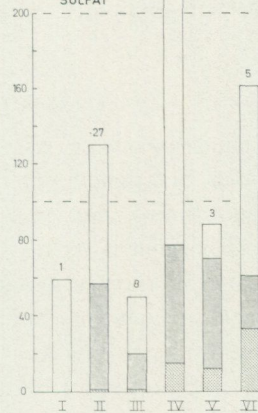
mg/l KLORID



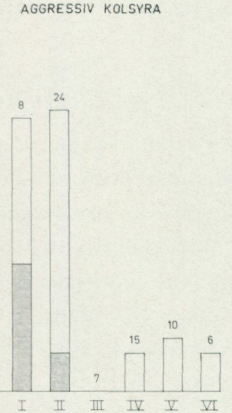
mg/l FLUORID



mg/l SULFAT



mg/l AGGRESSIV KOLSYRA



Stiger grundvattenytan av någon anledning upp i ovannämnda syrekrävande markzon, kan det uppstå brist på syre och reducerande miljö uppstår. Då tas det syre som krävs för de biologiska processerna ifrån rostjordskiktet där syre finns bundet i järn- och manganoxider. Följden blir att järn och mangan går i lösning och grundvattnets koncentrationer av dessa ämnen stiger.

Som framgår av fig. 25 uppträder grundvattenytan relativt nära markytan i moränbrunnar. Grundvattenytan kan vid vattenståndsförändringar lätt komma att ligga i rostjordskiktet under vissa perioder. Detta är den vanligaste förklaringen till de ofta höga halterna av järn och mangan i just moränbrunnar.

Många moränbrunnar uppvisar brister i såväl konstruktion som utförande. Sådana brister är bl. a. att man underlåter att täta med cement mellan de olika brunnsringarna. Detta medför att ytvatten lätt kan tränga ned i brunnsringarna. Därvid kan föroreningar av skilda slag medfölja. Brunnarnas bakteriologiskt-hygieniska beskaffenhet försämras, vilket kan resultera i hög färgstyrka, ökad grumlighet och hög permanganatförbrukning. Diagrammen i fig. 24 visar för moränbrunnarna i jämförelse med övriga brunnar hög järnhalt, hög permanganatförbrukning, lågt pH-värde och förekomst av aggressiv kolsyra.

9.3.2. GRUNDVATTEN I ISÄLVSAVLAGRINGAR TYP II

Vatten från brunnar i isälvsavlagringar uppvisar stora variationer i fråga om bland annat järn-, mangan- och sulfathalter och hårdhet. Isälvsavlagringarnas heterogena kornstorleksammansättning med en kärna av grövre material i de proximala delarna och mera finkorniga jordarter i de distala delarna av åsarna gör att vattenomsättningen varierar kraftigt. I många fall blir kvaliteten dålig i de delar där vattnet är mer stagnant, medan man där infiltrationsmöjligheterna är goda och vattenomsättningen hög kan träffa på ett ur kvalitetssynpunkt fullgott vatten. Detta vatten kan vid s. k. överuttag dock snabbt försämras genom att åsarnas relativt goda permeabla egenskaper medför att vatten kan transporteras långa sträckor och vatten av sämre kvalitet kan tillföras vattentäkten. Särskilt uppmärksam på detta måste man vara när åsen gränsar till torvmarker. Det sura, järnhaltiga vattnet i torvmarkerna kan snabbt fördärva en tidigare förstklassig vattentäkt. Det gäller att anpassa uttaget efter de geologiska förhållandena så att ovan nämnda olägenheter kan undvikas. Höga järn- och manganhalter påträffas även ofta i åsdelar som till största delen är täckta eller omslutna av lera.

9.3.3. GRUNDVATTEN I SANDSTEN TYP III OCH IV

Kvaliteten på det grundvatten som vid bergborrhållade brunnar erhålles ur den kambriska sandstenen är i viss utsträckning beroende av om sandstenen överlagras av skifferlera eller ej. Av detta skäl har sandstensbrunnarna indelats i två grupper: III vatten från sandsten täckt av skifferlera, IV vatten från sandsten

på 12.5 år. Tritiumhalten blir på så sätt ett mått på den tid som förflutit sedan infiltrationen ägt rum under förutsättning att inget vattentillskott av annan ålder förekommit. Före år 1954 beräknas tritiumhalten i atmosfären vara 5—10 TU i Skandinavien. För de här lämnade tritiumvärdena från år 1967 kan som riktvärden följande tjäna: 5 TU ålder minst 12 år, 2.5 TU ålder minst 25 år och 1.25 TU ålder minst 37 år. Efter år 1954 har tritiumhalten i atmosfären avsevärt överstigit 10 TU.

Diagrammet i fig. 26 visar att grundvatten av typ III skiljer sig från övriga typer både ifråga om ålder och sammansättning. Inom typ III ligger tritiumhalterna mellan 2 och 15 TU, vilket tyder på en relativt hög ålder i förhållande till vatten inom typ IV, där tritiumhalter mellan 68 och 201 TU registrerats.

Beträffande sammansättningen har natrium och kalium en större andel av de positiva jonerna inom typ III än inom typ IV, där framför allt kalcium dominerar. Inom både typ III och IV är bikarbonat den övervägande negativa jonen. I övrigt uppvisar typ IV ett högre sulfatinnehåll än typ III. Inom sistnämnda typen är en förskjutning mot högre kloridvärden iakttagbar. Urbergsvatten typ V, har en sammansättning som liknar typ IV. Typ III uppvisar en sammansättning som är väl lämpad för konsumtion. Inga anmärkningsvärda halter av något ämne har påträffats med undantag av några brunnar med urhygienisk synpunkt anmärkningsvärda halter av fluorid.

Grundvatten av typ IV har anmärkningsvärt höga halter av järn och mangan i jämförelse med typ III (fig. 25). Även totalhårdheten och sulfathalten är i vissa fall anmärkningsvärd. Orsaken till detta kan vara den svavelkis, FeS_2 , som allmänt förekommer i Närkes skiffrar och sandstenar. Genom syrerikedom i marken och i sjunkvattnet oxideras svavelkisen till järnsulfat och svavelsyra. Det för denna process nödvändiga syret erhålls genom att luftens syre tränger in i de ovanför grundvattenytan befintliga lagren, när denna avsänkes. Den bildade svavelsyran verkar kraftigt utlösande på andra material och intensifierar verkan av det perkolerande vattnet. När det sura vattnet rör sig nedåt reagerar det med kalkhaltiga lager och kalciumjoner och sulfatjoner bildas. Vattnet blir härvid neutralt eller alkaliskt, men innehåller fortfarande avsevärda mängder järn och sulfat.

Vattenlösligt mangansulfat kan bildas genom att svavelsyran kan lösa vattenolöslig manganoxid. Analys nr 35, härrörande från dagbrottet i Kvarntorp visar höga halter av mangan 3.20 mg/l Mn, sulfat 141 mg/l SO_4 och järn 1.80 mg/l Fe. Vattnet har en hårdhet av 206 mg/l Ca.

9.3.4. GRUNDVATTEN I URBERG TYP V

Brunnar borrhade i urberg ger i de flesta fall ett kvalitativt gott vatten. Totalhårdheten, järn-, mangan- och fluoridhalterna överstiger dock i vissa brunnar tolerabla värden. Det bör noteras att flera brunnar i urberg har givit salt vatten. Dessa redovisas i grundvattentyp VI.

9.3.5. SALT GRUNDVATTEN TYP VI

Inom kartbladet har påträffats ett tiotal brunnar med salt vatten. Dessa finns markerade på den hydrogeologiska kartan. Vattnet har betecknats som salt, då kloridhalten överstigit 300 mg/l. Vid denna koncentration brukar saltsmaken kunna kännas. I analysutlåtanden brukar kloridhalter på 50—100 mg/l Cl betecknas som tämligen höga. De mest saltvattenförande brunnarna har påträffats på gårdarna Dyringe, 2 000 mg/l, Rumboholm, 1 350 mg/l och Stene, 757 mg/l Cl.

Saltvattenbrunnarnas vatten har i jämförelse med övriga brunnars vatten delvis ett olikartat ursprung. De höga kloridhalterna är ej en följd av nederbördens urlakande effekt på marklagren utan härrör från gammalt havsvatten. Efter inlandsisens avsmältning har kartbladsområdet under lång tid varit täckt av havsvatten, som under vissa skeden varit t. o. m. saltare än i nuvarande tid. Det salta vattnet infiltrerade i jord- och berggrund och det är sannolikt rester av detta vatten som påträffas i de aktuella brunnarna. Som framgår av den hydrogeologiska kartan påträffas de salta brunnarna inom kartområdets såväl låga som höga partier. I regel når brunnarna djupt ned under nollplanet. Såvitt det varit möjligt att fastställa har det salta vattnet enbart påträffats i urberget. Detta gäller även de fall då urberget varit täckt av kambrisk sandsten.

