

Beskrivning till kartan Grundvattenförekomster i Ängelholms kommun

Carl-Fredrik Müllern



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-689-6

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund
hänvisas till SGUs speciella jordartskartor och berggrundskartor.

Närmare upplysningar erhålls genom

Sveriges geologiska undersökning
Box 670
751 28 Uppsala
Tel: 018-17 90 00
Fax: 018-17 92 10
E-post: kundservice@sgu.se
Webbplats: www.sgu.se

Omslagsbild: Från borrhningen av R 0202. Vatten tas upp från
26–27 m djup vid udden norr om Kyrkesjön. Foto: C.-F. Müllern.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Ängelholms kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor, serierna An och K, som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartan är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten. Den kan givetvis komma till användning även i andra, grundvattenrelaterade sammanhang.

Kartan är speciellt anpassad för att utgöra ett av de beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt miljöbalken, plan- och bygglagen (PBL) och Agenda 21 för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Den föreliggande kartan över grundvattenförekomster i Ängelholms kommun är digitalt framställd. Informationen är lagrad i databasen med en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en framställning i skala 1:50 000. Framställningar av analoga kartor över hela eller delar av kommunen från kartdatabasen kan göras i såväl större som mindre skala, vilket emellertid kräver insikt i att noggrannheten inte alltid överensstämmer med den förändrade kartskalen.

Bedömningarna av grundvattentillgångar i de kvartära avlagringarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, isälsavlagringarna, har grundats på hydrogeologiska fältarbeten som utförts inom ramen för SGUs grundvattenundersökningar i Ängelholms kommun. Dessa har innefattat geofysiska mätningar med georadar, seismik och geoelektrik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör. Utgångspunkter för arbetena har varit den hydrogeologiska översiktskartan över Skåne län i skala 1:250 000, SGU Ah 15, vilken är en syntes av äldre grundvattenundersökningar och utredningar. Undersökningarna har främst inriktats på sådana förekomster som inte tidigare undersökts och som bedömts ha bäst förutsättningar att ge stora grundvattenmängder.

Över den västra delen av kommunen gav SGU 1992 ut en analog grundvattenkarta, den hydrogeologiska kartan Höganäs NO/Helsingborg NV i skala 1:50 000, Ag 15. Den informationen ingår nu i kartan över "Grundvattenförekomster i Ängelholms kommun" med tillhörande databaser. Beskrivningen till den tidigare kartan är utförlig, särskilt vad gäller grundvattnet i de sedimentära bergarterna och grundvattnets kemi. När det gäller sådana frågor hänvisas därför till Ag 15.

De undersökningar som utförts för kartläggningen av grundvattentillgångarna i Ängelholms kommun har lett till nya insikter om grundvattenförhållandena, varför kommunkartan i flera avseenden skiljer sig från länskartan. Arbetena med den nya kartan har även inneburit en säkrare kvantifiering av grundvattentillgångarna och grundvattenmagasinen genom bl.a. de geofysiska mätningarna och borrningarna, varvid grundvattenmagasinens faktiska storlek uppmäts, i första hand i tidigare ej undersökta områden kring Rössjön.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm (grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet), Bo Wällberg (metodbeskrivningar – georadar och seismik), Leif Eriksson (metodbeskrivning – elektriska motståndsmätningar), Magnus Åsman (metodbeskrivningar – kriging och variogramanalys). Akvarellerna har utförts av Anna Jonson och Elisabet Carlson, seismogram och radargram av Bo Wällberg.

Kartläggningen genomfördes 2001–2002. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wällberg, borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade även Barbro Aastrup, Eva Elsmark, Anders Hedenstedt, Torbjörn Persson, Sune Rurling och Lars Stenberg.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	3
Sammanfattning	6
Utförda arbeten	6
Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Ängelholms kommun	7
Grundvatten i jordlagren	7
Grundvatten i berggrunden	9
Förkastningar och större sprickzoner i berggrunden	11
Fotografier från undersökningarna	13
Grundvattentillgångar	18
Naturresursen grundvatten	18
Vattnets kretslopp	19
Grundvattenbildning	20
Tidsmässiga variationer i grundvattennivå	20
Årstidsvariationer	22
Dricksvatten	23
Inducerad infiltration	23
Konstgjort grundvatten	23
Grundvattentillgångar vid Rössjöholm	28
Grundvattenförhållanden vid Tollsjö	28
Grundvattenförhållanden söder om Rössjön	29
Grundvattenförhållanden norr om Rössjön	31
Grundvattenförhållanden öster om Rössjön	33
Grundvattenförhållanden från Rössjön till Krokhusen	37
Grundvattenförhållanden från Krokhusen till St. Brandsvig	40
Grundvattenförhållanden i området Skälderviken–Magnarp	43
Grundvattenförhållanden vid Össjö	45
Grundvattnets kemi	47
Grundvattnets sårbarhet	48
Grundvattenpåverkan	48
Konsekvens- och riskanalys	49
Grundvattnets strömningsriktning	49
Skydd av grundvattnet	50

Metodbeskrivningar	51
Georadar	51
Geologiska förutsättningar	51
Tillämpningsområden	51
Seismik	51
Grundläggande principer	51
Mätförfarande	52
Geologiska förutsättningar	52
Tillämpningsområden	53
Elektriska motståndsmätningar	53
Kriging och variogramanalys	55
 Dokumentation av geofysiska mätningar och borrhningar	 56
Lägen för geofysiska mätningar och borrhningar	56
SGUs borrhningar med uppgifter på lagerföljd	57
 Databasstruktur	 59
 Litteratur och grundvattenkartor	 59
Allmän litteratur	59
Ej tryckta utredningar	63
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	64
Grundvattenkartor	65
SGU serie Ag	65
SGU serie Ah	65
SGU serie An	66
SGU serie K	66

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

De fältarbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Ängelholms kommun har bl.a. omfattat brunnsinventering, georadarmätningar, seismiska mätningar, sonderingsborrningar, observationsrörborrningar med provtagning av jordarter och grundvatten samt avvägningar. Flertalet avvägningar har utförts av kommunen.

Figur 1 visar en principbild av hur det kan se ut på djupet i en sand- och grusavlagring. De arbeten som genomförts i detta sammanhang har huvudsakligen syftat till att utreda frågor om grundvattenmagasinens storlek och grundvattnets strömningsriktningar. För att utreda sådana frågor är det av största vikt att ta reda på hur berggrundsytan ser ut under sand- och grusmaterialet. Höga berglägen innebär små eller inga grundvattenmagasin. Höga berglägen kan också innebära grundvattendelare. Låga berglägen medger stora grundvattenmagasin och så vidare.

I områden med höga berglägen kan vissa grundvattenytor representera helt isolerade, mer eller mindre obetydliga hållkar. Nivån på sådana grundvattenytor faller ofta helt utanför ramen för vad som är rimliga gradienter för sammanhängande grundvattenytor i sand- och gruslager.

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Skåne län och har sedan, sammanfattningsvis, bestått av följande moment:

- Genomgång av äldre utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av 124 brunnar samt 103 äldre observationsrör och borrningar.
- Källinventering.
- Georadarmätningar i 70 profiler med en sammanlagd längd av 62 680 m.
- Seismiska mätningar i 4 profiler med en sammanlagd längd av 920 m.
- Sonderingsborrningar och drivning av observationsrör på 17 platser med en sammanlagd längd av 339 m.

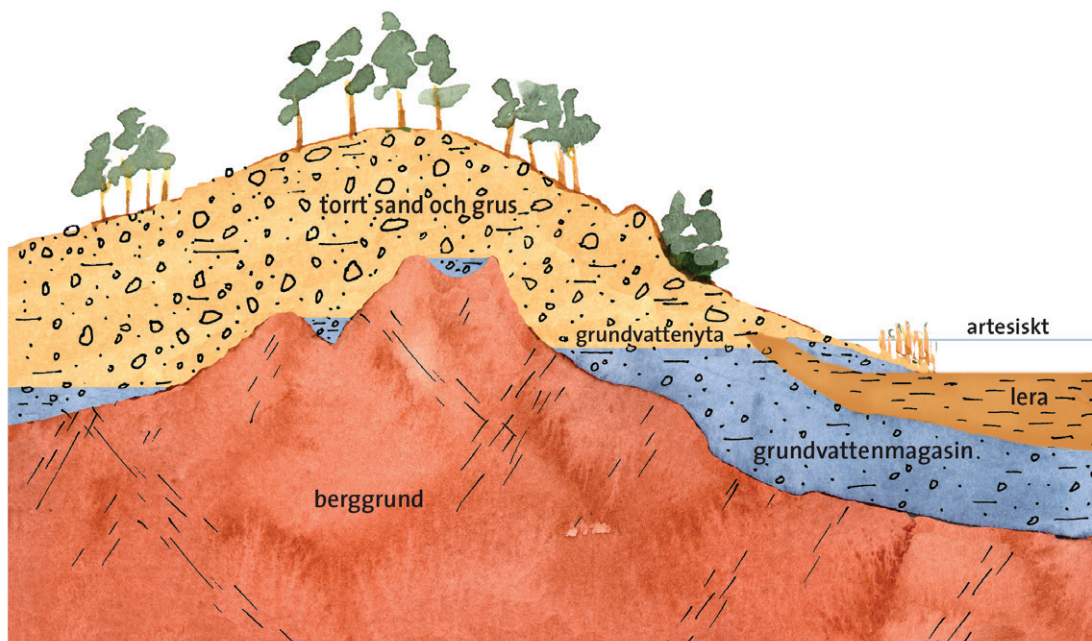


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lägg märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

- Inlagring i databaser av:
 - brunnnsdata,
 - georadar- och seismiska data, även äldre,
 - borrhingsdata, även äldre,
 - grundvattennivådata.
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - grundvattentillgångar i berggrunden,
 - grundvattentillgångar i jordlagren,
 - större sprickzoner i berggrunden,
 - grundvattnets strömningsriktningar.
- Sammanställning av dessa databaser med Lantmäteriets digitala topografiska karta (T5) till en karta över grundvattenförekomster i Ängelholms kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunns- och källinventeringar har utförts i anslutning till de större isälvsavlagringarna (sand- och grusavlagringarna). De geofysiska mätningarna, sonderingsborrningarna och observationsrördrivningarna har i regel genomförts på ställen som varit viktiga för att utreda grundvattnets strömningsmönster och lägen för grundvattendelare etc.

Grundvattenprover har tagits, och analyserats kemiskt, i sådana delar av sand- och grusavlagringarna som i dag inte utnyttjas, men som med avseende på deras potential skulle kunna utnyttjas i framtiden.

Grundvattennivåerna som anges på kartan över grundvattentillgångarna i Ängelholms kommun och i beskrivningen är uppmätta vid ett gemensamt tillfälle, kring månadsskiftet maj–juni 2002. Nivåerna är angivna i höjdsystemet RH00 och tillhör med få undantag det primära åsmaterialets grundvattenmagasin. Angivna nivåkurvor och strömningsriktningar tillhör alltid det primära åsmaterialets grundvattenmagasin. Teckenförklaring till kartutsnittet i denna beskrivning finns i figur 25.

Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Ängelholms kommun

Grundvatten i jordlagren

I allmänhet förekommer de största grundvattentillgångarna i de stora isälvsavlagringarna, vilka utgörs av mer eller mindre väl sorterad sand och grus. Inom Ängelholms kommun finns ett flertal isälvsavlagringar. Den mest betydelsefulla sträcker sig från kommungränsen öster om Rössjön via Tåstarp till St. Brandsvig, där kommunens huvudvattentäkt ligger.

Från Rebbelberga via Barkåkra och Magnarp till kommungränsen nordnordöst om Vejbystrand sträcker sig en bred höjdrygg med komplicerad geologisk uppbyggnad. Den utgörs av växlande lager av isälvsmaterial, morän och lera. En liknande men mindre bildning uppträder vid Vegeholm i kommunens sydvästra del.

Vid Margretetorp, Hjärnarp och Össjö finns isälvsavlagringar som liknar den vid Tåstarp. Vid dessa platser är den högsta kustlinjen belägen, dvs. havet nådde som högst hit upp efter den senaste istiden. I havet har leror avlagrats efter det att isälvarna avlagrade sand och grus. Detta innebär att i sydvästlig riktning från de nämnda platserna är isälvsavlagringarna till stor del täckta av lera. På vissa ställen sticker de dock upp genom leran, särskilt i det nordvästra området.

Vid Margretetorp, Hjärnarp och Össjö, vid den dåtida kusten, har isälvsaterialet avlagrats i form av deltabildningar. Dessa utgörs mestadels av mindre grovt material. I dessa områden sker emellertid den huvudsakliga grundvattenbildningen, och grundvattnet strömmar vidare i isälvsavlagringarnas fortsättning under lerorna till de källor som finns och har funnits i jordbruksbygden i sydväst. Exempel på detta är Ängelholms huvudvattentäkt vid Brandsvig, där det ursprungligen flödade stora källor. Sådana områden, där grundvattenförande sand och grus under lera har påvisats vid borrhningar, har getts en särskild beteckning på grundvattenkartorna.

De hydrogeologiska och geofysiska undersökningar som utförts inom ramen för SGUs grundvattenkartering har i första hand inriktats på de grundvattenförekomster som bedömts vara störst och som inte redan nu utnyttjas.

Det kan i detta sammanhang nämnas att en grundvattentillgång kan utnyttjas på andra sätt än genom förbrukning och bortledning av vattnet. Större grundvattenförekomster i genomsläppliga sand- och gruslager kan t.ex. användas för kylning sommartid och uppvärmning vintertid. Detta åstadkoms då med en kombination av uttagsbrunnar och infiltrationsbrunnar, så att inget nettouttag av grundvatten sker, och därmed inte heller några stora grundvattensänkningar.

Lägen för följande angivna områden med grundvattenförekomster framgår av figur 2.

1. Vid **Tollsjö**, mellan Rössjön och Västersjön ligger en av kommunens större vattentäkter. Uttaget på detta ställe är ca 25 l/s. Den vanliga grundvattenbildningen på detta ställe är relativt liten. Den största delen av uttaget sker med stöd av inducerad infiltration och konstgjord grundvattenbildning genom infiltration av sjövattnet i dammar. Se avsnitten *Inducerad infiltration* och *Konstgjort grundvatten* samt figurerna 8 och 9.

2. **Söder om Rössjön** finns ett ganska stort avsnitt med en grundvattenbildning som är av storleksordningen 50 l/s. Stora delar av sand- och grusavlagringen är emellertid inte särskilt mäktiga och georadarmätningarna tyder på att de mestadels är förhållandevis finkorniga. I sådana områden är det svårt att anlägga brunnar med någon större kapacitet. Det är alltså svårt att tillgodogöra sig allt grundvatten som i och för sig finns där.

3. **Norr om Rössjön** är förhållandena närmast de omvända mot söder om sjön. Isälvsavlagringarnas utbredning är här mycket begränsade till området närmast sjön, men de har naturligtvis en fortsättning ut under sjön. Georadarmätningar har utförts längs hela sträckan i närheten av stranden. De har på flera platser visat på goda uttagsmöjligheter. Större uttag i sådana lägen skulle då förutsätta inducerad infiltration från Rössjön.

4. **Öster om Rössjön**. Grundvattenbildningen i detta område kan uppskattas till omkring 30 l/s. Här har georadarmätningar, seismiska mätningar och borrhningar utförts. De har visat på en vat-

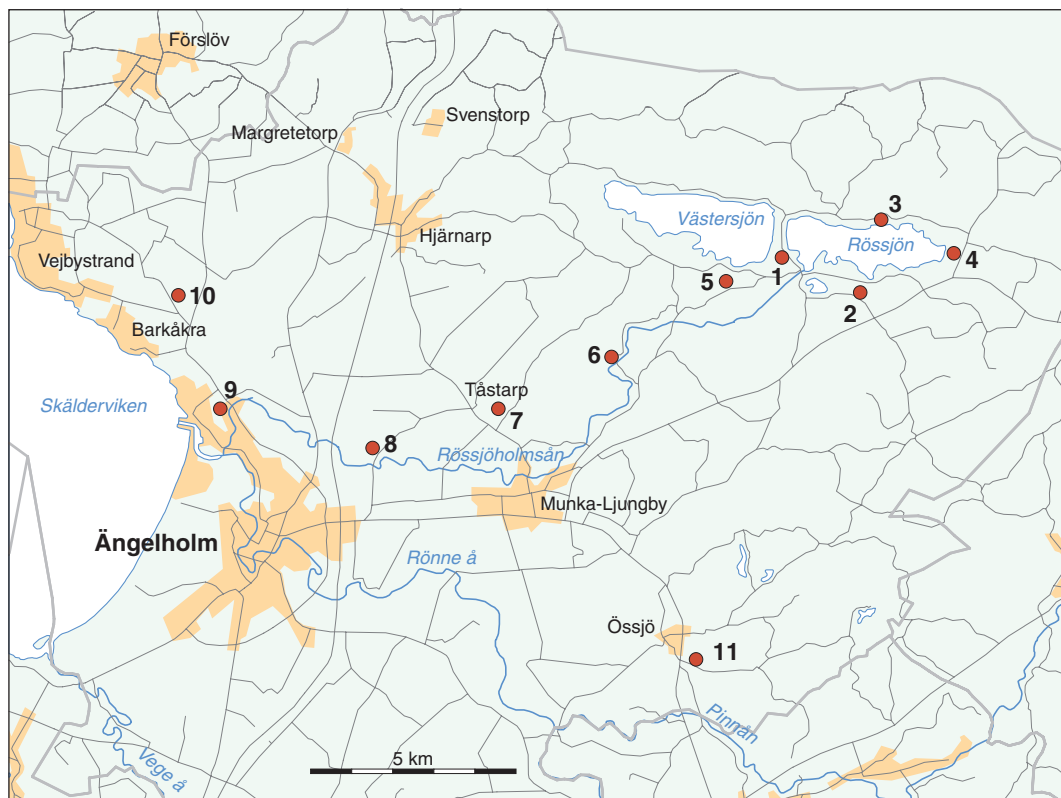


Fig. 2. Lägen för grundvattenförekomster som beskrivs. Områdena 2–5 och 11 har undersökts med geofysiska undersökningsmetoder och borrhning.

tenmättad mäktighet av grundvattenmagasinet som är åtminstone 30 m som mest. De har även visat att det finns betydande avsnitt med god eller mycket god vattengenomsläpplighet. Större uttag i detta område skulle sannolikt också kunna tillgodogöra sig inducerad infiltration.

5. **Området söder om Västersjön** är mycket flackt, nära Västersjöns nivå och utgörs till stora delar av våtmarker. Enligt Lantmäteriets höjddatabas når markytan vid Fåratångsmossen omedelbart söder om sjön knappt 1 m över sjöytan och faller sedan av ner mot Rössjöholmsån. Det är därför inte uteslutet att ett visst grundvattenflöde kan ske, åtminstone tidvis, från Västersjön och söderut i detta område. Uttagsmöjligheterna torde vara ungefär som söder om Rössjön.

6. **Området från Kollebackstorp–Krokhusen.** Även i detta område är isälvsavlagringen förhållandevis bred och flack. Den måste bedömas huvudsakligen vara ganska tunn eftersom det på flera ställen förekommer små moränpartier. Uppgifter i SGUs brunnarsarkiv visar också på övervägande små jorddjup. Uttagsmöjligheterna torde därför mestadels vara förhållandevis begränsade. I trakten av gården Krokhusen finns en förträngning i grundvattenmagasinet och det mesta grundvattnet tvingas sannolikt ut i Rössjöholmsån.

7 och 8. **Området Tåstarp–St. Brandsvig.** I detta avsnitt av isälvsavlagringen är Ängelholms huvudvattentäkt belägen. I området öster och nordöst om Tåstarp, till i höjd med Krokhusen, sker genom nederbördens infiltration den huvudsakliga bildningen av det grundvatten som tas upp i brunnarna vid St. och L. Brandsvig. Vattenuttagen på dessa ställen förstärks med konstgjord grundvattenbildning genom infiltration i dammar av ytvatten från Rössjöholmsån. Det totala vattenuttaget är 60–70 l/s, varav ca 40 l/s är naturligt grundvatten.

9. **Skälderviken–Barkåkra.** Den långsträckt och breda höjdrygg som ligger strax innanför och parallellt med Skäldervikens strand och löper från Rebbelberga via Barkåkra och till kommungränsen nordost om Vejbystrand är en mycket komplicerad geologisk bildning med isälvsand och grus, växellagrande med morän och lera. Vid Bjälleruds källor ca 350 m sydväst om landsvägsbron över Rössjöholmsån har kommunen i många år haft en vattentäkt i anslutning till denna höjdrygg. Där har tidigare ca 13 l/s tagits ut. När så mycket vatten pumpats upp har källorna slutat rinna. På senare tid har emellertid vattentakten upphört, varför källorna åter flödar.

10. **Magnarp–St. Hult.** Vid Magnarp har det också funnits källor i anslutning till höjdryggen på samma sätt som vid Bjällerud. Också på detta ställe har kommunen anlagt brunnar. Uttagen ur dessa är ca 4 l/s.

11. **Össjö.** Från Össjö kyrka och drygt 2 km österut förekommer en förhållandevis utbredd isälvsavlagring. Den har nu översiktligt undersökts med georadarmätningar, seismiska mätningar och borrhning. Dessa undersökningar antyder att det huvudsakligen är relativt finkornigt material som dominerar på detta ställe. Uttagsmöjligheterna bedöms därför vara av storleksordningen högst några få liter per sekund.

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden i den nordöstra delen av Ängelholms kommun utgörs av kristallint urberg. I den sydvästra delen består den av sedimentära bergarter. Urberget domineras av gnejser av okänt ursprung. Ett större, ca 20 km² stort massiv av granit och granodiorit förekommer öster om Össjö. Mer basisk berggrund i form av relativt små brottstycken av amfibolit förekommer spridd i urbergsområdet.

Urbergsområdet karaktäriseras av att det är genomsett av en omfattande svärm av diabasgångar. Dessa utgörs av stelnad magma från jordskorpan inre, som har trängt upp i brant stående, väst-nordväst–ostsydostliga sprickor, parallella med Hallandsås och dess förkastningar. De uppträder som vanligen flera mil långa, mer eller mindre sammanhängande gångar, mestadels mindre än 50 m breda och med ett avstånd på mestadels mindre än 500 m.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg, kan man rent allmänt säga att urbergsområdet i Ängelholms kommun i genomsnitt ger större vattenmängder än vad som är vanligt i svenskt urberg. Det beror på att berggrunden är relativt starkt uppsprucken i samband med förkastningarna och diabasgångarna. En dominerande sprickriktning är den som representeras av diabasgångarnas riktning.

Eftersom de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna relativt sett små att man ska träffa vattenförande sprickor i områden med vertikalt eller brant stupande sprickplan. I områden med flackt stupande sprickor är chanserna naturligtvis betydligt större att få vatten. Möjligheterna är proportionella mot stupningsvinkeln. Störst möjlighet har man om man borrar med så rät vinkel som möjligt mot sprickplanen. Sådana borrhningar som avsiktligt avviker från vertikalplanet brukar kallas gradade borrhningar. Hur möjligheterna att få vatten ökar vid gradade borrhningar åskådliggörs i figur 3.

Detta kan vara viktigt att ta hänsyn till i områden med små grundvattentillgångar, t.ex. där tillgängligt markområde inte inrymmer några egentliga sprickzoner – dvs. de flesta villa- och sommarstugedomter. *Inom kartområdets urbergsområden kan borrhning med gradning mot sydsydväst eller nordnordost rekommenderas.*

I områdena med sedimentär berggrund finns ingen anledning att utföra gradade borrhningar eftersom dessa bergarter i stor utsträckning har kvar en mycket flack struktur. De sedimentära bergarterna utgörs av omväxlande lerstenar, siltstenar och sandstenar, delvis dåligt konsoliderade och lösa.

Grundvattenförhållandena i den sedimentära berggrunden behandlas närmare i beskrivningen till grundvattenkartan SGU Ag 15.

Vill man söka mer vatten genom borrhning i berg än vad genomsnittsvärdena anger är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. De större sprickzonernas lägen framgår av grundvattenkartan. Sprickzonernas mer exakta lägen i naturen bör då lokaliseras i förväg med särskilda geofysiska metoder.

För närmare information om förhållandena i berggrunden hänvisas till berggrundskartorna SGU Af 148 och 129 i skala 1:50 000. De tillhörande flygmagnetiska kartorna visar mycket detaljerat läge och utsträckning av diabasgångar, som ju är tillkomna i större sprickor, vilka även i dag kan ha en viss grad av öppenhet och medföljande stor vattenföring.

I SGUs brunnsarkiv finns bl.a. uppgifter om jorddjup, vilka är till god vägledning i samband med borrhning av energibrunnar för utvinning av bergvärme. Jordlagren är i relation till berggrunden närmast improduktiva från energisynpunkt. Borrhning i jord är också betydligt dyrare per meter än borrhning i berg, varför stora jorddjup kan få kraftigt negativ inverkan på lönsamheten på en sådan energianläggning. Grundvattenkartan SGU Ag 15 och föreliggande grundvattenkarta innehåller isolinjer för berggrundens överyta, huvudsakligen i områden med sedimentär berggrund där jorddjupen är stora.

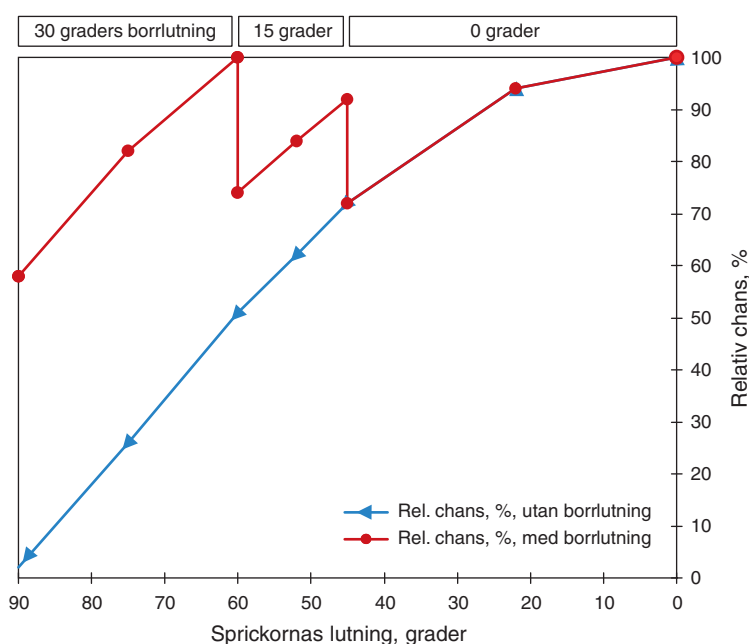


Fig. 3. Bilden visar hur den relativa chansen ökar om man vid brunnsborrning i urberg tar hänsyn till vilken riktning sprickorna har (strykning och stupning) och därvid riktar borrhningen åt rätt håll. (Diagrammet förutsätter att man alltid borrar till ett visst djup och att sprickavståndet inte överstiger detta.)

