

K 83

Beskrivning till kartan

Grundvattenförekomster i Köpings kommun

Hans Söderholm



SGU

Sveriges geologiska undersökning

2007

Beskrivning till kartan
Grundvattenförekomster i
Köpings kommun

Hans Söderholm

ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-797-8

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

Närmare upplysningar erhålls genom

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

Omslagsbild: Gård tillhörig Svenska kyrkan, vackert belägen på Köpingsåsen och invid Köpingsån i södra delen av Köping.
Foto: H. Söderholm.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Köpings kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartan är framtagen i nära samarbete med kommunens VA-avdelning, och är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten. Den kan givetvis användas 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 miljöbalken, PBL och Agenda 21 för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning, grundvattenskydd samt grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Den föreliggande kartan över grundvattenförekomster i Köpings kommun är digitalt framställd. 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 kartskalan.

Bedömningarna av grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand sand- och grusavlagringarna, har grundats på utredningar och annat underlag från kommunen samt de hydrogeologiska fältarbeten som utförts inom ramen för SGUs grundvattenundersökningar i Köpings kommun. Dessa har innefattat geofysiska mätningar med georadar och seismik samt sonderingsborrningar och etablering av observationsrör. Utgångspunkt för arbetena har varit den hydrogeologiska översiktskartan över Västmanlands län i skala 1:250 000, SGU serie Ah 2 (Wikner m.fl. 1982), vilken är en syntes av äldre grundvattenundersökningar och utredningar.

De undersökningar som utförts för kartläggningen av grundvattentillgångarna i Köpings 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, varvid grundvattenmagasinens storlek bedömts.

Digital bearbetning av grundvattenkartan, som ligger till grund för denna beskrivning, har utförts av Magnus Åsman.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm: grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet; Bo Wällberg: metodbeskrivningar – georadar och seismik; Leif Eriksson: metodbeskrivning – elektriska motståndsmätningar; Magnus Åsman: metodbeskrivningar – kriging och variogramanalys.

Kvalitetsgranskning och bearbetning av den digitala beskrivningen har utförts av Åsa Gierup och Linda Ahlström. Bild- och layoutbearbetning har gjorts av Kerstin Carlstedt respektive Kerstin Finn.

Kartläggningen genomfördes 2002–2003. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wällberg, borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Eva Elsmark, Sven-Eric Gradstock, Björn Johansson, Anders Lundström, Sune Rurling och Lars Stenberg.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	8
Utförda arbeten	8
FOTOGRAFIER	10
GRUNDVATTENTILLGÅNGAR	15
Allmänna förutsättningar	15
Naturresursen grundvatten	15
Vattnets kretslopp	16
Grundvattnet i och intill en grusås	17
Grundvattenbildning	17
Tidsmässiga variationer i grundvattennivå	18
Årstidsvariationer	19
Dricksvatten	19
Inducerad infiltration	22
Konstgjort grundvatten	23
BESKRIVNING AV GRUNDVATTEN- TILLGÅNGARNA I KÖPINGS KOMMUN	24
Grundvatten i jordlagren	24
Köpingsåsen	24
Väster om Galten	24
Kungsängen–Köping	25
Åsby–Vallsta	25
Vallsta till söder om Kolsva	25
Söder om Kolsva till Kolsva vattenverk	25
Kolsva vattenverk till söder om Bernshammar (Skinnskattebergs kommun)	26
Valstaåsen	26
Haga till norr om Lundbysjön	26
Norr om Lundbysjön till Rölösjön (Skinnskattebergs kommun)	27
Delpartierna Köping–Åsby (Köpingsåsen) och Köping–Haga (Valstaåsen)	27
Övriga grundvattentillgångar	28
Grundvatten i berggrunden	28
Redovisning av vissa områden	30
Köpings centralort	30
Teckenförklaring till figurerna 27, 28 och 30	31
Valsta	32
Köpings- och Valstaåsen	33

GRUNDVATTNETS KEMI	36
Grundvattnets kemi i allmänhet	36
Analys	36
SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER	37
Förekomst av salt grundvatten	37
Åtgärder mot salt grundvatten	38
GRUNDVATTNETS SÅRBARHET	40
Allmänt om grundvattnets sårbarhet	40
Grundvattenpåverkan	40
Konsekvens- och riskanalys	40
Skydd av grundvattnet	40
METODBESKRIVNINGAR	41
Georadar	41
Seismik	42
Kriging och variogramanalys	44
DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR, BRUNNAR, VATTENYTOR, BORRNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER AV VATTEN	46
Geofysiska mätningar	46
Brunnar, vattenytor och borrhningar	47
Kemiska analyser av vatten	49
DATABASSTRUKTUR	50
UTREDNINGAR, REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR	51
Utredningar	51
REFERENSER	53
LITTERATUR	53
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	56
Grundvattenkartor	56
SGU serie Ag, grundvattenkartor i skala 1:50 000	56
SGU serie Ah, grundvattenkartor, län, i skala 1:250 000	57
SGU serie An	57
SGU serie K	58

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

De arbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattentillgångarna i Köpings kommun har utförts i samarbete 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 utgöra 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. Sådana grundvattenytor faller ofta helt utanför ramen för vad som är rimliga gradienter för sammanhängande grundvattenytor i sand- och gruslager.

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordarts- och berggrundskartor samt grundvattenkartan över Västmanlands län (Wikner m.fl. 1982) och har sedan, sammanfattningsvis, bestått av följande moment:

- Genomgång av utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av 85 schakt- och rörbrunnar samt observationsrör längs åsarna.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Avvägning av brunnarna och observationsrören samt ett antal vattenytor i och längs åsarna.
- Georadmätningar i 32 profiler med en sammanlagd längd av 23 029 m.
- Seismiska mätningar i 15 profiler med en sammanlagd längd av 3 450 m.
- Avvägning av georadar- och seismiska profiler.
- Sonderingsborrningar med en sammanlagd längd av 230 m på 14 platser.
- Rördrivning med en sammanlagd längd av 132 m på 9 platser varav jordprovtagning på en plats.
- Provtagning och kemisk analys av grundvattnet i en brunn (källa), ett observationsrör, ett ytvattendrag med källflöde samt i en fri grundvattenyta (schaktgrop).

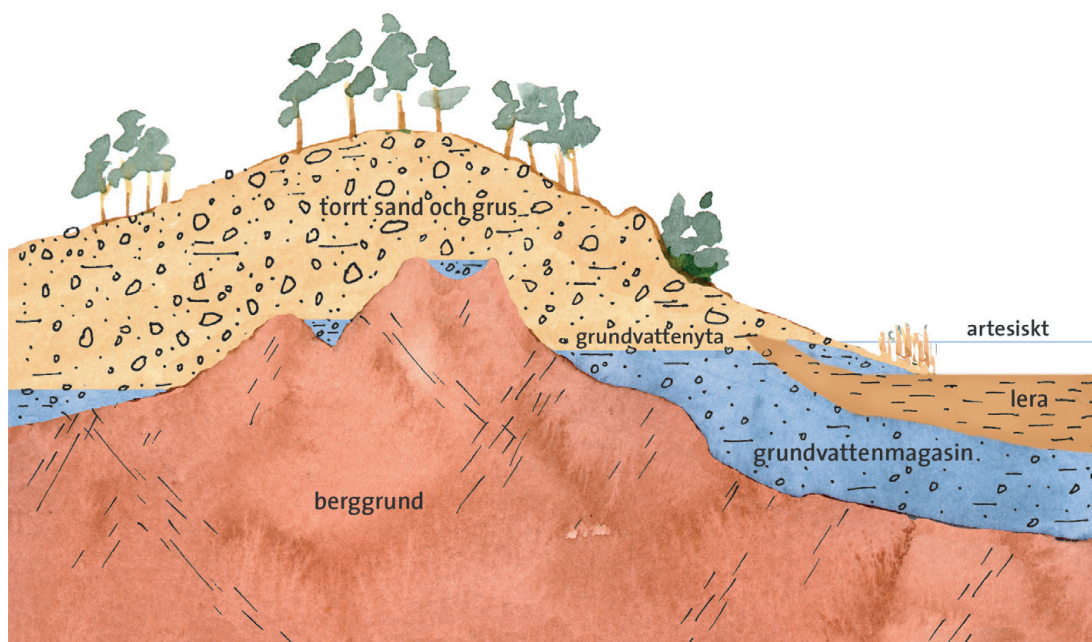


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lägga märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst.

- Inlagring i databaser av:
brunnsdata,
georadar- och seismiska mätningar,
borrningsdata och lagerföljder,
grundvattennivådata och
vattenanalyser
- Upprättande av kartdatabaser över:
uttagsmöjligheter i berggrunden,
grundvattentillgångar i jordlagren,
större sprickzoner i berggrunden,
stryknings- och stupningsvärden på berggrundsstrukturer,
grundvattennivåer,
grundvattnets strömningsriktningar,
grundvattendelare och
källor
- Sammanställning av dessa databaser med Lantmäteriverkets digitala topografiska underlag (T5) till en karta över Grundvattenförekomster i Köpings kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

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

Grundvattennivåerna som anges på kartan över grundvattenförekomster i Köpings kommun och i beskrivningen är uppmätta vid ett gemensamt tillfälle, maj 2003. 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.

Grundvattenprover har tagits och kemiska analyser utförts från sådana grundvattenmagasin som i dag inte utnyttjas, men som med avseende på deras potential skulle kunna utnyttjas i framtiden eller där det är av särskilt intresse att få vetskap om vattenkvaliteten.

En bedömning av uttagsmöjligheterna i berggrunden har gjorts baserad på berggrundens uppbyggnad och skiffrihet samt förekomsten av potentiellt vattenförande sprickzoner. Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnsarkiv har använts för att påvisa områden i kommunen med olika möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden.

Vid kartläggningen av grundvattenförhållandena i Köpings kommun har grundvattentillgångar av både kommunal och lokal betydelse påvisats – kanske också regional. Det är därför av stor vikt att framtida nyttjande och skydd av grundvattentillgångarna beaktas i kommunens översiktsplanering.

Resultaten av kartläggningen redovisas i kapitlen Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångar i Köpings kommun samt under Redovisning av vissa områden.

FOTOGRAFIER



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

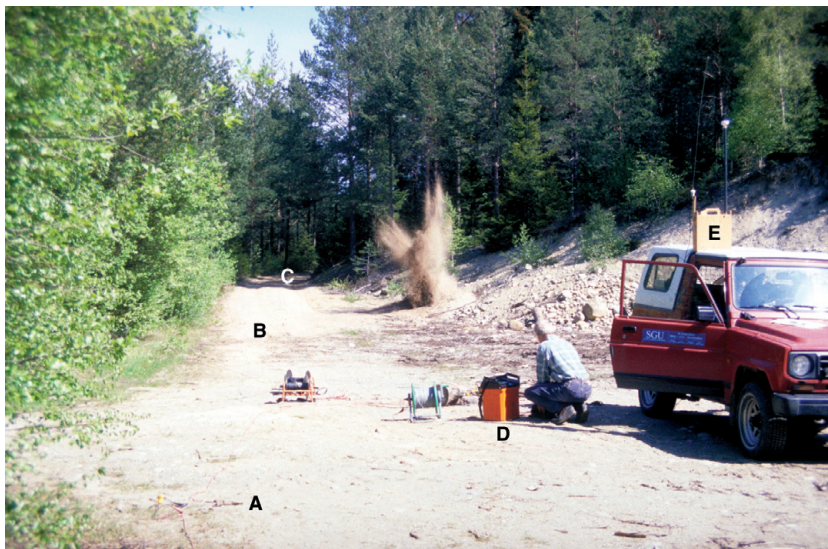


Fig. 3. Vid seismiska mätningar detoneras en mindre dynamitladdning och ljudvågorna som fortplantar sig i marken registreras av geofoner vid A, B och C. D är en seismograf som ritar upp och lagrar kurvor för ljudvågornas utbredning. E är en GPS-mottagare för positionering. Foto: C.-F. Müllern.



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 bestäms sammansättningen på jordlagren allteftersom borrhningen drivs djupare. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 6. Preliminära, kemiska analyser på salthalt, järnhalt och elektrisk ledningsförmåga görs i fält under pågående borrhning. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 7. Rensning är en viktig del i samband med etablering av observationsrör och rörbrunnar. Härvid spolas det finkorniga jordmaterialet upp till ytan och ett filter byggs upp omkring rörspetsen eller brunnens filterdel. Efter rörrensningen kan provpumpning företas i röret eller brunnen. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 8. Efter omsättning av drygt 1 000 liter vatten tas ett prov från observationsröret för fullständig kemisk analys. Foto: C.-F. Müllern.

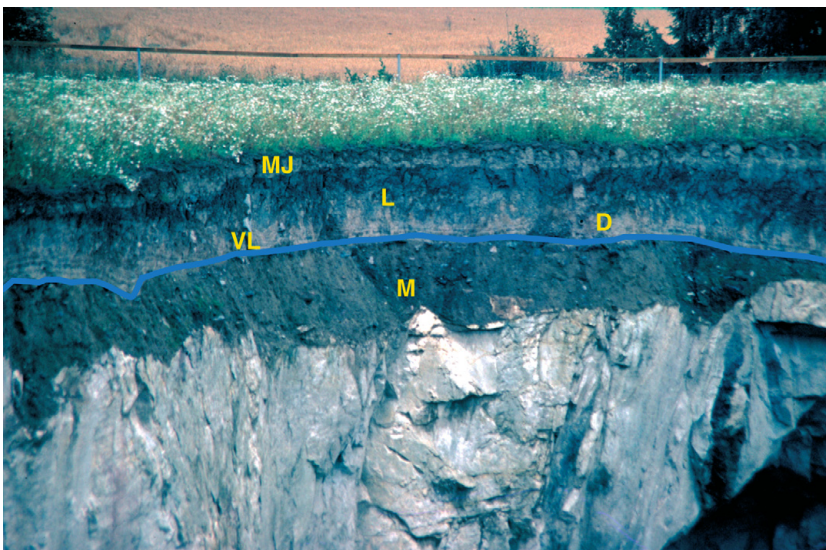


Fig. 9. Bilden visar den vanligaste lagerföljden i ett lerområde. Ovanpå berggrunden med sin oregelbundna sprickighet ligger: M – morän med varierande mäktighet, VL – varvig lera (glacial), L – lera (postglacial), MJ – matjord ner till plogdjup, D är öppningen på ett dräneringsrör. Övergångszonen mellan varvig lera och morän är vanligen den bäst vattenförande delen av lagerföljden. Lerområde i Glanshammar. Foto: C.-F. Müllern.



Fig. 10. I utkanten av Köping, på vägen mot Kolsva, ligger Ströbohög. Det är en stor gravhög som är cirka 35 m i diameter. Högen är belägen på Köpingsåsen, och en stor del av denna har schaktats bort runt gravhögen. På 1930-talet undersöktes Ströbohög och man fann ett likarmat spänne av brons, eldstål, glaspärlor och lerkärlsfragment som är från yngre järnåldern (400–1 050 e Kr). Det betyder att Ströbohög troligen är en forntida konungagrav (Köpings kommuns webbplats). Foto: H. Söderholm.



Fig. 11. Dricksvattenförsörjningen för Köping bygger till stora delar på att ytvatten från Hedströmmen vid Ekebybro infiltreras i dammar och förstärker grundvattentillgången i Köpingsåsen. Bilden visar infiltrationsdammarna norr om Ströbohög. När bilden togs var två dammar (längst bort i bild) av tre i drift. Foto: H. Söderholm.



Fig. 12. Bilden visar grundvattenytan i en schaktgrop i Köpingsåsen mellan Malmön och Kungsängen. Grundvattennivån är endast mellan en och två meter under den allmänna markytan. Grundvattnet är här mycket sårbart för föroreningar genom att jordtäcket, som normalt tjänar som ett filter mot bl.a. föroreningar, här saknas. Foto: H. Söderholm.



Fig. 13. På Köpingsåsen och utefter Ö. Långgatan i södra delen av Köping finns denna dricksvattenpump. Innan ledningsnät för vattenförsörjningen fanns utgjorde källan (grundvatten) och pumpen basen för vattenförsörjningen i stadsdelen. Foto: H. Söderholm.



Fig. 14. Kraftverksdammen i Kolsva samhälle dämmer upp vattenytan i Hedströmmen i anslutning till Köpingsåsen. Dämningen har också viss påverkan på åsen. Det gör att grundvattennivån är ca sex meter lägre nedanför än ovanför dammen. Foto: H. Söderholm.



Fig. 15. Detta övergivna sand- och saltförråd finns utefter väg 250 norr om Kolsva. När bilden togs var ladan öppen och taket skadat varvid nederbörd lätt tränger in, vilket medför risk att salt lakas ut i grundvattnet i Köpingsåsen. Foto: H. Söderholm.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturresursen grundvatten

Av allt vatten på jorden är bara några få procent sötvatten. Resten finns i haven. Större delen av sötvattnet är lagrat som grundvatten och nästan hela återstoden är bundet i form av is och snö, mestadels i polartrakterna. Ytvattenförekomster – sjöar, floder och mindre vattendrag – innehåller bara en obetydlig del av jordens sötvattenförråd, mindre än en promille.

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

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

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

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

Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrhäls brunnar för sin vattenförsörjning, omfattar ca 1,2 miljoner människor i vårt land. Ungefär lika många utnyttjar grundvatten i sitt fritidsboende.

Grundvatten har många användningsområden. Några sådana är:

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

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp 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 ytvattnen 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 16.