Anledningen till att saltvatten fortfarande finns kvar här och var i berggrunden är att ju djupare under markytan vattnet befinner sig desto långsammare blir i regel dess rörelse. Havsvatten kan därför lätt bli kvar i sprickor och hålrum på grund av att vattenomsättningen på djupet är dålig. Vid en pumpning ur en djup brunn kan emellertid detta vatten komma i rörelse. Risken för att salt vatten skall komma i omlopp kan öka med ökat vattenuttag. Flera exempel på hur man under provpumpning med stora uttag fått förhöjningar i kloridhalten har påträffats. När vattenuttaget efter provpumpningen minskats har kloridhalterna i flera fall sjunkit.

I ett fall har det kunnat konstateras att en förhöjning av kloridhalten orsakats av vägsalt. Detta gäller en brunn på Hardemoåsen, analys nr 48.

9.4. Konstjord infiltration

Sedan 1913 har Örebro stad genom infiltration av vatten från Svartån i grusåsen vid Skråmsta framställt konstgjort grundvatten. Efter år 1959 har denna framställning ökat genom ytterligare utbyggnad av anläggningarna och genom nya anläggningar i Eker, 6 km norr därom. Råvattnet från Svartån, vars sammansättning framgår av analys nr 1 i tabell 4, behandlas före infiltrationen i grusåsen i Skråmsta i en mikrosilanläggning, där alger, slam m. m. avskiljes. Innan vattnet pumpas till grusåsens infiltrationsdammar får det passera ett långsamfilter, i vilken förekommande bakterier och organiska ämnen nedbrytes (analys 1—3, tabell 4 sid. 68).

Grusåsen vid Södra vattentornet har sedan år 1880 använts som kommunal vattentäkt för Örebro stad. Analys nr 4, tabell 4, får tjäna som exempel på kvaliteten av grundvattnet i denna åsdel.

I anslutning till vattentäkten vid Blacksta har Kumla stad låtit utföra infiltrationsförsök. Dessa pågick från mitten av juni 1967 till februari 1968. Råvattnet för infiltrationen erhöles från sandstensbrottet i Älvesta. Före försöket hade grundvattnet i grusåsen den sammansättningen som analys nr 5, tabell 4 visar. Av i stort sett samma beskaffenhet var vattnet i Älvesta sandstensbrott före infiltrationsförsökets början. Under försökets gång inträdde emellertid en försämring av vattenkvaliteten i brottet. Således ökade hårdheten från 108 mg/l till 252 mg/l Ca, järnhalten från 0.1 mg/l till över 1.0 mg/l Fe, manganhalten från 0.3 mg/l till över 1.0 mg/l Mn, sulfathalten från 80 mg/l till över 200 mg/l SO₄. Färgstyrkan och permanganatförbrukningen ökade även. Det är troligtvis de tidigare beskrivna svavelkisförekomsterna i de kambro-ordoviciska avlagringarna som orsakat denna försämring. Analys nr 6, tabell 4, visar råvattnets sammansättning, analys nr 7 visar hur framför allt hårdheten ökat. Senare analyser visar att även sulfathalten ökat mycket kraftigt.

Tabell 4

Analys nr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Datum	25.5.70	25.5.70	27.5.70	27.5.70	20.3.67	6.12.67	13.11.67
Färg, Pt mg/l	45	5	5	5	5	—	10
Grumlighet, ZP-enh	290	81	98	66	ingen	tydlig	ingen
Lukt, styrka	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Bottensats	icke obet	liten	ingen	ingen	ingen	icke obet	ingen
Permanganatförbr., KMnO ₄ mg/l	48	9	9	6	4	19	12
Torrsubstans, mg/l	89	106	116	491	—	—	—
Glödrest, mg/l	68	96	103	395	303	475	505
pH	6.4	6.6	7.9	7.0	7.4	7.2	7.3
Ammonium, NH ₄ mg/l	0.3	0.1	0.1	0.1	0.8	0.3	0.3
Totalhårdhet, Ca mg/l	12	29	29	129	93	156	190
Järn, Fe mg/l	0.45	0.14	0.10	0.10	0.10	2.1	0.10
Mangan, Mn mg/l	0.05	0.08	0.05	0.05	0.15	1.1	0.08
Bikarbonat, HCO ₃ mg/l	15	40	58	296	210	136	183
Klorid, Cl mg/l	5	9	8	43	30	22	27
Sulfat, SO ₄ mg/l	19	31	25	89	51	293	72
Nitrat, NO ₃ mg/l	2	4	3	3	5	3	4
Nitrit, NO ₂ mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.17	0.02
Fosfat, PO ₄ mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Marmoraggressiv kolsyra, CO ₂ mg/l	19	19	0	0	0	0	0
Fluorid, F mg/l		0.3	0.3	0.7			

Analys nr 1. Råvatten från Svartån, Örebro.

Analys nr 2. Infiltrerat vatten från Skråmsta, Örebro.

Analys nr 3. Renvatten efter behandling med kalk och klor, Örebro.

Analys nr 4. Grundvatten från vattentäkten vid Södra vattentornet, Örebro.

Analys nr 5. Grundvatten från grusåsen före infiltrationsförsöket vid Blacksta, Kumla.

Analys nr 6. Råvatten från sandstensbrottet i Älvesta, Kumla.

Analys nr 7. Infiltrerat vatten från brunn nr II, Blacksta, Kumla.

Järn- och manganhalterna beräknas öka först efter en längre tids drift. Det negativa resultatet av infiltrationsförsöket med avseende på kvaliteten har medfört att man har nödgats söka en annan råvattenkälla, sjön Tisaren.

10. NUVARANDE GRUNDVATTENFÖRBRUKNING

AV Å. MÖLLER

Inom kartbladet finns 17 större kommunala grundvattentäkter. Av dessa är 8 st baserade på uttag från bergborrade brunnar och 9 st på uttag ur isälvs-material. I följande tabell redovisas uttagen ur dessa brunnar, de angivna värdena har erhållits från respektive kommunala instanser:

Plats	Uttag i m ³ 1968	Infiltrerad vattenmängd i m ³
Örebro		
Skråmsta vattenverk	11 746 000	11 488 000
G:a vattentornet	359 000	
Mobacka vattenverk	74 000	
Mosås vattenverk	70 000	
Kumla		
Blacksta	1 055 000	232 000
Prinsgatan	292 000	
Vattugatan	133 000	
Sannahed	26 000	
Ekeby, Kumla	1 000 B ¹⁾	
Åbytorp	24 000 B	
Latorpsbruk, Tysslinge	19 000 B	
Vintrosa, Tysslinge	35 000 B	
Hidingsta, Stora Mellösa	2 000 B	
Norra Bro, Ekeby—Gällersta	16 000 B	
Ekeby, Ekeby—Gällersta	10 000 B	
Almbro, Ekeby—Gällersta	20 000 B	
Sköllersta	130 000	

¹⁾ B = bergborrade brunn eller brunnar

Ansenliga mängder grundvatten torde sammanslaget även förbrukas av alla enskilda gårdar och smärre industrier belägna utanför själva tätorterna. Då stora flertalet av dessa uttag emellertid är relativt små, och sker via grävda eller borrhade brunnar utan större inverkningsområde, har de ej medtagits i denna beskrivning.

11. KÄLLOR

AV Å. MÖLLER

Med en källa menas vanligen en punkt eller plats där grundvatten av egen kraft rinner fram ur marken. De utträngande vattenmängdernas storlek kan variera från ett fåtal liter i minuten till flera tusen sekundliter. Dyliga stora källor förekommer dock inte i vårt land.

Källor påträffas oftast i topografiska lågpunkter d. v. s. sänkor eller svackor och utgör en naturlig dräneringspunkt i ett grundvattenmagasin. Flera dyliga dräneringspunkter kan förekomma inom ett och samma grundvattenmagasin eller grundvattenström. Någon generell regel för antalet finns ej utan är helt betingat av lokala geologiska och hydrologiska förhållanden.

Vattenflödet i källor kan vara relativt konstant men kan även variera kraftigt under året. Detta hänger samman med i första hand grundvattenmagasinets storlek, ju större magasin desto mer utjämnande effekt och desto mer konstant avbördning via källan. Ju mindre ett nederbördsområde och grundvattenmagasin är ju känsligare och mer beroende av nederbörd blir det och desto ojämnare blir flödet i källan.

I det följande kommer två helt olika typer av källor att redovisas. Den första är de källor som står i förbindelse med och dränerar isälvsförekomster som finns inom kartbladet. Den andra är de källor som kan sättas i samband med grundvattenförande bergarter. Det gäller här i första hand sandstenen inom Kvarntorpsområdet.