Kartbilden över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden (figur 4) är framtagen med information ur SGUs brunnarsarkiv med hjälp av statistiska bearbetningar med s.k. variogramanalys och kriging. Dessa metoder beskrivs i kapitlet *Metodbeskrivningar*.

Förkastningar och större sprickzoner i berggrunden

Ängelholms kommun berörs av ett flertal större förkastningar och sprickzoner. De flesta sammanhänger med Hallandsås förkastningar och de omfattande tektoniska rörelser som berört hela Skåne.

Sprickzonerna framgår mycket tydligt på höjdreliëfkartan över Ängelholmstrakten, figur 5. Denna karta har tagits fram med hjälp av Lantmäteriets höjddatabas, där uppgift finns på markytans höjd för var femtionde längdmeter.

Grundvattentillgången i förkastningarna och sprickzonerna är vanligen betydligt större än i omgivande berggrund. Under gynnsamma omständigheter kan vattenmängder kring 20 000–30 000 l/tim eller t.o.m. mer erhållas.

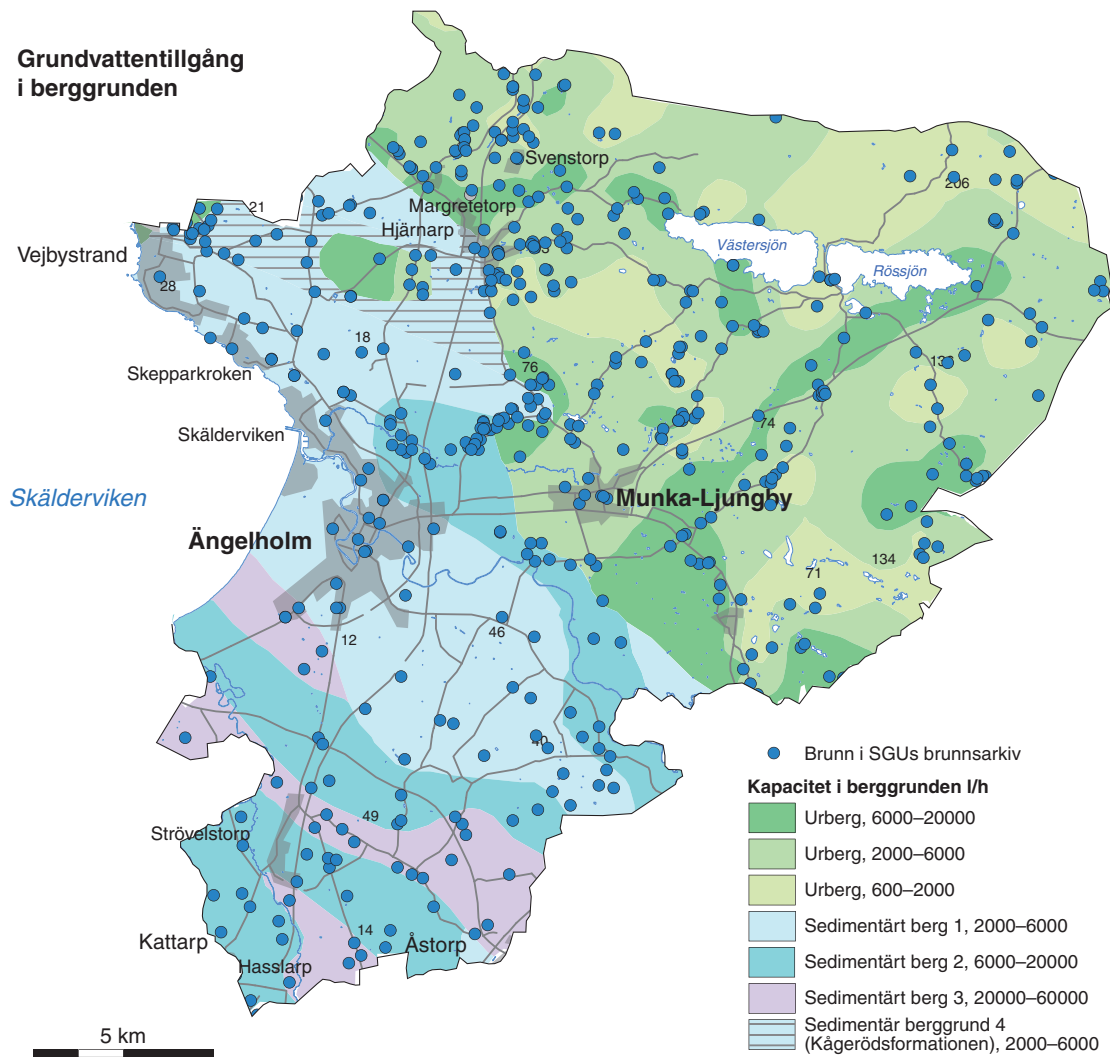


Fig. 4. Kartan visar 323 brunnar registrerade i SGUs brunnarsarkiv. Kapaciteten i dessa har utgjort underlag för kartbilden över grundvattentillgångarna i berggrunden. Kartbilden över området med sedimentär berggrund är enligt den hydrogeologiska kartan SGU Ag 15.

Av förkastningarna i den sedimentära berggrunden kan man emellertid inte förvänta sig någon förhöjd vattenföring. Förkastningsrörelser i dessa typer av sedimentära bergarter skapar i allmänhet inte lika distinkta och potentiellt öppna sprickplan som i kristallint urberg.

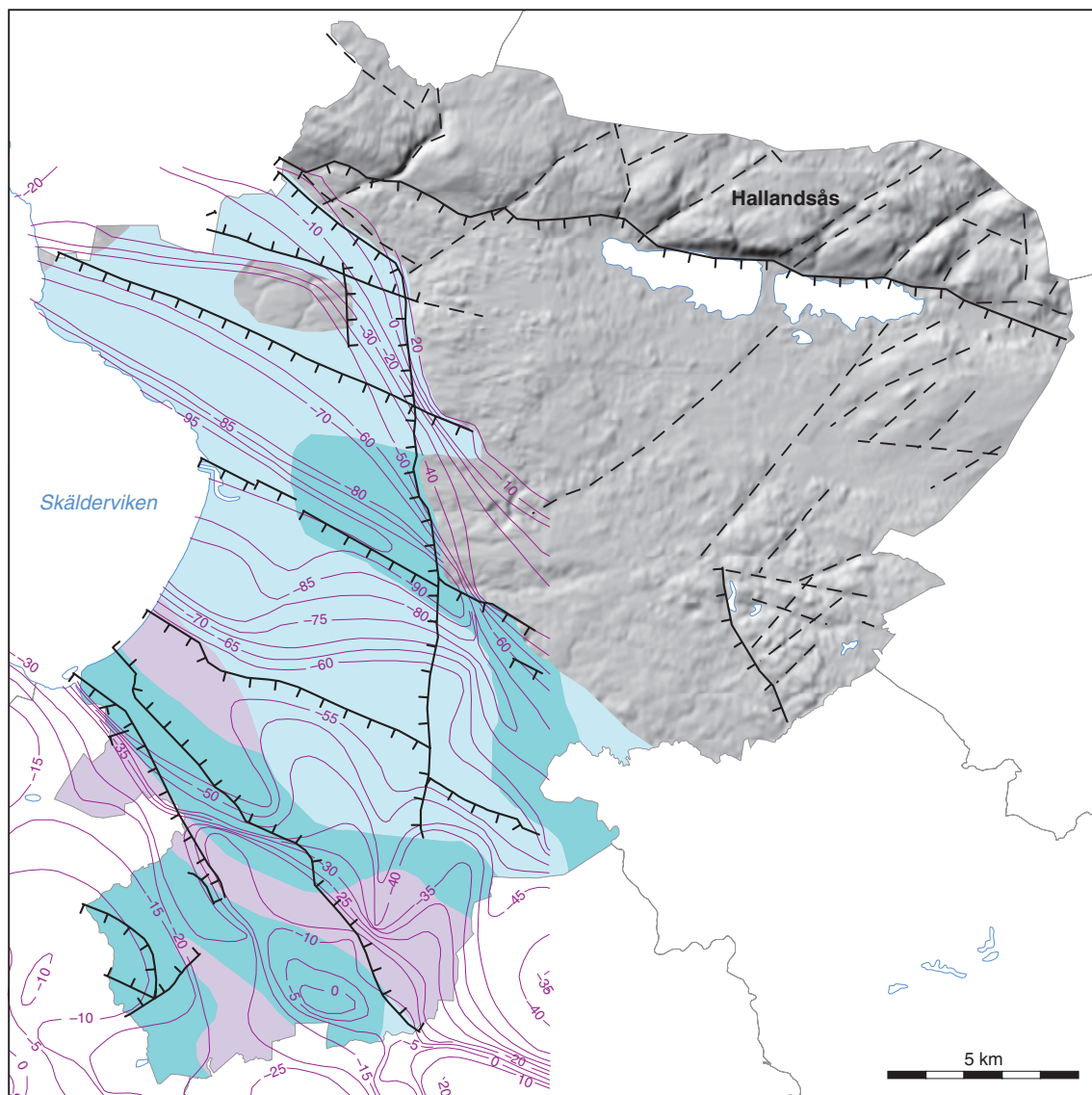


Fig. 5. Förkastningar och större sprickzoner i Ängelholms kommun. Områden med höjdreliëf utgörs av urberg. De övriga av sedimentär berggrund. I de senare har berggrundens överyta markerats med isolinjer. Allra tydligast framträder Hallandsås förkastningar. För att inte överbelasta kartbilden har inte alla sprickzoner markerats. Höjdreliëf framställd efter Lantmäteriets höjddatabas. Isolinjerna enligt SGU Ag 15 och förkastningar enligt SGU Af 129.

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA



Fig. 6. Georadarmätningar ger information om lagerstrukturer och grundvattenytor. Antenn för sändning och mottagning är placerad framför de små hjulen. Utrustning för registrering och en bildskärm med samtidig visning av mätresultat finns inne i bilen. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 7. Vid seismiska mätningar detoneras en mindre dynamitladdning och ljudvågorna som fortplantar sig i marken registreras av geofoner vid A, B och C. D är en seismograf som ritar upp och lagrar kurvor för ljudvågornas utbredning. E är GPS-mottagare för positionering. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 8. Den östra av infiltrationsdammarna vid vattentäkten vid Tollsjo. Vattnet som infiltreras är från Rössjön ca 400 m bortom träden i bakgrunden. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 9. Den västra av infiltrationsdammarna vid Tollsjo. Uttagsbrunnar finns mellan dammarna och ca 100 m nordöst om dammarna. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 10. Från borrhningen av R 0202. Vatten tas upp från 26–27 m djup vid udden norr om Kyrkesjön.
Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 11. Provtagning för kemisk analys i fält av vatten från R 0201. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 12. Vattenprov från R 0201, 16–17 m djup, analyseras: konduktivitet 0,187 mS/cm, temperatur 9,1 °C, Fe 1,8 mg/l och Cl 13 mg/l. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 13. Källan ca 1 km öster om vägskälet vid Lärkeröd flödar med 3–5 l/s. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 14. Bergtäkten 1700 m öster om Tåstarps kyrka. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 15. Bjälleruds källor. När Skäldervikens vattenverk utnyttjade källvattnet, sinade källorna. När nu vattenverket, byggnaden i bakgrunden, är stängt flödar källorna åter. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 16. Den ursprungliga källan vid St. Tingberga, 4,5 km söder om Munka-Ljungby, är sedan länge övertäckt. Vattnet leds i ett rör in i cementringar och vidare ut och åter i rör. Flödet är 5–10 l/s. Foto: C.-F. Müllern.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Naturresursen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvattnet är lagrat som grundvatten och nästan hela återstoden är bundet i form av is och snö, mestadels i polartrakterna. Ytvattenmagasinen – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille. Att det ändå finns stora sötvattensjöar och floder beror på att omsättningstiden i dessa magasin är kort. Stora vattenmängder kan alltså passera genom magasinerna under kort tid.

När nederbördsvattnet infiltrerat i markytan passerar det först genom den luftade eller omättade zonen. I den finns både luft och vatten i markens por- och sprickutrymmen. Flödet kallas för perkolation. Djupare ner i marken, i den mättade zonen, fyller enbart vatten porerna och sprickorna. Det är det vattnet som kallas grundvatten.

Strömningen ned till grundvattenytan kan ta allt ifrån mindre än en timme till flera år. I sand och grus och i stora sprickor i berg sker transporten snabbare än i finkorniga jordarter och småsprickigt berg.

En geologisk bildning som är så genomsläpplig att grundvatten kan utvinnas ur den i användbara mängder kallas för en akvifer. I den kan finnas ett eller flera grundvattenmagasin. Magasinen är skilda åt i sidled genom grundvattendelare, som kan vara rörliga, dvs. de ändrar läge om vatten förs till eller tas bort från magasinerna. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svår genomträngliga lager.

I den mättade zonen (grundvattenzonen) sker vattenströmningen betydligt långsammare än i den omättade. Det beror på att lutningen hos grundvattnets tryckyta vanligen är liten. Ytligt grundvatten kan nå markytan och bilda ytvatten efter någon dag, medan djupare strömning kan ta många år.

Vanligen har grundvattnet en låg, jämn temperatur, är fritt från organiska föroreningar och innehåller ämnen som lösts ut ur marken och som är nyttiga för människor, djur och växter. Från borrade

eller grävda brunnar kan vattnet vanligen användas helt utan rening. Eftersom nästan allt ytvatten är bildat av grundvatten beror vattenbeskaffenheten i sjöar och vattendrag till stora delar på det tillrinande grundvattnets kvalitet.

En grundvattentillgång kan ökas på konstgjord väg genom att man infiltrerar ytvatten i sand- och grusavlagringar.

Grundvattnet har över lag god beskaffenhet. Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattennivåerna eller trycknivåerna. Förändringar i trycknivåerna beror främst på variationer i nederbörd och temperatur.

De största vattentillgångarna förekommer i de stora isälvsavlagringarna – sand- och grusavlagringar – som bildades under avsmältningen av den senaste inlandsisen.

Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrhållsbrunnar för sin vattenförsörjning, omfattar drygt en miljon människor i vårt land. Lika många utnyttjar grundvatten för sitt fritidsboende.

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

- för vattenförsörjning, både kommunal och enskild,
- som avlopp, där vattnet fungerar som transportmedel och lösnings- och spädningsmedel,
- i jordbruket för djurhållning och konstbevattning,
- som processvatten i vissa industrier,
- för trädgårdsbevattning,
- som energikälla genom värmeutvinning och
- för kylning i t.ex. industriprocesser.

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp (se figur 17) och är därför en förnybar naturresurs. Det som driver kretsloppet är solens värmeenergi, tyngdkraften och jordrotationen.

Av den nederbörd som faller avdunstar ungefär hälften och återförs direkt till atmosfären genom inverkan av solenergin. Nästan hela återstoden infiltrerar i marken. Det gäller också nederbörd som tillfälligt eller under längre perioder lagras som snö eller is. Bara en liten del rinner av från markytan som ytvatten till sjöar och vattendrag. Det kan t.ex. vara regn eller snö som faller på hårdgjorda ytor såsom gator, vägar och hustak. Under den varma årstiden används mycket av det vatten som sipprar ned i marken av växtligheten, som återlämnar en del till atmosfären genom transpiration.

När de övre marklagren har nått en viss vattenmättnad kan överskottet sjunka vidare ned i marken och bilda grundvatten. Genom tyngdkraftens inverkan rör sig grundvattnet från högre terrängavsnitt mot lägre. Vilka vägar det tar och hur fort transporten går beror på grundvattenytans lutning och marklagrens genomsläpplighet.

Där grundvattnets trycknivå når upp till eller ligger högre än markytans nivå kan ett utströmningsområde bildas. Om jordlagren (i vissa fall berglagren) är genomsläppliga flödar grundvatten ut. Det uppstår källor och våtmarker. Grundvatten kan också strömma ut i botten av sjöar och vattendrag. Eftersom det bara är en liten del av den nederbörd som faller över land som rinner direkt ut i ytvatten är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar.

Från vattenytorna i sjöar och hav avdunstar vatten som tillsammans med vattenånga från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd, och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp.

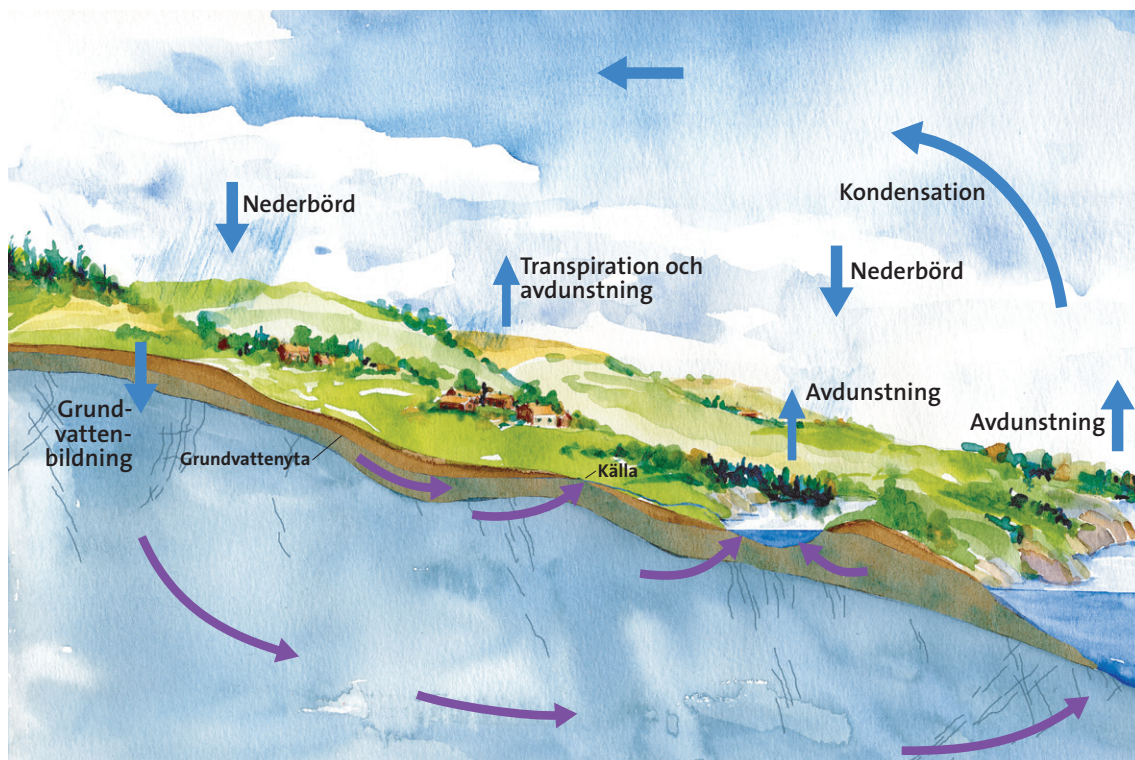


Fig. 17. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Grundvattenbildning

För att nytt grundvatten ska kunna bildas, fordras att de övre marklagren är så fuktiga att ett vattentillskott får vatten att rinna vidare nedåt och fylla på grundvattenmagasinet. Hur det fungerar kan man se när man vattnar en krukväxt. Först fylls markfuktigheten på, och efter en stund börjar vatten rinna ut ur hålet i blomkrukans botten.

Hög markfuktighet råder under den kyliga delen av året, då avdunstningen är liten och växterna vilar. I samband med regn och snösmältning under denna period sker också den mesta grundvattenbildningen. Omvänt är markfuktigheten ofta låg på sommaren, och därför bildas det inget eller bara litet grundvatten, trots tämligen riklig nederbörd. Juli och augusti är vanligen de regnrikaste månaderna på året. Grundvattennivåerna sjunker och ytavrinning i vattendragen av utläckande grundvatten minskar, men upphör vanligen inte helt.

Vattentillskotten består av regn och smältvatten. Underskottet i markfuktighet beror på avdunstning och växternas transpiration. Efter upptag av fuktighet i marken kvarstår den effektiva nederbörden, dvs. den som bidrar till grundvattenbildningen.

Tidsmässiga variationer i grundvattennivå

I figurerna redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät, Liatorp, station 4:2, som är den mest näraliggande station som har nederbördsförhållanden liknande Ängelholms kommun. Den ligger ca 1,5 mil nordost om Älmhult. Stationen visar grundvattnets nivåvariationer i en isälvsavlagring. Beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI visas för området som motsvarar det topografiska kartbladet 3C NO, vilket berör en stor del av Ängelholms kommun.

Figur 18 visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990. Figur 19 visar grundvattennivåns månadsvisa min-, medel-, och maxvärde (röd, grön resp. blå linje) för perioden

från och med 1984 till och med 2003. Grundvattennivån är normalt lägst under september–oktober som ett resultat av den relativt låga grundvattenbildningen under sommaren. Stor effektiv nederbörd under november–januari återspeglas i årets högsta medelnivå under februari–maj.

I figurerna 20 och 21 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Variationerna är relativt regelbundna, men med huvudsakligen underskott 1987–1993 förutom 1988 och största överskott 1994–1995.

Hur stora skillnaderna är mellan högsta och lägsta grundvattennivå under ett år beror, förutom på tillförda vattenmängder, på jordlagrens och berggrundens porositet respektive sprickvolym. I ett litet grundvattenmagasin i morän eller urberg kan variationerna vara stora och snabba, eftersom por- eller sprickvolymen är liten, 0,01–5 %. De flesta av de privata brunnarna i Sverige är nedförda i sådana magasin. Ett stort magasin i t.ex. en isälvsavlagring med sand och grus och därmed med stor porvolym, 5–25 %, reagerar långsamt och med små nivåförändringar, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

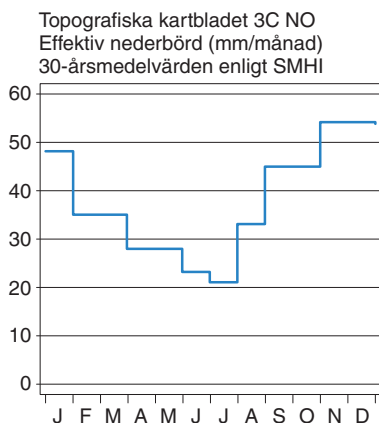


Fig. 18. Effektiv nederbörd (mm/mån.).
30-års medelvärde.

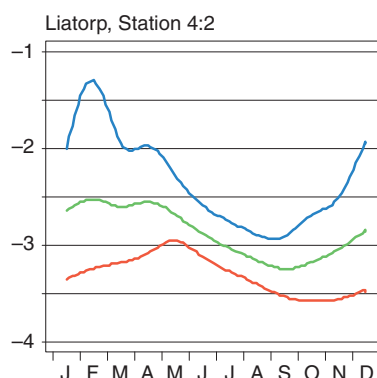


Fig. 19. Grundvattennivåns månadsmedelvärden, meter under markytan.

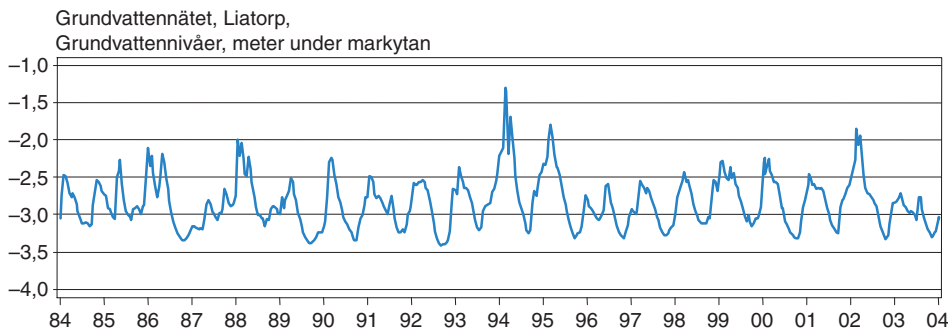


Fig. 20. Grundvattnets nivåvariation 1984–2004.

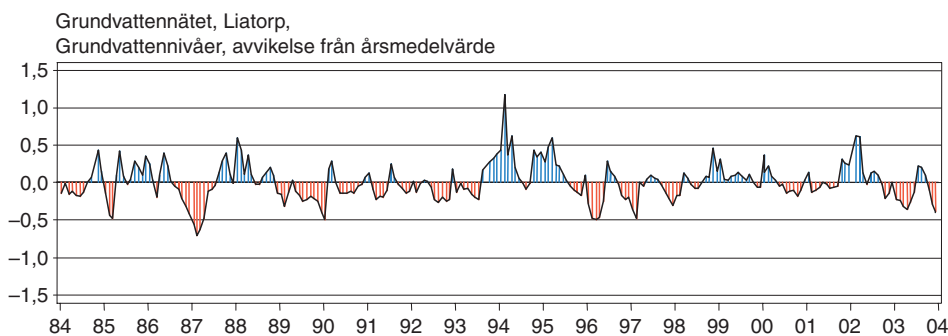
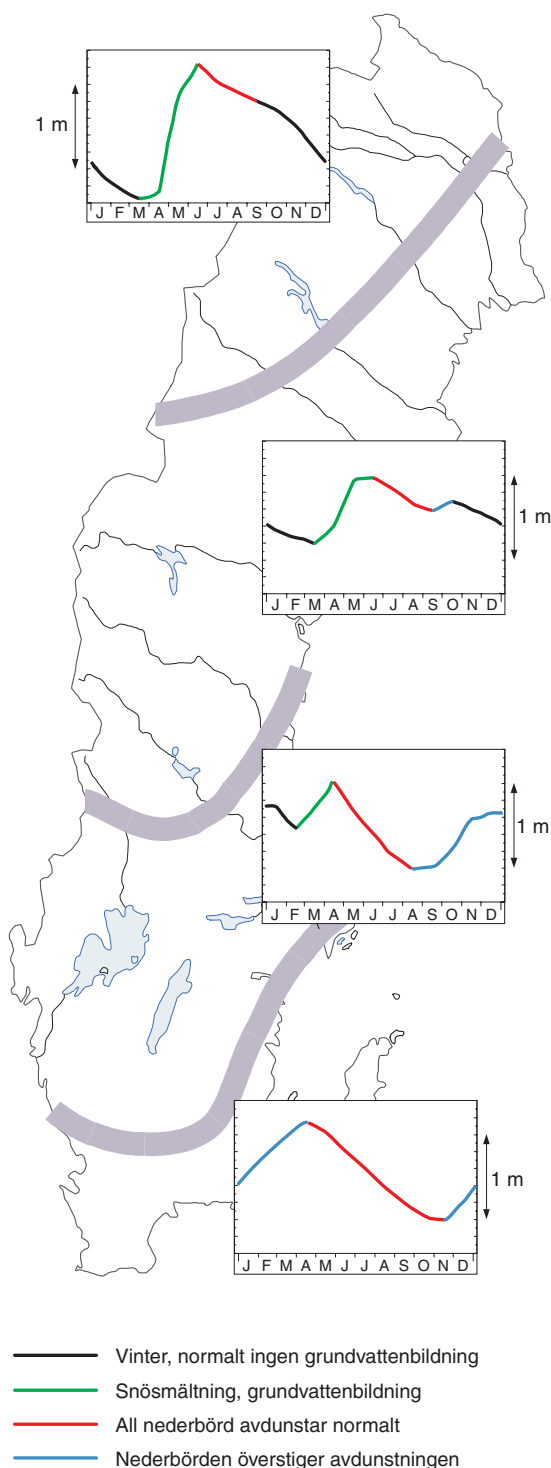


Fig. 21. Grundvattennivåernas avvikelser från månadsmedelvärde i meter, 1984–2004.

