

Beskrivning till karta över grundvattenförekomster i
**Västerås & Hallstahammars
kommuner**

Hans Söderholm



Beskrivning till kartorna över grundvattenförekomster i

Västerås & Hallstahammars kommuner

Hans Söderholm

ISSN 1652-8336
ISBN 91-7158-663-6

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

Närmare upplysningar erhålls genom

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

Omslagsbild: Badelunda kyrka med närmaste omgivning på Badelundaåsen. Foto: Hans Söderholm.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomsterna i Västerås och Hallstahammars kommuner ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU, med hjälpinsats av personal på kommunerna. Kartan är i första hand avsedd för kommunal verksamhet, men kan givetvis användas i andra 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 och vattenförsörjning.

Framställningen av kartan har skett i GIS-miljö (MapInfo och ArcInfo). Informationen är lagrad i den underliggande databasen, vilken levererats till kommunerna, 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 kommunerna från kartdatabasen kan göras i såväl större som mindre skala. Man ska emellertid vara medveten om att noggrannheten i informationen inte förändras vid en ändring av kartskalen.

Bedömningarna av grundvattentillgångarna i de kvartära avlagringarna, i första hand grusåsarna, är beroende av moderna geologiska jordartskartor i digital form.

Den på kartan redovisade kapaciteten för brunnar borrade i berg är statistiska bearbetningar av brunnar registrerade i SGUs brunnsarkiv.

Med ledning av kartstudierna och uppgifter som sammanställts från konsultrapporter, andra utredningar och annan dokumentation har SGU utfört kompletterande hydrogeologiska fältarbeten inom kommunerna. De har innefattat geofysiska mätningar med georadar och seismik samt sonderingsborrningar med drivning av observationsrör, avvägningar av geofysiska profiler, vattenprovtagning och fältanalyser. Avvägning av brunnar och observationsrör har ombesörjts av kommunerna.

Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm: grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet; Bo Wållberg: metodbeskrivningar – georadar och seismik; Magnus Åsman: metodbeskrivningar – Kriging och variogramanalys. Seismogram och radargram har gjorts av Bo Wållberg. Kartläggningen genomfördes 2000–2001. De geofysiska arbetena har letts av Bo Wållberg, borrningarna av Roger Smedberg. I fältarbetena medverkade Sven-Eric Gradstock, Anders Lundström och Sune Rurling.

Kontaktpersoner har främst varit Gun Wallenberg i Västerås kommun och Per-Inge Nilsson i Hallstahammars kommun. Flera andra tjänstemän på kommunerna har också varit delaktiga.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	6
Utförda arbeten	6
Resultat och slutsatser	7
Fotografier	9
Grundvattentillgångar	16
Allmänna förutsättningar	16
Naturresursen grundvatten	16
Vattnets kretslopp	17
Grundvattnet i och intill en grusås	18
Grundvattenbildning	19
Grundvattennivåer	19
Årstidsvariationer	20
Dricksvatten	22
Inducerad infiltration	22
Konstgjort grundvatten	24
Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Västerås och Hallstahammars kommuner	26
Grundvatten i jordlagren	27
Grundvatten i berggrunden	28
Teckenförklaring till kartorna	32
Redovisning av vissa områden	33
Åbylund	33
Brånsta	36
Ansta	39
Fågelbacken–Malma	41
Lustigkulla	42
Mölntorp	44
Strömsholm	46
Grundvattnets kemi	48
Grundvattnets kemi i allmänhet	48
Grundvattnets kemi i Västerås och Hallstahammars kommuner	49
Salt grundvatten och motåtgärder	53
Förekomsten av salt grundvatten	53
Åtgärder mot salt grundvatten	54
Grundvattnets sårbarhet	56

Allmänt om grundvattnets sårbarhet	56
Grundvattenpåverkan	56
Konsekvens- och riskanalys	56
Skydd av grundvattnet	57
Metodbeskrivningar	58
Georadar	58
Seismik	58
Kriging och variogramanalys	60
Dokumentation av geofysiska mätningar, brunnar, och kemiska analyser	62
Brunner, observationsrör m.m.	62
Västerås kommun	62
Hallstahammars kommun	67
Geofysiska mätningar	68
Västerås kommun	68
Hallstahammars kommun	68
Kemiska analyser av vatten i SGUs observationsrör	69
Databasstruktur	70
Bakgrundsmaterial, referenser, litteratur och grundvattenkartor	71
Bakgrundsmaterial	71
Västerås kommun	71
Hallstahammars kommun	75
Referenser.....	77
Övrig litteratur	78
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	81
Grundvattenkartor	82

SAMMANFATTNING

Utförda arbeten

De arbeten som genomförts i samband med kartläggningen av grundvattenförekomsterna i Västerås och Hallstahammars kommuner har utförts i samarbete med olika förvaltningar i respektive kommun. Avvägningar av brunnar, observationsrör och öppna vattenytor har utförts av kommunerna.

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

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

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

- Genomgång av tidigare utredningar och arkivmaterial.
- Inventering av brunnar och äldre observationsrör.
- Inventering av kända källor samt uppletande av ytterligare källor.
- Avvägning av brunnar, nyetablerade observationsrör och vissa fria vattenytor.
- Georadarmätningar i 17 profiler.
- Seismiska mätningar i 15 profiler.
- Avvägning av georadar- och seismiska profiler.
- Sonderingsborrningar på 17 platser.
- Rödrivning på 12 av sonderingsplatserna.
- Provtagning av grundvattnet i 2 observationsrör för kemisk analys.
- Inlagring i databaser av:
 - utredningar
 - brunnsdata
 - georadar- och seismiska data
 - borrhingsdata
 - grundvattennivådata
- Upprättande av kartdatabaser över:
 - uttagsmöjligheter i berggrunden
 - grundvattentillgångar i jordlagren
 - större sprickzoner i berggrunden
 - rekommenderad borriktning baserad på stryknings- och stupningsriktning i berggrunden
 - grundvattennivåer
 - grundvattnets strömningsriktningar
 - grundvattendelare
 - källor
- Sammanställning av dessa databaser med Lantmäteriets digitala topografiska karta (T5) till en karta över grundvattenförekomsterna i Västerås respektive Hallstahammars kommun.
- Sammanställning av föreliggande beskrivning.

Brunnsinventeringar har utförts i sand- och grusavlagringar. De geofysiska mätningarna, sonderingsborrningarna och rödrivningarna har i regel genomförts på ställen som bedömts vara intressanta för

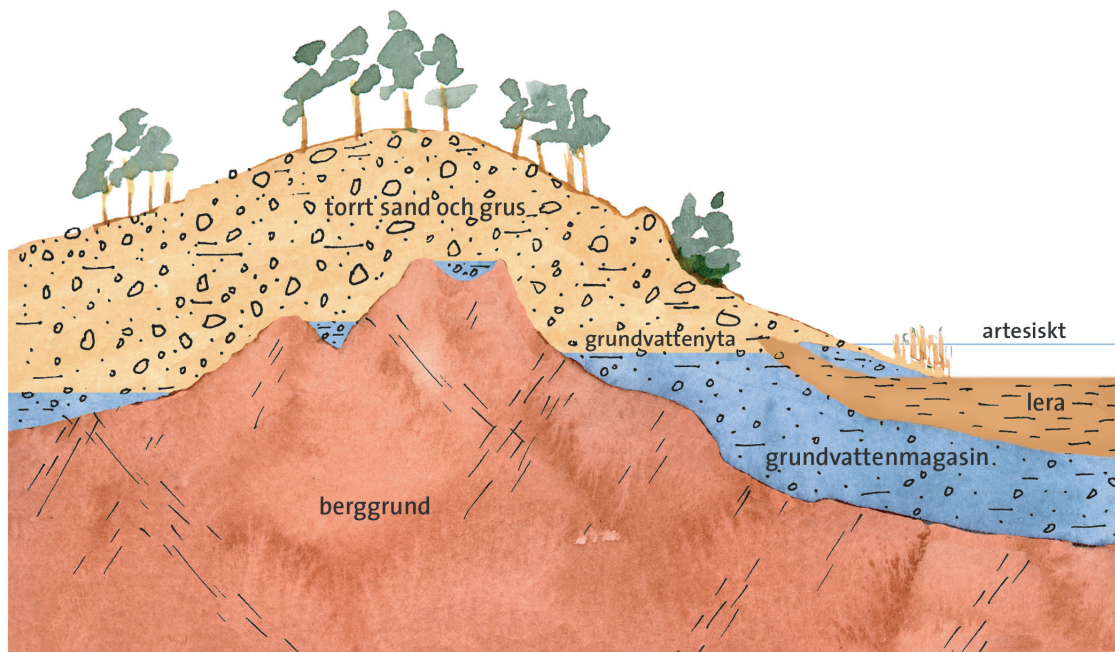


Fig. 1. Principbild av höga och låga berglägen – stora och små grundvattenmagasin i en grusavlagring. Lagg märke till hållkaren, de små grundvattensamlingarna, där bergläget är som högst. Illustration: Anna Jonsson.

utvinning av större grundvattenmängder. Dessa mer omfattande arbeten har även genomförts i nyckelområden för bestämning av lägen för grundvattendelare samt utbredning och mäktighet (berglägesbestämningar) av viktiga grundvattenmagasin.

Resultat och slutsatser

Inom ramen för SGUs grundvattenkartering har huvuddelen av arbetsinsatserna i fält koncentrerats till områden som var föga undersökta eller där det ur grundvattensynpunkt förelåg speciell osäkerhet. Detta har dels lett till undersökningar i vissa grundvattenmagasin, dels till insatser för att bestämma grundvattendelarlägen m.m.

Hur stor potential grundvattentillgångarna egentligen har och huruvida inducerad infiltration erhålls eller inte samt verkliga möjligheter till konstgjord grundvattenbildning kan dock avgöras först efter fullskaliga provpumpnings- och infiltrationsförsök. Det gäller såväl kvantitet som kvalitet. Det är också i stor utsträckning en rent teknisk fråga om hur anläggningarna utformas.

En annan fråga, som inte behandlas här, är eventuella motstående intressen på de olika platserna.

Vid kartläggningen av grundvattenförhållandena i Västerås och Hallstahammars kommuner har vissa grundvattentillgångar av kommunal betydelse, kanske också regional, påvisats. Flera av de tillgångar som utnyttjas idag för den kommunala vattenförsörjningen förstärks genom konstgjord grundvattenbildning och vissa även i kombination med inducerad infiltration. Tillgångarna kommer sannolikt inom överskådlig tid att vara viktiga för den kommunala vattenförsörjningen. Det är därför av stor vikt att dessa tillgångar utnyttjas med förstånd och att alla tänkbara skyddsåtgärder prioriteras. Det är även av stor betydelse att skyddet av framtida grundvattenmagasin för kommunal och enskild vattenförsörjning beaktas i kommunens översiktsplanering. Nedan kommenteras kort de viktigaste slutsatserna av kartläggningen, se även kapitlen "Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Västerås och Hallstahammars kommuner".

- I Badelundaåsen i Västerås kommuns norra del finns det största av de undersökta grundvattenmagasinen. Det har bedömts vara av storleksordningen 25–125 l/s. Det är därför av stor vikt att detta magasin skyddas.

- Begränsningen av magasinets södra del utgörs av en grundvattendelarzon som är betingad av höga berglägen i åsen. Eftersom detta parti är ett viktigt grundvattenbildningsområde för magasinet bör skyddet särskilt beaktas.
- I Ansta grundvattentäkt har uttagen varit ca 10 l/s. Grundvattentillgången bedöms vara 5–25 l/s.
- De naturliga grundvattenförhållandena, särskilt i kommunens vattentäktsovmåde vid Hökåsen, är starkt påverkade av uttagen vid Fågelbacken samt av den konstgjorda grundvattenbildningen vid Badsjön. Som en följd av vattentäktsovmåsheten uppstår rörliga grundvattendelare vid Badsjön och mellan Fågelbacken och Malma.
- I Strömsholmsåsen bedöms partiet mellan Gröndal och Lustigkulla väster om Hallstahammar centralort vara torrt.
- Rörliga grundvattendelare förekommer vid Kolbäck samt mellan Amsta och Näs, där Kolbäcksås skår genom åsen.
- Mellan Kolbäck och Mölntorp är grundvattennivån i Strömsholmsåsen cirka fyra meter lägre än Kolbäcksås nivå.
- Tolkningen av geofysiska undersökningar i ridskoleområdet vid Strömsholm indikerar föroreningar i marken. Föroreningarna kan härröra från urinämnen, saltning på mark osv.
- Goda förutsättningar torde föreligga i Strömsholmsåsen mellan Kvicksund och Horn inom Västerås kommun att medelst uttag, som medför avsänkning av grundvattenytan, uppnå inducerad infiltration. Detta kan ge uttagsmöjligheter betydligt över 25 l/s.
- En bedömning av uttagsmöjligheterna i berggrunden har gjorts baserad på berggrundens uppbyggnad och skiffrihet samt förekomsten av potentiellt vattenförande sprickzoner. Dessutom har kapacitetsdata från bergborrhade brunnar i SGUs brunnsarkiv använts för att påvisa områden i kommunen med olika möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden.

FOTOGRAFIER



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



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



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



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



Fig. 6. Preliminära, kemiska analyser på salthalt, järnhalt och elektrisk ledningsförmåga görs i fält redan 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 företas provpumpning 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.

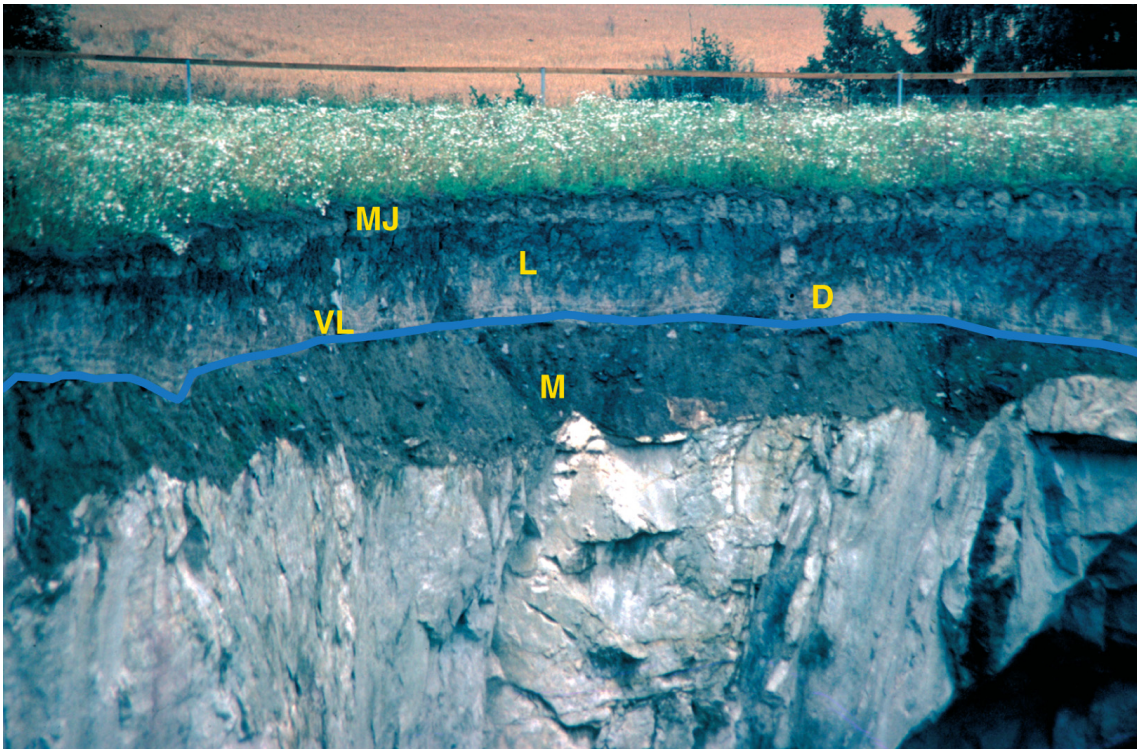


Fig. 9. Bilden visar den vanligaste lagerföljden i ett lerområde. Ovanpå berggrunden med sin oregelbundna sprickighet ligger: M – morän med varierande mäktighet, VL – varvig lera (glacial), L – lera (postglacial), MJ – matjord ner till plogdjup, D är öppningen på ett dräneringsrör. Övergångszonen mellan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



Fig. 10. Vy över Badsjön eller, som den också kallas, "Gropen", en återställd grustäktssjö vid Hökåsen. Den är numera bad- och fiskesjö. I anslutning till dess sydöstra del finns en av kommunens anläggningar för konstgjord grundvattenbildning. Foto: H. Söderholm.



Fig. 11. Grusbrytning under grundvattenytan mellan Kolbäck och Mölntorp har resulterat i en öppen vattenyta (konstgjord sjö) i Strömsholmsåsen. Sjön är numera fiskesjö. Sluttningen upptill i bild utgör östra kanten av åsen. Bakom denna flyter Kolbäckån (syns inte i bild). Vattennivån i ån är belägen cirka fyra meter högre än grundvattenytan, vilken representeras av sjöns vattenyta. Det betyder att tätande jordlager förekommer mellan åsen och ån på detta ställe. Foto: H. Söderholm.



Fig. 12. En välutbildad och orörd del av Strömsholmsåsen vid Horn sedd mot söder. I detta parti finns rikligt med fornlämningar. Få observationspunkter för grundvattnet har varit tillgängliga här. Grundvattenströmningen har dock bedömts ha en huvudsakligen nord-sydlig riktning. Foto: H. Söderholm.



Fig. 13. I anslutning till Hallstahammars kommuns vattenverk vid Näs finns denna återinfiltrationsanläggning för att minska höga järn- och manganhalter i grundvattnet. Till höger i bild är ett observationsrör för mätning av grundvattennivå. Foto: H. Söderholm.



Fig. 14. Bilden visar Kolbäcksåns genombrott i Strömsholmsåsen vid Näs vattentäkt. Nedtill till vänster på bilden syns en av grundvattenbrunnarna, till höger ligger vattenverket och Europaväg 18 (utanför bilden). Sannolikt induceras åns vatten i samband med uttag i åsens grundvattenmagasin, vilket bidrar till höga järn- och manganhalter i vattnet. Genom återinfiltrationen i kombination med Vyr-redox-metoden minskas halterna i vattentäkten. Foto: H. Söderholm.



Fig. 15. Närmast i bild syns bron över Strömsholms kanal vid Trångfors. I bildens övre vänstra hörn syns byggnader tillhörande Trångfors bruk. Bron slutar i det smala åspartiet mellan kanalen och Kolbäcksån. I åsens brant mot ån finns Livets källa. Källan kan ha sin upprinnelse antingen från Strömsholmsåsen eller från Strömsholms kanal, alternativt i en kombination av läckage från åsen och från kanalen. Foto: H. Söderholm.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Allmänna förutsättningar

Naturrensursen grundvatten

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

När nederbördsvattnet infiltrerats 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 perkolations. 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 stora sprickor 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. delarna ändrar läge om vattentillgången minskar eller ökar i magasinerna. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller svårgenomträngliga lager.

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

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

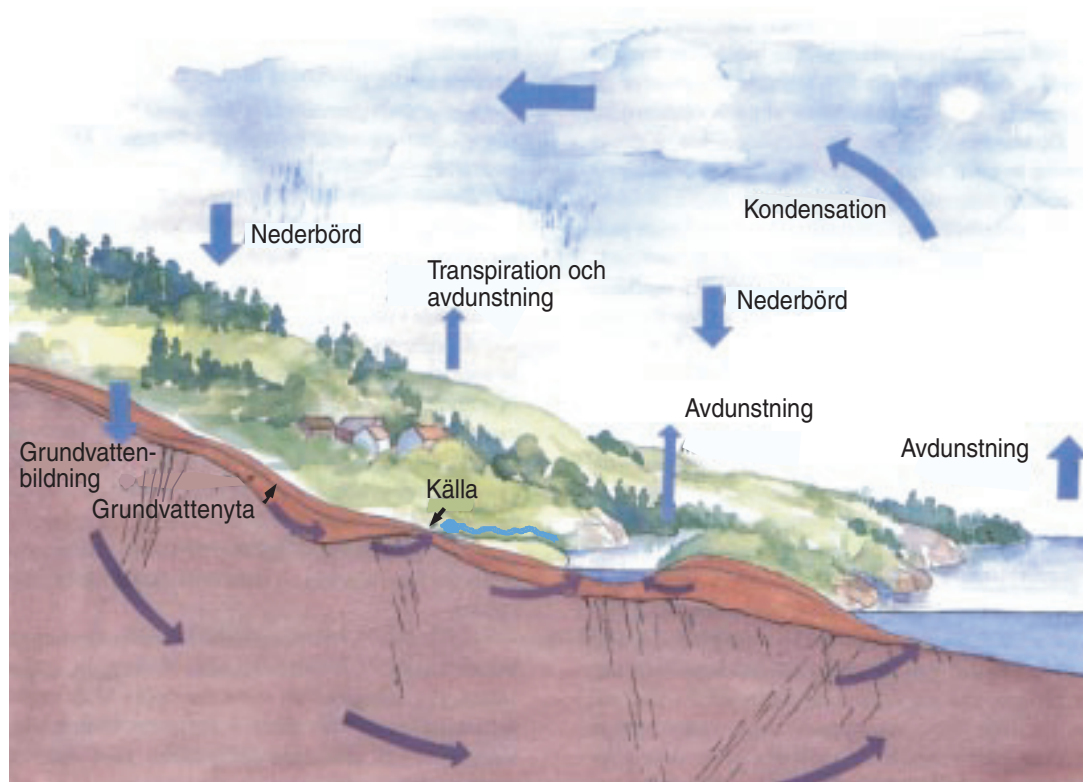


Fig. 16. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner huvudsakligen ut i botten på bäckar, åar och sjöar samt i källor. Illustration: Elisabeth Carlson.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 17 visar en dalgång med en isälvsavlagring – rullstensås – med sand, grus och block. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna finns. Till höger i bilden finns också ett berg- och moränområde. Utanför åsarna finns de viktigaste grundvattentillgångarna i allmänhet i berggrunden. Terrängen ligger under högsta kustlinjen, dvs. landet har någon gång efter den senaste nedisningen varit täckt av hav, så som situationen är i största delen av Västerås och Hallstahammars kommuner. Denna landskapstyp 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 självavrinnande, artesiska. I andra delar av isälvsavlagringen och dess närmaste omgivning kan tryckytan ligga lägre, och då strömmar vatten in mot åsen, den dränerar sin omgivning. Vattentransporten sker sedan vidare i åsens längdriktning.