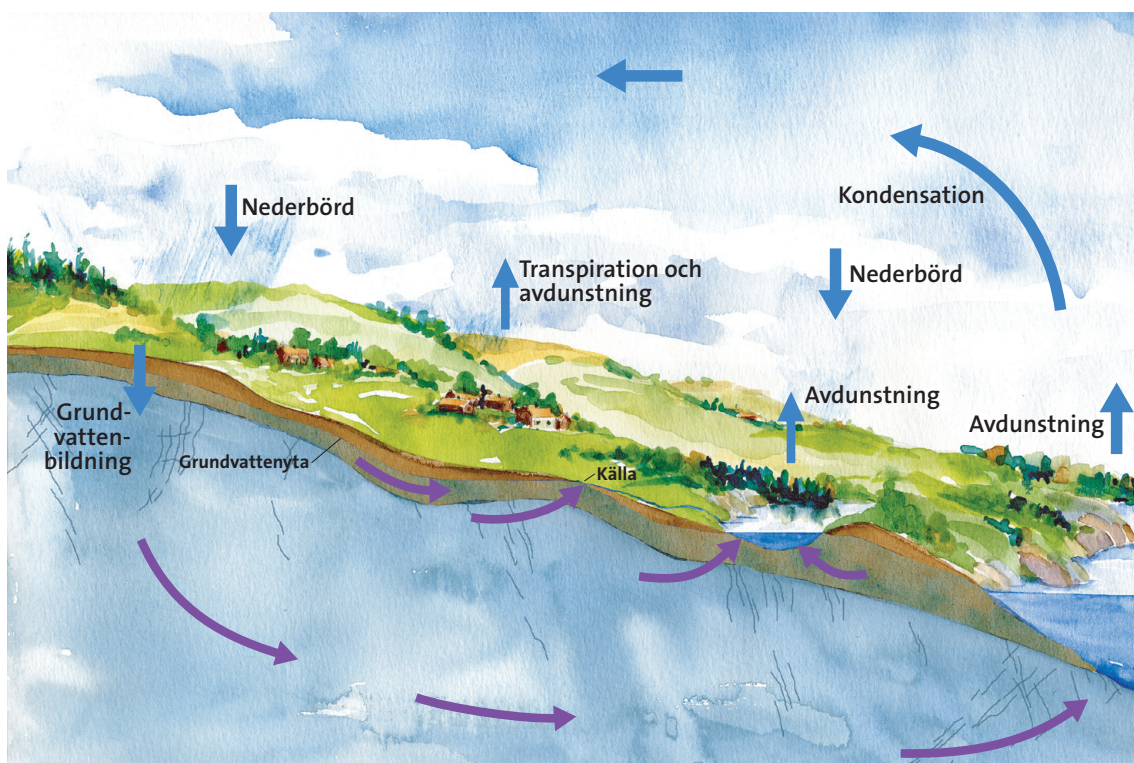


Fig. 16. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner ut huvudsakligen i botten av bäckar, åar och sjöar samt i källor.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 17 visar en dalgång med en isälsavlagring – 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 isälsavlagringen kan tryckytan ligga lägre än i omgivningen och då strömmar vatten in mot åsen som dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

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.

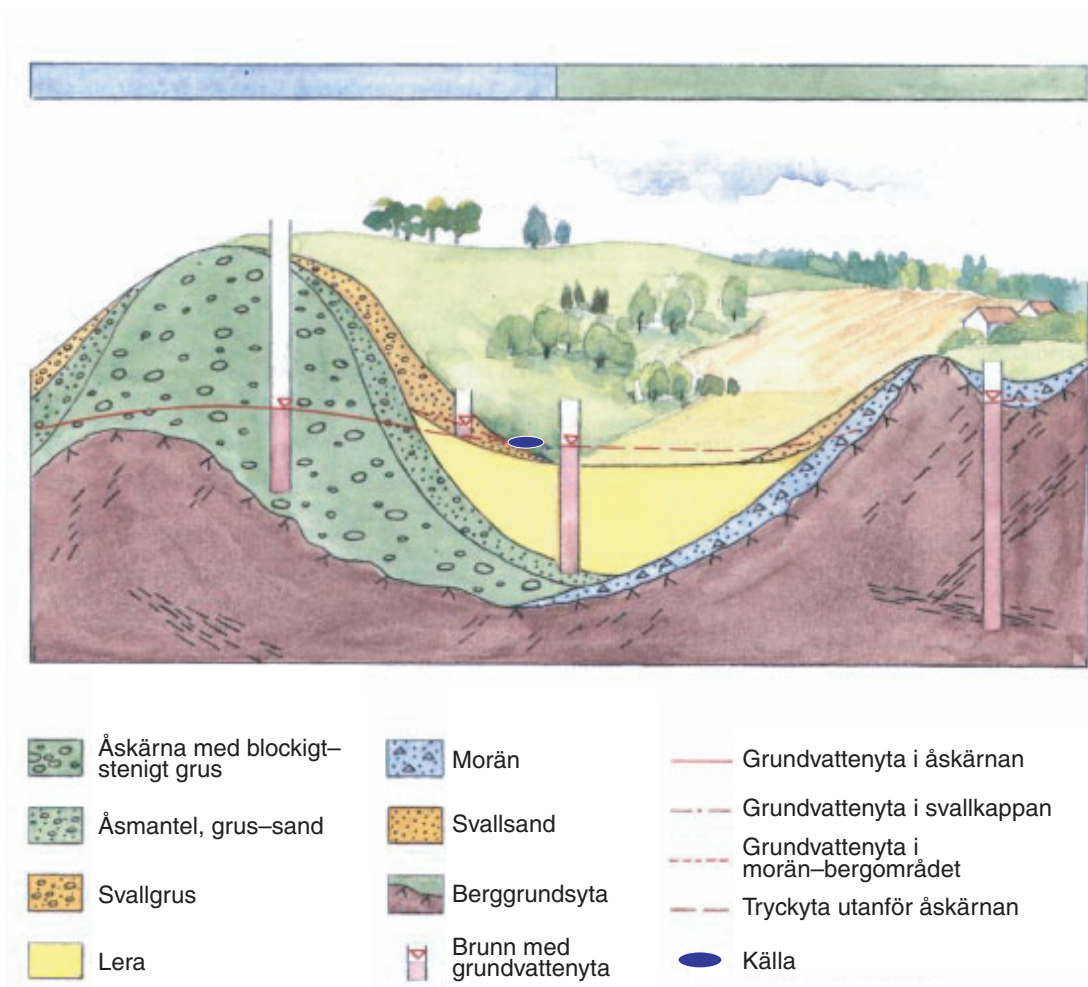


Fig. 17. Principbild på hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Färgmarkeringen överst i bild visar hur detta redovisas på kartan över "Grundvattenförekomster i Köpings kommun". Blått – tillgångar i jord, grönt – i berg. Illustration: Elisabet Carlson.

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

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

Tidsmässiga variationer i grundvattennivå

I figurerna 18–21 redovisas information från en av stationerna (Eskilstuna, station 75:5) i SGUs grundvattennät (Nordberg & Persson 1974) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 10H NV. Stationen är belägen fyra kilometer sydsydost om Kjula och visar nivåvariationer i morän.

Figurerna 18 och 19 visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990 respektive grundvattennivåns månadsvisa min-, medel- och maxvärden för perioden 1985–2004. Grundvattennivån är normalt lägst under oktober–november som ett resultat av den relativt låga grundvattenbildningen under sommaren. Stor effektiv nederbörd under mars–april återspeglas i årets högsta medelnivå under april–maj.

I figurerna 20 och 21 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Mycket låga nivåer uppmättes under 1989 och 1990.

Varje decennium har haft perioder av grundvattenunderskott. Detta gäller i första hand området närmast denna mätstation, dvs. Kjula, men situationen kan i stora drag överföras till att gälla för hela Köpings kommun.

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

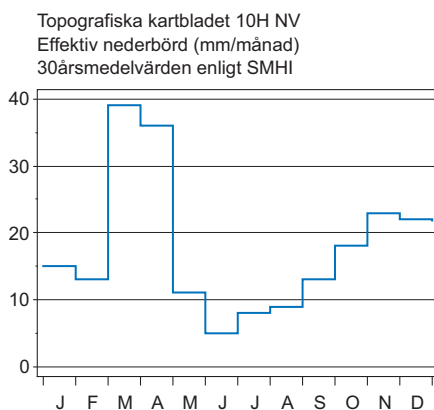


Fig. 18. Effektiv nederbörd (mm/månad) 30-årsmedelvärden enl. SMHI.

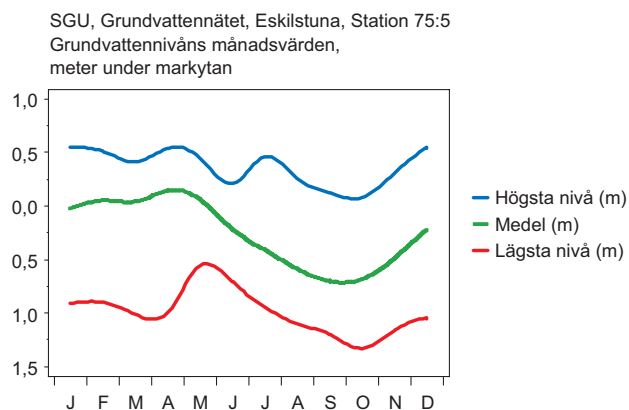


Fig. 19. Grundvattennivåns månadsvärden, meter under markytan.

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 delar av landet. I figur 22 har fyra SGUs mätstationer (Nordberg & Persson 1974) valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleken på variationerna.

Dricksvatten

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

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

Livsmedelsverket är den myndighet som ger ut föreskrifter om dricksvatten. Den gällande föreskriften är SLVFS 2001:30 (2001). För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns

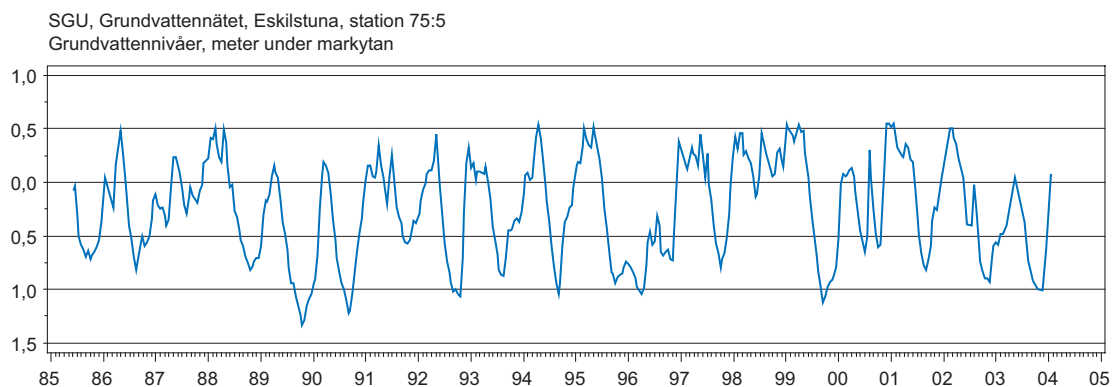


Fig. 20. Grundvattennivåer, meter under markytan.

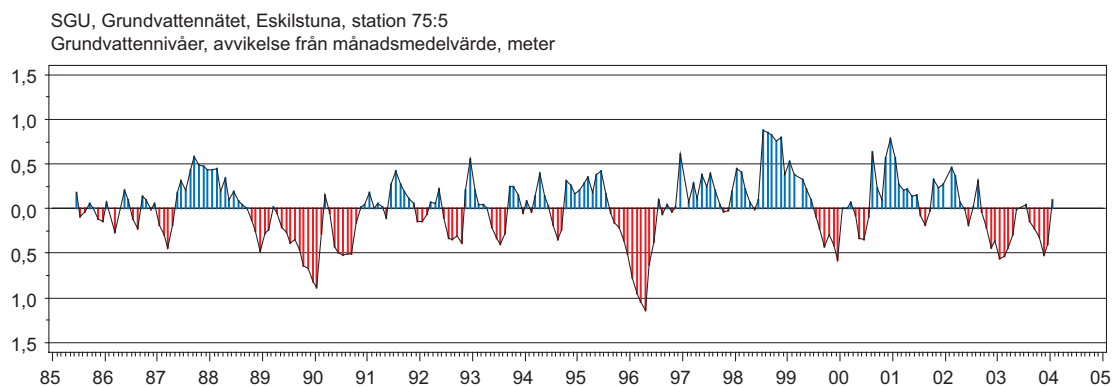
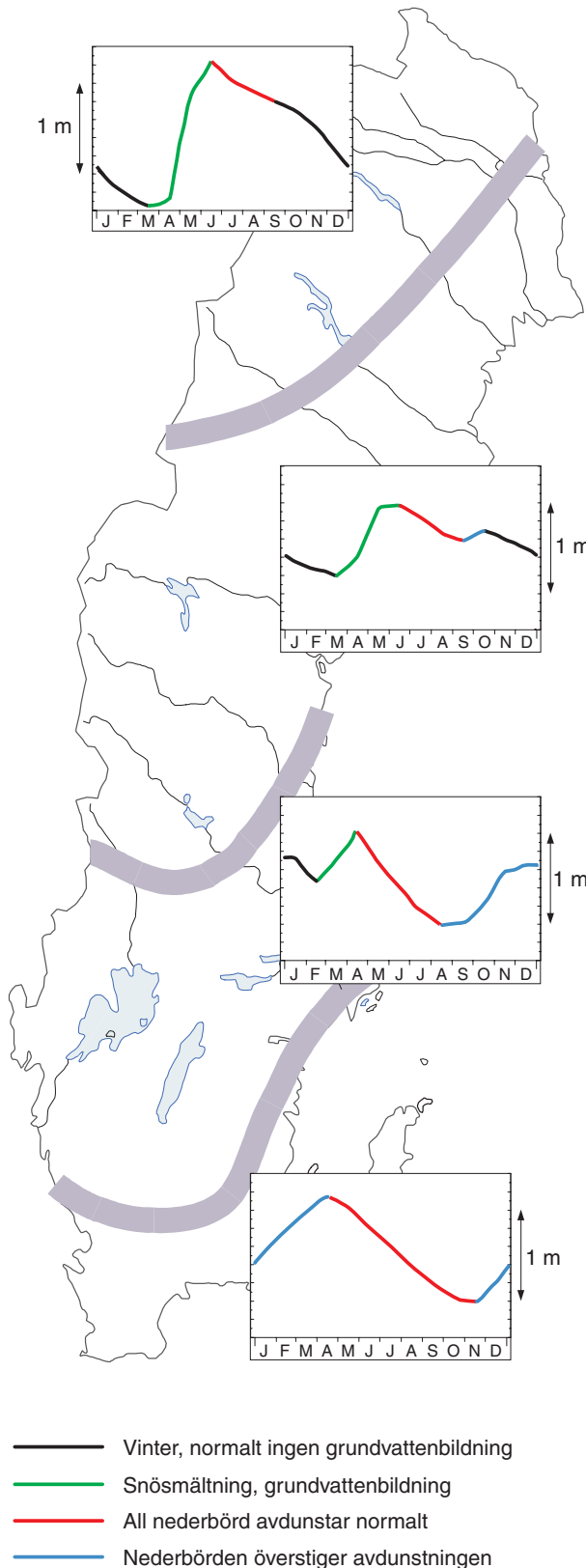


Fig. 21. Grundvattennivåer, avvikelse från månadsmedelvärde, meter.

på Livsmedelsverkets webbplats. Föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, oavsett om denna ingår i yrkesmässig verksamhet eller inte. Livsmedelsverkets föreskrifter gäller dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt för vatten som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.



Arjeplog

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

Sveg

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

Sigtuna

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

Vellinge

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

Fig. 22. Grundvattennivåer i Sverige.

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

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

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

Parameter	Enhet	Livsmedelsverket (2001): Gränsvärde Tjänligt med anmärkning	Livsmedelsverket (2001): Gränsvärde Otjänligt	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Tjänligt med anmärkning	Socialstyrelsen (2003): Riktvärde Otjänligt
Aluminium	mg/l Al	0,100**		0,5	
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5		0,5 (t) 1,5 (h, t)	
Arsenik	µg/l As		10		10 (h)
Bekämpningsmedel enskilda	µg/l		0,1		0,1
Bekämpningsmedel totalhalt	µg/l		0,5		0,5
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	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	0,2	2	0,20 (e, t)	2,0 (h, e, t)
Krom	µg/l Cr		50		50 (h)
Kviksilver	µg/l Hg		1		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**	0,5	0,1 (t)	0,5 (h)
Oxiderbarhet (permanganatindex)	mg/l O ₂	4			
pH (vätejonkoncentrationen)		<7,5 >9,0	10,5	<6,5	10,5 (h)
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)	µg/l		0,1		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

Inducerad infiltration

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

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

Sjövattnets temperatur kan variera mer än 20 grader under året, men när det har infiltrerat i grundvattenmagasinet blir temperaturvariationerna mycket små. Temperaturen på vattnet i brunnen håller sig kring 6–7 grader, om inte uttagsmängden är för stor i förhållande till avståndet till sjön så att temperaturen inte hinner stabiliseras.

Förutsättningarna kan dock vara mycket varierande genom att sand- och gruslagren till stora delar överlagras av lera och att leran kan motverka en effektiv inducering.

