

Beskrivning till karta över grundvattentillgångar i
Bollnäs kommun

Torbjörn Fagerlind



ISBN ISBN 91-7158-650-4
ISSN 1402-4195

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund hänvisas till SGUs speciella jordartskartor i digital form över Bollnäs kommun och berggrundskartan, SGU serie Ah 16.

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: Vy från Renshammar. Foto: Inge Pettersson.

© Sveriges geologiska undersökning 2005

Layout: Kerstin Finn, SGU

FÖRORD

Kartan över grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun är den trettonde i en serie kommuninriktade grundvattenkartor, serie An, som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartan är framtagen i samarbete med kommunens Tekniska kontor och 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 nödvändiga beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt NRL, PBL och Agenda 21 för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor. Kartan bedöms också vara ett bra hjälpmedel för att nå målsättningar i EGs ramdirektiv för vatten och de kommande miljömålen.

Den föreliggande kartan över grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun är digitalt framställd i MapInfo. (Data är tillgängliga även i ArcInfo.) Informationen är inlagrad i databasen, vilken levererats till kommunen, 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 grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, har grundats på de hydrogeologiska fältarbeten som utförts inom ramen för SGUs grundvattenundersökningar i Bollnäs kommun. Dessa har innefattat geofysiska mätningar med georadar, seismik och geoelektrik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör. Utgångspunkt för arbetena har varit jordartskartan över Bollnäs kommun och den hydrogeologiska översiktskartan över Gävleborgs län i skala 1:250 000, SGU serie Ah nr 16, vilken är en syntes av äldre grundvattenundersökningar och utredningar.

De undersökningar som utförts för kartläggningen av grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun har givetvis lett till nya insikter om grundvattenförhållandena, varför kommunkartan i flera avseenden skiljer sig från länskartan. Det gäller t.ex. grundvattnets strömningsriktningar, torra åsavsnitt, källor m.m. Arbetena med den nya kartan har även inneburit en avsevärt säkrare kvantifiering av grundvattentillgångarna och grundvattenmagasinen genom bl.a. de geofysiska mätningarna och borrningarna.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm: grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet; Bo Wällberg: metodbeskrivningar – georadar och seismik; Magnus Åsman: metodbeskrivningar – kringing och variogramanalys. Seismogram och radargram av Bo Wällberg. Bild- och layoutbearbetningen av grundvattenkartan, som ligger till grund för denna beskrivning, har utförts av Magnus Åsman. Den digitala sammanställningen av beskrivningen samt kartorna över fältundersökningarna har gjorts av Magdalena Thorsbrink och Åsa Gierup.

Åke Roos, Roos sjömätning, har bidragit i undersökningarna med sina kunskaper om Ljusnanåsen, dels genom att tillhandahålla opublicerat och publicerat material, dels genom fältbesiktning tillsammans med personal från SGU.

Kartläggningen genomfördes 1997–1998. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wällberg, borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Barbro Aastrup, Eva Elsmark Müllern, Sven-Eric Gradstock, Åsa Gierup, Sune Rurling, Hans Söderholm och Magnus Åsman.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

| | |
|-------------------------------|---|
| Utförda arbeten | 6 |
| Resultat och slutsatser | 6 |

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA

8

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

11

| | |
|---|----|
| Allmänna förutsättningar | 11 |
| Naturresursen grundvatten | 11 |
| Vattnets kretslopp | 12 |
| Grundvattnet i och intill en grusås | 13 |
| Grundvattenbildning | 13 |
| Tidsmässiga variationer i grundvattennivå | 14 |
| Årstidsvariationer | 15 |
| Dricksvatten | 17 |
| Inducerad infiltration | 17 |
| Konstgjort grundvatten | 19 |
| Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun | 20 |
| Grundvatten i jordlagren | 20 |
| Grundvatten i berggrunden | 21 |
| Större sprickzoner | 23 |
| Teckenförklaring till kartorna | 24 |
| Grundvattentillgångar i Ljusnanåsen | 25 |
| Flästa–Växbo | 25 |
| Flästa–Norränge | 27 |
| Glössbo–Växbo | 28 |
| Vallsta–Orbaden | 30 |
| Tällby–Lövvik (Undersvik) | 30 |
| Grundvattentillgångar i åsen vid Landafors | 31 |
| Grundvattentillgångar i åsen vid Eriksnäsbo–Heden | 32 |
| Grundvattentillgångar i åsen vid Västansjö | 32 |
| Grundvattentillgångar i åsen vid Varstubäcken–Tönsen | 33 |
| Grundvattentillgångar i åsen vid Häsbosjön | 33 |

GRUNDVATTNETS KEMI

34

| | |
|--------------------------------------|----|
| Grundvattnets kemi i allmänhet | 34 |
|--------------------------------------|----|

SALT GRUNDVATTEN

36

| | |
|--|--------|
| GRUNDVATTNETS SÅRBARHET | 39 |
| Allmänt om grundvattnets sårbarhet | 39 |
| Grundvattenpåverkan | 39 |
| Konsekvens- och riskanalys | 39 |
| Skydd av grundvattnet | 40 |
| Kommentarer till underlagskartan för grundvattenskydd | 40 |
| Allmänna kommentarer | 40 |
| Infiltrationsförhållanden | 41 |
| Grundvattnets strömningsriktning | 43 |
| Utsläpp av miljöfarliga ämnen | 43 |
| METODBESKRIVNINGAR | 44 |
| Georadar | 44 |
| Seismik | 44 |
| Kriging och variogramanalys | 47 |
| DOKUMENTATION AV BORRNINGAR OCH GEOFYSISKA MÄTNINGAR | 49 |
| Utförda borrhningar (serierna SGU 97 och 98) samt inventerade borrhningar med uppgifter på lagerföljd | 49 |
| Inventerade och avvägda brunnar och observationsrör | 53 |
| Geofysiska mätningar | 54 |
| Seismiska profiler och georadarprofiler tolkade med avseende på grundvattenförhållanden | 55 |
| DATABASSTRUKTUR | 67 |
| LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR | 68 |
| Allmän litteratur | 68 |
| Ej tryckta utredningar | 71 |
| SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel | 73 |
| Grundvattenkartor | 73 |
| GRUNDVATTENKARTAN NORRA DELEN | 76 |
| GRUNDVATTENKARTAN SÖDRA DELEN | 77 |

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

De arbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun har utförts med delfinansiering av, och i samråd med 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.

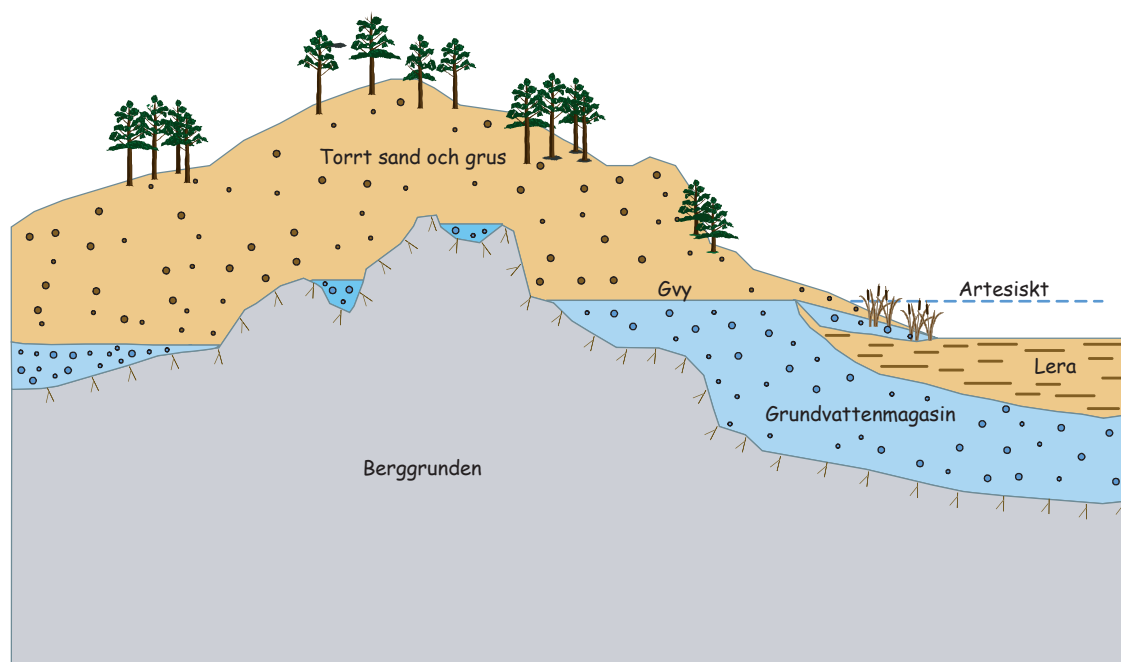


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lägga märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst.

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

- Genomgång av äldre utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av 243 brunnar och äldre observationsrör.
- Avvägning av 34 st grundvattenrör/brunnar genom kommunens försorg.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Georadarmätningar i 15 profiler med en sammanlagd längd av ca 3000 m.
- Seismiska mätningar i 9 profiler med en sammanlagd längd av ca 4500 m.
- Avvägning av georadar- och seismiska profiler.
- Sonderingsborrningar, 14 st, och drivning av observationsrör på 14 platser med en sammanlagd längd av 550 m.
- Inlagring i databaser av:
 - brunnsdata
 - georadar- och seismiska data

- borrhingsdata, även äldre
- grundvattennivådata
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - grundvattentillgångar i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - stryknings- och stupningsvärden på beggrundsstrukturer
 - grundvattnets strömningsriktningar
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med huvudsakligen Lantmäteriets blå karta och för mindre del Lantmäteriets röda karta som underlag till en karta över Grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunns- och källinventeringar har utförts i anslutning till Ljusnanåsen från Undersvik i norr till Glössbo i söder samt följande mindre sand- och grusavlagringar i anslutning till följande orter: Eriknäsbo, Landafors, Västansjö, Tönsen, Annefors till Källbo och Häsbosjön till Hällfors. 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. Merparten av dessa arbeten har därför genomförts i Ljusnanåsen, som bedömts mest angeläget med hänsyn till de stora grundvattentillgångarna, skyddsvärde och komplexibilitet.

Grundvattennivåerna som anges på kartan över grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun och i beskrivningen är uppmätta så att de är jämförbara med varandra. Nivåerna är angivna i höjdsystemet RH 70 och tillhör med få undantag det primära åsmaterialets grundvattenmagasin. Angivna nivåkurvor och strömningsriktningar tillhör alltid det primära åsmaterialets grundvattenmagasin.

Resultat och slutsatser

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 kan vara av intresse för kommunala behov på kort och lång sikt.

Som slutsats beträffande grundvattentillgångarna kan sägas att:

- Längs hela Ljusnanåsen har grundvattentillgången bedömts som stor till mycket stor. Det viktigaste avsnittet av åsen ligger mellan Växbo och Flästa, där grundvattentillgångarna i stor utsträckning används idag för Bollnäs kommuns vattenförsörjning genom huvudvattentäkten i Flästa. Vid Glössbo i södra delen av åsen finns en annan kommunal vattentäkt. I åsen finns ej utnyttjade grundvattentillgångar i flera partier. Intressanta sådana områden är där åsen går invid Ljusnan och där möjligheter för inducering av ytvatten bedöms föreligga. Området där Ljusnanåsen tvärs över Ljusnan, mellan Kurlandsudden och Norränge vid Kyrksjöns utlopp, bedöms ha en särskilt god potential i detta hänseende.
- Möjligheter till inducerad infiltration bedöms föreligga längs hela den karterade sand- och grusavlagringen från Voxsäter i norr till Bergviken i söder, i vilken den kommunala vattentäkten i Landafors ligger. Särskild god potential för inducerad infiltration och därmed också uttagsmöjligheter av stora vattenvolymer bedöms föreligga i området där avlagringen går tvärs över Ljusnan mellan Voxsäter och Bäckänge.
- De övriga sand- och grusavlagringarna inom kommunen är förhållandevis små och har liten till måttlig grundvattentillgång.
- Gemensamt för samtliga sand- och grusavlagringar, där dessa går i dagen, är att det föreligger en stor känslighet för påverkan av grundvattenkvaliteten genom mänskliga aktiviteter som t.ex. jordbruk, deponier, vägsaltning m.m.

FOTOGRAFIER FRÅN UNDERSÖKNINGARNA



Fig. 2. Georadarmätningar ger information om lagerstrukturer och grundvattenytor. A och B är antenner för sändning och mottagning, C är styrenhet för datainsamling och D är dator med bildskärm. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 3. 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 ritat upp och lagrar kurvor för ljudvågornas utbredning. E är en GPS-mottagare för positionering. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 4. Geofysiska profiler avvägs för att erhålla exakta mått på markytor, jordartsgränser, grundvattenytor och bergytor. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 5. När de geofysiska mätningarna avvägts och utvärderats genomförs borrhningar på de mest optimala platserna. Därvid undersöks och provtas sammansättningen på såväl jordlagren som på grundvattnet allt eftersom borrhningen drivs djupare nedåt. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 6. Borrbandvagnen har bra framkomlighet i terrängen. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 7. Fotomontage som ger en bild av hur man med borring söker höga och låga berglägen – grundvattendelare och grundvattenmagasin. På sådana ställen under isälvsavlagringens sand och grus där bergytan ligger högre än grundvattentytan kan man inte ta ut vatten i brunnar. Vattnet rinner av på bergytan och ner i intilliggande grundvattenmagasin. Foton: C.-F. Müllern.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturrensursen 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 polattrakterna. 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 magasinen under kort tid.

När nederbördsvatten infiltrerat i markytan passerar det först genom den luftade eller omättade zonen. I den finns både luft och vatten i markens por- och sprickutrymmen, och 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 magasinen. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svårgenomträngliga 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 tillrinnande 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 borrade brunnar 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
- för kylning i t.ex. industriprocesser

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp 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 vattenångan från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd, och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp, se figur 8.

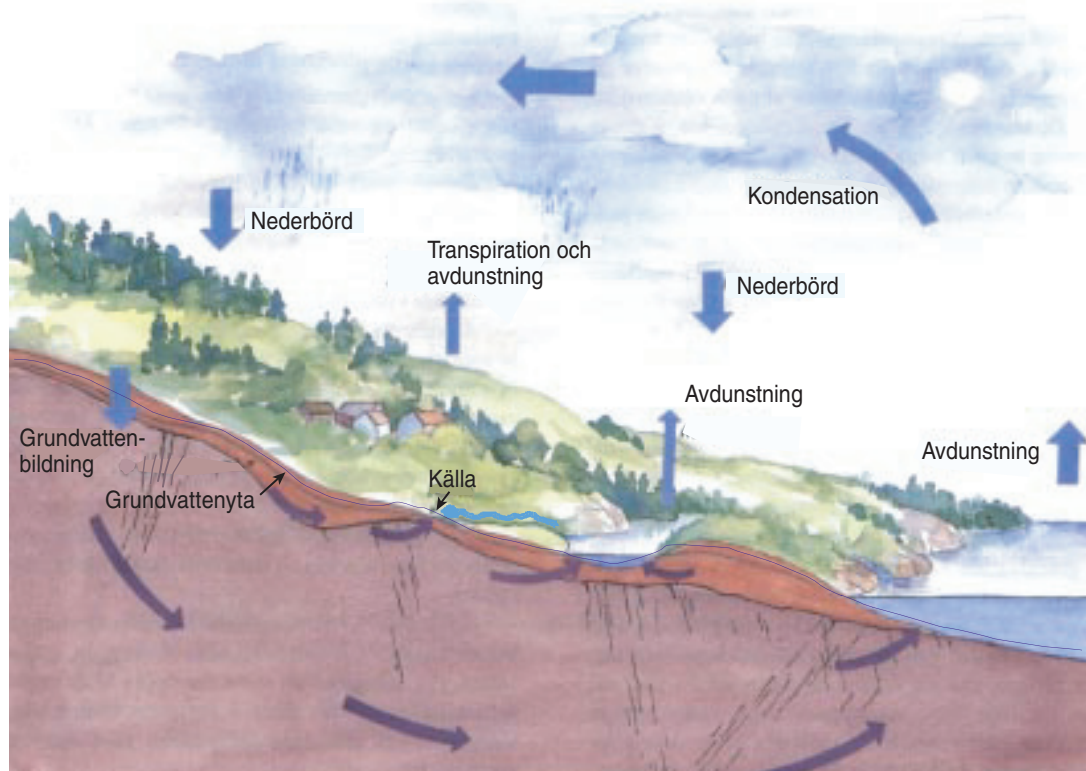


Fig. 8. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 9 visar en dalgång med en isälvsavlagring – rullstensås – med sand, grus och block. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna finns. Till höger i bilden finns också ett berg- och moränområde. Utanför åsarna finns de viktigaste grundvattentillgångarna i allmänhet i berggrunden. Terrängen i bilden ligger under högsta kustlinjen, dvs. landet har någon gång efter den senaste nedisningen varit täckt av hav, så som fallet är för större delen av kommunen. Den landskapstypen är ganska vanlig i Sverige. På bilden ligger grundvattnets tryckyta i åsen högre än i dalgången. Det gör att vatten kan läcka ut vid åsfoten och att brunnar i lerområdet kan vara självrinnande, artesiska. I andra delar av isälvsavlagringen och dess närmaste omgivning kan tryckytan ligga lägre, och då strömmar vatten in mot åsen, den dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

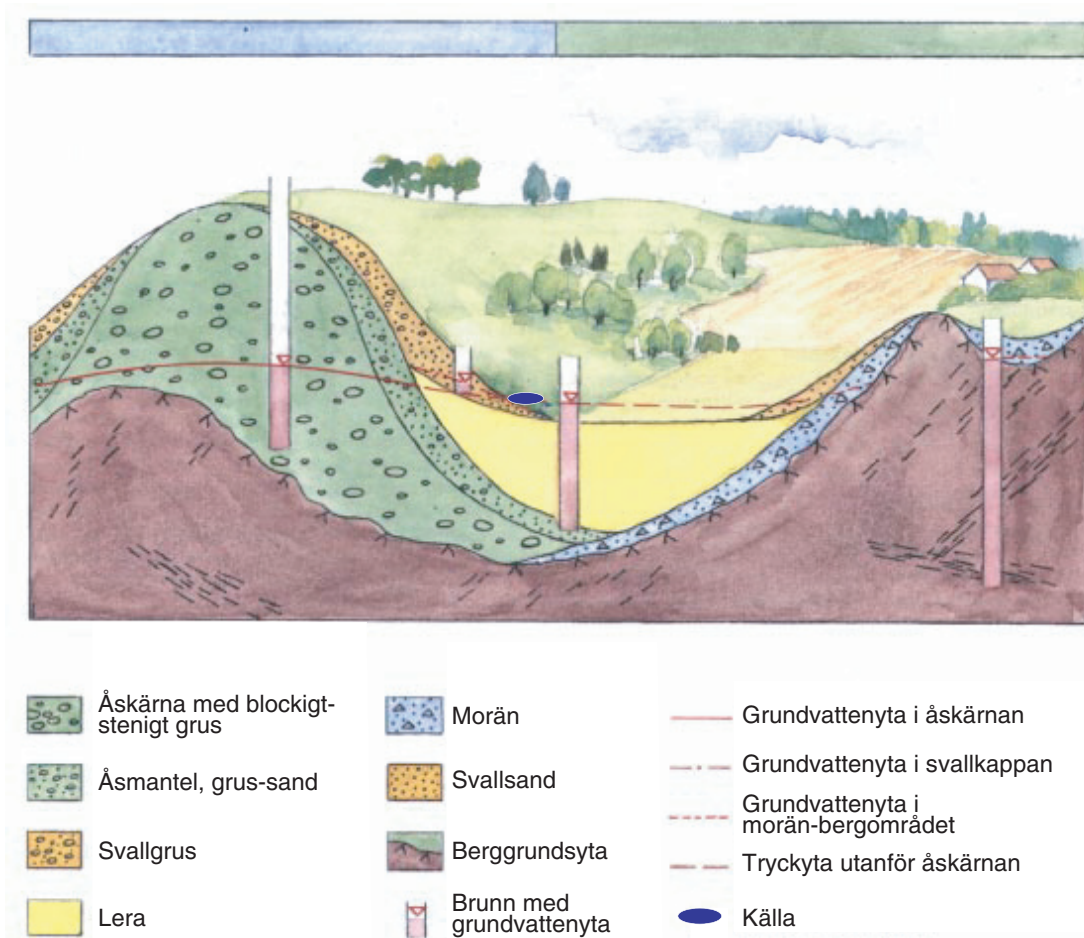


Fig. 9. Principbild på hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås.

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 regnräkaste 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 10–13 redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät (Regnsjö, station 24:6) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 15G SO. Stationen visar grundvattnets nivåvariationer i en sand- och grusakvifer.

De översta figurerna visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990 samt grundvattennivåns månadsvisa min-, medel- och maxvärden för perioden 1970–2000. I ett stort grundvattenmagasin, som stationen representerar, ger variationerna av den effektiva nederbörden endast små variationer i grundvattennivå. En period med stor nederbörd åtföljs ofta först efter flera månader av en grundvattennivåhöjning i ett stort grundvattenmagasin. I mindre grundvattenmagasin, t.ex. i moränmark är sambandet nederbörd–nivåvariationer betydligt snabbare och tydligare.

I figurerna 12 och 13 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Mycket låga nivåer uppmättes 1974–1977 samt 1997 och 1998. Under perioden 1982–1990 förelåg grundvattenöverskott.

Hur stora skillnaderna är mellan högsta och lägsta grundvattennivå under ett år beror, förutom på tillförda vattenmängder, på jordlagrens och berggrundens porositet och sprickvolym. I ett litet

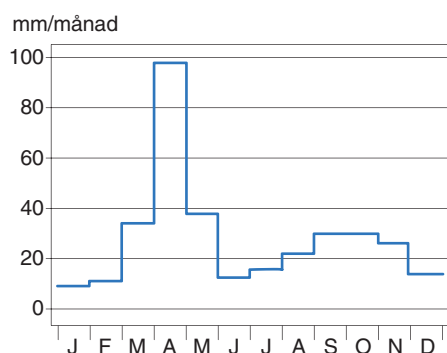


Fig. 10. Effektiv nederbörd (mm/mån.), medelvärden under 30 år.

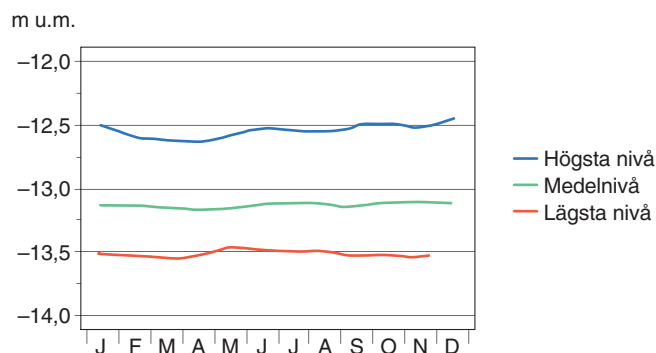


Fig. 11. Grundvattennivåns månadsmedelvärden, meter under markytan.

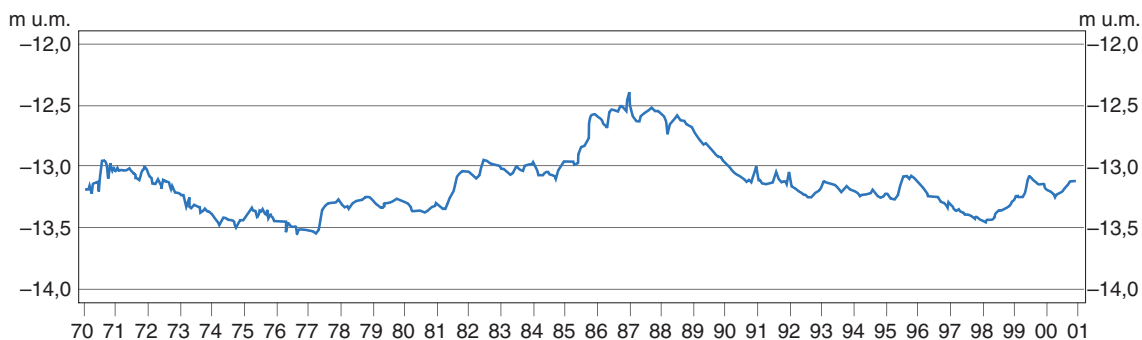


Fig. 12. Grundvattennets nivåvariation 1970–2000.

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, 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.

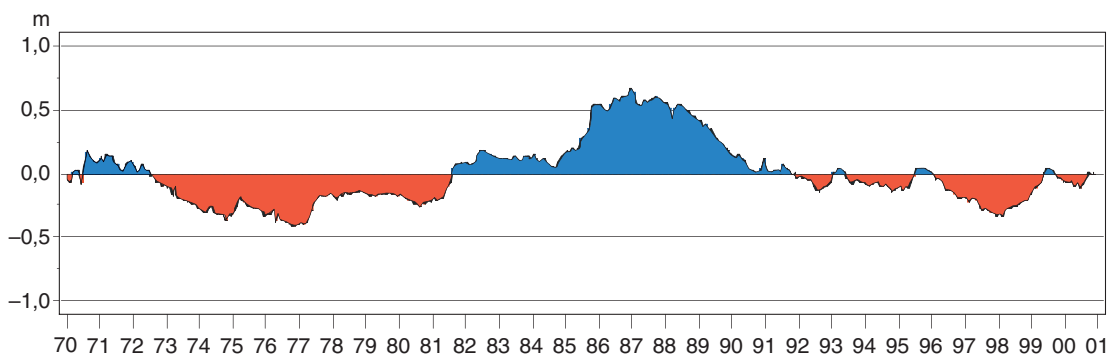
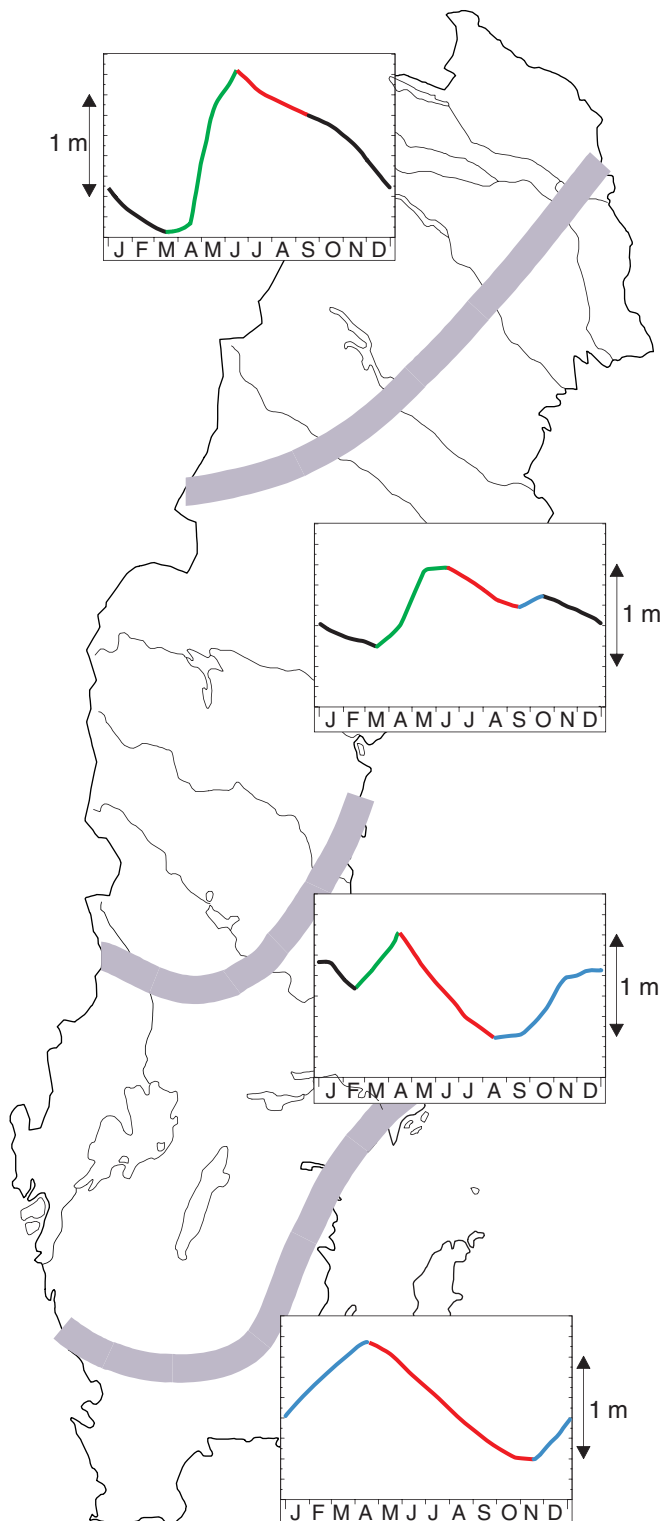


Fig. 13. Grundvattennivåernas avvikelser från månadsmedelvärde i meter, 1970–2000.