11.1. Källor i isälvsmaterial

Ett flertal källor har påträffats i anknytning till de olika åssystemen. De flesta av dessa har ett relativt litet flöde, i storleksordningen 0.2—0.3 l/s, men även ett antal med kapaciteter upp till 8—10 l/s förekommer. Källor med höga flöden är oftast funna i anslutning till själva åskärnan medan källor med låga vattenföringar påträffas utanför denna. Här rör det sig emellertid för det mesta inte om källor vilka dränerar ut grundvatten från själva huvudåsen utan grundvatten från svallmaterialförekomster. Grundvattenmagasin i dyliga bildningar är ofta mycket små och är därför starkt nederbördsberoende med snabba fluktuationer i såväl nivå som avrinning som följd.

I det följande lämnas en översikt över källor vilka är av betydelse för bedömning av i första hand sand- och grusåsarnas hydrologi. Källor i moränmarker o. d. belägna utanför dessa åsstråk är ej medtagna då dessa källor oftast är små och har en så pass kraftigt varierande vattenföring att de saknar intresse ur vattenförsörjningssynpunkt. Källorna är på den hydrogeologiska kartan betecknade med bokstaven K följt av ett löpande nummer.

På de gamla geologiska kartbladen från år 1873—1875 (bladen Örebro, Segersjö, Riseberga och Latorp, SGU Ser. Aa) finns åtskilliga fler källor angivna, även i anslutning till isälvsavlagringarna, än i förteckningen nedan. I vissa fall kan det röra sig om mindre källor av den typ som nämnts. I andra fall, t. ex. på Kumla—Hallsbergsåsens östsluttning vid Kumla, torde källorna ha upphört att rinna på grund av sänkningen av grundvattenytan genom vattentäkt. Dessa källor kan sålunda ge antydningar om de naturliga grundvattenförhållandena före de nuvarande ingreppen.

11.1.1. KÄLLOR I HARDEMOÅSEN

Källa K 1. I botten på det grävda dräneringsdiket parallellt med Svartån norr om Sanna rinner det fram grundvatten vilket utgör den naturliga avrinningen från isälvsområdet mellan riksvägen och diket. Kapaciteten uppmättes i juli till 25 l/min, temperaturen var 6° C. Samtidigt uppmättes i dräneringsrör belägna i sluttningen omedelbart väster om åsen ett utflöde av 40 l/min, temperaturen var 7.2° C. Delar av detta vatten torde vara ytvatten.

Källa K 2. Omedelbart söder om riksvägen vid Sanna är ett mindre separat grundvattenområde beläget. Dess avrinning sker via en källa ett hundratal meter väster om landsvägen. Flödet är obetydligt, cirka 0.2—0.3 l/s. En vattentäkt som utnyttjar detta vatten är nyligen utförd för bensinstationen vid vägkorset strax norr därom.

Källa K 3. Denna källa dränerar delar av grundvattnet i åsen väster därom. Flödet uppmättes i juli till 20 l/min i dräneringsrör inom området, temperaturen var 7.8° C.

Källa K 4. Även detta utflöde uppmättes i dräneringsrör och uppgick till 10 l/min, temperaturen var 7.4° C.

Källa K 5. Flödet här har ej kunnat mätas då området är helt täckdikat och inga lämpliga mätpunkter kunde påträffas. Ett tydligt porlande indikerade dock ett relativt kraftigt flöde vilket måste härstamma från grundvattenläckage ur åsen strax väster om K 5.

Källa K 6. Strax norr om gården Eketorp är i åssluttningen en smärre svacka. Marken är här mycket fuktigare än runt omkring och grundvattenutsläpp har kunnat konstateras på flera ställen. Någon mätning av vattenmängderna har ej gått att göra men de torde totalt uppgå till någon sekundliter.

Källa K 7. Källan utgör den naturliga dräneringspunkten för hela grundvattenmagasinet inom denna åsdel och utflödet sker i botten och längs kanten av diket strax öster om vägtrumman. Flödet uppmättes i mitten av juli till 7 l/s och temperaturen var 7.9° C. Vattenprov från denna punkt redovisas under analysnummer 87 bilaga A, sid. 83.

Källa K 8. Denna punkt är det naturliga utloppet för största delen av grundvattnet inom den aktuella åsdelen. Flödet går emellertid ej att bestämma på grund av den höga vattenföringen i Täljeån.

Källa K 9 A—B. Dessa källor är belägna längs åkanten och utflöde sker på ett flertal punkter. Totalt torde här utläcka cirka 20—30 l/min, temperaturen uppmättes i början av juli till 7.8° C. En viss utläckning torde även kunna ske i botten av ån mellan K 9 och fram till landsvägsbron strax nordöst om samhället.

Källa K 10—K 11. Vid dessa källor dräneras huvudparten av grundvattnet. Åsen är inom detta område längs sidorna täckt av lera. I samband med fördjupning av diket strax väster och nordväst om vägbron har dessa lager genomskurits och åsmaterial går i dagen på flera ställen. Här sker huvudutflödet, källan K 10. Någon mätning har ej kunnat göras på grund av det stora flödet i de två bäckar som möts här.

Källan K 11 utgörs av utflöde på ett par ställen längs östra bäckkanten strax norr om landsvägsbron väster om Hardemo kyrka. Här uppmättes i juli ett utflöde av 8 l/s, temperaturen var 7.8° C. Vattenprov från K 11 redovisas under analysnummer 88, sid. 83.

Strax söder om K 10 och belägen på västra sidan av vägen finns en gammal historisk källa, S:t Olofs källa. Den består av en ett par meter djup stensatt brunn. Grundvattenytan ligger cirka 1 m under markytan. Källan har förmodligen en gång varit självrinnande innan erosion och dikesgrävning norr och väster därom genombröt de grundvattendämmande lerlagren längs åsens fot. Inget spår av flöde kan nu upptäckas.

Källa K 12. Källan består av utflöde i botten och sidan av diket som här lokalt skär något in i åsen. Den utläckande vattenmängden har ej kunnat uppmätas på grund av för stort flöde i själva diket men kan uppskattas till mellan 1 och 3 l/s.

11.1.2. KÄLLOR I KUMLA—HALLSBERGSÅSEN

Källa K 13. Denna källa, även kallad Gällö brunn, är den största funna källan inom kartbladet och flödet uppmättes i juli till 8 l/s. Enligt Jansa har här uppmätts cirka 18 l/s. Tidpunkten för mätningen anges dock ej. En närliggande brunn för Mobacka vattenverk tar cirka 2.5 l/s. Det totala flödet kan därför sägas vara drygt 10 l/s i naturlig avrinning. På grund av åsens stora bredd och förmodade stora djup under grundvattenytan bör flödet i källan bara vara en del av den totala grundvattenströmmen i åsen. Vattenprover från källan redovisas under analysnummer 16, sid. 81.

Källa K 14. Källan är belägen cirka 200 m öster om själva åsen och består av en genomläckning underifrån av grundvatten från huvudåsen genom tunnare lerlager och svallsandlager. Flödet är relativt konstant och uppgick under hela sommaren 1969 till mellan 1.0 och 1.5 l/s.

Källa K 15. Denna källa utgör slutdräneringspunkten för grundvatten från stora delar av åssystemen såväl norr som söder därom. Kraftigt utflöde har med hjälp av temperaturmätningar konstaterats i kanten och botten av Täljeån

cirka 200 m väster om den gamla landsvägsbron. Någon kapacitetsmätning är dock ej möjlig att göra på grund av det stora flödet i själva ån.

Källa K 16. Denna källa utgjorde en gång den naturliga dräneringspunkten för grundvattenströmmen inom detta grundvattenmagasin. Det synliga flödet tycks nu ha försvunnit genom i främsta hand grundvattentäkten vid Blacksta vilket medfört att grundvattenytan sänkts under åns botten.

11.1.3. KÄLLOR I PÅLSBODA—GLANSHAMMARSÅSEN

Källa K 18—K 19. Inom detta område förekommer två helt olika grundvattenmagasin, ett i själva åsen och ett i de omkringliggande svallsandförekomsterna. Källan K 19 ugörs av ett flertal smärre grundvattenutsläpp längs bäcken vid platsen för källmarkeringen. Vattnet torde till största delen härröra från det övre grundvattenmagasinet i svallmaterialet. Någon kapacitetsmätning har ej gjorts. Vid K 18 förekommer också utläckning på ett par platser till bäcken. Här tycks det dock i stället röra sig om grundvatten från själva åsen.