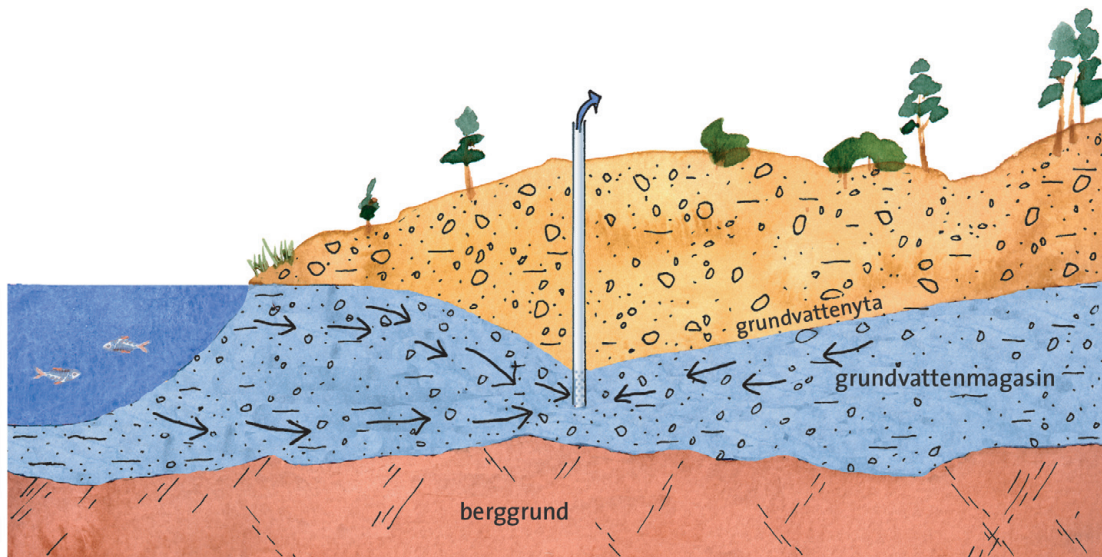


Fig. 23. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet.

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 per kvadratmeter och dygn.
- Den omättade zonens mäktighet under naturliga förhållanden bör vara minst 3–5 meter.
- Grundvattenmagasinet måste vara så stor vid läget för uttagsbrunnarna att tillräckliga avsänkningsmöjligheter föreligger med hänsyn till de önskade uttagsmängderna.
- God hydraulisk kommunikation måste föreligga mellan infiltrationsläget och uttagsbrunnarna.
- Strömningsriktningen från infiltrationsläget ska 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 24 visar, med den skillnaden att råvattnet kommer från en grundvattenbrunn i stället för från en sjö.

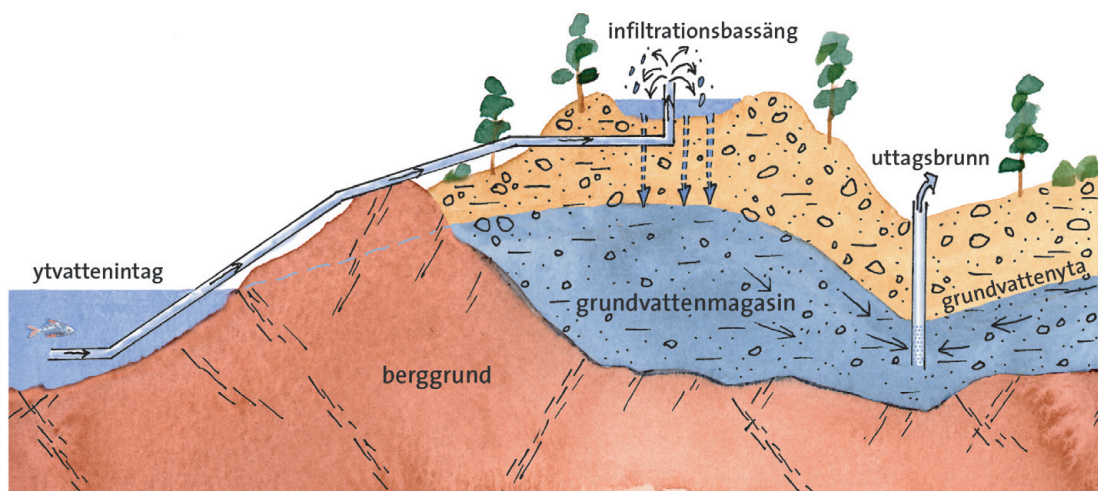


Fig. 24. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet.

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

Det är möjligt att anläggningar för konstgjord grundvattenbildning skulle kunna byggas på vissa delar av Köpings- och Valstaåsarna.

BESKRIVNING AV GRUNDVATTENTILLGÅNGARNA I KÖPINGS KOMMUN

Grundvatten i jordlagren

Inom Köpings kommun finns de största grundvattentillgångarna i den stora isälvsavlagringen benämnd Köpingsåsen med centralorten Köping samt i den mindre avlagringen som kallas Valstaåsen. Bildningarna förenas ca 2 km nordväst om Köpings centralort. Väster om Köpingsåsen finns i det närmaste inga isälvsavlagringar förutom en drygt hundra meter lång bildning ca 1 km norr om Iresjön. I öster förekommer spridda små avlagringar i ett stråk med början ca tre km väster om Munktorp till Tränsta i norr, en sträcka på 8 km. Vidare finns ett kilometerlångt sådant stråk i samma riktning ca 2 km nordost om Köping.

Under kapitlet *Köpingsåsen, Valstaåsen* samt *Delpartierna Köping–Åsby (Köpingsåsen) och Köping–Haga (Valstaåsen)* beskrivs grundvattentillgångarna och de utförda undersökningarna mer översiktligt. För utvalda områden ges en mer ingående beskrivning och redogörelse för resultat i kapitlet *Redovisning av vissa områden*.

Specifika data från undersökningarna finns i kapitlet *Dokumentation av geofysiska mätningar, brunnar och vattenytor, borrhningar samt kemiska analyser av vatten*. Här redovisas identitet, läge m.m. gällande georadar- och seismiska mätningar samt borrhningar. I SGUs parameterdatabas återfinns resultaten från bl.a. brunn- och källinventering samt lagerföljder från borrhningar m.m.

Köpingsåsen

Köpingsåsen, som är en av de stora Mellansvenska isälvsavlagringarna, har sin sträckning inom kommunen från Barkarövikens invärd Galtens till drygt 6 km nordväst om Kolsva. Nedan ges en sammanfattande beskrivning av grundvattenmagasinen i Köpingsåsen. Klassningen av magasinerna redovisas i kartan över Grundvattenförekomster i Köpings kommun. De nivålinjer och strömningsriktningar för grundvattnet som redovisas i kartan grundas främst på mätningar i och avvägningar av brunnar och observationsrör. Avsaknad av sådana i strategiska lägen har gjort att etablering av nya observationsrör varit nödvändiga i kartläggningen. För att bl.a. fastställa grundvattendelare och grundvattendelarzoner har mätningarna kompletterats med geofysiska undersökningar och borrhningar.

Väster om Galtens

Grundvattenmagasinet i Köpingsåsen vid Galtens västra del har sin begränsning i söder vid Aludden i Kungsörs kommun samt i norr i höjd med Kungsängen i Köpings kommun.

Mellan Malmön och Kungsängen har två seismiska mätningar samt tre georadarmätningar utförts. En av de två seismiska mätningarna är i lerområdet väster om åsen vid Malmön. Den andra seismiska mätningen är i lerområdet vid Kungsängen (yttre hamnen). Den senare visar att åsens grundvattenmagasin här finns under leran och med en mäktighet av drygt 15 m i anslutning till Galtens och Köpingsåsens utlopp. I mätprofilens östra del framgår även en sprickzon i berget.

En sonderingsborrning i anslutning till den seismiska profilen vid hamnen anger dessutom att under drygt 8 m fyllning och lera finns cirka 7 m finsand samt därunder till närmare 33 meters djup finns en blandning av grusig sand, sand och stenigt grus.

Beträffande grundvattenmagasinet förekommer liknande förhållanden i lerområdet i anslutning till Malmön. Någonstans vid Kungsängen bedöms dessutom att en grundvattendelazon finns varvid grundvattnet sannolikt strömmar solfjäderformat ut mot Galten och Köpingsån. Utifrån nämnda undersökningar antas vidare att åsen och dess grundvattenmagasin är dolt under lera på en sträcka av ca 3 km. Vidare avspeglar georadarmätningarna på Malmön grundvattenytan omkring havsnivån på två centrala delar av ön. Förutsättningar för inducerad infiltration kan föreligga längs Galtens stränder.

Klassningen av grundvattentillgången, 5–25 l/s, har grundats på den naturliga grundvattenbildningen samt med hänsyn till viss grad av inducering från Galten och Köpingsån, som bedöms kunna förekomma vid uttag av grundvatten och med bibehållande av den ursprungliga grundvattenkvaliteten.

Kungsängen–Köping

På största delen av sträckan mellan Kungsängen och Köping bedöms åsens grundvattenmagasin i anslutning till Köpingsån vara dolt under lera. Söderut från grundvattendelaren i Köping strömmar grundvattnet mot Köpingsån och Galten. Beträffande grundvattenbildningen är denna högst av storleksordningen fem liter per sekund. Eftersom grundvattendelarna är rörliga kan avsänkning genom pumpning i anslutning till dessa samt eventuell inducering från ån och Galten öka uttagsmöjligheterna betydligt.

Åsby–Vallsta

I dalgången mellan Åsby och Vallsta är grundvattenmagasinet till vissa delar slutet, dvs. magasinet är täckt av lera av varierande mäktighet. Här är också strömningshastigheten låg (långt mellan nivålinjerna för grundvattnet i kartan). Hedströmmens genombrott på två ställen förorsakar sannolikt under vissa delar av året utläckning av grundvatten till vattendraget från åsen (utströmningsområden).

På sträckan har fem seismiska mätprofiler samt tre borrhningar utförts i avsikt att få en så hel bild som möjligt av grundvattensituationen i dalgången. Borrhningarna har utförts i tre av mätprofilerna för att kontrollera och kvantifiera mätresultaten. Resultatet har blivit att grundvattenmagasinet under silt och lera har kunnat avgränsas relativt väl och visar vidare att magasinet är 0–20 m mäktigt. Grundvattenbildningen som begränsar grundvattentillgångens storlek är 1–5 l/s. I en av mätprofilerna över åsen mellan Överberga och Hedströmmen framgår den sprickzon i berggrunden som redovisas längs med dalgången i grundvattenkartan.

Vallsta till söder om Kolsva

Den 2,5 km långa åssträckan från Vallsta till söder om Kolsva utgörs av ett i huvudsak öppet grundvattenmagasin, som här och som vanligtvis i dalgångar i sidorna dock täcks av silt och lera (slutet grundvattenmagasin). Detta återges i grundvattenkartan med randning i blått och vitt.

Grundvattendelarna som begränsar magasinet bedöms vara rörliga, dvs. vattendelarna kan förändra lägen genom växlande grundvattenbildning, uttag m.m. Vid Solbacken skär Hedströmmen åsen varvid ett utströmningsområde uppkommer genom att grundvatten från både norr och söder läcker ut här. I motsats därtill, speciellt beträffande det öppna grundvattenmagasinets kontakt med Hedströmmen, kan inducering från strömmen till magasinet uppkomma om ytvattnet skulle ligga högre än vattenytan i åsen.

Mellan Guttsta och Solbacken har i kartläggningen en seismisk profil genom åsen öster om Hedströmmen utförts. Denna visar att det finns vattenmättad sand och grus med en mäktighet av 20–30 m närmast strömmen samt att mäktigheten avtar och att jordlagren blir finkornigare mot öster. Vid Solbacken gjordes en borrhning som avslutades i berg eller morän och ett observationsrör etablerades. Lagerföljden i borrhpunkten är närmare 13 m lera och drygt 8 m grusig sand på några decimeter morän. Sammanfattningsvis bedöms grundvattentillgången vara av storleksordningen 1–5 l/s.

Söder om Kolsva till Kolsva vattenverk

Begränsningen för grundvattenmagasinet mellan Kolsva vattenverk och söder om Kolsva, särskilt i norr (grundvattendelaren vid Kolsva vattenverk) är intressant. Här skär Hedströmmen tvärs genom

åsen och man skulle i stället vänta sig en lågpunkt för grundvattnet. Vattentäkten är dock numera en reserv och vid tiden för kartläggningen uttogs inget vatten i denna. I och i anslutning till täkten finns fyra observationsrör som utnyttjats i SGUs grundvattennivåmätningar som hjälp att begränsa magasinet, erhålla strömningsbild osv.

Från kraftverksdammen i Kolsva har från Mälarenergi erhållits vattennivåer dels ovan dammläge dels under. Nivåskillnaden mellan vattenytorna var vid tiden för kartläggningen 6,6 m. Dämningen påverkar och styr även grundvattennivåerna.

I undersökningen har två seismiska mätningar samt ett observationsrör etablerats i anslutning till åsen söder om kraftverksdammen. Utöver detta har också ett observationsrör etablerats vid idrottsplatsen i norra delen av Kolsva.

Den senare borrhningen (inklusive observationsrör) ger anvisning om att åsen med magasin finns under lera mellan samhället och reservvattentäkten. Mellan dammen och reservvattentäkten förekommer de lägsta grundvattennivåerna i nämnda observationsrör, vilket närmast tolkas som att grundvattenläckage från åsen till Hedströmmen förekommer här, men i stort blir grundvattenströmningen i Hedströmmens riktning.

Beträffande de seismiska profilerna och borrhningen söder om kraftverksdammen visar dessa att magasinet är av liten mäktighet och har innehåll av övervägande finkornigt material väster om åsen. I östra delen är grundvattenmagasinet som mest 15 m mäktigt och med stigande bergyta åt öster där berget överlagras av enbart vattenmättad lera. Borrhningen, innefattande etablering av observationsrör öster om åsen, och seismikprofilen visar att där finns mer än 18 m lera samt därunder sand och grusig sand till närmare 25 m djup. Därunder ligger morän på berg.

Registreringar av vattennivåer i observationsrör och i Hedströmmen visar, som nämnts, att en grundvattendelare förekommer vid Kolsva vattenverk. Genom att vattendelaren bedöms vara rörlig kan dess läge förändras genom bl.a. uttag i magasinet. Exempelvis då vattenverket är i drift ger detta upphov till en avsänkning som i sin tur förändrar grundvattendelarens läge.

Kolsva vattenverk till söder om Bernshammar (Skinnskattebergs kommun)

I åspartiet mellan Kolsva vattenverk och söder om Bernshammar har en seismisk profil, fyra georadarprofiler samt etablering av ett observationsrör genomförts.

En seismisk profil i åsen norr om Bysjön visar att bergytan stupar relativt brant från öster mot väster och att ett 0–20 m mäktigt grundvattenmagasin finns i åsens västra del. Från Bysjön till Hagelbäcks udde är även en georadarprofil utförd från vilken grundvattenytan ställvis kan tolkas ligga mellan ca +38 m och 33 m. I ytterligare en georadmätning i åsen omkring kommungränsen mellan Köping och Skinnskatteberg återspeglas grundvattenytan på nivån +47 m.

Borrhningen med observationsrör utförd i ett grustag i anslutning till mätningen och norr om kommungränsen visar grusig sand av minst 20 m mäktighet. Grundvattennivån i röret var +47,5 m i slutmätningen av nivåer i maj 2003. Grundvattentillgången bedöms vara 5–25 l/s.

Valstaåsen

Haga till norr om Lundbysjön

Åssträckan mellan Haga och norr om Lundbysjön är på närmare 9 km lång och inkluderar den omkring 3 km långa Lundbysjön. På en längd av mer än 1 km söder om sjön finns en dalgång mot Kulinge. Från Kulinge till Haga i söder samt norr om Lundbysjön går Valstaåsen i dagen.

Sannolikt finns åsen, åtminstone delvis, dold i sjön. En åssporre i sjöns östra kant ger uttryck för detta. I åsen har fem observationspunkter för mätning av grundvattennivå utnyttjats.

För att få kännedom om grundvattenförhållandena i brist på brunnar omkring Haga, Kulinge och dalgången söder om Lundbysjön utfördes ett antal georadmätningar dels vid Haga, dels vid Kulinge. Dessutom gjordes en seismisk mätning söder om Lundbysjön samt etablerades ett observationsrör i Valstaåsens östra kant vid Kulinge.

Samtliga georadargram är svårtolkade p.g.a. störningar i mätningarna och alltför finkornigt material i åsen. Möjligen kan någon reflex vara berg- respektive grundvattenyta. Resultatet från den seismiska profilen visar att vattenmättat sand och grus (åsen) av en mäktighet av som mest ca 15 m samt av drygt 150 m bredd förekommer i dalgången.

Observationsröret vid Kulinge etablerades som komplement till georadarmätningarna, vilka som sagts gav dåliga resultat. Jorddjupet vid observationsröret är 6 m varav överst finns 5,3 m glaciärra och därunder grusig stenig sand. Grundvattennivån i röret är ca +37 m. Det visar att grundvattenmagasin existerar åtminstone i östra delen av åspartiet vid Kulinge. Förekomsten av håll i västra delen liksom vid det tidigare omnämnda partiet vid Haga gör att partierna åtminstone delvis kan vara torra (sakna grundvatten). Detta åskådliggörs vid Haga med brun färg på grundvattenkartan. I övrigt är bedömningen att ett högt bergläge här dessutom ger upphov till en grundvattendelarzon.