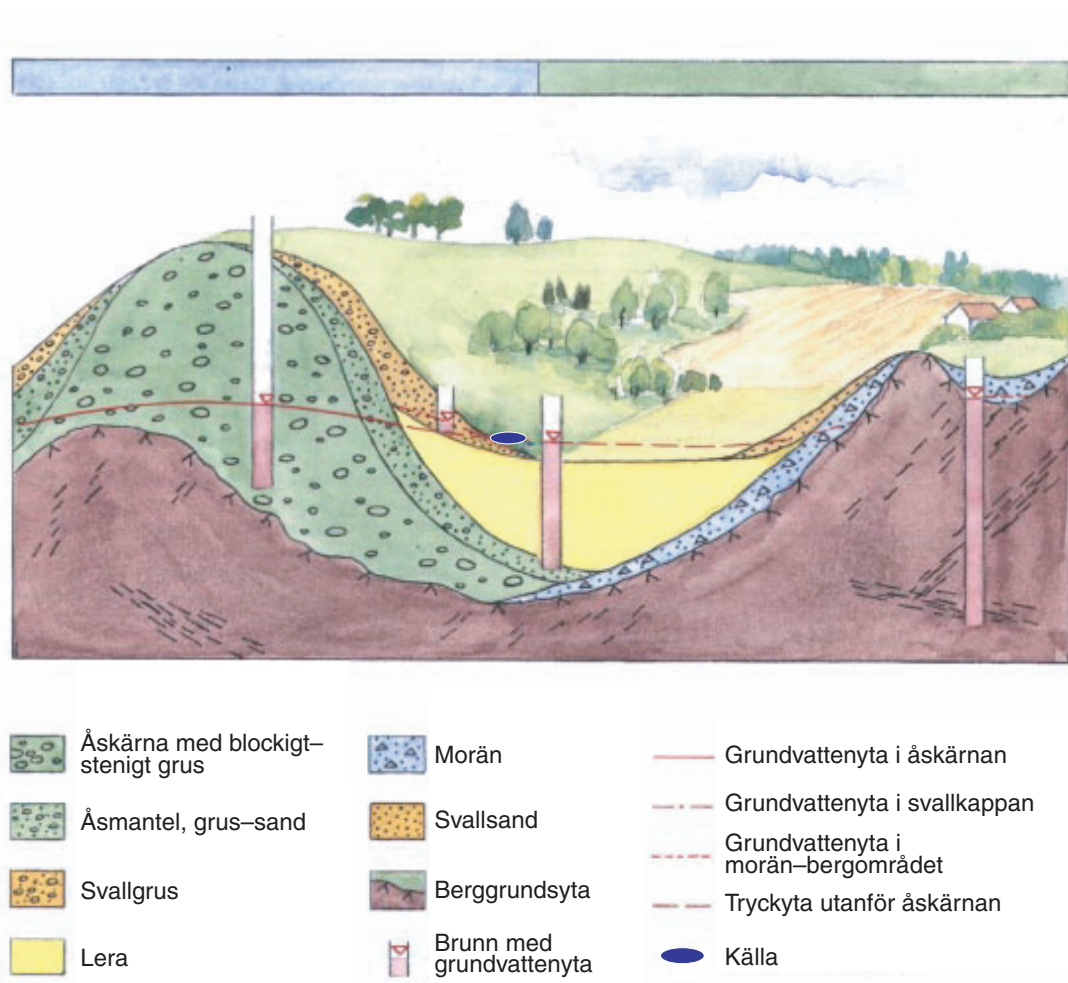


Fig. 17. Principbild på hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. (Färgmarkeringen överst i bilden visar hur detta redovisas på kartan över "Grundvattenförekomster i Västerås och Hallstahammars kommuner". Blått – tillgångar i jord, grönt – tillgångar i berg.) Illustration: Elisabeth Carlson.

Grundvattenbildning

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

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

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

Grundvattennivåer

Grundvattenytans nivå förändras under året beroende på hur och när nybildningen av grundvatten sker. Variationsmönstret är olika för skilda områden i landet, och det är heller inte riktigt likadant från år till år, se figur 22.

I figurerna 18–21 redovisas information från en av stationerna i SGUs grundvattennät (station 20:1) (Nordberg & Persson 1974) samt beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för området som motsvarar kartbladet 11G NO. Stationen, som är belägen i Badelundaåsen ca 4 km sydost om Sättrabrunn, visar nivåvariationer i ett stort magasin i sand. De två första figurerna visar månadsmedelvärden för effektiv nederbörd för perioden 1961–1990 samt grundvattennivåns månadsvisa min-, medel- och maxvärden för perioden 1966–2001. Grundvattennivåns variation under året släpar efter jämfört med en snabbreagerande grundvattenförekomst och långtidsvariationerna är mer påtagliga. En högsta medelnivå under maj–juni kan noteras. I figurerna 20 och 21 redovisas uppmätt grundvattennivå respektive grundvattennivåns avvikelse från månadsmedelvärdet. Mycket låga nivåer uppmättes under 1976 och 1996.

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

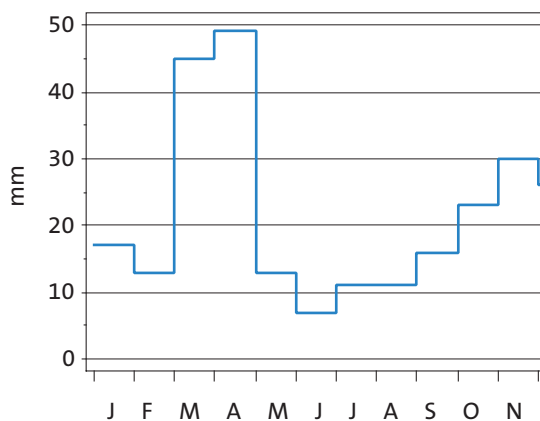


Fig. 18. Effektiv nederbörd (mm/mån.), 30 års månadsmedelvärden för området som motsvarar kartbladet 11G NO enligt SMHI.

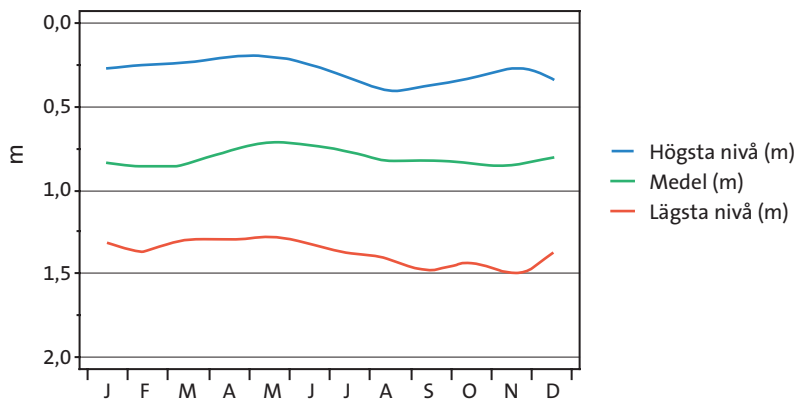


Fig. 19. Grundvattennivåns månadsvärden, meter under markytan för station 20:1 i SGUs grundvattennät.

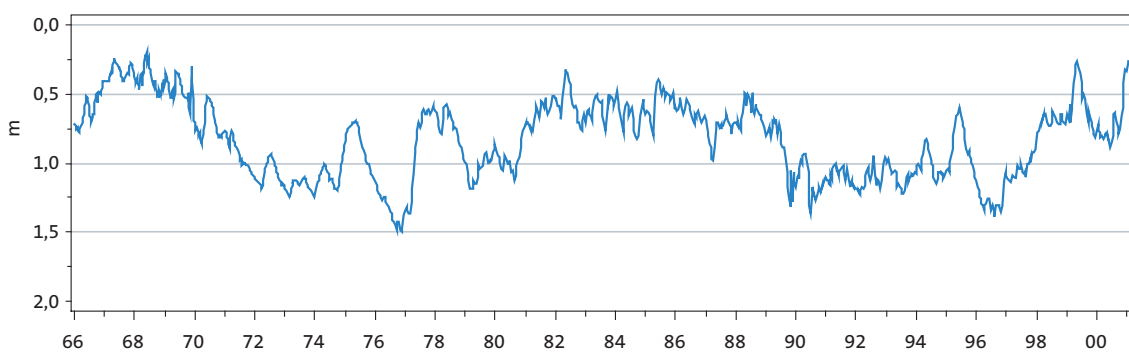


Fig. 20. Grundvattennivåer, meter under markytan, för åren 1966–2002 för station 20:1 i SGUs grundvattennät.

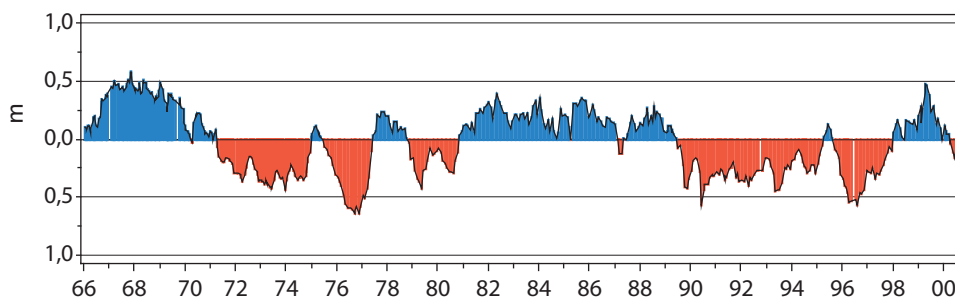
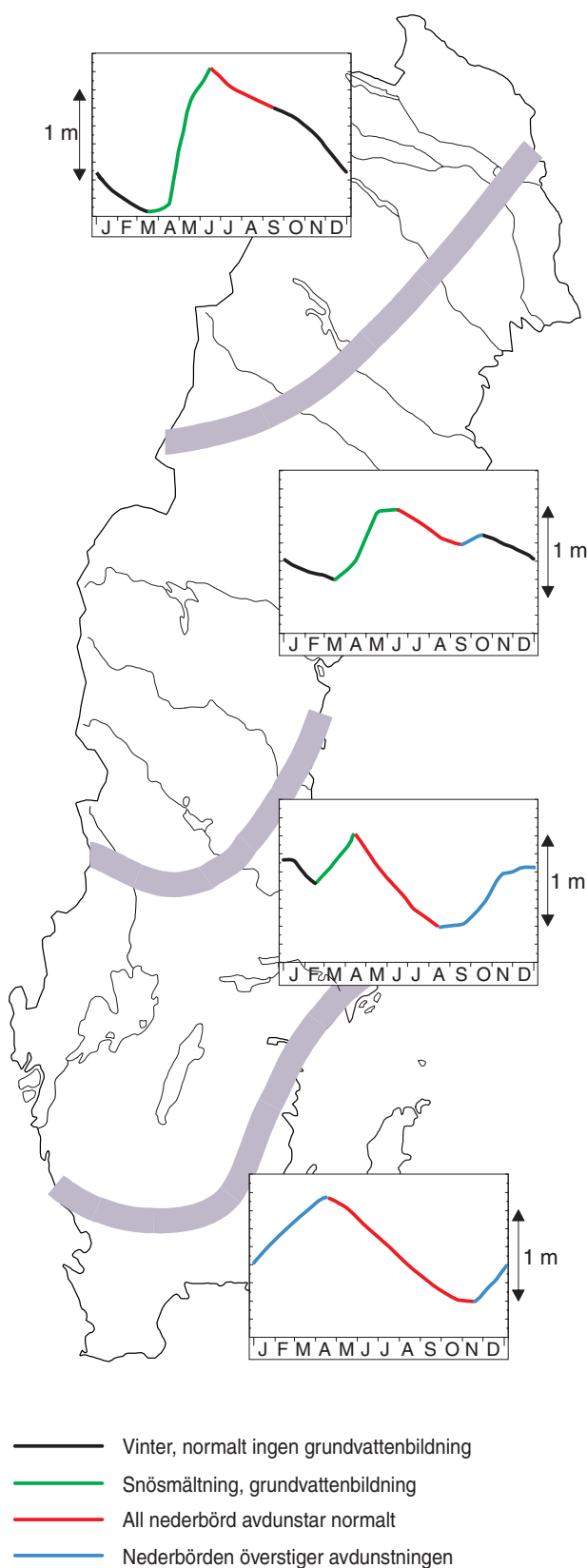


Fig. 21. Grundvattennivåer, avvikelser från månadsmedelvärden, meter, för åren 1966–2002 för station 20:1 i SGUs grundvattennät.

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 av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som finns i Sverige. Höjdskalorna är ungefärliga och visar endast storleken på variationerna.



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 finns 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. Modifierad efter SGU 1994

Dricksvatten

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

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

Livsmedelsverket är den myndighet som lämnar föreskrifter om dricksvatten. En ny författning av Livsmedelsverket, SLVFS 2001:30 (2001), tillämpas från och med 25/12 2003. För att främja en enhetlig tillämpning av föreskrifterna i denna författning har Livsmedelsverket även tagit fram en vägledning som regelbundet förnyas. Föreskrifterna och vägledningen återfinns på Livsmedelsverkets webbplats. De nya föreskrifterna gäller hanteringen av och kvaliteten på dricksvatten, oavsett om denna ingår i yrkesmässig verksamhet eller inte. Livsmedelsverkets föreskrifter gäller dricksvatten från vattenverk som i genomsnitt tillhandahåller mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer fler än 50 personer, samt för vatten som tillhandahålls eller används som en del av en kommersiell eller offentlig verksamhet.

För vattenverk och enskilda brunnar som tillhandahåller mindre än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörjer färre än 50 personer har Socialstyrelsen tagit fram allmänna råd, SOSFS 2003:17 (2003), som gäller från och med 5/12 2003. Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt. Hur ofta detta bör ske och vilka parametrar och riktvärden som gäller framgår i Socialstyrelsens allmänna råd som hittas på Socialstyrelsens webbplats.

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

Inducerad infiltration

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

Förutsättningar för inducerad infiltration föreligger på några ställen inom Västerås kommun. Störst betydelse har den inducerade infiltrationen i Badelundaåsen intill Mälaren och i Strömsholmsåsen intill Mälaren, mellan Kvicksund och Horn.

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

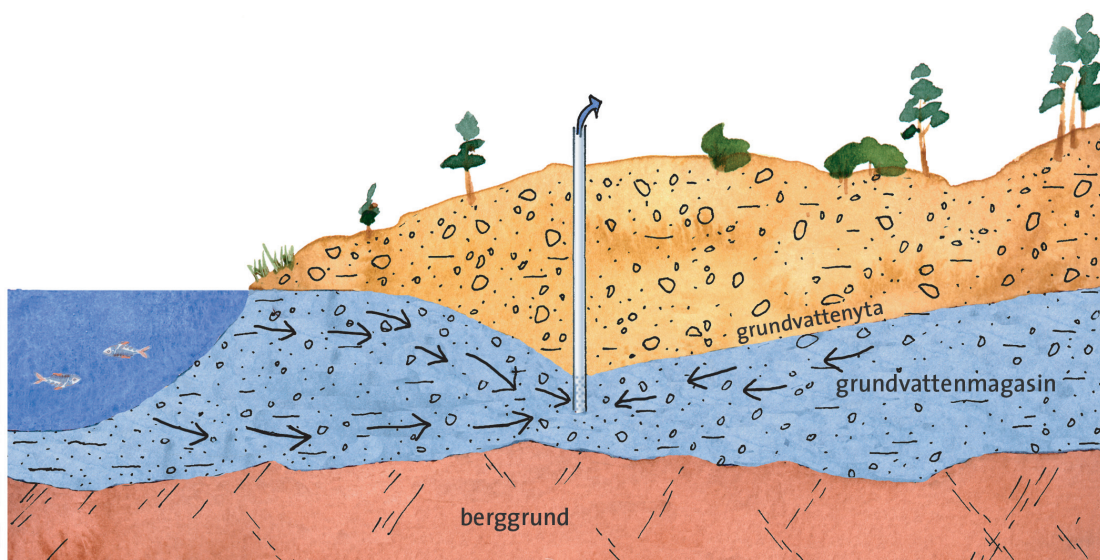


Fig. 23. Principbild på inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet. Illustration: Anna Jonsson.

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 går vanligen till 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.
- Grundvattenmagasinets mäktighet 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 skall vara så entydigt att huvuddelen av det infiltrerade vattnet kan utvinnas.
- För att säkerställa jämn och god grundvattenkvalitet måste grundvattnets uppehållstid i marken vara tillräckligt lång, 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 magasinierande förmåga att uttag kan ske under lång tid – flera veckor – utan infiltration.

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

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

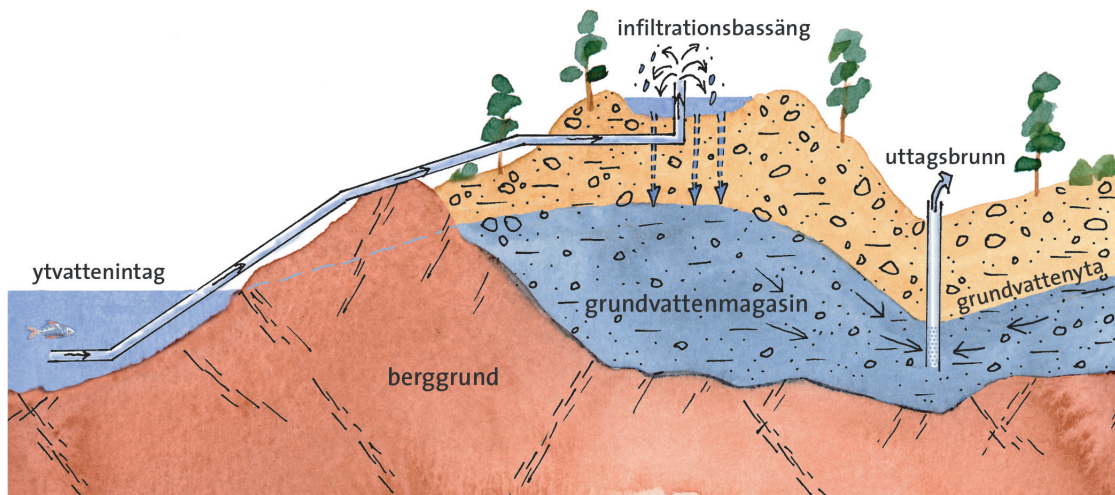


Fig. 24. Principbild på konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet. Illustration: Anna Jonsson.

Översiktlig beskrivning av grundvattentillgångarna i Västerås och Hallstahammars kommuner

Grundvatten i jordlagren

Arbetet har haft sin utgångspunkt i SGUs jordartskartor samt den hydrogeologiska kartan (Björnbom 1984, Engqvist & Müllern 1981, Kugelberg 1862, 1863, Möller 1976, Magnusson, 1975, 1979, 1984, 1989, 1993, Svantesson 1999, Wikner m.fl. 1982). Inom Västerås och Hallstahammars kommuner finns de största grundvattentillgångarna i de stora isälvsavlagringarna, grusåsarna, se figur 25). I denna del av landet har dessa oftast formen av långsträckta bildningar med i huvudsak nord-sydlig utsträckning. Inom Västerås kommun finns de största tillgångarna i Badelundaåsen och i Hallstahammars kommun i Strömsholmsåsen. Västerås kommun har också grundvattentillgångar i Strömsholmsåsen mellan Kvicksund och sjön Freden.

I övrigt finns mindre tillgångar i Västerås kommun i delar av Lagersbergsåsen, som är en biås till Strömsholmsåsen, samt i en biås till Badelundaåsen, mellan Fyrby-Sörby, öster om Badelunda kyrka. I Hallstahammars kommun finns motsvarande tillgångar i Svedviåsen, som är biås till Strömsholmsåsen. Nedan ges en översiktlig beskrivning av avlagringarna och tillgångarna. I kapitlet "Redovisning av vissa områden" ges en utförligare beskrivning av grundvattenförhållandena inom utvalda åspartier.

1. Badelundaåsen är en av landets största isälvsavlagringar. Även bildningen på Björnön i Västeråsfjärden i Mälaren, liksom de mindre avlagringarna i Ridöfjärden, ingår i åssträckningen. I bildningarna i kontakt med Mälaren kan sannolikt större grundvattenmängder uttas genom inducerad infiltration än vad som nybildas på avlagringarna. Till detta har tagits hänsyn i bedömningarna av grundvattentillgångarna. Grundvattenbildningen i vardera av fyra grundvattenmagasin i södra delen av kommunen, inklusive Björnön, är mellan 5 och 25 l/s. Magasinet på Björnön är dåligt känt. Det betyder att en större del, speciellt i väster, eventuellt kan utgöra ett torrt parti i motsats till vad som redovisas i kartan över grundvattentillgångar.

I samband med grundvattenkartläggningen gjordes geofysiska undersökningar. Dessa visade ett avbrott på ca 500 meter i Badelundaåsen två kilometer sydost om Romfartuna. Orsaken till detta är höga berglägen med morän. Höga berglägen även i avlagringen på en sträcka av 0,5 till 1 km norr om Badsjön i Hökåsen kan utgöra en torr del som vidare skapar en naturlig grundvattendelare, men eftersom konstgjord grundvattenbildning företas i södra delen av Badsjön, så är delaren förskjuten till detta läge och dessutom rörlig. Vid Gryta, mellan Hökåsen och Ansta, förekommer också höga berglägen som kan utgöra torra partier i åsen. Vid Åbylund, sex kilometer norr om Ansta, förekommer ett större torrt parti (1–2 km långt och 0,1–0,5 km brett) i Badelundaåsen. Även detta är betingat av höga berglägen och utgör vidare en grundvattendelarzon. Denna är närmare beskriven i kapitlet "Redovisning av vissa områden" (avsnittet om Åbylund).