Årstidsvariationer

Grundvattenmagasin i t.ex. morän och urberg reagerar med liten tidsförskjutning på förändringar i vattentillskott. I sådana följer nybildningen av grundvatten mönster eller regimer som är olika i olika delar av Sverige. Det beror på skillnader i nederbörd och avdunstning. I stora akviferer, som t.ex. grusåsarna, är årstidsvariationerna utjämnade och något mönster syns vanligen inte.

Regimerna kan utläsas i kurvor över grundvattennivån i olika landsändar. I figur 22 har fyra av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleksordningen på variationerna.



Arjeplog

Den huvudsakliga grundvattenbildningen i norra Sveriges inland sker i samband med snösmältningen på senvåren. Grundvattennivåerna stiger snabbt och når sitt maximum på försommaren. Sedan kommer vanligen inget tillskott till grundvattenmagasinet. En snabb övergång från sommar till vinter gör att nivåerna sjunker kontinuerligt, och de når sitt minimum strax före snösmältningen.

Sveg

I ett område som omfattar större delen av Norrlands kustland, södra Norrlands inland och fjälltrakter och norra Svealand sker nybildning av grundvatten förutom vid snösmältningen också under en kort period på hösten. Då är avdunstningen låg och nederbörden faller som regn på otjälad mark. Det gör att nivåkurvan får två maxima och två minima. De högsta grundvattennivåerna finns på våren och de lägsta under senvintern.

Sigtuna

I södra Sveriges inland och upp mot Gävlebukten förekommer de lägsta grundvattennivåerna på sensommaren. Under hösten börjar nybildningen av grundvatten, och efter ett kort uppehåll med sjunkande nivåer när nederbörden mest faller som snö fortsätter stigningen vid snösmältningen. När den är avslutad står grundvattnet som högst.

Vellinge

I Svealands och Götalands kustområden och i det inre av sydligaste Sverige är snöperioden så kort, om den ens förekommer, att den inte nämnvärt påverkar grundvattenbildningen. Från en lägsta grundvattennivå tidigt på hösten sker därför en kontinuerlig stigning, och nivån är som högst på våren.

Fig. 22. Grundvattenregimer i Sverige.

Dricksvatten

Det vatten som pumpas upp ur en vattentäkt kallas för råvatten. Dricksvatten är det vatten (yt- eller grundvatten) som efter eventuell beredning är avsett för dryck, matlagning eller beredning av livsmedel samt vatten som används vid livsmedelsproducerande företag. Grundvattnet i Sverige är på många håll så bra att det kan användas utan beredning.

Ett bra dricksvatten ska vara fritt från mikroorganismer, ha en temperatur på 12 grader eller lägre, vara klart och färglöst samt vara lukt- och smakfritt. Grundvattenkvalitetsproblem i Sverige beror ofta på låga pH-värden, hög hårdhet eller höga järn- och manganhalter, vilket kan medföra smakproblem, korrosion eller utfällningar på ledningar och installationer. Lågt pH kan även medföra ökade metallhalter i vattnet.

Livsmedelsverket är den myndighet som ger ut föreskrifter om dricksvatten. Den gällande föreskriften är SLVFS 2001:30 (2001). För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen finns på Livsmedelsverkets webbplats. Föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, oavsett om denna ingår i yrkesmässig verksamhet eller inte. Livsmedelsverkets föreskrifter gäller dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt för vatten som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

För vattenverk och enskilda brunnar som tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer färre än 50 personer har Socialstyrelsen tagit fram allmänna råd, SOSFS 2003:17 (2003). Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt. Hur ofta detta bör ske och vilka parametrar och riktvärden som gäller framgår i Socialstyrelsens allmänna råd som hittas på Socialstyrelsens webbplats.

I tabell 1 ingår några av de ämnen som brukar undersökas vid vattenanalys och de gräns- och riktvärden för dricksvatten som gäller enligt Livsmedelsverkets föreskrifter och Socialstyrelsens allmänna råd.

Inducerad infiltration

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring, t.ex. en grusås intill en sjö (eller annat ytvatten), kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott från sjön. Inducerad infiltration uppstår genom att pumpningen i brunnen sänker av grundvattenytan intill sjön så att sjövattnet infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (om inte sjöbotten utgörs av tätande lera). Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen, se figur 23.

Vid passagen genom sand- och gruslagren kan sjövattnet renas och övergå till ett grundvatten med mycket god kvalitet från såväl kemisk som bakteriologisk och temperaturmässig synpunkt.

Sjövattnets temperatur kan variera mer än 20 grader under året, men när det har infiltrerat i grundvattenmagasinet blir temperaturvariationerna mycket små. Temperaturen på vattnet i brunnen håller sig kring 7–9 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

I Ängelholms kommun föreligger förutsättningar för inducerad infiltration sannolikt på flera ställen längs Rössjöns stränder, särskilt längs den norra och den östra.

Konstgjort grundvatten

Det är inte ovanligt att den naturliga nybildningen av grundvatten i ett område är mindre än den vattenmängd man vill ta ut för t.ex. kommunal vattenförsörjning. Under vissa förutsättningar kan det då vara möjligt att skapa konstgjord grundvattenbildning.

Tabell 1. Gräns- och riktvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (2001) och Socialstyrelsen (2003). Listan omfattar ett antal ämnen som är vanligt förekommande vid analys av dricksvatten.

Parameter	Enhet	Livsmedelsverket (2001): Gräns- värde Tjänligt med anmärkning	Livsmedelsverket (2001): Gränsvärde Otjänligt	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Tjänligt med anmärkning	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Otjänligt
Aluminium	mg/l Al	0,100**		0,5	
Ammonium	mg/l NH ₄	0,50		0,5 (t) 1,5 (h, t)	
Arsenik	µg/l As		10		10 (h)
Bekämpningsmedel enskilda	µg/l		0,10		0,1
Bekämpningsmedel totalhalt	µg/l		0,50		0,50
Bly	µg/l Pb		10		10 (h)
Cyanid	µg/l CN		50		50 (h)
Fluorid	mg/l F		1,5	1,3 (h)	6,0 (h)
Färg	mg/l Pt	15/30*		30 (e)	
Järn	mg/l Fe	0,100/0,200*		0,50 (e, t)	
Kadmium	µg/l Cd		5,0	1,0 (h)	5,0 (h)
Kalcium	mg/l Ca	100		100 (t)	
Klorid	mg/l Cl	100		100 (t) 300 (e, t)	
Konduktivitet	mS/m	250		-	
Koppar	mg/l Cu	0,20	2,0	0,20 (e, t)	2,0 (h, e, t)
Krom	µg/l Cr		50		50 (h)
Kviksilver	µg/l Hg		1,0		1,0 (h)
Lukt		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Magnesium	mg/l Mg	30		30 (e)	
Mangan	mg/l Mn	0,050**		0,30 (e, t)	
Natrium	mg/l Na	100		100 (t) 200 (e, t)	
Nickel	µg/l Ni		20		20 (h)
Nitrat	mg/l NO ₃	20	50	20 (t)	50 (h, t)
Nitrit	mg/l NO ₂	0,10**	0,50	0,1 (t)	0,5 (h)
Oxiderbarhet (per- manganatindex)	mg/l O ₂	4,0			
pH (vätejonkoncentra- tionen)		<7,5 >9,0	10,5	<6,5	10,5 (h)
Polycykliska aroma- tiska kolväten (PAH)	µg/l		0,10		0,1 (h)
Smak		Svag	Tydlig eller mycket stark	Tydlig (e)	Tydlig (h) Mycket stark (e)
Sulfat	mg/l SO ₄	100		100 (t)	250 (h, e, t)
Turbiditet	FNU, NTU	0,5/1,5*		3	

Enligt Livsmedelsverket (2001): Gränsvärden gäller för prov från dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten om inget annat anges. * = utgående dricksvatten resp. dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten, ** = utgående dricksvatten.

Enligt Socialstyrelsen (2003): (h) = hälsomässig grund för anmärkning, (e) = estetisk grund för anmärkning, (t) = teknisk grund för anmärkning.

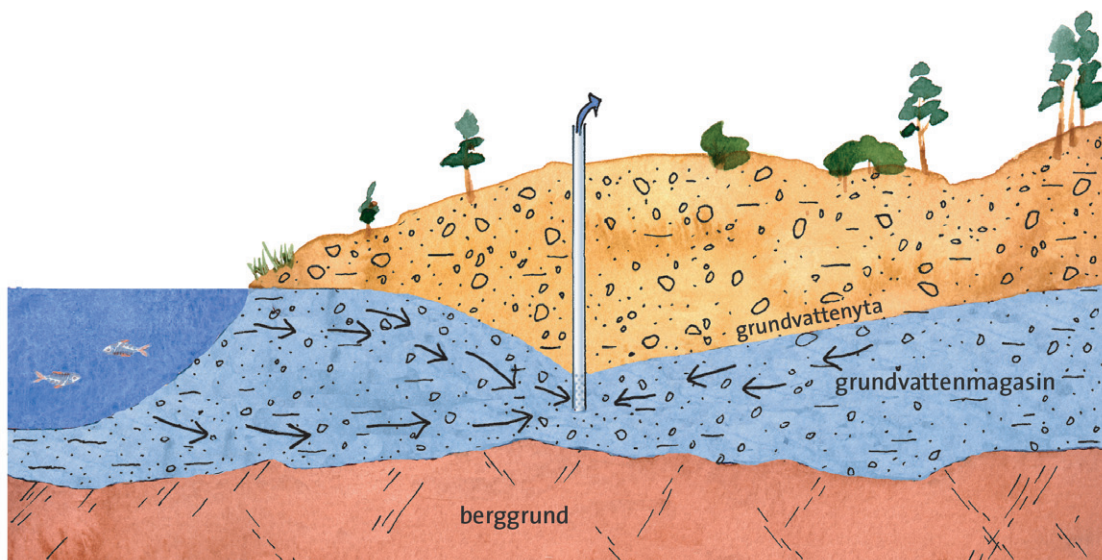


Fig. 23. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

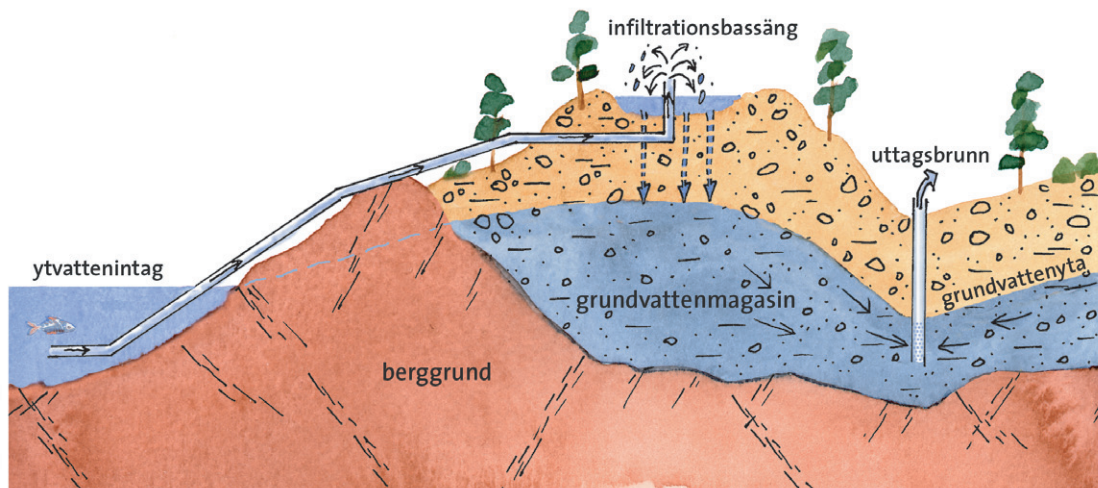


Fig. 24. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnen leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Vattentillgången i en sand- eller grusavlagring kan förstärkas genom konstgjord grundvattenbildning. Det tillgår vanligen så att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera. Ibland byggs särskilda infiltrationsbrunnar.

På liknande sätt som vid inducerad infiltration renas sjövattnet vid passage genom sand- och gruslagren. Det vatten som erhålls i uttagsbrunnarna har övergått till ett vatten med grundvattenkaraktär, med hög och jämn kvalitet.

Vid planering för och användande av en grundvattentäkt med konstgjord grundvattenbildning i naturliga jordlager måste förhållandevis omfattande och detaljerade hydrogeologiska undersökningar genomföras. De hydrogeologiska förutsättningar som krävs kan kortfattat beskrivas enligt följande:

- Vid infiltrationsläget bör sand- och gruslagren ha en relativt homogen sammansättning och vara tillräckligt genomsläppliga för att tillåta en infiltration av mellan 2 och 5 m³ per kvadratmeter och dygn.
- Den omättade zonens mäktighet under naturliga förhållanden bör vara minst 3–5 m.
- Grundvattenmagasinets mäktighet måste vara så stor vid läget för uttagsbrunnarna att tillräckliga avsänkingsmöjligheter föreligger med hänsyn till de önskade uttagsmängderna.
- God hydraulisk kommunikation måste föreligga mellan infiltrationsläget och uttagsbrunnarna.
- Strömningsriktningen från infiltrationsläget ska vara så entydigt att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, minst 14 dagar, vilket medför att uttagsbrunnarna måste placeras på ett tillräckligt stort avstånd från infiltrationsläget – ca 200–300 m.
- En fördel är om grundvattenmagasinet har en så stor magasinering förmåga att uttag kan ske under längre tid – flera veckor – utan infiltration.

Naturligt grundvatten med ursprungligen höga halter av järn, mangan eller humus kan ofta förbättras genom att det luftas i vattenkaskaden i infiltrationsbassängen. En sådan anläggning kan se ut som figur 24 visar med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn i stället för från en sjö.

Ett annat användningssätt för metoden är att återcirkulera kylvatten för luftkonditioneringsanläggningar. Infiltrationstekniken kan också användas när man vill upprätthålla grundvattentrycket i tätorter som är belägna på grundvattenförande avlagringar. Om trycket sjunker genom dränering via kabelgravar, schakt för vatten- och avloppsledningar och tunnlar etc. kan sättningsskador uppstå på byggnader, gator och vägar.

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar

	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 25–125 l/s
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 5–25 l/s
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen <1 l/s
	Viktigt grundvattenbildningsområde för en större grundvattenförekomst
	Inslag av morän i akviferen

Sand- och gruslager under finkorniga sediment

	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 25–125 l/s
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 5–25 l/s
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 1–5 l/s

ORGANISKA JORDARTER

	Mosse, kärr, gyttja, utgör ofta utströmningsområde för grundvatten
---	--

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I BERGGRUNDEN

	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 6 000–20 000 l/h
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 2 000–6 000 l/h
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 600–2 000 l/h

Sedimentär berggrund

	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 20 000–60 000 l/h
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 6 000–20 000 l/h
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 2 000–6 000 l/h

ÖVRIGA BETECKNINGAR

	Fast grundvattendelare i jordlager
	Rörlig grundvattendelare i jordlager
	Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
	Källa eller källhorisont med ett flöde av 0,5–3 l/s
	Källa eller källhorisont med ett flöde av 3–10 l/s
	Grundvattnets trycknivå i jordlagren, m ö.h., sommaren 2002
	Seismisk profil
	Georadarprofil
	Observationsrör eller sonderingsborrning
	Brunn med uppmätt grundvattennivå, avvägd
	Lagerföljdsuppgift från SGUs brunnarkiv
	Kommunal grundvattentäkt i jord

Fig. 25. Teckenförklaring till kartutsnittet i denna beskrivning.

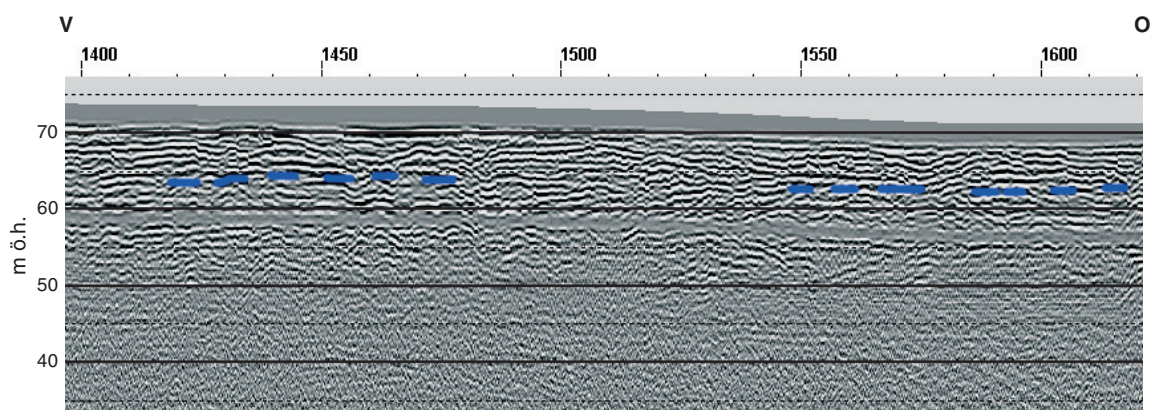


Fig. 27. Bilden visar de sista ca 200 m av georadarprofilen R14-02, som är med på kartutsnittet i fig. 26. Radar-bilder från områden med finkorniga sediment visar ofta ett flertal lagringsytor. I denna bild kan man möjligen kring 65–66 m ö.h. urskilja en grundvattenyta (blå linje) bland alla sådana ytor.

Grundvattenförhållanden söder om Rössjön

Området söder om Rössjön, se figur 28, har huvudsakligen undersökts med georadar. En viss koncentration av georadarmätningar samt en seismisk mätning och fem borrhningar har utförts i anslutning till de uddar som skjuter ut från Rössjöns södra strand. Orsaken till mätningarna på dessa platser är att den noggranna sjömätning, som utförts av Myrcia AB, visar en starkt kuperad bottenmorfologi med åsrygggar som från nordöst pekar in mot uddarna.

Vid nivå ca 65 m i figur 29 kan en närmast horisontell indikation följas genom detta avsnitt. Den kan tolkas som en något otydlig grundvattenyta. Med tanke på Rössjöns nivå, som var mellan 66 och 67 m, borde den ha legat något högre. Marknivån i alla georadarprofiler är emellertid bestämd med barometermätningar som har en noggrannhet av ett par meter, varför indikationen ändå rimligtvis är en grundvattenyta.

Sonderingsborrningen S 0202 gav följande resultat: 0–3 m mo, 3–4 m finsand, 4–9 m sand, 9–10,5 m morän, stopp mot block eller berg.

Fortsättningsvis inom området uppvisar R9-02 strukturer som huvudsakligen tyder på finkornigt material.

Alla georadarprofiler inom området tyder huvudsakligen på övervägande finkornigt material. I figur 30 visas ett avsnitt av mätningarna som gjorts över ett våtmarksparti. Man kan se skålar där våtmarkens fasta botten framgår tydligt. Det råder en klar överensstämmelse med kartbilden, figur 28. De sammanhängande och inbördes parallella strukturerna är utmärkande för finkornigt material.

Den seismiska mätningen S3-02, figur 31, på den västligaste udden visade ett jorddjup på ca 30 m, varav omkring 20 m vattenmättat, dvs. grundvattenmagasinet. Vid ungefär 100 m i profilen utfördes borrhningen R 0202 med nedsättning av ett 2-tums observationsrör.

Borrhningen gav följande resultat: 0–3 m finsand, 3–4 m finmo, 4–6 m mellansand, 6–22 m finsand, 22–25 m mellansand, 25–26 m grovsand, 26–27,5 m mellansand, stopp mot block eller berg. Vatten-genomsläppligheten och vattnets klarning var goda endast i de sista ca 3 meterna, vilket visar att en betydande mängd mycket finkornigt material finns i större delen av lagerföljden, se figur 10.

Järnhalten mättes i fält till 1,7 mg/l och kloridhalten till 25 mg/l. Värdena är något höga, men inte onormala.

Några indikationer på platser med påfallande goda uttagmöjligheter av grundvatten i området söder om Rössjön har således inte påträffats.

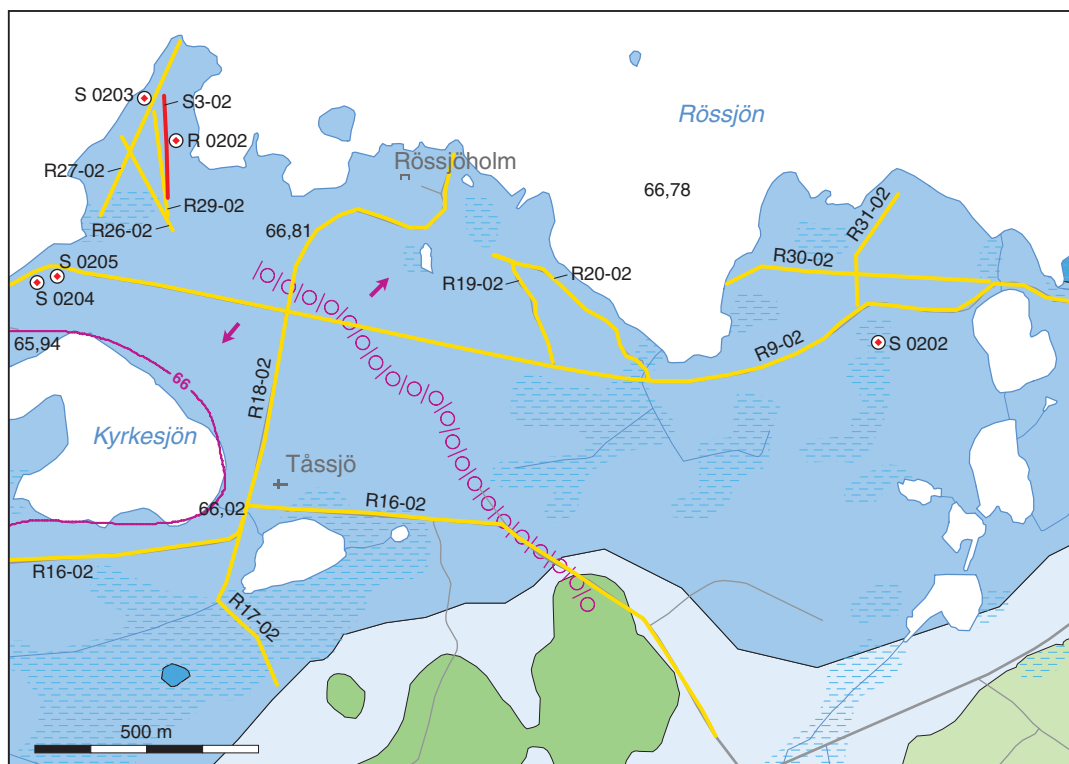


Fig. 28. Det grundvattenförande området söder om Rössjön är förhållandevis stort men uttagsmöjligheterna begränsas huvudsakligen av relativt finkornigt material.

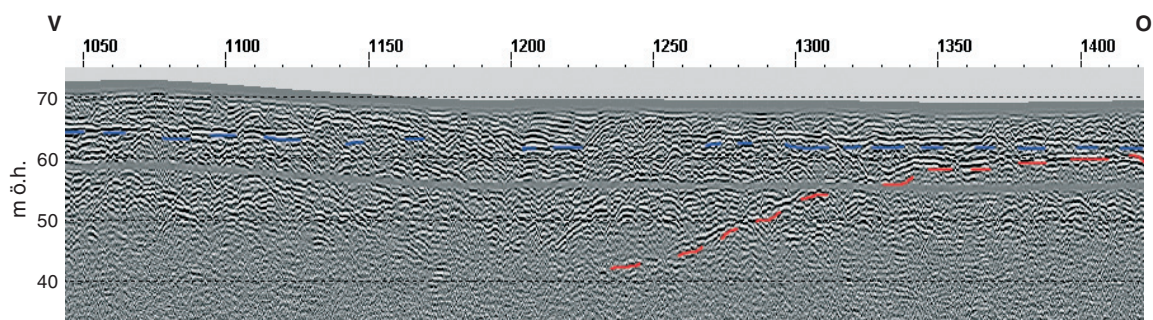


Fig. 29. Detalj av georadarprofil R9-02, från området där profilnumret står på kartutsnittet i föregående figur. Den grå bården på nivån ca 55 m som är parallell med markytan är en störning som förekommer i alla profiler. Blå linje markerar grundvattenytan och röd linje bergytan.

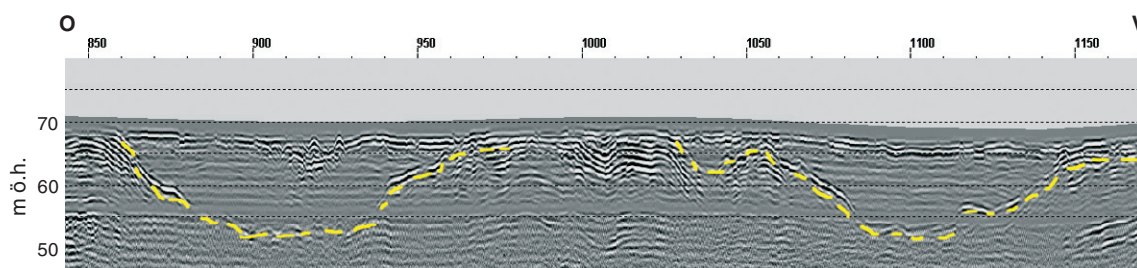
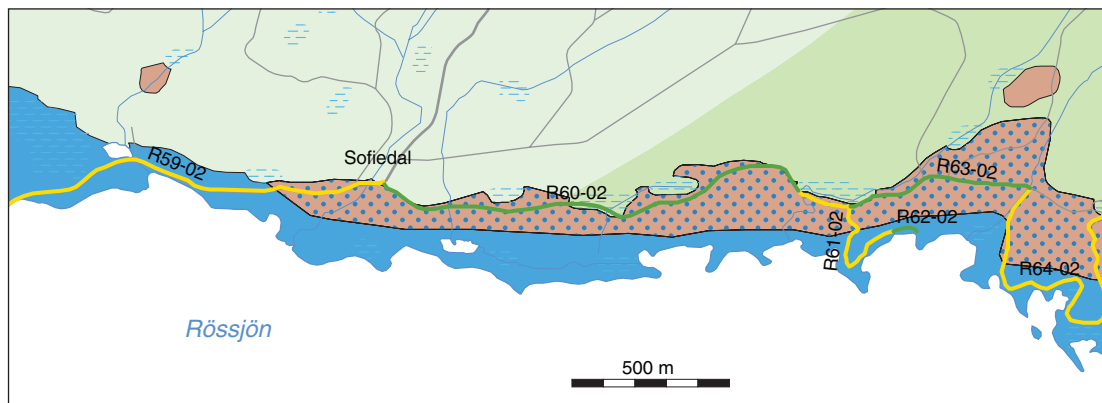
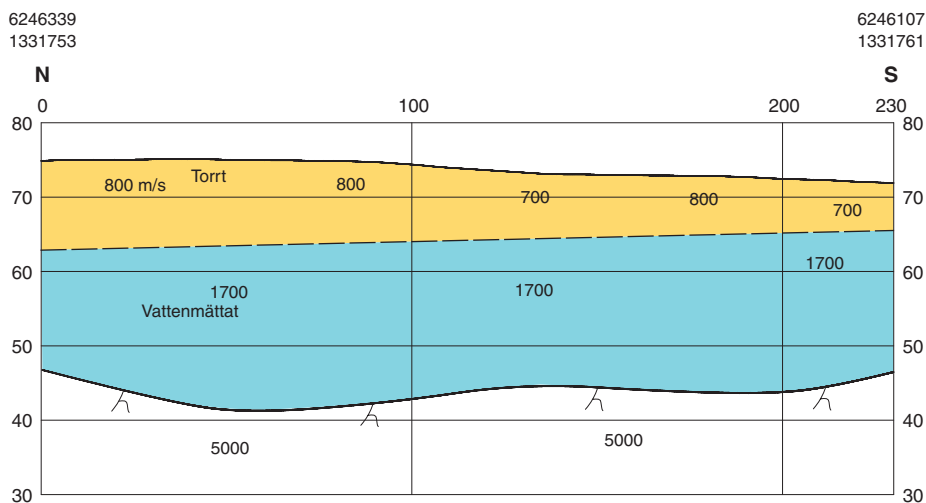


Fig. 30. Detalj av georadarprofil R16-02 från våtmarksområdet östsydöst om Tåssjö kyrka. Den gula linjen markerar botten på våtmark.