Källa K 20. Strax norr om Sköllersta samhälle skär en bäck den här befintliga åsen. Här förekom tidigare grundvattenutsläpp dels via en grävd branddamm och dels via den fördjupning av diket som skett när en vägtrumma nedfades. I och med att brunnar anlades cirka en km söderut i åsen minskade det naturliga utflödet. År 1969 utfördes en grusfilterbrunn omkring 100 m söder om källan.

Uttaget i brunnen uppgår för närvarande till cirka 12—14 l/s och utflödet i källan har i och med detta helt upphört. Innan dessa brunnar anlades skedde även en viss utläckning öster om Kalsta längs Sköllerstabäcken.

11.1.4. ÖVRIGA KÄLLOR

En mindre grusås är belägen strax öster om Mobacka samhälle. Åsen sträcker sig i nord—sydlig riktning och är endast 2 km lång. Grundvattnet bör av topografiska skäl röra sig åt söder och grundvattenutsläpp har konstaterats på två ställen längs det öster om åsen gående diket vid K 17. Den totalt utläckande mängden torde uppgå till cirka 1—2 l/s.

11.2. Källor i sedimentbergarter

11.2.1. KVARNTORPSOMRÅDET

Några större naturliga källor vilkas vatten härrör från sedimentbergarterna har ej påträffats. Den naturliga dräneringen sker i stället oftast på bred front med utläckning i diken belägna i topografiska lågpunkter. Detta gäller speciellt inom sandstensområdets norra begränsning mellan Säbylund—Ekeby—Kalsta. I de flesta här belägna dikena kan järnutfällning och temperaturskillnader i dikes-

vattnet påvisas även om ingen direkt vattenströmning kan iakttas på grund av dikenas stora bredd och djup. Genom brunnar med stor diameter anlagda på lämpliga ställen torde dock relativt stora mängder vatten, 3—5 l/s, kunna erhållas per brunn.

Ett par smärre källor har påträffats i området norr om Kvarntorps samhälle, den ena strax norr om skjutbanan och den andra vid gården Björkmo. Här har under våren 1970 konstaterats ett flöde av 1—2 l/s av starkt järnhaltigt grundvatten. Utfällning av järn syntes på flera ställen längs dikenas övre delar. Det här utläckande grundvattnet torde dock ej komma från några djupare lager utan troligen utgöras av vatten från omgivande moränmarker. Att döma av växtligheten i botten på dikena torde flödet upphöra under sommaren. Källorna saknar intresse för vattenutvinning.

Inga ytterligare källor av intresse har påträffats inom området. Enligt uppgifter från ortsbefolkningen skall det dock ha funnits fler tidigare. Att dessa slutat rinna kan eventuellt bero på den ökade vertikala dränering som skapats i och med de stora uttag som sker i de stora stenbrotten.

12. ORDLISTA

Akvifer	en geologisk formation, som uppträder som en hydrogeologisk enhet och som har tillräcklig permeabilitet för att avge vatten i användbara mängder.
Artesisk akvifer	en akvifer i vilken grundvattnet står under ett sådant tryck att grundvattennivån i en brunn nedförd i akviferen står högre än övre begränsningsytan av den vattenförande formationen.
Artesisk brunn	en brunn nedförd i en artesisisk akvifer i vilken grundvattnet har ett sådant tryck att brunnen är själv rinnande.
Artesisk källa	en själv rinnande källa vars vatten härstammar från en artesisisk akvifer.
Deformationsriktning	den tektoniska rörelsens huvudriktning.
Drumlins	i landisens rörelseriktning utsträckta strömlinjeformade kullar av bottenmorän.
Effektiv porositet	se vattenavgivningstal.
Fosforit	vanligen brunaktiga korn eller klumpar av fosforhaltigt material (apatit).
Fossilt grundvatten	grundvatten vilket inneslutits i sediment i samband med dettas bildning eller eljest under ett tidigare skede i områdets geologiska utveckling.
Glaukonit	som gröna korn uppträdande kalihaltigt mineral.

Gnejsgranit	bergart med huvudsakligen granitisk sammansättning och gnejsig struktur.
Grundvattenmagasin	grundvattenförande lager med relativt stor mäktighet och avgränsat så att det kan betraktas som en hydrologisk enhet.
Grundvattenområde	ett i jord- eller berggrund naturligt avgränsat, sammanhängande område med grundvatten. Flera grundvattenmagasin kan förekomma inom ett grundvattenområde.
Grundvattendelare	gränslinjen mellan olika grundvattenmagasin.
Infiltrationsfaktor	förhållandet under längre tid, vanligen ett eller flera år, mellan den infiltrerande vattenmängden och nederbörden.
Jotnium	period från jordens urtid.
Kapillära zonen	den grundvattenfria zonen mellan jordluftzonen och grundvattenzonen i vilken kapillärvatten förekommer.
Kapillär stighöjd	den höjd till vilken vattnet stiger på grund av kapillära krafter.
Kapillärvatten	i jord- och berggrund förekommande vatten som till följd av ytspänningskrafter kvarhålls i de mindre hålrummen.
Kambrium	den äldsta perioden av jordens forntid.
Kompetent bergart	en mot deformation motståndskraftig bergart.
Konkretion	vanligen klumpformad bildning med från berg- eller jordarter i övrigt avvikande sammansättning bildad genom kemisk omsättning in situ.
Konsolidering	process där löst sediment hårdnar.
Leptit	en metamorf (omvandlad) vulkanisk bergart.
Manschett	anordning, som möjliggör avskärmning av olika nivåer i en brunn som provpumpas.
Migmatitomvandling	tillförsel av smältflytande material, vanligen kvarts och fältspat, som gångar eller ådror i en äldre bergart.
Ordovicium	den näst äldsta perioden av jordens forntid.
Orsten	kalkkonkretioner i alunskiffer.
Pegel	anordning för mätning av vattenstånd.
Perm	den yngsta perioden av jordens forntid.
Permeabilitet	ett mått på ett materials, i detta fall en jord- eller bergarts, förmåga att släppa igenom en vätska.
Porositet, hålfaktor	ett mått på förhållandet mellan hålvolymen och den totala volymen; anges oftast i procent.
Sediment	avlagring, som avsatts vanligen i vatten ibland i luft.
Skjuvspricka	en sluten spricka, där väggarna tryckts ihop och gnidits mot varandra.

Skjuvvinkel	vinkeln mellan deformationsriktningen (max. tryck) och en skjuvriktning. Deformationsriktningen är bisektris till vinkeln mellan två samhöriga skjuvriktningar.
Specifik kapacitet	ett mått på en brunns vattenavgivande förmåga uttryckt i kapacitet per enhet avsänkning av grundvattentytan i brunnen.
Strykning	skärningslinjen mellan skiktyta och horisontalplan.
Stupning	lutning av skiktyta vinkelrätt mot strykningen.
Svallmaterial	här avses i första hand material, oftast sand och grus, som bildats genom vågornas sorterande och omlagrande inverkan.
Sänkningstratt	den trattformiga del av grundvattentytan som bildas kring en grundvattentäkt vid pumpning.
Tektonik	deformation i berggrunden, t. ex. genom sprickbildning.
Tensionsspricka	en öppen spricka, där väggarna avlägsnat sig något från varandra.
Vattenavgivningstal	den del av den totala volymen i ett material som dräneras genom påverkan av gravitationskraften när vattentytan sänkes.
Överuttag	det uttag ur en akvifer som överstiger den årliga nybildningen av grundvatten i denna.

13. REFERENSLITTERATUR

En förteckning över olika utredningar i vilka grundvattenförhållanden inom kartbladet berörs lämnas nedan. Förteckningen får inte betraktas som en fullständig översikt över samtliga utförda utredningar utan utgör endast en sammanställning över de utredningar som kommit SGU till handa under kartarbetets förlopp. Vissa utredningar omfattar flera delområden, t. ex. den av VBB och K-Konsult gjorda utredningen angående Kumla—Hallsbergsregionens grundvattentillgångar, därav följer att samma nummerbeteckning återfinns på flera platser i översikten på fig. 27.

Frånsett utredningar gällande speciella områden lämnas även en förteckning över litteratur av mer allmänt intresse.