Den största grundvattentillgången i Västerås kommun finns i bildningen på gränsen mellan Västerås och Sala kommuner. Här ansluter Vallrumsåsen, som är en biås till Badelundaåsen. Tillgången bedöms vara 25–125 l/s. På grund av att stora delar av åsen är belägen inom Sala kommun har kartläggningen de fem kilometrarna sydost om Sättrabrunn fått en mer översiktlig karaktär. En kartläggning i Sala kommun ger möjligheter att komplettera informationen om de hydrogeologiska förhållandena på sträckan. För att fortsättningsvis skydda grundvattnet borde dock exploatering av grus såväl över som under grundvattenytan upphöra i åsen norr om Åbylund.

Västerås kommun har tre vattentäkter i Badelundaåsen. Dessa är från söder till norr: Hässlö grundvattentäkt som huvudsakligen försörjer Västerås centralort och omgivning, Fågelbacken som också försörjer Västerås men även tätorterna Hökåsen och Tillberga samt Ansta som försörjer Skultuna. Både vattentäkten vid Hässlö och den vid Fågelbacken förstärks genom konstgjord grundvattenbildning. Råvattnet till den konstgjorda grundvattenbildningen tas från Mälaren.

2. Strömsholmsåsen utgör, liksom Badelundaåsen, en av landets största isälvsavlagringar. Åsen har sin sträckning genom hela Hallstahammars kommun och är huvudvattentäkt för kommunen. Parallellt med bildningen löper Kolbäcksån, vilken skär genom åsen, dels vid Kolbäck, dels mellan Amsta och Näs. Längs vissa sträckor föreligger ingen hydraulisk kontakt mellan ån och åsen. Ett exempel på detta är att nivån i den återställda grustäktssjön som finns i åsen mellan Kolbäck och Mölntorp ligger fyra meter lägre än Kolbäcksåns nivå, se vidare i kapitlet "Redovisning av vissa områden".

Vid kartläggningen konstaterades att rörliga grundvattendelare uppstår vid ågenombrotten vid Kolbäck och mellan Amsta och Näs. Stora grundvattenuttag äger rum vid Näs och Kolbäck där Hallstahammars kommuns huvudvattentäkter är belägna. Konstgjord grundvattenbildning äger rum vid Skantzen, en kilometer norr om Näs vattentäkt. Tolkningen är att grundvattendelarna uppkommer genom en kombination av grundvattenuttagen vid Näs och Kolbäck, och genom inducering av vatten från Kolbäcksån. Denna tolkning styrks av att järn- och manganproblem uppträder i vattentäkterna. Ytterligare en grundvattendelare finns vid Näs, drygt en kilometer söder om Skantzen, vilken uppkommer genom uttagen vid Näs.

Det sydligaste grundvattenmagasinet i Strömsholmsåsen som berör Hallstahammars kommun är det mellan Kolbäck och Horn, där Horn är beläget söder om kommungränsen i Västerås kommun. De fyra grundvattenmagasinen mellan Horn och Skantzsjön har vardera bedömts vara av storleksordningen 5–25 l/s. Grundvattenmagasinet på sträckan Horn–Kvicksund är däremot beläget inom Västerås kommun. Grundvattenbildningen i magasinet har bedömts vara 5–25 l/s. Här är möjligheterna till inducerad infiltration från Galten i Mälaren sannolikt mycket goda i samband med avsänkning av grundvattenytan vid uttag i åsen. Om undersökningar bekräftar detta antagande kan uttagen sannolikt med stor marginal överskrida 25 l/s.

Från i höjd med Skantzsjön och till Hallstahammars kommungräns i norr intar Strömsholmsåsen ett högre terräng- och bergsläge. Avlagringen övergår från ett slättlandskap i söder till ett skogslandskap i höjd med Hallstahammar. Väster om Hallstahammar gör förekomsten av höga bergslägen i åsen att avlagringen mellan Gröndal och Lustigkulla bedömts vara torr. Det finns eventuellt ett

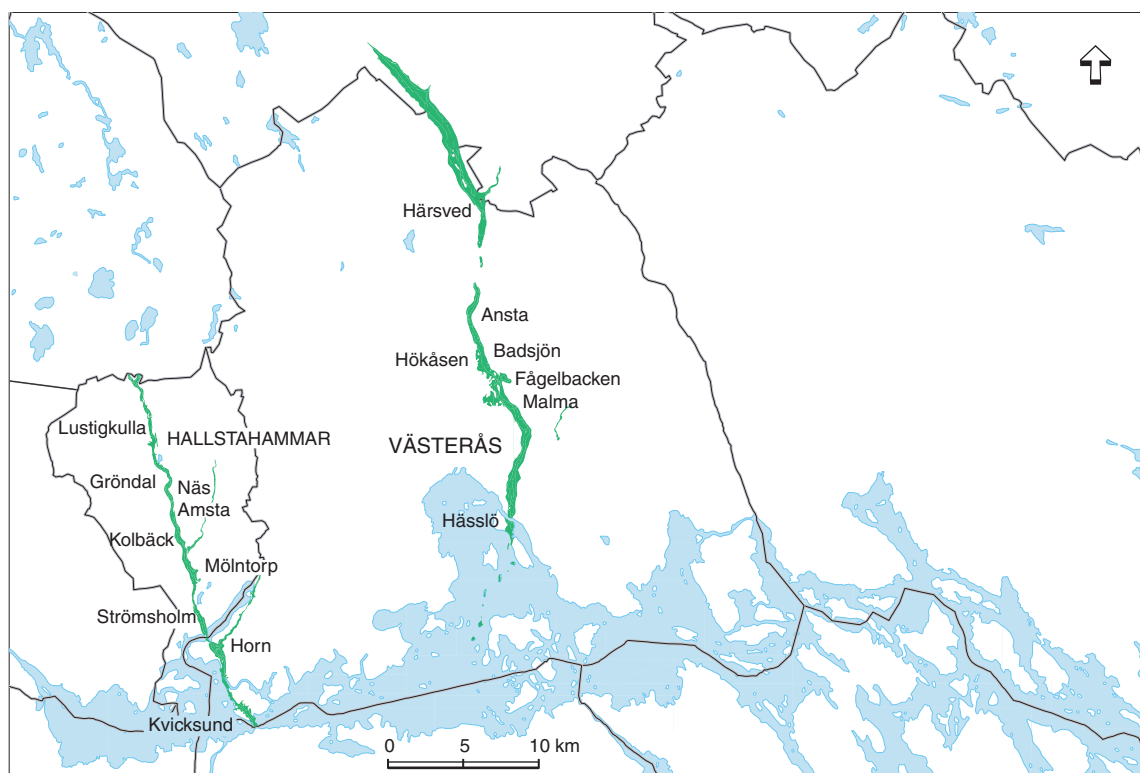


Fig. 25. Översiktlig karta över grundvattentillgångarna i sand- och grusavlagringar inom Västerås- och Hallstahammars kommuner.

grundvattenmagasin i bildningens östra del, dvs. mot Strömsholms kanal och mellan kanalen och Kolbäcksån, se vidare i kapitlet ”Redovisning av vissa områden”. Utifrån nivån i den s.k. Livets källa vid Trångfors bruk (ca +47 m ö.h.) till grundvattennivån i åsen (ca +19 m ö.h.) i höjd med Skantzsjön kan man dra slutsatsen att bergtrösklar kan åstadkomma isolerade grundvattenmagasin på sträckan. Skantzsjöns vattenyta, som är påverkad av dämning genom slussystemet i Strömsholms kanal, har nivån +36 m ö.h.

Sannolikt förekommer även höga berglägen i åsen norr om Lustigkulla. Den i kartan över grundvattentillgångar i Hallstahammars kommun redovisade strömningsbilden i åspartiet i höjd med Trångfors bruk och mot Kolbäcksån, skall tolkas som att även här förekommer bergtrösklar som isolerar mindre grundvattenmagasin. Bilden utgör en tolkning av uppgifter från äldre utredningar ställda mot nivån i Livets källa. I åspartiet öster och norr om Lustigkulla och till kommungränsen i norr bedöms således att två grundvattenmagasin existerar, vardera med en kapacitet på 1–5 l/s.

Grundvatten i berggrunden

Arbetet har sin utgångspunkt i SGUs berggrundskartor samt den hydrogeologiska kartan (Arnbom 1984, Engqvist & Müllern 1981, Kugelberg 1862, 1863, Lundegårdh 1974, Lundegårdh & Nisca 1978, Ripa m.fl. 2002, Stålhös 1977, 1985, Wikner m.fl. 1982). Berggrunden inom Västerås och Hallstahammars kommuner består av kristallint urberg. Bergarterna är huvudsakligen graniter och gnejser av varierande slag. Gnejsomvandlade graniter, såsom granodiorit och tonalit, utgör en stor del tillsammans med sedimentgnejser.

I de västra och östra delarna av Västerås kommun finns relativt stora ytor av de basiska bergarterna diorit och gabbro. Bergarterna finns också i närheten av Mälaren, bl.a. på Norra Björnö och Ångsön.

Framför allt områdena med granodiorit, tonalit och sedimentgnejser intar starkt varierande strykningssriktningar, dvs. strukturen – förskiffringsplanen – i berggrunden och bergartsgränserna uppvisar ingen klart dominerande riktning. En något tydligare dominerande ost–västlig strykningssriktning förekommer i partierna med diorit och gabbro.

För närmare information om berggrunden i Västerås och Hallstahammars kommuner hänvisas till SGUs berggrundskartor Af 118 (Stålhös 1977), Af 204 (Arnbom 1984) och Af 217 (Ripa m.fl. 2000) i skala 1:50 000.

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 förskiffringsplanen, men inte lika lätt i andra riktningar. (Jämför med ådringen i trä!) Då de flesta brunnar borrar vertikalt är chanserna små att man skall träffa vattenförande avlossningssprickor i områden med vertikalt eller brant stupande förskiffringsplan. I områden med flackt stupande förskiffring är chanserna naturligtvis betydligt större att få vatten. Möjligheterna är omvänt proportionella mot stupningsvinkeln. Störst möjlighet har man om man borrar med så rät vinkel som möjligt mot förskiffringsplanen. Detta kan vara viktigt att ta hänsyn till i områden med små grundvattentillgångar, t.ex. i markområden som inte inrymmer några egentliga sprickzoner.

Förskiffringsplanens stupningsvinkel, lutningen från horisontalplanet, varierar från område till område. Inom Västerås och Hallstahammars kommuner är stupningen oftast brant, i regel 45–90 grader. Detta innebär att brunnborrning inom Västerås och Hallstahammars kommuner i regel bör utföras med en lutning på 15 till 30 grader från vertikalplanet, se figur 26. Det finns fler kända områden inom Hallstahammars kommun än inom Västerås kommun med en stupning som är mindre än 45 grader.

Vad beträffar möjligheterna att få vatten vid brunnborrning i berg kan man rent allmänt säga att berggrunden i Hallstahammars kommun i genomsnitt ger något större vattenmängder än vad som är vanligt i svenskt urberg. Den genomsnittliga (median-) kapaciteten av bergborrade brunnar i kommunen är 850 l/tim och genomsnittsbrunnen är 61 m djup. Mediankapaciteten i Västerås kommun, som baserar sig på uppgifter om drygt fem gånger så många brunnar som i Hallstahammar, är 600 l/tim och det genomsnittliga brunnsdjupet är 66 m, se figur 27.

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 och förkastningarnas lägen framgår av kartorna 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 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 Västerås kommun men saknas tyvärr inom stora delar av Hallstahammars kommun. Inom större delen av Västerås kommun har två VLF-sändare använts vid insamling av data. Det innebär att en så kallad riktningsoberoende respons erhålls och att sprickzoner kan identifieras oberoende av deras riktning. Figur 28 visar VLF-kartan över Västerås kommun. Blå färg indikerar sprickzoner i berggrunden. En höjdreliëfkarta har använts som underlag till bilden. Några av anoma-lierna är även orsakade av kraftledning i området. Detaljerade geofysiska markmätningar som VLF eller refraktionsseismik bör utföras innan en eventuell borrning för att få ytterligare information om sprickzonernas exakta lägen.

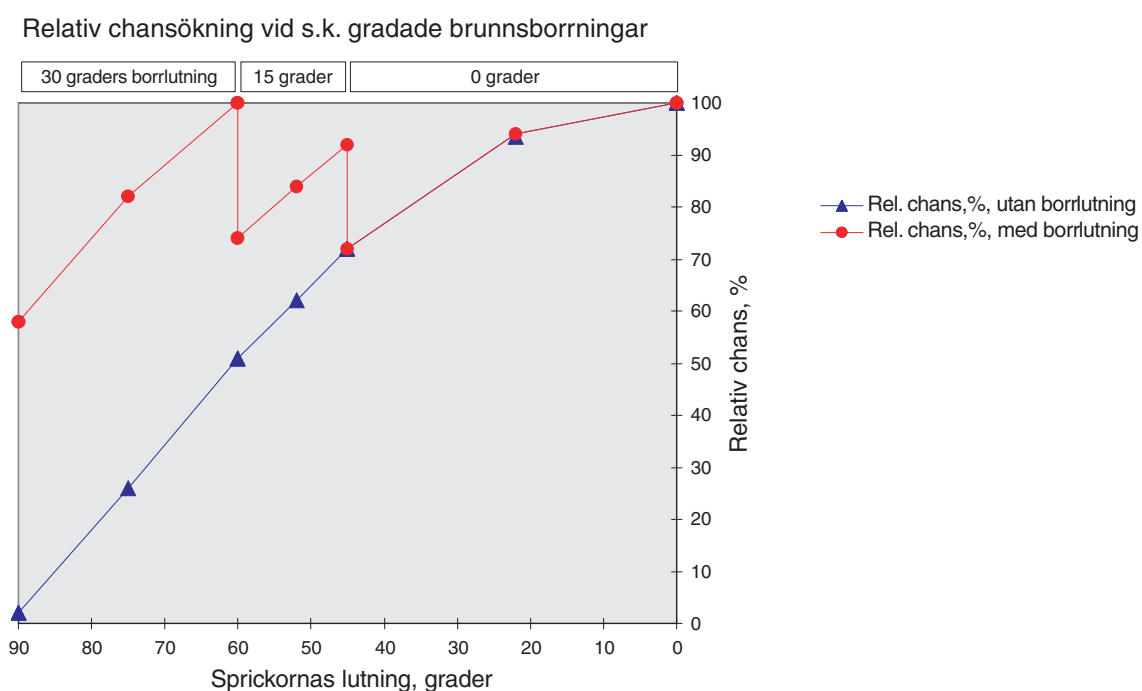


Fig. 26. Diagrammet visar sannolikheten att påträffa eventuella vattenförande sprickor vid brunnsborrning i berg. Lutningen på sprickorna redovisas från 0 grader (horisontella sprickor) till 90 grader (vertikala sprickor). Borrhålslutningen redovisas vid 0, 15 respektive 30 graders lutning från vertikalplanet på en bestämd borrhålslängd. Även om det är teoretiskt möjligt att öka borrhålslutningen innebär det praktiska svårigheter för brunnsborraren vilket kan fördyra borrningen avsevärt. Bilden visar tydligt att i områden med 40–50 graders lutning eller mer på sprickorna ökar sannolikheten betydligt om borrhålet gradas (lutas). Detta kan vara av stor betydelse, t.ex. i saltvattenriskområden där ökat borrhålsdjup innebär större risk att påträffa saltvattenförande sprickor.

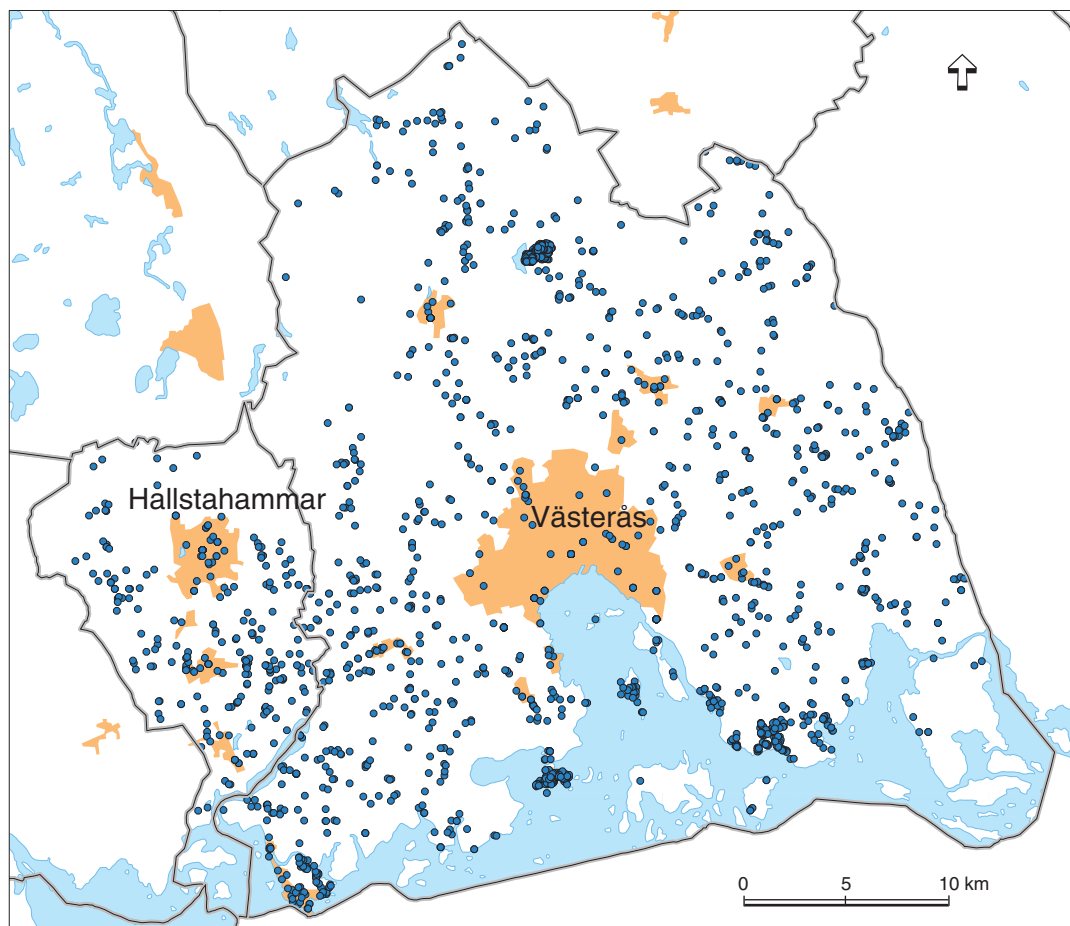


Fig. 27. Bergborrade brunnar i Västerås och Hallstahammars kommuner registrerade i SGUs brunnarsarkiv. Uppgifter om kapaciteten i dessa brunnar har utgjort en del av underlaget för kartbilden över uttagsmöjligheterna i berggrunden (gröna och ljusbruna områden i "Grundvattenförekomster i Västerås kommun" respektive "Grundvattenförekomster i Hallstahammars kommun").

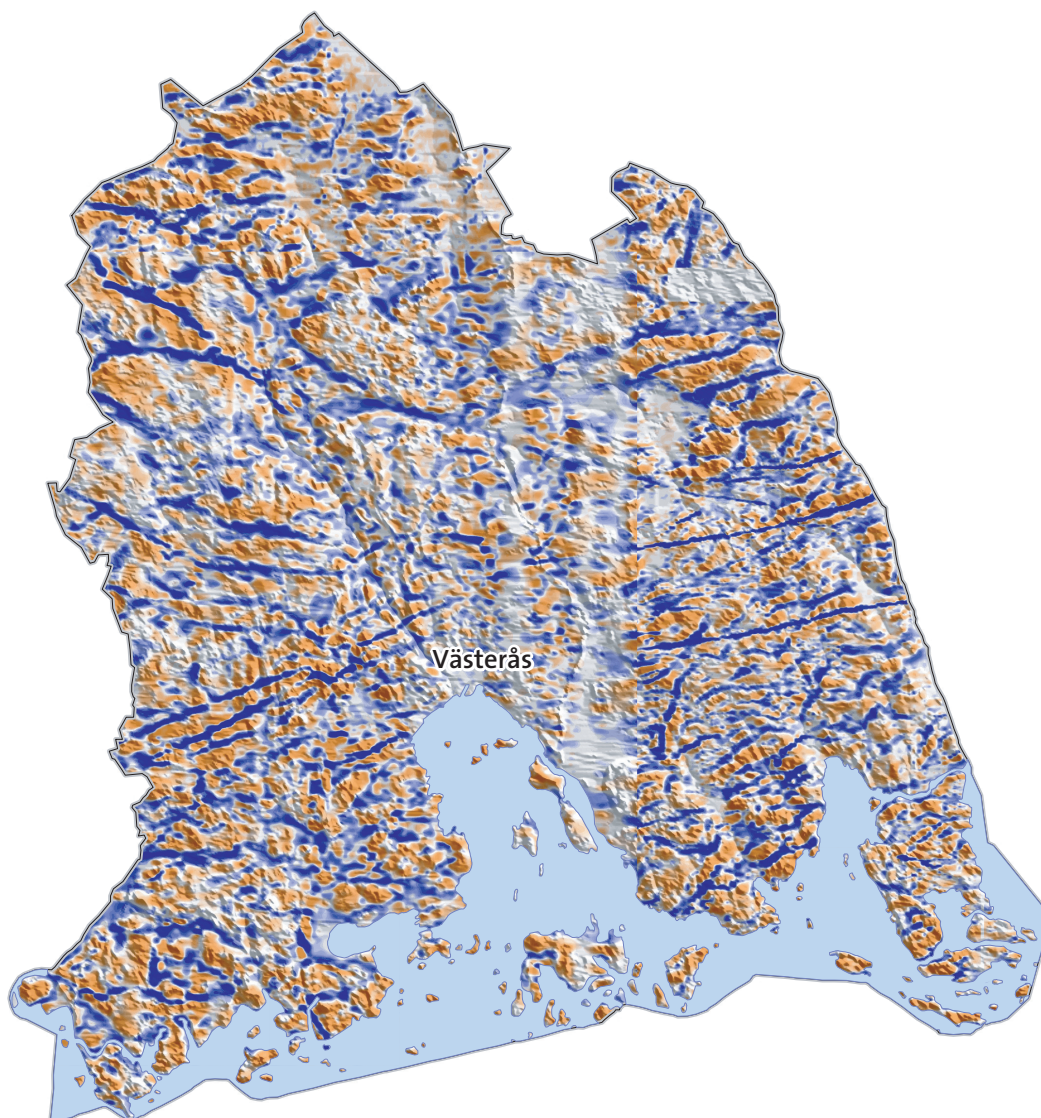


Fig. 28. VLF-kartan över Västerås kommun. Blå färg indikerar vattenfyllda sprickzoner i berggrunden med bättre ledningsförmåga än omgivande berg. Några av anomalierna är även orsakade av kraftledningar i området.