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 14 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.



- Vinter, normalt ingen grundvattenbildning
- Snösmältning, grundvattenbildning
- All nederbörd avdunstar normalt
- Nederbörden överstiger avdunstningen

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 grundvattnet, som i stället tappas av. 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. 14. 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 skall 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 lämnar föreskrifter om dricksvatten. En ny författning av Livsmedelsverket, SLVFS 2001:30 (2001), tillämpas från och med 25/12 2003. För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna i denna författning har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns på Livsmedelsverkets webbplats. De nya 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), som gäller från och med 5/12 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 15.

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 3–4 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

I Bollnäs kommun föreligger förutsättningar för inducerad infiltration i de delar av Ljusnanåsen, där denna ligger i anslutning till Ljusnan, och i sand- och grusavlagringen vid Landafors. Speciellt intressanta områden i detta hänseende är där sand- och grusavlagringarna tvärs över Ljusnan som vid Vallsta och vid Bäckänge nordväst om Landafors.

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 | Livsmedels- verket (2001): Gränsvärde Tjänligt med anmärkning | Livsmedels- verket (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) |
| Kvicksilver | 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 (permanganatindex) | mg/l O ₂ | 4,0 | | | |
| pH (vätejonkon- centrationen) | | <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

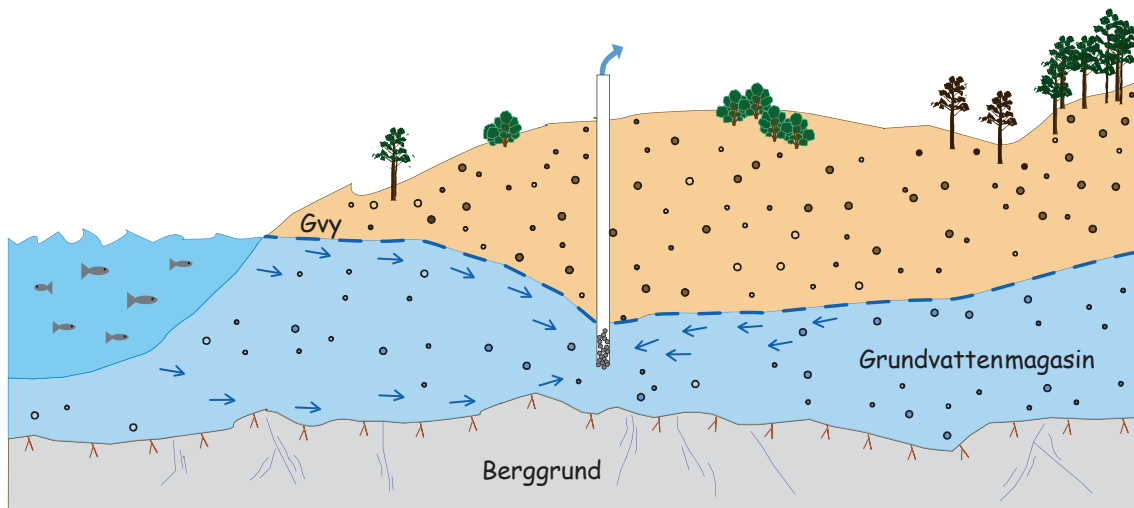


Fig. 15. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet.

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.

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/m² 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 skall vara så entydig att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, vilket medför att uttagsbrunnarna måste placeras på ett tillräckligt stort avstånd från infiltrationsläget – minst 14 dygn eller 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 16 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

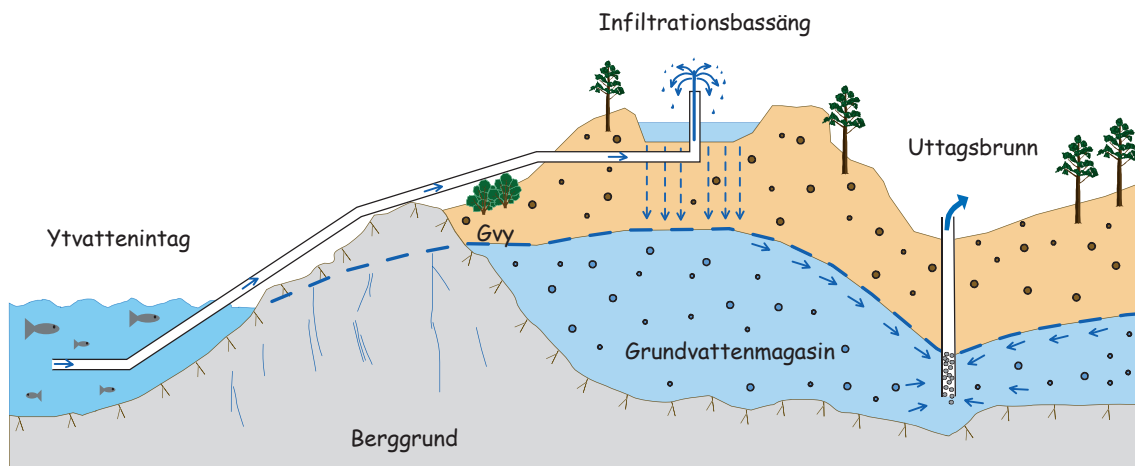


Fig. 16. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet.

i tätorter som är belägna på grundvattenförande avlagringar. Sjunker trycket genom dränering via kabelgravar, schakt för vatten- och avloppsledningar och tunnlar etc. kan sättningsskador uppstå på byggnader, gator och vägar.

God förutsättning för konstgjord grundvattenbildning i Bollnäs kommun bedöms kunna föreligga i Ljusnanåsen mellan Flästa och Glössbo.

Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Bollnäs kommun

Grundvatten i jordlagren

I södra Norrland finns de största grundvattentillgångarna i de stora isälvsavlagringarna, rullstensåsarna, som är belägna under högsta kustlinjen. I Bollnäs kommun ligger högsta kustlinjen på ca 220 till 230 m ö.h. Ljusnanåsen, som sträcker sig från Undersvik i norr till Glössbo i söder, är en sådan avlagring med stor grundvattentillgång i stora delar av åsen. En förhållandevis mindre isälvsavlagring, men med goda förutsättningar för inducering av vatten från Ljusnan, går i dagen från Voxsäter i norr till Bergviken vid Landafors i söder.

I de två nämnda områdena finns kommunens största grundvattentillgångar eller förutsättningar för storskalig vattenutvinning för dricksvattenproduktion.

Utöver dessa två bildningar förekommer mindre sand- och grusavlagringar på flera ställen inom kommunen. Flertalet av dessa bildningar är dåligt sammanhängande isälvsavlagringar, vilka dels uppträder i stråk, dels som isolerade kullar av sand- och grus. Några av dessa isälvsstråk har klassats för möjligheter att i lämpliga lägen utvinna 1–5 l/s, nämligen stråket vid Norrborn, från Eriknäsbo och österut, vid Västansjö, stråket från Varstubäcken–Tönsen och vidare mot sydost till kommungränsen, nordväst om Annefors samt del av isälvsavlagringen som börjar vid Häsbosjön och sträcker sig sydost därom. De nämnda avlagringarna har bedömts som mindre intressanta för vattenuttag för dricksvattenförsörjning annat än rent lokalt. Bedömningen grundas bl.a. på att en del av dessa finns i glesbebyggda områden, att risk föreligger för påverkan av deponi (t.ex. stråket vid Eriknäsbo) eller att grundvattenkvaliteten är tveksam (t.ex. vid Västansjö).

Övriga på kartan angivna sand- och grusavlagringar bedöms ha en potential för utvinning av grundvatten på <1 l/s. Flertalet av dessa ligger över eller nära högsta kustlinjen i kommunens västra delar i gles befolkade områden.

De viktigaste avsnitten i de olika sand- och grusavlagringarna beskrivs närmare i avsnitten om grundvattentillgångar på s. 25–33.

Grävda brunnar i moränmark är vanligt förekommande. De är ofta känsliga för variationer i grundvattentillgången och kan sina under torrperioder. I lämpliga lägen, ofta lågt i terrängen, kan brunnar

i morän ge förhållandevis stora vattenmängder. I kommunen finns flera exempel där sådana brunnar försörjer mindre byar. Arbrå/ Vallstas kommunala vattentäkt vid Bessbo är ett exempel där stora grundvattenuttag sker genom ett brunnsgalleri i moränmark.

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden i Bollnäs kommun utgörs av kristallint urberg enligt Berggrundskartan över Gävleborgs län, SGU, serie Ah nr 16. Berggrunden domineras av äldre graniter och omvandlade bergarter av sedimentärt ursprung. Andra förekommande bergartstyper är yngre graniter och vulkaniter.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg, kan man rent allmänt säga att berggrunden i Bollnäs kommun i genomsnitt ger vattenmängder som är vanliga i svenskt urberg, se tabell 2 nedan. De brunnar som ingått i underlaget till tabell 2 är registrerade i SGUs brunnarsarkiv och finns också presenterade i figur 17.

Kartbilden (huvudkartans bild) över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden är framtagen med data ur brunnarsarkivet med hjälp av statistiska bearbetningar med s.k. variogramanalys och kriging. Dessa metoder beskrivs i kapitlet "Metodbeskrivningar".

Tabell 2. Statistisk redovisning av vatten- och energibrunnar inom Bollnäs kommun avseende kapacitet och djup. Q25 och Q75 är undre resp. övre kvartilen.

| Statistiska parametrar | Vattenbrunn, jord | | Vattenbrunn, berg | | Energibrunn, berg | |
|------------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | Kapacitet, l/h | Djup, m | Kapacitet, l/h | Djup, m | Kapacitet, l/h | Djup, m |
| Median | 3250 | 17 | 700 | 81 | 1200 | 100 |
| Q25 | 1260 | 11 | 300 | 60 | 200 | 90 |
| Q75 | 5000 | 25 | 1690 | 108 | 7500 | 132 |
| Antal | 16 | 16 | 598 | 598 | 68 | 68 |

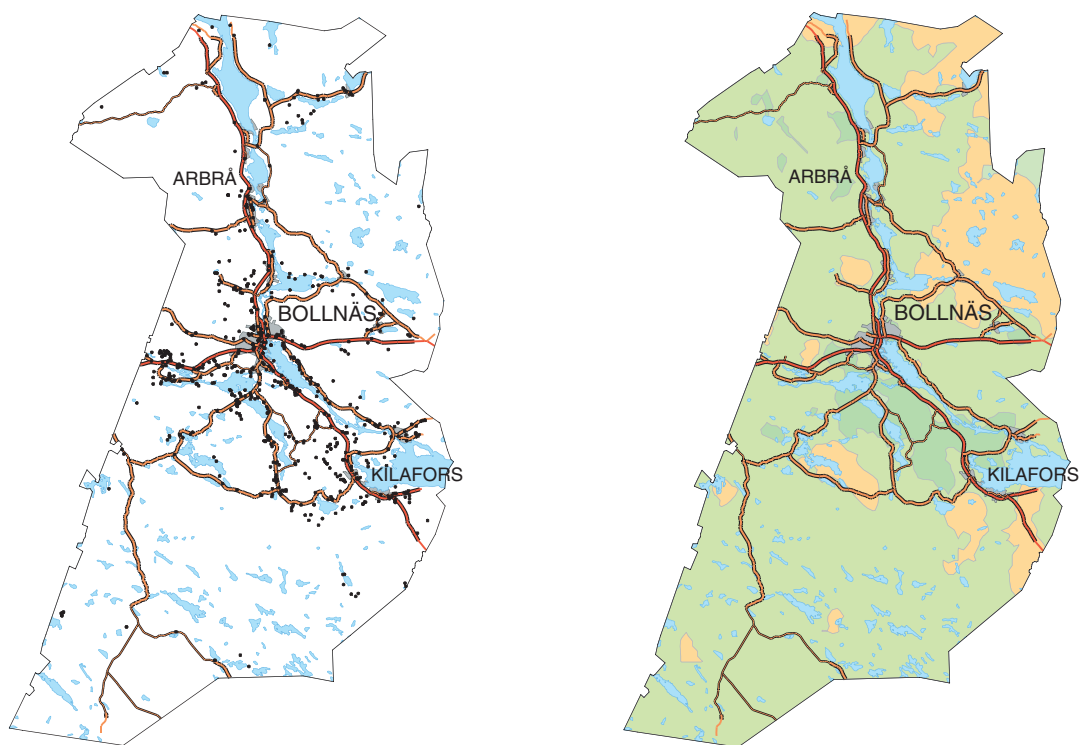


Fig. 17. Kartan t.v. visar 682 brunnar registrerade i SGUs brunnarsarkiv. Kapaciteten i dessa har utgjort underlag för kartbilden över grundvattentillgångarna i berggrunden, vilka framgår av kartan t.h. Genomsnittskapacitet (median), grönt 2000–6000, ljusgrönt 600–2000 och brunt 200–600 l/tim.

Bergarterna intar generellt en nordväst–sydostlig strykningsriktning, dvs. strukturen – förskiffringsplanen i berggrunden och bergartsgränser – är företrädesvis orienterade i denna riktning. Förskiffringsplanens stupningsvinkel, deras lutning från horisontalplanet, varierar från område till område.

Pilar på huvudkartan anger förskiffringsplanens stupningsvinklar och dessa kan ha ganska stor betydelse för grundvattentillgången vid brunnborrning i berg. Detta beror på att det i berggrunden uppstår avlossningar – sprickbildning som ofta är vattenförande – längs många förskiffringsplan därför att bergets hållfasthet är sämre i dessa. Bergarten är lätt klyvbar längs förskiffringsplan, men inte lika lätt i andra riktningar. Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man skall träffa vattenförande avlossningssprickor i områden med vertikalt eller brant stupande förskiffringsplan. I områden med flackt stupande förskiffring 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 förskiffringsplanen. Sådana borrningar som avsiktligt avviker från vertikalplanet brukar kallas gradade borrningar. Hur möjligheterna att få vatten ökar vid gradade borrningar åskådliggörs i figur 18.

Sprickorna längs förskiffringsplanen är förutsägbara medan de flesta andra sprickor inte är det, särskilt i områden där berggrunden är jordtäckt och sprickförekomsten inte kan studeras.

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. Rekommenderad borrhörningsriktning framgår med en särskild beteckning på grundvattenkartan.

Vill man söka mer vatten genom borrning i berg än vad genomsnittsvärdena anger – de gröna och ljusbruna bottenfärgerna på grundvattenkartan – är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. Många av 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 berggrundskartan SGU serie Ah nr 16 i skala 1:250 000.

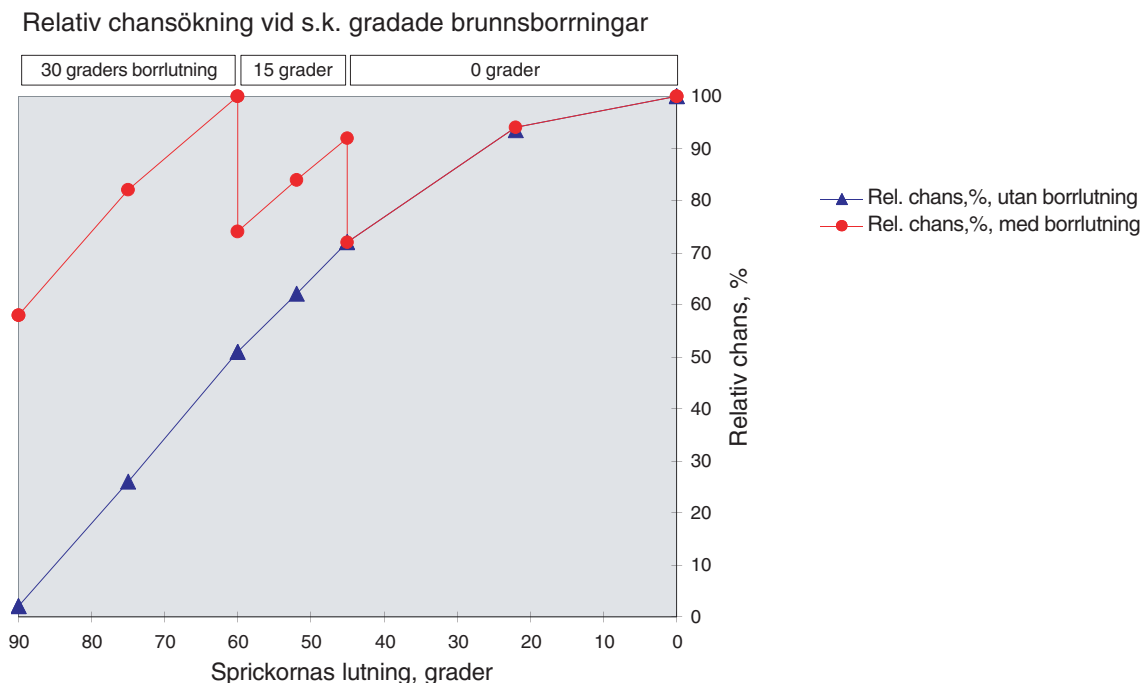


Fig. 18. Bilden visar hur den relativa chansen ökar om man vid brunnborrning tar hänsyn till vilken riktning sprickorna har (strykning och stupning) och därvid riktar borrhörningen åt rätt håll. (Diagrammet förutsätter att man alltid borrar till ett visst djup.) På "Kartan över grundvattentillgångar i Bollnäs kommun" har rekommenderade borrhörningar markerats.

Större sprickzoner

Bollnäs kommun berörs av ett flertal större sprickzoner som redovisas på grundvattenkartan. De största framträder i form av långa dalgångar. Dessa sprickzoner framgår mycket tydligt på höjdreliëfkartan (fig. 22) över Bollnästrakten, där uppgift finns på markytans höjd för var femtionde meter. Denna karta har tagits fram med hjälp av Lantmäteriets höjddatabas.

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.

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälvsvlagringar



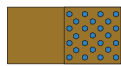
Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkta eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25–125 l/s (ca 2000–10000 m³/d)



Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2000 m³/d)

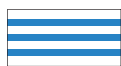


Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1–5 l/s (ca 80–400 m³/d)



Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s (<ca 80 m³/d), t.v., viktigt infiltrationsområde, t.h.

Sand- och gruslager under lera

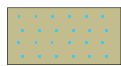


Grundvattentillgång i sand- och gruslager eller i lucker morän under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån

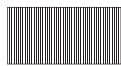


Sammanhängande område med mäktig lera. Vattenförande sand- och gruslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån

ÖVRIGT



Mosse, kärr, gytta. Utgör oftast utströmningsområden



Fyllning

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsarkiv



Goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 2000–6000 l/h (ca 50–150 m³/d)



Tämligen goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 600–2000 l/h (ca 15–50 m³/d)



Mindre goda uttagsmöjligheter. Mediankapacitet 200–600 l/h (ca 5–15 m³/d)



Liten uttagsmöjlighet. Mediankapacitet <200 l/h (ca 5 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR



Grundvattnets huvudrörelseriktning



Källa med flödesriktning, vanligen med ett flöde av >0,5 l/s



Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå



Sonderingsborring



Kommunal grundvattentäkt i jord, t.v., i berg, t.h.



Kommunal grundvattentäkt, reserv



Kommunal ytvattentäkt



Enskild förordnade grundvattentäkt i jord, t.v., i berg, t.h.



Enskild förordnade ytvattentäkt



Enskild brunn i jord, t.v., eller berg, t.h., med kapacitet överstigande 6000 l/h (>ca 150 m³/d)



Förkastning, taggarna i det sänkta blocket



Större sprickzon, indikation, troligen med bättre möjlighet till grundvattenuttag än omgivande berggrund



Skiffrighet; okänd stupning, t.v., flack stupning (11–50 grader), t.h.



Skiffrighet; brant stupning (51–85 grader), t.v., vertikal stupning (86–90 grader), t.h.

Fig. 19. Teckenförklaring till kartutsnittet på följande sidor.

Grundvattentillgångar i Ljusnanåsen

Ljusnanåsen är en stor, långsträckt isälvsavlagring och den är huvudsakligen uppbyggd av sand- och grusmaterial. Åsen finns både norr och söder om Bollnäs kommun. I söder fortsätter åsen genom Söderhamns kommun, och går där ut i havet men återkommer vid Gävle och sträcker sig sedan till Uppsala och vidare till Stockholm och söder därom. Inom kommunen är åsen ställvis mycket mäktig. Sand- och grusmäktigheter på över 80 m har konstaterats i grustaget invid Västra Höle. Mäktigheter på mellan 30 och 60 m är vanligt förekommande i området mellan Växbo och Flästa och sannolikt kan motsvarande mäktigheter förekomma i ytterligare delar av Ljusnanåsen inom kommunen.

Inför grundvattenkartläggningen i Bollnäs kommun bedömdes att en särskild prioritering av arbetsinsatser skulle göras i den del av Ljusnanåsen som sträcker sig från Norränge i norr till Glössbo i söder. Motiv för denna prioritering är i första hand att Bollnäs kommunala huvudvattentäkt är belägen i denna del av åsen och att grundvattenförhållanden, bland annat p.g.a. åsens mäktighet och komplexa geologiska förhållanden, är dåligt kända. Behovet av bättre kunskaper motiveras också av att underlaget för skyddsområdena för huvudvattentäkten i Flästa och den kommunala vattentäkten i Glössbo ej bedömts som tillfredsställande.

I denna del av Ljusnanåsen har det därför genomförts omfattande undersökningar i form av jordarterkartering, geofysiska undersökningar, borrningar och brunn- och källinventering. Undersökningarna har haft en särskild inriktning på att lokalisera vattendelare i åsen och bestämma grundvattnets flödesriktning. En närmare beskrivning av olika avsnitt av Ljusnanåsen görs i följande kapitel.

Flästa–Växbo

Vattentäkten i Flästa förser Bollnäs och Arbrå tätorter samt några andra mindre samhällen med dricksvatten. Omkring 22 000 personekvivalenter (inkl. företag och offentliga inrättningar) är anslutna till det kommunala vattenledningsnätet. Produktionen har de senaste sju åren varit mellan 1 600 000 och 1 770 000 m³ per år, dvs. ett årsgenomsnitt på 50–60 l/s.

Flästa vattentäkt ligger i Ljusnanåsens sand- och grusavlagringar. Randområdena utgörs vanligen av morän och håll eller finkorniga jordarter (lera och silt). Under de finkorniga jordarterna kan sand- och gruslager förekomma. Där så bedömts vara fallet framgår av grundvattenkartan. Finkorniga skikt av huvudsakligen silt förekommer allmänt i sand- och grusavlagringen. Dessa skikt bedöms emellertid inte vara sammanhängande på så sätt att infiltration av nederbörsvattnet förhindras nå åsens primära grundvattenmagasin annat än i helt begränsade områden. Ett antal mindre sjöar vilar på sådana finkorniga skikt och dessa sjöar är helt skilda från grundvattenmagasinet. Både seismiska undersökningar och borrningar visar att under sjöbotten finns inget vatten och att det kan vara 10–30 m ned till grundvattenytan under sjöbotten.

Berggrunden i området är enligt den geologiska kartan SGU serie Ah nr 16 huvudsakligen granit. En kraftig tektonisk zon följer i stort åsens längdriktning. Denna zon är särskilt väl markerad mellan Flästa och Växbo mellan Sjögråberget och Bodberget. I kartbilden redovisas dels de bedömda grundvattentillgångarna, dels grundvattendelare och grundvattnets strömningsriktningar i åsen.

Grundvattentillgångarna är för svenska förhållanden mycket stora och grundvattenuttag på mellan 25 och 125 l/s har bedömts möjliga i sand- och grusavlagringen. I det område som markerats som viktigt infiltrationsområde, finns emellertid inte större grundvattenmagasin i sand- och grusmaterialet. Den sannolika förklaringen till detta är att berggrundsytan sluttar mot nordväst samtidigt som grovt material närmast berggrundsytan och en uppsprucken berggrundsytan effektivt dränerar området.

Grundvattendelarna i åsen är belägna dels ca 800 m nordväst om Flästa vattentäkt vid Oppgården, dels ca 7 km sydost om densamma i grustagen nära Växbo. Området kring Flästa vattentäkt kan betraktas som ett utströmningsområde för grundvatten, till vilket grundvattnet strömmar från vattendelarna i norr och söder. Vattendelarna och grundvattnets strömningsriktningar har bestämts genom seismik och georadarundersökningar samt sonderingsborrningar, observationsrör och avvägningar av grundvattenytor i samband med SGUs grundvattenkartläggning i området.

Innan Flästa vattentäkt togs i bruk fanns stora naturliga källutflöden i detta område. Källutflödena lär vara ca 50–70 l/s, dvs. i samma storleksordning som nuvarande vattenuttag från vattentäkten.

Avrinningsområdet vid Flästa vattentäkt redovisas i figur 20. Avrinningsområdets gränser baseras på de av SGU angivna grundvattendelarna i sand- och grusmaterialet, ytvattendelarna som framtagits med hjälp av Lantmäteriets höjddatabas samt ytvattenflödena i området. Avrinningsområdet är ca 18 km² eller omkring 1800 ha.

Den maximalt möjliga grundvattenbildningen är lika med den effektiva nederbörden. Beräkningarna av grundvattenbildningen baseras på SMHIs uppgifter av den effektiva nederbörden (Effektiv nederbörd i Sverige – beräknad med HBV-modellen, SMHI 1995).

Sammanfattningsvis kan sägas att den maximala grundvattenbildningen inom avrinningsområdet genomsnittligt är 195 l/s och varierar mellan 112 och 285 l/s.

Det kan också bedömas att den största delen av den effektiva nederbörden bildar grundvatten, som deltar i det grundvattenflöde, som sker i sand- och grusavlagringen. Denna bedömning grundas på att i större delen av avrinningsområdet förekommer ingen ytvattenavrinning. Den ytvattenavrinning som sker förekommer endast i nordvästra delen av avrinningsområdet i form av bäck- och källflöden och kan grovt uppskattas till i genomsnitt mellan 20 och 50 l/s.

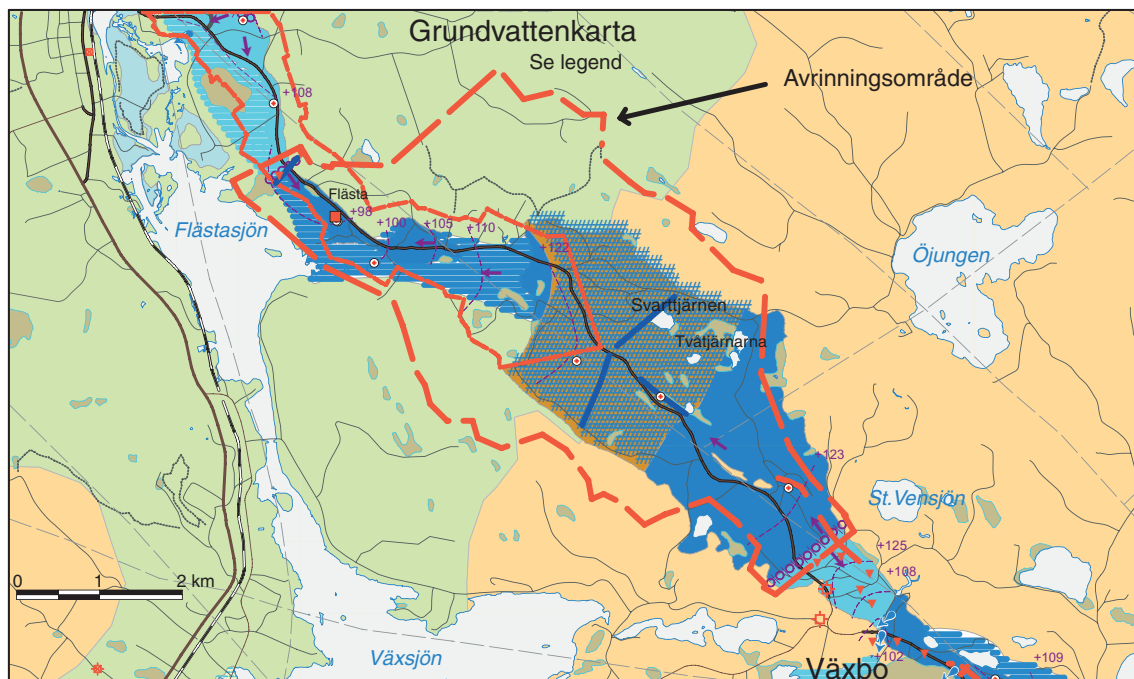


Fig. 20. Avrinningsområdet för Flästa vattentäkt. Underlaget är taget från grundvattenkartan, An 13. Det inre, rödstreckade området är gällande skyddsområde för vattentäkten.

Vattenkvalitet

Prov av råvatten för analys tas en gång per månad vid Flästa vattentäkt. Nedan redovisas och kommenteras analysresultat från åren 1998 och 1999.