13.1. UTREDNINGAR

AIB = Allmänna Ingenjörbyrå
 K-Konsult — LBF = Kommunernas Konsultbyrå
 VBB = Vattenbyggnadsbyrå

1. Arbetsplan för vatten och avlopp i Almbro samhälle i Ekeby och Gällersta kommun i Örebro län (Almbro)
 Ingenjörfirman Vatten och avloppsteknik 20/1 1955

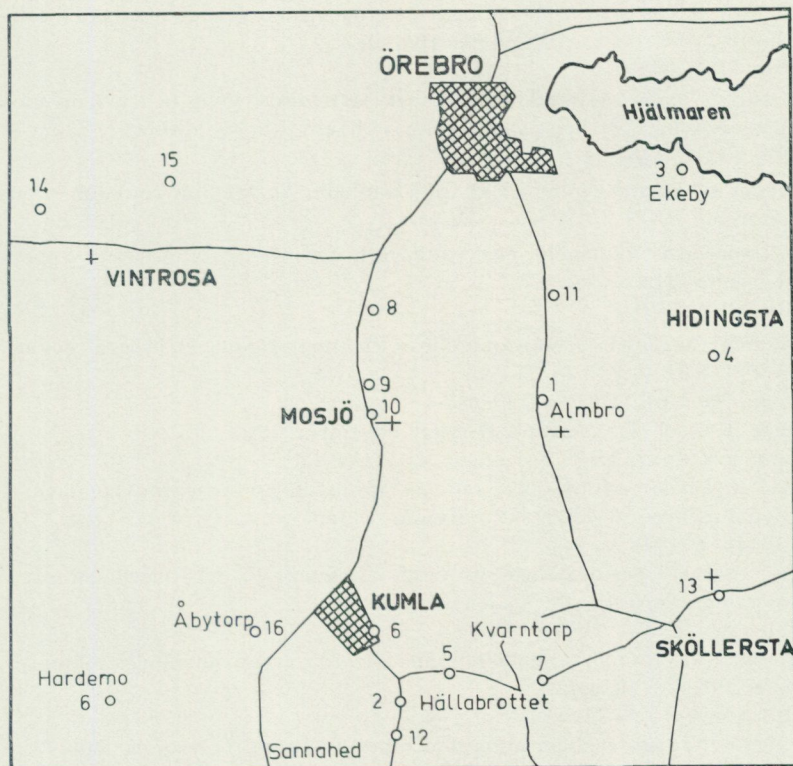


Fig. 27. Referensöversikt för inom kartbladet utförda grundvattenundersökningar.
Location of ground water investigations referred to in the text.

Förslag till vatten- och avloppsledningarna jämte vattenverk och reningsbrunn i Almbro. Ekeby-Gällersta kommun, Örebro län (Almbro)

Civ.-ing. Erik Berg 4/10 1957

2. PM angående erforderliga vattenståndsmätningar och provtagningar under provpumpning av vattentäkt vid Blacksta söder om staden (Kumla)
 VBB 9/3 1955
 PM angående utförda grundvattenundersökningar i trakten av Blacksta (Kumla)
 VBB 3/11 1955
 Förslag till skyddsområde för vattentäkten vid Blacksta (Kumla)
 VBB 10/1 1959
 PM över utförda rekognoserings vid vattentäkten i Blacksta (Kumla)
 VBB 24/11 1959
 PM angående framtida utbyggnad av vattenverket vid Blacksta (Kumla)
 VBB 10/8 1960
 PM angående bortledning av grundvatten från sandstensbrott vid Älvesta (Kumla)
 VBB 10/4 1959
 PM angående anordnande av vattenståndsrör i trakten av grundvattentäkten vid Blacksta (Kumla)
 VBB 17/6 1959

- PM över rekognoseringsborrningar utförda mellan grundvattentäkten i Blacksta och sandstenbrott i Hällabrottet (Kumla)
VBB 17/6 1959
3. Utredning angående markbeskaffenhet, vattenförsörjning och avlopp inom områden avsedda för fritidsbebyggelse i Ekeby-Almby, Örebro (Ekeby-Almby)
LBF 20/12 1962
 4. Förslag till va-anläggning i Hidingsta samhälle, St. Mellösa kommun, Örebro län
K-Konsult. 18/9 1964
 5. PM angående vattentäkt och vattenverk för Hällabrottet jämte angränsande bebyggelse (Hällabrottet)
LBF 30/61 1960
 6. Utredning angående grundvattentillgången inom Kumla Hallsberg regionen
Etapp I VBB, LBF 29/1 1963
Etapp IIa VBB, LBF 14/12 1964
Etapp IIb och IIc VBB, K-Konsult november 1968
Sammanfattning VBB, K-Konsult 20/11 1968
PM angående erforderliga vattenståndsmätningar och provtagningar under propumpning av vattentäkt i Kumla (Kumla)
VBB 18/8 1954
PM angående erforderliga vattenståndsmätningar och provtagningar under propumpning öster om staden (Kumla)
VBB 18/8 1954
PM över nuvarande vattentäkter samt utförda grundvattenundersökningar öster om Kumlasjön (Kumla)
VBB koncept
Redogörelse för rekognoseringsborrning med hejarborr norr om Prinsgatan (Kumla)
VBB brev 22/2 1956
Ritning till brunn nr XI (slopad) med borrhprofil (Kumla)
Ritning VBB — 242 c 3 18/5 1955
Anvisningar till utförande av brunn nr IX. Borrhprofil för brunn IX och brunn XI (Kumla)
VBB brev 30/11 1955
Beskrivning av Sv. Diamantbergborrnings AB borrhning för brunn IX. Borrhprofil och siktdiagram (Kumla)
VBB brev 21/12 1955
PM nr 1 beträffande nedsättning av observationsrör vid stadens vattenverk (Kumla)
Civ.-ing. G. Sökjer-Petersen Ingenjörbyrå 10/2 1962
 7. Kvarntorp. Grundvattenstånd vid västra och södra brotten (Kvarntorp)
E. Fromm 9/10 1963 bil. 1
 8. PM beträffande vattenverk för Mobacka och Marieberg inom Mosjö kommun, Örebro län (Mobacka-Marieberg)
AIB 25/10 1957
 9. Redogörelse för grundvattenundersökningar för Mosjö kommun i Örebro län (Mosjö)
AIB 20/5 1954
 10. Redovisning av testpumpning, rensumpning samt propumpning av borrhbrunn vid Kyrkeby egendom, Mosås
AB Akva Terra 30/6 1969

11. Redogörelse över grundvattenundersökningar i Norra Bro inom Ekeby-Gällersta kommun, Örebro län (Norra Bro)
LBF 25/10 1958
12. PM angående grundvattenobservationer i Sannahed inom Kumla landskommun (Sannahed)
LBF 10/8 1962
13. Yttrande över grundvattenundersökningar för Sköllersta samhälle i Sköllersta kommun, Örebro län
Viak 14/2 1956
14. Yttrande över undersökning av bergborrade brunnar inom Vintrosa stations-
samhälle i Tysslinge kommun, Örebro län (Vintrosa)
Viak mars 1954
Undersökning av vatten från Vintrosa vattenverk Latorpsbruk (Latorpsbruk)
Kemibyran 18/7 1962
Betr. Vintrosa vattenverk (Vintrosa)
Viak brev 22/12 1962
15. Översiktlig utredning av möjligheterna att anlägga grundvattentäkter för en
planerad bebyggelse invid Lanna-Vintrosa-Latorp (Lanna-Vintrosa-Latorp)
SGU 22/5 1968
16. Redogörelse angående grundvattenundersökningar i Åbytorp (Åbytorp)
LBF 21/9 1959

13.2. Litteratur av allmänt intresse

GFF = Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar.

SGU = Sveriges geologiska undersökning.

ASKLUND, B., 1923: Bruchspaltenbildningen im südöstlichen Östergötland nebst einer Übersicht der geologischen Stellung der Bruchspalten Südostschweden. — GFF 45.

BENGTSON, P., 1971: Kvarntorpsområdets hydrogeologi. En översikt. — SGU, C 667.

BERGDAHL, A., 1944: Två åsgröpar. Studier i ett grustag. — Sv. Geogr. Årsbok 20, s. 94—107.

— 1953: Israndbildningar i östra syd- och mellansverige med hänsyn till åsarna. — Medd. Lunds Geograf. Inst., Avh. XXIII.

BERNELL, L., 1957: Proceedings of the fourth international conference on soil mechanics and foundation engineering. — London.

DAHLMAN, B.: Borruppgifter från skifferoljeundersökningarna i Närke. — SGU:s arkiv.

DE GEER, S., 1913: Geografisk undersökning av sjöarna Toften, Testen och Tysslingen. — SGU, C 250.

DE WIEST, J. R. M., 1965: Geohydrology. — John Wiley & Sons. New York.

EKLUND, J., 1947: Grundens och landskapets historia i Närke före istiden. Natur i Närke, s. 13—33. — Göteborg.

— 1961: Kumlabygden. Del I. — Kumla.

EFSTRÖM, G. och FLODKVIST, H.: 1926: Hydrologiska undersökningar av åkerjord inom Örebro län. — SGU, C 334.

FLODKVIST, H., 1955: Om Hjälmarens sänkning och dess följder. Torvjords och gytjeblandad lerjords sättnings. — Grundförbättring, Årg. 8, s. 251—257.