Grundvattenförhållanden norr om Rössjön

Isälvsavlagringen längs Rössjöns norra strand ligger an mot Hallandsås södra förkastningsbrant. Avlagringarna i detta område är på flera platser förhållandevis grovkorniga att döma av de georadarmätningar som utförts.

Grundvattenytan syns tydligt som en nästan horisontell linje nära 65-metersnivån i profilen R64-02 i figurerna 33 och 34. Detta tyder på att isälvmaterialet är grovkornigt och med hög vattengenomsläpplighet på detta ställe. Bergytans läge är oklart, men grundvattenmagasinet torde vara åtminstone 10–15 m mäktigt vid 400 m.

I vänstra kanten av figur 33 når grundvattenytan fram till berget eller moränen i förkastningsbranten. Mot höger i profilen kan grundvattenytan följas tydligt i ungefär 700 m, varefter den åter når förkastningsbranten, se figur 34. Tyvärr har det inte varit möjligt att inrymma några borrhinar i undersökningarna av detta område. Eventuella större vattenuttag förutsätter inducering från sjön, vilket sannolikt är möjligt.

Georadarmätningarna som är bilburna kan utföras längs vägar och stigar. Därför har en ganska lång sträcka av stranden inte kunnat mätas annat än på en nivå som legat högre upp i förkastningsbranten än vad grundvattenmagasinet når.

Mätningarna i västra delen av denna strand ger emellertid en annan bild av grundvattenförhållandena som antagligen innebär sämre uttagsmöjligheter än i den östra delen.

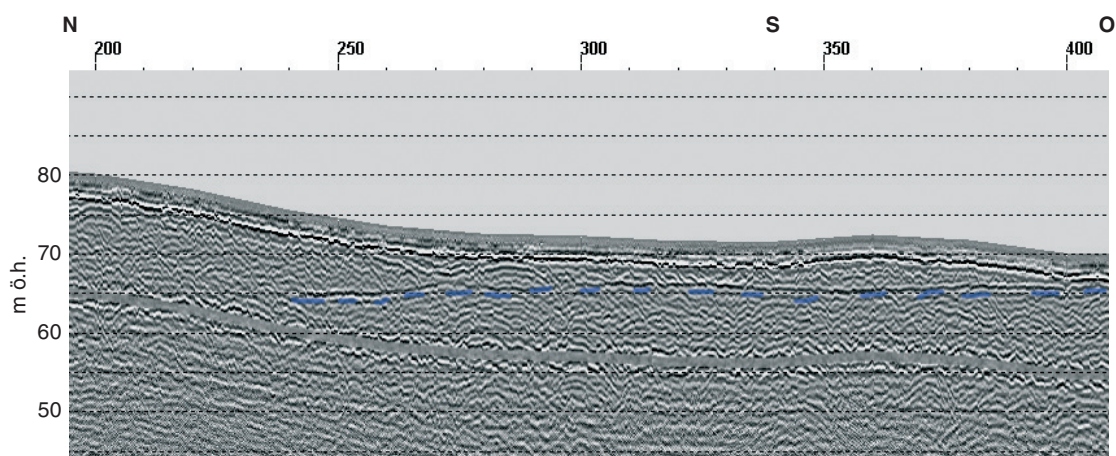


Fig. 33. Detalj av georadarprofil R64-02, stranden ligger vid ca 400 meter i profilen. Första 200–400 metrarna (nordvästra delen) av den 1165 m långa profilen. Grundvattenytan markeras med blå linje.

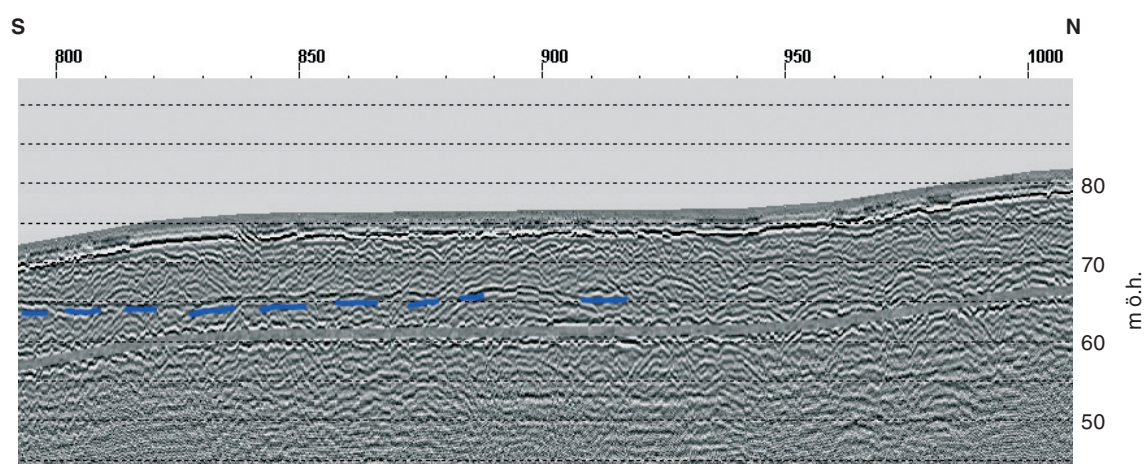


Fig. 34. Mot slutet (nordöstra delen) av profil R64-02 när grundvattenytan (blå linje) åter fram till förkastningsbranten.

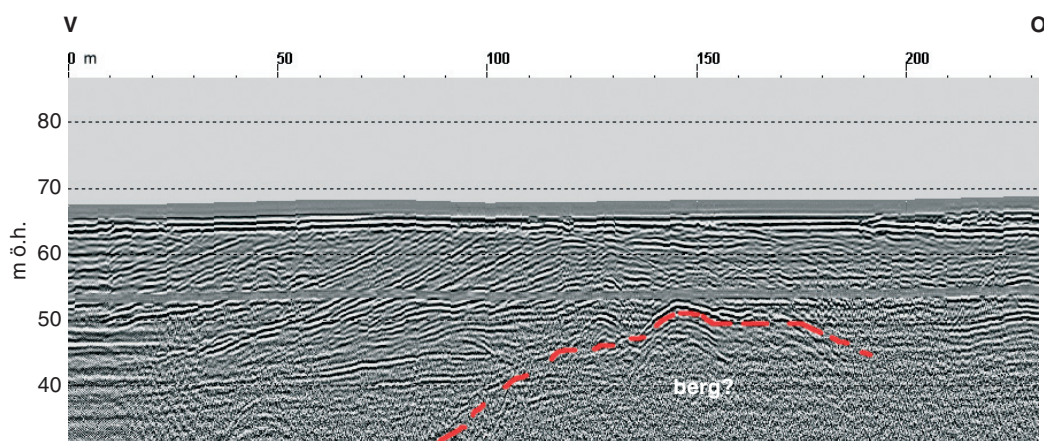


Fig. 35. I den västligaste delen av georadarprofilen R59-02 framgår skiktytor från sedimentationen ovanpå det något osäkra berget. Röd linje markerar bergytan.

I profilen R59-02, (figur 35) ligger markytan så nära grundvattenytan att de är mycket svåra att skilja åt. Sedimentstrukturerna som är tydliga och sammanhängande tyder, som på andra ställen i närheten, på att de ingående sedimenten är övervägande finkorniga med dålig vattengenomsläpplighet. Möjligheterna till inducering är därför inte lika goda i den västligaste delen av Rössjöns norra strand som i den östra delen.

Grundvattenförhållanden öster om Rössjön

I området med isälvsavlagringar öster om Rössjön (fig. 36) har undersökningarna visat bättre resultat från grundvattensynpunkt än i de övriga områdena kring sjön. Här behandlas endast en del av de geofysiska mätningarna och borresultaten. Samtliga mät- och borresultat är, som tidigare nämnts, tillgängliga i de databaser som ingår i kartan över grundvattenförekomster i Ängelholms kommun.

I slutet av radarprofilen R4-02 framkom en struktur som indikerade ett högt bergläge, varifrån berggrundsytan stupar ungefär mot nordväst, se figur 37.

Radarprofilen kompletterades med en seismisk profil, S2-02, som bekräftar det höga bergläget och indikerar att det här finns ett högt bergläge med en kant som snarare stupar mot norr och alltså har en ungefär öst-västlig strykningsriktning, se figur 38.

Intill slutpunkten av radarprofilen R4-02 utfördes borrhningen R 0201 med jordprovtagning och provtagning av grundvattnet med följande resultat:

- 0–7 m grusig mellansand
- 7–11 m grusig sand
- 11–14 m mellansand
- 14–15 m finsand
- 15–16 m mellansand
- 16–18 m grovsand
- 18–20 m grusig grovsand
- 20–23 m sand
- 23–23,5 m morän

Observationsröret sattes till 20 meters djup. Vattengenomsläppligheten var god från 6 m, förutom 14–15 m där den var mindre god och 19–20 m där den var mycket god. Vattnets klarning var mycket god från 6 m till 20 m förutom vid 14–15 m där den var god. Detta visar att materialet i grundvattnemagasinet innehåller mycket lite finmaterial och att uttagsmöjligheterna är mycket bra.

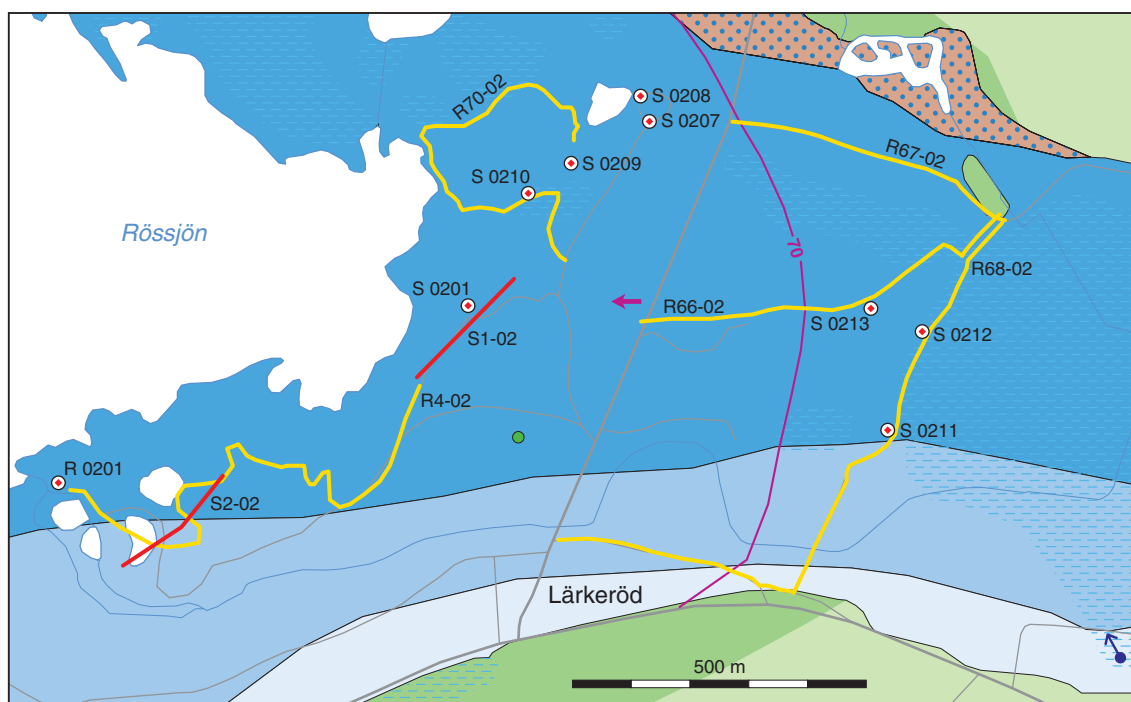


Fig. 36. Större delen av området öster om vägen som går norrut från Lärkeröd utgörs av äldre och nyare grustag. Gula linjer är georadar, röda är seismik. Borrhningar markerade R 02xx är observationsrör, och de markerade S 02xx är sonderingar.

Den kemiska analysen på ett vattenprov från 16–17 m visade 1,8 mg/l järn och 13 mg/l klorid. Se även foton från borrhningen i figurerna 11 och 12.

Den seismiska profilen S1-02 i den centrala delen av området visar ett grundvattenmagasin som är omkring 20 m mäktigt. Profilen uppvisar också en sprickzon i berggrunden med drygt 50 meters bredd, se figur 39.

Vid ungefär 150 m i profil S1-02 gjordes en sonderingsborrning, S 0201. Vid en sonderingsborrning kan man varken ta jordprover eller vattenprover. Jordarterna kan endast bedömas med ledning av borrhningsmotstånd m.m. Resultatet var följande:

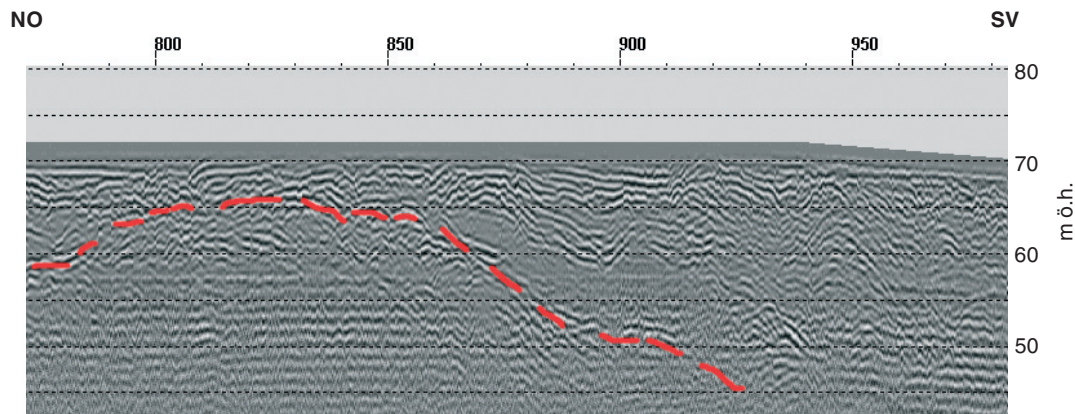


Fig. 37. Slutet av georadarprofil R4-02 visar ett högt bergläge. Röd linje markerar bergytan.

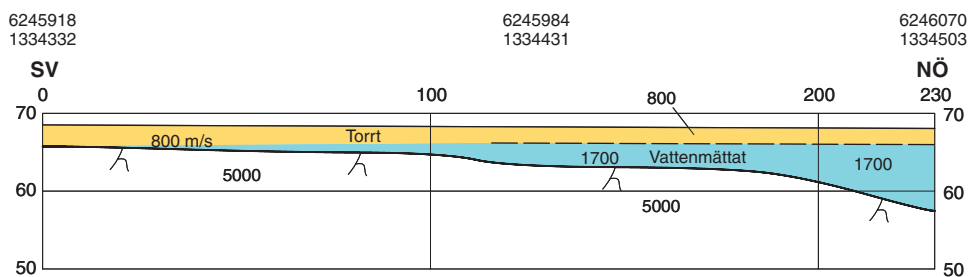


Fig. 38. Den seismiska profilen S2-02 visar att bergytan ligger nära markytan (grustagets botten) i den sydvästra delen av kartutsnittet i figur 36.

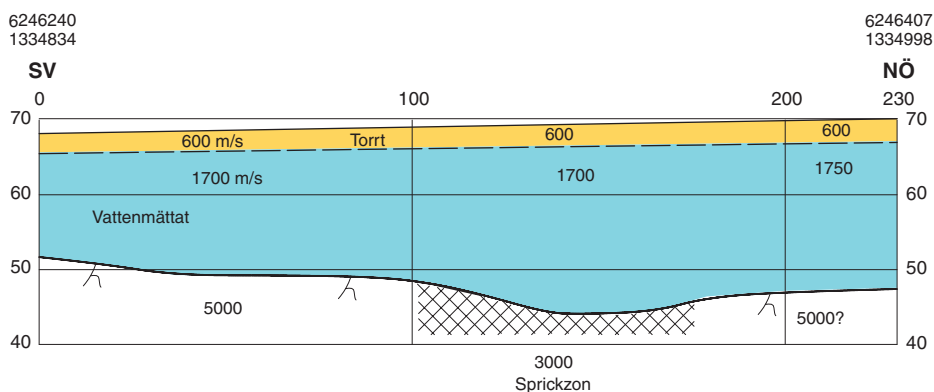


Fig. 39. De seismiska mätningarna i profil S1-02 visar att grundvattenmagasinet är omkring 20 m mäktigt i den centrala delen.

0–6,5 m stenigt grus
 6,5–13,5 m sand
 13,5–18,5 m stenigt grus
 18,5–19,2 m morän

Detta indikerar också en lagerföljd som har gynnsamma egenskaper för grundvattenuttag.

Georadarprofilen R70-02 i figur 40 indikerar att grundvattenförhållandena i norra delen av området är ungefär lika bra som i de centrala och södra delarna. Detta styrks även av sonderingsborrningen S 0210, vars resultat var:

0–16,7 m stenig sand
 16,7–27,7 m sand
 27,7–31,2 m sand, något stenig
 borrningen kan fortsätta

Eftersom borrningen inte nådde morän eller berg kan grundvattenmagasinet vara betydligt mäktigare i den norra delen än i de sydligare delarna. I den östra delen av området visar georadarmätningarna andra förhållanden.

Figur 41 visar att åtminstone en del av isälvens vatten här strömmade från en västlig riktning och avlastade sitt material i en issjö i öster. Detta stämmer väl med jordartskartans markering av isälvs-material med ryggformer som 1,5 km västnordväst om detta ställe solfjäderformigt utbreder sig från en skarpt markerad ravin. I den ravinen har isälven från norr tagit sig över Hallandsås.

Profilen R68-02, se figur 42, är uppmätt tvärs över sedimentationsriktningen. Därför ser strukturerna plana ut. Jämför med strukturerna i figurerna 41 och 43.

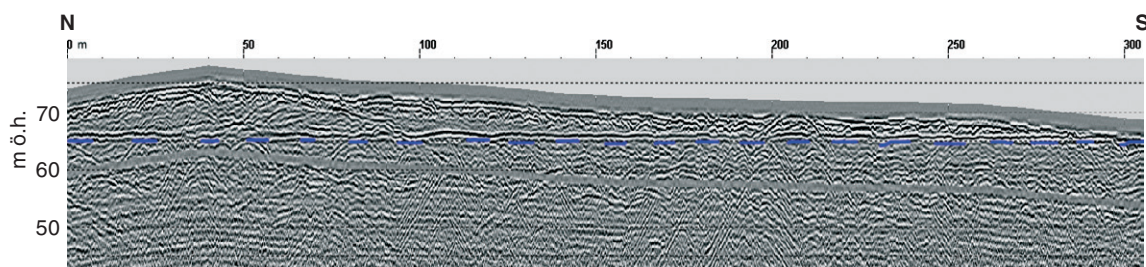


Fig. 40. Den mycket tydliga indikationen på en grundvattenyta (blå linje) ovanför 65-metersnivån i radarprofilen R70-02 visar på ett mycket vattengenomsläppligt material.

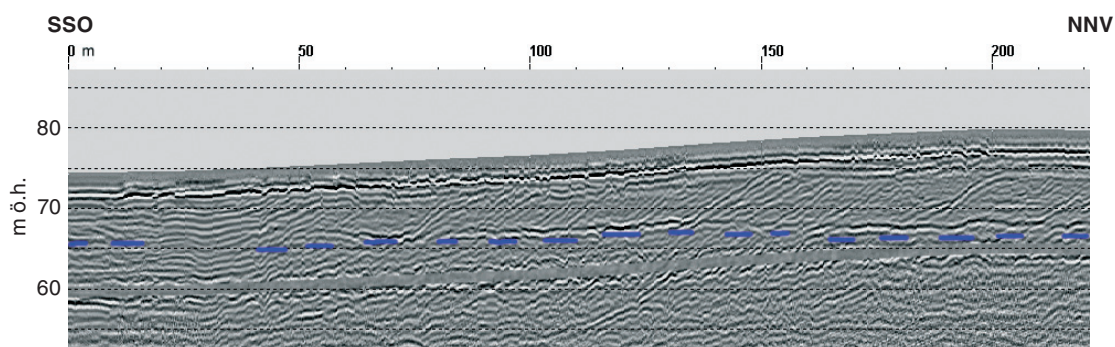


Fig. 41. Georadarprofilen R67-02 visar, förutom en grundvattenyta mellan 65 och 70 m (blå linje), sedimentationsstrukturer av deltakaraktär antydande sedimentation från en västlig riktning.

Sonderingsborrningar har utförts vid 230 m och vid 400 m. De gav följande resultat:

S 0212:

- 0–6,2 m silt
- 6,2–14, m finsand
- borrningen avbruten
- materialet var mycket homogent och löst

S 0211:

- 0–5,5 m silt, homogen, lös
- 5,5–8,6 m sand, homogen, lös
- 8,6–16,7 m stenig sand
- 16,7–17,3 m morän

Moränen som påträffats i S 0211 indikerar närhet till berg och det är sannolikt fortsättningen på den bergkant som radarmätningen R4-02 och seismiska mätningen S2-02 visade i sydvästra delen av området. Som framgår av figur 44 är den påborrade kanten i S 0211 den första delen av en stegvis mot söder stigande berggrund.

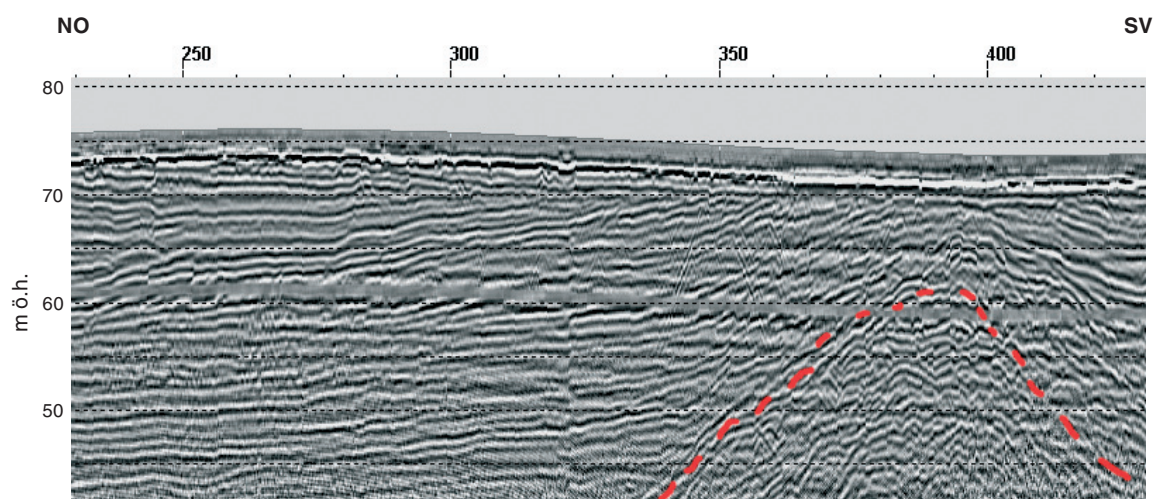


Fig. 42. Del av georadarprofilen R68-02. Den röda linjen markerar bergytan.

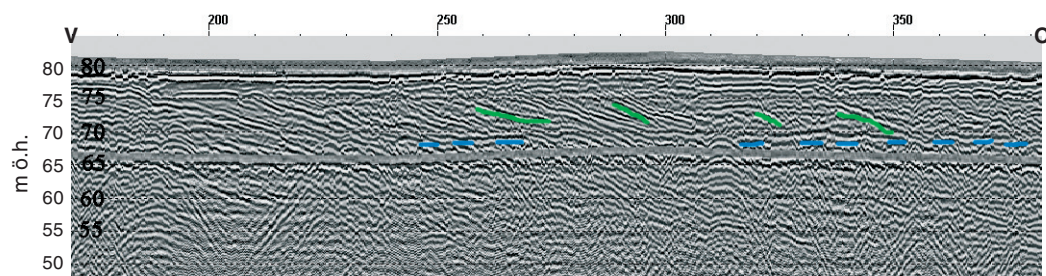


Fig. 43. Utsnittet från mitten av profil R66-02 visar också delastruktur, men inte lika tydligt som R67-02. Den mycket jämna överytan är en del av deltaplanet där issjöns vattenyta låg. Blå linjer markerar grundvattenytan och gröna linjer markerar några lagringsytor.

Beträffande källan vid Lärkeröd, som rinner med 3–5 l/s, så kommer dess vatten inte från det stora grundvattenmagasinet utan från moränhöjden i söder. Se foto av källan i figur 13. Det stora grundvattenmagasinet avvattnas huvudsakligen via källflöden, diffusa eller koncentrerade, på botten av Rössjön.

Sammanfattningsvis kan sägas att grundvattentillgångarna i detta område och i området längs norra stranden av Rössjön, sannolikt fram till trakten av Sofiedal, får anses ha de bästa förutsättningarna för större grundvattenuttag i Rössjöholmsområdet. Det är även, med tanke på sedimentationsförhållandena vid isälvsavlagringens bildning, rimligtvis så att det avsattes förhållandevis grövre material nära isälvens mynning från ravinen genom Hallandsås.

Grundvattenbildningen kan här beräknas vara av storleksordningen 40 l/s. Undersökningarna har visat att det finns goda förutsättningar att också ta ut större mängder vatten ur grundvattenmagasinet. Även möjligheter till ytterligare uttag får bedömas vara goda med vattentillskott genom inducering från Rössjön och genom konstgjord grundvattenbildning.