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus huvudsakligen isälvsavlagringar



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



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



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

Sand- och gruslager under lera

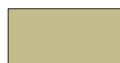


Grundvattentillgång i sand- och gruslager eller i lucker morän under jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet, främst lera. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå i leran vid avsänkning av grundvattennivån



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

ÖVRIGT



Mosse, kärr, gyttja. Utgör oftast utströmningsområden

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsarkiv



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



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

ÖVRIGA BETECKNINGAR



Fast grundvattendelare



Grundvattnets trycknivå, m ö.h.



Grundvattnets huvudrörelseriktning



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



Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå



Sonderingsborrning

Fig. 29. Teckenförklaring till kartorna.

REDOVISNING AV VISSA OMRÅDEN

Fältarbetena utfördes april–oktober 2000 samt april–juni 2001. Insatserna koncentrerades till områden som var mest intressanta från grundvattensynpunkt och där tidigare undersökningar saknades eller behövde kompletteras. Bland annat har undersökningar utförts i Badelundaåsen i norra delen av Västerås kommun samt i Lagersbergsåsen i kommunens sydöstra del. I Hallstahammars kommun koncentrerades undersökningarna till Strömsholmsåsen, dels väster om Hallstahammar, dels mellan Kolbäck och Strömsholm. Resultat och dokumentation från tidigare insatser inom kommunerna har vägts in vid bedömning och sammanställning av arbetet. Resultaten från insatserna är lagrade i SGUs parameterdatabas. Här nedan redovisas ett urval av SGUs arbeten. Genomgående redovisas resultaten i höjdsystemet RH70. De fyllda blå punkterna i kartbilderna representerar brunnar i SGUs brunnsarkiv. I övrigt, se teckenförklaring till kartorna, figur 29.

Åbylund

Kartbilderna visar lågpunkten i ett stort grundvattenmagasin i Badelundaåsen mellan Sättra brunn i nordväst och Åbylund i söder samt i den i nordost anslutande Vallrumsåsen. Grundvattentillgången är 25–125 liter per sekund (l/s). Vid Härsved i Vallrumsåsen är en av Sala kommuns grundvattentäkter belägen. Uttaget här är mellan 0,3 och 3 l/s, se figurerna 30–31.

Grundvattenströmningen till tåkten är dels från en grundvattendelare 1,5 km söder om Åbylund, dels från grustäktssjön nordost om Smedstorp samt från en grundvattendelare belägen någonstans norr om Härsved i Vallrumsåsen (Sala kommun).

För att närmare utreda grundvattenförhållandena i utströmningsområdet har fyra seismiska- och fyra georadarprofiler gjorts i området. De seismiska profilerna S3-00 och S5-01 visar att åsen är torr p.g.a. högt bergläge i ett begränsat parti i den centrala delen i utströmningsområdet. Det torra partiet återges i figur 31 med brun och vit randning. I övrigt varierar grundvattenmagasinet, vilket framgår i profilerna, mellan 0 och ca 14 m. Den seismiska hastigheten i magasinet, 1 700 m/s, visar att dessa delar utgörs av vattenmättad sand och grus, se figurerna 32 och 33.

Bergnivån i de seismiska profilerna varierar mellan 38,0 och 53,0 m ö.h. Vidare avslöjas i norra delen av profil S3-00 en ca 15 m bred sprickzon i berggrunden. Riktningen på denna är svårare att ange då den endast är registrerad i en mätprofil. Troligtvis sammanfaller dess orientering med dalgångens, dvs. zonens riktning är närmast nordväst–sydostlig. Grundvattennivån i profilerna är mellan 51,0 och 52,0 m ö.h.

I ytterligare en seismisk profil, S9-00, figur 34, belägen närmare Härsved, återspeglas grundvattennivån mellan 50,0 och 51,0 m ö.h. och grundvattenmagasinet är mellan tre och åtta meter mäktigt. Den underliggande berggrunden har en förhöjd sprickighet från ytan och cirka 10 meter ned, vilket kan bidra till ökad vattentillströmning. Sprickigheten i berget ger en seismisk hastighet av 4 000 m/s, att jämföra med det mer normala bergets hastighet som är 5 300 m/s.

Tolkningen av situationen i och omkring det torra partiet stöds ytterligare av två georadarmätningar, betecknade R6-00 och R7-01. Förutom bergläge och grundvattennivå har i mätningarna registrerats skikt av silt på nivåer mellan 55,0 och 70,0 m ö.h. Figur 35 återger 140 m i norra delen av den 300 m långa georadarprofilen, R7-01.

I georadarprofilerna, R5-01 och R6-01, vilka endast visas i kartutsnitt, se figur 31, har inga berglägen kunnat urskiljas. Orsaken till detta kan, i framför allt den förra profilen, sökas i förekomsten av siltlager, som noterats mellan 65,0 och drygt 75,0 m ö.h. I profilens nordvästra del har en övre grundvattenyta tolkats på en nivå belägen mellan +70,0 och +75,0 m, dvs. vid siltlagrets överyta.

Registrering av grundvattennivåer i observationsrör, brunnar och grustäktssjön visar att nivåerna i lågpunkten är mellan +50,4 m (Härsved) och +53,6 m (södra delen av grustäktssjön). Vid Åbylund är grundvattennivåerna 52,1 och 52,5 m ö.h. Som nämnts åstadkommer detta en strömning av grundvatten från Badelundaåsen till Vallrumsåsen och vattentåkten vid Härsved. Detta vatten, tillsammans med det från nordost i Vallrumsåsen, läcker således ut omkring Vallrumsåsen och dräneras vidare till Lillån, se figur 30.

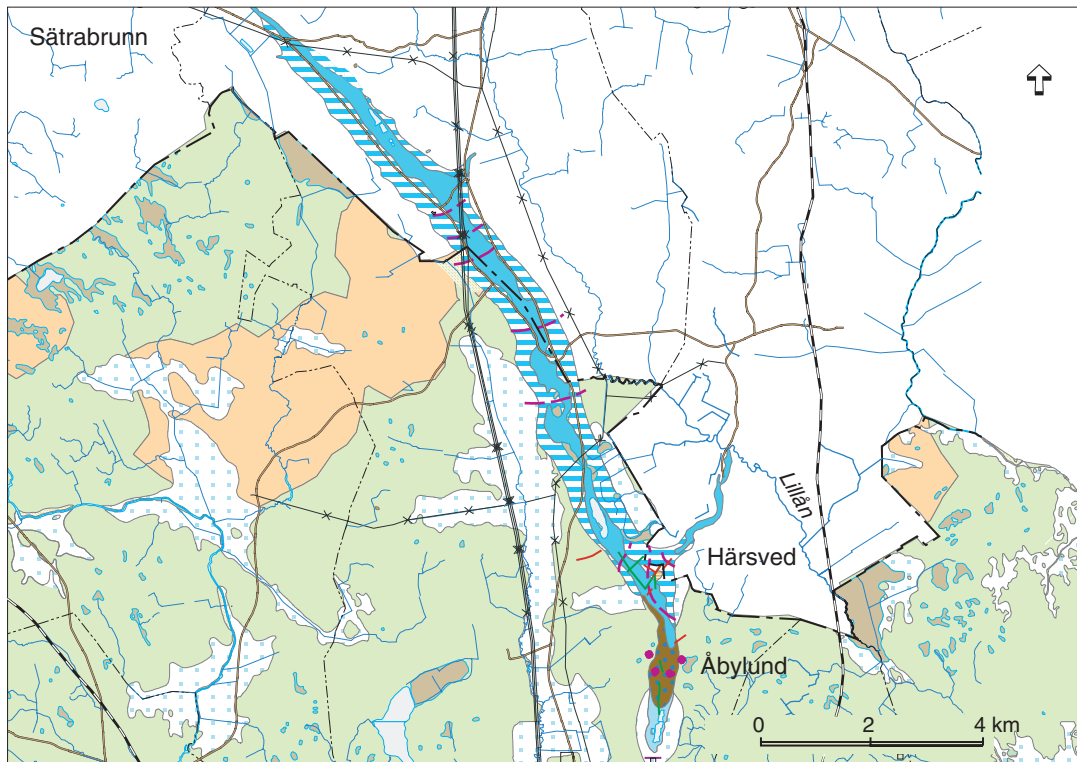


Fig. 30. Översikt som visar grundvattentillgången i åsförgreningen mellan Åbylund-Härsved och Sätträbrunn.

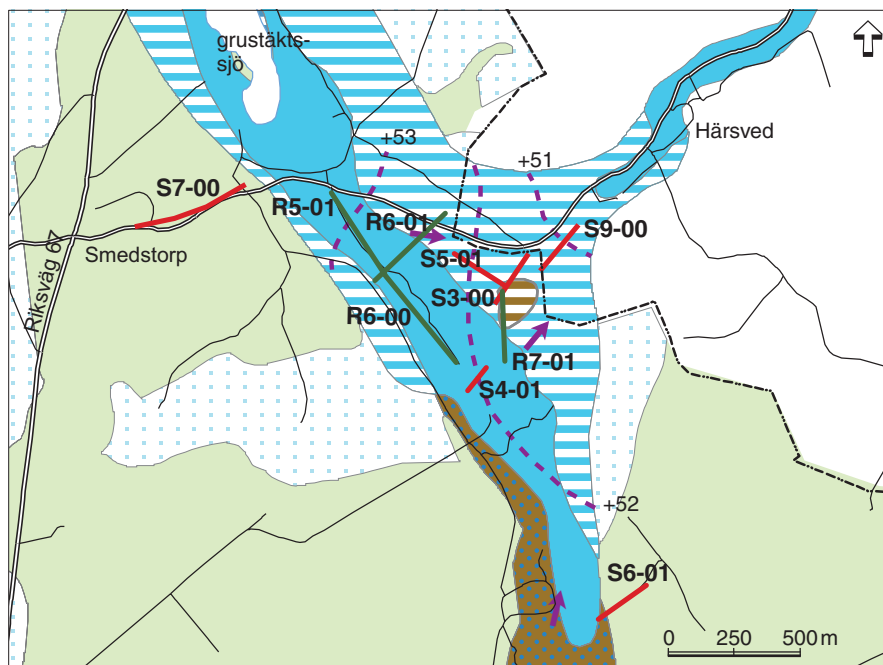


Fig. 31. Lågpunkten vid Åbylund-Härsved med georadar- och seismiska profiler markerade (gröna respektive röda linjer). Violetta brutna linjer respektive pilar anger dels grundvattennivån i meter över havet (m ö.h.), dels grundvattnets strömningsriktning.

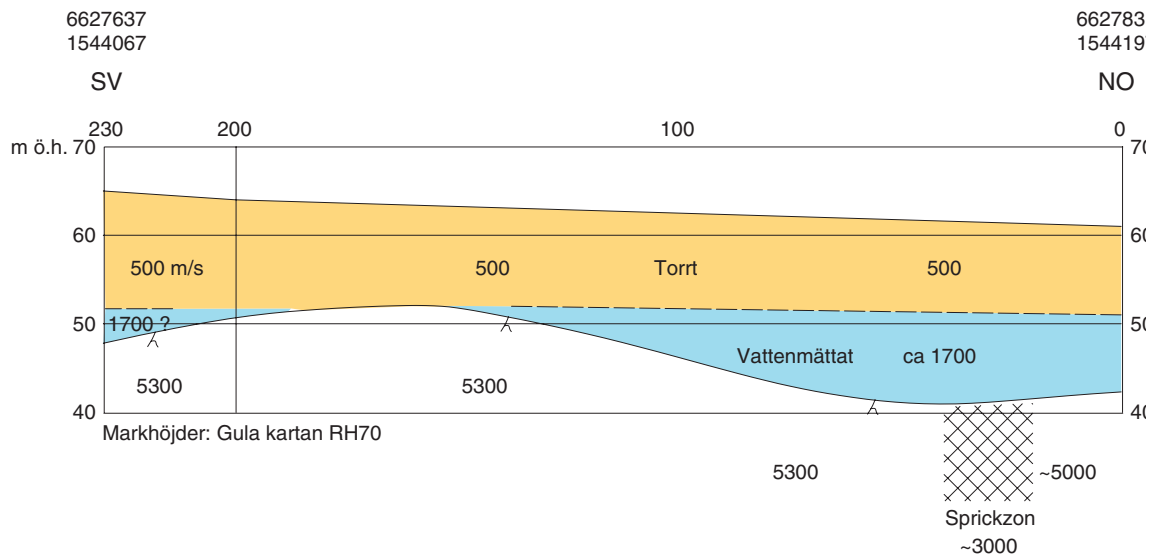


Fig. 32. Den seismiska profilen S3-00 visar det torra partiet mellan Badelunda- och Vallrumsåsarna och där det anslutande grundvattenmagasinet i övrigt består av sand och grus av en mäktighet upp till 10 m. I profilens nordöstra del (NO) markeras också sprickzonen.

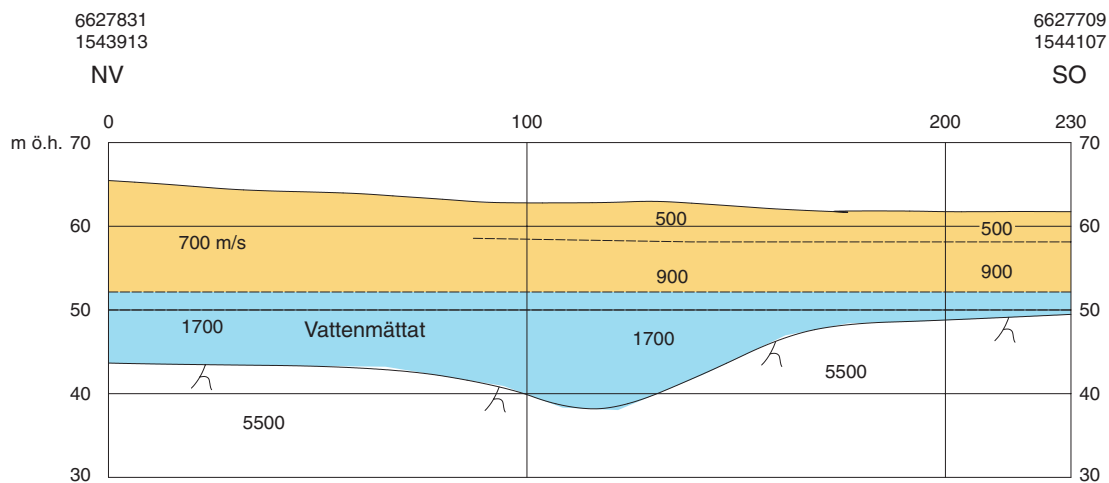


Fig. 33. I profil S5-01 varierar bergnivån mellan 38,0 och 50,0 m ö.h. och grundvattenmagasinet i övrigt består av sand och grus av en mäktighet upp till 10 m. I profilens nordöstra del (NO) markeras också sprickzonen.

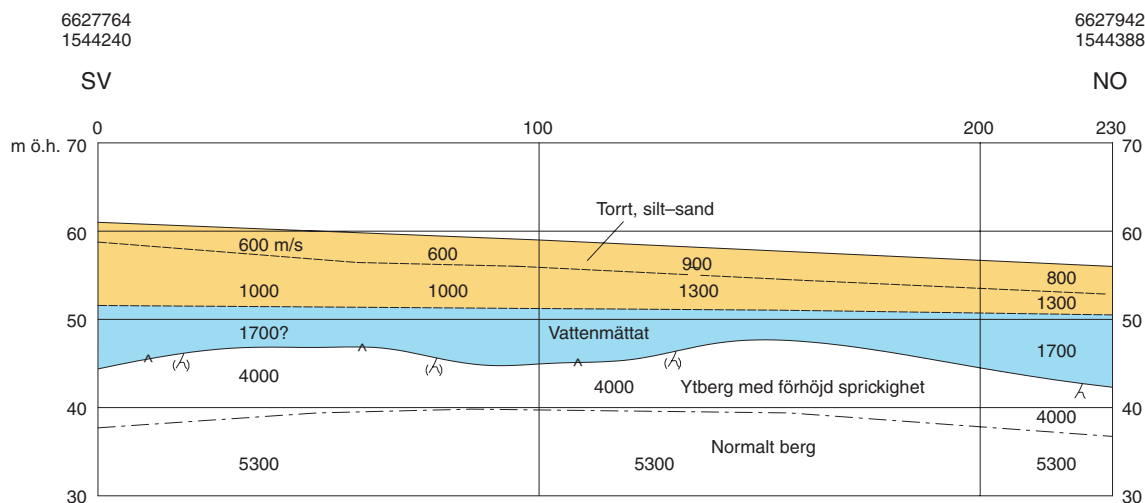


Fig. 34. Seismiska profilen S9-00 mellan Badelundaåsen i sydväst och Vallrumsåsen i nordost. Ytan på det sprickrika berget (seismisk hastighet 4 000 m/s) är belägen omkring 45 m ö.h.

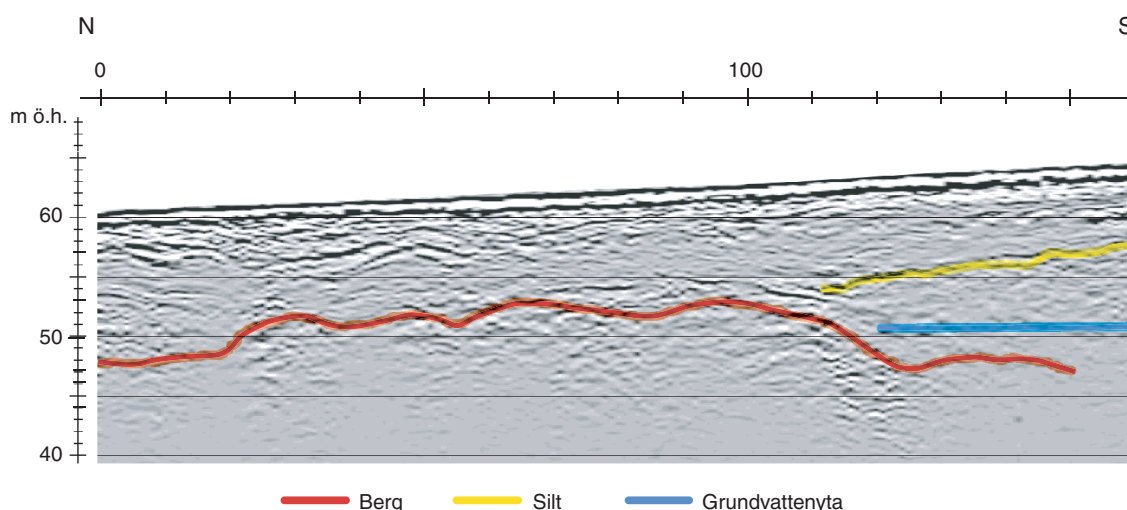


Fig. 35. Norra delen av georadarprofilen, R7-01, anger att bergnivån är 48 till 53 m ö.h. Grundvattennivån är 51,0 till 52,0 m ö.h. och ett siltlager förekommer omkring 55,0 m ö.h.

Brånsta

Partiet i Badelundaåsen, öster om Brånsta och i direkt anslutning till det beskrivna området vid Åbylund, utgör ett inströmningsområde. Genom att höga berglägen, som bildar torra delar, växlar med grunda vattenfyllda partier, föreligger vad som kan betecknas som en grundvattendelarzon.

Åsdelen är således betydelsefull ur grundvattenbildnings- och strömningssynpunkt. Grundvattendelaren inom zonen åstadkommer dels ett nordligt, dels ett sydligt grundvattenflöde. Även om grundvattendelaren främst betingas av höga berglägen kan denna genom växlande grundvattenbildning tänkas förskjutas inom grundvattendelarzonen.

Området är sedan en längre tid tillbaka föremål för exploatering av sand och grus, men även berg bryts ställvis. Som underlag för verksamheterna föreligger konsultutredningar av ingenjörsfirman Bååth AB gjorda 1988–1989 (Bååth AB 1988a, 1988b, 1988c, 1989a, 1989b). Utredningarna består främst av tolkade georadarmätningar. Däremot presenteras inga radargram (registreringar från mätningarna). Visst underlag kan också ha hämtats från rapporter utförda av konsultföretaget VBB, 1964–1965 (VBB 1964, 1965).

I samband med SGUs kartläggning lägesbestämdes sex större och mindre hälltor i åspartiet, se figur 36. Dessa har frilagts i samband med täktverksamheterna.

För att få en bättre bild av åspartiet och grundvattenförhållandena i och omkring detta genomfördes två georadarmätningar, R1-00 och R2-00 samt en seismisk mätning, S6-01. I åspartiet finns också fyra mätpunkter för grundvattennivå (t.ex. HSM2001050403). Mätpunkterna har identiteten från den s.k. parameterdatabasen, vilken finns att tillgå som ett resultat av kartläggningen.

Den seismiska profilen, S6-01 utfördes för att få en uppfattning om grundvattenmagasinets eventuella utsträckning och sammansättning utanför åspartiet. Mätningen visar på en mycket jämn bergyta, som är belägen mellan 50 och 55 m ö.h. och där bergets seismiska hastighet är 5 400 m/s. Den seismiska hastigheten uppåt i profilen är 500–600 m/s vilket tyder på torra jordlager som är av maximalt 10 m mäktighet, se figur 37.

Georadargrammen R1-00 och R2-00, figurerna 38 och 39, visar båda på höga berglägen i åsen som bidrar till grunda isolerade grundvattenmagasin i ett i övrigt torrt åsparti. Magasinen är högst 5 m mäktiga och den kraftigt brutna bergytan varierar mellan 45 och 53 m ö.h. Jordlagrens totala mäktigheter är mellan 1 och 8 m. Förekomsten av isolerade grundvattenmagasin styrks ytterligare av att den grävda brunnen, RSG2000091106, belägen mellan profil R1-00 och R2-00, uppvisar grundvattennivån 53,8 m ö.h. (juni 2001).