FROMM, E., 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro SV. Paleozoisk berggrund. — SGU, Af 101.

GORBATSCHEV, R., 1961: Dolerites of the Eskilstuna region, eastern central Sweden. — SGU, C 580.

HÄLLÉN, K., 1919: Anläggningen för konstgjort grundvatten vid Örebro stads vattenledningsverk, Skråmsta. — Svenska Kommunal Tekniska Föreningens Handlingar, No 9.

HOLMSEN, P., 1956: Oppsprekning, topografi og vannføring i massive dypperarter. Meddelelse fra vannboringsarkivet, nr 4. — NGU 195.

JANSA, V. och GUSTAFSSON, B., 1963: Kompendium i vattenförsörjnings- och avloppsteknik I. — KTH 63:5.

KAUFMANN, R., 1931: Die Klufftektonik des Kambrosilurs von Gotland, Öland und dem Kalmargebiet. — Geol. Rundschau, 22.

- KESSLER, D. W., 1926: Permeability of stone. — Nat. Bur. of Standards, Technical paper 305. Washington.
- LARSSON, I., 1959: Tektoniska förutsättningar för grundvatten i urberget. — Sv. Geogr. Arsbok 35.
- LARSSON, W., 1940: Undersökningar inom Nerikes skifferområde. — SGU, intern rapport.
- LINDSKOG, G., 1964: Geoteknik. — Bonniers. Stockholm.
- LUNDEGÅRDH, P. H., 1959: Beskrivning till kartbladet Eskilstuna. Berggrunden. — SGU, Aa 200.
- 1971: Beskrivning till berggrundskartbladet Örebro SV. Urberg. — SGU, Af 101.
- RICHERT, J. G., 1902: Hydrologiska undersökningar för föreslagen tillökning af vattenledningen i Örebro. — Stadsfullm. tryck nr 8.
- 1905: Föreslagen utvidgning af Örebro stads vattenledning och vattenaflopp. — Teknisk Tidskrift, allm. avd., s. 387—390, 393—395.
- TEKNISKA NOMENKLATURCENTRALEN, 1970: Vattenordlista 2. — TNC nr 45.
- TJERNVIK, T., 1947: En kulle på Närkeslätten. Natur i Närke, s. 112—123. — Göteborg.
- 1952: Om de lägsta ordoviciska lagren i Närke. — GFF 74, s. 51—70.
- WALDÉN, B., 1940: Den stora sjösänkningen. Minnesskrift med anledning av Hjälmarens och Kvismarens Sjösänkingsbolags 75-års jubileum. — Örebro.
- WESTERGÅRD, A. H., 1940: Nya djupborrningar genom äldsta ordovicium och kambrium i Östergötland och Närke. — SGU, C 437.
- VIAK, 1962: Kumla-Hallsberg. Inventering av bergborrhållade brunnar. — VIAK. Örebro.
- WIMAN, E., 1942: Studies of the morpho-tectonics of the Mälardepression, Sweden. — Bull. Geol. Inst. Upsala, vol. 29.

14. BILAGOR

14.1. Bilaga A Förteckning över vattenanalyser från brunnar och källor inom kartbladsområdet

Siffror och bokstav inom parentes anger ekonomiskt kartblad enligt indelning i huvudkartans ram.

Förkortningar: Isälvs = isälvsavlagring, Mä = morän, Sk = skiffer, Ss = sandsten, Ub = urberg.

Analys nr	Läge	Höjd möh	Djup m	Akvifer	Analys-datum	KMnO ₄ mg/l	Glödrest mg/l	pH	Tot.hårdhet mg/l Ca	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l	F mg/l
1	Kumla-Ekeby vv (1 c)	45	35	Ub	680125	9	267	7.8	38	0.10	0.12	191	16	12	0	2.2
2	Berga (0a)	67	7	Mä	700409	21	—	6.2	63	0.10	0.05	101	20	—	19	—
3	Tysslinge kyrkskola nr 15 (4 b)	55	45	Ss	610710	12	—	7.2	113	1.80	0.40	236	11	—	0	—
4	Norra Mossby vv (0d)	60	61	Sk-Ss	690929	9	295	8.1	11	0.05	0.05	166	42	36	0	2.5
5	Kumla bandindustri (1 c)	50	33	Ss	681017	8	505	7.2	111	0.10	0.80	275	40	70	0	0.7
6	550 m SSV Örsta (1 c)	45	70	Ss	651110	10	753	8.0	41	0.10	0.05	127	292	50	0	—
7	Sannahed vv (0 c)	50	18	Isälvs	681015	6	413	7.3	92	0.10	0.05	168	170	65	0	0.3
8	500 m ÖSÖ Sköllersta kyrka (1 e)	27	36	Ss	650609	10	487	7.0	116	0.10	0.05	207	30	90	2	—
9	Ekeby-Gällersta vv (2 d)	38	83	Ss	670330	8	413	7.5	82	0.10	0.20	214	150	65	0	—
10	Gällersta ålderdomshem (2 d)	34	49	Ss	650517	9	452	7.3	125	0.10	0.29	293	47	79	0	—
11	Torsta skola (2 e)	40	48	Sk-Ss	650517	9	265	8.3	14	0.11	0.05	165	50	8	0	4.3
12	Kumla vv i Blacksta, brunn I (0 c)	40	17	Isälvs	690227	10	505	7.5	121	0.10	0.20	203	30	65	0	—
13	Kumla vv i Blacksta, brunn II (0 c)	42	17	Isälvs	690227	7	568	7.6	143	0.10	0.15	195	24	72	0	0.7
14	Hardemo kyrkskola (0 a)	55	5	Isälvs	691201	5	310	7.5	109	0.16	0.05	204	41	72	0	0.1
15	1700 m NV Mosås stn (3 c)	50	1	Isälvs	690731	14	178	7.6	59	0.10	0.05	122	9	25	5	—
16	Gällö brunn K 13 (3 c)	43	3	Isälvs	690731	8	307	7.6	73	0.10	0.05	165	56	56	5	—
17	Ängsholmen (4 b)	41	1	Isälvs	690815	9	186	7.3	47	0.10	0.05	69	21	57	7	—
18	1550 m ÖNÖ Sörby, nr 69 (1 b)	58	42	Ss	690815	17	270	8.0	46	0.80	0.31	250	12	15	5	—
19	200 m V Hälgholmen (0 d)	70	46	Sk-Ss	690807	9	300	7.8	74	0.10	0.15	264	15	24	0	—
20	850 m SÖ Örsta (1 c)	63	39	Ss	690807	16	280	7.8	78	1.00	0.62	181	18	78	0	—
21	Segås, nr 73 (0 d)	70	73	Sk-Ss	690807	13	819	7.9	130	0.70	0.05	167	332	61	0	—
22	Värsta, 1600 m SÖ Sköllersta (1 e)	40	24	Ss	690807	9	266	8.1	86	1.00	0.34	206	11	58	0	—
23	600 m VNV Rumboholm (4 b)	42	12	Isälvs	690724	8	342	7.4	79	2.50	1.90	123	41	74	8	—
24	1250 m N Sanna vägkorsning (4 b)	43	13	Isälvs	690724	17	102	6.9	22	0.21	0.05	22	8	34	7	—
25	Mosås vv (2 c)	47	18	Isälvs	680827	5	253	7.3	75	0.10	0.05	154	26	25	0	—
26	Götibro handel (1 a)	47	5	Isälvs	670113	—	—	7.4	94	0.05	0.44	236	33	80	—	—
27	300 m S Götibro handel (1 a)	48	5	Isälvs	670113	—	—	6.9	49	2.00	0.01	244	13	58	—	—
28	Dyen, 500 m NNV Hardemo k:a (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.3	49	0.24	0.04	177	49	28	—	—
29	Källan, 300 m NNV Hardemo k:a (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.4	91	0.15	0.31	240	33	115	—	—