Grundvattenförhållanden från Rössjön till Krokhusen

Tidigare i denna beskrivning behandlades grundvattenförhållandena vid Tollsjö och infiltrationen av Rössjöns vatten till isälvsavlagringen mot sydväst, vilket även framgår av figur 45. Förhållandena söder om Västersjön är osäkrare. Markytans nivå vid Fåratångsmossen är mycket flack, vilket framgår av figur 46. Profillinjen är dragen från Västersjön till vänster i figuren över Fåratångsmossen till Rössjöholmsån vid Kollebackstorp till höger i figuren.

Av förhållandena söder om Västersjön att döma är det mycket osäkert om det finns någon grundvattendelare i området Fåratångsmossen–Ugglemossen. Det kan mycket väl vara så att även Västersjöns vatten i viss utsträckning infiltrerar i isälvsavlagringen och rör sig mot Rössjöholmsån.

I området har två borrhningar och ett flertal geofysiska mätningar utförts, varav en seismisk och två georadarmätningar behandlas här. Georadarprofilen R13-02 (fig. 47) uppvisar i början, i nordväst, strukturer som tyder på ett jorddjup på ca 30 m. Till höger i profilen kommer Fåratångsmossen in i bild och man kan tydligt se botten på mossen, som utgörs av silt eller lera. Radarvågorna kan inte tränga igenom mycket av ett sådant material varför underliggande lager blir avskärmade. Resultatet av denna radarmätning föranledde att en seismisk profil och en borrhning genomfördes norr om denna plats.

Den seismiska profilen (fig. 48) visade att grundvattenmagasinets mäktighet på detta ställe är 10–15 m och att en stor del av det som georadarmätningen antyder vara jordlager är morän eller sedimentär berggrund.

Sonderingsborrningen S 0206, som utfördes vid 110 m i den seismiska profilen, visade följande:

- 0–5,7 m finsand
- 5,7–9,5 m sand
- 9,5–17,7 m sandigt grus
- 17,7–18,2 m morän

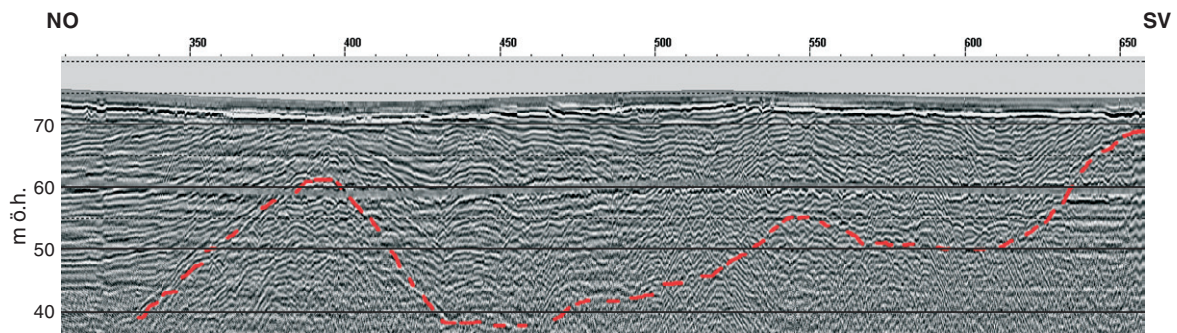


Fig. 44. Fortsättning mot söder av radarprofil R68-02. Den röda linjen markerar det ungefärliga läget för bergytan, som höjer sig stegvis söderut.

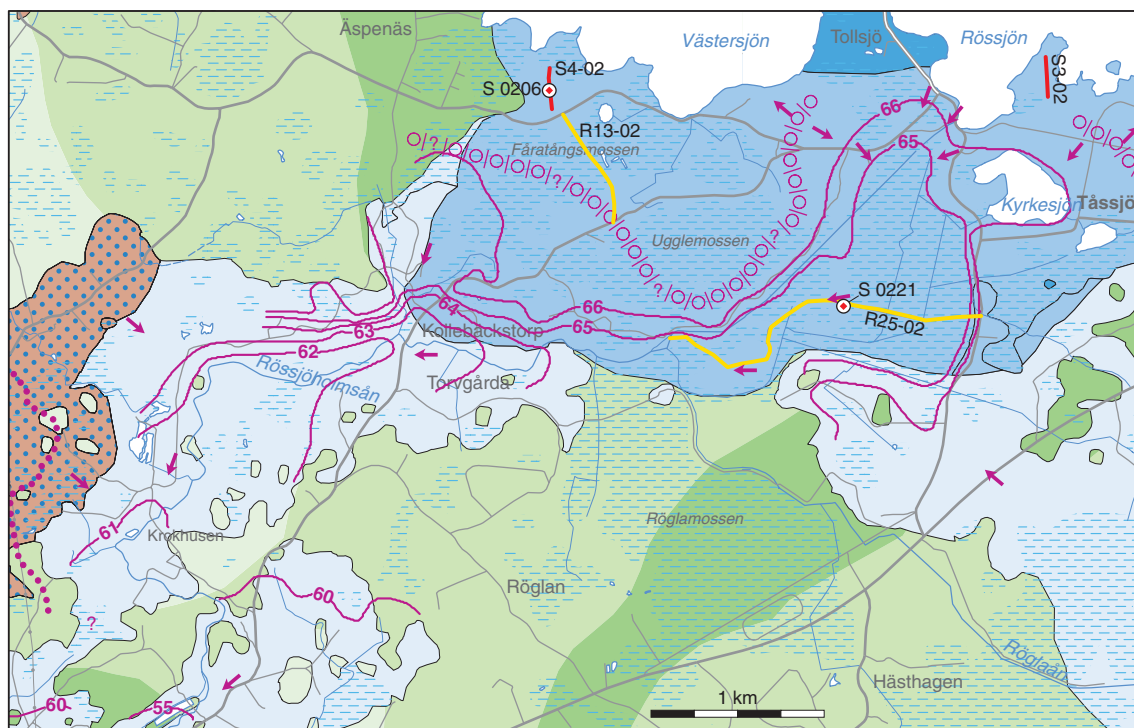


Fig. 45. Grundvattnets strömningsmönster i isälvsavlagringarna. Våtmarker utgör ett stort inslag i området. Ytor med gröna nyanser anger grundvattentillgångar i berggrunden.

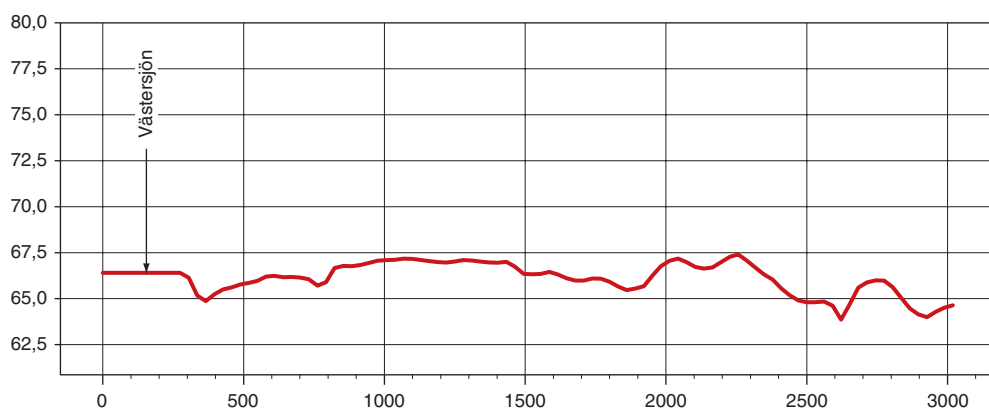


Fig. 46. Markytans nivå söder om Västersjön. Profilen är framtagen ur Lantmäteriets höjddatabas och dragen från Västersjön (det jämna avsnittet t.v. i figuren) över Fåratångsmossen till Kollebackstorp, 3 km mot sydväst.

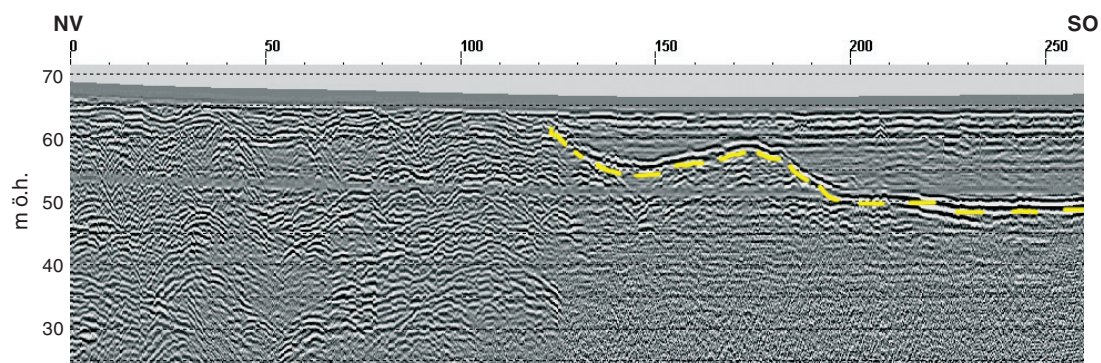


Fig. 47. Georadarprofil R13-02. Relativt mäktiga jordlager t.v., Fåratångsmossen t.h. Den gula linjen markerar botten på våtmarken.

Moränen har således inte genomborrats. Den förhållandevis höga seismiska hastigheten, 2 500–3 000 m/s, på materialet ovanför den kristallina berggrunden tyder på en hårt packad morän eller möjligtvis en liten rest av sedimentär berggrund.

Grundvattenmagasinet är således 12 m mäktigt på borrhplatsen och troligtvis ganska vattengenomsläppligt. Grundvattennivån i den grävda brunnen på fastigheten Spirhult 2:7, vid början av georadarprofilen R12-02, uppmättes till 67,12 m ö.h., vilket är mycket nära sjöns nivå. Ett grundvattenflöde kan därför äga rum från Västersjön mot Rössjöholmsån, åtminstone tidvis.

Det är således osäkert om det finns någon (permanent) grundvattendelare i området med mossmark mellan Västersjön och Rössjöholmsån. Den nordöstra delen av den markerade, rörliga grundvattendelaren är mera säker. Här når markytan som mest mer än 10 m över sjöytan.

Georadarprofilen R25-02 har som vanligt inte kunnat se längre ner än till mossmarkernas botten, men där isälvsavlagringarna inte är täckta av mosse har radarn sett djupare. Figur 49 visar övergången från mossmark till fast mark.

En sonderingsborrning, S 0221, utfördes vid 800 m i profilen. Resultatet var följande:

0–4,0 m silt
4,0–6,2 m finsand
6,2–14, 4 m sand
14,4–14,7 m morän

Materialet var välsorterat och homogent.

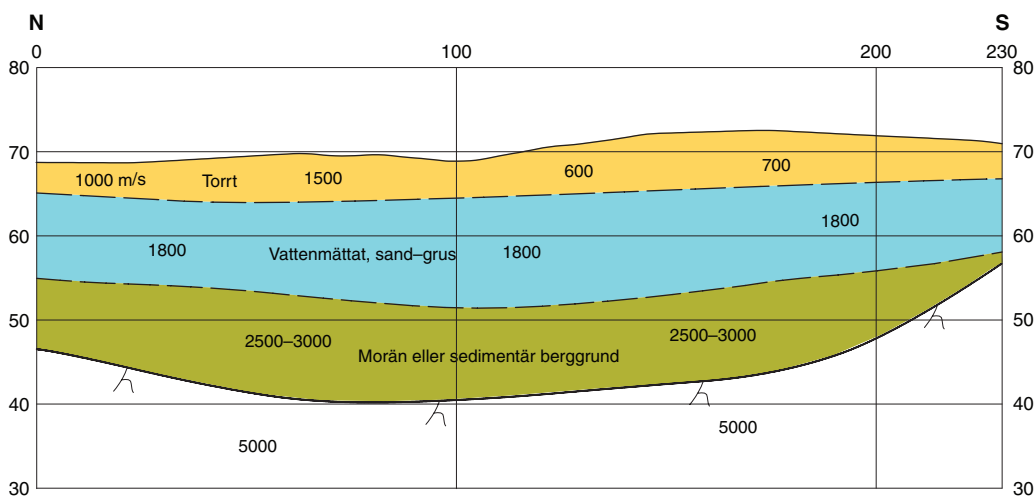


Fig. 48. Den seismiska profilen S4-02 visar att det söder om Västersjön förekommer ett ca 10 m mäktigt skikt av morän eller sedimentära bergarter under isälvsavlagringen och ovanpå den kristallina berggrunden (5 000 m/s).

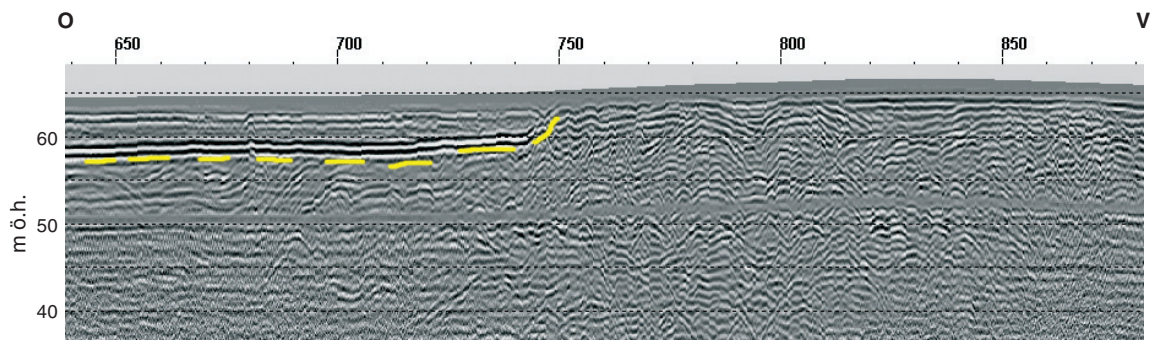


Fig. 49. Georadarprofil R25-02 visar i detta avsnitt med gul linje övergången från mossmark i öster, t.v. i figuren, till fast mark, där radarn når omkring 20 m ner.

Avsnittet av georadarmätningen i figur 50 är från området vid strömpilen intill R25-02 i figur 45. Bergytan syns tydligt i bilden. Isälvsedimenten till vänster i bilden är, av radarbilden att döma, finkorniga och väl sorterade och har en mäktighet av omkring 20 m.

Grundvattnet som har sin dominerande flödesriktning mot väster och sydväst läcker till stor del ut i Rössjöholmsån. I trakten av Krokhusen passerar ån över en berg- och moräntröskel. Om isälvsavlagringens grundvattenmagasin inte har någon förbindelse under våtmarken markerad med ett frågetecken i figur 45 sydväst om Krokhusen och vidare mot sydväst så måste allt grundvatten i det magasinet ha tvingats ut i Rössjöholmsån före tröskeln. Man kan anta att om något grundvatten passerar under nämnda våtmark så är det inte mycket eftersom det sannolikt även här finns en berg- och moräntröskel.

Grundvattenytan uppströms Krokhusen är betydligt flackare än nedströms. Observera att ekvidistansen mellan grundvattennivålinjerna är 1 m uppströms och 5 m nedströms Krokhusen på grundvattenkartorna. Med samma ekvidistans uppströms som nedströms, hade det funnits endast en nivåkuva uppströms Krokhusen.

Grundvattenförhållanden från Krokhusen till St. Brandsvig

Högsta kustlinjen löper i nordväst–sydöstlig riktning genom Tåstarp. Sydväst om denna är isälvsavlagringen så gott som helt täckt av leror. Detta betecknas med blå-viträndig färg i figur 51.

I det föregående kapitlet nämndes att grundvattnet uppströms Krokhusen tvingas ut i Rössjöholmsån och alltså fortsätter i form av ytvatten.

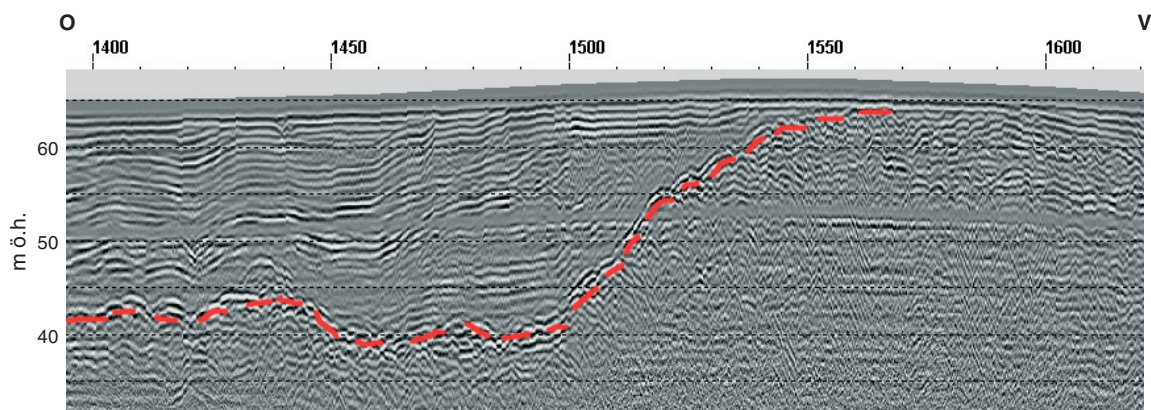


Fig. 50. Avsnitt 1380–1650 m i radarprofilen R25-02. Vid 1500 m höjer sig berggrundsytan (röd linje) och når nästan upp till markytan vid 1550 m.

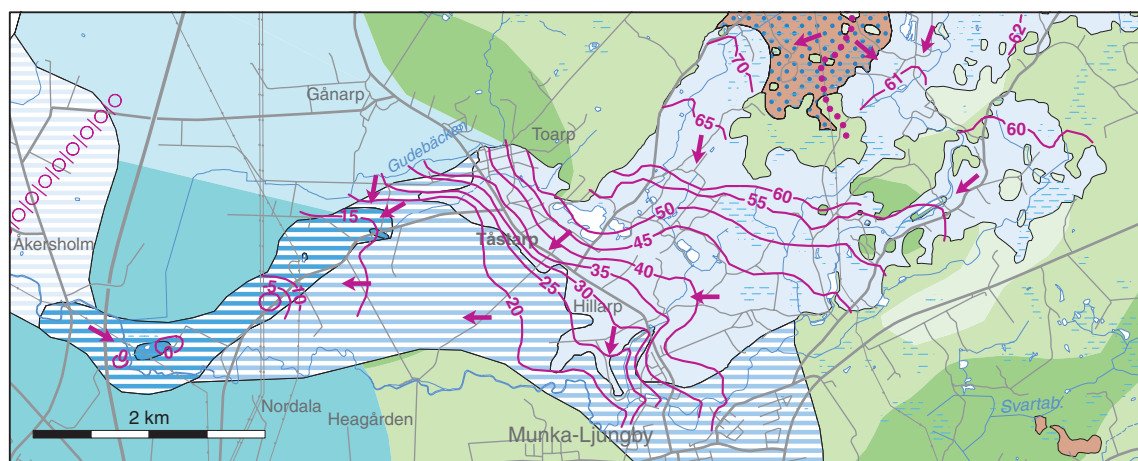


Fig. 51. Grundvattenförhållanden från Krokhusen till St. Brandsvig.

Grundvattendelaren väster om Krokhusen är betingad av att berggrunden här är högre belägen och bildar en hästskeformad barriär. Denna grundvattendelare påverkas inte av grundvattenuttag och liknande ingrepp i grundvattenmagasinet. Den är en fast grundvattendelare. Nordväst om St. Brandsvig är en annan grundvattendelare markerad. Läget för denna är emellertid osäkert. Det är sannolikt en rörlig grundvattendelare vars läge påverkas av grundvattenuttag.

Innan vattentäkterna anlades fanns en större källa vid St. Brandsvig. Vid undersökningarna i samband med anläggandet av vattentäkterna konstaterade man att inte allt grundvatten som flödade genom isälvsavlagringen rann ut i källan utan en del fortsatte (VIAK 1963). Grundvattnet som gick förbi källan kan ha gått ut i Rössjöholmsån nära Brandsvig eller längre nedströms. Kanske vid Bjälleruds källor 3,5 km bort. Om så var fallet fanns ingen grundvattendelare.

I dagens läge är grundvattennivån vid St. Brandsvig sänkt till havsnivån. Samtidigt flödar Bjälleruds källor åter sedan den där belägna grundvattentäkten stängts och grundvattennivån åter blivit omkring 4 m ö.h. Således finns nu en grundvattendelare någonstans nordväst om St. Brandsvig. Det är emellertid något osäkert om isälvsavlagringen, och därmed grundvattenmagasinet, har en fullständig kontinuitet i det aktuella avsnittet. Om grundvattenmagasinet är kontinuerligt är detta en rörlig grundvattendelare.

I området mellan Tåstarp och Hillarp har georadarmätningar utförts. De har mestadels indikerat relativt finkornigt isälvsmaterial och flera ställen har ganska små jorddjup. I profil R39-02 (fig. 52) kan man se deltastrukturen i denna avlagring.

Radarprofilen R43-02 (fig. 53) visar ett förhållandevis finkornigt material med en mäktighet av några få till ca 10 m ovanpå berget. Jämför också med figur 54 som visar det relativt tunna jordlagret ovanpå berggrunden vid bergtäkten ca 1700 m rakt öster om Tåstarps kyrka.

Grundvattennivåerna har uppmätts i avvägda brunnar och observationsrör. Sådana data som borrhjup, lagerföljder och grundvattennivåer med observationsdatum samt fastighetsbeteckning för brunnarna finns lagrade i grundvattenkartans databaser.

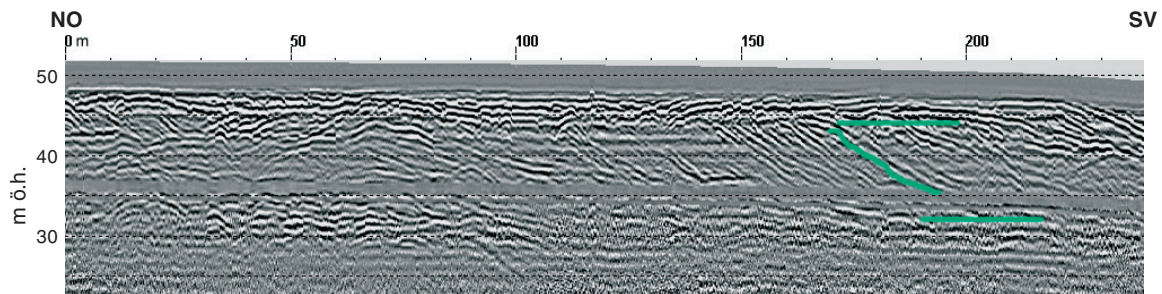


Fig. 52. Georadarprofil R39-02 visar tydliga deltastrukturer med sedimentation från nordöst. Gröna linjer visar några lagringsytor. Undre horisontella strukturer – bottomset, övre horisontella strukturer – topset och där emellan strukturer stupande mot sydväst – forset beds.

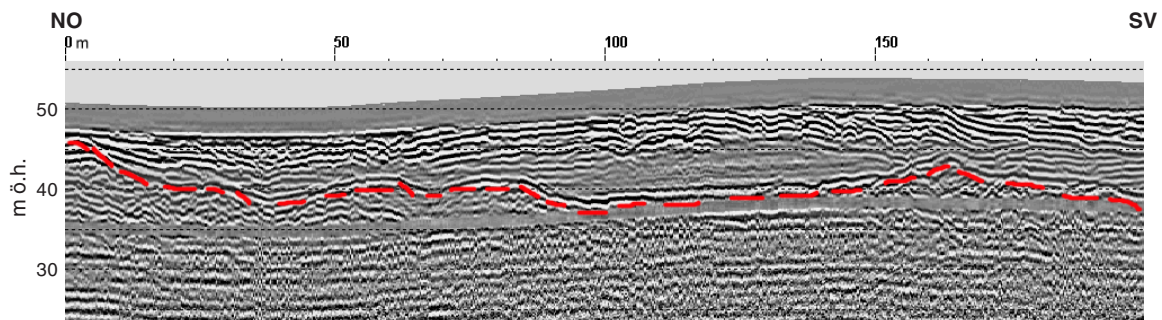


Fig. 53. Radarprofil R43-02. Den röda linjen markerar bergytan. Den jämna, inbördade parallella strukturen på lagren ovanför bergytan tyder på att lagren består av finkornigt material.

Grundvattenbildningen till isälvsavlagringen är förhållandevis stor och kan bedömas vara av storleksordningen 70–90 l/s. På grund av det relativt finkorniga materialet och grundvattenmagasinets ringa mäktighet i Tåstarpsområdet kan brunnarna vid St. och L. Brandsvig inte få del av hela denna vattenmängd. De kan inte heller aktivt dra till sig något vatten på grund av den stora nivåskillnaden mellan grundvattennivån vid brunnarna och grundvattennivåerna i Tåstarpsområdet. En stor del går ut i Rössjöholmsån och det mindre vattendrag, som rinner söderut i kartutsnittets mitt (fig. 55). I området där dessa vattendrag möts råder artesiska förhållanden.



Figur 54. Detalj av foto från bergtäkten 1700 m öster om Tåstarps kyrka. Jordlagret (ljusare i bilden) är endast några få meter mäktigt.

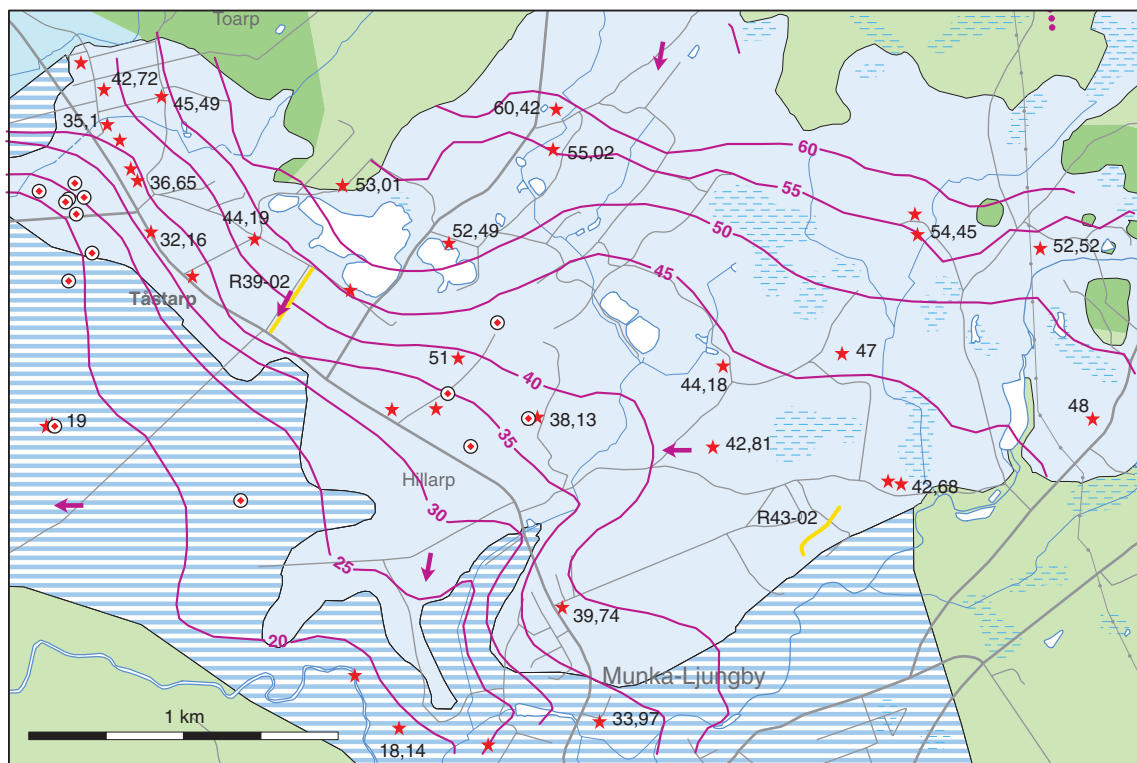


Fig. 55. Uppmätta nivåer i brunnar, röd stjärna, och observationsrör, röd-vit markering. Mätningarna är utförda i månadsskiftet maj-juni 2002.