Utifrån ovan beskrivna resultat, samt från grundvattennivåer i brunnar, är tolkningen att det i figur 36 (med brunt och blå prickar) redovisade områdets centrala del utgör en grundvattendelarzon. Figuren visar det läge som grundvattendelaren (violettera prickar i linje) bedömdes ha i juni 2001. Det bildade grundvattnet strömmar dels åt norr, dels åt söder från grundvattendelaren, och i svackor i berggrunden blir vatten kvar, vilket vid högre nivåer strömmar vidare.

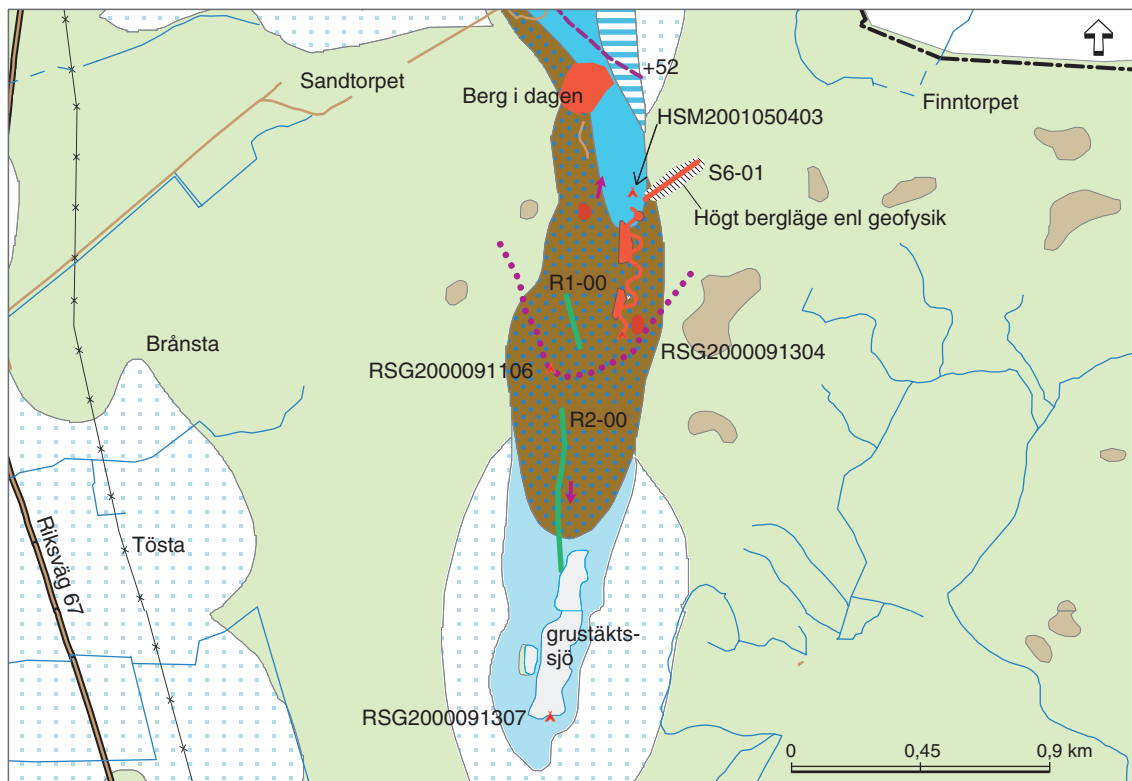


Fig. 36. Bilden visar inströmningsområdet och grundvattendelarzonen (brunt område med blå prickar), vilka utgör ett i huvudsak torrt parti i Badelundaåsen öster om Brånsta. Förutom seismiska profiler och georadarprofiler samt punkter för mätning av grundvattennivå har grundvattendelaren (violettera punkter i linje) lagts in. Vidare redovisas sex större och mindre ytor där berg i dagen förekommer (röd) samt genom seismik registrerat högt bergläge (svart nordväst-sydöstlig randning på vitt). Ett smalt parti som kan ha hydraulisk kontakt med grundvattenmagasinet i norr har utmärkts med röd slingrande linje. Information om bergläge samt den hydrauliska kontakten redovisas ej i huvudkartan.

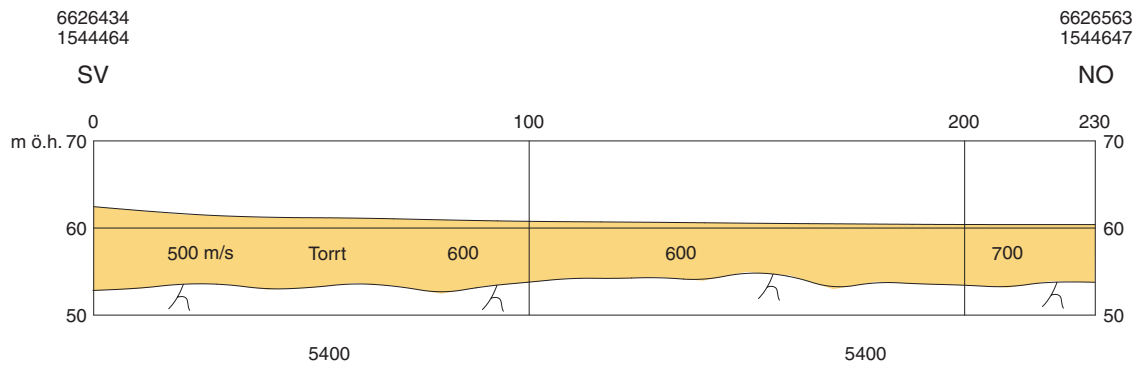


Fig. 37. Seismogrammet, S6-01, anger ett högt bergläge och torra jordlager i anslutning till Badelundaåsens grundvattenmagasin.

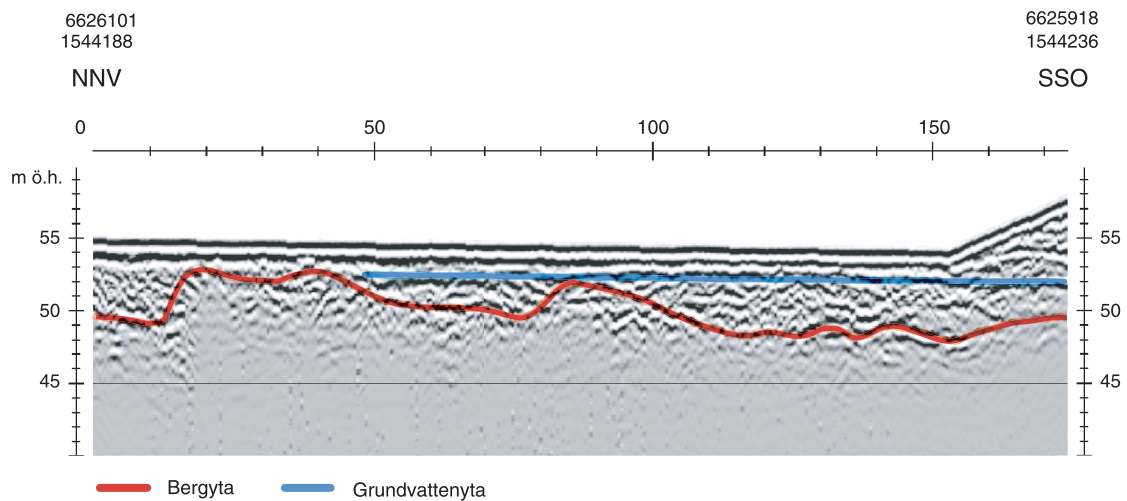


Fig. 38. I radargrammet, R1-00, urskiljs en grundvattenyta ca 52,0 m ö.h. Bergtrösklarna mellan 15 och 40 m samt vid ca 90 m i profilen är, i samspel med grundvattennivåns variationer, avgörande för uppkomsten av isolerade grundvattenmagasin, alternativt för att hydraulisk förbindelse föreligger över trösklarna. Vid den grundvattensituation som radargrammet återger (juni 2001) når vattenytan precis över tröskeln belägen i radargrammets mitt (ca 90 m).

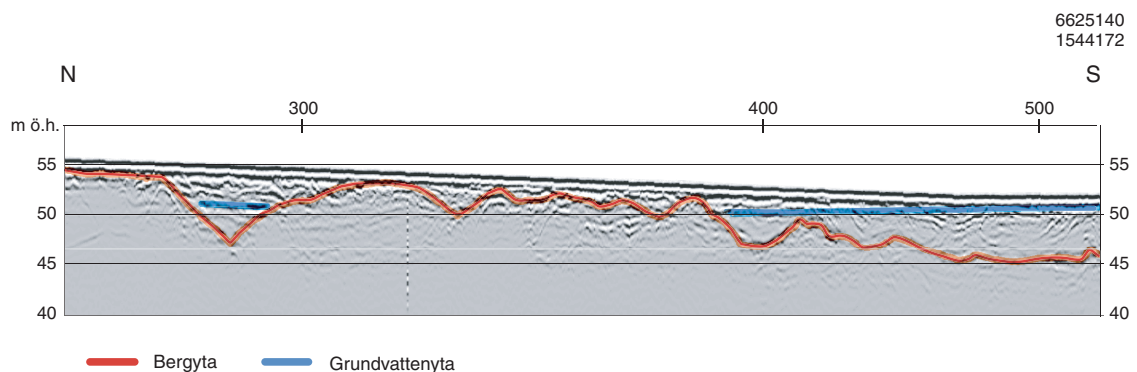


Fig. 39. Bilden är ett utsnitt från den södra delen av georadarprofil R2-00. Grundvattenmagasinets mäktighet är också störst i den sydligaste delen (ca 5 m). Vid lägre grundvattennivåer än här, ca 51,0 m ö.h., skulle tre vattenmagasin kunna vara utbildade i detta avsnitt. I den norra delen av profilen, som ej visas här, är bergsnivån mellan 51,0 och 53,0 m ö.h. och här har ingen grundvattenyta kunnat tolkas i radargrammet.

Ansta

Lillån mellan Ansta och Äs representerar lågpunkten i ett grundvattenmagasin i Badelundaåsen på en sträcka av 16 km mellan Gesala och Hökåsen. Tillgångens storlek är 5 till 25 l/s. Väster om riksväg 67 och ca 500 m norr om Ansta är en av kommunens grundvattentäkter belägen. I figur 40 betecknas denna HSM2001020901. Ytterligare en observationspunkt för mätning av grundvattennivå vid Ansta samt två punkter norr om grundvattentäkten redovisas i kartutsnittet. Till lågpunkten strömmar grundvattnet i åsen dels från norr dels från söder.

På vardera sidan om åsen och nära Lillån gjordes de seismiska profilerna S4-00 och S8-00, se figurerna 41 och 42.

Från mätprofilen S4-00 kan man tolka att åsens grundvattenmagasin har en utsträckning av 150–200 m under lerområdet i öster. På det egentliga grundvattenmagasinet (sand–grus) förekommer vattenmättad lera och silt samt längre österut mo och grovmo. Över de vattenmättade lagren finns närmare 3 m torr lera (torrskorpa). Närmast åsen är grundvattenmagasinet mäktighet som störst, ca 12 m. En sprickzon i berggrunden har också lokaliserats till detta parti. Berggrundens överyta är högst i öster i profilen, ca +20 m, och sjunker till ca +12 m omkring sprickzonen, se figur 40.

Väster om åsen är bergnivån något lägre, omkring 10 m ö.h., än öster därom. Jordlagren utgörs huvudsakligen av vattenmättad lera under några meter torrskorpelera. I denna profil, S8-00, kan

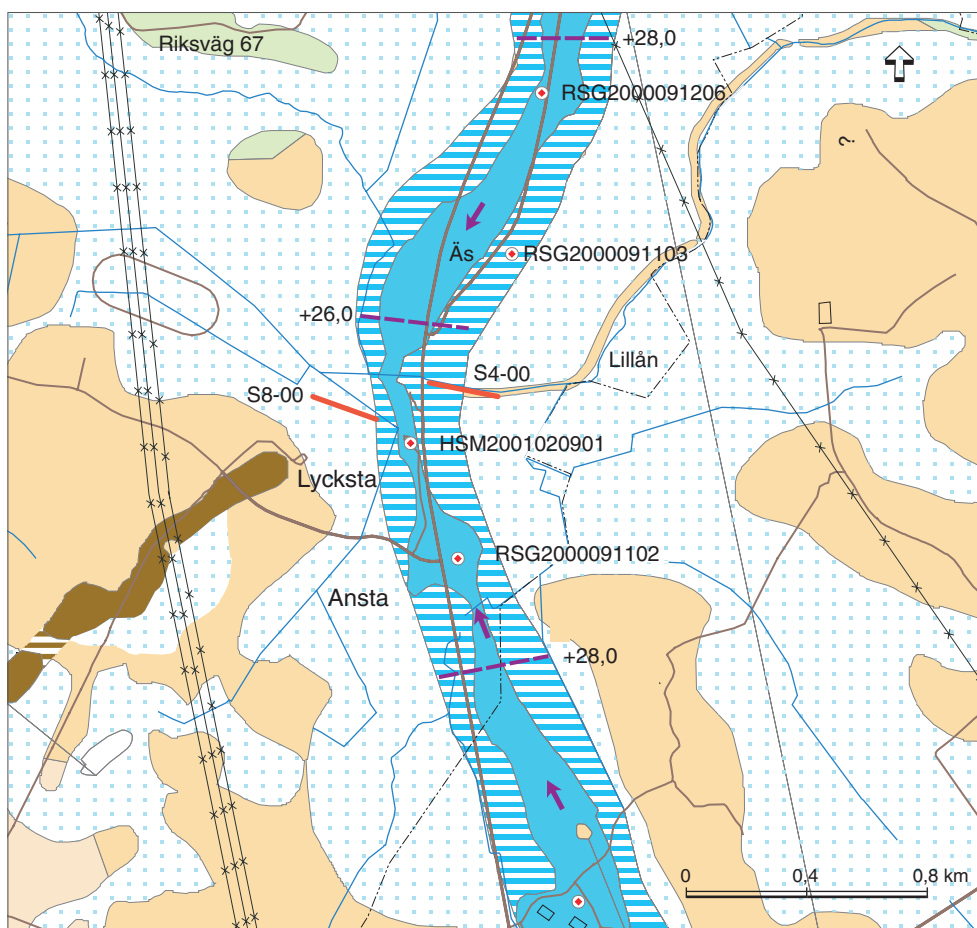


Fig. 40. Lågpunkten vid Lillån i grundvattenmagasinet mellan Gesala i norr och Hökåsen i söder. Nära Lillån ses de seismiska profilerna S4-00 och S8-00. Observationspunkter för grundvattnet visas som röda punkter med vit bakgrund. Linjer för grundvattnets nivå i meter över havet (m ö.h.) anges i violett med angivelsen +28,0 m osv. Grundvattnets strömningsriktning visas i form av violetta pilar.

åsfoten inte urskiljas, se figur 42. Bedömningen är dock att en mer begränsad och troligtvis tunnare sådan finns mellan åsens synliga del och mätprofilen, se figur 40.

Av sammanställningen av grundvattennivåer framkommer att grundvattenytan lutar från norr mot söder mellan brunnarna RSG2000091206 (+27,41 m) och RSG2000091103 (+27,35 m, beräknad). Söder om grundvattenytans lågpunkt föreligger oväntat en högre vattennivå i den kommunala vattentäkten, HSM2001020901 än i den privata brunnen i söder (RSG2000091102) och även högre än i de två först nämnda brunnarna. Grundvattennivån i den kommunala vattentäkten har uppmätts till +27,68 m och i den enskilda brunnen i söder har nivån uppmätts till +27,65 m. Dessa mätresultat förefaller inte rimliga då den kommunala vattentäkten är belägen i lågpunkten närmast Lillån. Uttaget vid den aktuella tidpunkten var också betydligt större här, några liter per sekund, än uttaget i de enskilda hushållens brunnar. Orsaken till att mätvärdena inte stämmer kan sökas i felavläsning av någon av nivåerna eller i felaktig avvägning i vattentäkten eller av någon av brunnarna.

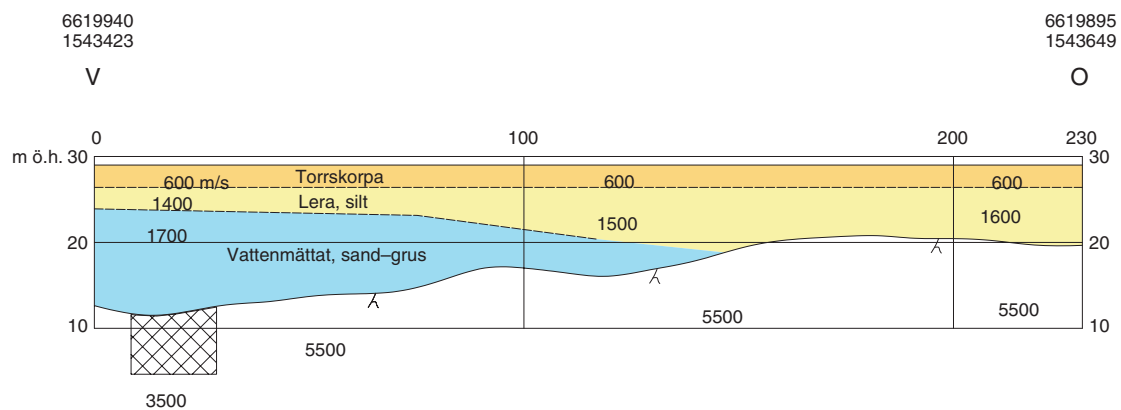


Fig. 41. Den 230 m långa seismiska profilen S4-00, öster om Badelundaåsen. Grundvattenmagasinet i sand och grus (blå färg i figuren och med en seismisk hastighet av 1 700 m/s) utgör en osynlig del av åsen, vilken ibland benämns åsfot, under torrskorpelera (600 m/s) och vattenmättad lera till grovmo (seismiska hastigheter 1 400–1 600 m/s). I anslutning till grundvattenmagasinets mäktigaste och djupaste del är en svaghetszon (sprickzon) i berggrunden utbildad. Dess seismiska hastighet är låg, 3 500 m/s, jämfört med hastigheten i berget i övrigt som är 5 500 m/s.

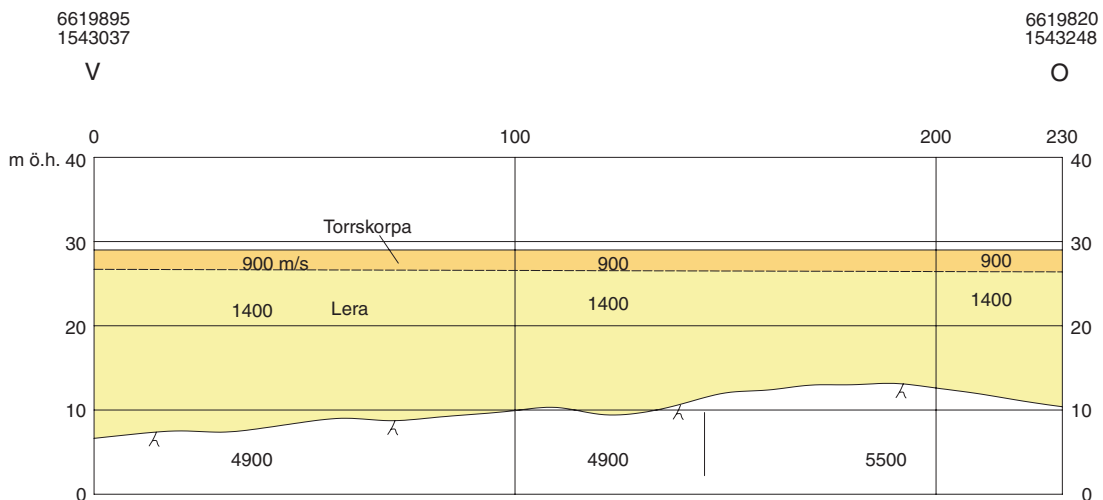


Fig. 42. I den seismiska profilen S8-00, väster om åsen, består de vattenmättade jordlagren av lera (seismisk hastighet 1 400 m/s) som är 15 till 20 m mäktig. Den därpå vilande torrskorpelerans seismiska hastighet är här 900 m/s.

Fågelbacken–Malma

Kartutsnittet, figur 43, visar området mellan Fågelbacken och Malma. Fågelbacken är den ena och Hässlö, sydost om Västerås stad, är den andra av Västerås kommuns huvudvattentäkter. Fågelbacken försörjer tätorterna Hökåsen och Tillberga och tillsammans med Hässlö försörjs även Västerås stad och omgivningar med vatten. Båda vattentäkterna förstärks genom konstgjord grundvattenbildning med vatten från Mälaren.

Vid Hökåsen sker den konstgjorda grundvattenbildningen invid en återställd grustäktssjö, kallad Badsjön, och dess sydöstra ände som benämns Gropen. Badsjön är belägen 800 m norr om Fågelbacken, se figur 44. Den årligen uttagna vattenmängden i Fågelbacken varierar men var i medeltal ca 235 l/s år 2001.

Utifrån existerande grundvattennivåer kan avläsas att en grundvattendelarzon finns norr om Malma. Grundvattnets nivå är här +30,7 m. Zonen betingas av uttagen i de kommunala brunnarna vid Fågelbacken. Uttagen medför således en strömning till Fågelbacken från norr samt från zonen i söder, varifrån dessutom grundvatten strömmar söderut, se figur 43.

Eftersom grundvattendelarzonen sannolikt inte är naturligt betingad utan förorsakas av uttagen i Fågelbacken har grundvattenmagasinet bedömts utgöra en sammanhängande helhet mellan Hökåsen och Skälby i söder. Vid Skälby har således en grundvattendelare konstaterats som inte är påverkad av uttagen vid Fågelbacken. Tillgångens storlek har bedömts vara 5–25 l/s, se figur 44.