Tabell 3. Bakteriologiska och fysikalisk-kemiska analyser av råvatten från Flästa vattentäkt under perioden 1998 t.o.m. 1999. Max och min anger högsta resp. lägsta uppmätta värde under perioden.

| | Temp | Het. bakt 20° | Het. bakt 7 d | Tot. coli | E. coli | Färg | Turbid | Kondukt | pH | COD-Mn | Hårdhet | Ca | Mg |
|-------|------|---------------|---------------|------------|------------|------|--------|---------|-----|--------|---------|------|------|
| Sort | °C | ant/ml | ant/ml | ant/100 ml | ant/100 ml | Pt | FNU | mS/m | | mg/l | dH | mg/l | mg/l |
| Max | 9,5 | 150 | 210 | 0 | 0 | 4 | 0,82 | 10,9 | 6,9 | 0,8 | 1,8 | 9 | 3 |
| Min | 5,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | <0,1 | 8,4 | 6,5 | <0,2 | 1,4 | 7 | 2 |
| Medel | 6,8 | 9 | 20 | 0 | 0 | 2 | 0,21 | 9,2 | 6,7 | 0,2 | 1,5 | 8 | 2 |

| | HCO ₃ | Fe | Mn | NH ₄ -N | NO ₂ -N | NO ₃ -N | PO ₄ -P | Cl | SO ₄ | F | Na | K | Al |
|-------|------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-----------------|------|------|------|-------|
| Sort | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Max | 38 | 0,06 | <0,01 | 0,02 | 0,002 | 0,5 | 0,03 | 7 | 7 | 0,55 | 6 | 2 | 0,03 |
| Min | 26 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,002 | 0,4 | <0,01 | 6 | 5 | 0,43 | 4 | 1 | <0,01 |
| Medel | 29 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,002 | 0,5 | <0,01 | 6 | 6 | 0,5 | 5 | 1 | <0,01 |

Kommentarer:

- Råvattnet har relativt låga pH-värden vilket indikerar låg buffringskapacitet i marken, vilket också bekräftas av Ca-, Mg- och HCO₃-halterna. De låga pH-värdena kan också indikera relativt korta uppehållstider av grundvattnet i marken.
- Kloridhalten anger ett inte saltpåverkat grundvatten.
- Några tidsbundna förändringar i grundvattenkvaliteten har ej kunnat noteras.
- Av de granskade analysresultaten av råvatten från Flästa grundvattentäkt bedöms grundvattnet vara av mycket god kvalitet och lämpligt som råvatten för dricksvattenproduktion.

Risker för föroreningstransport och skydd av grundvattentillgången

Underlagskartan för grundvattenskydd i Bollnäs kommun anger mycket goda infiltrationsförhållanden för större delen av avrinningsområdet och därmed också en stor känslighet för infiltration av föroreningar till grundvattenmagasinet. Man kan inte heller utesluta att risk för föroreningpåverkan kan ske inom de områden, som är täckta av finkornigt material i anslutning till sand- och grusavlagringen.

Det finns därför goda motiv att genom bestämmelser ge den för Bollnäs kommuns dricksvattenförsörjning viktiga grundvattentillgången ett skydd. Det i kartan angivna skyddsområdet för Flästa vattentäkt överensstämmer inte med anvisningar som bör gälla för skyddsområden, varför SGU på uppdrag av Tekniska kontoret i Bollnäs kommun har ombetts ge förslag på ett reviderat skyddsområde. Detta redovisas i rapporten "Förslag till skyddsområden för Flästa vattentäkt" (SGU, rapport 2000-08-14).

I ovan nämnda rapport har flödes hastigheterna i åsens kärna och längdriktning beräknats till i genomsnitt 35 m/dygn och de varierar mellan ca 3 m/dygn och ca 70 m/dygn i olika avsnitt i åsen.

Flästa-Norränge

Denna del av Ljusnanåsen sträcker sig från vattendelaren vid Oppgården i söder till Ljusnan vid Norränge i norr. Förutom vattendelaren vid Oppgården ligger ytterligare en vattendelare i åsen mellan Forneby och Forsbro. Vattenflödet i åsen är uppdelat i mindre avrinningsområden i jämförelse med det tidigare beskrivna avsnittet och har därmed också mindre uttagspotential av grundvatten. I den nordligaste delen av denna åssträcka bedöms dock möjligheterna för inducering av ytvatten som goda och därmed också möjligheterna för betydande uttag av vatten (se nedan). Grundvattentillgången har bedömts till mellan 5 och 25 l/s.

Mellan de ovan nämnda vattendelarna är strömningsmönstret tydligt med inströmningsområden på åsen och öster därom. Utströmning av grundvatten sker huvudsakligen via källflöden inom två områden, vid sankmarksområdena vid Sveden och Harmyrbäcken. Källutflödet vid Sveden har vid besiktningstillfällen bedömts till mellan 5 och 10 l/s och vid Harmyrbäcken grovt till mellan 5 och 15 l/s. Norr om den nordliga vattendelaren sker en grundvattenströmning åt väst och nordväst.

Den nordligaste delen av åsen i anslutning till Kyrksjön bedöms ha mycket goda förutsättningar för inducering av Kyrksjöns och Ljusnans vatten vid avsänkning av grundvattenytan i denna del av åsen. Borrning visar på grusmaterial med en mäktighet av ca 24 m och en vattenförande sektion på över 20 m. Det bedöms också att goda förutsättningar finns för en hydraulisk förbindelse mellan grusmaterialet och Kyrksjöns och Ljusnans vatten. Därför bedöms också uttagsmöjligheterna av grundvatten och inducerat ytvatten som mycket goda. Utan att närmare ha undersökt detta är det osäkert att ange storleksordningen på uttagsmöjligheterna men det rör sig sannolikt om något 100-tal l/s.

Glössbo–Växbo

Hela avsnittet av Ljusnanåsen mellan Glössbo och Växbo har bedömts ha mycket stor grundvattentillgång och inom området finns på flera ställen förutsättningar för stora grundvattenuttag. En vattendelare i åsen är belägen mellan Skidtjärnsberget och Hästhagsberget nära Rengsjö. Från vattendelaren strömmar vattnet dels sydost ut mot Glössbo, där en av kommunens vattentäkt är belägen (se figur 21), dels nordväst ut mot Trolldalen i Växbo. Mellan vattendelaren och Trolldalen sker ett sannolikt förhållandevis stort grundvattenflöde ut i de bäck- och dikessystem, som ligger sydväst om åsen. Detta har bedömts utifrån avvägda grundvattennivåer, konstaterade källutflöden och vattenföringen i bäck- och dikessystemen.

Sand och grusavlagringarna är mycket mäktiga i denna del av Ljusnanåsen. Mäktigheter på mer än 80 m har bl.a. konstaterats vid grustaget i Västra Höle. Finkorniga sediment (huvudsakligen silt) är vanligt förekommande i sand- och grusmaterialet och finns där relativt högt upp i lagerföljden. På de finkorniga sedimenten kan det vila sekundära grundvattenmagasin, som ej står i kontakt med åsens

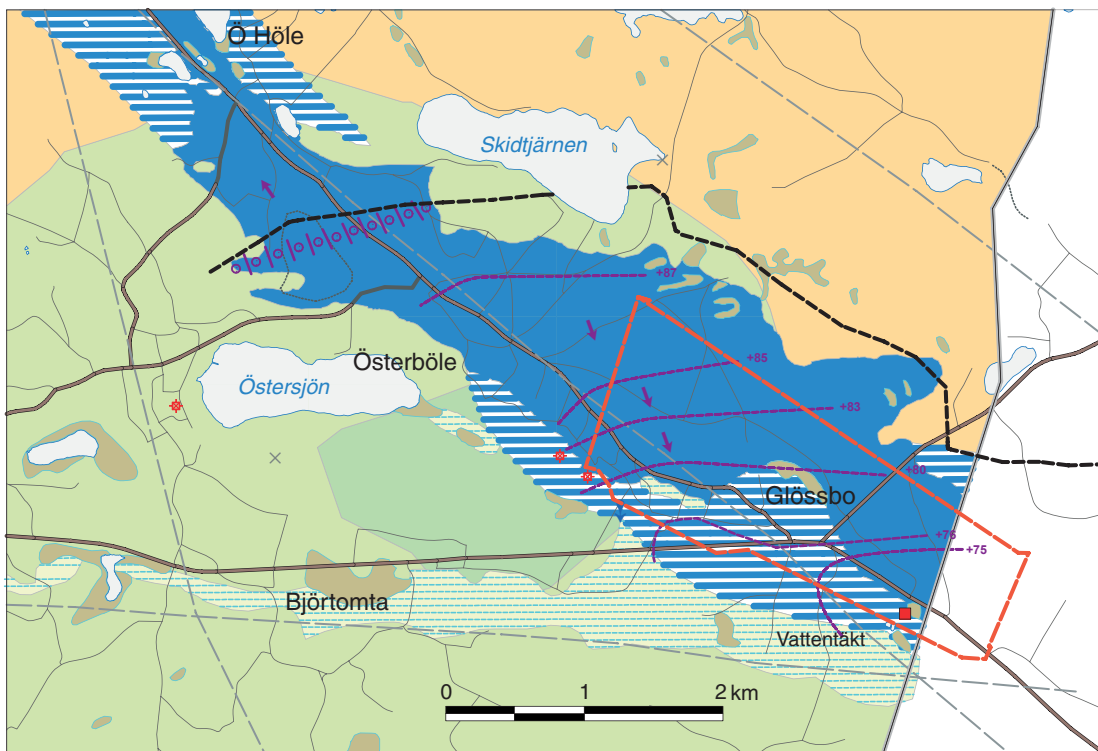


Fig. 21. Grundvattenkarta över området vid Glössbos vattentäkt. De blå prickarna anger vattendelarläget och det rödstreckade området den yttre skyddsområdesgränsen. Pilarna anger ungefärligt grundvattnets rörelseriktning. Det blå området eller det streckade blå anger område med mycket god grundvattentillgång i Ljusnanåsen.

primära vattensystem. Under fältarbetena påträffades flera grävda, grunda brunnar anlagda i dessa sekundära grundvattenmagasin.

Vad som särskilt uppmärksammats är att Hölesjöns vattenyta ligger högre än vattenytan i Ljusnanåsen och att det sannolikt inte finns någon hydraulisk förbindelse mellan Hölesjön och åsen. Det finns också ett flertal tjärnar, bl.a. Föltjärnen, Fjällmyrtjärnen, Slakttjärnen och Lintjärnen, vilkas vatten vilar på finkorniga sediment och är helt åtskilda från grundvattenmagasinen i åsen. De undersökningar som Åke Roos, Roos sjömätning, genomfört och den hjälp han bidragit med under fältarbetet har varit till stor hjälp för förståelsen av hur de olika vattensystemen i anslutning till Ljusnanåsen fungerar.

Glössbos kommunala vattentäkt

Jordarterna inom tillrinningsområdet till Glössbos vattentäkt består huvudsakligen av sand- och grusmaterial. Grundvattenförhållanden, som grundvattnets strömningsriktning och grundvattendelare i Ljusnanåsen, är förhållandevis väl kartlagda i samband med grundvattenkartläggningen, vilken omfattar borrhningar, brunnnsdata, geofysiska undersökningar, jordartskartering samt avvägning av grundvattenytor.

Man kan betrakta grundvattentillgången som mycket stor och grundvattnets strömningsriktning följer i stort Ljusnanåsens (blått och blåstreckat) längdriktning från nordväst mot sydost. Den bedömningen har gjorts att åskärnan, dvs. den del av åsen som har det grövsta sand- och grusmaterialet och den bästa förutsättningen att snabbt transportera eller utvinna vatten, är belägen i de sydvästra delarna av åsen i anslutning till eller söder om landsvägen mellan Glössbo och Växbo.

Avrinningsområdet begränsas dels av vattendelaren, dels av Östersjön och Glössboån vilka ligger söder om Ljusnanåsen (se figur 22). En större del av vattenflödet inom avrinningsområdet bedöms ske i form av ett grundvattenflöde i åskärnan mot sydost. En del av grundvattenflödet mynnar sannolikt till ovan nämnda åar och övergår där till ytvatten.

Det blåfärgade området i figur 21 har stor infiltrationskänslighet, dvs. det föreligger en stor risk för föroreningar att infiltrera till grundvattnet och transporteras vidare i grundvattnets strömningsriktning

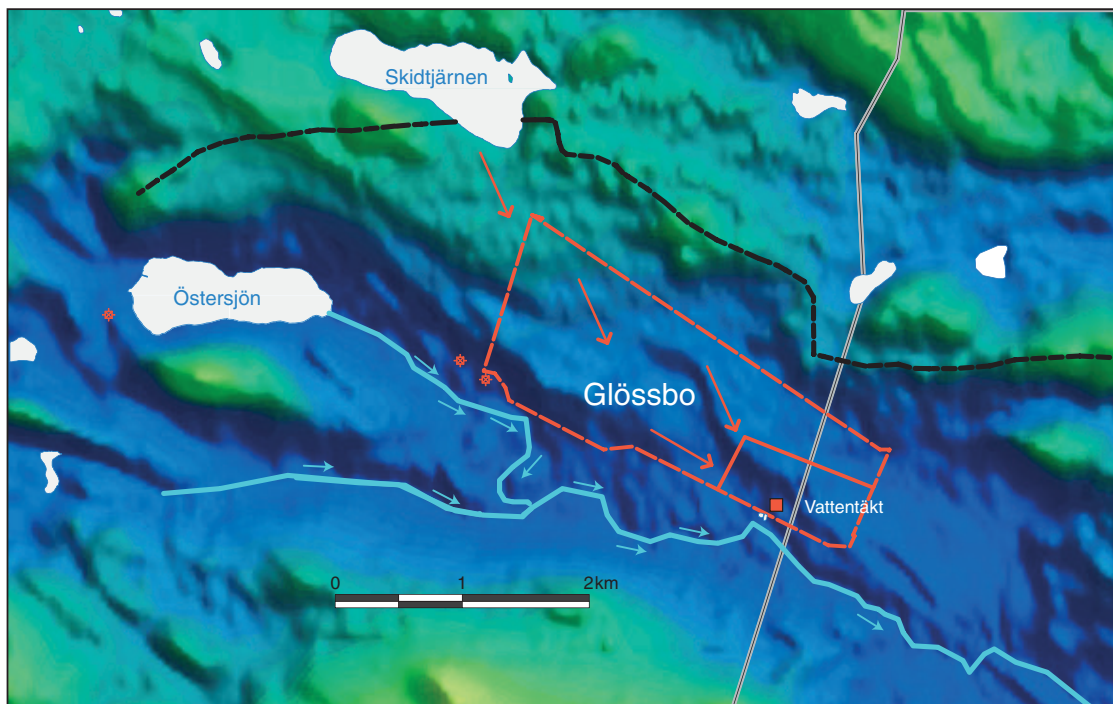


Fig. 22. Höjdreliëfkarta vid Glössbos vattentäkt. De högst belägna områdena anges med grönt och de lägst belägna med mörkblått. Vattendelarläget anges med röda prickar. Streckat rött anger yttre, och heldraget rött anger inre skyddsområde. De röda pilarna anger grundvattnets strömningsriktningar.

och därmed föreligger också risk för att sådana föroreningar kan påverka råvattenkvaliteten i Glösbos vattentäkt.

Vägen mellan Bollnäs och Söderhamn som går helt intill vattentäkten utgör en särskild risk för påverkan eller utslagning av dricksvattentäkten. Dikena i anslutning till vägen i vattentäktens omedelbara närhet ökar snarare infiltrationsrisken än fungerar som avledare av förorenat vatten. En trafikolycka med utsläpp av miljöstörande ämnen i detta område bedöms kunna påverka vattentäkten inom någon till några timmar.

Transporthastigheten i grundvattnet i Ljusnansåsens kärna, dvs. i åsens längdriktning, har överlagsmässigt beräknats till ca 25 m per dygn. Transporthastigheten in mot åsens kärna bedöms vara betydligt lägre då dessa delar av avlagringen består av finkornigare material. Denna transporthastighet bedöms till ca 1 m per dygn.

Vallsta–Orbaden

Den del av Ljusnanåsen, som sträcker sig från Orbaden i norr förbi Vallsta och avslutas vid Kurlandsudden i söder och där åsen tvärs över Kyrksjön mot Norränge, är i stora delar täckt av finkornigt material, silt och lera. Innan SGUs undersökningar genomfördes har man antagit att en stor del av Ljusnanåsen i detta avsnitt legat i Ljusnan och Kyrksjön och till stor utsträckning varit borteroderad. Vissa topografiska förhållanden gav antydningar om att åsen fanns under det finkorniga materialet och detta bekräftades genom borrhningar. Jordmäktigheterna överstiger 20 m i samtliga sonderingar och större delen av jordlagerföljderna utgörs av sand och grus. Den största konstaterade jordlagerföljden påträffades vid Kurlandsudden (sond.borrn. 9808, obsrör 9801), där jordmäktigheten överstiger 31 m och materialet utgörs av ca 8 m lera, silt och grovmo i ytan och resterande del av sand och grus.

Grundvattentillgången har klassats i storleksordningen 5–25 l/s i detta avsnitt av åsen. Sannolikt är tillgången på naturligt grundvatten snarare närmare den lägre än den högre siffran beroende på karaktären på infiltrationsområdet. Emellertid bedöms möjligheterna för inducerad infiltration från Ljusnan och Kyrksjön vara goda i flera delar av detta avsnitt av Ljusnanåsen. Detta gäller särskilt det ovan nämnda området vid Kurlandsudden där åsen tvärs över Kyrksjön mot Norränge. Åsen har här en vattenförande sektion i förhållandevis grovt material på mer än 20 m. Vid fältbesiktning bedöms också att en del av åskärnan går i dagen vid Kyrksjöns strand. Man kan också anta att delar av Kyrksjöns botten i detta område består av sand och grus, vilket utgör goda förutsättningar för inducering. Då de översta jordlagren består av finkornigt material har grundvattnet därigenom också ett gott skydd mot yttre påverkan. Vid en eventuell exploatering av grundvattentillgången på Kurlandsudden kommer vattenkvaliteten att vara beroende av graden av inducering. Med hänsyn till den förhållandevis goda vattenkvaliteten i Ljusnan bedöms också möjligheterna goda att erhålla ett bra råvatten för dricksvattenproduktion.

I jämförelse med andra områden, t.ex. i Sundsvall, där grundvattenuttag baseras på inducering av vatten från ytvattendrag med likartade geologiska förhållanden, bedöms uttagspotentialen kunna vara från något till några 100-tal l/s. Det erfordras emellertid ytterligare undersökningar innan ovan givna bedömningar kan säkerställas. Sådana undersökningar bör inriktas på hur man genom vattenuttag bäst styr induceringen och hur vattenkvaliteten påverkas för olika uttagssituationer.

Tällby–Lövvik (Undersvik)

Ljusnansåsens fortsättning norrut från Orbaden till Lövvik är mindre känd. Sannolikt finns rester av åsen kvar i Orsjön och åsen dyker upp på land vid Lövvik strax norr om Undersvik. Sand- och grusavlagringen mellan Tällby och Lövvik utgör sannolikt mindre rester av Ljusnanåsen och större delen av avlagringen fortsätter under vattenytan norrut mot Tevesjön och Ljusdals kommun.

Grundvattentillgången har här klassats till mellan 5 och 25 l/s. Dessa siffror bygger på bedömda goda möjligheter för inducering. Tillgången på naturligt grundvatten bedöms understiga 5 l/s.

Grundvattentillgångar i åsen vid Landafors

I anslutning till Ljusnan ligger en sand- och grusavlagring (grönt på jordartskartan, figur 23) med en tämligen god grundvattentillgång. En god grundvattentillgång i denna avlagring förutsätter möjligheter för inducering av vatten från Ljusnan. I samband med grundvattenkartläggningen har det bedömts att sådana förutsättningar föreligger på grundval av främst jordartsgeologiska förhållanden, borrhningar och brunnsdata.

Landafors grundvattentäkt är anlagd i denna avlagring. Tillrinningen till vattentäkten bedöms ske från grundvattentillgången i sand- och grusformationen och sannolikt också genom inducering av vatten från Ljusnan.

Under opåverkade grundvattenförhållanden bedöms grundvattnets strömning i sand- och grusavlagringen ske snett genom avlagringen mot Ljusnan (röda pilar, figur 23). Genom uttag av vatten i den kommunala vattentäkten bedöms grundvattnets strömning avledas så att grundvattenströmningen till vattentäkten sker längs avlagringen så att grundvattnets strömningsriktning är från nordväst mot sydost. Hur lång sträcka en sådan avledning kan ske är bl.a. beroende på hur stor induceringen av vatten från Ljusnan är. Närmare uppgifter om detta föreligger inte.

Övriga delar av tillströmningsområdet till Landafors vattentäkt utgörs av morän och finkorniga jordar. Grundvattnets strömningsriktning är från vattendelaren mot Ljusnan. Grundvattnets strömningshastighet bedöms också som långsam, uppskattningsvis någon decimeter per dygn.

Möjligheter till inducerad infiltration bedöms föreligga längs hela den karterade sand- och grusavlagringen från Voxsäter i norr till Bergviken i söder. Särskilt god potential för inducerad infiltration och därmed också uttagsmöjligheter av stora vattenvolymer bedöms föreligga i området där avlagringen går tvärs över Ljusnan mellan Voxsäter och Bäckänge. Bedömningen grundas i första hand på, förutom de geologiska förutsättningarna, att då avlagringen går över ett strömmande vattendrag finns inte täta jordlager som försvårar en inducering. Att närmare lokalisera bästa lägen för vattentäkter, som till stor del ska basera en uttagen vattenmängd på inducering, erfordrar ytterligare undersökningar.

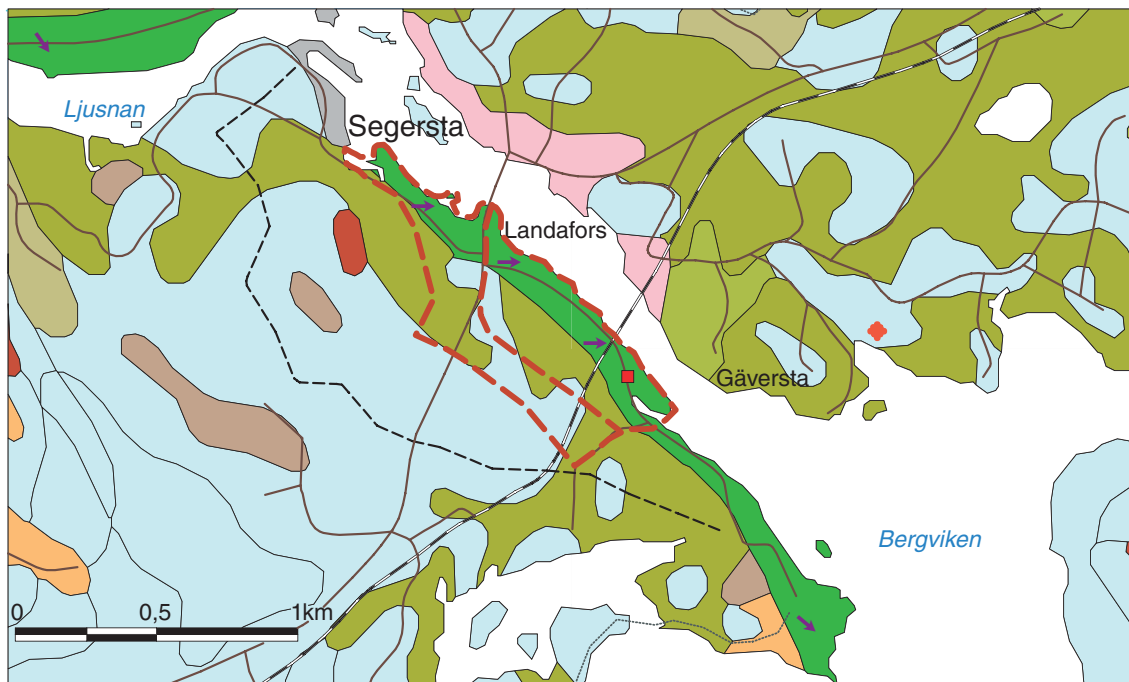


Fig. 23. Jordartskarta över området vid Landafors vattentäkt. De röda prickarna anger vattendelarläget och det rödstreckade området den yttre och heldragna röda linjen den inre skyddsområdesgränsen. Pilarna anger grundvattnets ungefärliga strömningsriktning. Grönt = sand och grus, orange = sand, blått = morän, rött = berg i dagen, brunt = moss- och kärrmark, övriga färger anger finkornigt material som lera och silt.

Grundvattentillgångar i åsen vid Eriknäsbo–Heden

En mindre sand- och grusavlagring sträcker sig från ca 1,5 km nordväst om Eriknäsbo till Heden i ett så gott som sammanhängande stråk. Ost–sydost om Heden mot Bollnäs förekommer isolerade sand- och grusavlagringar, vilka sannolikt tillhör samma isävsstråk. Den nordvästligaste delen av avlagringen utgörs av sand och grus med liten mäktighet. Den mäktigaste delen av åsen ligger ca 2 km ost–sydost om Eriknäsbo i anslutning till en större soptipp och skjutbana. Öster om skjutbanan försvinner åsen från markytan under finkornigt material till Bollnäs flygplats och Heden, där åsen går i dagen på några ställen. Ett antal mindre källutflöden och bäcksystem förekommer längs hela åssträckningen, varigenom grundvattentillgången avvattnas till stor del. Ett källutflöde till en bäck strax öster om skjutbanan har uppskattats till ca 2–3 l/s.

Grundvattentillgången har klassats som måttlig, 1–5 l/s. Det område som skulle kunna bedömas som bästa läge för en vattentäkt är idag taget i anspråk av soptippen och skjutbanan, varför detta område ej kan anses vara av intresse för vattenförsörjning. Övriga delar av åsen har betydelse för enskild vattenförsörjning men knappast för mer storskalig vattenutvinning.

Grundvattentillgångar i åsen vid Västansjö

Västansjös grundvattenuttag för kommunal vattenförsörjning baseras på ett grundvattenflöde som är förstärkt med infiltration av ytvatten. Ytvattnet tas från Gällsån väster om vattentäkten och ytvattnet kan infiltreras i ett par infiltrationsanläggningar.

Vattentäkten är belägen i en mindre sand- och grusavlagring och där grundvattentillgången har bedömts som förhållandevis liten. Förutom sand- och grusavlagringen karakteriseras den övriga delen av avrinningsområdet av morän och finkorniga jordar. De finkorniga jordarna underlagras sannolikt av morän, utom i sand- och grusavlagringens närhet där det ytliga finkorniga materialet kan underlagras av sand och grus. Materialet i sand- och grusavlagringen bedöms domineras av relativt finkornigt sandigt material och en uthållig grov kärna av grus och sten saknas troligen (se figur 24.). Detta tillsammans med förhållandevis små grundvattengradienter i avlagringens längdriktning bör medföra en relativt låg transporthastighet för grundvattnet. Grundvattnets flödesriktning bedöms ske från nordväst och från sydost i sand- och grusavlagringen, dvs. i sand- och grusavlagringens längdriktning mot vattentäkten.

Avrinningsområdet är avgränsat med utgångspunkt från områdets topografiska och geologiska förhållanden. Ytvattendelaren bedöms vara densamma som grundvattendelaren i en miljö som denna.

I de mer höglänta områdena infiltrerar nederbörden i marken (inströmningsområden) och avrinner mot de lägre liggande områdena (utströmningsområden). I terrängens lägsta partier finns bäcksystem som tar emot en stor del av grundvattenflödet, som transporteras vidare i form av ytvatten till Flugån och vidare till Bofarasjön. Större delen av vattenflödet inom avrinningsområdet sker som ytvatten och endast en mindre del av den effektiva nederbörden bildar grundvatten, som kommer sand- och grusavlagringen till del.