Grundvattenförhållanden i området Skälderviken–Magnarp

Den mäktiga höjdryggen som sträcker sig från Rebbelberga i sydost via Barkåkra och Magnarp till kommungränsen i nordväst är, som tidigare nämnts, en komplicerad geologisk bildning, som är uppbyggd av svallsand, svallgrus, lera, isälvmaterial (grovkornigt och finkornigt) samt morän.

Lagerföljden vid en brunnborrning vid Barkåkra kyrka var:

- 0–18 m morän
- 18–29 m silt
- 29–34 m sand
- 34–43 m morän
- 43–50 m sand
- 50–54 m morän

Vid Bjälleruds källor har en kommunal grundvattentäkt för Skäldervikens samhälle tidigare varit i bruk. Vattenuttaget var närmare 13 l/s. När vattentäkten var i drift upphörde källflödet. Nu när vattentäkten har upphört flödar källorna åter (fig. 15).

Grundvattenytans gradient i höjdryggen vid Barkåkra är, som framgår av kartutsnittet i figur 56, mellan 20 och 50 promille. Detta är en mycket brant lutning som tyder på en dålig vattengenomsläpplighet i grundvattenmagasinet som helhet.

Vid en jämförelse av grundvattennivåerna uppmätta i augusti 1988 då vattentäkten var i drift, och nivåerna i maj–juni 2002 när den inte var i drift, visar att det inte är någon större skillnad, bortsett från vissa detaljer. Antagligen togs inte mycket mer vatten ut än vad som flödade i Bjälleruds källor, eventuellt med tillskott av vad som kan ha varit dolda flöden direkt i Rössjöholmsån.

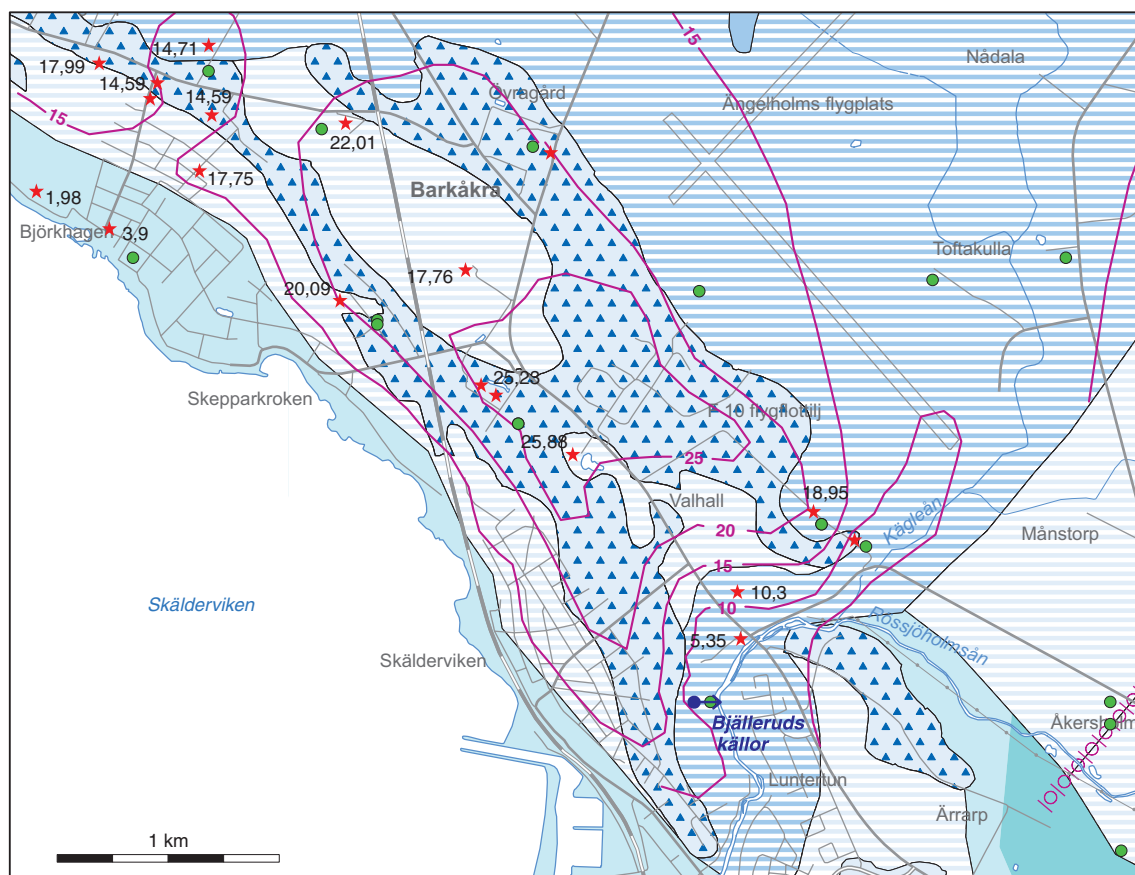


Fig. 56. Grundvattennivåer uppmätta i brunnar, röda stjärnor, i månadsskiftet maj–juni 2002. Vid Bjälleruds källor har tidigare en kommunal vattentäkt varit i drift.

Ett grundvattenuttag större än källflödet skulle påverka grundvattennivåerna huvudsakligen i nordöstlig och i sydvästlig riktning, av gradienterna att döma.

Lagerföljden i borrhningen Rb 0102 utförd av J&W vid vattentäkten var, något förenklad:

- 0–4 m sandig lera
- 4–6 m sand
- 6–9 m grovsandig mellansand
- 9–12 m finsandig mellansand
- 12–13 m siltig lera
- 13–14 m grusig grovsand
- 14–15 m sand
- 15–18 m sandigt grus
- stopp i sandsten?

De förhållandevis stora källorna som tidigare fanns där den kommunala vattentäkten vid Magnarp nu är belägen, flödade innan vattentäkten anlades. Det är ett läge som precis motsvarar det vid Bjälleruds källor. Man kan därför anta att det var vattenförande sand- och gruslager under lerorna i öster, som gav källorna deras vatten och numera ger vatten till brunnarna, snarare än vattenförande lager i själva höjdryggen, se figur 57. En viss del kommer ändå från höjdryggen, så som flödesmönstret ser ut. På samma sätt är sannolikt fallet även vid Bjällerud.

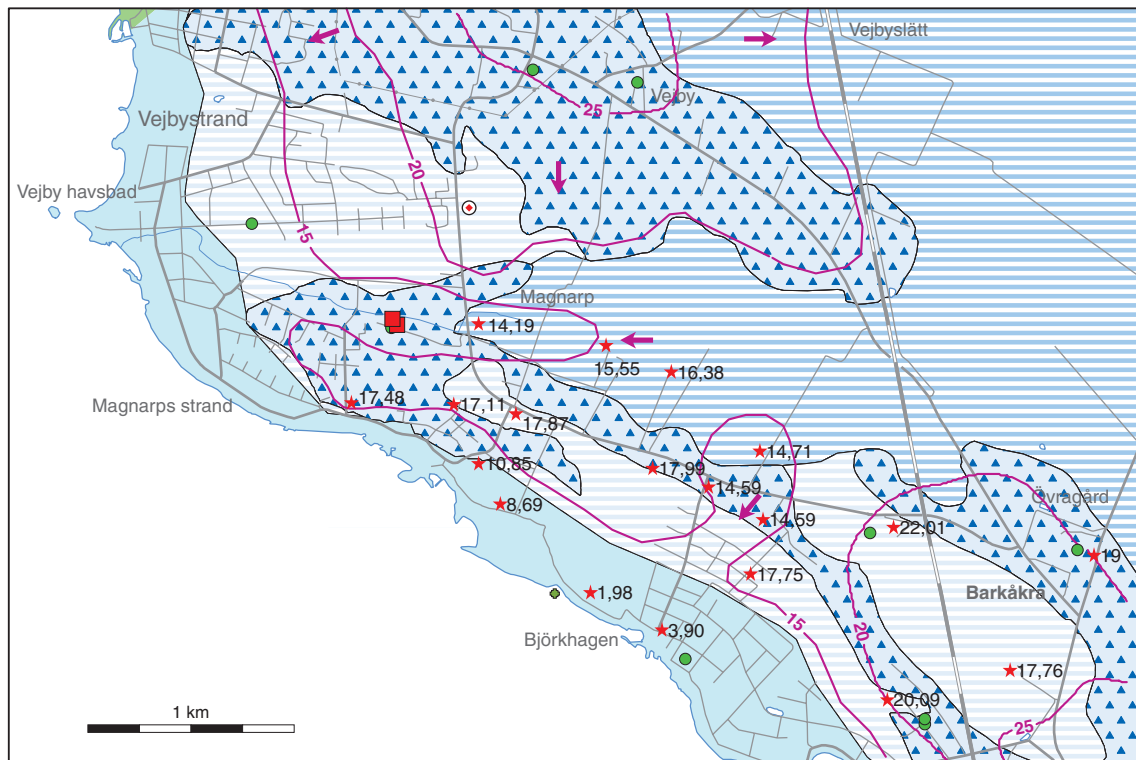


Fig. 57. Vid Magnarp finns en kommunal vattentäkt, de röda kvadraterna, med ett uttag av ca 4 l/s. Den har, som fallet var vid Bjällerud, ursprungligen anlagts vid naturliga källor.

Grundvattenförhållanden vid Össjö

Isälvsavlagringen vid Össjö (fig. 58) liknar på många sätt den vid Tåstarp. Den har undersökts med 4,6 km georadarmätningar, som huvudsakligen tyder på en relativt finkornig och tunn avlagring. I figur 59 visas det avsnitt som bedöms mest gynnsamt från grundvattensynpunkt. De första, södra, ca 400 m i radarprofilen R44-02 visar ett 10–15 m mäktigt jordlager där man ställvis kan skymta en grundvattenyta. Därefter stiger bergytan, jordlagren tunnare ut och grundvattenmagasinet saknar fortsättning mot norr. På detta ställe utfördes även en seismisk mätning och en borrhning.

Av den seismiska profilen S10-02 (fig. 60) framgår att grundvattenmagasinet underlagras av ett relativt mäktigt skikt som vilar på urberg. Skiktets seismiska hastighet är något hög för att vara morän och något för låg för att vara sedimentärt berg. Mäktigheten på 20–35 m talar för att det är sedimentär berggrund som är uppsprucken eller dåligt konsoliderad.

Borrningen R 0203 vid 180 m i den seismiska profilen gav följande resultat:

0–3 m	grusig sand
3–4 m	finsand
4–9 m	mellansand
9–12 m	finsand
12–13 m	morän
	stopp mot block eller berg

Vattengenomsläppligheten var god mellan 7 och 10 m. Vattnets klarning var mycket god mellan 8 och 9 m. Således är detta ett grundvattenmagasin med ganska begränsade uttagsmöjligheter.

Vid de övriga isälvsavlagringarna med motsvarande situation och bildning, de vid Tåstap, Hjärnarp och Margretetorp, är det ganska klart hur grundvattnet rör sig vidare mot sydväst i isälvsavlagringen under leran. Vid Össjö är det mer osäkert, och strömningsmönstret har heller inte undersökts. Av jordartskartan över området framgår det att berggrunden ligger högt i västlig och sydlig riktning, och att det finns flera möjliga, mindre vägar för grundvattnet att rinna vidare.

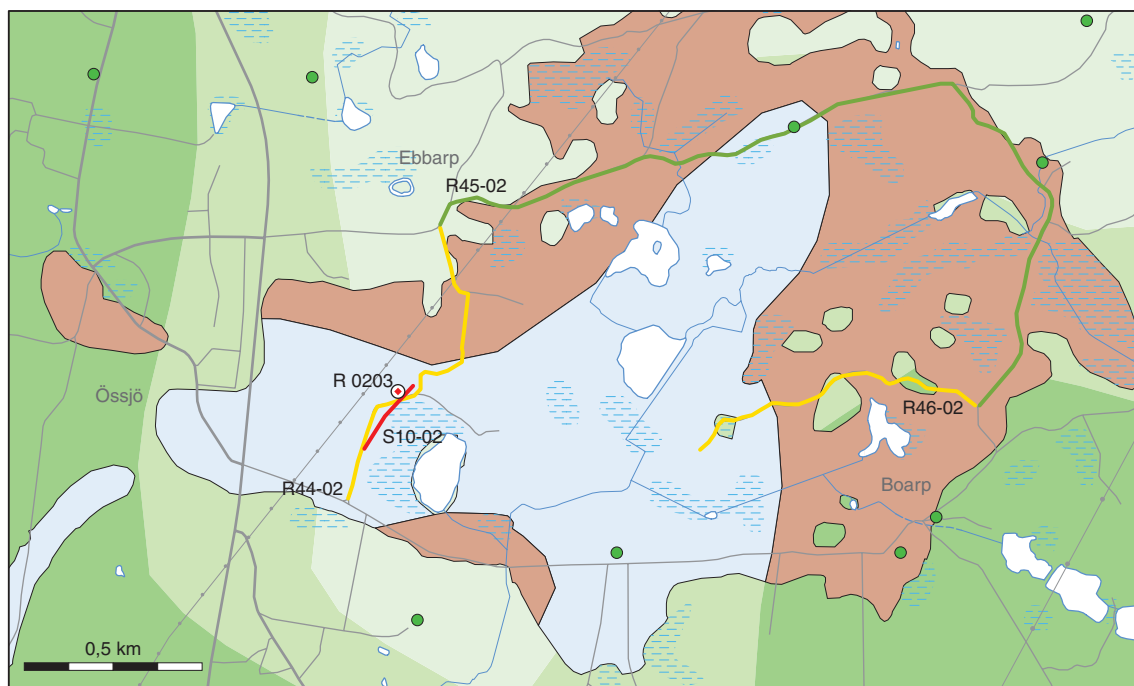


Fig. 58. Undersökningarna vid Össjö har visat att isälvsavlagringen till stora delar är förhållandevis tunn och därför saknar förutsättningar för riktigt bra uttagsmöjlighet av grundvatten.

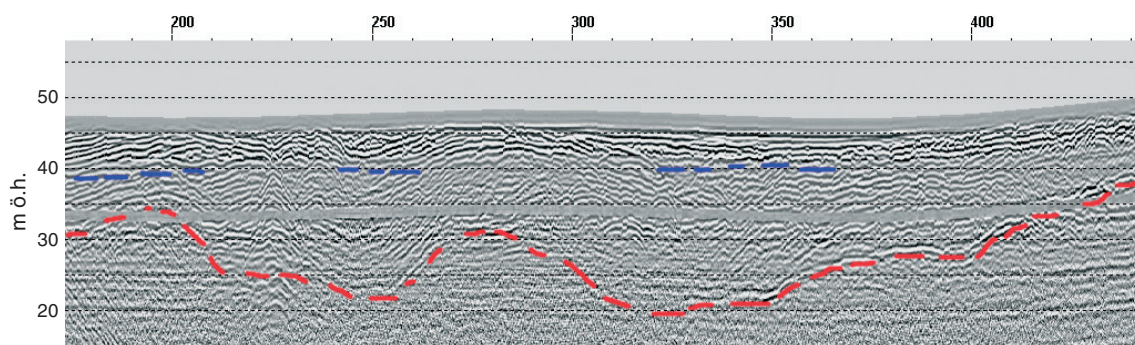


Fig. 59. Avsnitt av georadarprofil R44-02. Röd linje markerar isälsavlagringens underlag, som utgörs av morän eller sedimentär berggrund. Blå linje markerar identifierade delar av grundvattenytan. Den seismiska profilen S10-02 är gjord mellan 140 och 390 m längs georadarprofilen.

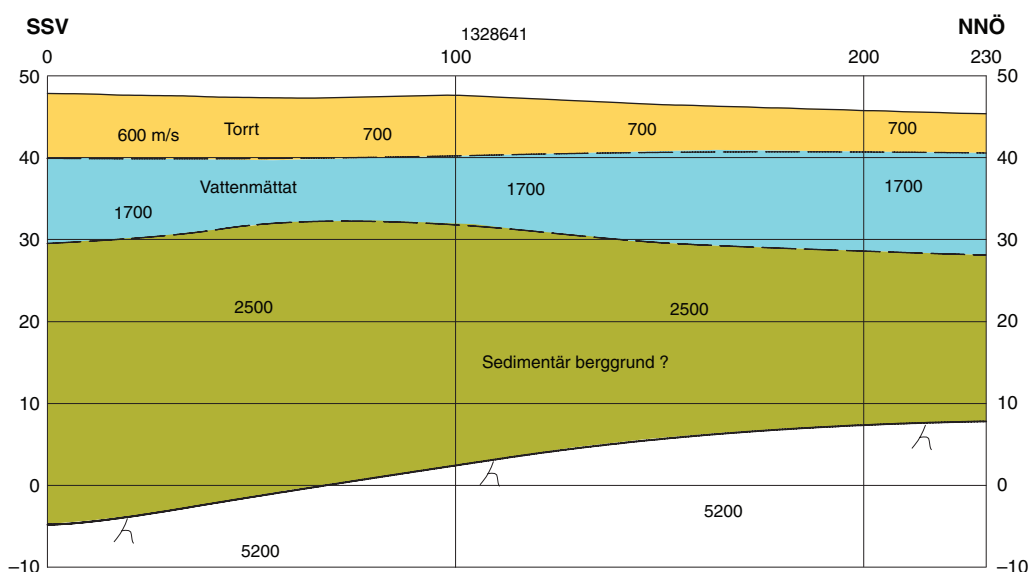


Fig. 60. Den seismiska profilen S10-02 visar att grundvattenmagasinet är ca 10 m mäktigt. Det underlagras av sedimentär berggrund eller möjligtvis morän. Underst är kristallin berggrund (granit).

På kartutsnittet i figur 61 är de punkter markerade där det finns uppgifter om jordlagerföljder. Gröna punkter är borrhningar registrerade i SGUs brunnarsarkiv, röda är huvudsakligen borrhningar för observationsrör från äldre utredningar. Samtliga punkter med bl.a. lagerföljder har lagrats i databaserna som ingår i kartan över grundvattenförekomster i Ängelholms kommun. Dessa uppgifter har använts för avgränsningen av grundvattenkartans uppgifter om grundvattenförekomster under lera.

Vid källinventeringen 2002 påträffades ett källflöde av 5–10 l/s strax norr om ladugården vid St. Tingberg. Det kom ur ett rör, som enligt uppgift lagts från det ursprungliga uppflödet intill. Röret mynnade innanför cementringar och vattnet leddes vidare i nedgrävda rör (fig. 16). Enligt en uppgift skulle det ur en grävd brunn som ursprungligen varit en källa vid St. Tingberga ha flödat 17 l/s (VIAK 1976). Detta kan ha varit samma källflöde som det här beskrivna. Vid gården Ällenberga flödade en brunn över med ett par liter per sekund. I detta område sker således ett grundvattenutflöde, som kan bedömas uppgå till minst 10 l/s. Det är ju inte säkert att alla förekommande utflöden hittades vid källinventeringen 2002.

Vattnet till dessa källflöden torde ha ett hydrauliskt samband med någon isälsavlagring i öster, eftersom grundvattenbildningen i isälsavlagringarna som når ovanför lerlagren i närområdet inte kan ge mer än ungefär 2 l/s. Källvattnet kan komma från Össjöområdet i sydöst, isälsavlagringen sydöst om Skälderhus eller t.o.m. från Tåstarpområdet i nordöst (fig. 61).

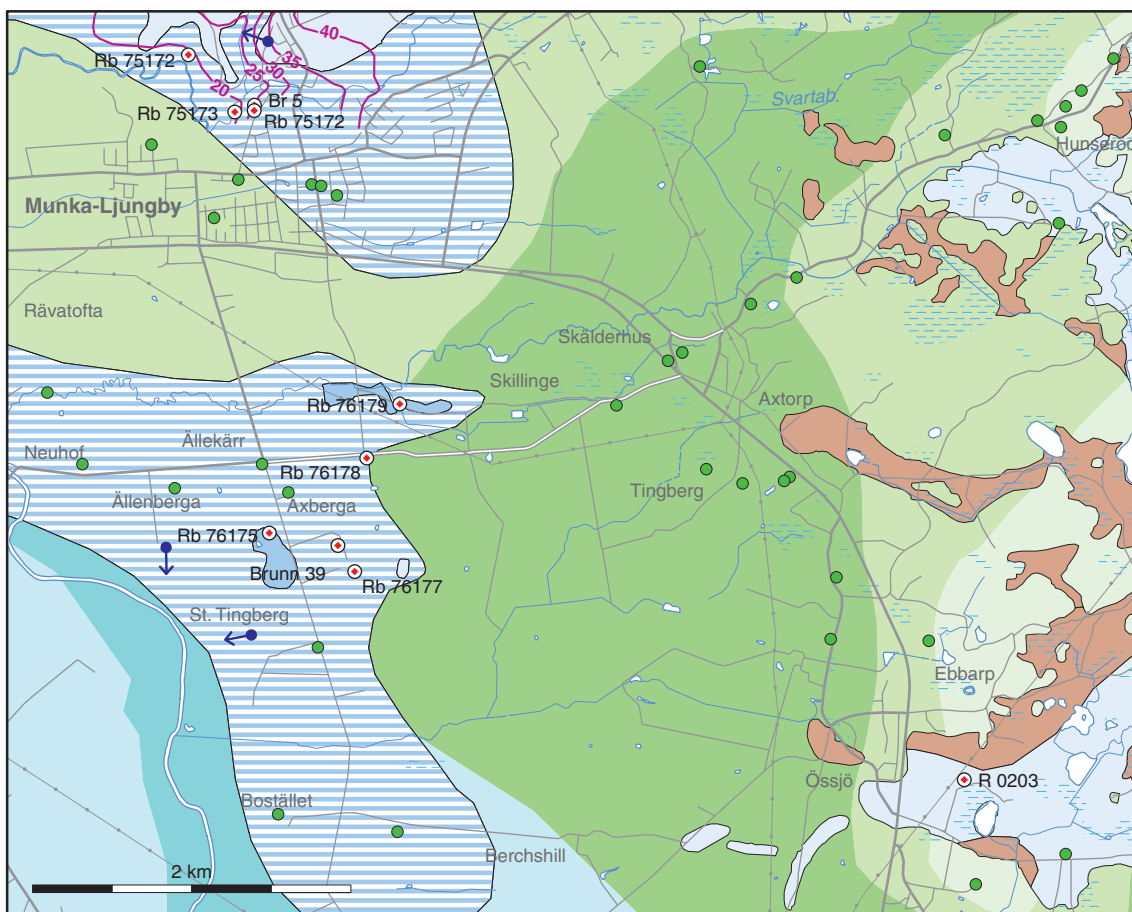


Fig. 61. Vid St. Tingberg finns en källa som 2002 flödade med 5–10 l/s och vid Ällenberga en annan som flödade med ett par liter per sekund. Det finns äldre uppgifter på ett flöde av 17 l/s.

GRUNDVATTNETS KEMI

Grundvattnets kemi i Ängelholmstrakten har behandlats ingående av O. Gustafsson i beskrivningen till den hydrogeologiska kartan Höganäs NO/Helsingborg NV, SGU Ag 15, varför de kemiska förhållandena inte berörs mer än på ett allmänt sätt här.

Grundvattnets kemiska sammansättning är ett resultat av de kemiska egenskaperna hos nederbörden och de processer som vattnet utsätts för på sin väg genom marken ner till grundvattnet. Jonkoncentrationen ökar genom avdunstningen i de övre marklagren. Förändringar i jonsammansättningen sker genom att joner i det nedsipprande vattnet byts ut mot joner som är bundna till markpartiklar, jonbyte, och genom sönderdelning av mineral, vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Vittringens intensitet är beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. I grova jordar som grus, sand och grovkorniga moräner är vittringsintensiteten låg, medan den är hög i finkorniga jordar, som t.ex. lera och lerig morän. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Genom förbränningen av fossila bränslen har nederbörden tillförts svavelsyra som bidrar till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som bidrar till ökad vittring.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet, och kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning. Lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid

ger grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter.

Vid normal kolsyrevittring bildas lika mycket kalcium och magnesium (totalhårdhet) som alkalinitet, medan det vid vittring med en stark syra som t.ex. svavelsyra bildas förhållandevis mer kalcium och magnesium än alkalinitet. Alkaliniteten, som är ett mått på grundvattnets förmåga att motstå försurning, utgörs inom de normala pH-intervallen av vätekarbonat.

Grundvattnets surhet, vätejonkoncentrationen, anges som pH. Låga pH-värden kan bero på effekter av den sura nederbörden, men kan också ha naturliga orsaker. Ett ytligt grundvatten som är naturligt surt p.g.a. hög halt humussyror eller högt koldioxidtryck, kanske aldrig hinner neutraliseras under sin uppehållstid i det grundvattenförande lagret. Vätejoner förbrukas vid vittringen varvid pH ökar. Vatten från grävda brunnar har i allmänhet lägre pH-värde (är surare) än vatten från borrhållsbrunnar.

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Riktigt höga halter i grundvatten har dock i allmänhet geologiskt ursprung och bildas genom oxidation av sulfider i såväl berggrund som i jordlager.

Fluoridhalten i grundvatten är beroende av berggrundens geokemiska sammansättning. Borrhållsbrunnar belägna i områden med pegmatiter och vissa yngre graniter har ofta relativt höga fluoridhalter i vattnet. Jordbrunnar har generellt sett låga halter.

Grundvattnets kloridhalt beror på det geografiska läget, marknivå och avstånd till havsstrand. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet p.g.a. det marina inflytandet. I delar av Sverige som tidigare har varit täckta av hav kan saltvatten finnas kvar och ge höga kloridhalter. Det finns även andra orsaker till förhöjda kloridhalter i grundvattnet.

Höga nitrathalter beror praktiskt taget enbart på mänsklig påverkan. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten.