Grundvattendelaren vid Badsjön uppstår som en effekt av den konstgjorda grundvattenbildningen där. Den naturliga grundvattendelaren är troligen belägen något mer västerut, vid järnvägen eller någonstans väster om denna.

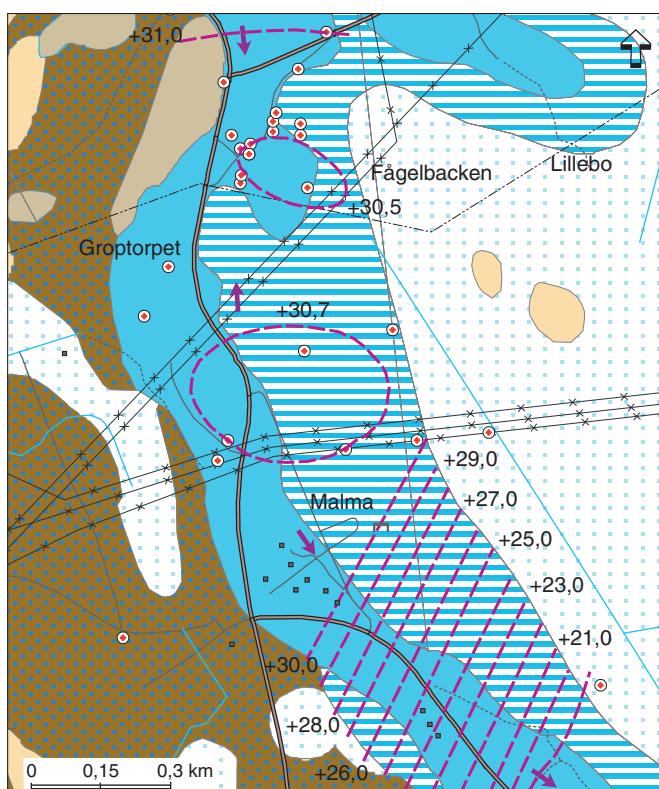


Fig. 43. Röda punkter på vit bakgrund markerar observationsrör för grundvatten. För brunnarna och observationsrören anges grundvattennivån i meter över havet. Strömningsskildern för grundvattnet avser situationen i april 2001 och redovisas i form av violetta pilar. Linjer som binder samman områden med lika grundvattennivå, vilka benämns isolinjer, visas också i violett och med angivelse av nivå i meter över havet (plushöjd).

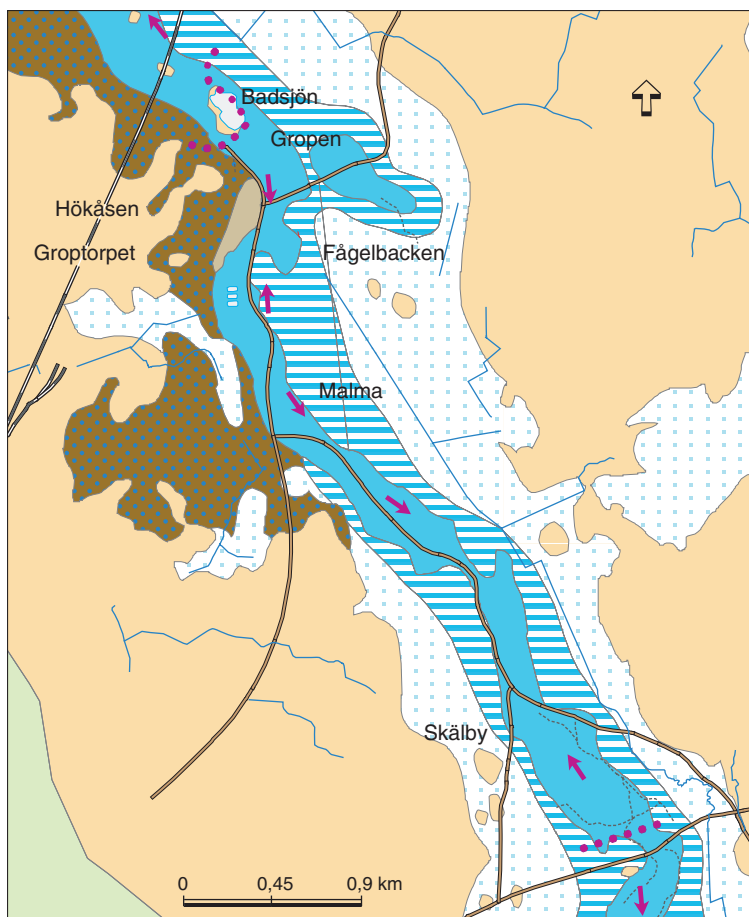


Fig. 44. Bilden visar grundvattentillgången mellan Hökåsen och Skälby. Grundvattendelarna visas med violetta prickar.

Lustigkulla

Grundvattenförhållandena i och i anslutning till Strömsholmsåsen väster om Hallstahammars centralort kompliceras genom byggnadsverket Strömsholms kanal i anslutning till Kolbäcksån.

I åspartiet och i slutningen mellan kanalen och Kolbäcksån och nedanför dammläget i ån mynnar Livets källa, vars flöde uppskattats till 3–10 l/s, se figur 45. Åns vattenyta är här uppskattningsvis belägen mellan tio och femton meter lägre än Strömsholms kanals översta vattennivå. Omkring 200 m norr om Livets källa är kanalens och Kolbäcksåns vattenytor gemensamma genom att ån är dämd här (dammläge). Kanalen däms i sin tur genom ett slussystem längre söderut.

Uppgifter från ett fåtal observationsrör samt en tolkning av bergnivå och vattenytor i åsen redovisas i några utredningar av konsultföretaget Viak AB (Viak 1943, 1977 och 1980a, 1980b, 1980c, 1980d). I samband med SGUs kartläggning av grundvattnet planerades både geofysiska undersökningar och borrhningar i området för att komplettera bilden, speciellt mellan ån och åspartiet, men av detta kunde endast en rödrivning, R 0103, genomföras.

Resultatet av rödrivningen samt uppgifter från mätningar i kommunens observationsrör söder om området och i någon enstaka brunn norr om Lustigkulla, kompletterat med uppgifterna från källan och nämnda utredningar, utgör således underlaget för tolkningen av grundvattenförhållandena i området.

I åspartiet väster om Strömsholms kanal, i höjd med Trångfors bruk, lutar grundvattenytan kraftigt mot kanalen, från ca 55,0 till ca 47,0 m ö.h. på en sträcka av ca 300 meter. Det ger en lutning (hydraulisk gradient) på ca 25 promille. En normal lutning i sand- och grusavlagringar är 1–5 promille. Orsaken

till den höga gradienten är sannolikt höga berglägen, som gör att åspartiet åtminstone i vissa delar saknar grundvatten, alternativt att bergrösklar och isolerade grundvattenmagasin förekommer. De i åsdelen redovisade nivålinjerna för grundvattnet är av nämnda skäl endast teoretiska. Dock har grundvattentillgången i åspartiet i sin helhet bedömts vara 1–5 l/s.

Vidare är kunskapen om de hydrauliska förhållandena i åsen från Strömsholms kanal till Kolbäcksån ytterst bristfällig. Sannolikt är grundvattenytan flera meter under kanalens vattenyta. Uppkomsten av Livets källa kan bero på en samverkan mellan utläckning av grundvatten från åsen och läckage från Strömsholms kanal. Källans belägenhet och höjdläge vittnar om förändringar i jordlagrens sammansättning. Jordarten i de lägre partierna mellan kanalen och sluttningen mot ån bedöms utgöras av morän. I södra delen är grundvattenmagasinet täckt av svallsand och svallgrus på sannolikt finkorniga sediment, se figur 45.

Vad gäller åsdelen väster om Strömsholms kanal mellan Trångfors bruk och söder om Gröndal är bedömningen att partiet i sin helhet saknar grundvattenmagasin men utgör ett viktigt grundvattenbildningsområde. Tolkningen är vidare att det bildade grundvattnet strömmar snett ned mot Strömsholms kanal. Största osäkerheten i bedömningen utgör området mot kanalen, dvs. åsens östra del samt det anslutande finsedimentområdet med svallavlagringar. Detta parti kan vara grundvattenförande och stå i hydraulisk förbindelse med grundvattentillgången av storleksordningen 1–5 l/s i höjd med Trångfors bruk.

Från Trångfors bruk till Skantzsjön i söder, en sträcka på knappt två kilometer, sjunker grundvattennivån från +47,0 till +19,0 m. Det betyder att grundvattenytan på sträckan lutar 14 promille, vilket

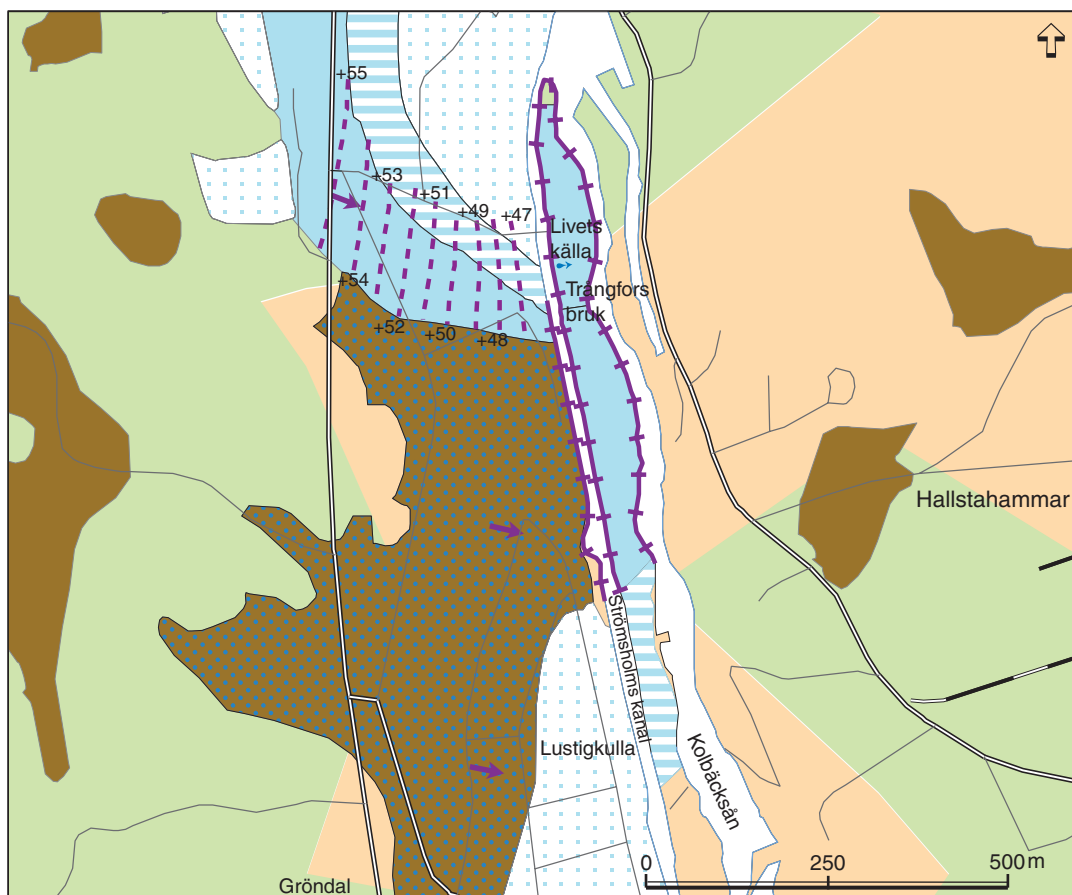


Fig. 45. Bilden visar grundvattensituationen i Strömsholmsåsen i anslutning till Kolbäcksån och Strömsholms kanal. Grundvattenmagasinet i åsen, som visas i blått med motsvarande blå-vit randning, har bedömts vara 1–5 l/s. Grundvattenytans kraftiga lutning (violettera linjer) ger misstanke om att åspartiet, åtminstone i vissa delar, saknar grundvatten eller att isolerade mindre magasin förekommer. Markeringen i brunt med blå prickar betyder liten eller ingen grundvattentillgång (torrt) men ytan utgör ett viktigt grundvattenbildningsområde.

är en onormal lutning i sand och grusavlagringar. Det är sannolikt att det förekommer en eller flera trösklar eller fall på sträckan som betingas av berg eller morän eller en kombination av båda.

Mölntorp

Kartutsnittet i figur 46 visar grundvattenmagasinet i Strömsholmsåsen väster om Mölntorp. I åsen finns här en återställd grustäktssjö. I öster rinner Kolbäcksån och vid Västerkvarn finns ett vattenfall som påverkar de hydrogeologiska förhållandena. För att bättre kunna tolka grundvattensituationen har, förutom registreringar av grundvattennivåer, en seismisk mätning samt fyra georadarmätningar utförts.

Den seismiska profilen, S1-01, visar att grundvattenmagasinet är störst i den östra delen av åsen, ca 13 meter, och att mäktigheten sjunker mot både Kolbäcksån och åt väster p.g.a. högre berglägen. Längst i väster ökar åter magasinets mäktighet, från ca fyra meter till det dubbla. De djupaste delarna är belägna i havsnivå och drygt fem meter därunder. Den seismiska hastigheten i grundvattenmagasinet, 1 700 m/s, visar att detta utgörs av vattenmättad sand och grus, se figur 47.

Georadarprofilerna är genomförda mellan Västerkvarn och Kvarnhagstorp i Strömsholmsåsen, se figur 46. I profilerna R1-01 och R2-01 kunde grundvattenytan urskiljas i motsats till i profilerna R3-01 och R4-01. Grundvattenytorna har tolkats vara mellan ca +6,0 och +7,5 m. I figur 48 visas del av georadarmätning R1-01.

Mätningar av grundvattennivåer i brunnar, observationsrör och av nivån i grustäktssjön, vilka kompletterar informationen från profilerna, visar att från grustäktssjön i norr till i höjd med Kvarnhagstorp i söder, är nivåerna från ca +7,0 till +4,7 m. Nivån i Kolbäcksån ovanför kraftverksdammen vid Västerkvarn är däremot 11,1 m. Det betyder att grundvattenytan norr om dammen är ca fyra meter under Kolbäcksåns vattenyta, vilket tyder på att ingen hydraulisk kommunikation föreligger mellan åsen och ån på sträckan. Däremot sker troligtvis utläckning av grundvatten mot ån söder om vattenfallet. Strömningen norr om vattenfallet är däremot i åsens längsriktning.

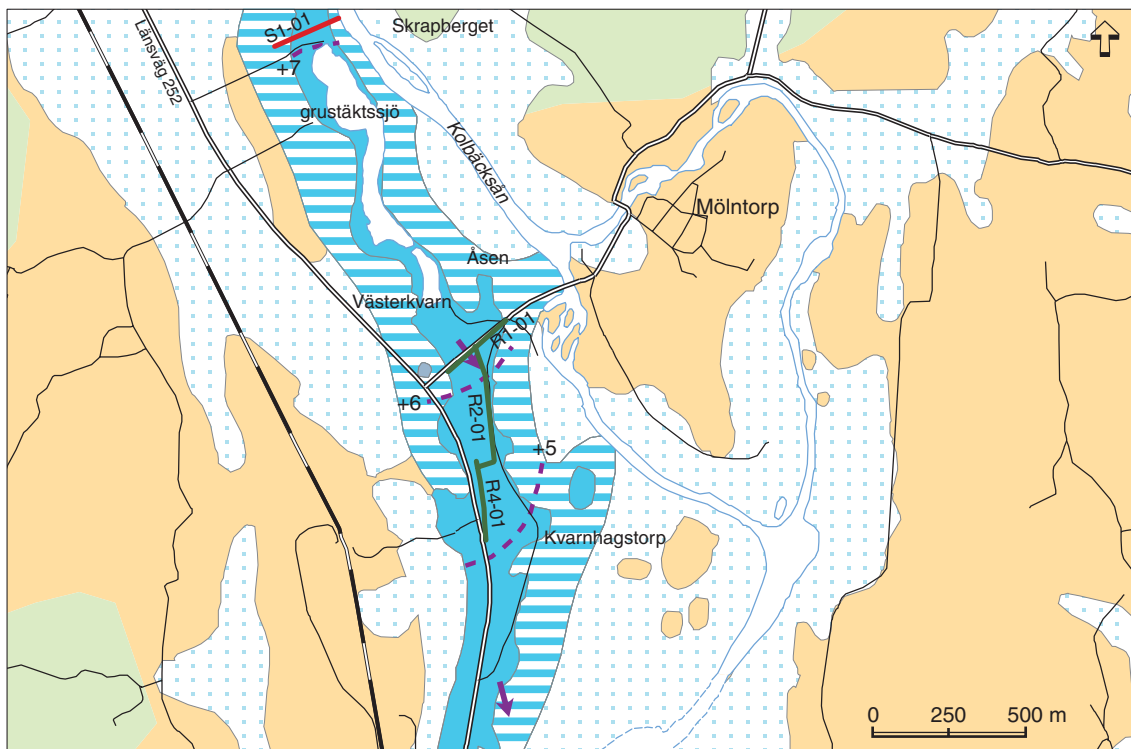


Fig. 46. Bilden återger grundvattenmagasinet av storleksordningen 5–25 l/s i Strömsholmsåsen väster om Mölntorp. I norra delen syns den en kilometer långa grustäktssjön. Den seismiska mätprofilen S1-01 samt georadarprofilerna R1-01–R4-01 är inlagda.

Strömsholm

Upprinnelsen till namnet Strömsholmsåsen är att finna i tätorten Strömsholm. Kanske har åsen ansetts särskilt välutbildad i denna del. En vacker källa, Linnékällan, mynnar i Kolbäcksån. Källan representerar utläckande grundvatten från åsen. Enligt beskrivningen till jordartskartan Västerås SO

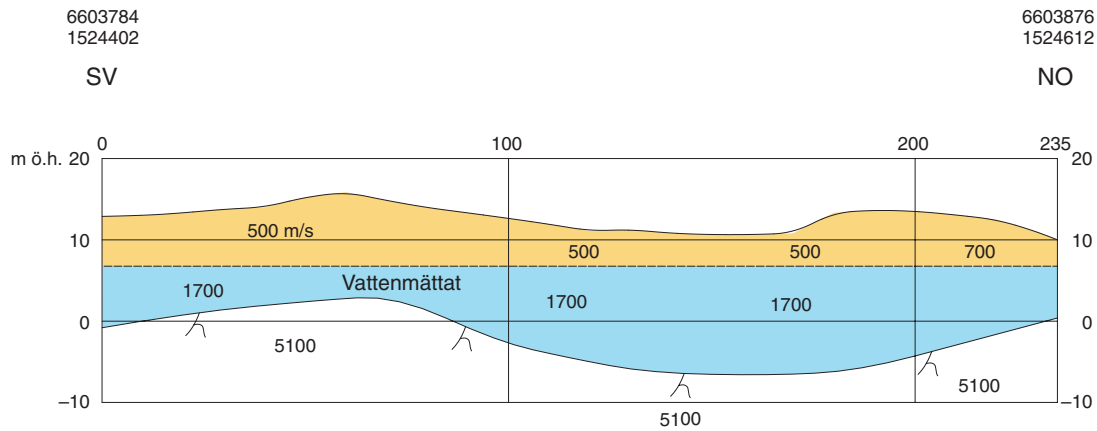


Fig. 47. Den 230 meter långa seismiska profilen, S1-01, ger en bild tvärs över Strömsholmsåsen knappt 1,5 km nordväst om Mölntorp. Profilen visar att grundvattenmagasinets djupaste delar är belägna under havsnivån samt att grundvattenytan är mellan sju och åtta meter över havet.

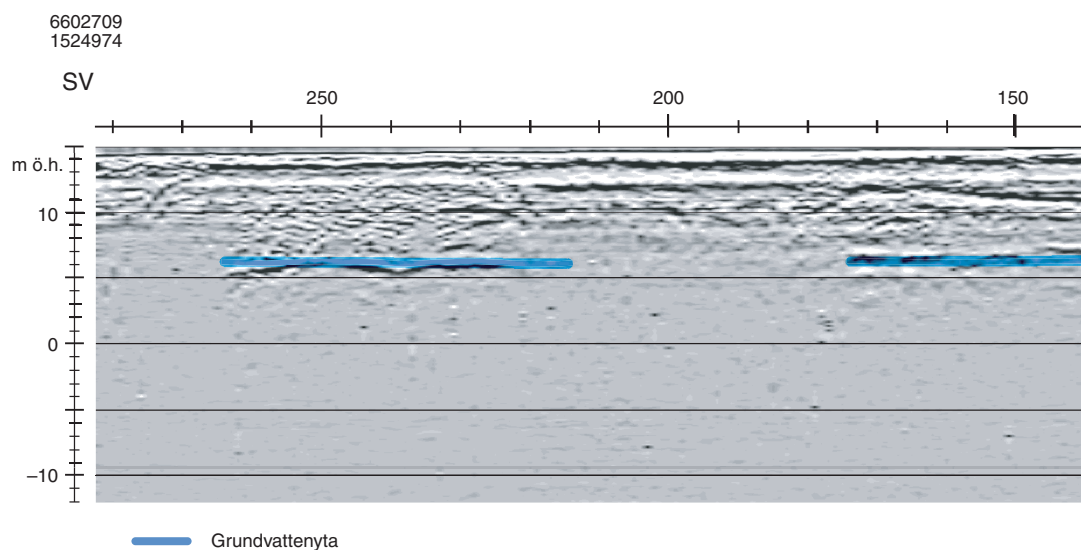


Fig. 48. Figuren visar ca 150 meter av georadarprofil R1-01 i sydväst. Ur radargrammet tolkas grundvattenytan ligga vid ca +6,0 m. Grundvattennivån i näraliggande brunnar vid Åsen är på ca +6,6 m.

(Magnusson 1984) ger källan 8–10 l/s. I beskrivningen till grundvattenkartan Eskilstuna NO (Engqvist & Müllern 1981) har angivits att en fast grundvattendelare ska finnas vid Strömsholm, betingad av högt bergläge i åsen. Häll förekommer visserligen intill åsen vid Strömsholm, men i beskrivningen till grundvattenkartan saknas redovisning av hur det höga bergläget i bildningen fastställts. Vanligt är dock att höga berglägen intill en ås följs av motsvarande förhållanden inne i denna.