Analys nr	Läge	Höjd möh	Djup m	Akvifer	Analys-datum	KMnO ₄ mg/l	Glödrest mg/l	pH	Tot.hårdhet mg/l	Ca	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l	F mg/l
30	500 m NNÖ Tarsta hpl (0 c)	45	5	Isälvs	690602	4	77	7.3	106	5.10	1.10	330	23	1	0	—	—
31	300 m SÖ Hardemo kyrka (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.3	81	0.06	0.08	184	28	61	—	—	—
32	Hardemo prästgård (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.1	85	1.60	0.61	225	14	75	—	—	—
33	50 m V Hardemo hembygdsgård (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.2	89	0.78	0.01	186	50	80	—	—	—
34	Löfåsen (0 a)	50	5	Isälvs	670113	—	—	7.1	158	0.58	1.36	363	51	130	—	—	—
35	Kvarntorps dagbrott (1 d)	39	1	Ss	670111	—	—	7.2	206	1.80	3.20	169	84	141	—	—	—
36	Vallsta 1: 5, nr 3 (2 b)	40	16	Ss	670111	—	—	7.3	118	1.50	0.01	222	34	38	—	—	—
37	900 m Ö Örsta nr 10 (1 c)	52	25	Ss	670111	—	—	7.4	55	1.80	0.40	159	7	20	—	—	—
38	Vintrosa vv, nr 18 (4 a)	87	73	Sk-Ss	670111	—	—	7.8	27	0.05	0.02	123	38	4	—	—	—
39	V. Granhammar, nr 22 (3 a)	59	33	Ss	670111	—	—	7.7	60	0.50	0.10	206	7	140	—	—	—
40	Kolsberg, nr 82 (1 c)	45	25	Ss	640728	7	510	7.3	171	1.60	1.00	220	14	227	0	—	—
41	Stene, nr 33 (1 b)	49	55	Ss	670112	—	—	7.3	132	3.00	0.50	69	757	80	—	—	—
42	Källtorp, 200 m SV, nr 26 (0 e)	55	9	Isälvs	670112	—	—	7.8	69	0.16	0.05	85	19	1	—	—	—
43	Latorps vv, nr 84 (4 a)	85	70	Sk-Ss	660525	4	162	7.5	35	0.10	0.05	122	30	1	0	—	—
44	Björka (0 c)	50	89	Ub	691201	25	—	7.3	131	0.17	0.05	317	45	—	0	—	—
45	300 m NÖ Ö Granhammar (3 a)	50	2	Isälvs	650323	6	—	6.6	27	0.10	0.05	53	8	—	28	—	—
46	750 m SÖ Ö Granhammar (3 a)	45	3	Isälvs	661130	11	—	7.2	68	0.10	0.88	166	10	—	7	—	—
47	Tarsta, 200 m V Hpl (0 c)	50	5	Isälvs	690710	20	336	7.5	80	0.45	0.50	260	29	1	0	—	—
48	Vallbytorp, 1000 m SÖ Karlslund (3 a)	50	3	Isälvs	661024	11	—	5.7	127	0.10	0.05	9	249	—	37	—	—
49	Irvingsholm (4 b)	45	7	Isälvs	680115	18	163	6.8	52	0.14	0.15	56	14	40	20	—	—
50	Rumboholm, nr 85 (4 b)	40	50	Ss	680115	14	2545	7.8	219	0.19	0.05	122	1350	130	5	—	—
51	Kräcklinge skola (2 a)	50	5	Isälvs	650430	16	324	7.4	88	0.10	0.08	230	19	—	0	—	—
52	Klara gruva, 70 m u my (4 a)	50	70	Ub	680221	7	458	7.5	94	1.90	0.05	212	92	70	7	—	—
53	Klara gruva verkstad (4 a)	50	12	Ss	680221	9	416	7.2	151	4.90	0.39	307	20	96	5	—	—
54	Hardemo prästgårdsarrende (0 a)	55	19	Ub	690621	7	458	7.3	105	0.40	0.05	232	14	—	0	—	—
55	Charlottenlund 2100 m SÖ Vintrosa (3 b)	55	1	Isälvs	680221	7	155	7.4	35	0.10	0.05	53	58	13	5	—	—
56	600 m N Sanna (4 b)	44	8	Isälvs	690724	5	218	6.9	45	2.60	0.05	54	20	34	16	—	—
57	350 m N Ängsholmen (4 b)	41	6	Isälvs	690722	9	218	7.8	55	0.23	0.14	92	28	48	5	—	—
58	300 m V Norrgårda (3 b)	48	2	Mä	690814	22	167	7.1	48	9.99	0.75	112	14	59	16	—	—
59	500 m Ö Ekeby kyrka (2 d)	26	31	Ss	6908	—	—	7.9	106	0.39	0.18	224	15	84	0	—	—
60	450 m SV Sköllersta kyrka (1 e)	32	13	Isälvs	550822	—	—	7.7	71	1.28	0.15	130	35	92	0	0.3	—
61	Kyrkeby, 250 m NV Mosjö, nr 91 (2 c)	32	43	Ub	681120	4	350	7.1	103	2.20	0.25	235	26	—	0	—	—

Analys nr	Läge	Höjd möh	Djup m	Akvifer	Analys-datum	KMnO ₄ mg/l	Glödrest mg/l	pH	Tot.hårdhet mg/l Ca	Fe mg/l	Mn mg/l	HCO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l	F mg/l
62	Rosendal (4 a)	55	37	Ss	671204	6	350	7.2	117	1.40	0.42	264	14	124	0	—
63	Dyringe, nr 80 (3 b)	40	56	Ub	651015	11	—	7.4	496	2.30	0.10	50	2000	—	0	—
64	Hidingsta vv, nr 83 (3 e)	30	94	Ub	640605	20	—	7.8	90	1.80	0.22	281	488	—	0	—
65	Norra Bro vv, nr 81 (3 d)	40	93	Ub	581002	8	—	8.6	71	0.09	0.10	190	450	33	4	1.6
66	Åbytorp vv, nr 77 (1 b)	44	73	Ss	700319	10	646	8.1	84	0.10	0.05	140	315	161	0	4.0
67	Skyberga (0 a)	55	4	Isälvs	691201	10	—	7.4	119	0.80	0.10	229	30	—	0	—
68	500 m SSÖ Hardemo kyrka (0 a)	55	7	Isälvs	691201	5	—	7.5	96	0.10	0.05	162	27	—	0	—
69	Brändåsens skola (0 a)	65	30	Ub	691201	10	285	7.6	91	0.33	0.06	174	21	88	0	0.1
70	Stene, södra gården (1 b)	43	6	Isälvs	691201	18	—	6.9	136	1.10	0.07	200	14	—	—	—
71	500 m ÖSÖ Ekeby gård (4 e)	25	2	Mä	621010	9	—	7.2	117	0.80	0.05	305	26	—	2	—
72	300 m ÖNÖ Ekeby gård (4 e)	25	4	Mä	621010	53	—	7.2	117	0.61	0.05	201	24	—	2	—
73	700 m NV Berget (4 e)	45	6	Mä	621018	10	—	6.7	21	0.50	0.05	50	6	—	17	—
74	150 m NNÖ Berget, nr 86 (4 e)	50	86	Ub	621017	10	—	8.0	40	0.12	0.05	210	11	—	1	—
75	250 m NÖ Perstorp (4 e)	52	3	Mä	621015	24	—	6.8	39	2.00	0.07	93	5	—	31	—
76	200 m NÖ Berget (4 e)	50	5	Mä	621017	13	—	6.5	24	2.30	0.05	44	12	—	36	—
77	350 m NÖ Berget, nr 87 (4 e)	53	44	Ub	621010	22	—	7.5	47	0.80	0.08	180	11	—	0	—
78	850 m NV Perstorp, nr 88 (4 e)	50	36	Ub	621022	23	—	7.7	65	0.60	0.20	201	8	—	0	—
79	600 m NNÖ Perstorp, nr 89 (4 e)	45	36	Ub	621017	11	—	7.4	61	1.70	0.18	163	16	—	0	—
80	250 m Ö Perstorp (4 e)	50	2	Mä	621106	10	—	7.5	73	1.00	0.41	153	28	—	0	—
81	750 m S Norrtorp, nr 6 (0 e)	60	67	Sk-Ss	561101	10	—	8.0	64	0.52	0.10	174	249	16	0	1.1
82	550 m S Norrtorp, nr 4 (0 e)	60	62	Sk-Ss	561107	12	—	8.1	46	0.61	0.10	153	214	50	0	1.2
83	650 m S Norrtorp, nr 5 (0 e)	60	60	Sk-Ss	561112	7	—	8.2	46	0.86	0.10	160	210	36	0	0.9
84	Almbro vv (2 d)	27	45	Ub	570912	7	—	7.8	70	0.26	0.23	256	168	—	—	—
85	500 m NV Säbylunds hpl, nr 90 (2 c)	36	49	Ss	640128	34	377	7.4	101	2.50	0.80	259	41	34	1	—
86	1000 m SV Ösby (0 e)	45	5	Isälvs	690708	19	280	7.4	74	2.10	0.90	240	11	1	5	—
87	Klingabäcken K 7 (2 a)	—	—	Isälvs	670814	7	—	7.3	96	0.80	0.28	192	20	89	10	—
88	Lännabäcken K 11 (0 a)	—	—	Isälvs	690828	10	—	7.9	106	0.39	0.18	224	15	84	5	—

14.2. Bilaga B Förteckning över inventerade bergbörade brunnar inom kartbladsområdet

Siffra och bokstav inom parentes anger ekonomiskt kartblad enligt indelning i huvudkartans ram. Höjder, i meter över havet, angivna med en decimal är avvägda medan övriga höjder är skattade från den topografiska kartan.