Mätning av grundvattennivåer i samtliga observationspunkter visar att strömningen är nord-sydlig i åsen samt att Lundbysjöns dränering sker söderut till Valstaån, dvs. yt- och grundvattenströmningen följs åt. Grundvattenbildningen på sträckan Haga-Lundbysjön bedöms vara 1–5 l/s.

Norr om Lundbysjön till Rölösjön (Skinnskattebergs kommun)

Valstaåsen övergår från ett slättlandskap till skogsterräng norr om Lundbysjön. På den ca 6 km långa sträckan mellan Lundbysjön och Rölösjön sker en påtaglig höjning av terrängen där Rölösjön är belägen 71 m ö.h. Det är nästan 35 m högre än Lundbysjöns nivå. Mindre vattendrag ansluter till och skär dessutom ställvis Valstaåsen.

Mellan sjöarna utfördes i åsen under kartläggningen tre georadarmätningar i avsikt att kunna registrera grundvattenyta, bergläge m.m. Den sydligaste profilen längs avlagringen utfördes 2 km norr om Lundbysjön. De två övriga profilerna utfördes från Rölösjöns södra del och drygt 1,5 km söderut utefter åsen.

Sannolikt är materialsammansättningen i avlagringen för finkornig för att man ska kunna tolka radargrammen. Största delen av mätningarna närmast Rölösjön har dessutom skett utefter asfalterad landsväg, varför elektrolyter i marken som kan härröra från t.ex. vägsaltning gör radargrammen omöjliga att tolka.

I vilken grad Valstaåsen på sträckan har eller saknar grundvattenmagasin kan således inte avgöras av undersökningarna och inte heller om ytterligare grundvattendelare finns mellan Lundbysjön och Rölösjön. Utifrån höjdförhållandena och ytvattens allmänt nord-sydliga strömningsriktningar antas också att grundvattnets huvudströmning i åsen är nord-sydlig. Den mer enhetliga isälvsavlagringen från drygt 1,5 km norr om Lundbysjön till Rölösjön har i kartläggningen klassats som en grundvattentillgång av storleksordningen 1–5 l/s.

Delpartierna Köping-Åsby (Köpingsåsen) och Köping-Haga (Valstaåsen)

Åspartierna Köping-Åsby och Köping-Haga utgör en del av ett gemensamt grundvattenmagasin i Köpings- och Valstaåsarna. Här är såväl kommunens huvudvattentäkt (Lötgatan i Köping) som reservvattentäkt (Gålby) belägna. Grundvattentillgången som bedöms vara högst 25 l/s förstärks genom konstgjord grundvattenbildning i dammar vid Strö. Enligt kommunen är normalförbrukningen av vatten ca 120 l/s.

I kartläggningen har två seismiska profiler genomförts i lerområdet vid Myra. Dessa visar på silt, lera samt morän som är avsatta direkt på berggrunden. Vidare har i profilerna tolkats att två sprickzoner förekommer. Riktningarna på dessa kan dock inte tolkas utifrån varje enskilt seismogram. Mellan åsarnas förgreningspunkt (se fig. 30) och Åsby har också fem georadarmätningar utförts. På vissa partier i dessa kan grundvattenytan urskiljas.

Direkt väster om åsarnas förgreningspunkt i Gålby sjunker grundvattenytan i magasinet med 25 m på en sträcka av ca 800 m. Det är en gradient (lutning) på grundvattenytan av tre procent. Normal lutning i en sand- och grusavlagring är en till fem promille. Således är lutningen här ungefär tio gånger

högre än normalt. Orsaken är sannolikt en förkastning eller trösklar i berggrunden vilka skapar något som kan liknas vid ett vattenfall i åsen.

Gradienten i Valstaåsen, på sträckan Rya–Korslöt till förgreningspunkten med Köpingsåsen, är något högre än normalt (7–10 promille). Här kan orsaken närmast vara att åsen inrymmer en stor del finkornigt material. Vid golfbanan i Korslöt utfördes en georadarprofil tvärs över åsen och ån. Sannolikt är jordlagren för finkorniga eftersom det inte gick att tolka något från mätningen. Omkring 100 m norr om georadarprofilen etablerades ett observationsrör vid golfbanan. I motsats till föregående profil visar lagerföljden här grovsand växlande med mellansand till 13 m djup och det går att borra vidare. Mellan 7 och 13 m är vattengenomsläppligheten dessutom mycket god.

I dalgången söder om Valsta utfördes en seismisk profil, bl.a. i avsikt att bedöma eventuellt grundvattenmagasin under leran. Vid ån och Vahlsta säteris brunn förekommer också ett kraftigt grundvattenflöde (källflöde). Förhållandena här beskrivs i kapitlet *Redovisning av vissa områden*.

Grundvattnets huvudströmning i Valstaåsen är i stort sett nord–sydlig. I Köpingsåsen och i den gemensamma delen är strömningen nordväst–sydostlig till vattentäkten vid Lötgatan. Genom uttagen där uppstår en lågpunkt i grundvattenmagasinet, vilket resulterar i en omvänd strömning från den rörliga grundvattendelaren i södra delen av Köping till Lötgatan.

Situationen i anslutning till förgreningspunkten samt omkring Köpings centralort kommenteras närmare under Redovisning av vissa områden.

Övriga grundvattentillgångar

De i inledningen under kapitlet *Grundvatten i jordlagren* nämnda sand- och grusavlagringarna vid bl.a. Iresjön, Munktorp och Tränsta har i kartläggningen klassats som torra eller som grundvattentillgångar av mindre än en liter per sekund.

Grundvatten i berggrunden

Berggrunden inom Köpings kommun utgörs av kristallint urberg. Bergarterna är gnejser av varierande slag. Gnejsomvandlade graniter, s.k. urgraniter, dominerar. Dessa förekommer i nästan alla delar av kommunen. I kommunens västra och nordöstra delar har yngre granit stor utbredning. Mindre och spridda förekomster finns också i kommunens södra och mellersta delar.

Ådergnejsomvandlade bergarter av sedimentärt ursprung, sedimentgnejser, förekommer i ett band mellan Galten och Köping. Vidare finns bergarterna i ett brett stråk norr och söder om Himmeta samt öster om Kolsva. Sedimentgnejserna i stråket växlar med framför allt omvandlade vulkaniska bergarter såsom hälleflinta och leptit samt med yngre graniter.

Grönsten såsom gabbro och metabasit finns som spridda förekomster i huvudsakligen nordvästra delen av kommunen.

För närmare information hänvisas till berggrundskartorna SGU Serie Af 103, 111, 122 och 139 i skala 1:50 000 (Gorbatshev 1972, Lundegårdh 1974, 1983, Lundegårdh & Nisca 1978).

Riktningen på berggrundens förskiffringsplan och bergartsgränser varierar kraftigt, framför allt i gnejsgraniterna. Däremot är en nordvästlig–sydostlig riktning dominerande i sedimentgnejserna och de omvandlade vulkaniska bergarterna. I de yngre graniterna och grönstenarna i kommunen finns sparsamt med uppgifter om strykningens riktningar.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel har ganska stor betydelse för uttagsmöjligheterna 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 förskiffringsplanen. Bergarten är lätt klyvbar längs förskiffringsplan, men inte lika lätt i andra riktningar (jämför med ådringen i trä!).

Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man ska träffa vattenförande avlossnings-sprickor 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.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel, lutningen från horisontalplanet, varierar från område till område. Inom Köpings kommun förekommer ställvis mycket brant, på vissa håll omkring 90 graders stupning. I andra områden är stupningen emellertid flackare – 50 grader eller mindre. Detta innebär att brunnborrning inom Köpings kommun i regel bör utföras med alltifrån ingen lutning till 30 graders lutning från vertikalplanet, se figur 25. Till den sparsamma information som dock föreligger i kartan och databaserna över grundvattentillgångarna i detta sammanhang, kan mer information inhämtas från nämnda berggrundskartor och strukturgeologiska och tektoniska kartblad.

Bilden i huvudkartan över variationerna i möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden är framtagen med data ur SGUs brunnarkiv och med hjälp av statistiska bearbetningar med variogramanalys och Kriging. Dessa metoder beskrivs i kapitlet *Metodbeskrivningar*.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg, kan man rent allmänt säga att bergarterna i kommunen i genomsnitt ger vattenmängder som är vanliga i svenskt urberg. Den genomsnittliga (median) kapaciteten för bergborrade brunnar i kommunen är 720 l/tim, och genomsnittsbrunnen är 70 m djup samt jorddjupet 2,5 meter. I figur 26 visas de brunnar som utgjort underlag till kartbilden över uttagsmöjligheter i berggrunden inom Köpings kommun.

Vill man söka mer vatten genom borrning i berg än dessa genomsnittsvärden, är det i allmänhet nödvändigt att borra på en större, vattenförande sprickzon. De större sprickzonernas lägen framgår av kartan över grundvattentillgångarna. Sprickzonernas mer exakta lägen i naturen bör innan borrning lokaliseras med särskilda geofysiska metoder. Vid lokalisering av sprickzoner i berggrunden används SGUs flyggeofysiska data tillsammans med Lantmäteriets höjddata. Vattenfyllda sprickzoner har betydligt bättre elektrisk ledningsförmåga jämfört med sprickfattigt berg varför sprickzoner lätt kan

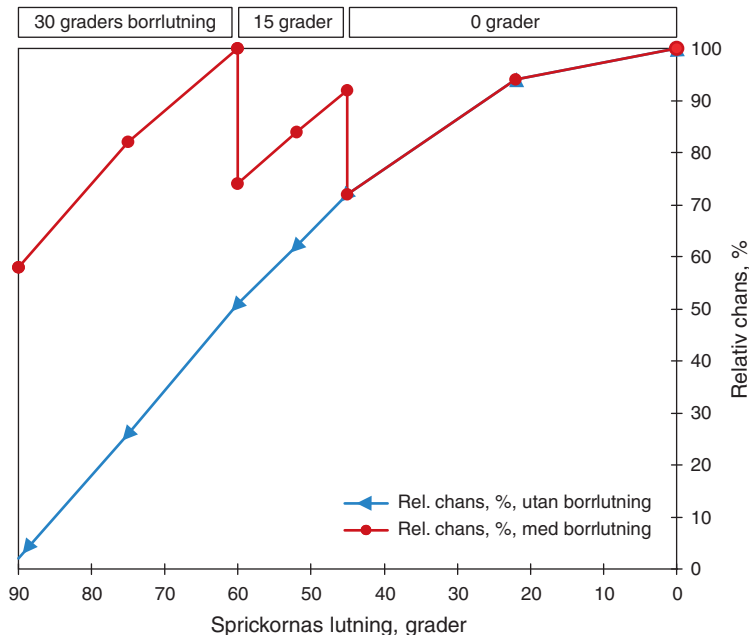


Fig. 25. Diagrammet visar sannolikheten att påträffa eventuella vattenförande sprickor vid brunnborrning i berg. Lutningen på sprickorna redovisas från 0 grader (horisontella sprickor) till 90 grader (vertikala sprickor). Borrhålslutningen redovisas vid 0, 15 respektive 30 graders lutning från vertikalplanet på en bestämd borrhålslängd. Även om det är teoretiskt möjligt att öka borrhålslutningen innebär det praktiska svårigheter för brunnborraren vilket kan fördyra borringen avsevärt. Bilden visar tydligt att i områden med 40–50 graders lutning eller mer på sprickorna ökar sannolikheten betydligt om borrhålet gradas (lutas) vilket kan vara av stor betydelse t.ex. i saltvattenriskområden där ökat borrhåldjup innebär större risk att påträffa saltvattenförande sprickor.

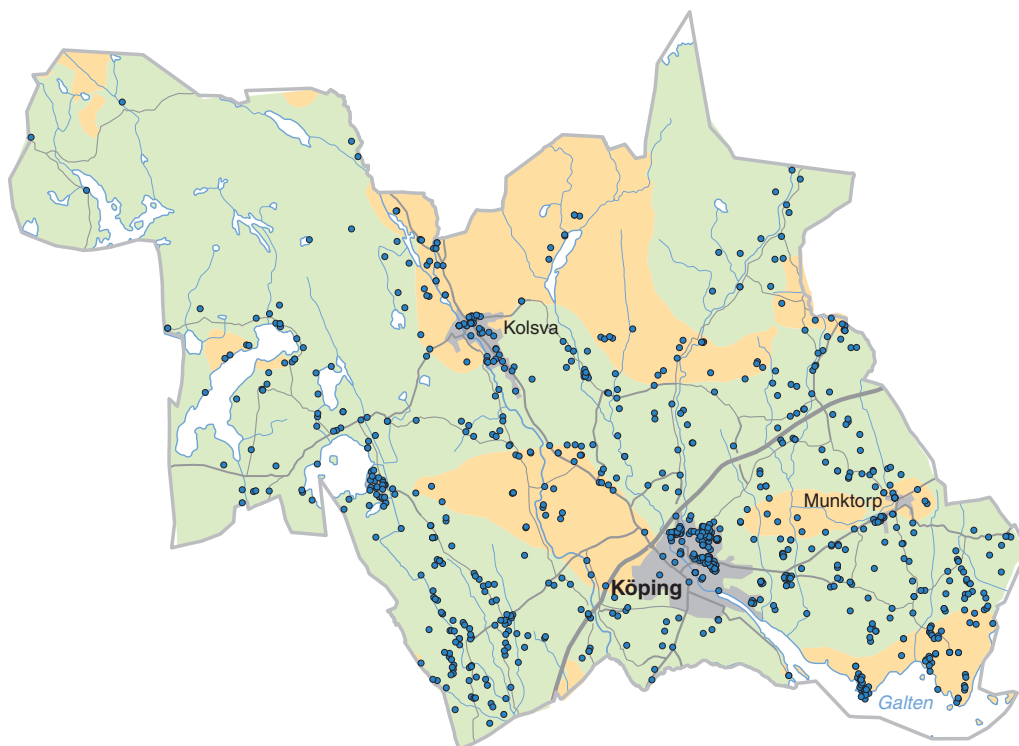


Fig. 26. Sammanlagt är 614 brunnar i Köpings kommun registrerade i SGUs brunnarkiv. Kapaciteten i de bergborrade brunnarna har utgjort underlag för kartbilden över uttagsmöjligheterna i berggrunden (gröna respektive bruna områden på kartan över grundvattentillgångar).

identifieras på den flygelektromagnetiska VLF-kartan. Data insamlas på ca 60 meters flyghöjd, med ett linjeavstånd på 200 meter och med ett punktavstånd på ca 17 meter. VLF-data täcker hela Köpings kommun utom i västra delen. Detaljerade geofysiska markmätningar som VLF och refraktionsseismik bör utföras innan en eventuell borrhning för att få ytterligare information om sprickzonernas exakta lägen.

Redovisning av vissa områden

Köpings centralort

Vattenförsörjningen för Köpings centralort sker från grundvattenmagasinet i Köpingsåsen mellan centralortens södra del och i höjd med Myra i nordväst, en sträcka på nästan sju kilometer. Kommunens huvudvattentäkt är belägen vid Lötgatan i Köping och en reservvattentäkt finns närmare två kilometer norr om. Grundvattentillgången som är av storleksordningen 5 till 25 l/s förstärks med ytvatten från Hedströmmen via Ekebybro och ytvattnet infiltreras i dammar norr om Strö. Normalt är vattenförbrukningen ca 120 l/s och tas upp som grundvatten vid Lötgatans vattenverk.

Grundvattnets huvudströmning är från nordväst till sydost i åspartiet. Den konstgjorda grundvattenbildningen vid Strö inverkar och komplicerar dock lokalt strömningsbilden. Den ändras också då reservvattentäkten är i drift.

Situationen vid kartläggningen visar att uttagen vid Lötgatan skapar en rörlig grundvattendelare i södra delen av Köping, varifrån grundvattnet strömmar från sydost till huvudvattentäkten vid Lötgatan, se figur 27.

Beträffande risker för grundvattnet utgör trafiken på E18 och länsväg 250 förbi Köping samt flygverksamheten på det mindre flygfältet norr om centralorten de mest uppenbara riskobjekten.