För att försöka belägga förekomsten av en grundvattendelare har två georadarmätningar, R8-01 och R9-01, utförts, se figurerna 49–51. Mätningarna har dock varken kunnat visa på någon vattendelare eller belägga att sådan saknas. Delar av georadargrammen har inte kunnat tolkas p.g.a. bristande penetration av georadarns vågor. Anledningen till detta är närmast att finna i föroreningar i marken i form av elektrolyter. Dessa kan utgöras av nitrater, ammonium, klorid m.m. I detta fall är de troliga orsakerna till förekomsten av elektrolyterna djurhållning och saltning av markytor.

Huvudsakligt underlag för bedömningen av strömningsbilden i åspartiet har varit mätningar av grundvattennivån i en brunn tillhörande Strömsholms ridskola samt nivå i Kolbäcksån vid bron över denna. Vidare utgör mätningar av grundvattennivåer norr och söder om det här beskrivna området (utanför figur 49) ett viktigt underlag för tolkningen av grundvattenförhållandena inklusive strömningsbilden.

Speciellt norr om Strömsholms ridskola sker grundvattenströmningen något snett från avlagringen mot Kolbäcksån och Strömsholms kanal. Linnékällan återspeglar detta. I detta parti är grundvatteny-

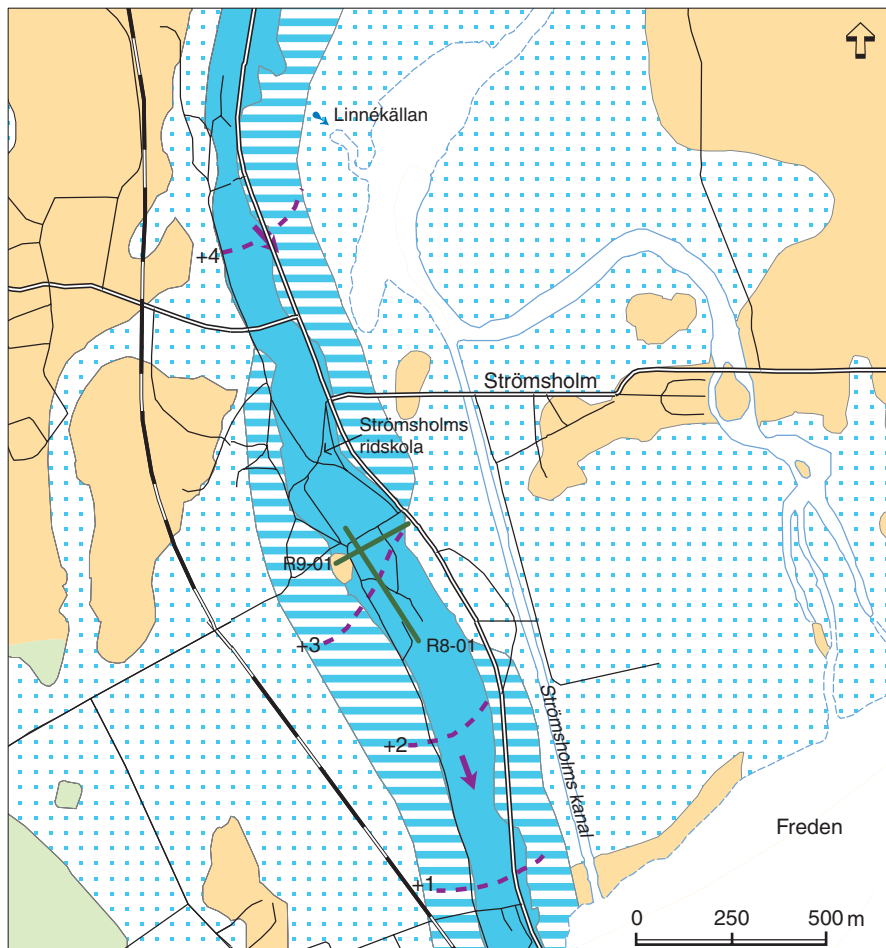


Fig. 49. Grundvattensituationen omkring Strömsholm som den bedömts i den senaste kartläggningen av grundvattnet. I lägena för de två georadarprofilerna, R8-01 och R9-01, har det inte varit möjligt att bekräfta existensen av den grundvattendelare som omnämns i beskrivningen till Eskilstuna NO (Engqvist & Müllern 1981). Ljusblå områden visar morän, röda hållar och gröna

tan dessutom relativt flack, med en lutning av ca en promille från nordväst mot sydost.

Beträffande delen från ridskolan och en kilometer söderut i åsen är bedömningarna mera osäkra p.g.a. avsaknaden av mätdata. Detta beror i sin tur på brist på brunnar och observationsrör samt okunskapen vad gäller bergläge i bildningen, särskilt vid ridskolan. I anslutning till sjön Freden bör vattenytan i grundvattenmagasinet vara i nivå med sjön, dvs. normalnivå +0,7 m.

Utifrån förutsättningen att grundvattenmagasinet är uthålligt även i den södra delen av åspartiet, har isolinjerna +3,00 m till +1,00 m för grundvattennivån upprättats. I denna del av magasinet är lutningen kraftigare, ca två promille, jämfört med norr om Strömsholm, och vattnet strömmar från norr och mot sjön.

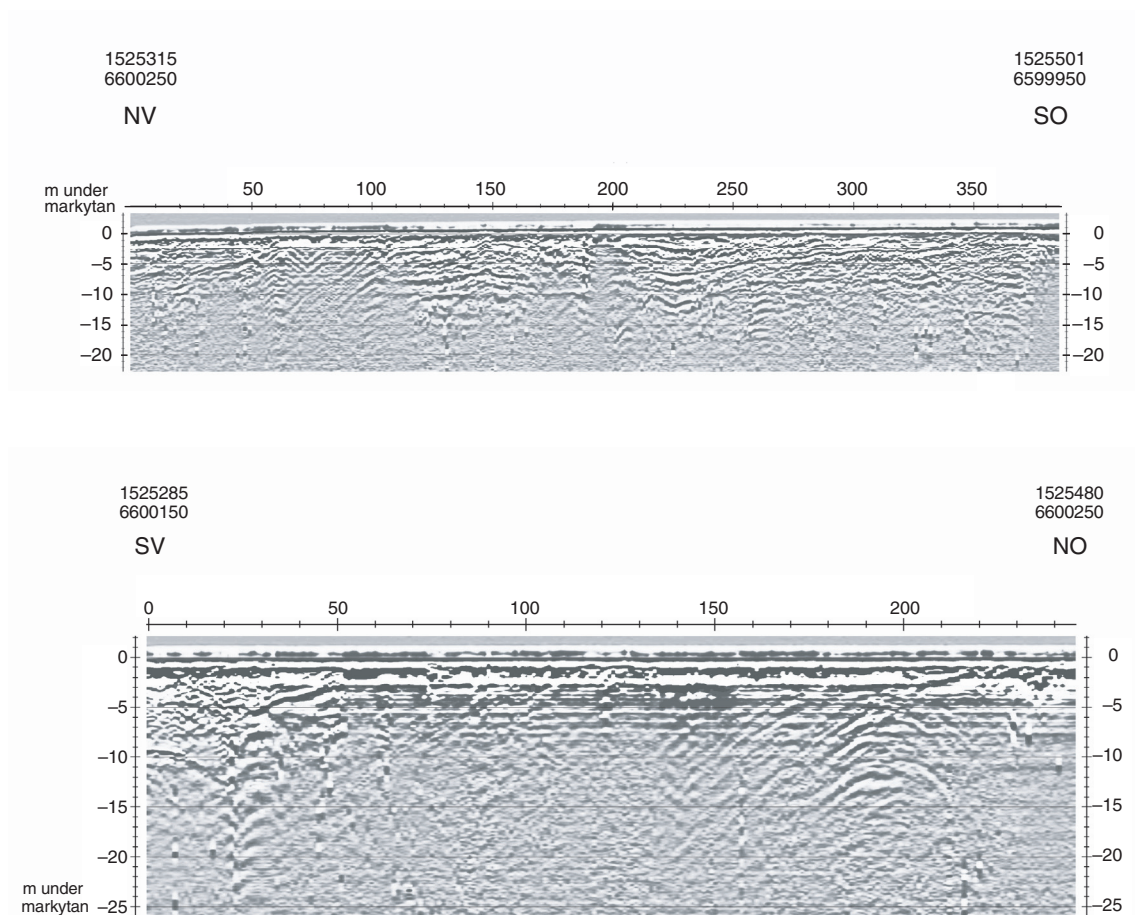


Fig. 50–51. Inte i någon av de två profilerna R8-01 eller R9-01 har det varit möjligt att med georadartechnik konstatera någon bergyta eller grundvattendelare. Sannolikt beror detta på att föroreningar i form av elektrolyter förekommer i marken i och omkring ridskolan.

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 vilket bidrar till ökad vittring.

Kalcit är det mest lättvittrade mineralet, och kalkhaltiga jord- och bergarter har mycket stor betydelse för grundvattnets kemiska sammansättning. Lättvittrade mineral, som i allmänhet innehåller stor andel kalcium och magnesium, i kombination med finkorniga jordarter och lång uppehållstid, ger grundvattnet hög totalhårdhet, liksom hög elektrisk konduktivitet som är ett mått på den totala halten lösta salter.

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

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

Sulfatjoner som tillförs grundvatten från nederbörden har både mänskligt och marint ursprung. Riktigt höga halter i grundvatten är dock i allmänhet geologiskt betingade och bildas genom oxidation av sulfider. Dränering av gyttjeleror ger ofta upphov till 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” som berör frågan om salt grundvatten 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.

Grundvattnets kemi i Västerås och Hallstahammars kommuner

I kartläggningen har inga resurser ägnats åt att klargöra och redovisa kvaliteten på grundvattnet. I samband med fältarbetet insamlades dock vattenprov vid etablerandet av observationsrör Ro001 vid Hässlö i Badelundaåsen samt rör Ro101 vid Lilla Åsby i Lagersbergsåsen i Västerås kommun.

Kartorna över olika kemiska parametrar, som visas i figurerna 52–67, är utsnitt ur SGUs och SNVs Rapport 4415, "Grundvattnets kemi i Sverige". Brunnarna som ingår i sammanställningen får sitt vatten från jordlagren respektive berggrunden. Kartutsnittet grundar sig på 158 brunnar i jordlager och 262 brunnar i berg, vilket måste betraktas som ett litet antal.

Kartorna är framställda med hjälp av linjär interpolation. Detta medför att man kan se om speciellt höga eller låga värden är koncentrerade till ett visst område. Interpoleringsmetoden tar inte hänsyn till om data är riktningsberoende. I områden där brunnar saknas eller där det endast finns enstaka brunnar är kartbilderna naturligtvis mycket osäkra.

Surhet: pH-värdena är genomgående lägre i brunnar i jord än i brunnar i berg. Vidare är värdena i framför allt bergbrunnarnas vatten i allmänhet något högre än i många andra områden i Sverige. Det är sannolikt ett resultat av förekomst av basiska bergarter. En stor del av brunnarna i berg i de centrala delarna av Västerås och Hallstahammars kommuner har pH-värden på 7,5 eller mer. Förekomst och vittring av bergarterna i jordlagren i isrörelseriktningen bidrar ställvis också till förhöjda pH-värden i jordlagren. Exempel på detta finns i norra delen av Västerås kommun och i södra delen av Hallstahammars kommun.

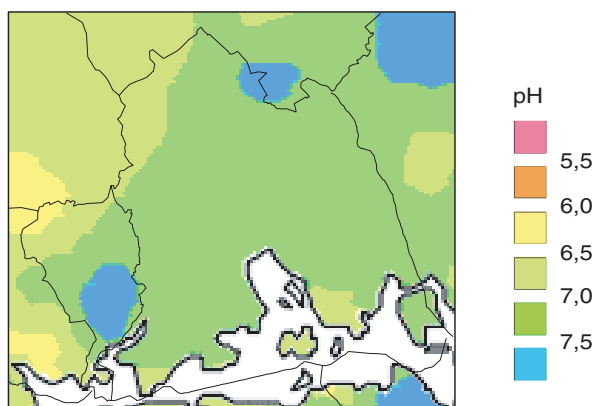


Fig. 52. Surhet i jordbrunnar.

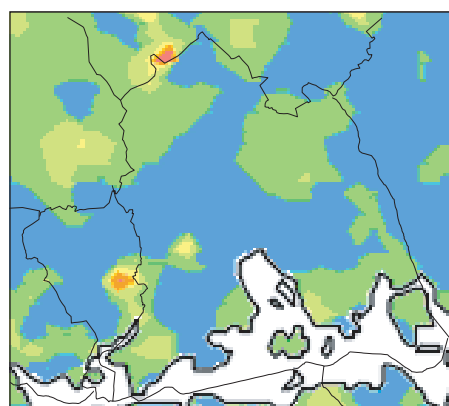


Fig. 53. Surhet i bergbrunnar.

Alkalinitet: Alkaliniteten, speciellt i berggrundens vatten, är liksom pH jämförelsevis hög. Alkaliniteten samvarierar oftast med totalhårddheten vilket delvis framgår av såväl brunnar i jordlager som i brunnar i berg i båda kommunerna.

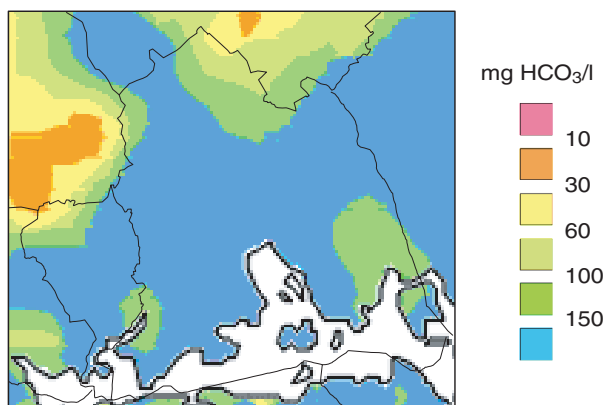


Fig. 54. Alkalinitet i jordbrunnar.

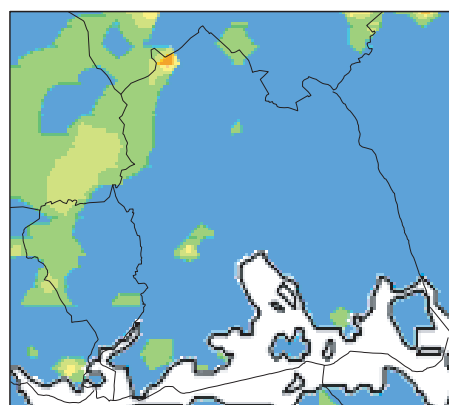


Fig. 55. Alkalinitet i bergbrunnar.

Totalhårdhet: Grundvatten i både jord och berg med en totalhårdhet mellan 35 och 150 mg/l är vanligt i stora delar av kommunerna. I västra delen av Västerås kommun förekommer dock halter överstigande 150 mg/l i bergborrade brunnar. Inflytandet från de basiska bergarterna i Bergslagen är sannolikt förklaringen till halterna.

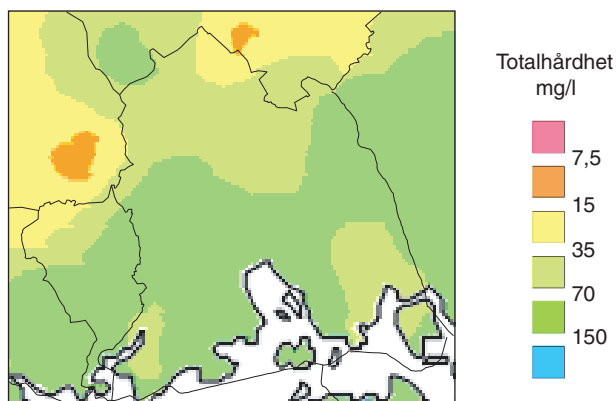


Fig. 56. Hårdhet i jordbrunnar.

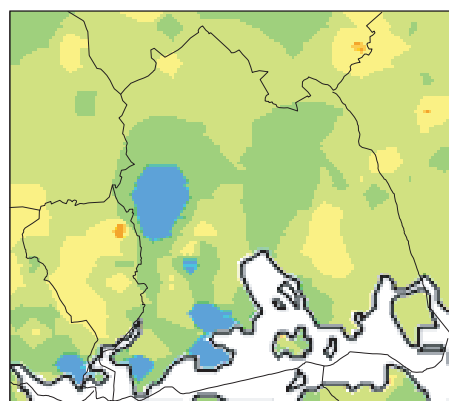


Fig. 57. Hårdhet i bergbrunnar.

Konduktivitet: Konduktiviteten, dvs. grundvattnets elektriska ledningsförmåga, är i allmänhet högre i de låglänta delarna av kommunerna. Koppling mellan hög konduktivitet och hög kloridhalt är påtaglig i vatten från både brunnar i berg och brunnar i jordlager, såväl i Västerås som i Hallstahammars kommun. Förhållandet mellan hög konduktivitet och hög sulfathalt är mest påtaglig i bergborrade brunnar intill Mälaren i Västerås kommun.

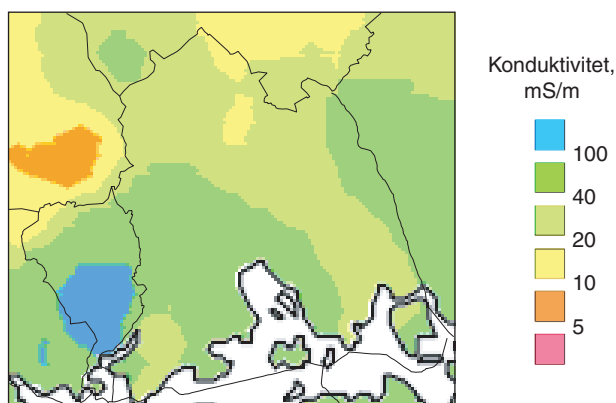


Fig. 58. Konduktivitet i jordbrunnar.

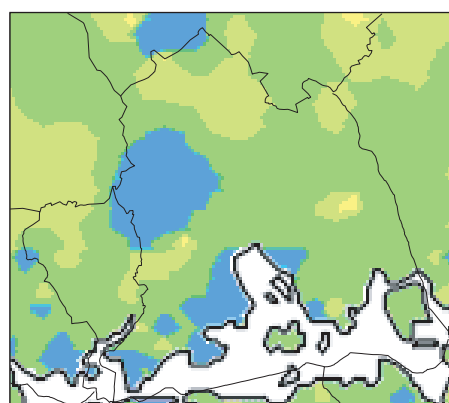


Fig. 59. Konduktivitet i bergbrunnar.

Klorid: Kloridhalterna är tydligt förhöjda i bergborrade brunnar i västra delen av Västerås kommun samt i brunnar i jordlager i södra delen av Hallstahammars kommun. De höga halterna i lerområdena har främst sin grund i förekomsten av tidigare salthav. De höga halterna i vattnet i berggrunden kan speciellt i nordvästra delen av Västerås kommun ha sina orsaker i djupt beläget saltvatten med hög trycknivå. Salt grundvatten diskuteras närmare i kapitlet ”Salt grundvatten och motåtgärder”.

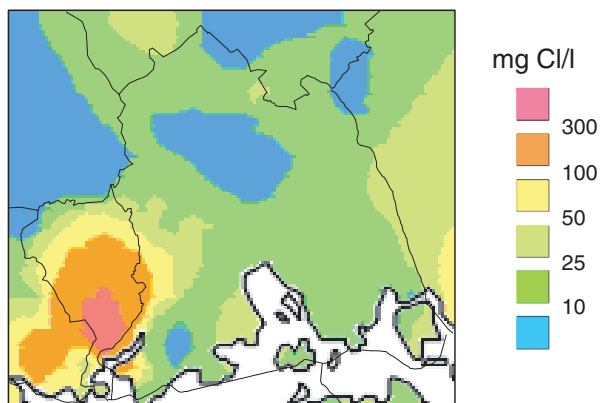


Fig. 60. Klorid i jordbrunnar.

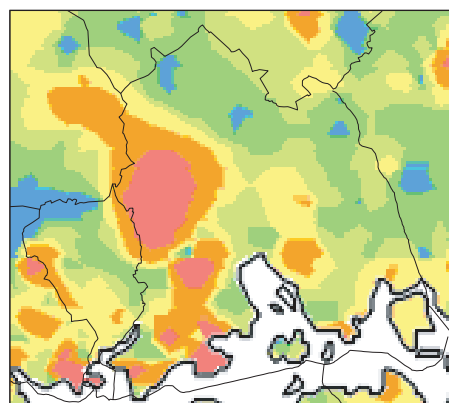


Fig. 61. Klorid i bergbrunnar.

Fluorid: Höga fluoridhalter i bergbrunnar orsakas vanligen av fluorhaltiga mineral hos yngre graniter och pegmatiter. Sådana bergarter finns i båda kommunerna och visar sig som högre fluoridhalter, främst i Hallstahammars kommun. Vattnet i brunnar i jordlagren visar genomgående låga fluoridhalter. Undantag utgör norra delen av Hallstahammars kommun, där det finns halter mellan 1,6 och 4,0 mg F/l.

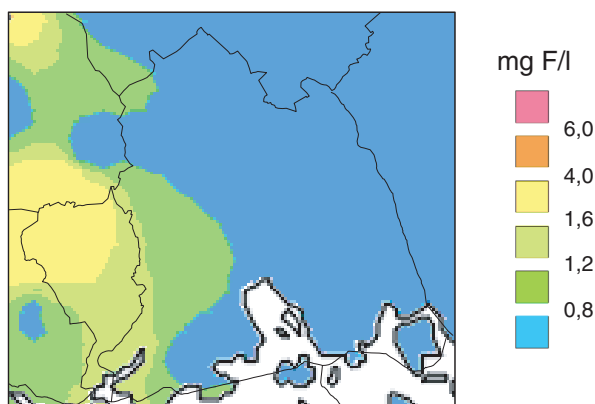


Fig. 62. Fluorid i jordbrunnar.