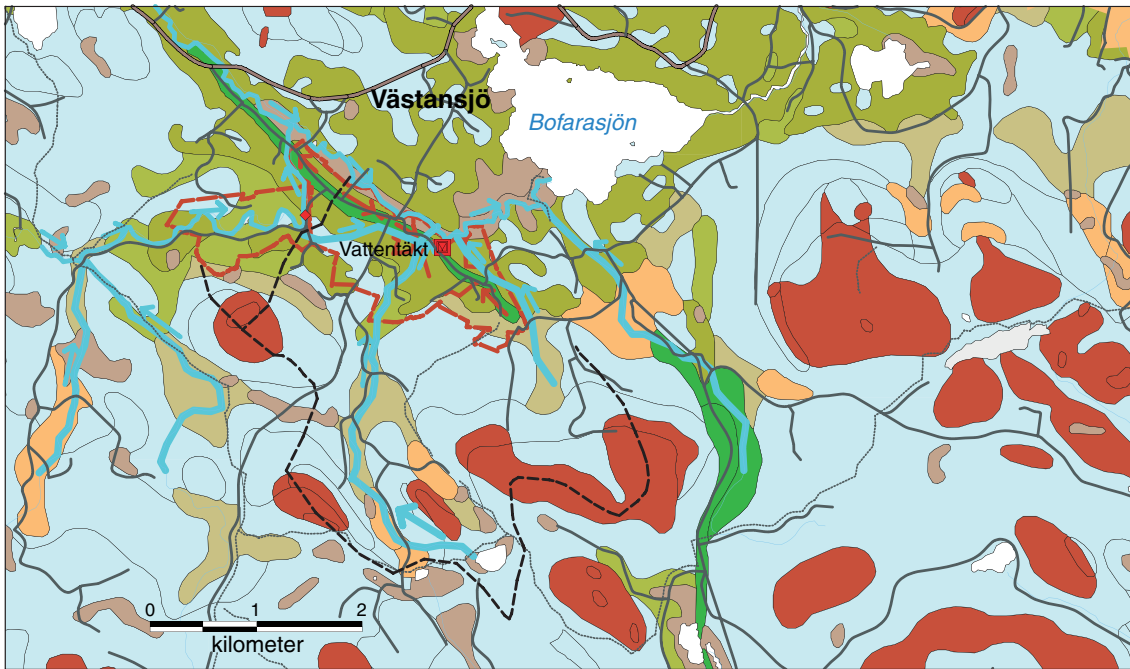


Fig. 24. Jordartskarta över området vid Västansjö vattentäkt. De röda prickarna anger vattendelarläget och det rödstreckade området den yttre skyddsområdesgränsen. De röda pilarna anger grundvattnets ungefärliga strömningsriktning. (Grönt = sand och grus, orange = sand, blått = morän, rött och rödprickigt = berg i dagen eller område med tunt jordtäckte, brunt = moss- och kärrmark, övriga färger anger finkornigt material som lera och silt.)

Grundvattentillgångar i åsen vid Varstubäcken–Tönsen

Isälvsstråket från Varstubäcken till Tönsen och vidare mot sydost mot kommungränsen har till största delen bedömts ha en måttlig grundvattentillgång, 1–5 l/s. Huvudanledningen till denna bedömning är dels att tillrinningsområdena till olika partier av avlagringen är förhållandevis små, dels att ytvattenavrinningen är omfattande i tillrinningsområdena. Bästa möjligheten för grundvattenuttag har bedömts ligga i ett grustag strax söder om Varstubäcken. Vid borring för observationsrör där erhöles ett djup av sand och grus på ca 13 m och en vattenförande sektion på ca 8 m.

I de mer låglänta områdena vid Tönsen i anslutning till sjöarna Lötbodtjärnen, Långsjön och Tönsen har grundvattentillgången bedömts till 5–25 l/s. Bedömningen grundas på att tillrinningsområdet här är relativt stort samt att möjligheter för inducering av ytvatten finns. I dessa områden förekommer också relativt omfattande myrmark, varför grundvattenkvaliteten bedöms kunna vara mindre lämplig för dricksvattenproduktion.

Grundvattentillgångar i åsen vid Häbsbosjön

Isälvsstråket från Häbsbosjön och mot sydost genom kommunen karakteriseras av omväxlande ackumulation av sand- och grusmaterial och erosion. Den största ackumulationen finns i stråket närmast Häbsbosjön där främst sand men även grusmaterial har en omfattande utbredning. Detta område bedömdes som intressant ur grundvattensynpunkt varför en seismisk profil (S1-98) genomfördes. Sand- och grusmaterialets mäktighet är emellertid liten, normalt mellan ca 3 och 8 m, och grundvattenytan ligger nära berggrundsytan. Grundvattenmagasinet bedömdes därför som relativt litet medan dräneringen från grundvattenmagasin till ytvattendrag bedöms som snabb. Grundvattnets uppehållstid i dessa delar av avlagringen är därför kort. Områdes klassades på dessa grunder ha en måttlig grundvattenpotential på 1–5 l/s.

I isälvsstråket från Långsjön och vidare åt sydost dominerar erosionsformerna och ackumulationen av sand och grus är liten. Grundvattentillgången bedömdes därför som liten eller att grundvattentillgång saknas i olika partier.

GRUNDTVATTNETS KEMI

Det finns inte ett sådant samlat material avseende fysikalisk–kemiska grundvattenanalyser i Bollnäs kommun att en närmare karakterisering av grundvattnets kvalitet kan göras. Man kan enklast beskriva de grundvattenkemiska förhållandena som likartade de som gäller övriga delar av urbergsområdena i Sverige.

Det finns inte anledning att misstänka att särskilt uttalade problem finns i Bollnäs kommun när det gäller grundvattnets kvalitet och dess användning för dricksvattenförsörjning.

Grundvattnets kvalitet påverkas dels genom naturliga processer och geologiska förhållanden, dels genom mänskliga aktiviteter som t.ex. spridning av luftföroreningar (försorsakar bl.a. försurning) och storskalig markanvändning som t.ex. jordbruk.

Det vanligaste kvalitetsproblemet i Bollnäs kommun, liksom på de flesta håll i landet, är höga järnhalter i grundvattnet. Förklaringen till detta är att jordskorpan innehåller höga halter järn och järnet är förhållandevis lätttröligt och påverkas lätt av förändringar i de markkemiska förhållandena, t.ex. ger variationer i grundvattennivå också förändringar i den kemiska miljön.

I jordbruksområden, särskilt sådana med lätta jordar, kan förhöjda kvävehalter förekomma. Rester av bekämpningsmedel, s.k. pesticider, har också uppmärksammats på senare tid inom jordbruksområden.

Förekomst av höga kloridhalter, försakade av vägsaltning, har uppmärksammats i Bollnäs kommun. Problem i större omfattning av naturligt salt grundvatten bedöms inte finnas inom kommunen men har påträffats i samband med brunnsborrning i berg. Förekomst av salt grundvatten behandlas närmare i kapitlet ”Salt grundvatten och motåtgärder”.

De luftburna föroreningarna är ett internationellt problem och åtgärder lokalt påverkar oftast förhållandena endast marginellt. Luftföroreningar ger en sur nederbörd, vilken också påverkar grundvattnets surhetsförhållande. Kalkfattiga områden, till vilka stora delar av Bollnäs kommun hör, har dålig buffringsförmåga och är därmed mer känsliga för försurning av främst ytligt grundvatten.

Grundvattnets kemi i allmänhet

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 vätekarbonat, medan det vid vittring med en stark syra som t.ex. svavelsyra bildas förhållandevis mer kalcium och magnesium än vätekarbonat. 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 borrade brunnar.

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. Bergborrade brunnar 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. Även andra orsaker till förhöjda kloridhalter i grundvattnet förekommer. Se vidare avsnitt 5 som berör frågan om salt grundvatten närmare.

Höga kvävehalter förorsakas oftast av mänsklig påverkan som gödsling, avlopp och andra föreningskällor. Problem med höga halter i grundvatten förekommer i jordbruksområden med genomsläppliga jordar, särskilt i jordgrundvatten. Kväveföreningar analyseras avseende ammonium-, nitrat- och nitritkväve.

Variationerna i järn- och manganhalter kan vara stora, även mellan mycket närbelägna platser (så nära som några tiotal meter och mindre). Järnhalten kan även variera med djupet i ett och samma borrhål. Detta beror på redoxpotential och syreförhållanden, vilka kan variera på detta sätt. Järn och mangan går i lösning eller fälls ut. Detta kan man se tydligt t.ex. i många grustag där vissa mycket väl avgränsade lager kan vara starkt rostfärgade av järn eller svartfärgade av mangan.

Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten visas i avsnittet "Dricksvatten".

SALT GRUNDVATTEN

Ett salt grundvatten som påträffas i brunnar härrör från mer eller mindre stora djup under brunnsområdet. I vissa fall kan det emellertid röra sig om mänsklig påverkan – vägsalt, soptippar m.m. – vid markytan.

Beträffande möjligheterna att bedöma risken för salt grundvatten i områden långt från havet, pekar nuvarande kunskaper på att salt grundvatten förekommer överallt, inte bara nära kusten och inte heller endast i områden som efter den senaste istiden varit täckta av salta hav.

I samband med djupborrningen vid Gravberg i Siljansområdet påträffades salt grundvatten på ca 4 000 m djup och på ca 6 000 m djup påträffades saltlake med en salthalt på 100 000 mg/l. Motsvarande saltlake har nu påträffats även i Oskarshamnsområdet och på ”endast” ca 1 000 m djup. Denna typ av mycket salt grundvatten har närmast regelmässigt påträffats vid borrningar till djup på några tusen meter även i andra delar av världen, inte minst i Finland. Sannolikt har denna saltlake inget direkt med forntida havsvatten att göra. Den har antagligen sitt ursprung i kemiskt utbyte mellan heta, mineraliserade vattenlösningar och berggrunden på mycket stora djup nere i jordskorpan.

Det salta grundvattnet förekommer således på mycket olika djup och mätningar med geoelektrisk sondering tyder nu på att man kan kvantifiera risken för salt grundvatten genom att mäta hur långt ner det är till gränsen mellan sött och salt grundvatten.

Som exempel på djup till salt grundvatten som beräknats med geoelektriska sonderingar kan följande anges:

- Harstena 50 m
- Smådalarö i Stockholms skärgård 150 m
- Utö i Stockholms skärgård 200 m
- Östra delen av Aspö i Mälaren 250 m
- Skogshöjdområdet söder om Mariefred 1 500 m

Dessa värden får inte ses som största tillåtna borrhjup utan som relativa mått på risken att erhålla ett salt grundvatten. Detta beror på att en brunn inte måste nå ända ner till saltvattengränsen för att den skall kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. Orsaken är att även om gränsen mellan sött och salt grundvatten ligger djupt ner, så har det salta vattnet en trycknivå som ligger avsevärt mycket högre. Detta förhållande illustreras i figurerna 25 och 26.

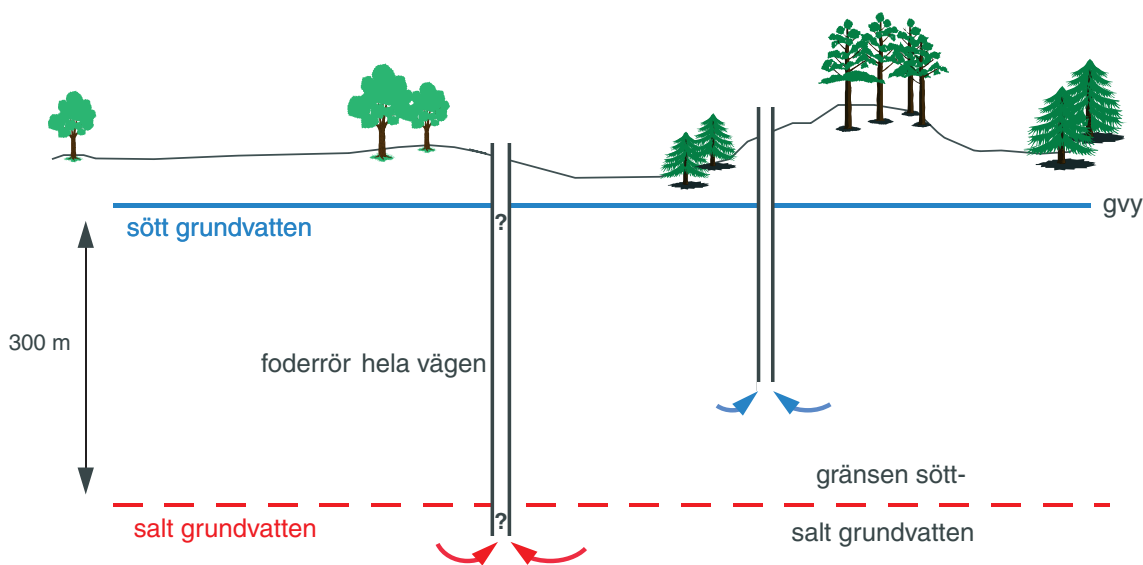


Fig. 25. Båda brunnarna utgörs av stålrör, där vattnet kommer in endast underifrån. Den högra brunnen får in sött vatten – vattennivån i brunnen blir densamma som omgivande grundvattennivå. In i den vänstra brunnen kommer bara salt grundvatten från drygt 300 m djup. Vilken vattennivå får man i den brunnen?

Om gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt, så innebär de hydrauliska tryckförhållandena att det salta vattnets trycknivå inte ligger på 300 m djup utan endast ca 7 m lägre än grundvattennivån. Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i en brunn som endast via sprickor når ner till saltvattengränsen, om man genom pumpning dränerar ut sötvattnet i sprickorna, se figur 27. I de flesta fall får man emellertid inte ett "rent" saltvatten utan tillförel av ytterligare vatten från en mycket oregelbunden sprickighet som kan ge vilka blandningsförhållanden som helst. Det är ju inte heller så att det salta grundvatten man får upp vid pumpning i brunnar alltid har en viss bestämd salthalt.

En stor del av kommunen har varit täckt av salt havsvatten och när landytorna var täckta av havsvatten var allt grundvatten salt. När sedan landet höjt sig ur havet har det salta grundvattnet successivt tvättats ut av infiltrerande regnvatten. Denna process har pågått dels under längre tid, dels med större och därmed effektivare hydraulisk gradient i höjdområden än i lågområden.

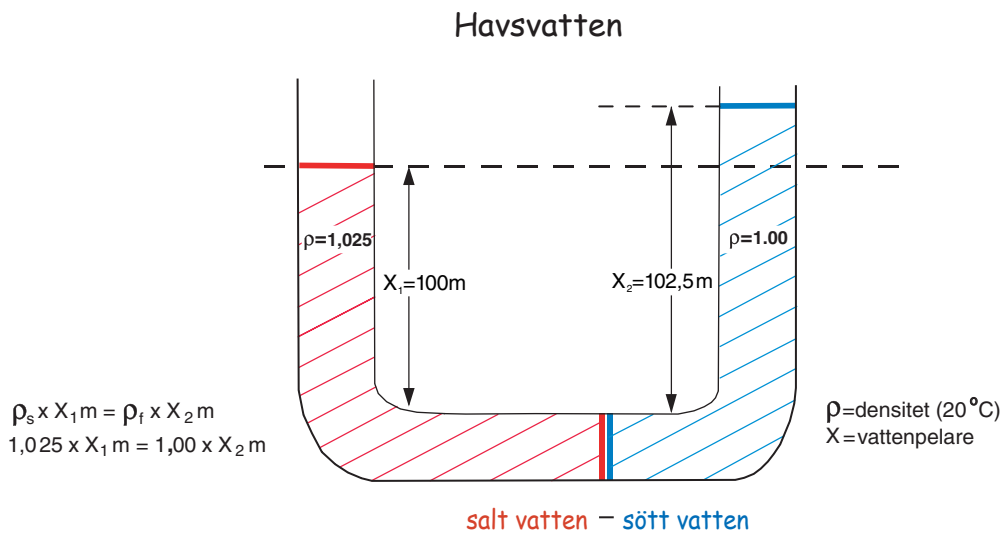


Fig. 26. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

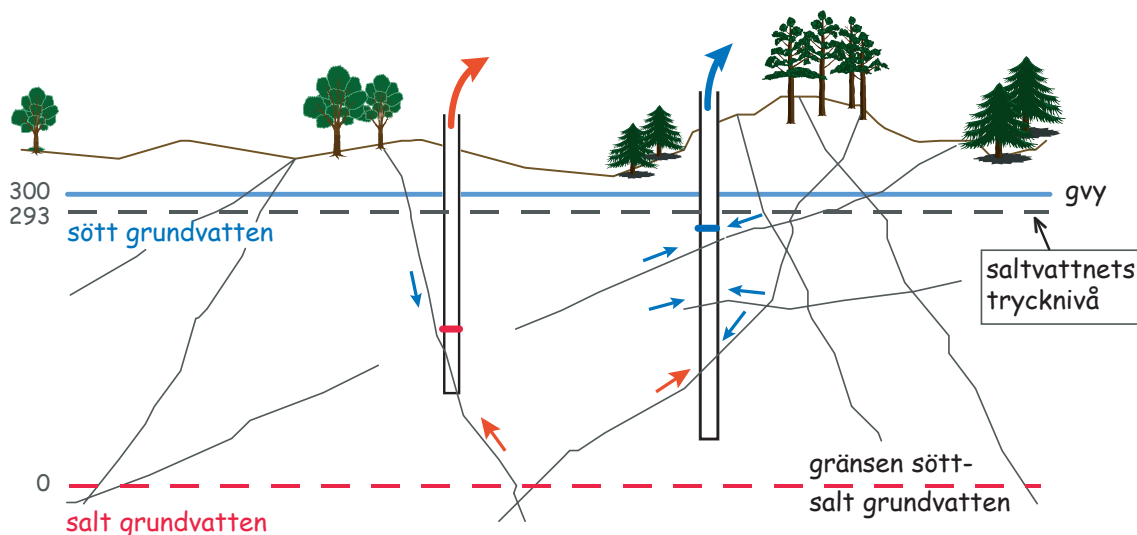


Fig. 27. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sänka. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt vatten från djupet medför att brunnen ger vatten med låg salthalt.

Man kan i stora drag likna det söta grundvattnet vid ett isberg som flyter ovanpå det salta grundvattnet. Ju mer det sticker upp, desto djupare ner ligger dess undersida. Eftersom grundvattenytan i dessa trakter vanligtvis ligger några få meter under markytan, ligger gränsen till salt grundvatten generellt sett djupare i höjdområden än i lågområden.

Med ledning av vad som ovan framförts kan man förutse vilka områden som generellt sett har större risk att erhålla ett salt grundvatten:

- lågområden och områden nära större sjöar och vattendrag,
- risken avtar med höjden över havet, och
- risken ökar också med ökade grundvattenuttag.

GRUNDVATTNETS SÅRBARHET

Allmänt om 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 förorenings-spridning till grundvattnet.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med röd färg på Underlagskarta för grundvattenskydd (den s.k. sårbarhetskartan), se figur 29. 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 vattentäkter. På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten för att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 28.

Med utgångspunkt från grundvattenkartan över Bollnäs kommun och dess databaser har Underlagskarta för grundvattenskydd, se figur 29, tagits fram och levererats till kommunen. Denna 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).

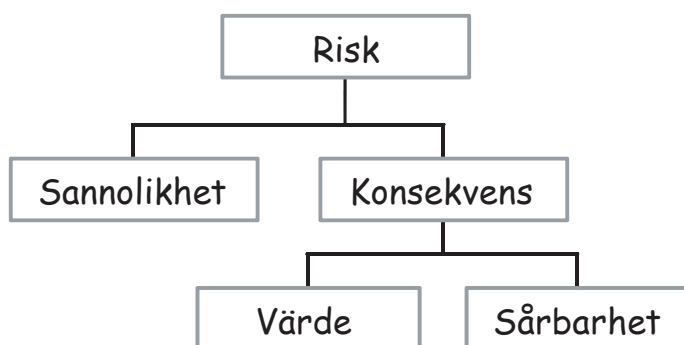


Fig. 28. Risk- och konsekvensanalys.

Skydd av grundvattnet

Grundvattnet måste skyddas, inte bara med tanke på vattenförsörjningen för människor och djur, utan också därför att grundvatten väsentligen är ursprunget för ytvattnet med dess växt- och djursamhället.

Skyddsåtgärderna går i princip ut på att förhindra att föroreningar når vattentäkter eller ytvatten. Skulle en skada inträffa i grundvattnets tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i marken vara så lång att skyddsmekanismerna i jord och berg eller motåtgärder som sätts in hinner verka innan grundvattnet når brunnar eller sjöar och vattendrag.

Det naturliga skyddet består i att föroreningar på kemisk eller mekanisk väg läggs fast i marken eller bryts ned till ofarliga beståndsdelar. När stora föroreningsmängder på kort tid sprids över en begränsad markyta, t.ex. vid olyckor i samband med transport av hälsofarliga vätskor eller vid ovarsam hantering av skadliga ämnen, måste marken saneras. Man försöker då samla upp föroreningarna genom att t.ex. gräva bort skadad jord och pumpa upp förorenat vatten. Motverkande kemikalier används också i viss utsträckning för att neutralisera skadorna. På senare tid har bakterier börjat användas för att påskynda den naturliga nedbrytningen av oljeprodukter som infiltrerat i marken.

För att förebygga skador på grundvatten som används för kommunal vattenförsörjning fastställs skyddsområden. Ett vattenskyddsområde kan delas in i zoner med föreskrifter som är anpassade efter skyddsbehovet i respektive zon. Föreskrifterna i skyddszonerna utfärdas av länsstyrelserna eller kommunen. Ett vattenskyddsområde kan delas in i vattentäktzon, primär respektive sekundär skyddszon och vid behov även tertiär skyddszon. Indelningen av vattenskyddsområdet i skyddszoner görs med olika utgångspunkter. För vattentäktzonen är syftet att säkra ett effektivt närskydd för en vattentäkt. Principen ska vara att området ska vara otillgängligt för andra än verksamhetsutövaren. För primär skyddszon är syftet att skapa rådrum i händelse av en akut förorening. Syftet med sekundär skyddszon är att kunna bibehålla eller förbättra kvaliteten på grundvattnet. Om en tertiär skyddszon används ska mark- och vattenutnyttjande som kan påverka grundvattenförekomsten i ett långtidsperspektiv ingå.

Den primära skyddszonen avgränsas så att transporttiden mellan grundvatten bildat i den sekundära skyddszonen och vattentäktzonen beräknas vara minst 100 dygn. Transporttiden från den sekundära skyddszonens borte gräns till vattentäktzonen bör vara minst ett år. Hur stora områdena blir när det gäller brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avstånd till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när gränserna för zonerna i vattenskyddsområdet bestäms.

För enskilda brunnar finns inga regler eller bestämmelser när det gäller skyddet av vattnet. Brunnägaren måste själv svara för att åtgärder är vidtagna så att vattnet inte skadas. Det är till stor nytta att se till att marken lutar utåt och är tät åt alla håll närmast brunnen och att ordna med något slags hägn omkring den.

Kommentarer till Underlagskartan för grundvattenskydd

Allmänna kommentarer

Underlagskartan för grundvattenskydd är en temaprodukt som bygger på den digitala grundvattenkartan över kommunen, vilken i sin tur bygger på digitalt geologiskt kartunderlag i skala 1:50 000, information från äldre grundvattenutredningar samt på nya, detaljerade mätningar med georadar och seismik, sonderingsbörningar och grundvattennivåmätningar. Kartan är avsedd att utgöra ett beslutsunderlag vid den övergripande planeringen av markanvändningen i kommunen med hänsyn till skyddet av grundvattentillgångarna på såväl kort som på mycket lång sikt. Den ger en möjlighet att identifiera de viktigaste, potentiella riskområdena och vidta eller åtminstone planera lämpliga skyddsåtgärder. Sammanställd med uppgifter om t.ex. trafikförhållanden på vägarna, miljöfarliga transporter och hanteringen av miljöfarliga ämnen i kommunen kan man med detta underlag också genomföra riskanalyser och besluta om relevanta skyddsåtgärder. Med kartan och databasen som grund har kommunen även ett underlag vid lokalisering av miljöfarlig verksamhet, MKB-utredningar samt planering

och genomförande av miljöövervakningsprogram. Underlagskartan för grundvattenskydd över Bollnäs kommun visar infiltrationsförhållanden i jordlagren, var infiltrationen sker snabbt och var den sker mer långsamt. Av kartan framgår var viktiga grundvattentillgångar finns som kan ta skada vid eventuell infiltration av miljöfarliga ämnen. Ett utsnitt ur underlagskartan visas i figur 29.

Färgsättningen är avsedd att fungera som ett enkelt signalsystem, där röd färg visar områden med hög sårbarhet, grön färg områden med låg sårbarhet och där gul färg visar områden med intermediär sårbarhet.

Områden med hög sårbarhet är sådana där spridningen av föroreningar kan ske snabbt och där det finns stora grundvattenmagasin som kan skadas, t.ex. i en grusås, som inte har något överlagrande, tätande lerskikt. Områden med låg sårbarhet är sådana där spridningen av föroreningar till grundvattenet kan ske mycket långsamt eller inte alls, t.ex. sådana där förekommande grundvatten är skyddat av överlagrande, tillräckligt mäktig lera, samt områden utan större grundvattentillgångar. Kartan visar bl.a. grundvattnets strömningsriktning, grundvattendelare och viktiga brunnsanläggningar i de större grundvattenmagasinen.

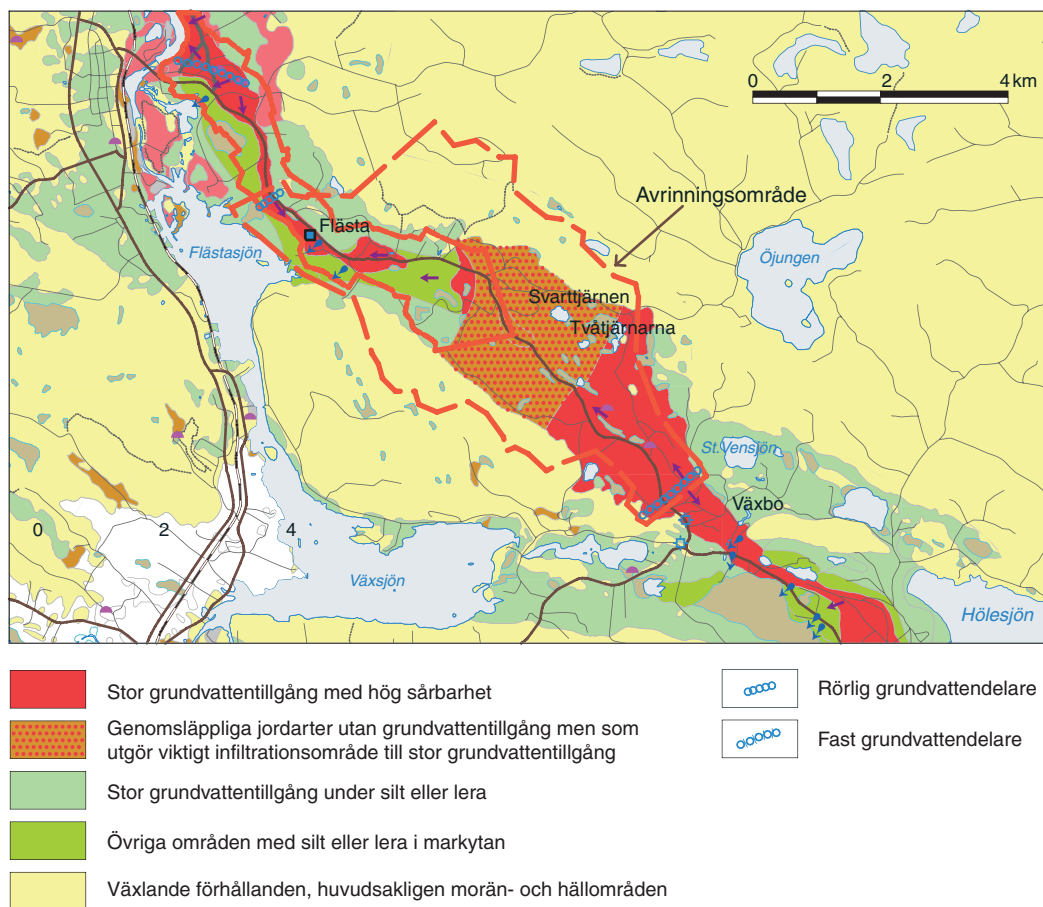


Fig. 29. Utsnitt ur underlagskartan för grundvattenskydd i Bollnäs kommun mellan Flästa och Växbo.

Infiltrationsförhållanden

Beträffande de infiltrationshastigheter som angivits för *infiltrationsbenägna jordarter med viktig grundvattentillgång* (röd färg) gäller dessa för den vertikala transporten av vatten från markytan ner till grundvattenytan. För de flesta oljor är hastigheten lägre (diesel 0,5–0,2 x vattnets, tjockare oljor 0,01–0,001 x vattnets) och för t.ex. bensin är den högre (1,5 x vattnets). För den vidare transporten i grundvattenströmmens riktning är hastigheten direkt proportionell mot gradienten, dvs. grundvattenytans lutning. Vad gäller oljor kan, även om oljan själv rör sig mycket sakta i jordlagren, tillräckligt stora mängder lösa sig i vattnet för att ge dålig smak åt det och röra sig vidare med samma hastighet som vattnet.

I *infiltrationsbenägna jordarter med obetydlig eller utan grundvattentillgång* (brun färg) kan föroreningar snabbt infiltrera i marken, men de bedöms inte kunna skada några större grundvattentillgångar i jordlagren. Däremot kan föroreningar snabbt spridas till, närbelägna bergborrade brunnar.