Teckenförklaring till figurerna 27, 28 och 30

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus, huvudsakligen isälvsvavlagningar

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

Sand- och gruslager under morän eller lera

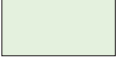
	Sammanhängande täta jordlager, vattenförande friktionslager kan förekomma i eller under dessa sediment
---	--

ORGANISKA JORDARTER

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

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I BERGGRUNDEN

Urberg

	Uttagsmöjligheter i storleksordningen 600–2000 l/h
	Uttagsmöjligheter i storleksordningen <600 l/h

ÖVRIGA BETECKNINGAR

	Rörlig grundvattendelare
	Strandlinje med risk för hög salthalt vid inducering
	Grundvattnets huvudrörelseriktning i jordlager
	Grundvattnets trycknivå i jordlagren, m ö.h.
	Georadarprofil
	Seismisk profil
	Observationsrör eller brunn för mätning av grundvattennivå (maj 2003)

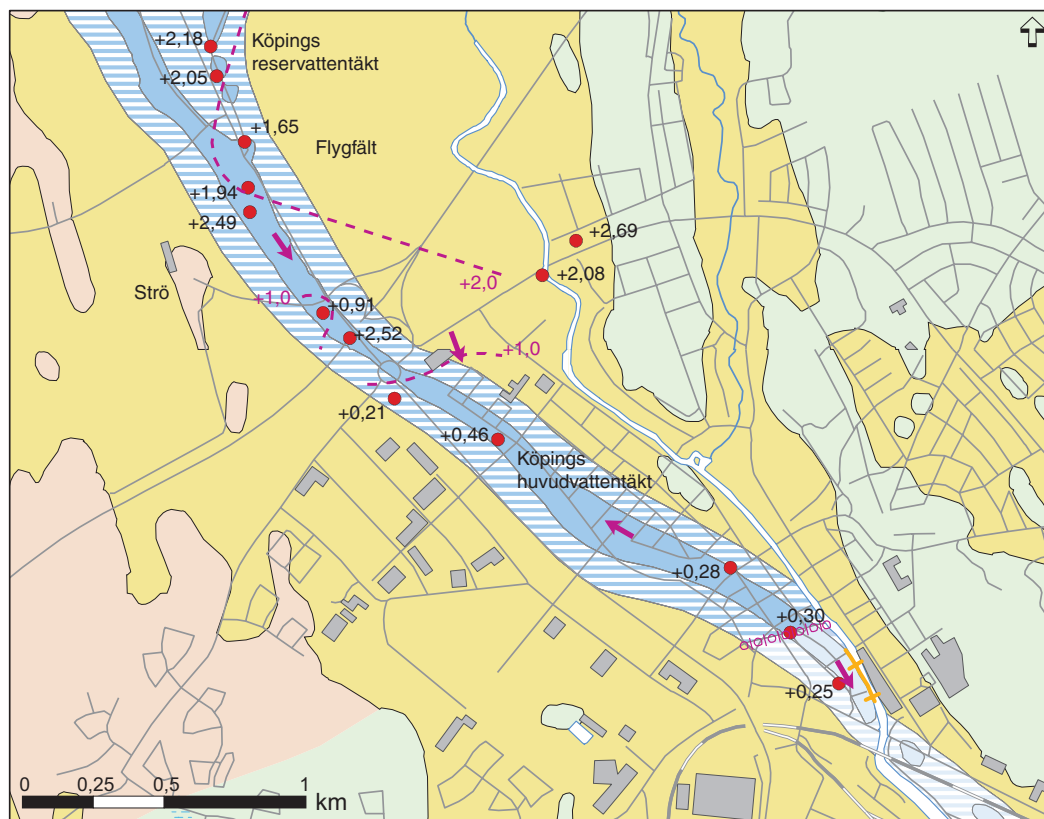


Fig. 27. Kartutsnittet visar grundvattenmagasinet i närheten av Köpings centralort. Föda fyllda punkter anger där mätningar av vattennivåer utförts och siffrorna anger grundvattennivå i meter över havet.

Valsta

Valsta är beläget i Valstaåsen ca sju kilometer norr om Köping. Avlagringen och grundvattenmagasinet förmodas till största delen, med undantag av ett par mindre synliga åspartier, vara dolt under lera mellan Valsta i norr och Rya i söder. På sträckan har grundvattennivån registrerats i en brunn samt ytvattennivåer på två platser i Valstaån, dels direkt norr om Valsta Säteri, dels vid Rya, se figur 28.

Brunnen är anlagd i det sydliga av de två mindre åspartierna där också Valstaån skär igenom avlagringen och här finns ett blandat ytvatten- och källflöde (Rosenkällan) som i samband med kartläggningen uppskattades till ca 200 l/s (maj 2003). Vattnets temperatur uppmättes till 8,4 °C. Brunnen är anlagd av och nyttjas av Valsta Säteri. I brunnen togs vid tidpunkten ett vattenprov för kemisk-fysikalisk analys. Analysen visar på ett bra vatten men med högt färgtal och hög kemisk syreförbrukning, vilket indikerar inblandning av ytvatten. Metallhalterna är låga med undantag av järn- och aluminiumhalterna som är 0,76 respektive 0,60 mg/l. Förmodligen är järnet organiskt bundet.

För att se om ett grundvattenmagasin eventuellt förekommer under leran har en seismisk profil, S2-03, utförts i dalgången mellan Valsta och Rya, se figur 29.

Från tolkningen av den seismiska mätningen kan utläsas att bergytan till stora delar är belägen nära havsnivå. Den höga seismiska hastigheten, 5100 m/s i berget, anger att detta är sprickfattigt, vilket gör att möjligheterna till uttag av grundvatten i berget troligen är små. Beträffande jordlagren tunnar de vattenförande sand- och gruslagren ut i väster och övergår förmodligen gradvis i silt- och sandlager med sämre uttagsmöjligheter av grundvatten.

Sammanfattningsvis kan sägas att kartläggningen pekar på att ett kraftigt grundvattenläckage förekommer till Valstaån mellan Valsta och Rya. Grundvattenmagasinets mäktighet på ca 20 meter tillsammans med stor volym, få riskobjekt och verksamheter, skyddande lera samt antydan till god vattenkvalitet, pekar på att platsen kan vara ett gott alternativ som reservvattentäkt för kommunen.

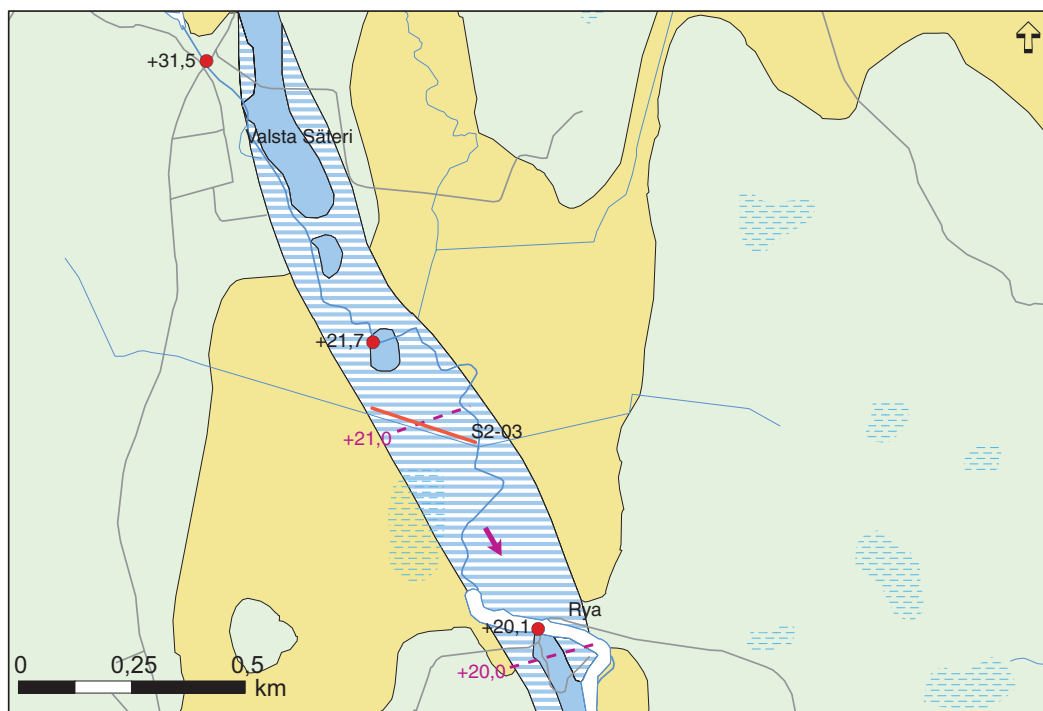


Fig. 28. Figuren visar grundvattenförekomsten i dalgången mellan Valsta och Rya. Den seismiska profilen, S2-03, är lagd snett över förekomsten. Röda fyllda punkter anger där mätningar av vattennivåer utförts och siffrorna anger grundvattennivå i meter över havet.

Köpings- och Valstaåsen

Figur 30 visar området nordväst om Köpings centralort med det gemensamma grundvattenmagasinet i Köpings- och Valstaåsen i vilket Köpings kommuns vattentäkt vid Lötgatan och den konstgjorda grundvattenbildningen vid Strö samt reservvattentäkten vid Gålby är belägna. Kartbilden omfattar dock inte hela grundvattenmagasinet. I och söder om åsförgreningen har kommunen ett flertal observationsrör för mätning av grundvattennivå. Bilden nedan återger sex stycken rör mellan åsförgreningen och reservvattentäkten. Mätningar i brunnar och observationsrör visar att grundvattenytan är mycket flack (ca +29 m) från Malma kyrka och omkring en och en halv kilometer åt västnordväst i Köpingsåsen. I motsats därtill, på en sträcka av drygt en kilometer öster om Malma kyrka, sjunker grundvattennivån till ca +3 m i åsförgreningen. Det är en nivåskillnad på drygt 25 meter på sträckan. Grundvattenytans lutning är således omkring 25 promille.

I Valstaåsen mellan Korslöt (+16 m) och åsförgreningen är gradienten lägre, cirka tio promille. Nämnade gradienter är ovanliga i magasin i sand- och grusavlagringar. Vanligtvis varierar lutningen mellan en och fem promille i sådana grundvattenmagasin.

I försök att dokumentera grundvattennivåerna på längre sträckor utfördes bl.a. georadarmätningarna R3-02 och R5-02. I mätningarna kan grundvattenytan dock urskiljas på endast några begränsade sträckor, se fig. 31–32.

Sannolikt orsakas ovan nämnda gradient mellan åsförgreningen och Malma av stora nivåskillnader i bergytan som bl.a. ger upphov till trösklar för grundvattnet. Seismiska mätningar här hade sannolikt givit en tydligare bild än georadarmätningarna av både bergytorna och grundvattenytorna. Den något höga gradienten i Valstaåsen mellan åsförgreningen och Korslöt orsakas, i motsats till gradienten i Köpingsåsen, troligtvis av finkornigt material i åsen.

I figur 30 är grundvattennivålinjerna i huvudsak konstruerade utifrån mätningar i maj 2003 i brunnar och observationsrör. Hur linjerna mellan åsförgreningen och Korslöt löper i öster visas inte i kartan, dels p.g.a. avsaknad av mätpunkter i denna del, dels för att kartan skulle bli svår att läsa. Som framgår av figuren är grundvattnets huvudströmning vinkelrät mot nivålinjerna och vattnet strömmar från högre till lägre nivåer. I detta fall från nordväst i Köpingsåsen och från norr i Valstaåsen till åsförgreningen samt vidare söderut via kommunens reservvattentäkt till huvudvattentäkten vid Lötgatan.

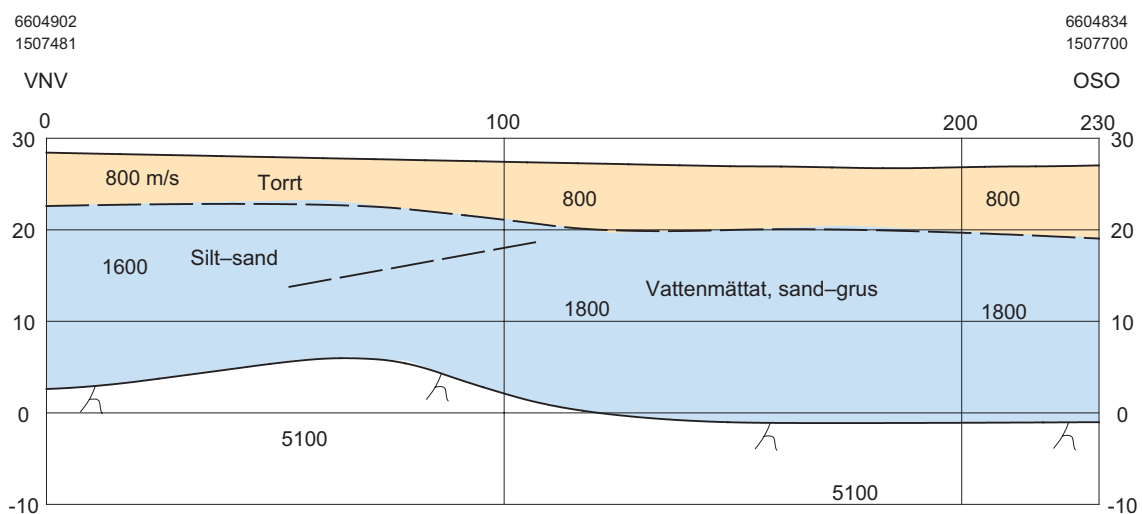


Fig. 29. Den seismiska profilen, S2-03, visar att grundvattenförande sand- och gruslager av 20 meters mäktighet förekommer i dalgången. I väster är de vattenförande lagren finkornigare och utgörs av silt-sand. Vidare framgår i mätningen att djupet från markytan till grundvattnet är närmare 10 meter.

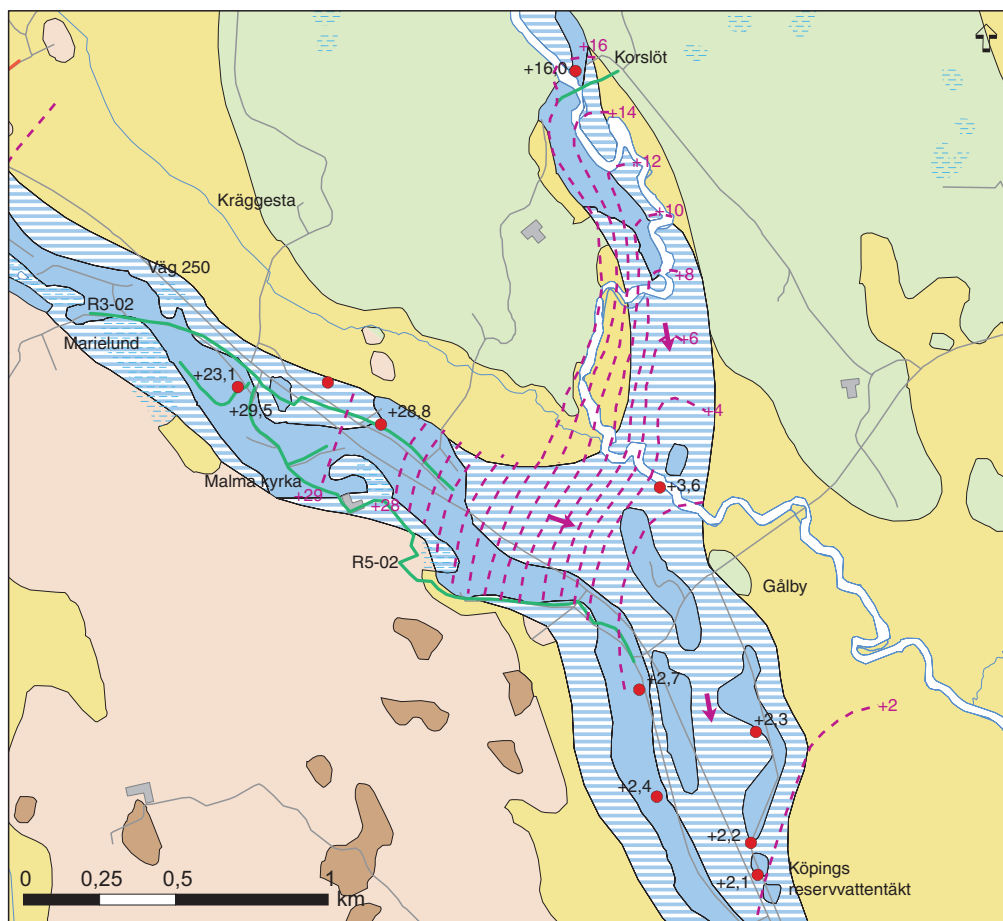


Fig. 30. Figuren visar strömningsbilden i och i anslutning till förgreningen i Köpings- och Valstaåsen. Nivålinjerna visas vanligtvis för varje meter men återges här för varannan meter p.g.a. vattenytans stora lutning (gradient) mellan +28 och +3 m. Georadarmätningarna återges som mörkgröna linjer och beteckning R3-02 osv.

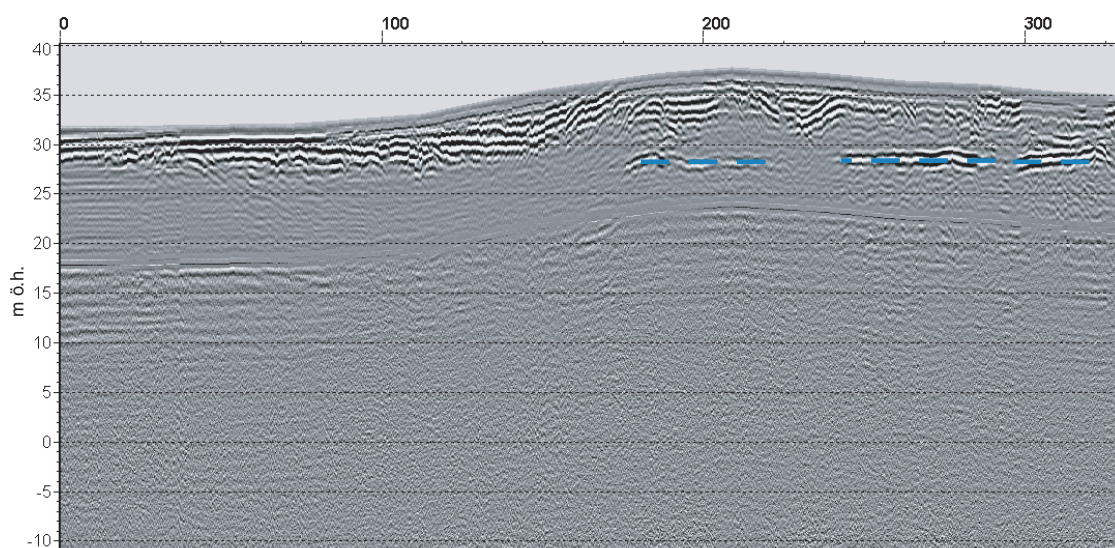


Fig. 31. Från georadarprofilen R3-02, som har startpunkten vid Marielund drygt en kilometer nordväst om Malma kyrka, kan grundvattenytan endast urskiljas på delar av de första 325 metrarna. Grundvattenytan som i radargrammet återges med blå bruten linje är belägen mellan 28 och 29 m över havet. Grundvattennivån i två brunnar i anslutning till profilen är omkring 29 m över havet. I en tredje brunn är nivån ca +23 m. Brunnen är grävd och finns i närheten av en bergborrad brunn. Orsak till den låga grundvattennivån kan antingen vara uttag i den bergborrade brunnen, som påverkar den grävda brunnen, eller avvagningsfel.