I SGU Ag 15 gör Gustafsson följande sammanfattning av de kemiska förhållandena i traktens grundvatten:

”Inom kartområdet förekommer grundvatten med mycket skiftande egenskaper. Urberget innehåller ett ofta mjukt grundvatten med varierande pH och ibland höga eller mycket höga fluoridhalter. Kågerödslagens vatten är också mjukt eller mycket mjukt och har ofta alltför höga halter av klorid och fluorid för att vara lämpligt som dricksvatten. Järn- och manganhalterna är däremot låga i detta grundvatten.

I rät-jura-berggrunden förekommer grundvatten med växlande pH och hårdhet samt mycket varierande halter av järn, mangan, och fluorid. Kloridhalten är besvärande hög över stora områden. Vattnet har ledningsangripande egenskaper. Genom berggrundens mycket skiftande uppbyggnad, kan vatten med helt olika egenskaper uppträda på skilda nivåer i en borrhållsbrunn. Horisonter med dålig vattenkvalitet kan dock ofta utestängas genom lämpliga brunnskonstruktioner.

I jordlagren är vattnet i allmänhet medelhårt eller hårt och kan innehålla höga halter av järn. Kloridhalten kan lokalt vara hög i Ängelholmsområdet.

Praktiskt taget allt grundvatten i berggrunden har låg nitrithalt, medan grundvattnet i de övre delarna av jordlagren ofta är förorenat av nitrit.”

GRUNDVATTNETS SÅRBARHET

Grundvattenpåverkan

Påverkan på grundvattnet kan vara av kvantitativ art, t.ex. i form av dränering och bortledning av vatten vilket medför en avsänkning av områdets grundvattennivåer, eller av kvalitativ art, dvs. i form av infiltration och spridning av föroreningar med grundvattnet. Följande huvudtyper av föroreningskällor kan sägas utgöra en risk för påverkan på grundvattnet:

- Diffusa läckage av t.ex. dagvatten från vägar och samhällen, infiltrationsanläggningar, avfallsdeponier och via luftdeposition.

- Tillfälliga utsläpp vid en olyckshändelse där förorenande ämnen kan spridas med och kontaminera yt- och grundvattnet.
- Byggnations- och grundläggningsskeden medför en ökad risk för föroreningsutsläpp till grundvattnet.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som bedömts ha mycket stor grundvattentillgång och markerats med blå färg på grundvattenkartan. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Konsekvens- och riskanalys

Konsekvensen för grundvattnet vid ett föroreningsutsläpp till marklagren kan beskrivas som en sammanvägning av grundvattnets värde och sårbarhet. Grundvattnets värde beror bl.a. på grundvattenmagasinets storlek och hydrauliska egenskaper, grundvattnets kvalitet samt betydelsen för naturmiljö och vattenförsörjning. Sårbarheten beror i huvudsak på jordlagrens genomsläpplighet, förekomsten av skyddande skikt, avståndet till grundvattenytan, grundvattnets strömningsriktning och hastighet samt närheten till privata och kommunala vattentäktar.

På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 62.

Med utgångspunkt från grundvattenkartan över Ängelholms kommun och dess databaser kan en särskild *Underlagskarta för grundvattenskydd* (sårbarhetskarta) tas fram. En sådan karta (och databaser) kan användas som underlag för risk- och konsekvensanalyser vid t.ex. förebyggande planering i händelse av olyckor, lokalisering av miljöfarliga verksamheter eller framtagandet av miljökonsekvensbeskrivningar (MKB).

Grundvattnets strömningsriktning

Föroreningar i flytande form och vattenlösliga föroreningar förflyttas i grundvattenströmmens riktning. Uppgifterna om grundvattnets strömningsriktningar grundar sig på avvägda nivåer i observationsrör och brunnar. De har angivits endast i områden med större grundvattentillgångar.

Grundvattendelare utgör de högsta grundvattennivåerna i grundvattenmagasinen. En grundvattendelare utgörs av en gränslinje mellan två intill varandra liggande grundvattenmagasin. I princip rör sig grundvattenströmmen vinkelrätt från grundvattendelaren in mot och igenom det ena grundvattenmagasinet och med diametralt motsatt riktning genom det andra.

Grundvattendelare kan vara fasta eller rörliga. Fasta grundvattendelare är vanligtvis betingade av höga berglägen, bergklackar som bildar fasta barriärer mellan två grundvattenmagasin.

Rörliga grundvattendelare i t.ex. en ås är betingade av att nederbörden, som faller över hela åsens yta, fyller på grundvattenmagasinen varvid grundvattennivån i åsen stiger. Någonstans kommer då grundvattnet att läcka ut. Detta utläckage sker vanligtvis mer koncentrerat i källor, där grundvattennivån sänks. Vid källorna är grundvattennivån som lägst. Detta betyder att det någonstans mellan två källor finns ett ställe där grundvattennivån är högst. Detta är definitionsmässigt grundvattendelaren.

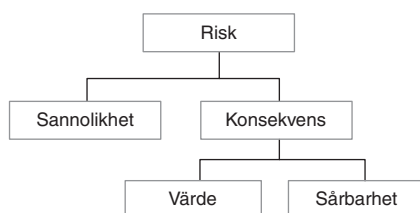


Fig. 62. Risk- och konsekvensanalys.

Om sanden och gruset i åsen är någorlunda jämt fördelade utan några bergklackar eller andra barriärer kommer detta att vara en rörlig grundvattendelare.

Om man vid en av källorna skulle anlägga en brunn och pumpa ut mer vatten än vad som normalt rinner ut i källan, dvs. sänka grundvattennivån ytterligare, kommer detta att påverka grundvattendelarens läge på så sätt att den förskjuts längre bort från den källa där man anlade brunnen. Detta kan jämföras med hur ett skred i lös sand griper allt längre bort från den plats där man gräver om man gräver allt djupare.

Skydd av grundvattnet

För att säkra grundvattnets kvalitet bör grundvatten som nyttjas eller kan komma att nyttjas för vattenförsörjning skyddas. Syftet med ett vattenskyddsområde är att förhindra att föroreningar når grund- eller ytvatten genom att begränsa verksamheter och markanvändning inom vattentäktens tillrinningsområde. Skulle en skada inträffa inom vattentäktens tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i mark och vatten vara så lång att markens naturliga reningsmekanismer hinner verka eller att åtgärder hinner vidtas innan föroreningen når uttagspunkten.

Ett vattenskyddsområde kan fastställas av kommun eller länsstyrelse. Utgångspunkten för den geografiska avgränsningen av ett vattenskyddsområde för en grundvattentäkt är att hela grundvattentäktens tillrinningsområde bör omfattas av vattenskyddsområdet. Eftersom omsättningen i ett grundvattenmagasin är långsam och det medför mycket stora svårigheter att rena ett förorenat grundvatten krävs en strategi med ett starkt förebyggande skydd. Det innebär att i första hand bör inte potentiellt förorenande verksamheter tillåtas inom vattenskyddsområdet; i andra hand ska en förorening hinna upptäckas i tid och marken saneras innan föroreningen når grundvattnet; i tredje hand ska föroreningen brytas ned, fastläggas eller spädas ut till acceptabla nivåer, eller kunna tas om hand innan den hinner transporteras med grundvattnet till uttagspunkterna av grundvatten.

Ett vattenskyddsområde kan delas in i zoner med bestämmelser som är anpassade efter skyddsbehovet i respektive zon. Vattenskyddsområdet kan delas in i vattentäktsson, primär skyddszon, sekundär skyddszon samt tertiär skyddszon. Syftet med vattentäktssonen är att säkra ett effektivt närskydd för uttagspunkterna. Området bör vara otillgängligt för andra än verksamhetsutövaren. Vattentäktssonen avgränsas som ett område kring uttagspunkten. Den primära skyddszonen ska avgränsas på sådant sätt att riskerna för akut förorening genom olyckshändelser minimeras. Särskilt känsliga inströmningsområden ska också beaktas vid avgränsningen av denna skyddszon. Vidare ska bestämmelserna göra att den primära skyddszonen skyddas mot sådan markanvändning och verksamheter som kan medföra risk för förorening av grundvattnet. Gränsen mellan primär och sekundär skyddszon sätts så att uppehållstiden i den primära skyddszonen till vattentäktssonens gräns beräknas vara minst 100 dygn. Den sekundära skyddszonen bör omfatta de delar av tillrinningsområdet där vattnet har en beräknad uppehållstid på väg mot uttagsbrunnarna från skyddsområdets yttre gräns till vattentäktssonen på minst ett år. Den tertiära skyddszonen kan omfatta de delar av tillrinningsområdet som inte omfattas av övriga zoner.

Hur stort område som behöver avgränsas som vattenskyddsområde för brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avståndet till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när skyddsområdesgränserna bestäms.

METODBESKRIVNINGAR

Georadar

Georadar arbetar med elektromagnetiska vågor med frekvenser mellan 25 MHz och ca 2 GHz. Utbredningshastigheten för sådana vågor i marken är omkring $1/3$ av ljusets hastighet eller ca 10 cm/ns (nanosekund). Beroende på arbetssätt kan man tala om två typer av instrument, där energi sänds ut antingen i form av pulser med ett brett frekvensspektrum, eller som vågtåg där frekvensen varierar på ett kontrollerat sätt under sändningstiden. Det instrument som använts är av den första typen, dvs. puls-eko (fig. 6).

Från elektriska reflektorer, dvs. föremål eller strukturer där de elektriska egenskaperna förändras på ett markant sätt, kan en del av den utsända energin återsändas till markytan. Sändare och mottagare arbetar synkront så att man efter varje utsänd puls under en viss tid (någon miljondels sekund) registrerar reflexerna från marken. Registreringarna, som kan vara i analog eller digital form, kallas radargram. Presentation av georadardata sker i form av profiler med stackade signaler där reflexer från föremål, skiktgränser eller andra strukturer kan komma fram.

Geologiska förutsättningar

Georadar fungerar bäst på torr mark med grovkorniga, väl sorterade jordarter. Från områden med isälvsediment finns mätningar där bergytan indikerats på närmare 50 m djup. I finkorniga jordarter är radarns räckvidd starkt begränsad. På en ren lerjord eller lerig morän kan man möjligen få reflexer från 3–4 m djup. Orsak till den dåliga penetrationen i täta jordarter är bl.a. de fukthållande egenskaperna. Närvaron av vatten höjer den elektriska ledningsförmågan och dielektricitetsstalet, vilket medför ökad dämpning av signalen. Högfrekventa signaler dämpas dessutom snabbare än lågfrekventa.

Detaljupplösningen i en radarmätning beror på arbetsfrekvensen och kan sägas vara en halv våglängd. Vid frekvensen 50 MHz, som är vanlig vid jorddjupsmätning, betyder detta att man kan indikera föremål som har en reflekterande yta med omkring $1/2$ m sida. Den höga upplösningen är kanske radarns främsta egenskap.

Tillämpningsområden

- Jorddjupsbestämning.
- Lokalisera strukturer i jord och berg.
- Lokalisera grundvattenytor i grövre sediment.
- Påvisa föremål i jordtäcknet (block, rör, håligheter etc).
- Hitta en spridning av föroreningar från vägar, deponier m.m.

Seismik

Grundläggande principer

Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermaktigheter och bedöma vissa materialegenskaper. Vid en stöt eller detonation i marken alstras vågrörelser av flera typer (tryck-, skjuv- och ytvågor). Av dessa har tryckvågen eller P-vågen den högsta utbredningshastigheten och kan härigenom registreras och analyseras med relativt enkel apparatur. Tryckvågor i marken utbreder sig genom longitudinella partikelrörelser på samma sätt som ljudvågor i luften. Efter en explosion vid markytan vandrar vågfronten klotformigt i det översta lagret. När den träffar ett djupare liggande lager med annan hastighet reflekteras en del av vågens energi medan återstoden vandrar vidare i det nya lagret. Vid passage av skiktgränsen sker en brytning av vågens utbredningsriktning. Tänker man

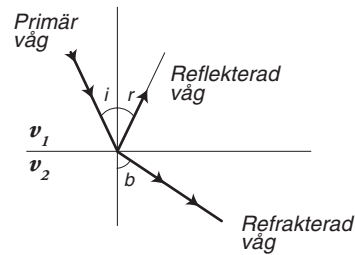
sig utbredningsriktningen som en stråle i ett vertikalt snitt, kan refraktionen beskrivas med Snells lag som säger att

$$\sin(i) / \sin(b) = v_1 / v_2$$

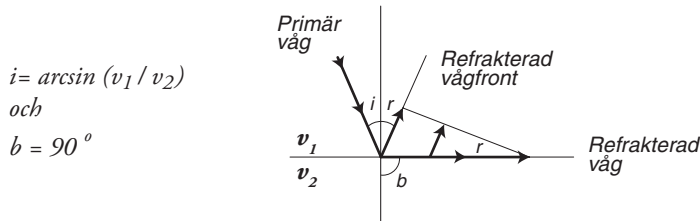
$i = r$ infallsvinkel resp. reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1 resp. 2



Om hastigheten ökar mot djupet, inträffar vid en viss infallsvinkel kritisk refraktion, vilket innebär att vågstrålen efter passage av skiktgränsen går parallellt med denna. Infallsvinkeln vid kritisk refraktion är



När den kritiskt refrakterade vågen breder ut sig längs skiktgränsen, alstras i överliggande lager nya vågor som vandrar tillbaka mot markytan. Denna sekundära vågfront blir plan och lämnar skiktgränsen med en vinkel r som är lika stor som infallsvinkeln för vågen.

Genom denna mekanism bryts vågor tillbaka mot markytan där tiden för deras ankomst kan registreras. Ankomsttider för refrakterade vågor står i bestämd relation till skiktmäktigheter och hastigheter i lagerföljden. Förloppet registreras med givare i marken anslutna till en seismograf. Registreringarna, som kallas seismogram, innehåller data som beskriver markens rörelse i tiden samt uppgifter om geofonernas och skottpunkternas lägen.

Mätförfarande

Mätningen utförs i praktiken längs en linje där man på jämna avstånd placerar givare – s.k. geofoner – som reagerar för vibrationer i marken. Genom att spränga på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs (fig. 7). Vid tolkningen av mätningen bestäms för varje skott tider för P-vågfrontens passage av de olika geofonerna. Tiderna plottas mot geofonernas lägen i form av väg-tiddiagram. Ur dessa s.k. gångtidsskurvor kan skiktens mäktigheter och hastigheter för den aktuella lagerföljden beräknas. Bergets läge kan beräknas i såväl skottpunkter som geofonpunkter, vilket ger en relativt detaljerad kontinuerlig bild av bergytan. Hastigheten i berget ger viss information om bergets kvalitet jämte läget av mer markerade svaghetszoner. Mätresultaten redovisas i profilform där lagerföljden anges som skikt med olika hastigheter (t.ex. fig. 48).

Geologiska förutsättningar

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäckande bestående av morän och sediment. Sammansättningen är oftast enkel med god korrelation mellan hastighet och jordart. Hastigheten för P-vågor i våra jordarter varierar mellan ca 300 m/s i torr sand och ungefär 2 800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3 000 m/s och upp emot 6 000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5 000–6 000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7 000 m/s, se vidare figur 63. Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

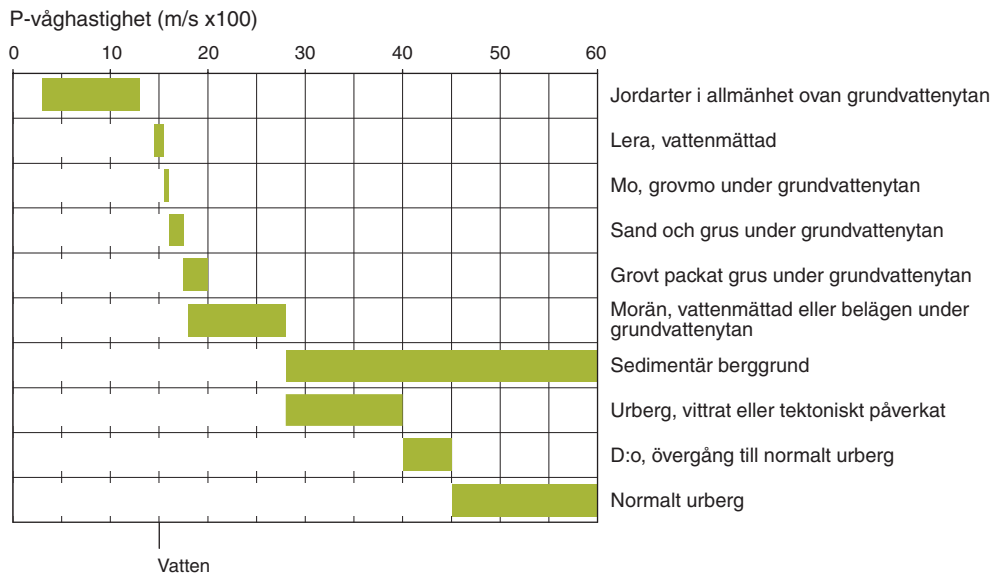


Fig. 63. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Tillämpningsområden

- Jordartsbestämningar.
- Jorddjupsbestämning.
- Bedöma grundvattenmagasins mäktighet och volym.
- Lokalisera sprickzoner i berg (sprickakviferer).
- Bedöma bergkvalitet i samband med anläggningsarbeten.

Elektriska motståndsmätningar

Resistiviteten hos vanliga jord- och bergarter beror huvudsakligen på deras innehåll av elektrolyt, dvs. mängden porväska (porositeten anges i procent), och på elektrolytens salthalt. Som framgår av figur 64 bestäms elektrolytens resistivitet av salthalt och temperatur och kan som jämförelse uppskattas för havsvattnet i Östersjön (0,5–1 % salthalt och 10 °C) till mellan 1 och 2 ohmm.

Resistiviteten för jord och berg kan beräknas relativt väl med hjälp av Archies lag, om porositeten och elektrolytens resistivitet är kända, se figur 65.

Om elektrolyten utgörs av sött grundvatten blir resistiviteten betydligt högre än om vi har salt grundvatten. Porositeten kan variera från några hundradels procent i kristallint berg utan sprickor till flera tiotal procent i sand och grus (t.o.m. i leror, som kan ha stort vatteninnehåll!) samt i vissa sedimentära bergarter.

Regnvatten, dvs. i princip destillerat vatten, tillförs hela tiden från ovan, och eftersom det är lättare (densiteten är lägre), kommer det söta vattnet att "flyta ovanpå" eventuellt salt grundvatten som blir kvar på djupet. Vi får en mer eller mindre horisontell skiktning av sött och salt grundvatten.

Resistivitetmätningar eller motståndsmätningar kan således användas för att skilja mellan olika berg- och jordarter på grundval av deras resistivitetsegenskaper. Vanligtvis tänker man sig att även jordtäcknet och berggrunden är horisontellt skiktade, med minskande porositet mot djupet.

Mätningarna utförs så att man sänder en kontrollerad ström med strömstyrkan I mellan två strömelektroder (M och N) samtidigt som potentialen (spänningen) V mellan två mätelektroder (A och B) registreras (fig. 66). Elektroderna består av rostfri ståltråd som körs ner i jordtäcknet.

När vi nu känner ström och spänning kan den genomsnittliga eller skenbara resistiviteten beräknas för volymen i närheten av mätuppställningen. Det går att visa att 50 % av den totala strömmen aldrig når djupare än till halva avståndet mellan strömelektroderna vid homogena elektriska förhållanden.

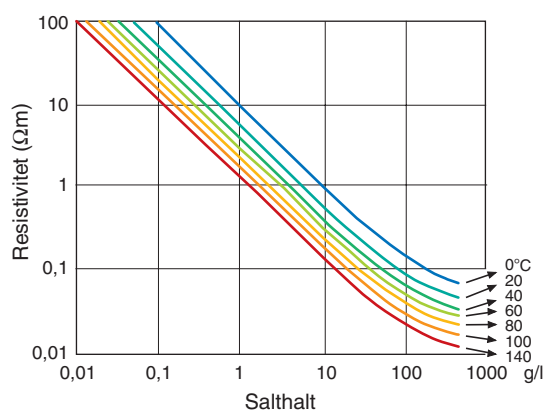


Fig. 64. Förhållandet mellan salthalt och resistivitet i vatten.

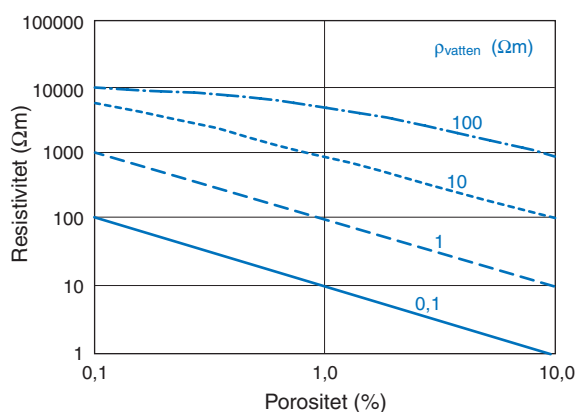


Fig. 65. Förhållandet mellan resistivitet och porositet i jord och berg.

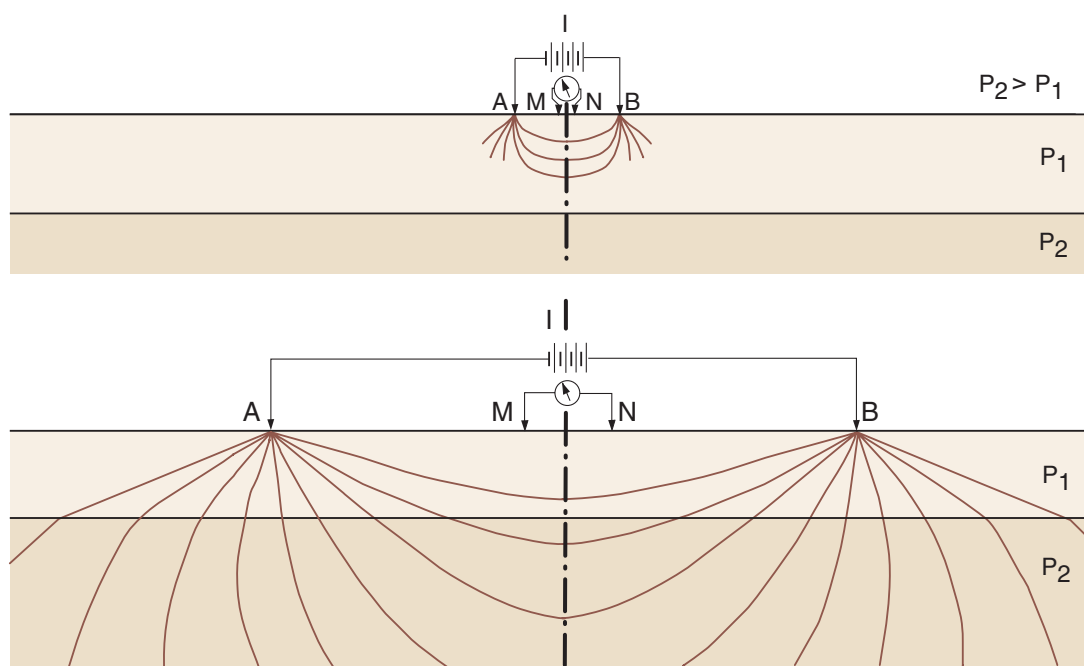


Fig. 66. Vertikala elektriska sonderingar – VES – genomförs med successivt större avstånd mellan elektroderna, varvid allt djupare liggande skikt undersöks.

Som en tumregel brukar man ange att inträngningsdjupet eller undersökningsdjupet är av storleksordningen $1/3$ till $1/4$ av avståndet mellan strömelektrodena beroende på den elektriska kontrasten mellan de skikt som man vill detektera.

Om vi successivt ökar avståndet mellan strömelektrodena kommer den beräknade skenbara resistiviteten att gälla en allt större volym. Eftersom centrum för mätupställningen inte flyttas innebär detta att mätningen gradvis når allt större djup. Om vi ska undersöka jordtäcket i kontrast mot berggrunden behöver vi mäta ut till ett avstånd av minst 40 meter mellan strömelektrodena om jordtäcket är 10 m tjockt. Ska vi upptäcka gränsen mellan sött och salt grundvatten på 1 000 m djup måste vi mäta ut till avståndet 4 000 m mellan strömelektrodena.

Med moderna datorprogram kan man konstruera en rimlig, horisontellt skiktad modell av flera lager med lämpliga, tänkbara resistiviteter som satisfierar våra uppmätta mätvärden. Vi måste dock komma ihåg att det kan finnas många olika modeller som kan fungera lika bra, och vidare att naturen i verkligheten kan vara betydligt mer komplicerad. Den kanske i själva verket inte alls är horisontellt skiktad i vår mätupställning. Dessutom kan en ojämn fördelning av elektriskt ledande mineral förekomma i berggrunden.

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Kriege, en sydafrikansk gruvingenjör som på femtioalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma malmklassfördelningar.

Kriging bygger på att viktning sker av data från omgivande punkter. Storleken på vikterna beror på hur variogrammet (semivariogrammet) ser ut. Vikterna standardiseras så att summorna av dem blir 1 (unbiased estimation). Den interpolerade noden får då värdet från omgivande punkter multiplicerad med sin standardvikt och en summering görs. Matematiskt kan detta uttryckas:

$$\sum_{j=1, n} w_j C_{ij} + \mu = C_{i0}, i = 1, \dots, n$$
$$\sum_{j=1, n} w_j = 1; \text{ där}$$

C_{ij} är covariansen mellan i och j .

o är punkten vars värde ska beräknas

w är vikten

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (range). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_i, y_i) ansätter man ett variogram. Ett variogram är helt enkelt en funktion som beskriver variationerna. Man antar att skillnaden i värde mellan två punkter beror på avståndet mellan dem och deras relativa orientering.

Vid variogramanalys plottar man variansen mellan mätpar mot avståndet mellan mätparen. Figur 67 visar ett exempel på ett variogram där man ser att variansen ökar med avståndet. Därefter anpassar man en analytisk variogramfunktion som används för att beräkna krigingvikterna. Efter att ha kommit fram till ett variogram som passar med sina data kan man beräkna krigingvikterna.

En stor fördel med kriging är att man kan ge konfidensintervall för de uppskattade värdena. Förutsättningen för att man ska kunna göra det är att följande antaganden måste vara riktiga:

1. Att de uppskattade felen följer en normalfördelning. Detta stämmer oftast när man ser på stora områden. Ser man på mindre områden, speciellt de extrema, är detta antagande inte korrekt.
2. Att krigingvariansen från den geostatistiska modellen är en korrekt uppskattning av variansen av de faktiska felen.