Det förekommer emellertid vissa partier av åsarna, som klassats som *viktiga infiltrationsområden* (brun färg med röda prickar), som inte innehåller några egentliga grundvattenmagasin i sand- och grusmaterialet. Detta har konstaterats genom geofysiska mätningar och borrhningar. I dessa områden sker emellertid infiltrationen av nederbördsvattnet lika effektivt som i andra delar av åssystemen. Det infiltrerade vattnet når bergytan och rinner snabbt av åt sidorna och ner i grundvattenmagasinen som omger dessa områden. På samma sätt kan eventuella föroreningar nå grundvattenmagasinen. Dessa områden betecknas på sårbarhetskartan med brun färg med röda prickar för att ange att de är mycket sårbara trots att det inte finns några grundvattenmagasin just där.

Risken för förorening av grundvattnet i *områden täckta av lera* kan i allmänhet anses vara mycket liten. I dessa kan emellertid torksprickor uppträda under torrperioder. Sådana sprickor kan maximalt nå 2–3 m under markytan. Genom sådana sprickor kan föroreningar snabbt tränga ner. Detta innebär att områden med mindre lermäktighet än ca 2 m inte kan betraktas som skyddade för infiltration av föroreningar uppifrån (ljusgrön färg). Man kan i allmänhet räkna med att lerområdena har en kantzon med en bredd på ca 10–50 m, ibland mer, inom vilken leran är tunnare än 2 m.

På kartan över Bollnäs kommun har områden med silt och lera, som överlagrar större grundvattenmagasin angetts med en ljusgrön färg. Andra områden med silt och lera i markytan anges med grön färg.

I områden med *växlande infiltrationsförhållanden* är infiltrationsbenägenheten i allmänhet vad man skulle kunna kalla normal. Dessa områden utgörs huvudsakligen av:

1. Morän, där infiltrationshastigheten kan variera ganska mycket beroende på moränens sammansättning t.ex. hur stort lerinnehållet eller grusinnehållet är. I en sandig morän, som det vanligen är fråga om i Bollnäs kommun, kan infiltrationshastigheten vara från några millimeter till några decimeter per dygn. Om emellertid grusiga skikt förekommer kan infiltrationshastigheten lokalt vara högre.
2. Berg i dagen, hållar. Här är infiltrationshastigheten helt beroende av hur pass uppsprucket berget är. Om hållarna är utan större sprickor är infiltrationen mycket liten, ofta ingen. Om hållarna är genomsatta av stora sprickor kan infiltrationshastigheten vara mycket hög.

Generellt kan man emellertid säga att berggrundens allra största sprickor i allmänhet ger sig till känna i form av dalgångar, i allmänhet med förhållandevis mäktiga, skyddande jordtäcken. Det är vanligen också så att berggrunden är blottad uppe på höjderna, men jordtäckt i lägre belägna områden. Nästan varje höjdområde och varje vägskärning genom berg är potentiella riskområden för förorening av grundvattnet i berggrunden. Höjdområden är så gott som alltid inströmningsområden för grundvatten (grundvattenströmmen riktad nedåt). Även om det kan vara svårt att komma till rätta med föroreningar i berggrunden, är dess hydrauliska konduktivitet vanligen så låg att man för det mesta bör kunna räkna med att ha förhållandevis lång tid på sig för att vidta nödvändiga åtgärder, såvida inte föroreningen inträffat nära en vattentäkt.

Våtmarker: Kärr och mossar är oftast utströmningsområden för grundvatten (grundvattenströmmen riktad uppåt), varför man i allmänhet inte behöver befara någon förorening av grundvattnet på sådana ställen, men undantag finns. I vissa områden med mossar finns risk för förorening av grundvattnet men mosstorvens hydrauliska konduktivitet är i allmänhet så låg att infiltration och spridning går mycket långsamt. I samtliga våtmarker är risken vanligtvis störst att föroreningar sprids med ytvattnet.

Grundvattnets strömningsriktning

Uppgifterna om grundvattnets strömningsriktning grundar sig topografiska, geologiska och hydrografiska förhållanden samt på avvägda nivåer i observationsrör och brunnar där noggranna uppgifter ansetts önskvärda. Strömningsriktningar anges endast för större grundvattentillgångar i sand- och grusavlagringar.

Grundvattendelare utgör de högsta grundvattennivåerna i åssystemen. 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. Så är fallet vid t.ex. Oppgården i Flästa.

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

Om man skulle anlägga en brunn vid en av källorna 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 ras i lös sand griper allt längre bort från den plats där man gräver om man gräver allt djupare.

I Bollnäs kommun utgör förhållandena vid grustaget i Växbo ett exempel på en rörlig grundvattendelare.

Utsläpp av miljöfarliga ämnen

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

Kartan ger möjlighet att identifiera de viktigaste, potentiella riskområdena och vidta eller åtminstone planera lämpliga skyddsåtgärder. Med kartan som underlag har man även stöd för planering och genomförande av miljöövervakningsprogram vid anläggningar där mer diffust läckage eller andra mer eller mindre osynliga utsläpp kan förekomma.

I ett akut läge kan man inledningsvis utgå från grundvattnets markerade strömningsriktning. I vissa fall kan det dock vara nödvändigt att känna till strömningsriktningen mer i detalj. Detta gäller t.ex. i närheten av grundvattentäkter, vilka kan påverka strömningsriktningen olika mycket beroende bl.a. på hur stora uttagen är.

Man får emellertid räkna med att grundvattnet intill en brunn alltid strömmar mot brunnen. Då detta kan sägas gälla generellt har det inte markerats på kartorna. Detta innebär naturligtvis att man i allmänhet bör stoppa grundvattenuttagen i alla brunnar intill ett utsläpp av skadliga ämnen, och som skyddsåtgärd anlägga en saneringsbrunn eller motsvarande.

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, se figur 2.

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. Den dåliga penetrationen i täta jordarter beror bl.a. på 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 i dagligt tal 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

Georadar används bl.a. för att:

- bestämma jorddjupet,
- få fram vilka strukturer som finns i jord och berg,
- lokalisera grundvattenytor i grövre sediment,
- påvisa föremål i jordtäckret (block, rör, håligheter etc.) och
- lokalisera 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 lagermäktigheter 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

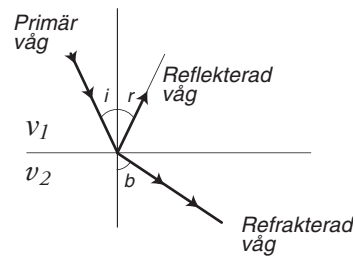
lager med annan hastighet reflekteras en del av vågens energi medan återstoden vandrar vidare i det nya lagret. Vid passage av skiktgränsen sker en brytning av vågens utbredningsriktning. Tänker man sig utbredningsriktningen som en stråle i ett vertikalt snitt, kan refraktionen beskrivas med Snells lag 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, 2

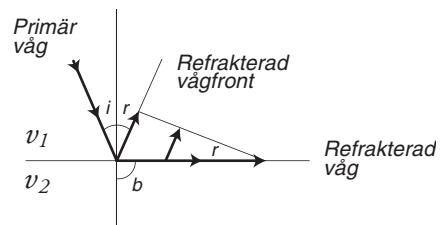


Om hastigheten ökar mot djupet, inträffar vid en viss infallsvinkel kritisk refraktion, vilket innebär att vågstrålen efter passage av skiktgränsen går parallellt med denna. Infallsvinkeln vid kritisk refraktion är

$$i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

och

$$b = 90^\circ$$



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 (se figur 3). Genom att spränga på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs. Vid tolkningen 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. gångtidskurvor 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.

Geologiska förutsättningar

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäckte 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 2800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3000 m/s och uppemot 6000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5000–6000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7000 m/s, se vidare figur 30.

Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

Tillämpningsområden

Refraktionsseismik används bl.a. för att:

- bestämma jordarter,
- bestämma jorddjupet,
- bedöma grundvattenmagasins mäktighet och volym,
- lokalisera sprickzoner i berg – sprickakviferer och
- bedöma bergkvalitet i samband med anläggningsarbeten.

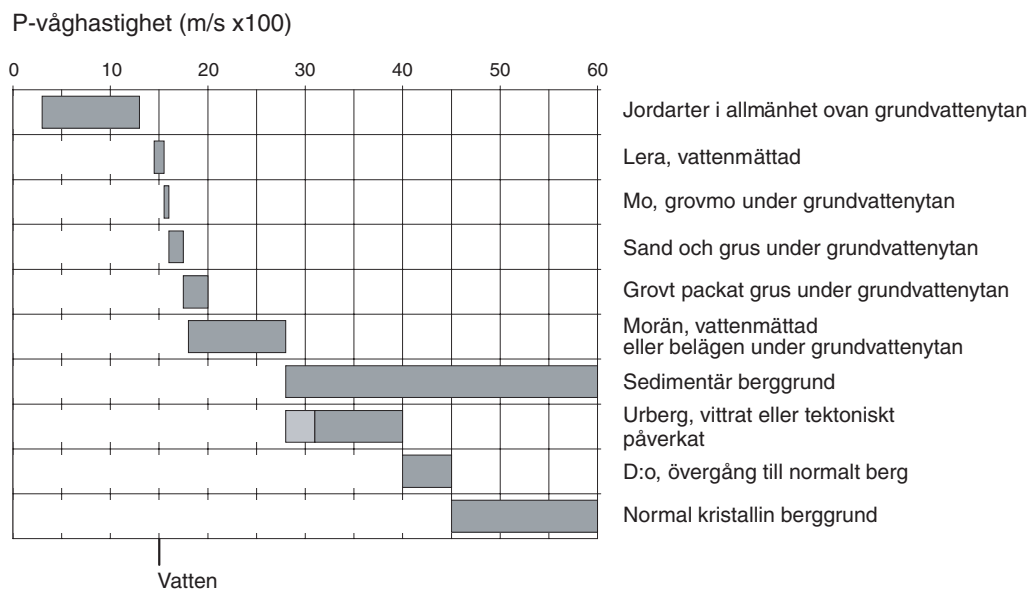


Fig. 30. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Krieger, en sydafrikansk gruvingenjör som på femtiotalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma malmklassfördelning från fördelningar baserade på insamlade malmklasser.

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 multiplicerat med respektive beräknad standardvikt:

$$Y_o = \sum w_i Y_i \quad (i = 1, \dots, n)$$

Y_o är det beräknade värdet

w_i är de beräknade standardvikterna

Y_i är värdena för omgivande punkter

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (räckvidd). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_p, 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 31 visar ett exempel på ett variogram. 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 gäller:

1. Att de uppskattade värdena 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 värdena.

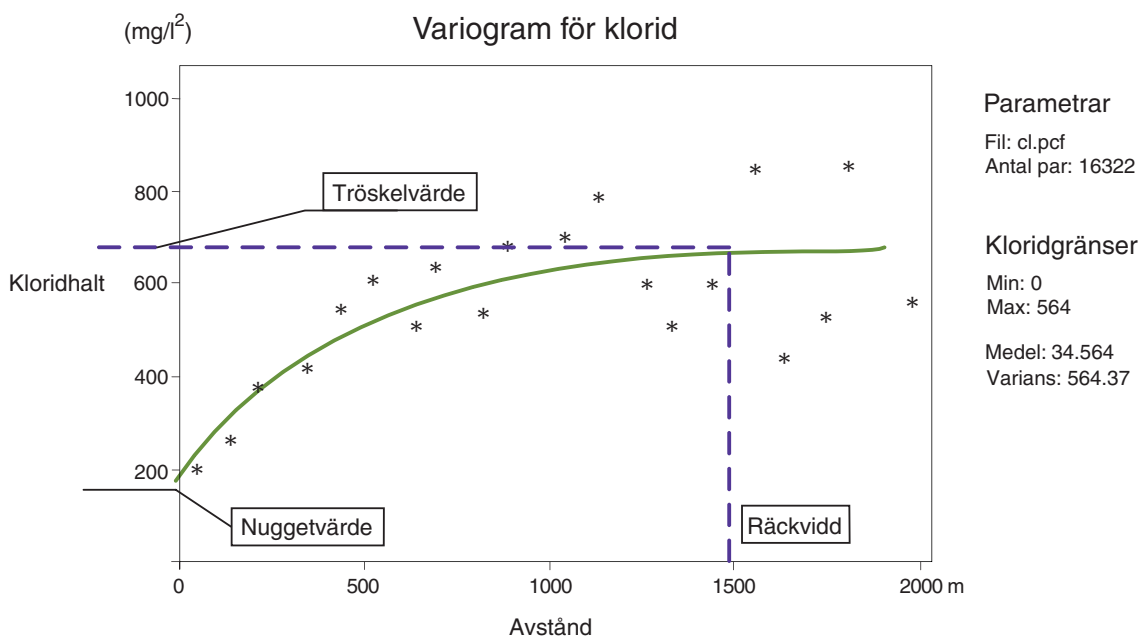


Fig. 31. Exempel på variogramanalys. Här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. I figuren framgår autokorrelationens räckvidd, tröskelvärdet för observationer som är oberoende av varandra samt nuggetvärdet, den lägsta variansen.

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. Faktumet att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, nämligen avstånd och den rumsliga fördelningen.

DOKUMENTATION AV BORRNINGAR OCH GEOFYSISKA MÄTNINGAR

Förutom följande dokumentation finns geofysiska mätningar och borrningar fullständigt dokumenterade som databaser i den digitala MapInfo-kartan ”Grundvattentillgångar i Bollnäs kommun”.

Utförda borrningar (serierna SGU 97 och 98) samt inventerade borrningar med uppgifter på lagerföljd

Spetsar är 2-tums- eller 1-tumsrör som står kvar i marken och i vilka grundvattennivån går att mäta och där vattenprov kan tas (gäller i första hand 2-tumsrören). Sondering är borrning enbart för kontroll av jordlagerföljden och där borrhålet kollapsar efter borrningen. Grundvattennivåerna är uppmätta 1998. Alla nivåer är angivna i höjdsystemet RH 70.

| Obs.-namn | Från | Till | Jordart | Gv.nivå | Ö.k. Rör | x | y | Obs.typ | Org.utf. |
|-----------|------|----------------|-------------------|---------|----------|---------|---------|-----------|----------|
| S 9801 | 0 | 2 | grovmo | | | 6796820 | 1539160 | sondering | SGU |
| | 2 | 6,5 | mellansand | | | | | | |
| | 6,5 | 8 | grusig sand | | | | | | |
| | 8 | 10 | mellansand | | | | | | |
| | 10 | 11 | mellansand | | | | | | |
| | 11 | 12,8 | mellansand | | | | | | |
| | 12,8 | 14,4 | morän | | | | | | |
| 14,4 | | block el. berg | | | | | | | |
| S 9802 | 0 | 1,2 | finmo | | | 6796240 | 1539860 | sondering | SGU |
| | 1,2 | 5 | mellansand | | | | | | |
| | 5 | 6 | stenig sand | | | | | | |
| | 6 | 10 | mellansand | | | | | | |
| | 10 | 12 | grusig sand | | | | | | |
| 12 | 13 | morän | | | | | | | |
| S 9803 | 0 | 1,5 | mjäla | | | 6797275 | 1538775 | sondering | SGU |
| | 1,5 | 8 | finsand | | | | | | |
| | 8 | 11,3 | mellansand | | | | | | |
| | 11,3 | 12,3 | morän | | | | | | |
| | | 12,3 | block el. berg | | | | | | |
| S 9804 | 0 | 2 | lera | | | 6795415 | 1543230 | sondering | SGU |
| | 2 | 18,4 | grovmo | | | | | | |
| | | 18,4 | block el. berg | | | | | | |
| S 9805 | 0 | 10 | grovmo | | | 6795410 | 1542610 | sondering | SGU |
| | 10 | 16 | grusig mellansand | | | | | | |
| S 9806 | 0 | 2 | grovmo | | | 6794890 | 1544270 | sondering | SGU |
| | 2 | 5 | lera | | | | | | |
| | 5 | 12 | stenig grovsand | | | | | | |
| | | 12 | block el. berg | | | | | | |
| S 9807 | 0 | 2 | mellansand | | | 6798170 | 1537685 | sondering | SGU |
| | 2 | 12 | grusig grovsand | | | | | | |
| S 9808 | 0 | 1,8 | lera | | | 6820840 | 1530220 | sondering | SGU |
| | 1,8 | 10 | finmo | | | | | | |
| | 10 | 20 | grovmo | | | | | | |
| | 20 | 31 | grusig sand | | | | | | |
| S 9809 | 0 | 1,5 | grovmo | | | 6822380 | 1530380 | sondering | SGU |
| | 1,5 | 8,5 | lera | | | | | | |
| | 8,5 | 11,8 | grovmo | | | | | | |
| | 11,8 | 13 | grusig sand | | | | | | |
| | 13 | 14,7 | morän | | | | | | |
| | | 14,7 | block el. berg | | | | | | |
| S 9810 | 0 | 3 | finmo | | | 6822640 | 1530130 | sondering | SGU |
| | 3 | 5,8 | lera | | | | | | |
| | 5,8 | 6,1 | finmo | | | | | | |
| | 6,1 | 7,5 | lera | | | | | | |
| | 7,5 | 13 | grovmo | | | | | | |
| | 13 | 19,4 | mellansand | | | | | | |

| Obs.-namn | Från | Till | Jordart | Gv.nivå | Ö.k. Rör | x | y | Obs.typ | Org.utf. |
|-----------|------|------|--------------------|-------------------------|----------|---------|---------|-----------|----------|
| S 9811 | 0 | 2 | mjäla | | | 6823830 | 1530480 | sondering | SGU |
| | 2 | 3,5 | lera | | | | | | |
| | 3,5 | 5 | silt | | | | | | |
| | 5 | 10 | grovmo | | | | | | |
| | 10 | 25 | mellansand | | | | | | |
| | 25 | 27,2 | morän | | | | | | |
| | 27,2 | 28,6 | morän | | | | | | |
| S 9812 | 0 | 12 | finmo | | | 6824490 | 1530280 | sondering | SGU |
| | 12 | 23 | grovmo | | | | | | |
| | 23 | 29 | mellansand | | | | | | |
| | 29 | 29,8 | morän | | | | | | |
| | | 29,8 | berg el. block | | | | | | |
| S 9813 | 0 | 23,5 | grusig stenig sand | | | 6819960 | 1531095 | sondering | SGU |
| | 23,5 | 25 | morän | | | | | | |
| R 9801 | 0 | 2 | lera | (3,7 under röröverkant) | 3 | 6820840 | 1530220 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | grovmo | | | | | | |
| | 3 | 4 | grovmo | | | | | | |
| | 4 | 5 | grovmo | | | | | | |
| | 5 | 6 | grovmo | | | | | | |
| | 6 | 7 | grovmo | | | | | | |
| | 7 | 8 | grovmo | | | | | | |
| | 8 | 9 | mellansand | | | | | | |
| | 9 | 10 | mellansand | | | | | | |
| | 10 | 11 | mellansand | | | | | | |
| | 11 | 12 | mellansand | | | | | | |
| | 12 | 13 | mellansand | | | | | | |
| | 13 | 14 | mellansand | | | | | | |
| | 14 | 15 | mellansand | | | | | | |
| | 15 | 16 | grovsand | | | | | | |
| | 16 | 17 | grovsand | | | | | | |
| | 17 | 18 | grovsand | | | | | | |
| | 18 | 19 | grovsand | | | | | | |
| | 19 | 20 | grovsand | | | | | | |
| | 20 | 21 | grovsand | | | | | | |
| | 21 | 22 | grovsand | | | | | | |
| | 22 | 23 | grovsand | | | | | | |
| | 23 | 24 | grovsand | | | | | | |
| | 24 | 25 | grovsand | | | | | | |
| | 25 | 26 | grovsand | | | | | | |
| R 9802 | 0 | 2 | mellansand | (0,8 under röröverkant) | | 6798170 | 1537690 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | grovsand | | | | | | |
| | 3 | 4 | grovsand | | | | | | |
| | 4 | 5 | grovsand | | | | | | |
| | 5 | 6 | grovsand | | | | | | |
| | 6 | 7 | grovsand | | | | | | |
| | 7 | 8 | grovsand | | | | | | |
| | 8 | 9 | mellansand | | | | | | |
| | 9 | 10 | mellansand | | | | | | |
| | 10 | 11 | mellansand | | | | | | |
| | 11 | 12 | grovsand | | | | | | |
| | 12 | 13 | grovsand | | | | | | |
| | 13 | 14 | grovsand | | | | | | |
| | 14 | 15 | grovsand | | | | | | |
| | 15 | 16 | grovsand | | | | | | |
| R 9803 | 0 | 2 | grovmo | (2,8 under röröverkant) | | 6796820 | 1539160 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | mellansand | | | | | | |
| | 3 | 4 | mellansand | | | | | | |
| | 4 | 5 | mellansand | | | | | | |
| | 5 | 6 | mellansand | | | | | | |
| | 6 | 7 | mellansand | | | | | | |
| | 7 | 8 | mellansand | | | | | | |
| | 8 | 9 | mellansand | | | | | | |
| | 9 | 10 | grovsand | | | | | | |
| | 10 | 11 | mellansand | | | | | | |
| | 11 | 12 | grovmo | | | | | | |

| Obs.- namn | Från | Till | Jordart | Gv.nivå | Ö.k. Rör | x | y | Obs.typ | Org.utf. |
|--------------------|------|------|-------------------|-------------------------|----------|---------|---------|-----------|----------|
| R 9803 (forts.) | 12 | 13 | mellansand | | | | | | |
| R 9804 | 0 | 2 | grovmo | (4,2 under röröverkant) | | 6784950 | 1539190 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | mellansand | | | | | | |
| | 3 | 4 | mellansand | | | | | | |
| | 4 | 5 | grovmo | | | | | | |
| | 5 | 6 | grovmo | | | | | | |
| | 6 | 7 | mellansand | | | | | | |
| | 7 | 8 | mellansand | | | | | | |
| | 8 | 9 | mellansand | | | | | | |
| | 9 | 10 | grusig grovsand | | | | | | |
| | 10 | 11 | grusig grovsand | | | | | | |
| | 11 | 12 | grusig grovsand | | | | | | |
| | 12 | 12,8 | delvis morän | | | | | | |
| R 9805 | 0 | 2 | mjällig finmo | (9,4 under röröverkant) | | 6823831 | 1530481 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | lera | | | | | | |
| | 3 | 4 | siltig lera | | | | | | |
| | 4 | 5 | siltig lera | | | | | | |
| | 5 | 6 | siltig lera | | | | | | |
| | 6 | 7 | siltig lera | | | | | | |
| | 7 | 8 | siltig finmo | | | | | | |
| | 8 | 9 | grovmo | | | | | | |
| | 9 | 10 | mellansand | | | | | | |
| | 10 | 11 | mellansand | | | | | | |
| | 11 | 12 | mellansand | | | | | | |
| | 12 | 13 | mellansand | | | | | | |
| | 13 | 14 | mellansand | | | | | | |
| | 14 | 15 | mellansand | | | | | | |
| | 15 | 16 | mellansand | | | | | | |
| | 16 | 17 | mellansand | | | | | | |
| | 17 | 18 | mellansand | | | | | | |
| | 18 | 19 | mellansand | | | | | | |
| | 19 | 20 | mellansand | | | | | | |
| | 20 | 21 | mellansand | | | | | | |
| | 21 | 22 | mellansand | | | | | | |
| S 9701 | 0 | 2 | moig sand | | | 6813425 | 1536760 | sondering | SGU |
| | 2 | 17 | grovmo | | | | | | |
| | 17 | 18,6 | finmo | | | | | | |
| S 9703 | 0 | 2,5 | moig sand | 98,87 | 107,92 | 6815910 | 1532890 | spets | SGU |
| | 2,5 | 3,5 | lera | | | | | | |
| | 3,5 | 5 | grovmo | | | | | | |
| | 5 | 8,5 | grovmo | | | | | | |
| | 8,5 | 10 | grovmo | | | | | | |
| | 10 | 17,5 | mellansand | | | | | | |
| | 17,5 | 18,6 | morän | | | | | | |
| | | 18,6 | berg | | | | | | |
| R 9706 | 0 | 0,6 | torv | 129,00 | 157,11 | 6813250 | 1537480 | spets | SGU |
| | 0,6 | 17 | grovmo | | | | | | |
| | 17 | 21,5 | mellansand | | | | | | |
| | 21,5 | 25 | grusig sand | | | | | | |
| | 25 | 28,1 | mellansand | | | | | | |
| | | 28,1 | berg | | | | | | |
| R 9707 | 0 | 4 | mellansand | 113,31 | 125,97 | 6819286 | 1531644 | spets | SGU |
| | 4 | 12 | mellansand | | | | | | |
| | 12 | 18 | mellansand | | | | | | |
| | 18 | 25,5 | grusig mellansand | | | | | | |
| | 25,5 | 28 | grusig grovsand | | | | | | |
| | 28 | 30 | morän | | | | | | |
| | | 30 | berg | | | | | | |
| R 9708 | 0 | 4 | sandig grovmo | 112,52 | 129,88 | 6817780 | 1532450 | spets | SGU |
| | 4 | 17 | sandig grovmo | | | | | | |
| | 17 | 23 | sandig grovmo | | | | | | |
| R 9710 | 0 | 26,7 | isälvsmaterial | 110,09 | 129,01 | 6809060 | 1542590 | rörbrunn | SGU |

| Obs.- namn | Från | Till | Jordart | Gv.nivå | Ö.k. Rör | x | y | Obs.typ | Org.utf. |
|---------------|------|------|-----------------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| R 9711 | 0 | 2 | grovmo | 112,93 | 118,14 | 6819625 | 1531140 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | mellansand | | | | | | |
| | 3 | 4 | mellansand | | | | | | |
| | 4 | 5 | mellansand | | | | | | |
| | 5 | 6 | mellansand | | | | | | |
| | 6 | 7 | mellansand | | | | | | |
| | 7 | 8 | mellansand | | | | | | |
| | 8 | 9 | grovsand | | | | | | |
| R 9702 | 0 | 2 | torv | 123,00 | 143,37 | 6813680 | 1536470 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | mellansand | | | | | | |
| | 3 | 4 | mellansand | | | | | | |
| | 4 | 5 | mellansand | | | | | | |
| | 5 | 6 | mellansand | | | | | | |
| | 6 | 7 | grovmo | | | | | | |
| | 7 | 8 | lerig grovmo | | | | | | |
| | 8 | 9 | finmo | | | | | | |
| | 9 | 10 | moig lera | | | | | | |
| | 10 | 11 | finmo | | | | | | |
| | 11 | 12 | finmo | | | | | | |
| | 12 | 13 | finmo | | | | | | |
| | 13 | 14 | finmo | | | | | | |
| | 14 | 15 | finmo | | | | | | |
| | 15 | 16 | finmo | | | | | | |
| | 16 | 17 | finmo | | | | | | |
| | 17 | 18 | finmo | | | | | | |
| | 18 | 19,5 | finmo | | | | | | |
| R 9704 | 0 | 2 | grovsand | | | 6809100 | 1542600 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | grovmo | | | | | | |
| | 3 | 4 | grovmo | | | | | | |
| | 4 | 5 | grovmo | | | | | | |
| | 5 | 6 | moig mellansand | | | | | | |
| | 6 | 7 | mellansand | | | | | | |
| | 7 | 8 | mellansand | | | | | | |
| | 8 | 9 | mellansand | | | | | | |
| R 9705 | 0 | 2 | sandig grovmo | 122,86 | 131,66 | 6812150 | 1539020 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | sandig grovmo | | | | | | |
| | 3 | 4 | sandig grovmo | | | | | | |
| | 4 | 5 | grusig sand | | | | | | |
| | 5 | 6 | mellansand | | | | | | |
| | 6 | 7 | mellansand | | | | | | |
| | 7 | 8 | mellansand | | | | | | |
| | 8 | 9 | fingrus | | | | | | |
| | 9 | 10 | fingrus | | | | | | |
| | 10 | 11 | grovsand | | | | | | |
| R 9709 | 0 | 2 | grovmo | 119,04 | 126,52 | 6806540 | 1544715 | spets | SGU |
| | 2 | 3 | finmo | | | | | | |
| | 3 | 4 | finmo | | | | | | |
| | 4 | 5 | finmo | | | | | | |
| | 5 | 6 | finmo | | | | | | |
| | 6 | 7 | finmo | | | | | | |
| | 7 | 8 | grovmo | | | | | | |
| | 8 | 9 | grovmo | | | | | | |
| | 9 | 10 | grovmo | | | | | | |
| | 10 | 11 | grovmo | | | | | | |
| | 11 | 12 | mellansand | | | | | | |
| | 12 | 13 | mellansand | | | | | | |
| | 13 | 20 | mellansand | | | | | | |

Inventerade och avvägda brunnar och observationsrör

Rök är höjden vid brunns- eller röröverkant. Höjdsystem RH 70. "Bergborra" är per definition en brunn som är borrar i berg, schaktbrunn är grävd brunn.