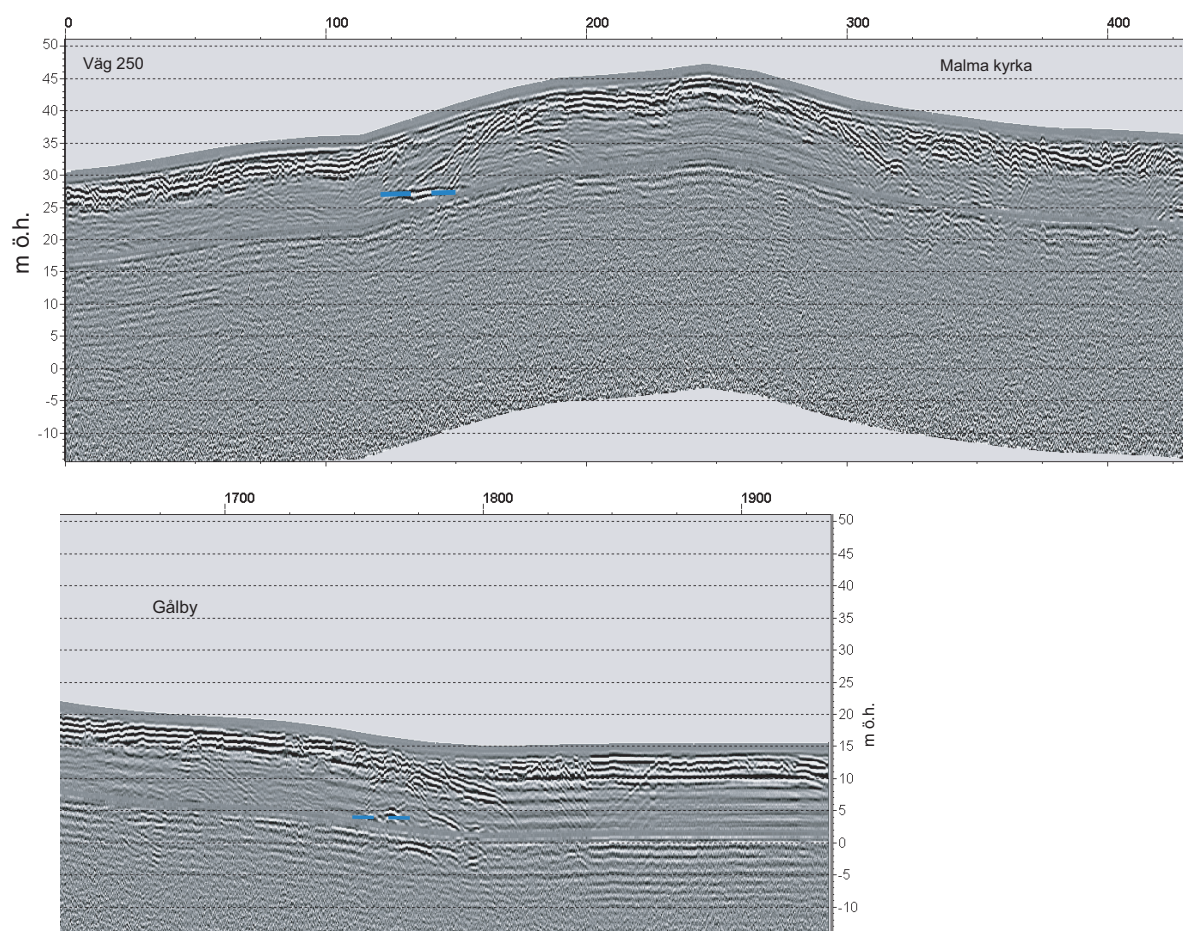


Fig. 32. I den närmare två kilometer långa georadarprofilen, R5-02, väster om väg 250 till ungefär i höjd med Gålby, är grundvattentytan möjlig att tolka i början och i slutet av profilen. Mellan vägen och Malma kyrka är grundvattentytan i radargrammet mellan 27 och 28 meter över havet (övre radargrammet). Härifrån till i höjd med Gålby sjunker grundvattentytan till ca tre meter över havet (undre radargrammet).

GRUNDVATTNETS KEMI

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. Intensiteten av vittringen 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 kolsyravittring 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 förurning, 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.

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 Mälarregionen ger dränering av gyttejeleror höga sulfathalter i grundvattnet.

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. 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 kapitlet *Salt grundvatten och motåtgärder*, där frågan om salt grundvatten berörs närmare.

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

Analyser

I samband med kartläggningen togs fyra vattenprov för kemisk-fysikalisk analys. Vattenproven togs i ett schakt med öppen vattenyta i Köpingsåsen (Vy 4, Malmönvägen), i observationsrör R 0304 vid golfbanan i Korslöt, i ett källflöde (Rosenkällan) i Valstaån intill Valsta Säteris brunn (brunn 401) samt i Ruddamskällan i Bernshammar (i brunn 104) i Skinnskattebergs kommun.

Det kan noteras att alkaliniteten var hög, 210 och 110 mg/l, vid Malmönvägen respektive Korslöt, vilket visar på att grundvattnet har lång uppehållstid i magasinet och att vattnet motstår förurning väl.

I övriga var alkaliniteten 11 och 33 mg/l. Hårdheten var genomgående låg i samtliga analyser. Dessutom förelåg relativt låga halter av metallerna kalcium, magnesium, natrium och kalium. Hårdheten var högst (8,5 tyska grader) vid Malmövägen där nämnda metaller dessutom uppvisade högre halter än i övriga prover. Järnhalten var dock något hög på tre platser (0,48, 0,51 och 0,76 mg/l) utom i Ruddamm-skällan i Bernshammar där halten var 0,13 mg/l. Vidare var ammonium-, nitrit- och nitrathalterna liksom fluoridhalterna låga i samtliga prover. Beträffande provet i Valstaån (med källflöde till ån) tycks provet ha varit starkt influerat av ytvattnet. Den speciellt låga konduktiviteten, alkaliniteten, hårdheten, halterna av metallerna kalcium, magnesium, natrium och kalium samt av klorid tyder på detta.

I övrigt var grundvattnet på provtagningsplatserna av god kvalitet. Analysresultaten i sin helhet redovisas i kapitlet *Kemiska analyser av vatten*.

SALT GRUNDVATTEN OCH MOTÅTGÄRDER

Förekomst av salt grundvatten

Risken att få salt grundvatten på grund av direkt inträngning av havsvatten vid anläggande av bergborrade brunnar är av naturliga skäl större ju närmare en havsstrand man borrar. Redan på ett avstånd av en halv till en kilometer från stranden torde dock den risken vara mycket liten. Det salta grundvatten som påträffas i brunnar på större avstånd från havet 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 ca 100 000 mg/l (Vattenfall 1991). Motsvarande saltlake har nu påträffats även i Oskarshamnsområdet och på "endast" ca 1 000 m djup (Laaksoharju m.fl. 1995). Denna typ av mycket salt grundvatten har närmast regelmässigt påträffats vid borrhningar till djup av några tusen meter även i andra delar av världen, inte minst i Finland (Nurmi m.fl. 1998). 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 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 borrhdjup 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 ska 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 33 och 34.

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

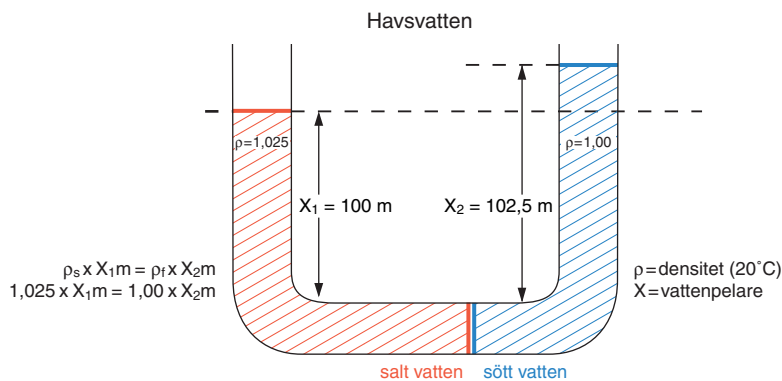


Fig. 33. Enligt principen om kommuniserande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

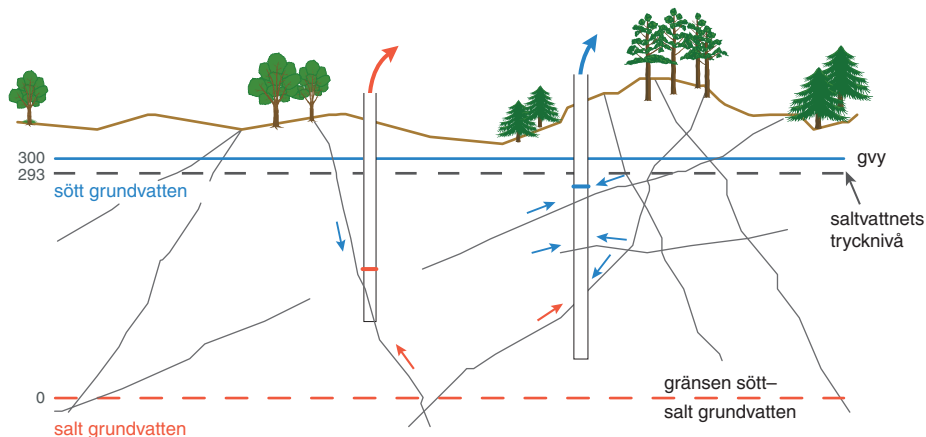


Fig. 34. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten från 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.

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 34. I de flesta fall får man emellertid inte ett "rent" saltvatten utan tillförsel 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.

Trots att så gott som hela kommunen varit täckt av havsvatten efter den senaste istiden är risken för kvarvarande salt grundvatten således mycket olika i olika delar av kommunen. Det föreligger ett klart samband mellan låg marknivå och hög saltvattenrisk.

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.

Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man borra så grunt som möjligt. I riskområden kan man försöka öka möjligheterna att påträffa vattenförande sprickor på litet djup. Detta kan man göra genom att ta hänsyn till sprickornas lutning i förhållande till borrhålets lutning.

Man bör borra med så rät vinkel som möjligt mot sprickorna i berggrunden. Om man inte direkt kan avgöra hur sprickorna är orienterade bör man borra på motsvarande sätt i förhållande till förskiffringsplanen, se fig. 25.

Det är ofta bättre att borra ”gradade” borrhål, dvs. med en avvikelse av 15–30 grader från vertikalplanet, och att inte borra djupare än högst 40–50 m än att borra vertikala och djupa brunnar. Har man inte fått tillräckligt med vatten på detta djup är det i allmänhet bättre att avbryta borrningen och genomföra en hydraulisk tryckbehandling av borrhålet än att borra djupare. Tryckbehandlingen innebär att vatten pressas ner i borrhålet med så högt tryck att befintliga, små sprickor kan vidgas och spolas rena och t.o.m. att nya sprickor kan bildas.

Vid all borrning i områden med risk för salt grundvatten bör salthalten i vattnet kontinuerligt övervakas under pågående borrning allt eftersom borrhålet fördjupas. Detta dels för att undvika onödiga borkostnader, dels för att undvika att hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande brunnar – egna nya brunnsborrningsförsök och grannars befintliga brunnar.

Har mycket salt grundvatten påträffats och risken kan bedömas vara stor att närliggande brunnar skadas kan det bli nödvändigt att med cement gjuta igen det salta borrhålet. Detta måste då ske på ett särskilt sätt. Borrhålet måste med hjälp av bl.a. en tillräckligt lång slang gjudas igen från botten och uppåt så att det blir helt tätt. Eventuellt kan man först försöka att gjuta igen de undre delarna av brunnen och tryckbehandla de övre, i hopp om att få kontakt med närliggande sprickor med sött grundvatten.

Förutom att stor försiktighet måste iakttagas vid borrning av en brunn i ett område med risk för salt grundvatten, måste man vara mycket försiktig även när man pumpar vatten ur brunnen. Ju mer man pumpar desto större blir risken för att man får in salt grundvatten i brunnen. Risken hänger i första hand ihop med hur mycket grundvattennivån sänks i brunnen. Detta kan man mäta med ett s.k. kabelljuslod, vilket fungerar så att en lampa tänds när lodet kommer i kontakt med grundvattenytan nere i brunnen. Från pumpstart kan man följa hur mycket vattnet sjunker i brunnen allt eftersom pumpningen fortgår.

Vid pumpning av en bergbördad brunn får en långvarig avsänkning av vattennivån i brunnen med ca 10 m eller mer anses vara en indikation på att brunnen ansträngs för mycket och att risken för att vattnet ska bli salt är stor.

Vid nyborrning av en brunn bör man inte anstränga brunnen genom en alltför stor och långvarig avsänkning av grundvattennivån bara för att få reda på hur mycket den under lång tid maximalt kan ge. Det är bättre att pumpa med den vattenmängd som man absolut behöver. Är behovet stort och propumpningen ska vara långvarig, måste salthalten i vattnet övervakas mer eller mindre kontinuerligt. Stiger salthalten upp mot angivna gränsvärden (>100 mg/l Cl innebär korrosionsrisk, och >300 mg/l ger saltsmak) måste pumpningen radikalt minskas eller helt avbrytas.

Brunnar som fått in salt grundvatten förblir oftast salta, men det finns flera exempel på att vattnet i en brunn som blivit salt åter kan bli sött om man minskar vattenuttaget tillräckligt mycket. Brunnen bör då stå orörd en längre tid (kanske ett par månader), så att den ursprungliga skiktningen av sött och salt grundvatten kan återställas, innan den börjar pumpas igen men då med ett betydligt mindre vattenuttag.

Risken ökar, som ovan framgått, med ökande brunnsdjup. Detta innebär bl.a. att risken för salt grundvatten är mycket liten i grävda brunnar. Har man råkat ut för salt vatten vid brunnsborrning, trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man undersöka möjligheterna att anlägga en brunn i jordlagren.

Numera finns även avsaltningsanläggningar lämpliga för enskilda hushåll. Mängden vatten som dessa producerar är emellertid relativt begränsad.

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 områden med genomsläppliga jordarter och med stora grundvattentillgångar. 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 att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får, se figur 35.

Med utgångspunkt från grundvattenkartan över Köpings kommun och dess databaser kan en särskild underlagskarta för grundvattenskydd (sårbarhetskarta) tas fram. Dessa kartor (och databaser) kan sedan 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).

Skydd av grundvattnet

För att säkra grundvattnets kvalitet bör grundvatten som nyttjas eller kan komma att nyttjas för vattenförsörjning skyddas. Syftet med ett vattenskyddsområde är att förhindra att föroreningar når grund- eller ytvatten genom att begränsa verksamheter och markanvändning inom vattentäktens

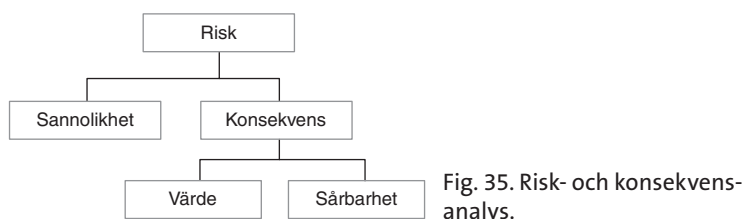


Fig. 35. Risk- och konsekvensanalys.

tillrinningsområde. Skulle en skada inträffa inom vattentäktens tillrinningsområde måste tiden för föroreningstransporten i mark och vatten vara så lång att markens naturliga reningsmekanismer hinner verka eller att åtgärder hinner vidtas innan föroreningen når uttagspunkten.

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

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

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

METODBESKRIVNINGAR

Georadar

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

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.

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 jordtäcknet (block, rör, håligheter etc.) och
- lokalisera spridning av föroreningar från vägar, deponier m.m.

Seismik

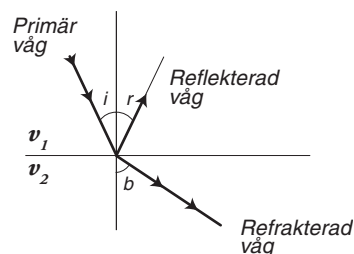
Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermäktigheter och bedöma vissa 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

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

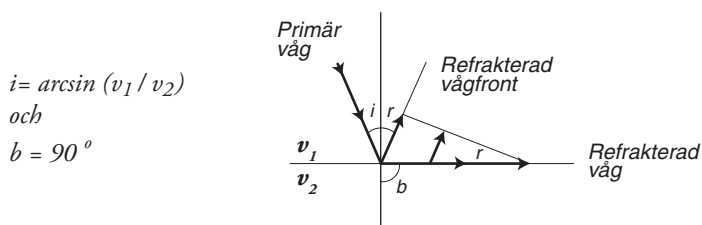
$i = r$ infallsvinkel resp. reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1 resp. 2



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

Mätningen utförs i praktiken längs en linje där man på jämna avstånd placerar givare, s.k. geofoner, som reagerar för vibrationer i marken. Genom att detonera laddningar på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs, se figur 3. Vid tolkningen av mätningen bestäms för varje skott tider för P-vågfrontens passage av de olika geofonerna. Tiderna plottas mot geofonernas lägen i form av väg-tiddiagram. Ur dessa s.k. 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.