Förkortningar: G = grävd brunn, R = rödriven brunn, B = borrad brunn, Sa = sand, L = lera, Mä = morän, Ks = kalksten, Sk = skiffer, Ss = sandsten, Ub = urberg.

Brunns nr	Ägare eller namn	Höjd m ö h	Djup m u my	Utförande diam mm	Rör till m u my	Jord-lager	Bergyta m u my	Bergart	Gv-stånd m u my	datum	Kap l/s	Vatten-analysnr
1	Johansson, Sven (1 c)	40	70	RB 110		Mä	17	Ub	1.51	660504	0.12	
2	Kumla traktorserv (1 b)	40	40	RB 110		Mä	6	Ss Ub	0.8	660502	0.27	
7	Rosen, B (0 e)	60	60	RB 100			1	Ks-Ss	31	56	1.25	81, 82, 83
10	Ohlin, Rolf (1 d)	52	24.5	RB 110	13.5	Sa	13.5	Ss	5	66	1.7	37
15	Tysslinge kn (4 b)	55	44.4	RB 150/115	9.36	Mä	9.36	Ss Ub	5	51	2.1	3
16	Kjörling, Axel (4 a)	90	64	GB	39.35		3	Ks-Ss	30—40	51	1.32	
17	Persson, Karl (4 a)	60	32.2	RB 125		Mä	18	Ss-Ub	12	47	0.014	
18	Vintrosa vv (4 a)	86.6	72.5	RB 200	45		6	Ks-Ub	30.8		2.86	38
22	Karlsson, Allan (3 a)	59	33	RB 100	13	Mä	13	Ss	14	44	1.1	39
23	Strömberg, Henr (3 a)	50	99	RB 100	12	Mä	12	Ss? Ub	6	45	0.28	
24	Karlsson, Karl G (1 e)	50	32.5	RB 100	8	Mä	8	Sk-Ss	2	41	2.1	
25	Örebroortens mejeri-förening (1 e)	55	70	RB	10	L	10	Ss-Ub			0.3	
27	Olsson, Gustav (3 a)	55	101.8	RB 100	18.4	Mä	18.4	Ub	9.4	44	0.11	
28	Gustavsson, Reinh (3 a)	50	42.0	RB 125	20.5	Mä	20.5	Ub	8	48	0.17	
29	Andersson, Bengt (3 e)	50	31	GB 1000/115		Mä	4.0	Ub	4	661115	0.08	
30	Ytongbolagen (0 d)	65	52	RB 52		Mä	0.75	Sk-Ub	6.5	66	2.5	
31	Pettersson, Lilly (3 e)	40	25	RB 100		L Mä	6	Ub	1		0.42	
32	Karlsson, Einar (3 a)	42	64	RB	3		3					
33	Ekblom, Erik (1 b)	40	55	RB 110		L Mä	4.8	Ss Ub	7	66	0.23	41
34	Ytongbolagen (1 d)	65	70	RB 150		Mä	4	Sk-Ub	39.5	660918	0.17	
35	Nordien, A (3 e)	40	79	RB 127/110			0	Ub	14.5	660518	0.042	
36	Lenqvist, Rolf (1 d)	45	58.5	RB 110		Mä	4	Ub	14	66	1.17	
37	Ekeby-Gällersta kn (2 d)	28	95	RB 150	9.5	L	6	Ub	7		0.25	
38	Sköllersta past (1 e)	55	16	RB	14	Mä	14	Ub	8	67	1.17	
39	Larsson, Yngve (1 c)	40	40	RB 113/110	6	L	6	Ub	1.70	670215	0.5	

Brunns nr	Ägare eller namn	Höjd m ö h	Djup m u my	Utförande diam mm	Rör till m u my	Jord-lager	Bergyta m u my	Bergart	Gv-stånd m u my	datum	Kap l/s	Vatten-analysnr
40	Sellmo, Åke (0 b)	60	18.5	GRB 1000/110		Mä	7	Ss-Ub	7.15	66	1.5	
42	Johansson, Petrus (4 d)	30	38	GRB 1000/125/110		Mä	14	Ss-Ub	4.0	670425	0.83	
43	Doverud, Sigfrid (2 d)	30	36.6	GRB 114		Mä	9	Ss-Ub	6	670422	1.0	
44	Karlsson, Eskil (3 e)	45	29	RB 112/110		Mä	6	Ub	2.5	671014	0.067	
46	Aspsätters sterbhus (4 c)	32	10	RB 125		L	4	Ss	6	670906	0.56	
47	Larsson, Hans (2 d)	39	32.5	RB		Mä	9.5	Ub			0.13	
48	Tiderman, Tor (0 b)	68	25	RB 125/110		Mä	8.75	Ub	6	671230	0.28	
50	Lannhard, Per (0 a)	60	24.3	RB 112/110		Mä	4	Ub	5.5	671107	1.5	
52	Selin, John (0 a)	59	84	GRB -/112/110		Sa	6.1	Ub	2.0	680312	0.67	
53	Magnusson, Sven (3 b)	50	33.6	RB 112/110	9		8	Ub	4.0	671212	0.2	
54	Olsson, Ragnar (0 b)	55	40.8	GRB -/112/110			5	Ss Ub	2.25	680909	0.13	
55	Olsson, Olov (0 b)	50	20	RB 112/110				Ub	2	681107	0.41	
57	Johansson, Birger (1 b)	57	38.5	GRB 900/112/110			4.5					
62	Olsson, Per (1 d)	50	40	RB 12/110			13	Sk-Ub	9.7	680729	1.7	
63	Lundh, Evald (2 b)	47	16	RB 112/110			9	Ss-Ub	9	680919	0.5	
66	Johansson, Elon (3 a)	65	46	RB 112/110		Mä	6	Ks-Ss	10	680604	1.1	
69	Selin, Nils (1 b)	57	42	RB 150	6		15.35	Ss-Ub			1.4	18
71	Kumla skilkassa (0 c)	55		GRB 100							1	
72	Yxhults stenhugg (0 d)	65	33.5	B 150			12.0				3.77	
73	Larsson, Knut (0 d)	65	73.0	RB		L	ca 5	Ks-Ub	32.5	63	0.66	21
74	Pettersson, G (0 e)	45	37.5	GRB			6.2	Sk-Ss	6	40	2.12	
75	Nilsson, G Luggavi (1 a)	70	27.7	RB 100			14.10				1.88	
76	Selin, D, Sörby (1 a)	70	33	GRB 100							0.23	
77	Åbytorp vv (1 b)	44	73	RB				Ss-Ub				66
78	Sköllersta ålderdoms-hem (1 e)	50	55.2	RB 100			30.5				0.50	
79	Karlsson, Gereon (2 b)	40	45.8	RB 100			3.8				0.075	
80	Dyringe (2 b)	40	56					Ub			0.24	63
81	Norra Bro (3 d)	40	93	RB 150			3.0		3	580918	1.67	65
82	Kolsberg (1 c)	44.5	26.0	RB 260		Mä	5.0	Ss-Ub	7.0	640615	2.0	40
83	Hidingsta vv (3 e)	30	94.0	B 150				Ub				64

Brunns nr	Ägare eller namn	Höjd m ö h	Djup m u my	Utförande diam mm	Rör till m u my	Jord- lager	Bergyta m u my	Bergart	Gv-stånd m u my	datum	Kap l/s	Vatten- analysnr
84	Latorps vv (4 a)	85	70.5	RB 100		L	8.0	Ks-Ss	28.0	51		43
85	Rumboholm (4 b)	40	50.3	RB 100				Ss-Ub				50
86	Ekeby-Almby stadsäg 1665 A (4 e)	50	86	B 100				Ub	4.0	621017	0.17	74
87	Ekeby-Almby stadsäg 1840 (4 e)	53	44	B 100				Ub	3.4	621011	0.12	77
88	Ekeby-Almby stadsäg 1887 B (4 e)	50	36	B 100				Ub	4.2	621011	0.14	78
89	Ekeby-Almby stadsäg	45	36	B 100				Ub			0.14	79
90	Säbylund (2 c)	35	49.0	RB 260/210		Sa	20.0	Ss-Ub	0.70	640404	10	85
91	Nilsson, Kyrkeby (2 c)	45.6	45.6	GRB 110		Sa	21.03	Ub	9.4	681003	0.74	

KARTBLAD MED BESKRIVNING
PRISKLASS G

Tryckning och distribution
SVENSKA REPRODUKTIONS AB
FACK, 162 10 VÄLLINGBY 1