| Obs.plats | Obs.namn | x | y | Obs.typ | rök | Gv.nivå |
|----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|-------------|--------|---------|
| Flästa | | 6816180 | 1533150 | schaktbrunn | 127,91 | 122,19 |
| Forneby | Svedåker | 6816780 | 1532820 | spets | 108,80 | 107,00 |
| Norränge | | 6817690 | 1531820 | källa | 107,68 | 107,68 |
| Flästa | | 6814860 | 1534030 | spets | 100,76 | 100,29 |
| Växbo | | 6810920 | 1539890 | bergborra | 138,03 | 108,90 |
| Växbo | | 6810760 | 1540030 | rörbrunn | 127,91 | 107,66 |
| Växbo | | 6811250 | 1539370 | bergborra | 143,05 | 134,03 |
| Växbo | | 6811120 | 1540000 | schaktbrunn | 129,59 | 124,79 |
| Växbo | | 6811320 | 1539660 | schaktbrunn | 130,94 | 127,93 |
| Flästa | | 6815360 | 1533590 | spets | 102,40 | 98,82 |
| Flästa | | 6815367 | 1533575 | spets | 100,91 | 98,01 |
| Växbo Kvarn, Trolldalen | Växbo kvarn | 6810300 | 1540060 | schaktbrunn | 101,93 | 99,92 |
| Växbo Kvarn, Trolldalen | Växbo kvarn | 6810320 | 1540150 | källa | 102,28 | 101,02 |
| Växbo | | 6810300 | 1540330 | schaktbrunn | 111,20 | 109,12 |
| Växbo | | 6810160 | 1540660 | rörbrunn | 117,67 | 107,24 |
| Växbo | Rengsjö–Svedja Samfällighetsf. | 6809170 | 1541560 | källa | 108,20 | 107,60 |
| | | 6808340 | 1541870 | källa | 119,08 | 119,08 |
| Vid Föltjärnen | | 6507190 | 1544200 | bergborra | 135,69 | 109,72 |
| Nordanbäck, Höle | | 6807240 | 1543400 | övrigt | 128,61 | 127,68 |
| Österböle | Get–Torp | 6806600 | 1546670 | bergborra | 130,53 | 103,61 |
| Österböle | Nätets 24001 | 6805889 | 1545701 | spets | 114,20 | 86,16 |
| Östra Växbo | Nätets 24006 | 6809514 | 1541550 | spets | 121,38 | 107,69 |
| Österböle | | 6804780 | 1546310 | bergborra | 87,17 | 80,31 |
| Österböle | | 6805350 | 1545150 | schaktbrunn | 105,33 | 103,41 |
| Österböle | Nätets 24002 | 6805306 | 1546404 | spets | 103,62 | 84,15 |
| Glössbo | Nätets 24004 | 6804996 | 1547499 | rörbrunn | 102,12 | 82,40 |
| Österböle | Vattenförening | 6804540 | 1546500 | källa | 77,24 | 76,54 |
| Östraväxbo | I grustag, Y | 6809785 | 1541510 | spets | 118,53 | 108,00 |
| Skidtjärn | | 6806640 | 1546240 | schaktbrunn | 126,37 | 124,73 |
| Skidtjärn | | 6806700 | 1546160 | schaktbrunn | 126,58 | 125,30 |
| Skidtjärn | | 6806750 | 1546080 | schaktbrunn | 127,57 | 125,43 |
| Skidtjärn | | 6806830 | 1545960 | schaktbrunn | 127,83 | 125,81 |
| Glössbo | 7901. Kommungränsen Söderhamn | 6803980 | 1548770 | spets | 89,45 | 85,25 |
| Glössbo | 7902, Kommunens | 6803995 | 1548840 | spets | 88,60 | 77,00 |
| Glössbo | A 3, Kommunens | 6803855 | 1548675 | spets | 79,13 | 74,20 |
| Glössbo | 276, Grustag | 6803875 | 1548770 | spets | 79,79 | 74,04 |
| Glössbo | RX, Kommunens | 6804410 | 1548100 | spets | 93,27 | 78,38 |
| Oppgården | S 9703 | 6815910 | 1532890 | sondering | 107,92 | 98,87 |
| Gaddtjärn | R 9706 | 6813250 | 1537480 | spets | 157,11 | 129,00 |
| Norränge | R 9707 | 6819286 | 1531644 | spets | 125,97 | 113,31 |
| Norränge | R 9708 | 6817780 | 1532450 | spets | 129,88 | 112,52 |
| V. Höle | R 9710 | 6809060 | 1542590 | rörbrunn | 129,01 | 110,09 |
| Norränge | R 9711 | 6819625 | 1531140 | spets | 118,14 | 112,93 |
| Växboåsen | R 9702 | 6813680 | 1536470 | spets | 143,37 | 123,00 |
| Snååker | R 9705 | 6812150 | 1539020 | spets | 131,66 | 122,86 |
| Östra Höle | R 9709 | 6806540 | 1544715 | spets | 126,52 | 119,04 |

Geofysiska mätningar

R är georadarmätningar, S är seismiska mätningar. Mätningarna utfördes 1997–1998.

| Profil | x-start | y-start | x-slut | y-slut | Plats |
|--------|---------|---------|---------|---------|-------------------|
| R1-97 | 6812069 | 1538897 | 6812268 | 1539229 | Växbo |
| R2-97 | 6811267 | 1539403 | 6811795 | 1539870 | Växbo |
| R3-97 | 6809216 | 1542533 | 6809260 | 1542574 | Växbo |
| R4-97 | 6809334 | 1542332 | 6809421 | 1542399 | V. Höle |
| R5-97 | 6810031 | 1540951 | 6810035 | 1540989 | Sörom, V. Höle |
| R6-97 | 6809849 | 1541112 | 6809997 | 1541297 | Sörom, V. Höle |
| R7-97 | 6809905 | 1541097 | 6809998 | 1541175 | Sörom, V. Höle |
| R8-97 | 6817743 | 1532511 | 6817825 | 1532601 | Forsbro |
| R1-98 | 6784762 | 1539180 | 6784900 | 1539296 | Varstubäcken |
| R2-98 | 6783590 | 1539040 | 6783850 | 1539190 | Varstubäcken |
| R3-98 | 6778420 | 1543050 | 6778490 | 1543345 | Tönsheden |
| R4-98 | 6778390 | 1543210 | 6778470 | 1543230 | Tönsheden |
| R5-98 | 6795320 | 1516510 | 6795410 | 1516580 | Annefors |
| R6-98 | 6795240 | 1516520 | 6795360 | 1516580 | Annefors |
| R7-98 | 6805840 | 1523160 | 6806080 | 1523310 | Heden |
| S1-97 | 6813860 | 1536955 | 6814453 | 1537647 | Blixerberget |
| S2-97 | 6812905 | 1536534 | 6813747 | 1536866 | Blixerberget |
| S3-97 | 6812169 | 1538928 | 6812246 | 1539138 | Växbo |
| S4-97 | 6813040 | 1537242 | 6813460 | 1537785 | Gaddtjärnen |
| S5-97 | 6815822 | 1532844 | 6816123 | 1533107 | Oppgården, Flästa |
| S6-97 | 6809362 | 1542330 | 6809418 | 1542379 | V. Höle |
| S1-98 | 6774940 | 1510180 | 6775629 | 1510695 | Häsbosjön |
| S2-98 | 6784805 | 1539160 | 6785020 | 1539206 | Varstubäcken |
| S3-98 | 6778416 | 1543050 | 6778439 | 1543165 | Tönsheden |

Seismiska profiler och georadarprofiler tolkade med avseende på grundvattenförhållanden

Koordinaterna för profilernas ytterpunkter anges i avsnittet ”Geofysiska mätningar”. Värdena på Y-axeln i samtliga profiler är angivna i m ö.h.

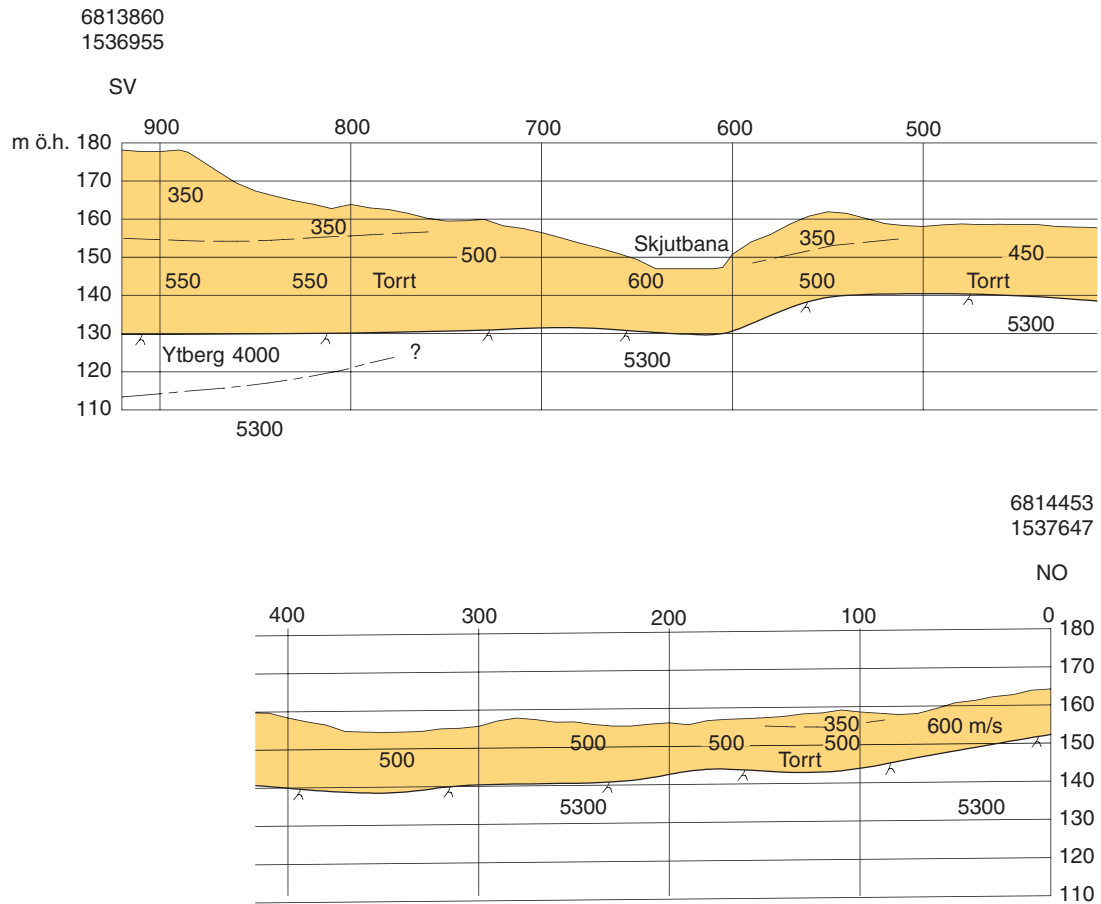


Fig. 32. Profil S 1-97, Bilxterberget, mellan Växbo och Flästa. Seismiken indikerar mäktiga sand- och gruslager utan grundvattenmagasin.

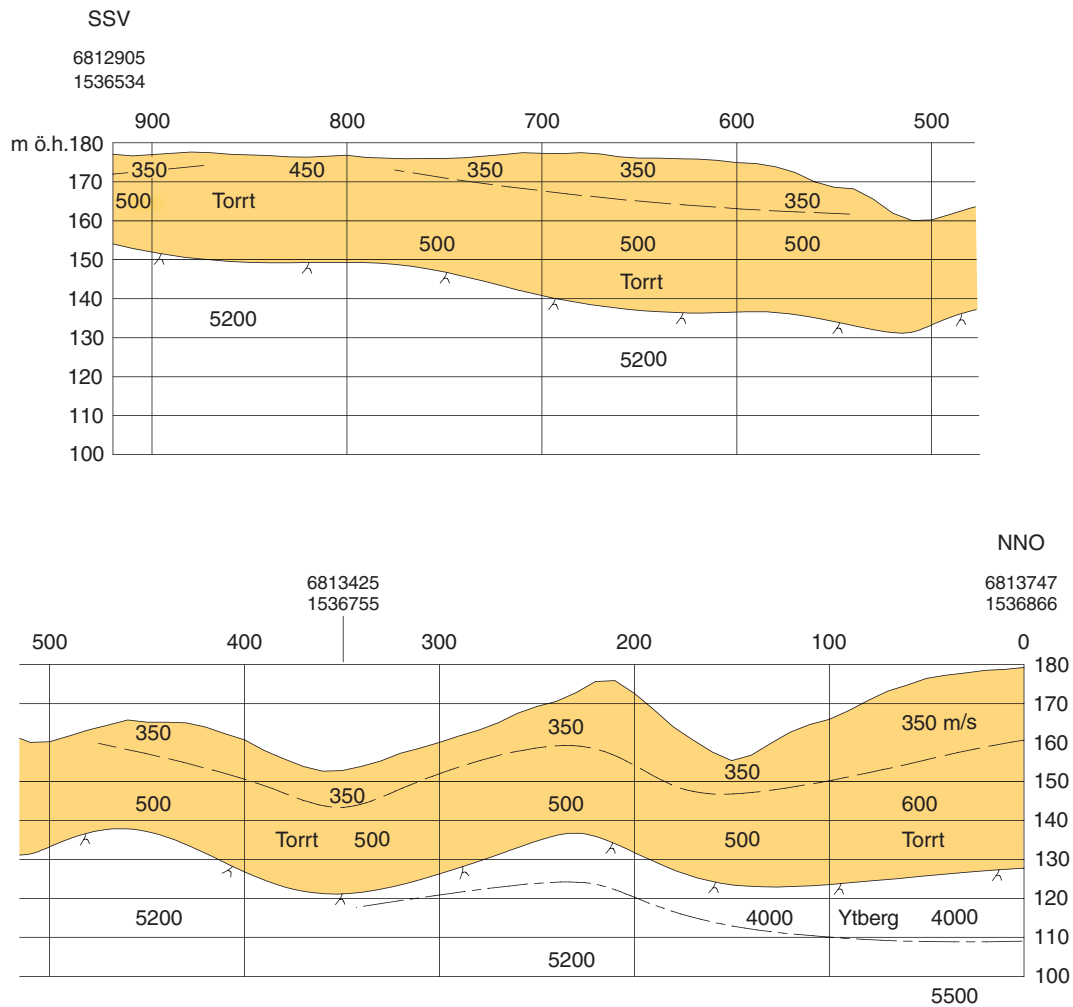


Fig. 33. Profil S 2-97, Blixterberget, mellan Växbo och Flästa. Fortsättning på profil S1. Seismiken indikerar mäktiga sand- och gruslager utan grundvattenmagasin.

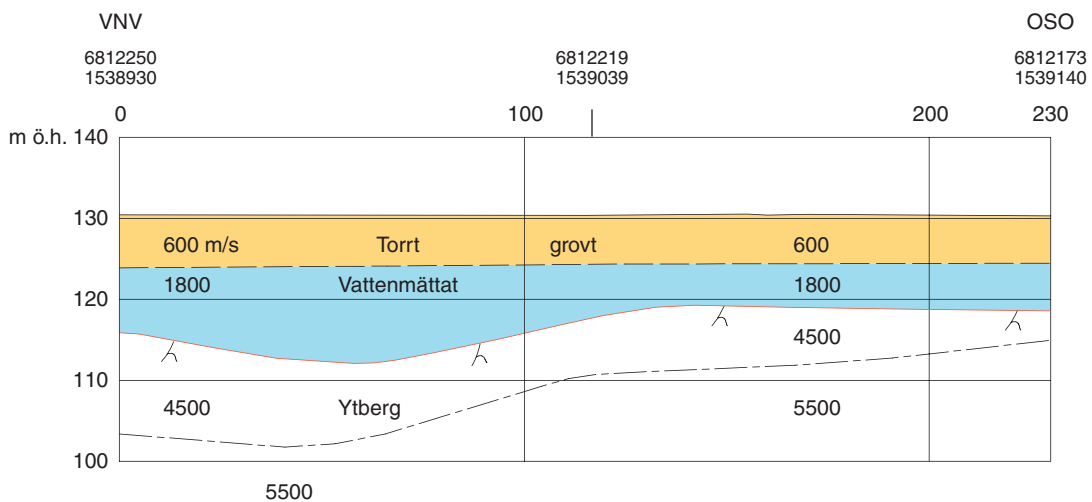


Fig. 34. Profil S3-97, i grustag i Växbo. Seismiken indikerar sand- och gruslager med grundvattenmagasin (blått).

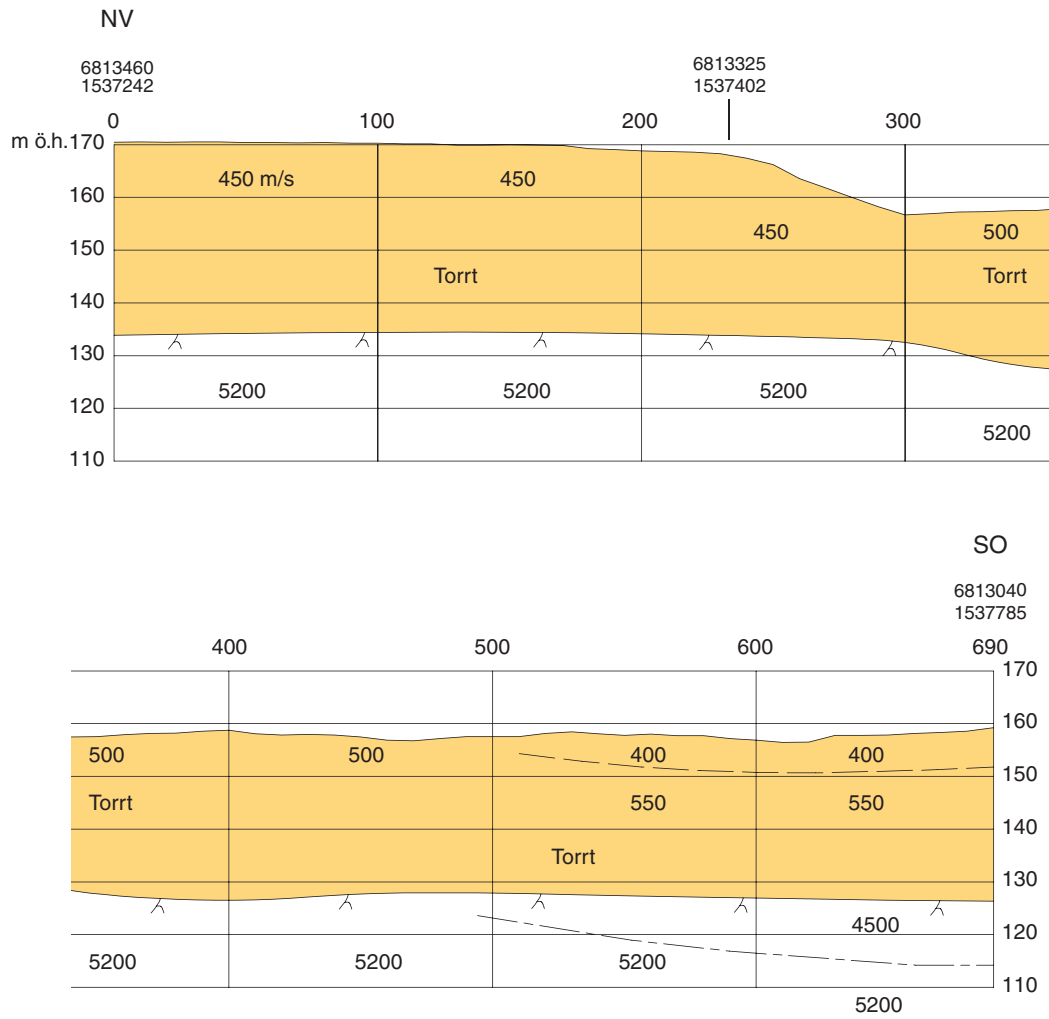


Fig. 35. Profil S4-97, vid Gaddtjärn NV om Växbo. Seismiken indikerar sand- och gruslager utan grundvattenmagasin

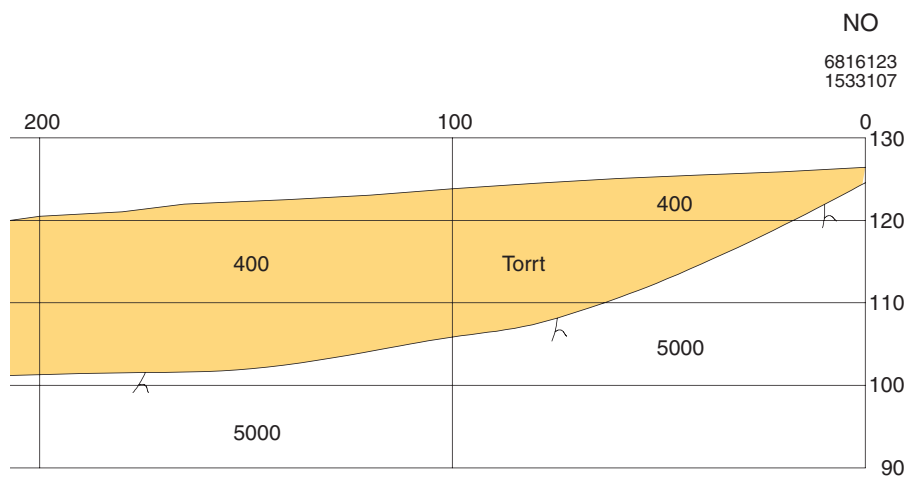
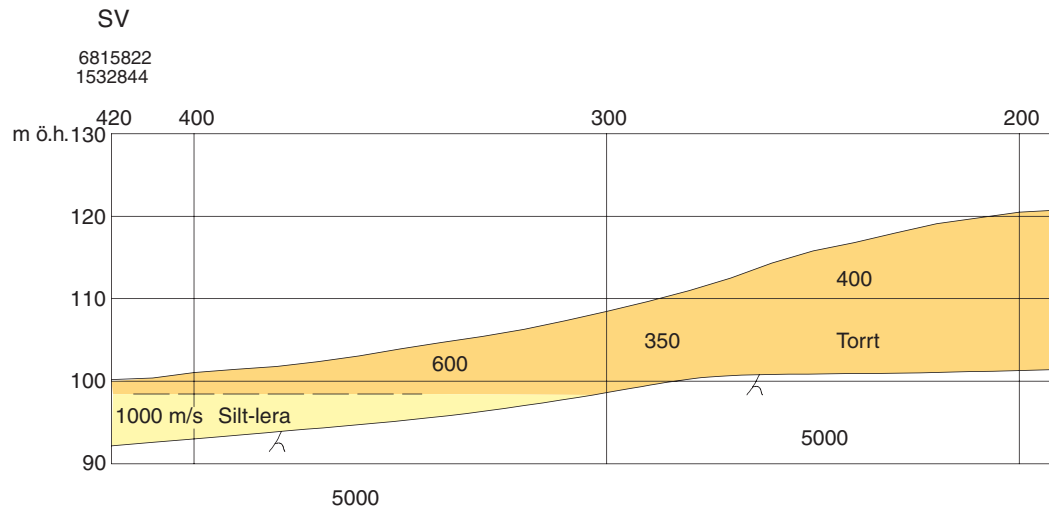


Fig. 36. Profil S5-97, vid Oppgården i Flästa. Seismiken indikerar sand- och gruslager utan grundvattenmagasin.

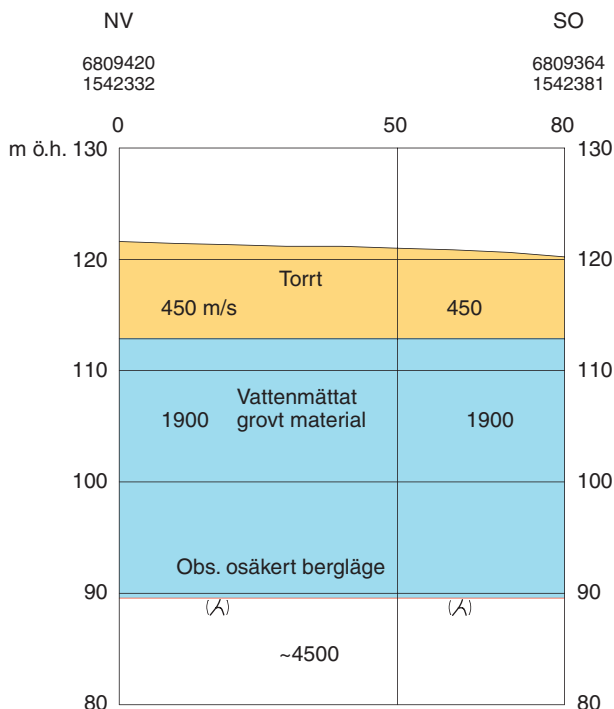


Fig. 37. Profil S6-97, i grustaget vid Västra Höle. Seismiken indikerar sand- och gruslager med stort grundvattenmagasin (blått).

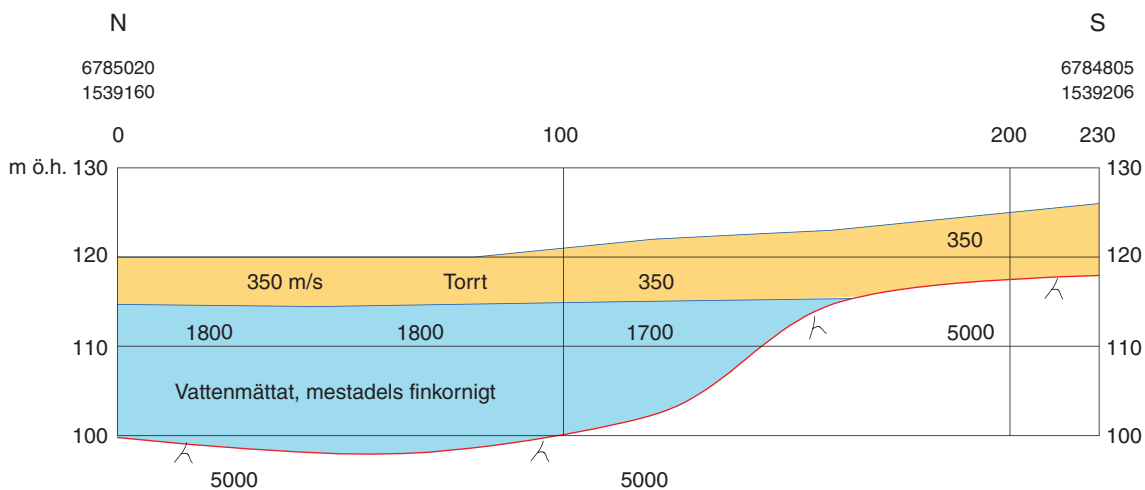


Fig. 38. Profil S2-98, i grustaget vid Varstubbäcken, sydost om Bofarasjön. Seismiken indikerar sand- och gruslager med grundvattenmagasin (blått).

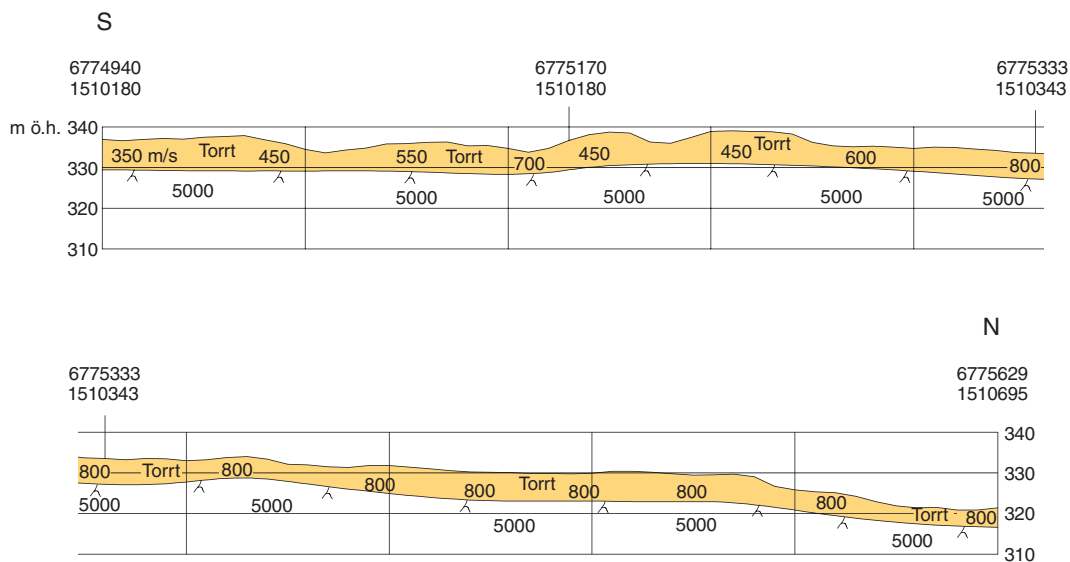


Fig. 39. Profil S1-98, vid Häsbosjön. Seismiken indikerar sand- och gruslager utan grundvattenmagasin.