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäck bestående av morän och sediment. Sammansättningen är oftast enkel med god korrelation mellan hastighet och jordart. Hastigheten för P-vågor i våra jordarter varierar mellan ca 300 m/s i torr sand och ungefär 2 800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3 000 m/s och upp emot 6 000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5 000–6 000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7 000 m/s. Se vidare figur 36. Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

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.

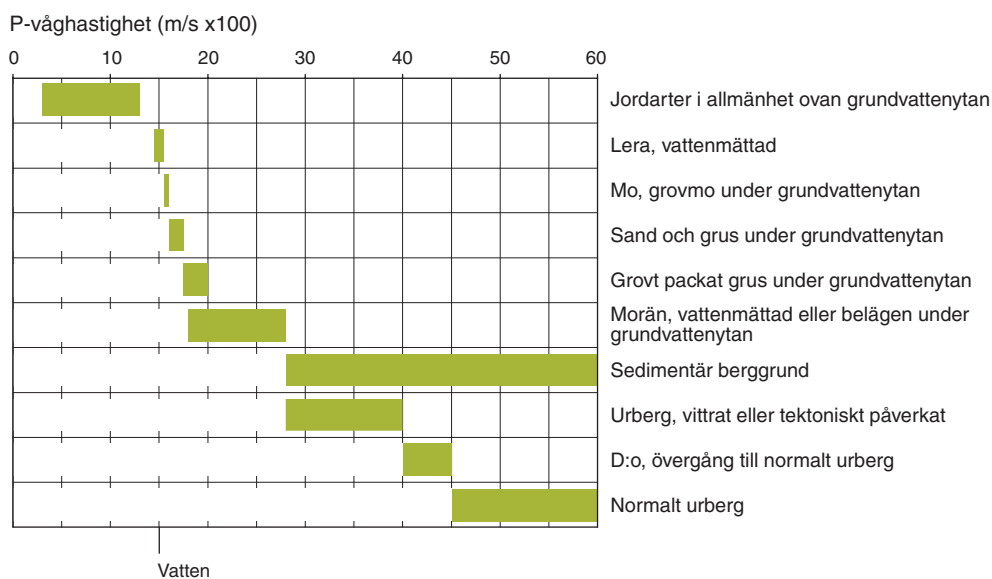


Fig. 36. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Kriege, 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 (räckvidden). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_i, y_i) ansätter man ett variogram. Ett variogram är helt enkelt en funktion som beskriver variationerna. Man antar att skillnaden i värde mellan två punkter beror på avståndet mellan dem och deras relativa orientering. Vid variogramanalys plottar man variansen mellan mätpar mot avståndet mellan mätparen.

Figur 37 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 felen följer en normalfördelning. Detta stämmer oftast när man ser på stora områden. Ser man på mindre områden, speciellt de extrema, är detta antagande inte korrekt.
2. Att krigingvariansen från den geostatistiska modellen är en korrekt uppskattning av variansen av de faktiska felen.

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

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

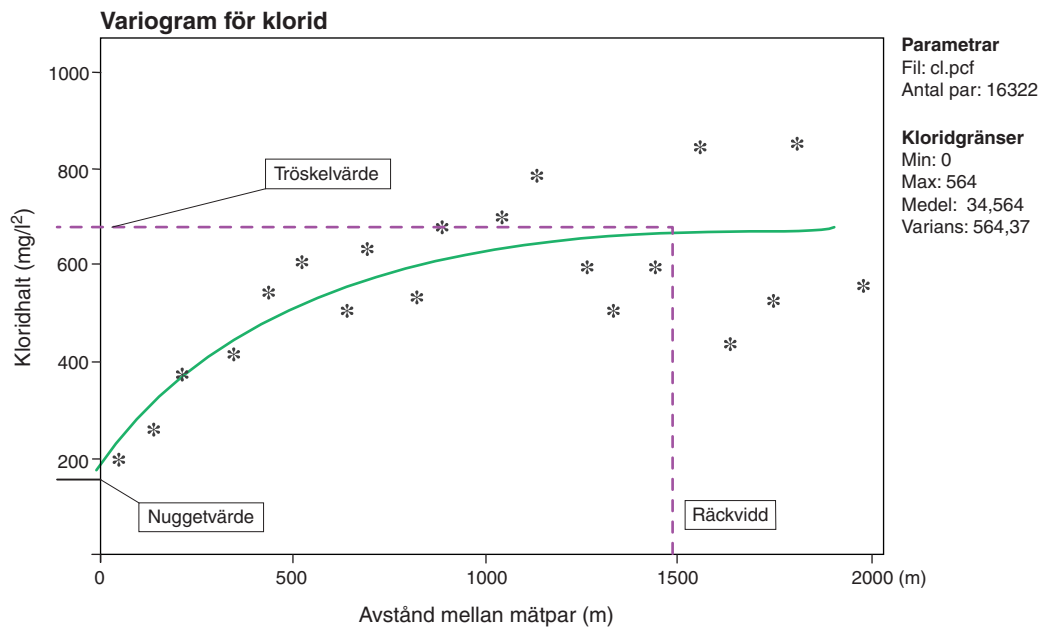


Fig. 37. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet. Range – variansområde, Sill – tröskelvärde, Nugget varians – lägsta varians.

DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR, BRUNNAR, VATTENYTOR, BORRNINGAR OCH KEMISKA ANALYSER AV VATTEN

Förutom följande dokumentation finns SGUs geofysiska mätningar tillgängliga i form av radargram och seismogram samt inventerade brunnar, observationsrör och SGUs borrhningar dokumenterade i databaser.

Geofysiska mätningar

R = Georadar; S = Seismik

Profil	Y_start	X_start	Y_slut	X_slut	Plats eller sträcka
R1-02	1506871	6602648	1507096	6602580	Norr Malma
R2-02	1506871	6602648	1507096	6602580	Norr Malma
R3-02	1506577	6602809	1507767	6602230	Norr Malma
R4-02	1507224	6602312	1507352	6602372	Malma
R5-02	1507117	6602564	1508361	6601665	Malma
R6-02	1506826	6606387	1506934	6606413	Väster Haga
R7-02	1507276	6606240	1507098	6605678	Haga–Valsta
R8-02	1499936	6612036	1500597	6610676	Gisslarbo–Hagelbäcks udde
R9-02	1497843	6616451	1497740	6616155	Norr Jönsarbo (Skinnskattebergs k:n)
R10-02	1497735	6616166	1497756	6616283	Norr Jönsarbo (Skinnskattebergs k:n)
R11-02	1497740	6616006	1497949	6616195	Jönsarbo (Skinnskattebergs k:n)
R12-02	1497610	6615905	1497994	6615886	Jönsarbo (Skinnskattebergs k:n)
R13-02	1498452	6615266	1498925	6614710	Öster Jönsarbomossen (Skinnskattebergs k:n)
R14-02	1498962	6614029	1498760	6614597	Söder Jönsarbomossen (delvis Skinnskattebergs k:n)
R15-02	1499273	6613579	1499127	6613808	Jäxbo
R16-02	1498029	6617051	1497884	6617467	Söder Hed (Skinnskattebergs k:n)
R17-02	1498040	6617050	1497949	6618043	Söder Hed (Skinnskattebergs k:n)
R18-02	1498001	6618026	1498024	6617052	Söder Hed (Skinnskattebergs k:n)
R19-02	1498025	6617044	1498089	6616304	Öster Bernshammar (Skinnskattebergs k:n)
R20-02	1514659	6595289	1513504	6596614	Norr och öster Malmö
R21-02	1513351	6596555	1513570	6596518	Norr Malmö
R22-02	1514554	6595279	1514368	6595793	Malmö
R75-03	1506230	6607652	1505379	6608650	Norr och öster Kulinge
R76-03	1505866	6608209	1505933	6608358	Öster Kulinge
R77-03	1507372	6613955	1507849	6614698	Norr Lundbysjön
R78-03	1508017	6616387	1507751	6617939	Söder Rölösjön (Skinnskattebergs k:n)
R79-03	1507806	6617861	1507874	6617531	Söder Rölösjön (Skinnskattebergs k:n)
R80-03	1498414	6615195	1498016	6615771	Söder Jönsarbo–Jönsarbomossen (Skinnskattebergs k:n)
R81-03	1507179	6606033	1506937	6606376	Väster Haga
R82-03	1508309	6603603	1508109	6603501	Korslöt
R83-03	1505872	6608230	1506102	6608102	Öster Kulinge
R84-03	1506103	6607901	1505869	6608225	Öster Kulinge
S1-02	1514393	6595001	1514577	6595123	Malmö
S2-02	1506169	6603499	1506343	6603637	Myra
S3-02	1506500	6603511	1506608	6603308	Myra
S4-02	1505251	6603505	1505374	6603701	Åsby
S5-02	1503614	6606043	1503823	6606157	Vallstalund
S6-02	1503589	6605590	1503815	6605635	Vallsta
S7-02	1501965	6608129	1502148	6608266	Kolsva
S8-02	1501736	6608402	1501883	6608199	Kolsva

Profil	Y_start	X_start	Y_slut	X_slut	Plats eller sträcka
S9-02	1512956	6597172	1513157	6597284	Hamnen
S10-02	1504548	6604288	1504780	6604360	Överberga
S11-02	1503839	6604898	1504061	6604954	Överberga
S1-03	1502969	6606932	1503162	6607060	Vallsta
S2-03	1507481	6604902	1507700	6604835	Vallsta
S3-03	1505179	6609678	1505409	6609708	Lundby
S4-03	1500020	6611944	1500212	6611818	Gisslarbo

Brunnar, vattenytor och borrhningar

Rök = Rör- eller brunnsöverkant i meter över havet (m ö.h.). Höjdsystem RH 70.

Obs-plats	Id i brunnsprot.	X-koord.	Y-koord	Rök	Obs_typ
Bernshammar, Skinnskattebergs kn	EEK2003011701	6617279	1498104	81,58	schaktbrunn
Bernshammar, Skinnskattebergs kn	EEK2003011702	6617268	1497940	80,77	schaktbrunn
Hed, Skinnskattebergs kn	EEK2003011703	6618027	1497746	80,74	schaktbrunn
Bernshammar, Skinnskattebergs kn	EEK2003011704	6616825	1497589	70,22	källa
Bernshammar, Skinnskattebergs kn	EEK2003011705	6616332	1498193	73,16	schaktbrunn
Bernshammar	EEK2003011706	6615156	1497407	65,69	schaktbrunn
Bernshammar	EEK2003011707	6615656	1496914	61,93	schaktbrunn
Bernshammar	EEK2003011708	6615998	1497342	67,91	schaktbrunn
Bernshammar	EEK2003011709	6615969	1497363	66,81	schaktbrunn
Jäxbo	EEK2003011710	6614086	1498004	70,76	schaktbrunn
Jäxbo	EEK2003011711	6613631	1499063		schaktbrunn
Kolsva	EEK2003011712	6606929	1503534	45,91	schaktbrunn
Kolsva	EEK2003011713	6606464	1503742	42,76	schaktbrunn
Kolsva	EEK2003011714	6605679	1504088	42,53	schaktbrunn
Kolsva	EEK2003011715	6604200	1503652	39,81	schaktbrunn
Köping	EEK2003011716	6603366	1505960	30,34	schaktbrunn
Köping	EEK2003011717	6603578	1506395	30,76	schaktbrunn
Köping	EEK2003011718	6602565	1507055	30,77	schaktbrunn
Köping	EEK2003011719	6602580	1507350	28,59	schaktbrunn
Köping	EEK2003011720	6602442	1507525	29,65	schaktbrunn
Malmö	EEK2003011721	6594672	1514936	2,28	spets
Kolsva	EEK2003011722	6606770	1506776		rörbrunn
Kolsva	EEK2003011723	6608501	1504794		schaktbrunn
Kolsva	EEK2003011724	6607992	1505849	45,86	schaktbrunn
Hagelbäcks udde	EEK2003052101	6610757	1500569	42,2	rörbrunn
Valsta	EEK2003052102	6605049	1507467	22,83	schaktbrunn
Rya, Valstaån	EEK2003052103	6604417	1507831	21,87	vattenyta
Valsta, Valstaån	EEK2003052104	6605669	1507100	36,47	vattenyta
Kulinge, Valstaån	EEK2003052105	6607465	1506332	38,01	vattenyta
Malmönvägen	EEK2003052106	6596572	1513385	0,68	vattenyta
Gälby, Valstaån	EEK2003052107	6602236	1508440	7,93	rörbrunn
Malma	EEK2003052108	6601572	1508372	19,56	rörbrunn
Kolsva vattenverk	EEK2003052109	6610258	1500978	47,1	spets
Kolsva vattenverk	EEK2003052110	6610304	1500951	44,58	spets
Gisslarbo	EEK2003052111	6611541	1500306	55,23	rörbrunn
Jäxbo	EEK2003052112	6613371	1499284	48,45	rörbrunn
N Kolsva vattenverk	EEK2003052113	6610407	1500773	42,86	spets
Kolsva vattenverk	EEK2003052114	6610336	1501002	47,31	spets
Köping centralort	EEK2003052115	6599230	1510572	7,93	spets

Obs-plats	Id i brunnsprot.	X-koord.	Y-koord	Rök	Obs_typ
Köping centralort	EEK2003052116	6600262	1509909	6,05	spets
Köping	EEK2003052117	6600384	1510028	6,9	spets
Köpings djuphamn	EEK2003052118	6598070	1511865	2,57	vattenyta
Stenbo	EEK2003052119	6618731	1498364	80,04	rörbrunn
Tallåsen	EEK2003052120	6606728	1506537	38,89	schaktbrunn
N Tallåsen	EEK2003052121	6606983	1506535	43,26	rörbrunn
Lärktorpet	EEK2003052122	6612956	1506506	43,49	rörbrunn
Köping	EEK2003061001	6599002	1510784	7,48	rörbrunn
Köping	EEK2003061002	6598822	1510955	7,29	
Köping	EEK2003061003	6599683	1509752	7,08	rörbrunn
Köping	EEK2003061004	6599827	1509388	8,73	rörbrunn
Köping, korsning E18 -väg 250	EEK2003061005	6600040	1509230	4,89	
Köping	EEK2003061006	6600129	1509136	12,13	rörbrunn
Köping	EEK2003061007	6601220	1508430	16,43	rörbrunn
Köping	EEK2003061009	6601433	1508755	13,26	rörbrunn
Köping	EEK2003061010	6600964	1508761	11,15	rörbrunn
Köping	EEK2003061011	6600571	1508871	12,66	rörbrunn
Köping	EEK2003061012	6600732	1508859	10,01	
Köping	EEK2003061013	6601069	1508739	12,34	rörbrunn
Köping	EEK2003061014	6600484	1508877	12,74	rörbrunn
Karmansbo	EEK2003102301	6619330	1496800		vattenyta
Karmansbo	EEK2003102302	6619250	1496900		vattenyta
Karmansbo	EEK2003102303	6618900	1496960		vattenyta
Gisslarbo	EEK2003102304	6611250	1499960		vattenyta
Gisslarbo	EEK2003102305	6611190	1500060		vattenyta
Lyftinge	EEK2003102306	6602340	1504900		vattenyta
Lyftinge	EEK2003102307	6602250	1504790		vattenyta
Ekeby	EEK2003102308	6599560	1506550		vattenyta
Ekeby	EEK2003102309	6599400	1506590		vattenyta
Kolsva	EEK2003102310	6608640	1501740		vattenyta
Kolsva	EEK2003102311	6608580	1501800		vattenyta
Malmönvägen	RSG2003011301	6597240	1513085		sondering
Myra	RSG2003011302	6603438	1506504		sondering
Åsby	RSG2003011303	6603625	1505318		sondering
Vallsta	RSG2003011304	6605593	1503601		sondering
Vallstalund	RSG2003011305	6606070	1503657		sondering
V Kolsva	RSG2003011306	6608163	1501999	33,08	spets
Norr Kolsva	RSG2003011307	6609636	1501396	42,45	spets
Norr Jäxbo	RSG2003011308	6614400	1498844	58,22	spets
S Bernshammar	RSG2003011309	6616240	1497733		spets
S Jönsarbo	RSG2003011310	6615684	1497880		spets
Öster Jönsarbomossen	RSG2003120301	6615369	1498283	74,8	spets
Solbacken	RSG2003120302	6607624	1502531	30,2	spets
Kulinge	RSG2003120303	6608314	1505953	42,23	spets
Köping Golfklubb	RSG2003120304	6603602	1508163	19,56	spets

Kemiska analyser av vatten

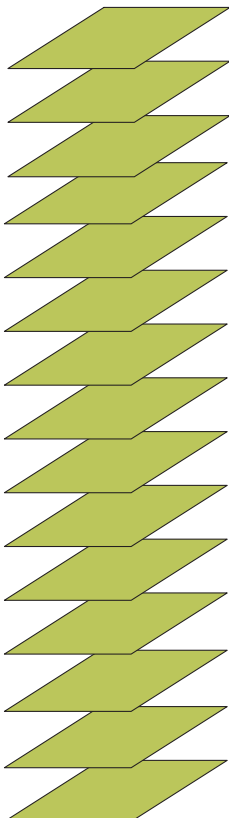
Provtagningsplats m.m.					
	Vy 4	R 0304	Källutflöde i Valstaån (Valsta)	Brunn 104	
	Öppen vattenyta	12–13 m djup	Öppen vattenyta	1,4 m djup	
	Väster Malmönvägen	Korslöt	Valsta	Bernshammar (Skinskattebergs k:n)	
	x: 6596572	x: 6603602	x: 6605049	x: 6616825	
	y: 1513385	y: 1508163	y: 1507467	y: 1497589	
Parameter	Enhet	Analysresultat			
Turbiditet	FNU	1,4	13	6,8	0,36
Lukt Metod I		Ingen	Tydlig	Ingen	Ingen
Lukt, art		Svavelförening			
Färgtal	mg/l Pt	70	20	80	<5
COD(Mn)	mg/l	15	1,6	15	<1,0
Konduktivitet 25°C	mS/m	62,8	28,2	5,34	12,3
pH		7,3	7,8	6,9	6,3
Alkalinitet	mg/l	210	110	11	33
Kolsyra agg. CO ₂	mg/l				
Hårdhet tot. Ca+Mg	mg/l				
Hårdhet, total	°dH	8,5	5,7	1,2	2,4
Ca	mg/l	40	26	5,2	7,7
Mg	mg/l	13	9,0	1,9	5,9
Na	mg/l	71	18	3,1	7,4
K	mg/l	11	8	<2	2
Fe	mg/l	0,48	0,51	0,76	0,13
Mn	mg/l	0,34	0,07	0,09	<0,02
Al	mg/l	<0,02	0,43	0,60	0,11
Cu	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	mg/l	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Nitritkväve, NO ₂ -N	mg/l	0,002	0,033	0,004	0,013
Nitratkväve, NO ₃ -N	mg/l	<0,1	0,4	<0,1	1,1
Fosfatfosfor, PO ₄ -P	mg/l	0,011	0,007	0,003	0,004
F	mg/l	0,70	0,60	0,19	0,27
Cl	mg/l	81	16	2,5	8,3
SO ₄	mg/l	16	18	7,0	15

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattenförekomster i Köpings kommun finns tillgänglig i SGUs databaser och presenteras översiktligt nedan. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och ArcInfo, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrade i RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till "Karta över grundvattenförekomster i Köpings kommun" som finns tillgängliga på SGU är bl.a.