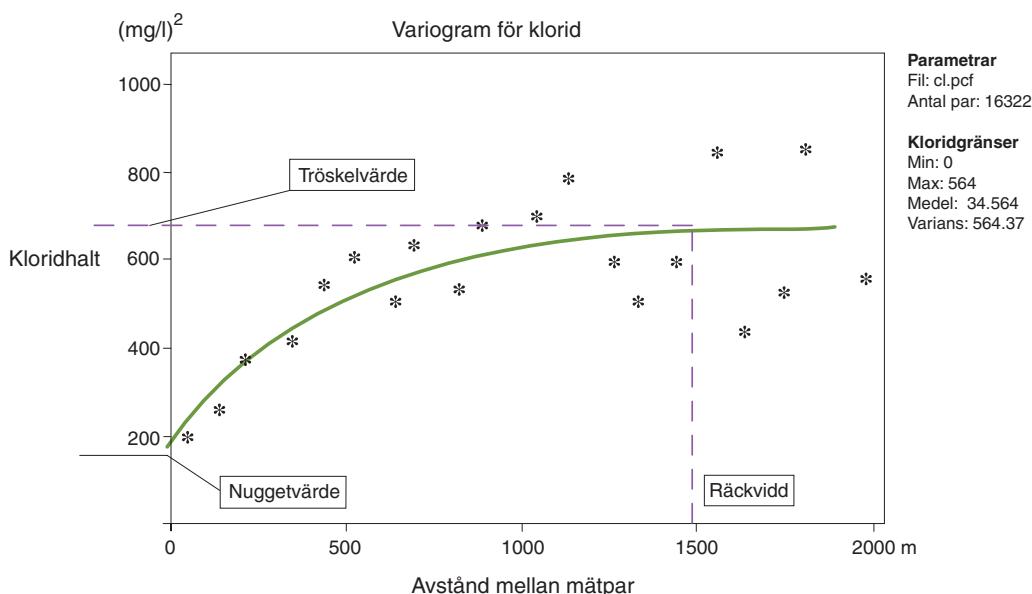


Fig. 67. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. Nuggetvärde – lägsta varians.

Särskilt viktigt är att tröskelvärden blir en bra uppskattning för variansen hos alla data. En mycket ojämn rumslig fördelning leder ofta till att man underskattar variansen.

Finessen med kriging ligger bl.a. i att man får information om den rumsliga fördelningen på mätdata. Möjlig synergieffekt mellan mätdata beror på avståndet mellan dem och på den rumsliga kontinuiteten. En mätning av grundvattenytan från två brunnar med 10 meters avstånd skiljer sig mindre än t.ex. sulfatkoncentrationen i samma brunnar. Det faktum att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, avstånd och den rumsliga fördelningen.

DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR OCH BORRNINGAR

Lägen för geofysiska mätningar och borrningar

Alla seismiska profiler finns som bilder i beskrivningen till respektive avsnitt. Georadarprofilerna finns som bilder i databaserna och på cd. Undantagsvis finns de också i avsnittsbeskrivningarna. En översikt över lägen för geofysiska mätningar och borrningar kan ses i figur 68. En detaljkarta över området vid östra delen av Rössjön, vid grustaget, visas i figur 69. Lagerföljderna vid respektive borrning finns redovisade i tabell 2.

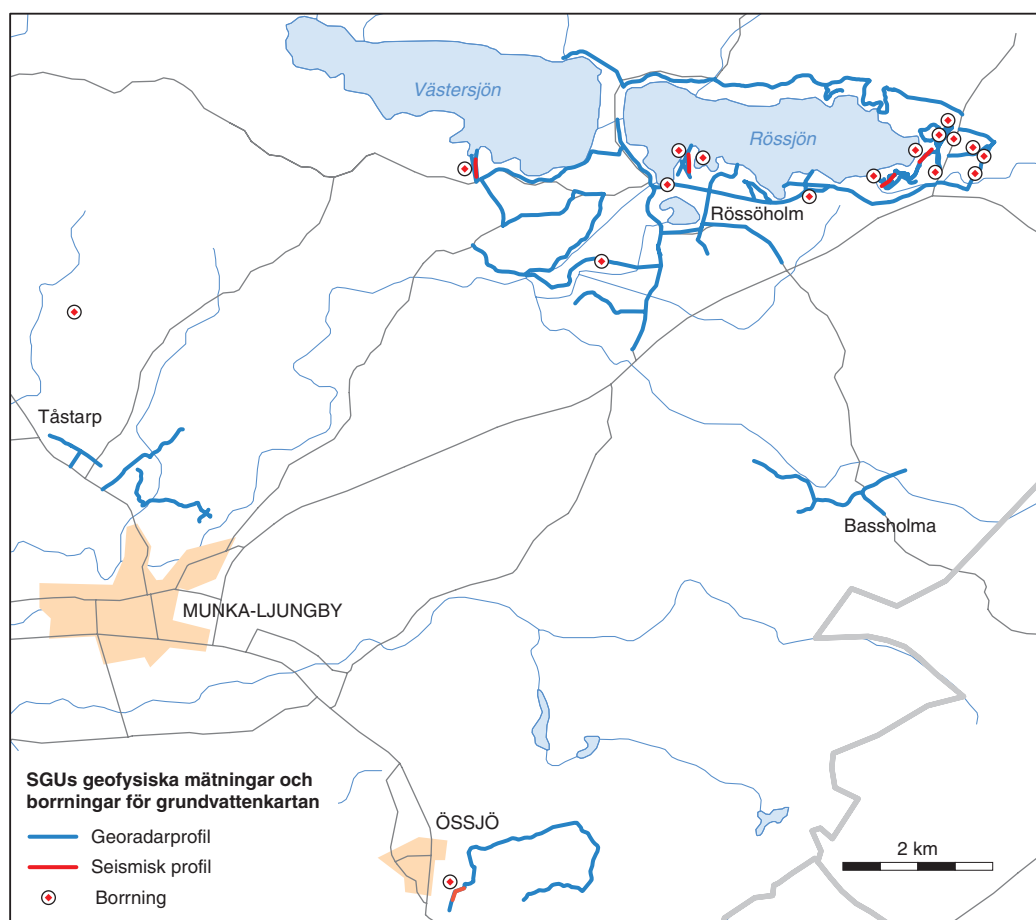


Fig. 68. Översikt över lägen för geofysiska mätningar och borrningar som utförts i samband med fältarbetena för kartan över grundvattentillgångar i Ängelholms kommun.

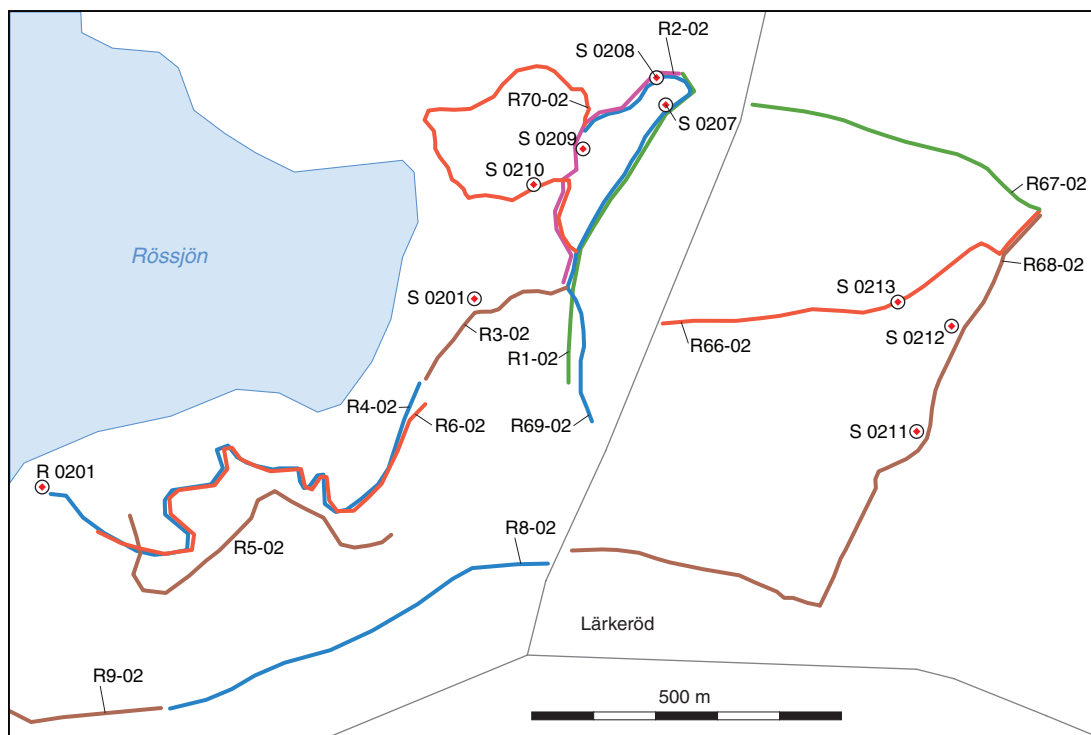


Fig. 69. Lägen för georadarmätningar och borrningar i området vid grustaget öster om Rössjön.

SGUs borrningar med uppgifter på lagerföljd

R är 2-tumsrör som står kvar i marken och i vilka grundvattennivån går att mäta och där vattenprov kan tas. S är sondering enbart med kontroll av jordlagerföljden och där borrhålet kollapsar efter borrningen.

Ett relativt stort antal äldre borrningar med uppgifter om lagerföljder har inlagrats i databaserna, som ingår i den digitala kartan, men de visas inte här i tabellform.

Tabell 2. Lagerföljder för de borrningar som SGU utfört inom denna kartläggning i Ängelholms kommun.

obsnamn	x	y	obsplats	från m	till m	jordart
R 0201	6246061	1334205	Rössjöholms grustag	0	7	grusig mellansand
				7	11	grusig sand
				11	14	mellansand
				14	15	finsand
				15	16	mellansand
				16	18	grovsand
				18	20	grusig grovsand
				20	23	sand (sonderat)
				23	23,5	morän (sonderat)
R 0202	6246241	1331765	Rössjöholm	0	3	finsand
				3	4	silt
				4	6	mellansand
				6	22	finsand
				22	25	mellansand
				25	26	grovsand
				26	27	mellansand
				27	27,5	mellansand

obsnamn	x	y	obsplats	från m	till m	jordart
R 0203	6236554	1328681	Össjö	0	3	grusig sand
				3	4	finsand
				4	9	mellansand
				9	10	finsand
				10	11,8	finsand (sonderat)
				11,8	13,1	morän ? (sonderat)
S 0201	6246365	1334904	Rössjöholms grustag	0	6,5	stenigt grus
				6,5	13,5	sand
				13,5	18,5	stenigt grus
				18,5	19,2	morän
S 0202	6245785	1333347	Rössjöholm	0	3	silt
				3	4	finsand
				4	9	sand
				9	10,2	morän
S 0203	6246336	1331692	Rössjöholm	0	5	silt
				5	20	finsand
				20	22,2	grusig sand
S 0204	6245942	1331445	Rössjöholm, Vilan	0	14,8	finsand
				14,8	17,4	stenigt grus
S 0205	6245944	1331455	Rössjöholm, Vilan	0	15,5	finsand
				15,5	17	sand
				17	19,2	stenigt grus
S 0206	6246130	1328900	Rössjöholm, Spirhult	0	5,7	finsand
				5,7	9,5	sand
				9,5	17,7	sandigt grus
				17,7	18,2	morän
S 0207	6246678	1335214	Rössjöholms grustag	0	5,5	stenig sand
				5,5	27,7	sand
				27,7	29,8	grusig sand
S 0208	6246722	1335199	Rössjöholms grustag	0	4	stenig sand
				4	11	sand
S 0209	6246607	1335080	Rössjöholms grustag	0	13,3	stenig sand
				13,3	20	sand
				20	29,6	finsand
				29,6	31,2	stenig sand
S 0210	6246555	1335005	Rössjöholms grustag	0	16,7	stenig sand
				16,7	27,7	sand
				27,7	31,2	sand
S 0211	6246151	1335620	Rössjöholms grustag	0	5,5	silt
				5,5	7	sand
				7	8,6	sand
				8,6	16,7	stenig sand
				16,7	17,3	morän
S 0212	6246321	1335677	Rössjöholms grustag	0	6,2	silt
				6,2	14,7	finsand
S 0213	6246360	1335590	Rössjöholms grustag	0	1,5	sand
				1,5	15,5	finsand
S 0221	6244918	1330576	Tollsjö	0	4	silt
				4	6,2	finsand
				6,2	7,5	sand
				7,5	14,4	sand
				14,4	14,7	morän

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattentillgångar i Ängelholms kommun som finns tillgänglig i SGUs databaser presenteras översiktligt nedan i tabell 3. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och Arcinfo, men kan erhållas även i andra format.

Tabell 3. Översiktlig databasstruktur.

Skikt	Beskrivning	Geometri
BKAP	Kapacitet i berggrunden	Ytor
JKAP	Kapacitet i jordlagren	Ytor
VMAR	Våtmarker	Ytor
HREF	Höjdreliet (LMV)	Ytor
KVAL	Saltrisk	Ytor
TEKT	Sprickzoner, förkastningar rek. beriktning	Linjer + punkter
GSTR	Grundvattnets strömningsriktning	Punkter
NIVL	Nivålinjer	Linjer
VDEL	Vattendelare och andra hydrauliska gränser	Linjer
OBSD	Observationsdata, Annat	Punkter
OBSN	Observationsdata, Nivå	Punkter
OBSK	Observationsdata, Källor	Punkter
BARK	Data från SGUs brunnarsarkiv	Punkter
VTAK	Vattentäktdata	Punkter
LAGF	Lagerföljdsuppgifter	Punkter
GEOF	Geofysiska profiler	Linjer

LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Allmän litteratur

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4128*.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertils, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*.
- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. I. P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörö & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Bygghälsningsrådet R 42:1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergbörade brunnar. Förstudie. *Bygghälsningsrådet R 142:1980*.
- Annadotter, H., 1993: Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie. *VAV.VA-Forsk Rapport nr 1993-03*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*.
- Berggren, M., 1998: Hydraulic conductivity in Swedish bedrock estimated by means of geostatistics. *Kungl. tekniska högskolan Thesis Report Series 1998:9*.
- Bergman, G., 1972: Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytter och perkulationsbanor i jordlager. *Stockholms universitet. Kvartärgeologiska institutionen. Även STU 69-519/U386*.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping.
- Bertils, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*.

- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Byggforskningsrådet. T 44:1982.*
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt: försök till bestämning av infiltrationskoefficienter.* Särtryck ur: Teknik Metod Analys. Stockholm.
- Byggforskningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982.*
- Carlsson, A., & Olsson, T., 1977: Hydraulic properties of Swedish crystalline rocks. *The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, N.S. 7.*
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Serie B 70:1. Göteborg.*
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology 8*, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggforskningsrådet R41: 1984.*
- Coordinating committee for hydrology in Nordic countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology.* Iréne Johansson (red.). Almqvist & Wiksell International, Stockholm.
- Daniel, E., 1978: Jordartskartan Höganäs NO/Helsingborg NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 25.*
- Daniel, E., 1980: Jordartskartan Helsingborg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ae 42.*
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten.* Norstedt & Söner förlag, Stockholm.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. Uppsala universitet. *Naturgeografiska institutionen. Avdelningen för Hydrologi. Report Series A, Nos 2 and 39.*
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978. Papers of workshops.* Helsinki.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnarkivet 1/81.*
- Fabricius, C., 1996: Vägsaltpåverkade enskilda grundvattentäkter – en pilotstudie i Mellansverige. *Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser. Examensarbetsserie 1996:2.*
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen*, 65–84, 141–149.
- Fredén, C. (temaredaktör), 2002: *Berg och jord.* Sveriges Nationalatlas. Tredje uppl.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning – Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. VAV. *VA-forsks rapportserie 1994-08.*
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar 21*, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck.* Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543. København.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976, IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology 8*, 1977, 65–82. Reykjavik.
- Gustafson, G., Norling, E., Ahlbom, K., De Geer, J., Hård, S., Karlqvist, L., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggforskningsrådet R 134:1980.*
- Gustafsson, O., 1992: Hydrogeologiska kartan Höganäs NO / Helsingborg NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Ag 15.*
- Gustafsson, O., 2000: Karta över grundvattnet i Skåne län, skala 1:250 000. *Sveriges geologiska undersökning Ah 15.*

- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggforskningsrådet R:47*.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 1045*.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology 18*, 203–220.
- Knutsson, G., 1979: Hydrogeologisk översiktskartering av Sverige. *Vannet i Norden Nr 1. Uppsala*.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvattenskydd. *Vägverket Publikation, 1995:1*.
- Kungliga skogs- och lantbruksakademien, 2001: Bekämpningsmedel i vatten – vad vet vi om förekomst och effekter? *KSL tidskrift 140:8. 2001*.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology 3*, 111–129.
- Larsson, I., 1977: Torra och vattenrika bergartstyper i svenskt urberg. *Vatten, 33.2*, 96–101.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: *Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists. Hannover, Heise. (International contributions to hydrogeology. Vol. 8.)
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige*. Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsselforskning.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm.
- Maxe, L. (red.), 1995: Effects of acidification on groundwater in Sweden. *Swedish Environmental Protection Agency. Report 4388*.
- Maxe, L., 1999: Assessing groundwater vulnerability – the acidification case. *Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser*.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. *6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr 53. Uppsala*.
- Müllern, C.-F., 1999: Starkt ökade salthalter i Dalkarlsåsen. *Sveriges geologiska undersökning Grundvatten 2/99*.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Naturvårdsverket, 1997: Spridning av kemiska bekämpningsmedel. *Allmänna råd 97:3*.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. *Grundvatten. Rapport 4915*.
- Norling, E. & Wikman, H., 1990: Berggrundskartan Höganäs NO/Helsingborg NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 129*.
- Nilsson, K., 1970: Något om grundvattenförhållandena i Skånes sedimentbergarter. I Eriksson, E. m.fl., *Grundvatten*. P.A. Norstedt & Söner.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP Rapport 35*.
- Nordqvist, R., 1982: *Försurning*. Uppsala universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggforskningsrådet R 149: 1985*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater Documentation in Sweden. *Water Quality Bulletin, Vol. 13, No. 4, WHO Canada Centre for Inland Waters, October 1988*.
- Pousette, J., 1989: The Swedish hydrogeological county maps. *Memoires of the International Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development. Hannover, Federal Republic*

- of Germany, 1989.
- Pousette, J., 1994: Shallow groundwater in Sweden – a vulnerable resource. *Water Down Under '94, Preprints of Papers, IEAust, Barton, Australia*.
- Programmet för övervakning av miljökvalitet (PMK), 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor*. Statens naturvårdsverk, Solna.
- Ringberg, B., 1992: Jordartskartan Kristianstad NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af III*.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala Universitet*, 260 s.
- Rudqvist, D., 1997: Hydrogeologisk studie av kloridförorening i Uppsalaåsen vid Segersjövattentäkten, Botkyrka kommun. *Uppsala Universitet. Institutionen för geovetenskaper*.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungl. tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural O-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. I: *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983), IAEA, Vienna 139–150*.
- Statens Livsmedelsverk, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV FS 1993:35*.
- Statens Livsmedelsverk, 2001: Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten. *SLV FS 2001:30*.
- Statens offentliga utredningar, 1965: Skånes och Hallands vattenförsörjning. *SOU 1965:8*.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstjord grundvattenbildning. *Va-forsks rapportserie 1992-13*.
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC 77*. Uppsala.
- UNESCO, 1983: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungl. tekniska högskolans handlingar nr 61*.
- Wikman, H. & Sivhed, U., 1992: Berggrundskartan Helsingborg NO, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 148*.

Ej tryckta utredningar

År	Titel	Företag
1950	PM angående utvidgning av Ängelholms stads grundvattentäkt i Brandsvig.	VBB
1951	Arbetsplan för vatten- och avloppsanläggningar inom Munka-Ljungby municipalsamhälle, Kristianstads län.	KM
1954	Några erfarenheter från Ängelholms stads provborrningar efter vatten sommaren 1954 och deras tillämpning vid utredning av stadens vattenrättsmål.	Ängelholms stad
1954	Redogörelse för grundvattenundersökningar för Magnarps och Vejbystrands samhällen.	SIB
1954	Kompletterande förslag till vattenförsörjningsanläggning för Magnarp–Vejbystrand.	SIB
1959	Ängelholm vattenförsörjning. PM angående resultat av utförda grundvattenundersökningar mellan L. Brandsvig och Tåstarps kyrka.	VBB
1961	Tillägg till arbetsplan för avloppsanläggningar inom Strövelstorps samhälle, Ausås kommun, Kristianstads län.	KM
1963	Ängelholm vattenförsörjning. PM nr 3 angående undersökningar för infiltration i området kring L. Brandsvig.	VBB
1963	Översiktsplan för vatten- och avloppsanläggning inom Munka-Ljungby samhälle.	AIB
1964	PM beträffande provpumpning av Barkåkra kommuns vattentäkt vid Bjälleruds källor och Varehög.	G Gottschalk, Helsingborg
1964	PM angående vattenförsörjning och avlopp för planerat fritidsområde Ljunbolet.	KM
1966	Förslag till vattenbortledning från Rössjöholmsån.	VBB
1968	Ängelholm Vattenförsörjning. PM angående utvidgning av stadens grundvattentäkt och förstärkning av densamma genom infiltration.	VBB
1975	Hydrogeologisk undersökning i Tåstarp, Hillarp, Ängelholms kommun. Examensarbete.	Avd. för geologi LTH
1975	PM beträffande Ängelholms kommuns vattentäkt i Skälderviken å fastigheten Valhall 15:1 (Bjälleruds källor).	Griab, Helsingborg
1976	Ängelholms kommun. Grundvattenundersökningar i området kring Munka-Ljungby. Lägesrapport avseende moment 1 och 2.	VIAK
1976	Ängelholms kommun. Grundvattenundersökningar i området Munka-Ljungby, södra delen. Lägesrapport och förslag till fortsatta undersökningar.	VIAK
1976	Ängelholms kommun, vattentäkt Brandsvig, geohydrologisk utredning. Redogörelse för provpumpning av Rb XI.	VIAK
1988	Akvifervärmelagring i sandsten vid hög temperatur i Ängelholm. Förstudie.	BFR

1989	Geologisk och hydrogeologisk beskrivning av provtagningsstationer för grundvattenövervakning i Ängelholms kommun.	SGU
1991	Statens räddningsverk. Brunn vid befintlig brandstation i Ängelholm. Slutrapport avseende utförande av brunn för vattenförsörjning och kyländamål.	VBB VIAK
1991	Brandvig grundvattenundersökning, program för infiltrationsförsök 300 m väster om Tåstarps kyrka.	VBB VIAK
1992	Ängelholms kommun. L. Brandsvig–Tåstarp, grundvattenundersökning.	VBB VIAK
1993	L. Brandsvig–Tåstarp, grundvattenundersökning. Uppdatering av mätresultat och förslag till kontrollprogram.	VBB VIAK
1994	Ängelholms kommun, Tollsjö, ny vattentäkt.	KM
1994	Ansökan om vattendom. Tillstånd till ändrad vattenbortledning från Rössjön, Ängelholms kommun, Kristianstads län.	Alrutz' Advokatbyrå
1996	Ängelholms kommun, Tollsjö. Sammanställning av data för produktionsbrunnar.	KM
1997	Grundvattenundersökningar vid Ängelholms vattenverk.	KM
1998	Ängelholms vattenverk. Kapacitetsstudie av vattentäkt, Stora Brandsvig	KM
1998	Lilla Brandsvig. Utredning av infiltrationskapacitet.	KM
1999	Preliminärt resultat av hydrogeologiska undersökningar vid Lilla Brandsvig	Mark & Vatten Ingenjörerna

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

8. Skånes större grundvattentillgångar. 1977.
9. Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
10. Vattnet och bebyggelsen. 1978.
12. Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. (Med hydrogeologisk karta i skala 1:100 000 samt sex planscher.) 1979.
17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand–bentonitskikt. 1980.
21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
28. PMK-grundvatten i Sverige. 1985.
30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
37. Geokemisk kartering. 1984.
39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
52. Grundvattenundersökningar på Kristianstadsslätten 1976–1987.
57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
72. Radonhalten i grundvatten från granitområden i Malmöhus län. 1992.

75. Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller (Pb, Au, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Se, U, V, W, Zn) i bäckvattenväxter. 1993.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag

Grundvattenkartor i skala 1:50 000

1. Örebro SV
2. Örebro NO
3. Örebro NV
4. Trelleborg NV/Malmö SV
5. Örebro SO
6. Trelleborg NO/Malmö SO
7. Norrköping NV
8. Eskilstuna NO
9. Linköping NO
10. Östergötlands sedimentära berggrund (skala 1:100 000)
11. Eskilstuna NV
12. Norrköping NO
13. Malmö NV
14. Helsingborg SV
15. Höganäs NO/Helsingborg NV

SGU serie Ah

Grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000.

1. Kalmar län
2. Västmanlands län
3. Gotlands län
4. Blekinge län
5. Uppsala län
6. Stockholms län
7. Södermanlands län
8. Hallands län
9. Skaraborgs län
10. Kronobergs län
11. Jönköpings län
12. Göteborgs och Bohus län
13. Älvsborgs län
14. Östergötlands län
15. Skåne län
16. Gävleborgs län
17. Grundvattnet i Sverige (skala 1:1 miljon)
18. Dalarnas län
19. Värmlands län
20. Örebro län

21. Jämtlands län
22. Västerbottens län
23. Västernorrlands län
24. Norrbottens län

SGU serie An

Grundvattenkartor med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000

- 1 Haninge (karta)
- 2 Hässleholm
- 3 Strängnäs
- 4 Upplands-Bro
- 5 Södertälje–Nykvarn (karta)
- 6 Söderhamn
- 7 Katrineholm
- 8 Karlstad
- 9 Laxå
- 10 Norrköping
- 11 Linköping (karta)
- 12 Nynäshamn
- 13 Bollnäs
- 14 Höganäs

SGU serie K

Grundvattenkartor med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000

- 44 Umeå
- 49 Västerås-Hallstahammar
- 50 Kristinehamn
- 62 Örkelljunga
- 63 Mölndal
- 69 Sigtuna (karta)
- 78 Ekerö
- 82 Halmstad (karta)
- 83 Köping
- 88 Eskilstuna-Kungsör (karta)
- 89 Helsingborg (karta)
- 90 Båstad (karta)
- 91 Heby
- 92 Botkyrka
- 93 Salem
- 102 Kävlinge (karta)
- 103 Staffanstorps-Lomma-Burlöv
- 104 Landskrona (karta)
- 108 Uddevalla
- 109 Göteborg
- 110 Enköpings (karta)
- 116 Lund (karta)
- 117 Malmö (karta)
- 130 Vårgårda (karta)
- 131 Härryda (karta)

- 132 Partille (karta)
- 134 Lerum (karta)
- 135 Alingsås (karta)
- 139 Västra Skogen
- 140 Örebro och Kumla samt delar av angränsande kommuner
- 141 Brattforsheden
- 144 Stockholm (karta)
- 149 Mariannelundsåsen
- 150 Silverdalen
- 151 Asby
- 152 Stockholmsåsen – Upplands Väsby
- 153 Stockholmsåsen – Sollentuna
- 154 Stockholmsåsen – Solna

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås
Boden
Bollebygd
Borås
Eslöv
Flen
Gävle
Håbo
Höör
Jönköping
Klippan
Laholm
Luleå
Norrtälje
Norsjö
Nyköping
Perstorp
Piteå
Skellefteå
Sundsvall
Svalöv
Tidaholm
Uppsala
V Småland
Ydre
Åstorp
Älvsbyn
Ängelholm
Ö Småland