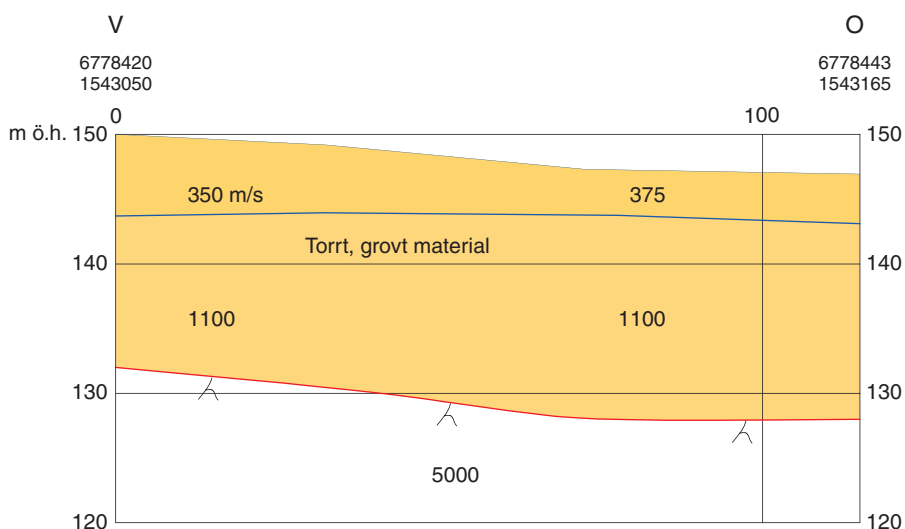


Fig. 40. Profil S3-98, i grustaget vid Tönsheden sydost om sjön Tönsen. Seismiken indikerar sand- och gruslager utan grundvattenmagasin.

Georadarprofiler

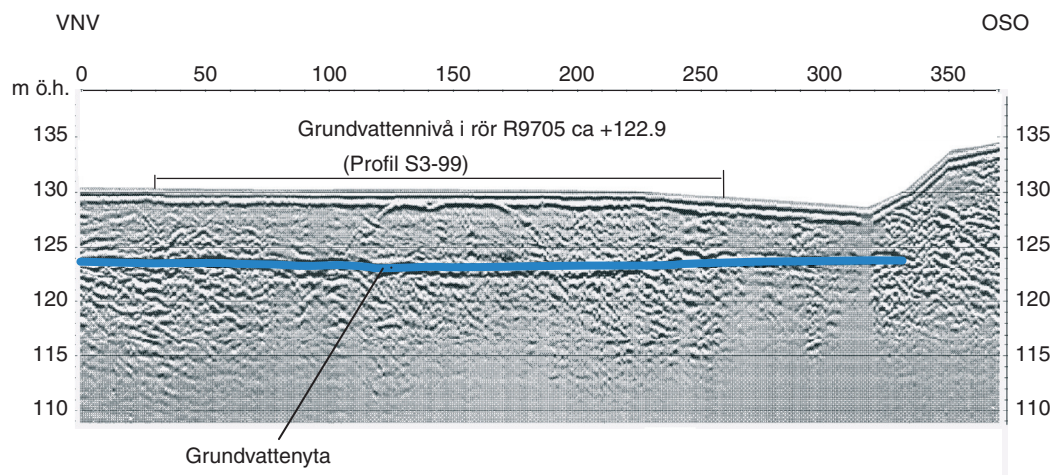


Fig. 41. Profil R1-97, i nordvästra delen av grustaget i Växbo.

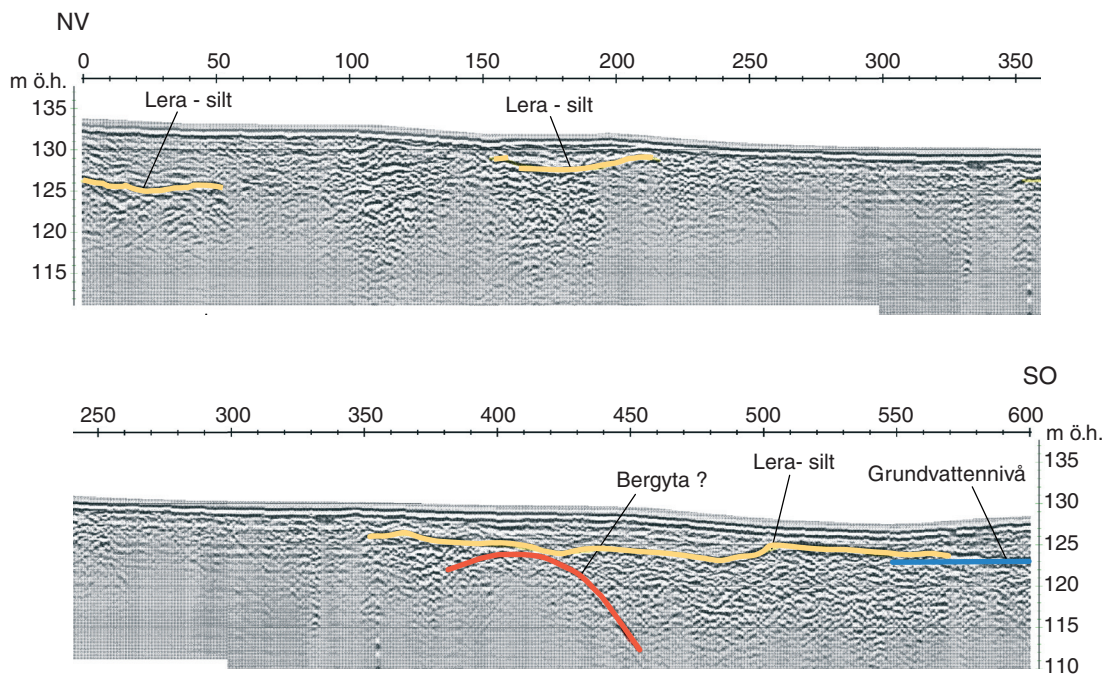


Fig. 42. Profil R2-97, i sydöstra delen av grustaget i Växbo.

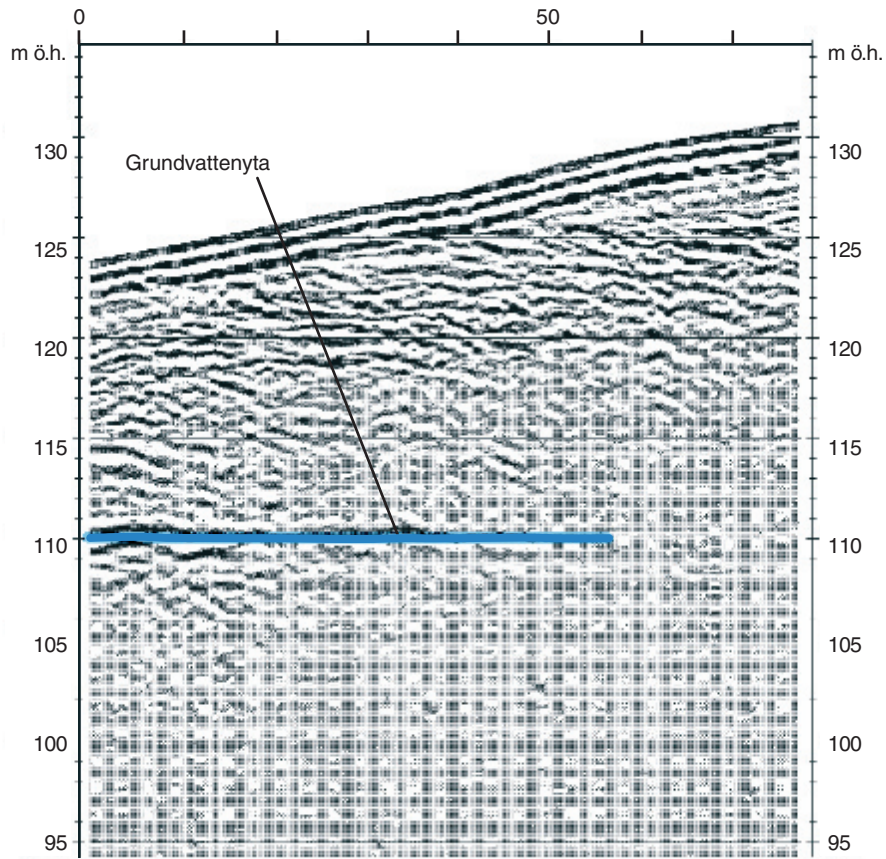


Fig. 43. Profil R3-97, i grustaget, Västra Höle.

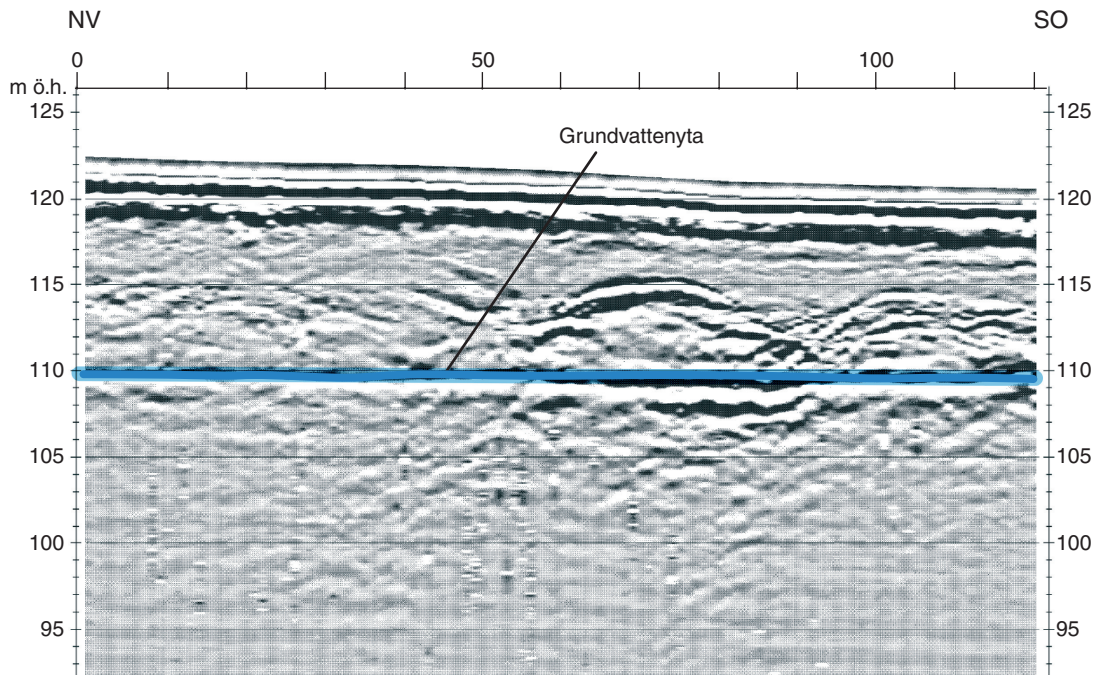


Fig. 44. Profil R4-97, i grustaget, Västra Höle.

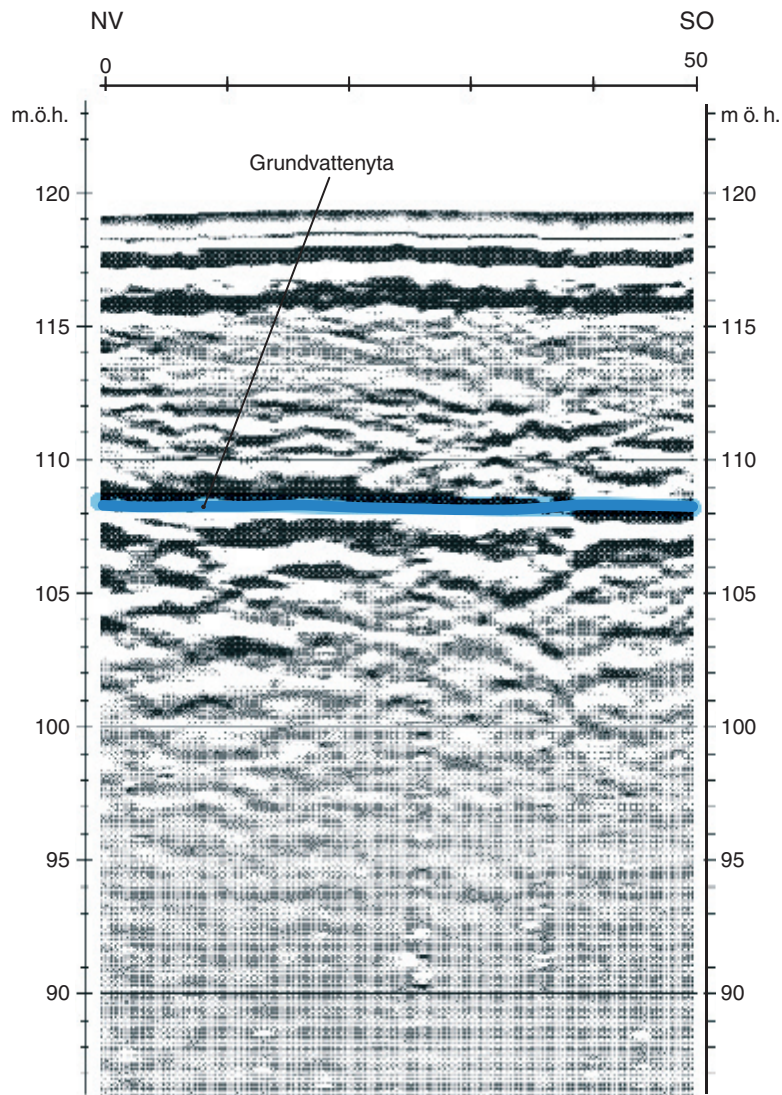


Fig. 45. Profil R5-97, i litet grustag nordväst om Västra Höle.

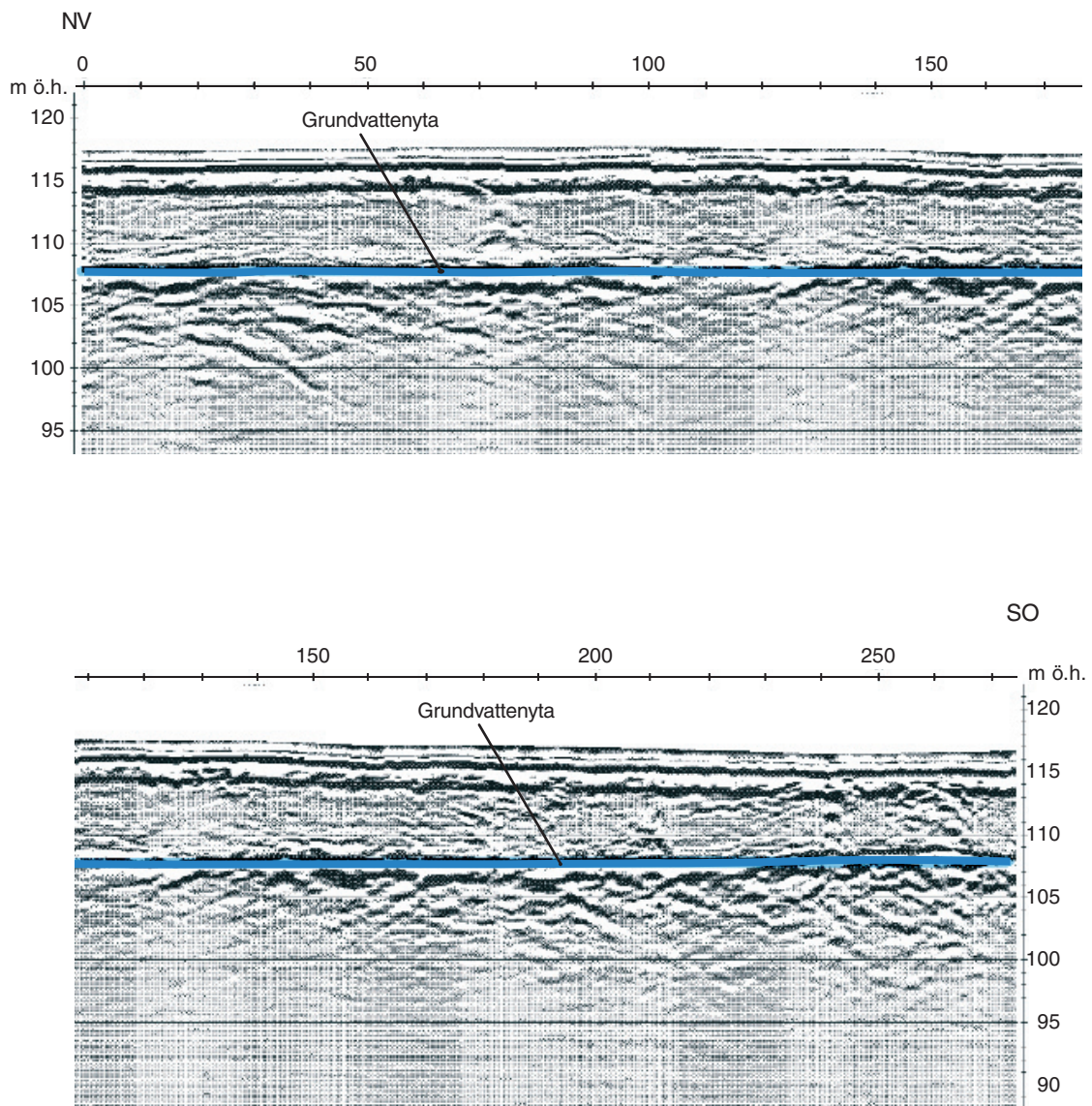


Fig. 46. Profil R6-97, i litet grustag vid Sörom nordväst om Västra Höle.

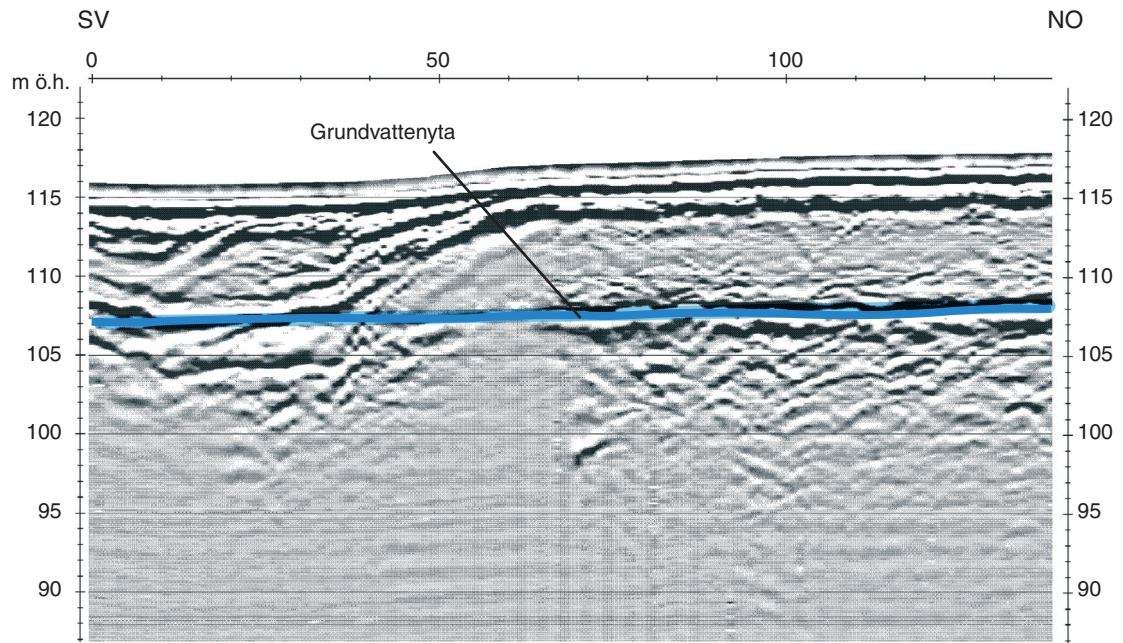


Fig.47. Profil R7-97, i litet grustag vid Sörom nordväst om Västra Höle.

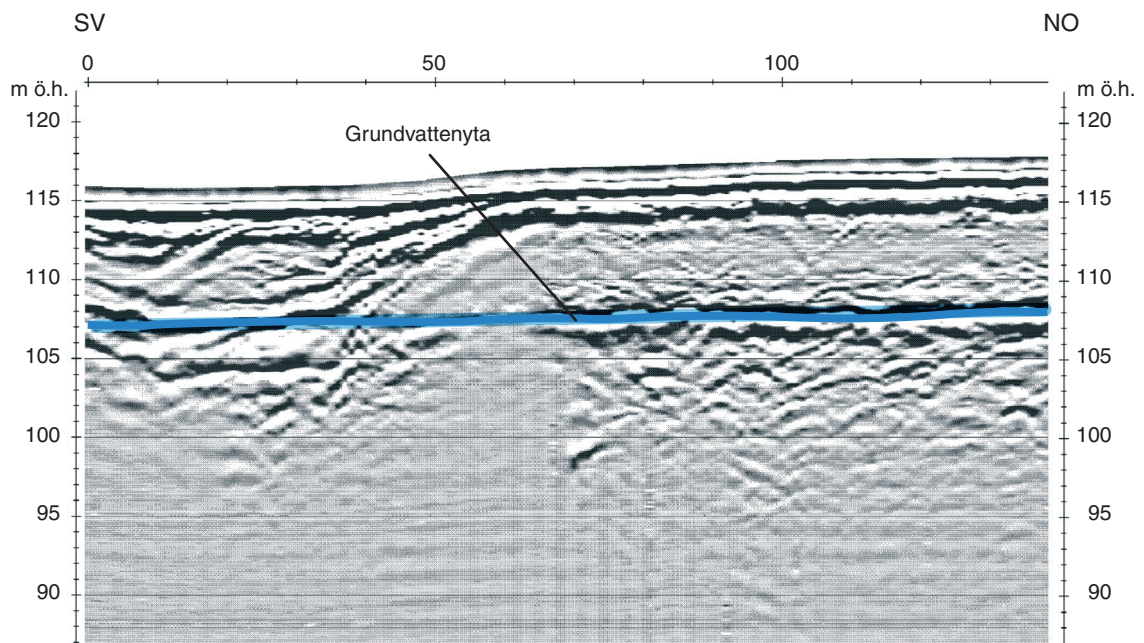


Fig. 48. Profil R8-97, i grustag vid Norränge.

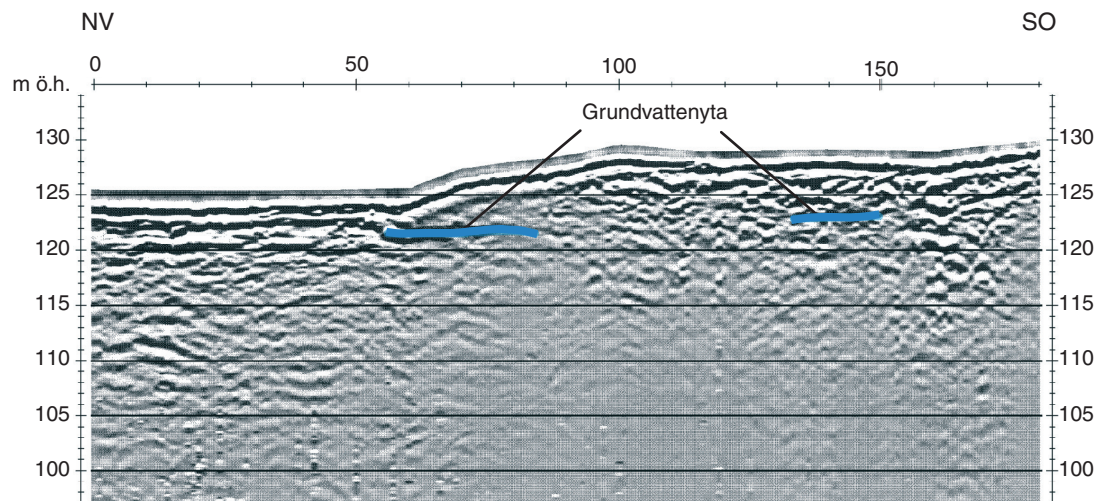


Fig. 49. Profil R1-99, vid Varstubäcken söder om Bofarasjön.

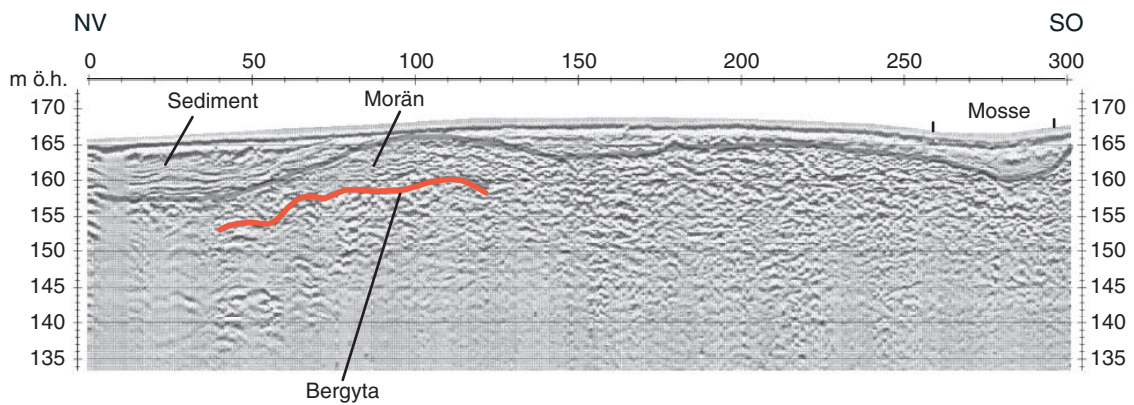


Fig. 50. Profil R2-98, vid Varstubäcken söder om Bofarasjön.

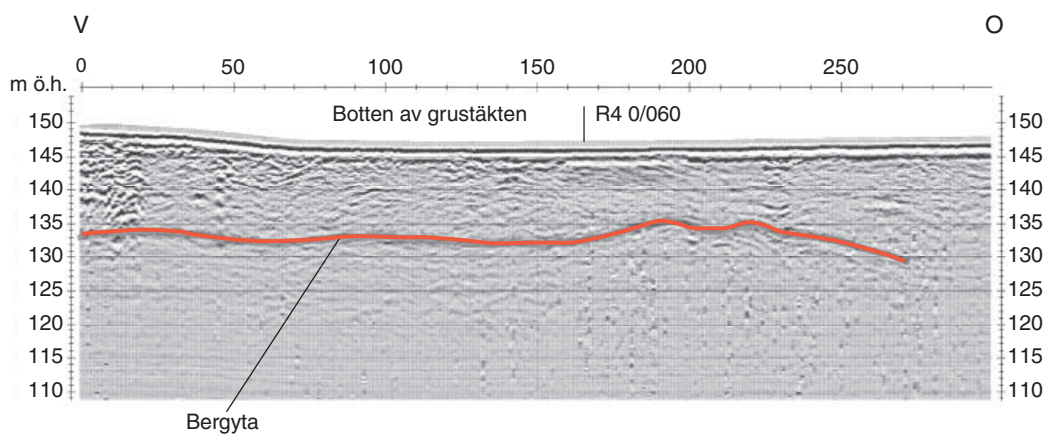


Fig. 51. Profil R3-98, vid Tönsheden.

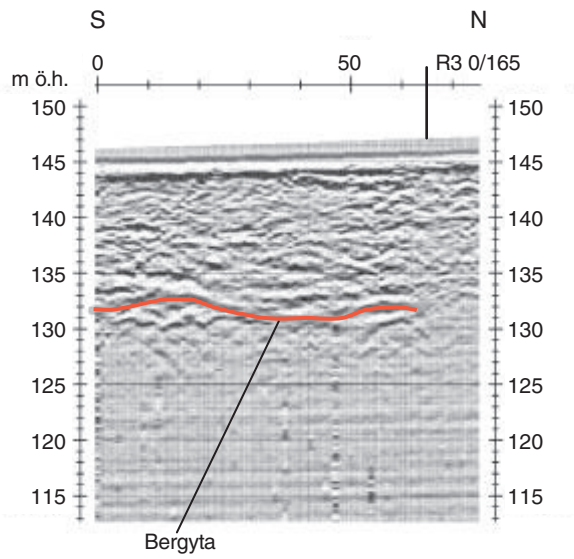


Fig. 52. Profil R4-99, Tönsheden.