- tolkade bilder på seismiska profiler och georadargram,
- 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; sprickzoner, förkastningar etc. (linjer + punkter)
KVAL	Salt-, fluorid- eller radonrisk (polygoner)
VMAR	Våtmarker (polygoner)
JKAP	Kapacitet i jordlagren (polygoner)
BKAP	Kapacitet i berggrunden (polygoner)

Fig. 38. Översiktlig databasstruktur.

UTREDNINGAR, REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Utredningar

Förkortningar

K-konsult	Kommunernas konsultbyrå
SIG	Statens geotekniska institut
SGU	Sveriges geologiska undersökning
VBB	Vattenbyggnadsbyrå
VIAK	Ingenjörfirman VIAK (Via et Aqua)

Numreringssystem: ID i SGUs Brunnarkiv/ ID i SGUs Georegister

- 044/15416 Hydrogeologisk undersökning av Köpingsåsen mellan Gisslarbo och Malmön samt Valstaåsen mellan Lundbysjön och Strö. Grundvatteninventering av områdena kring Odensvi och Munktorp. SGU 1966-04.
- 045/15417 Köpings stads vattentäkt. Köping stads Vatten-Elektr.styrelse 1945-07-14.
- 046/15418 Köping vattenförsörjning. Teknisk beskrivning angående nytt vattenverk för Köping. VBB 1959-02-03.
- 047/15419 Köping vattenförsörjning. PM över utförda rekognosceringsborrningar tiden oktober-december 1958. VBB 1959-04-06.
- 049/15421 Köping. Vattenförsörjning. Vattentorn. PM angående grundförhållanden för yttre ledningar. VBB 1965-08-31.
- 050/15422 Köping Vattenförsörjning. PM över utförda rekognosceringsborrningar i Köpingsåsen och Valstaåsen norr om stadens infiltrationsanläggning. VBB 1966-03-15.
- 051/15423 PM angående undersökningar för grundvattentäkt norr om infiltrationsplatsen vid Strö. VBB 1968-11-26.
- 052/15424 Sammanställning av utförda rekognosceringsborrningar för grundvattentäkt i Valstaåsen norr om infiltrationsplatsen vid Strö febr-maj 1969. VBB 1969-06-25.
- 053/15425 Förslag till anläggning för vattenförsörjning och avlopp för Kolsva brukssamhälle och Guttsta. VBB 1946-11-06.
- 054/15426 PM angående utförda grundvattenundersökningar tiden okt. 1951 - maj 1952. VBB 1952-06-20.
- 055/15427 Kolsva vattenförsörjning och avlopp. Teknisk beskrivning över grundvattentäkt för Kolsva brukssamhälle. VBB 1959-01-23.
- 056/15428 Kohlswa Jernverks Aktiebolag. Markundersökning för planerad nybyggnad av stålgiuteri. Aktiebolaget Geotest 1962-03.
- 057/15429 Kolsva vattenförsörjning och avlopp. Rekognoseringsborrning. VBB 1965-11-18.
- 075/15524 Arosbyggdagens lantmän, Västerås. Redovisning av vattentäktundersökning vid Maria-kajen, Köping. K-konsult 1977-03-07.
- 118/15569 Åsvårdsplan: Köpingsåsen + Valstaåsen. A. Anderssons Ing. byrå AB och Segerros Naturvårdsbyrå AB.
- 164/15676 Principutredning angående Köpings framtida vattenförsörjning. VIAK 1977-06-02.

- 165/15677 Köpings kommun. Del av Odensvi, Barksta 2:9 m.m. Översiktlig utredning rörande vattenförsörjningen. VIAK 1976-12-29.
- 166/15678 Köpings kommun. Himmeta kyrkby. Översiktlig utredning rörande vattenförsörjningen. VIAK, Falun 1977-10-17.
- 173/15685 Köpings kommun. Utlåtande över provpumpning av reservvattentäkt i Köping. VBB, Stockholm 1980-04-14.
- 181/15692 Väg 593 Näverkärret- Haga, delen vid Långsbo, Västmanlands län. Utlåtande över profilhöjning. SGI 1972-12-08.
- 182/15693 Utlåtande över grundförhållandena för den västra tillfartsbanken till befintlig bro över bäck vid Sundänge å väg 584 Himmeta kyrka - Väsjo, Västmanlands län. SGI 1957-01-11.
- 185/15714 Munktorps stationssamhälle. Vattenförsörjning. PM angående vattenförsörjningens ordnande för Munktorps stationssamhälle. VBB 1966-03-02.
- 186/15715 Beträffande grundvattenundersökningar i Munktorp. VIAK 1966-02-22.
- 187/15716 Utlåtande över grundförhållandena för järnvägen Munktorp- Köping på sträckan 137/600 - 137/900, Stockholm- Västerås- Bergslagens järnvägar. Walter Kjellman 1939-06-13.
- 239/15775 Ang. geologiska och geohydrologiska undersökningar vid Köping, Kolsva, Odensvi och Munktorp. SGU 1965-09-01.
- 252/26345 Hydrogeologisk bedömning av Sundänge fritidsområde för lokalisering av vattentäkter vid Västlandasjön, Kolsva församling, Köpings kommun, Västmanlands län. SGU 1990-05-29.
- 253/26346 VLF-mätning på fastigheten Bällsta 1:2 resp. 1:3, Odensvi, Köping. SGU 1990-08-23.
- 259/26352 Vägverket. Köping E18. Katastrofbrunn. Saneringsbrunn. Akva Terra 1995-03-10.
- 327/33965 Kohlswa Jernverks AB, Kolsva. 1942-05.
- 330/36951 Program för provpumpning av reservvattentäkt i Köping. VBB 1979-09-25.
- 331/36952 Utlåtande över provpumpning av reservvattentäkt i Köping. VBB 1980-04-14.
- 332/36954 Resultat av konditionsundersökning av Kolsva vattenverks brunnar samt förslag till ny brunn. VBB 1984-11-23.
- 333/36955 PM angående åtgärder vid Kolsva vattenverk. VBB 1984-12-19.
- 334/36956 PM angående grundvattentäkten vid Västra Skedvi, Köpings kommun. Vatten och Miljöteknik 1988-05-25.
- 335/36957 Köpings kommun, Himmeta. Redogörelse för provpumpning av den kommunala vattentäkten. Köpings kommun, Gatukontoret 1990-10-31.
- 336/36958 Konsekvensanalys av planerad bergtäkt på fastigheten Gisslarbo 3:12 och dess påverkan på Kolsva samhälles grundvattentäkt. Vatten och Miljöteknik 1994-11-28.
- 337/36959 Köpings kommun. Himmeta vattenförsörjning. Förslag till skyddsområde och bestämmelser. Köpings kommun 1997-07-01.
- 338/36960 Köpings kommun. Kölsta vattenförsörjning. Förslag till skyddsområde och bestämmelser. Köpings kommun 1997-07-01.

- 339/36968 Skyddsområde och skyddsföreskrifter för Kolsva vattentäkt, Köpings kommun. Länsstyrelsen Västmanlands län, Miljöenheten 1998-01-30.
- 340/36969 Skyddsområde och skyddsföreskrifter för Köpings tätorts vattentäkt, Köpings kommun. Länsstyrelsen Västmanlands län, Miljöenheten 1998-01-30.
- 341/36972 Katastrofplan för vattentäkt vid trafikplatser Strö E18 och RV56/Ringvägen, Köping. Vägverket 2002-05.

REFERENSER

- Gorbatshev, R., 1971: Berggrundskartan 10F Örebro NO och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Af 103*, 70 s.
- Laaksoharju, M., Smellie, J., Nilsson, A.-C. & Skärman, C., 1995: Groundwater sampling and chemical characterisation of the Laxemar deep borehole KLX02. *SKB Tec. Rep. 95-05*, 74 s.
- Lundegårdh, P.H., 1974: Berggrundskartan 10G Eskilstuna NV och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Af III*, 75 s.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Berggrundskartan 11G Västerås SV och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*, 60 s.
- Lundegårdh, P.H., 1982: Berggrundskartan 11F Lindesberg SO och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Af 139*, 58 s.
- Magnusson, E. & Gorbatshev, R., 1972: Jordartskartan 10F Örebro NO och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ae 7*, 74 s.
- Magnusson, E., 1975: Jordartskartan 10G Eskilstuna NV och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ae 18*, 81 s.
- Magnusson, E., 1978: Jordartskartan 11G Västerås SV och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ae 35*, 70 s.
- Magnusson, E., 1982: Jordartskartan 11F Lindesberg SO och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ae 49*, 76 s.
- Müllern, C.-F. & Engqvist, P., 1980: Hydrogeologiska kartan 10G Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Ag 11*.
- Möller, Å., Engqvist, P. & Pousette, J., 1974: Hydrogeologiska kartan 10F Örebro NO och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ag 2*, 67 s.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1974: The national groundwater network of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 48*, 160 s.
- Nurmi, P.A., Kukkonen, I.T. & Lahermo, P.W., 1998: Geochemistry and origin of saline groundwaters in the Fennoscandian Shield. *Journal of Applied Geochemistry* 3, 185–203.
- SGU, 1994: Grundvattnet i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Ah 17*.
- Statens livsmedelsverk, 2001: Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten. *Statens livsmedelsverks författningssamling, SLVFS 2001:30*.
- Vattenfall, 1991: Scientific Summary Report of the Deep Gas Drilling Project in the Siljan Ring Impact Structure. *Swedish State Power Board, U(G) 1991/14*, 257 s.
- Wikner, T., Söderholm, H., Müllern, C.-F. & Engqvist, P., 1982: Hydrogeologiska kartan över Västmanlands län och beskrivning. *Sveriges geologiska undersökning Ah 2*, 66 s.

LITTERATUR

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3236*, 28 s.
- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörs & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön. Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.

- Ahlbom, K., De Geer, J., Gustafsson, G., Hård, S., Karlqvist, L., Norling, E., Persson, G. & Thoregren, U., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggeforskningsrådet R 134: 1980*.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Byggeforskningsrådet R 42: 1984*, 260 s.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergborrade brunnar. Förstudie. *Byggeforskningsrådet R 142: 1980*, 93 s.
- Annadotter, H., 1993: Algtoxiner i dricksvatten: en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie. *VAV. VA-Forsks rapportserie 1993:03*, 110 s.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*, 123 s.
- Bergman, G., 1972: *Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytor och perkolationsbanor i jordlager*. Stockholms universitet. Kvartärgeologiska institutionen. Även STU 69-519/U386, 87 s.
- Bergström, R. & Kornfält, K.-A., 1973: Beskrivning till geologiska kartbladet Norrköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 14*, 79 s.
- Bergström, R. & Wikström, A., 1975: Beskrivning till geologiska kartbladet Norrköping NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 15*, 53 s.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping, 138 s.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Förurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*, 157 s.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Byggeforskningsrådet T 44: 1982*, 75 s.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt: försök till bestämning av infiltrationskoefficienter*. Särtryck ur: Teknik Metod Analys. Stockholm, 33–110.
- Byggeforskningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*, 178 s.
- Carlsson, A. & Olsson, T., 1977: Hydraulic properties of Swedish crystalline rocks. *The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, N.S. 7*, 71–84.
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Serie B 70:1*, 124 s.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology 8*, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggeforskningsrådet R 41: 1984*, 124 s.
- Coordinating committee for hydrology in Nordic Countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology*. Iréne Johansson (red.). Almqvist & Wiksell International, Stockholm, 224 s.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 82–109.
- 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*, 93 s.
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978, Papers of workshops*. Helsinki, 42–51.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnsarkivet 1/81*, 14–16.
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen*, 65–84, 141–149.
- Fredén, C. (temaredaktör), 1994: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. Andra uppl., 208 s.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning – Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VAV. VA-forsks rapportserie 1994-08*, 55 s.

- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar* 21, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala, 155 s.
- 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, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedt & Söner förlag, Stockholm, 15–33.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo, 197 s.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggforskningsrådet R:47*, 58 s.
- 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*, 19 s.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology* 18, 203–220.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna, 304 s.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvatenskydd. *Vägverket Publikation. 1995:1*, 33 s.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology* 3, III–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* 8, 345 s.
- Lindman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm, 79 s.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. *6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr 53*, 135–142.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm, 143 s.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP rapport* 35, 153 s.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggforskningsrådet R 149: 1985*, 142 s.
- 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.
- Programet för övervakning av miljö kvalitet (PMK), 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor*: Statens naturvårdsverk, Solna, 180 s.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala Univ.*, 260 s.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*, 54 s.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm, 36 s.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural O-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. I: *Isotope hydrology (Proceedings of Symposium in Vienna, 1983)*, IAEA, Vienna, 139–150.

- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*, 130 s.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstjord grundvattenbildning. *Va-forsks rapportserie 1992-13*, 53 s.
- Svenska vatten- och avloppsföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*, 57 s.
- Svensson, C., 1996: Litteraturlösa databas för grundvatten i urban miljö på Internet. *Va-forsks rapportserie 1996-12*, 12 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala, 77 s.
- Tekniska nomenklaturcentralen, 1988: Geologisk ordlista. *TNC 86*. Uppsala, 482 s.
- UNESCO, 1983: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris, 51 s.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungliga tekniska högskolans handlingar 61*, 91 s.

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 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 miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet. 1996.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999. 1999.

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. Norrköping NV
8. Eskilstuna NO
9. Linköping NO
10. Östergötlands sedimentära berggrund (skala 1:100 000)
11. Eskilstuna NV

12. Köping NO
13. Malmö NV
14. Helsingborg SV
15. Höganäs NO/Helsingborg NV

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 med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000, utgivna på cd (finns även som databas).

- Nr. 2 Hässleholm
- Nr. 3 Strängnäs
- Nr. 4 Upplands-Bro
- Nr. 6 Söderhamn
- Nr. 7 Katrineholm
- Nr. 8 Karlstad
- Nr. 9 Laxå
- Nr. 10 Norrköping
- Nr. 11 Linköping (endast karta)
- Nr. 12 Nynäshamn
- Nr. 13 Bollnäs
- Nr. 14 Höganäs

SGU serie K

Digitala grundvattenkartor med beskrivning, kommuner, i skala 1:50 000
(finns även som databas)

K 44	Umeå
K 49	Västerås-Hallstahammar
K 50	Kristinehamn
K 63	Mölndal
K 69	Sigtuna (endast karta)
K 83	Ekerö

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås	Härryda	Partille
Botkyrka	Klippan	Salem
Burlöv	Kumla	Staffanstorp
Båstad	Kungsör	Stockholm
Ekerö	Kävlinge	Södertälje
Enköping	Laholm	Uddevalla
Eskilstuna	Landskrona	Vårgårda
Göteborg	Lerum	Åstorp
Halmstad	Lomma	Ängelholm
Haninge	Lund	Örebro
Heby	Malmö	Örkelljunga
Håbo	Norrtälje	