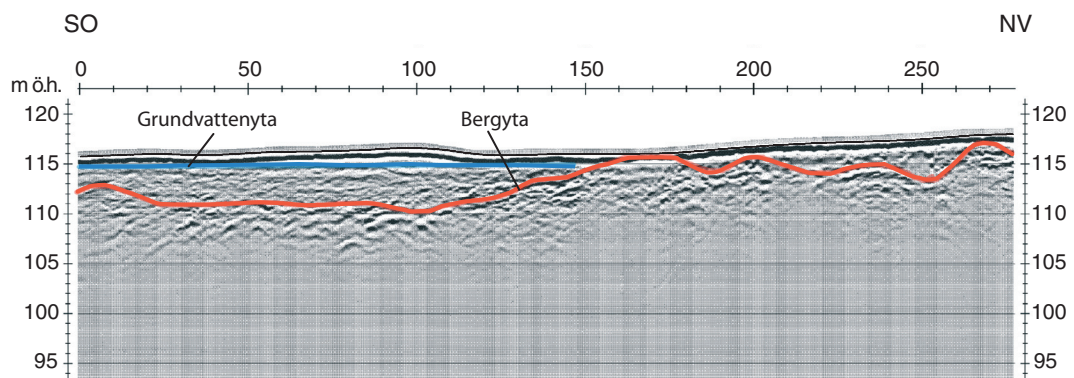


Fig. 53. Profil R7-98, Heden.

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattentillgångar i Bollnäs kommun som finns tillgänglig i SGUs databaser presenteras översiktligt i figur 54. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och Arc-Info, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrad i koordinatsystemet RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till "Karta över grundvattentillgångar i Bollnäs kommun" är bl.a:

- tolkade bilder på georadar- och seismiska profiler,
- fotografier,
- anpassade symbolfiler i formatet MapInfo och
- postscriptfiler för utplottning av data.



| | |
|------|---|
| GEOF | Geofysiska profiler (linjer) |
| LAGF | Lagerföljdsuppgifter (punkter) |
| VTAK | Vattentäktsdata (punkter) |
| SKYD | Skyddsområden (polygoner) |
| OBSK | Observationsdata, källor (punkter) |
| OBSN | Observationsdata, nivåer (punkter) |
| OBSD | Övriga observationsdata (punkter) |
| VDEL | Vattendelare och andra hydrauliska gränser (linjer) |
| NIVL | Nivålinjer (linjer) |
| GSTR | Grundvattnets strömningsriktning (punkter) |
| TEKT | Tektonik; sprickszoner, förkastningar etc. (linjer + punkter) |
| KVAL | Salt-, fluorid- eller radonrisk (polygoner) |
| VMAR | Våtmarker (polygoner) |
| JKAP | Kapacitet i jordlagren (polygoner) |
| BKAP | Kapacitet i berggrunden (polygoner) |

Fig. 54. Översiktlig databasstruktur.

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., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*.
- Agerstrand, T., 1973: Vattenmiljön. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjors & M. Falkenmark (red.) *Praktisk geohydrologi, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafsson, G., 1984: Brunnar: undersökning, dimensionering, borrning, drift. *Byggforskningsrådet R 42: 1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *Byggforskningsrådet R 142: 1980*.
- Annadotter, H., 1993: Algotoxiner 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 bergytor och perkolationsbanor 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. *Naturvårdsverket 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., vol. 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, vol. 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.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäcket akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm.
- Dittrich, H., Becker, M. & Karimi, M., 1992: *Sammanställning av fältarbeten i Stockholms södra skärgård. Räckelmätning, stenräkning, seismisk undersökning och lervarvskronologi*. Opublicerad rapport. Stockholms Universitet. Kvartärgeologiska institutionen.
- 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 Cultural Centre, July 31–August 3, 1978, Papers of workshops*. Helsinki.

- Engqvist, P. & Fogdestam, B., 1984: Hydrogeologiska kartan över Stockholms län. *Sveriges geologiska undersökning* A6.
- 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), 1994: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas.
- Frycklund, C., 1998: *Artificial recharge of groundwater for public water supply: potential and limitations in boreal conditions*. Kungl. tekniska högskolan, Dissertation, Div. of Land and Water Resources.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrinkingen. *Folkminnen och folktankar* 21, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafsson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543. København.
- Gustafsson, 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.
- Gustafsson, G., Norling, E., Ahlbom, K., De Geer, J., Hård, S., Karlqvist, L., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggforskningsrådet R 134: 1980*. Stockholm.
- 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*.
- Jacobsson, M., 1995: *Glacial and postglacial development of the Ören deposit south-west of Torö, southern Stockholm Archipelago, Sweden*. Stockholm University. Department of Quaternary Research.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungl. 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 grundvattnenskydd. *Vägverket Publikation* 1995:1.
- 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.)
- Lidman, E.-K. & Mattsson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm.
- Lindberg, J. & Olofsson, B., 1997: *Risk för salt grundvatten – en studie med hjälp av GIS över delar av Norrtälje kommun*. Kungl. Tekniska högskolan. Institutionen för Anläggning och Miljö, Avd. för Mark och Vattenresurser.
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige*. Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsel forskning.
- Lindgren, J., 1997: Radon i vatten – ännu inga gränsvärden. *Sveriges geologiska undersökning. Grundvatten* 2/96–1/97.

- 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.
- Mokthari Fard, A., 1998: Rapid deglaciation and ice sheet retreat in the Stockholm area, Sweden – a sedimentological perspective. *Quaternaria A:4. Department of Quaternary Research, Stockholm University*
- 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, 1999: *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet*. Grundvatten. Rapport 4915.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP Report no 35*.
- Nordqvist, R., 1982: *Försurning*. Uppsala Universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Bygghörsningsrådet, 149: 1985*.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. XLII*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater documentation in Sweden. *WHO Water Quality Bulletin, Vol. 13, No. 4*, 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, Volume 2 – Part B, 723–726*. IEAust, Barton, Australia.
- Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK) 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor*. Statens naturvårdsverk, Solna.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala Univ.*, 260 s.
- Roos, Å., 1974: *Detaljstudie av Ljusnanåsen i Regnsjö socken, Gävleborgs län*. Trebetygsuppsats i naturgeografi. Uppsala Universitet.
- Rudqvist, D., 1997: *Hydrogeologisk studie av kloridförorening i Uppsalaåsen vid Segersjövatentäkten, Botkyrka kommun*. Uppsala Universitet. Institutionen för Geovetenskap, Avdelningen för Kvartärgeologi och Hydrogeologi.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga 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. *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983), IAEA, Vienna, 139–150*.
- Statens Livsmedelsverk, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV Författningssamling 1993:35*.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*.
- Stålhös, G., 1979: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NV/SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 125*.
- Stålhös, G., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Nynäshamn NO/SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 138*.

- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *VA-forsks rapportserie 1992-13*. Svenska Vatten- och Avloppsföreningen, 1995: VA-verk 1994. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. *VAV S94*.
 Svenska Vatten- och Avloppsföreningen, 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*.

Ej tryckta utredningar

ID-numret hänvisar till SGUs rapportarkiv avseende grundvattenutredningar

| ID-nr | Datum | Operatör | Titel |
|--------------|------------|---------------------------|--|
| SGU-H:21-086 | 1965 | Gatukontoret, Bollnäs | Grundvattenförekomst vid Djupdal i Flästa: Protokoll över flödesmätningar vid Flästakällan |
| SGU-H:21-309 | 1970 | Uppsala universitet | Skidtjärn. Topografisk och morfologisk studie av sjö i Hälsingland. |
| SGU-H:21-120 | 1947-09-05 | AIB | Förslag till anläggningar för vattenförsörjning och avlopp inom Arbrå kommun. |
| SGU-H:21-098 | 1948-04-07 | AIB | Förslag till anläggning för vattenförsörjning och avlopp inom Arbrå kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-097 | 1950-01-12 | Vatten och byggnadsteknik | PM angående vattenledning inom Kyrkbyn och Djupa i Undersviks kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-235 | 1950-05-25 | AIB | PM angående andra utbyggnadsetappen av vattenledningar inom Arbrå kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-090 | 1958-09-29 | Orrje & Co | Redogörelse för grundvattenundersökning för Kilafors m.fl. bebyggelseområden i Hanebo kommun. |
| SGU-H:21-087 | 1958-10-24 | AIB | Redogörelse den 24.10.1958 för grundvattenundersökning i Glössbo samhälle, Rengsjö kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-236 | 1962-05-04 | Orrje & Co | Redogörelse för förberedande grundvattenundersökningar vid Västansjö-Hallen, Hanebo kommun. |
| SGU-H:21-119 | 1964-03-24 | Orrje & Co | PM nr 3 angående vattenförsörjningen för de centrala delarna av Bollnäs stad, X län. |
| SGU-H:21-092 | 1964-06-18 | NKB | Redogörelse för utförd grundvattenbrunn och provpumpning i Västansjö, Hanebo kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-145 | 1964-08-01 | Jan De Geer | Bollnäs vattenförsörjning, Flästa källor. Rapport över preliminär geologisk besiktning. |
| SGU-H:21-342 | 1965-08-30 | VIAK | Utredning angående ortens pris på mark för tätbebyggelse – bostadsändamål – inom f.d. Arbrå municipalsamhälle. |
| SGU-H:21-091 | 1966-05-31 | NKB | Redogörelse över utförda grundvattenundersökningar inom Landafors, Hanebo kommun, Gävleborgs län. |

| ID-nr | Datum | Operatör | Titel |
|--------------|------------|--|--|
| SGU-H:21-156 | 1967-12-15 | Craelius Terratest | Utlåtande över elektriska motståndsmätningar på Söderalaåsen vid Rengsjö. Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-089 | 1968-04-04 | NKB | Redogörelse över utförda grundvattenundersökningar inom Rengsjö kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-255 | 1970-03-09 | | Redogörelse över utförda grundvattenundersökningar och borrningar inom Rengsjö kommun under tiden från 1967 till och med år 1969. |
| SGU-H:21-256 | 1970-03-13 | A Anderssons ing.byrå | Växboåsen. Åsvårdsplan för Ljusnanåsen delen Rödsand, Arbrå kommun–VästraHöle, Rengsjö kommun inom Bollnäs stad samt Arbrå och Rengsjö kommuner. |
| SGU-H:21-127 | 1970-04-15 | SGU | PM angående grundvattenundersökningar inom Rengsjö kommun. |
| SGU-H:21-126 | 1970-10-01 | SGU | Rengsjö vattenförsörjning– förslag till undersökning. Oljeföreningen vid Mosstjärn. |
| SGU-H:21-088 | 1972-03-06 | AIB | Redogörelse den 6.3.1972 över grundvattenundersökning och provpumpning inom Glössbo, Rengsjö kommun, Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-168 | 1972-04-10 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Vattenvårdsplan för Testeboån. |
| SGU-H:21-171 | 1972-08-28 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Etapp 1. Inventering. |
| SGU-H:21-165 | 1975-06-25 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Vattenvårdsplan för Skärjåns, Hamrangeåns m.fl. nederbördsområden. Etapp 1. Inventering. |
| SGU-H:21-166 | 1976-05-31 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Vattenvårdsplan för Gästrikland m.m. |
| SGU-H:21-138 | 1978-12-12 | Orrje & Co | Vattenvårdsplan för Ljusnan m.fl. avrinningsområden. Etapp 1. Inventering. |
| SGU-H:21-306 | 1979-12-07 | Bollnäs kommun, gatukontoret | Ovanåkers kommun. Alfta–Runemo-områdets vattenförsörjning. Geohydrologisk undersökning. PM. |
| SGU-H:21-164 | 1980-11-24 | Länsstyrelsen i Gävleborgs och Jämtlands län | Förteckning över grundvattentäkter, källor, där vattnet tränger fram i marknivå. Belägenhet i moränmark. |
| SGU-H:21-170 | 1982-02-22 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Vattenvårdsplan för Ljusnan m.fl. avrinningsområden. |
| SGU-H:21-159 | 1984-11-27 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Vattenvårdsplan för nordöstra Hälsingland. |
| SGU-H:21-169 | 1988-12-12 | Länsstyrelsen i Gävleborgs län | Kommunala vattentäkter och större källor inom Gävleborgs län. |
| SGU-H:21-408 | 1989-01-10 | VIAK | Vattenvårdsplan för nordöstra Hälsingland. |
| SGU-H:21-332 | 1989-08-29 | VIAK | Bollnäs kommun. Flästa vattentäkt. Program för kontroll av inläckage från Kvarnån. |
| SGU-H:21-500 | 2000-02-14 | SGU | Bollnäs kommun, Flästa vattentäkt. Kvarnåns inverkan på vattentäkten vid Flästa. |
| SGU-H:21-504 | 2000-06-19 | SGU | Angående kloridhaltigt grundvatten i brunn på fastigheten Granbo 3:18, Bollnäs kommun. |
| | | | Bollnäs kommun, Tekniska kontoret Flästa vattentäkt, Flästa 32:1.Förslag till skyddsområden för Flästa vattentäkt. |

| D-nr | Datum | Operatör | Titel |
|--------------|------------|----------|---|
| SGU-H:21-503 | 2000-08-17 | SGU | VÄGVERKET REGION MITT, Pålberg 1:4. Angående kloridhaltigt grundvatten i brunn på fastigheten Pålberg 1:4, Bollnäs kommun. |
| SGU-H:21-508 | 2000-12-07 | SGU | Bollnäs kommun, Tekniska kontoret. Granskning av skyddsområdets avgränsningar vid Glössbos, Landafors, Västansjö och Arbrå /Vallstas grundvattentäkter. |
| SGU-H:21-509 | 2000-12-15 | SGU | Angående kloridhaltigt grundvatten i brunnar på fastigheterna Söräng 1:11, 5:11 och 7:3, Bollnäs kommun. |

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

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.
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.
57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
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.
81. Markgeokemiska kartan 7–9, D–H. (Kartor med beskrivning över ett tjugotal huvudelement och spårämnen.) 1995.
86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000

Nr

1. Örebro SV
2. Örebro NO
3. Örebro NV
4. Trelleborg NV/Malmö SV
5. Örebro SO
6. Trelleborg NO/Malmö SO
7. Nynäshamn 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

SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000

Nr

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, digitala grundvattenkartor, kommuner, i skala 1:50 000

Dessa kartor och beskrivningar trycks ej regelmässigt utan finns som digitala baser. Kommuner utan serienummer finns för närvarande endast som databaser. * = databas föreligger på cd.

| | | |
|---------------|-------|---------------|
| Haninge | An 1 | Kristinehamn |
| Hässleholm | An 2 | Umeå |
| Strängnäs* | An 3 | Göteborg |
| Upplands-Bro* | An 4 | Heby |
| Södertälje | An 5 | Helsingborg |
| Söderhamn* | An 6 | Stockholm |
| Katrineholm* | An 7 | Lund |
| Karlstad* | An 8 | Malmö |
| Laxå* | An 9 | Lomma |
| Norrköping* | An 10 | Kävlinge |
| Linköping | An 11 | Landskrona |
| Nynäshamn | An 12 | Burlöv |
| Bollnäs | An 13 | Staffanstorps |
| Höganäs* | An 14 | Västerås |
| Håbo | An 15 | Hallstahammar |

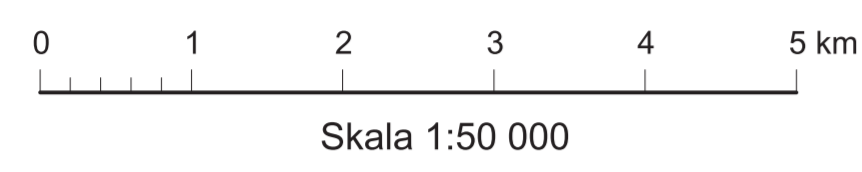
Enköping
Örkelljunga
Ängelholm
Eskilstuna
Kungsör
Köping
Båstad
Halmstad
Laholm
Uddevalla
Örebro

Kumla
Mölndal
Lerum
Härryda
Partille
Alingsås
Vårgårda
Ekerö
Salem
Botkyrka

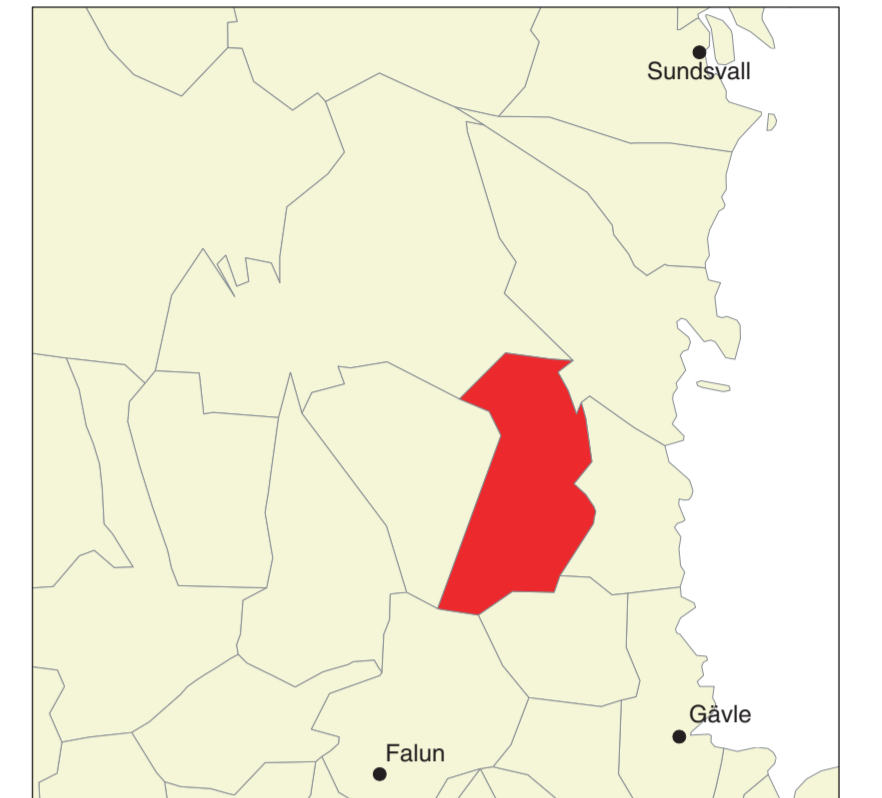
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I BOLLNÄS KOMMUN

Norra delen

2005



Karteringsområde



Topografiskt underlag: UTM ur GGD 14g och 15g, geoid-reviderat, med medelvärde från Lantmäteriet. Geografiska längden är räknad från Greenwich. Gauss' projektion. Godkänd från sekretesspunkt för spridning. Lantmäteriet 1996-10-30

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGEN

- Sand och grus huvudsakligen isälvsavlagringar**
- Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkt eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25-125 l/s (ca 2000-10000 m³/d)
 - Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkt uttagsmöjligheter, storleksordningen 5-25 l/s (ca 400-2000 m³/d)
 - Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1-5 l/s (ca 80-400 m³/d)
 - Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s (< ca 80 m³/d)
 - Viktigt infiltrationsområde (höger)

- Sand- och gruslager under lera**
- Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är tätta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån.
 - Sammanhängande område med måttlig lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under leran. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån.

- ORGANISKA JORDARTER**
- Mosse, kärr, gytta. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

- Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsarkiv
- Urberg**
- Goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 2000-6000 l/h (ca 50-150 m³/d)
 - Tämligen goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 600-2000 l/h (ca 15-50 m³/d)
 - Mindre goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 200-600 l/h (ca 5-15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Fast grundvattendelare
- Rörlig grundvattendelare
- Grundvattnets huvudrörelseriktning
- Grundvattnets trycknivå, m ö.h.
- Källa registrerad vid SGU med ett flöde av >1 l/s
- Inducering
- Observationsrör eller rörrunn för mätning av grundvattennivå
- Sonderingsborrning
- Kommunal grundvattentäkt i jord (vånster) eller berg (höger)
- Kommunal grundvattentäkt i berg som reserv eller nedlagd
- Kommunal vattentäkt i jord med kostjord grundvattenbildning
- Kommunal ytvattentäkt
- Enskild brunn i jord (vånster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca. 150 m³/d)
- Yttre skyddsområde
- Sprickzon

- Rekommenderade borrhörningar i förhållande till sprickor i forsikringsriktning:
- Borrhörning lutas ca 30 grader från vertikallinjen och riktas åt det håll som pilen visar. Forsikfring 61-60 grader
 - Borrhörning lutas ca 15 grader från vertikallinjen och riktas åt det håll som pilen visar. Forsikfring 46-60 grader
 - Borrhörning bör ej lutas. Forsikfring 0-45 grader, eller okänd

Karteringen utförd år 1997-1999 av Torbjörn Fagerlind

Nationellt/Regionalt Office: Färdkontor/Regionalt Office:
 Box 670, Gäddede, S-751 28 Uppsala, Sweden
 Tel: +46(0) 18 77 00 00 Fax: +46(0) 18 77 00 75 E-post: sgu@sgu.se URL: http://www.sgu.se

Färdkontor/Regionalt Office:
 Gäddede, S-751 28 Uppsala, Sweden
 Tel: +46(0) 18 77 00 00 Fax: +46(0) 18 77 00 75 E-post: sgu@sgu.se

Köping: S-713 20 Köping, Sweden
 Tel: +46(0) 66 31 17 70 Fax: +46(0) 66 31 17 99 E-post: kund@sgu.se

Södertälje: S-132 70 Malm, Sweden
 Tel: +46(0) 83 346 00 Fax: +46(0) 83 316 86 E-post: malm@sgu.se

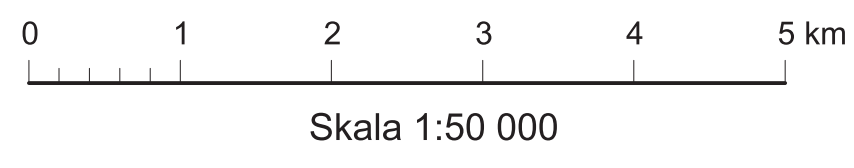
Box 16247, S-103 24 Stockholm, Sweden
 Tel: +46(0) 8 542 310 00 Fax: +46(0) 8 24 08 14 E-post: stockholm@sgu.se

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2005
 Medgivande behövs från SGU för varje form av mångfaldigande eller återgivning av denna karta.
 Detta meddelar inte bara kopiering utan även digitalisering eller översättning till annat medium.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR I BOLLNÄS KOMMUN

Södra delen

2005



BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

- Sand och grus huvudsakligen isläsvavlagningar
- Mycket stor grundvattentillgång, med utmärkt eller ovanligt goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 25-125 l/s (ca 2000-10000 m³/d)
 - Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5-25 l/s (ca 400-2000 m³/d)
 - Måttlig grundvattentillgång, med goda eller mycket goda uttagsmöjligheter, storleksordningen 1-5 l/s (ca 80-400 m³/d)
 - Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s (< ca 80 m³/d)
- Viktigt infiltrationsområde (höger)

- Sand- och gruslager under lera
- Grundvattentillgång i sand- och gruslager under jordlager som är blå eller har dålig genomsläpplighet, förmåla lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i lera vid avskivning av grundvattennivån
 - Sammanhängande område med måttlig lera. Vattenförande fraktioner kan förekomma i och under lera. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå i lera vid avskivning av grundvattennivån

ORGANISKA JORDARTER

- Mossa, kärr, gytja. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet

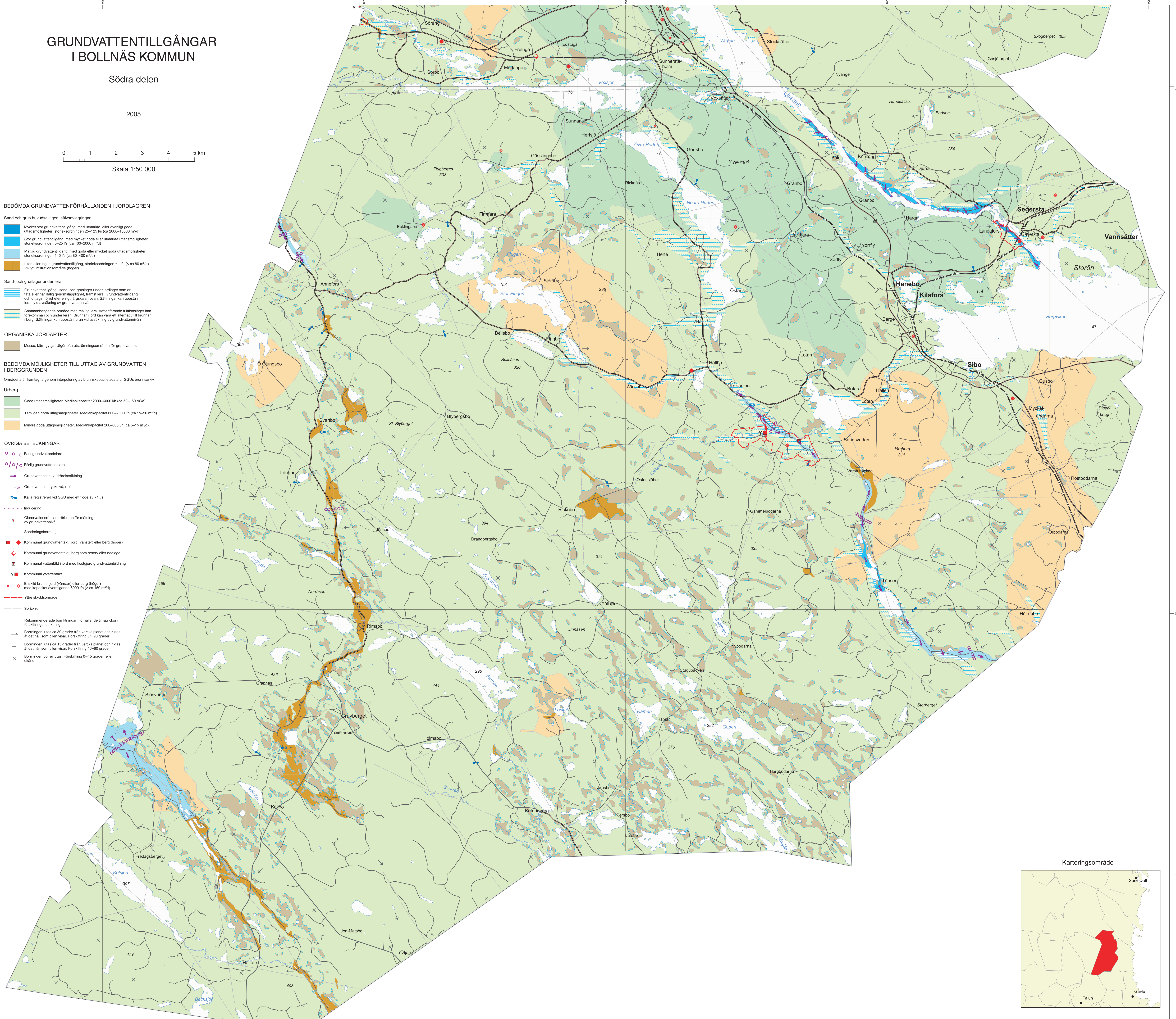
BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Omskildens är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGU:s brunnsarkiv

- Urberg
- Goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 2000-6000 l/h (ca 50-150 m³/d)
 - Tämligen goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 600-2000 l/h (ca 15-50 m³/d)
 - Mindre goda uttagsmöjligheter. Medelkapacitet 200-600 l/h (ca 5-15 m³/d)

ÖVRIGA BETECKNINGAR

- Fast grundvattendelare
- Rörig grundvattendelare
- Grundvattnets huvudföreläring
- Grundvattnets trycknivå, m o.h.
- Källa registrerad vid SGU med ett flöde av >1 l/s
- Inducering
- Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå
- Sonderingsborring
- Kommunal grundvattentäkt i jord (vänster) eller berg (höger)
- Kommunal grundvattentäkt i berg som reserv eller nedlagd
- Kommunal vattentäkt i jord med kostgörd grundvattenbildning
- Kommunal ytvattentäkt
- Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (ca 150 m³/d)
- Yttre skyddsområde
- Sprickzon
- Rekommenderade borrhåningar i förhållande till sprickor i forskningsriktning
- Borrhåning lutas ca 30 grader från vertikallinjen och riktas åt det håll som pilen visar. Forskfröning 61-90 grader
- Borrhåning lutas ca 15 grader från vertikallinjen och riktas åt det håll som pilen visar. Forskfröning 61-90 grader
- Borrhåning bör ej lutas. Forskfröning 0-45 grader, eller okänd



Karteringen utförd år 1997-1999 av Torbjörn Fagerlin

| Handledningsområde | Färdplaneringsområde |
|---|--|
| Box 676 Sveväg 11 SE-717 24 Uppsala, Sweden Tel: +46(0) 18 77 02 00 Fax: +46(0) 18 77 02 10 E-post: sgu@sgu.se URL: http://www.sgu.se | Box 10247 SE-100 24 Stockholm, Sweden Tel: +46(0) 8 66 21 00 00 Fax: +46(0) 8 66 21 10 10 E-post: stockholm@sgu.se |

© Sveriges geologiska undersökning (SGU), 2005

Mappningen berövas från SGU i utgåva form av rådgivningsföretag eller återtrycks av denna karta. Data revideras vid nya upptäckter eller tekniska förändringar i kartan.

Topografiskt underlag: UTM-projektion GDD 14q och 15q. Övriga tvärsnitt, med mätvärden från Lantmäteriet. Geografiska längder är baserat från Greenwich. Översiktspjälskartan Guddard från kartmättningsbyrå för skand. Lantmäteriet 1995-10-30