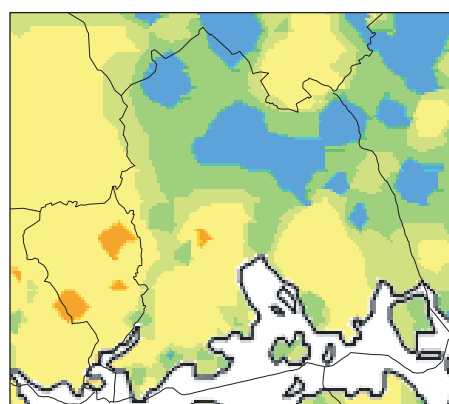


Fig. 63. Fluorid i bergbrunnar.

Nitrat: Det djupa grundvattnet i berggrunden är oftast mindre sårbart och vattnet i bergbrunnar har vanligen lägre halter än vattnet i jordbrunnar. Detta överensstämmer dåligt med förhållandena i Västerås kommun men bättre med förhållandena i Hallstahammars kommun. De högsta halterna, 20–45 mg NO_3/l , finns således i bergborrade brunnar i de centrala delarna av Västerås kommun. I brunnar i jord förekommer motsvarande halter i västra delen av Hallstahammars kommun. Höga halter finns vanligtvis i områden med jordbruks- eller skogsmark som gödglas. Halterna kan även bero på påverkan från avlopp och liknande.

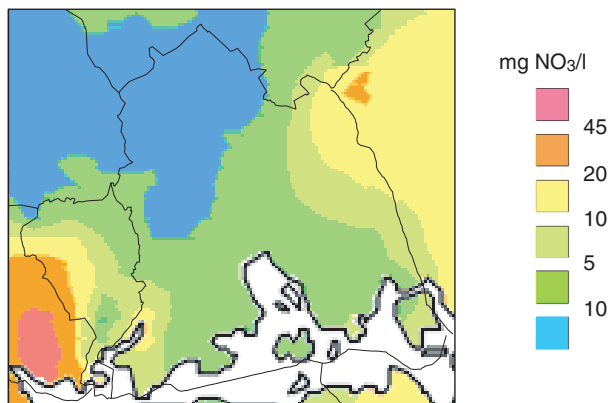


Fig. 64. Nitrat i jordbrunnar.

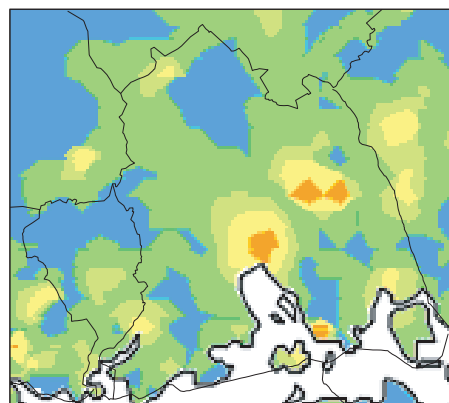


Fig. 65. Nitrat i bergbrunnar.

Sulfat: De varierande halterna är betingade av de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna. Höga halter kan bero på inslag av sedimentära bergarter eller på inflytandet av sulfidhaltiga mineral i jordlagren, vilket återspeglas i vattenkvaliteten. Halter överstigande 50 mg SO_4/l förekommer i vattnet i berg i centrala delen och i jord i sydöstra delen av Västerås kommun. I Hallstahammars kommun föreligger de högsta halterna, 30–50 mg SO_4/l , i södra halvan av kommunen.

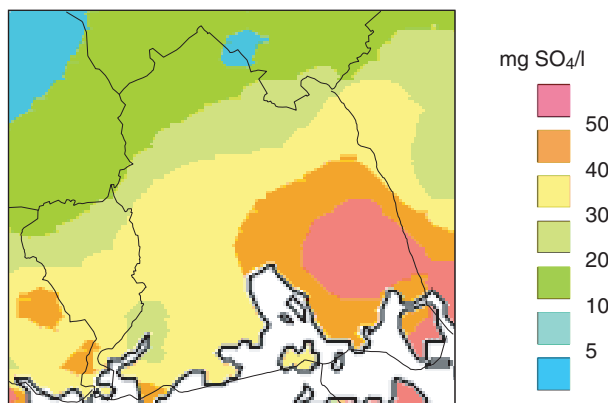


Fig. 66. Sulfat i jordbrunnar.

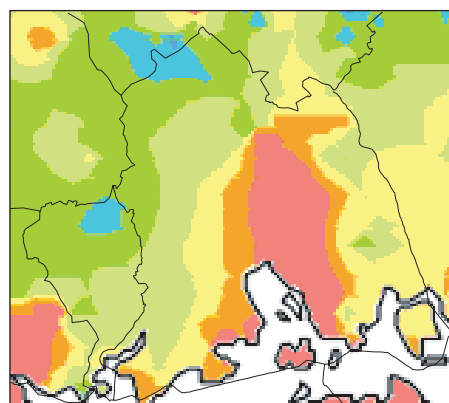


Fig. 67. Sulfat i bergbrunnar.

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 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 en saltlake som hade en salthalt som var av storleksordningen 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). Sannolikt har denna saltlake inget direkt med förntida havsvatten att göra utan med kemisk balans mellan cirkulerande vattenlösningar och jordskorpan på stora djup.

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.

En brunn måste dock inte nå ända ner till saltvattengränsen för att den skall kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. Orsaken är att även om gränsen mellan sött och salt grundvatten ligger djupt ner har det salta vattnet en trycknivå som ligger avsevärt mycket högre. Detta förhållande illustreras i figurerna 68 och 69.

Om gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt, så innebär de hydrauliska tryckförhållandena att det salta vattnets trycknivå inte ligger på 300 m djup utan endast ca 7 m lägre än grundvattennivån. Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i sprickor som via en brunn når ner till saltvattengränsen, om man genom pumpning dränerar ut sötvattnet i sprickorna (se figur 69). I de flesta fall får man emellertid inte ett ”rent” saltvatten utan tillförsel av ytterligare vatten från en mycket oregelbunden sprickighet 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.

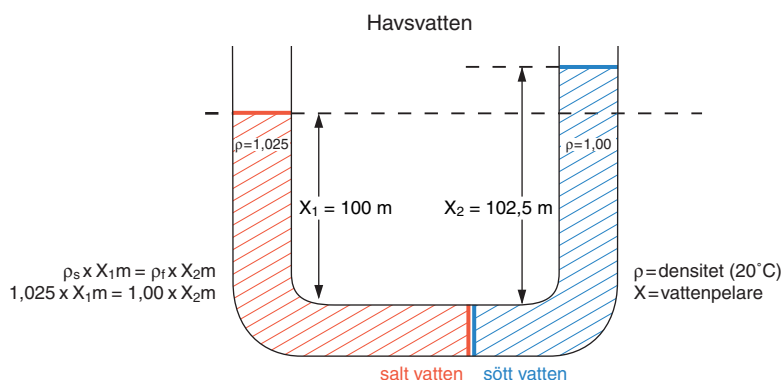


Fig. 68. Enligt principen om kommunicerande kärl balanseras en 102,5 m pelare med sött vatten av en 100 m pelare med salt vatten (3,5 %).

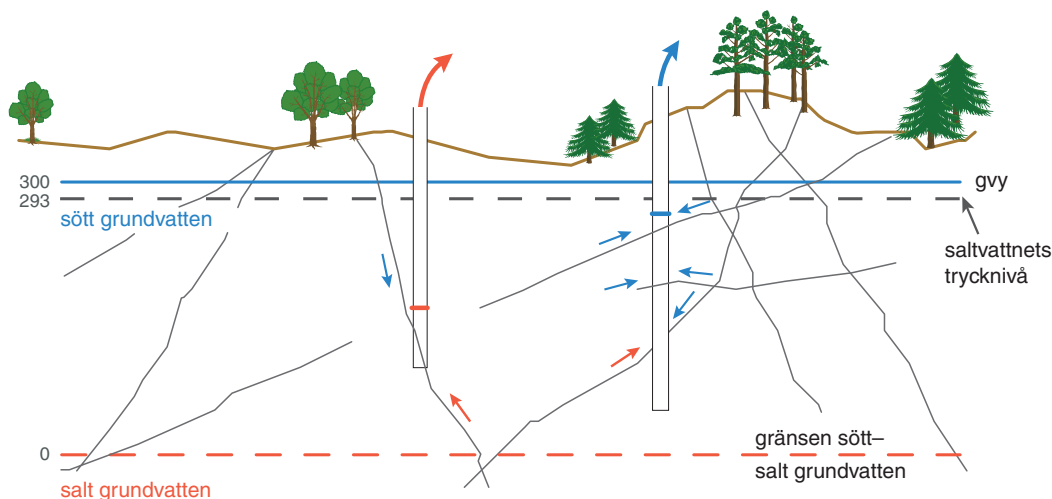


Fig. 69. Brunnen till vänster får vatten från i huvudsak en, dåligt vattenförande, spricka. Den övre delen av sprickan töms efter en tid på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks det salta vattnet upp utan att sina. Brunnen ger vatten med hög salthalt. Brunnen till höger får vatten 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.

Risken för salt grundvatten är störst i de låglänta delarna av kommunerna, på öarna i Mälaren och på många ställen nära stränderna.

Trots att stora delar av kommunerna varit täckta av havsvatten efter den senaste istiden är risken för kvarvarande salt grundvatten således olika i olika delar av kommunerna. Det föreligger dock ett klart samband mellan låg marknivå, särskilt i områden nära Mälaren, 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 avsnittet "Grundvatten i berggrunden".

Det är ofta bättre att borra "gradade" borrhål, dvs. med en avvikelse av 15–20 grader från vertikalplanet, och att inte borra djupare än 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 gjuta igen det salta borrhålet med cement. Detta måste ske på ett sär-

skilt sätt. Borrhålet måste med hjälp av bl.a. en tillräckligt lång slang gjutas 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 iakttas 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 i hop 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 bergborrad 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 skall 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 provpumpningen skall 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 så att den ursprungliga skiktningen av sött och salt grundvatten kan återställas innan den åter börjar pumpas men då med ett betydligt mindre vattenuttag.

Risken ökar, som framgått ovan, 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.

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 vattentäcker.

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 70.

En grundvattenkarta och en underlagskarta för grundvattenskydd, en s.k. sårbarhetskarta (och databaser), kan därför med fördel 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). I Västerås och Hallstahammars kommuner har dock inga sårbarhetskartor framtagits i samband med kartläggningen.

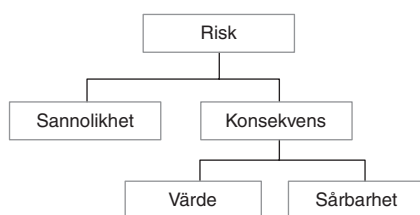


Fig. 70. Risk- och konsekvensanalys.

Skydd av grundvattnet

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

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

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

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

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

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

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.

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

Geologiska förutsättningar

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

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

Tillämpningsområden

Georadar används bl.a. för att:

- bestämma jordjupet,
- få fram vilka strukturer som finns i jord och berg,
- lokalisera grundvattenytor i grövre sediment,
- påvisa föremål i jordtäcket (block, rör, håligheter etc.) och
- lokalisera spridning av föroreningar från vägar, deponier m.m.

Seismik

Grundläggande principer

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

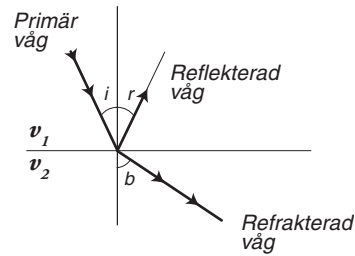
lager med annan hastighet reflekteras en del av vågens energi medan återstoden vandrar vidare i det nya lagret. Vid passage av skiktgränsen sker en brytning av vågens utbredningsriktning. Tänker man sig utbredningsriktningen som en stråle i ett vertikalt snitt, kan refraktionen beskrivas med Snells lag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

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

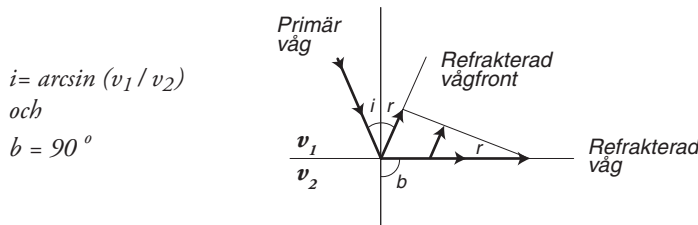
$i = r$ infallsvinkel resp. reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1 resp. 2



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



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

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

Mätförfarande

Mätningen utförs i praktiken längs en linje där man på jämna avstånd placerar givare – s.k. geofoner – som reagerar för vibrationer i marken. Genom att spränga på lämpliga platser i profilen genereras mätdata i den omfattning som behövs. 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.

Geologiska förutsättningar

I Sverige har vi genom landisens verkningar ett jordtäckande bestående av morän och sediment. Sammansättningen är oftast enkel med god korrelation mellan hastighet och jordart. Hastigheten för P-vågor i våra jordarter varierar mellan ca 300 m/s i torr sand och ungefär 2800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3000 m/s och upp emot 6000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5000–6000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7000 m/s, se vidare

figur 71. Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

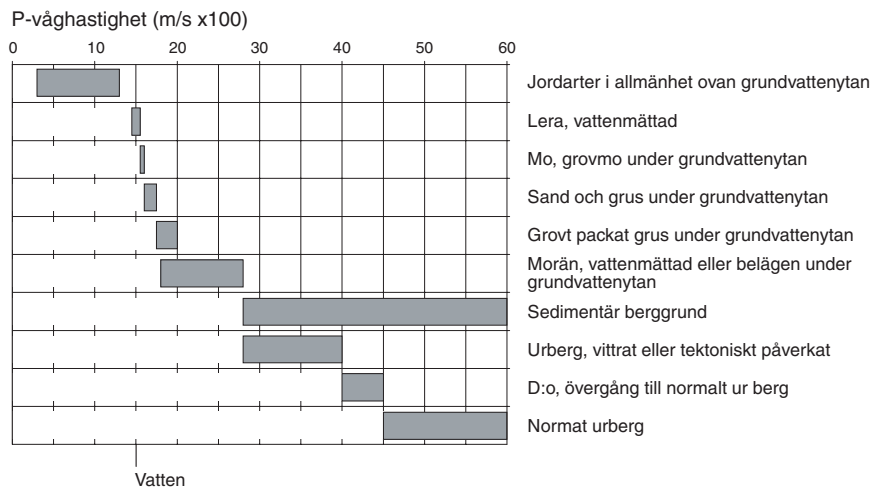


Fig. 71. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

Tillämpningsområden

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.

Kriging och variogramanalys

Kriging är en interpolationsmetod för att förutsäga rumsliga värden. Metoden är namngiven efter Kriege, en sydafrikansk gruvingenjör som på femtioalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma 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 multiplicerad 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_j, y_j) 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 72 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.

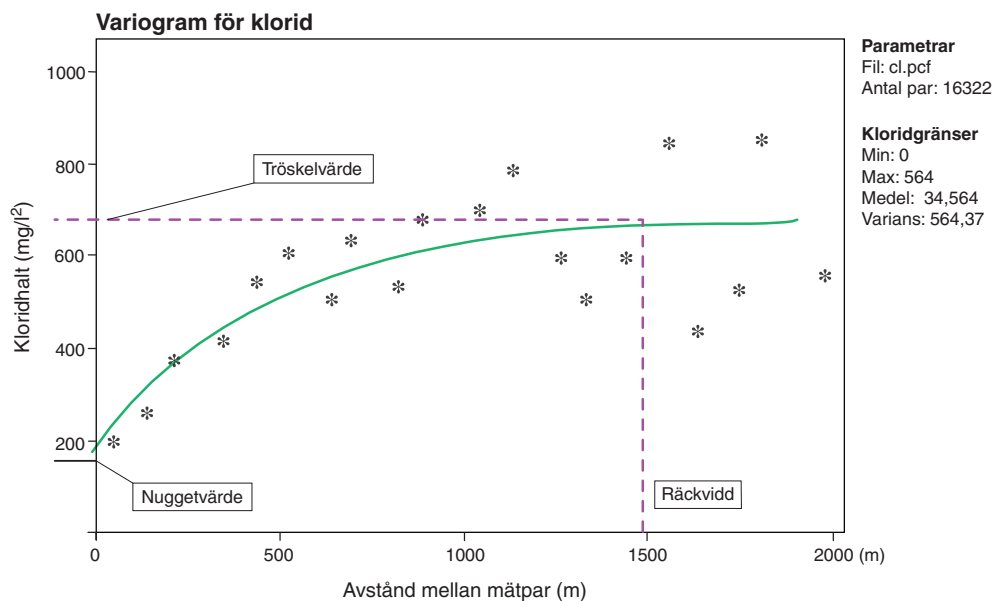


Fig. 72. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet mellan mätparen. I figuren framgår autokorrelationens räckvidd, tröskelvärdet för observationer som är oberoende av varandra samt nuggetvärdet, den lägsta variansen.

DOKUMENTATION AV GEOFYSISKA MÄTNINGAR, BRUNNAR OCH KEMISKA ANALYSER

Förutom följande dokumentation finns SGUs geofysiska mätningar tillgängliga i form av radargram och seismogram samt inventerade brunnar, observationsrör och SGUs borrhningar m.m. dokumenterade i databaser i den digitala versionen av ”Grundvattenförekomster i Västerås och Hallstahammars kommuner”.

Brunnar, observationsrör m.m.

Spetsar är vanligtvis ett perforerat rör med en diameter av 75 mm eller mindre. Rörbrunn är vanligtvis en brunn i form av rör med en diameter större än 75 mm. Nivåerna är angivna i höjdsystemet RH70.

Västerås kommun

Plats	Obs.-punkt	Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Ansta		11G26	6619361	1543519	39,881	rörbrunn
Ansta vattenverk	GVP1	11G26	6619742	1543363	31,48	rörbrunn
Badelunda		11G29	6612463	1547241	28,599	schaktbrunn
Badelunda	7153	11G29	6613824	1546464	31,521	spets
Badelunda	S 0104	11G29	6613296	1546165		sondering
Badelunda, Skälby	9801	11G29	6613447	1546632	29,882	spets
Badelunda, Skälby	9803	11G29	6612742	1547065	33,064	spets
Badsjön	Badsjön	11G29	6616017	1545188	33,83	
Brånsta		11G46	6627214	1544041	53,061	schaktbrunn
Brånsta	R 6501	11G46	6627120	1544200		spets
Bäckby	Rör A	11G06	6609470	1538280		spets
Bäckby	Rör B	11G06	6609000	1538510		spets
Bäckby	Rör C	11G06	6608870	1538410		spets
Bäckby	Rör E	11G06	6608510	1538460		spets
Bäckby	Rör F	11G06	6608620	1538150		spets
Bäckby	Rör G	11G06	6608360	1537980		spets
Bäckby	Rör H	11G06	6608960	1538770		spets
Bäckby	Rör I	11G06	6609020	1539060		spets
Bäckby	Rör K	11G06	6608480	1538700		spets
Bäckby	Rör L	11G06	6608250	1538960		spets
Efter väg från Vita villan, Hässlö	207	11G09	6607340	1546183	13,96	
Furby		11G29	6613284	1549445	23,989	schaktbrunn
Furby		11G29	6613817	1549879	23,27	schaktbrunn
Fågelbacken. Intill rör 7284	9501	11G29	6615477	1545334	43,01	
Fågelbacken. Ovanför brunn 105	6907	11G29	6615504	1545383	41,62	spets
Fågelbacken. Vid brunn 106	6921	11G29	6615521	1545443	37,69	spets
Fågelbacken. Vid Pb 103	7281	11G29	6615409	1545314	41,61	spets
Fågelbacken. Vid Pb 105	7285	11G29	6615545	1545390	39,35	spets
Fågelbacken.	9502	11G29	6615455	1545331	44,67	spets
I Pb 104:s överbyggnad						
Fågelbacken. NV om rör 7284	9503	11G29	6615496	1545293	42,91	
Gesala		11G46	6621949	1543731	38,014	schaktbrunn
Gruffetsåsen		11G03	6601814	1529096	3,487	schaktbrunn
Gryta	Rb 8001	11G26	6615930	1541590		spets
Gryta	Rb 8002	11G26	6615970	1541730		spets
Gryta	Rb 8003	11G26	6615810	1541320		spets
Gryta	Rb 8004	11G26	6615670	1541800		spets
Gryta	Rb 8005	11G26	6616820	1541220		spets
Gryta	Rb 8006	11G26	6616790	1541490		spets
Grällstaåsen		11G66	6635458	1539324	61,65	vattenyta
Gubbvad		11G68	6633764	1540614	65,345	spets

Plats	Obs.-punkt	Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Gunsta		11G46	6624633	1544134	51,356	vattenyta
Hallsta		11G46	6628334	1543150	53,866	vattenyta
Hallsta		11G46	6629016	1542928	53,65	vattenyta
Hallsta		11G46	6629590	1542686	60,453	rörbrunn
Hallsta	R 0106	11G46	6627394	1543760	64,264	spets
Hamnen	Mälaren	11G09	6609767	1542910	0,64	vattenyta
Hamre		11G09	6609214	1546128	14,932	schaktbrunn
Hjulhuset , Skultuna		11G68	6632867	1541073	61,785	rörbrunn
Horn		10G85	6597940	1526129	4,33	spets
Horn		10G85	6598062	1526891	15,026	schaktbrunn
Horn		10G85	6598761	1527181	13,894	rörbrunn
Hornsborg		10G85	6597055	1526882	5,696	schaktbrunn
Hornsborg	S 0002	10G85	6598048	1526759		sondering
Hornsborg	S 0003	10G85	6598132	1526683		sondering
Hornsborg	S 0004	10G85	6598134	1526685		sondering
Hornsborg	S 0005	10G85	6598140	1526684		sondering
Hornsvik	S 0101		6598483	1526930		sondering
Hornsåsen	R 0002	10G85	6598577	1527556	14,55	spets
Härsved	7205	11G46	6627845	1543991	63,42	spets
Härsved	7401:5 (WR 2)	11G46	6628181	1544685	52,28	spets
Härsved	7402	11G46	6627959	1544369	56,62	spets
Hässlö	Rb11	11G09	6606799	1546226		
Hässlö	Rb12	11G09	6606812	1546165		
Hässlö	Rb14	11G09	6606786	1546174		
Hässlö	Rb3	11G09	6607435	1546221	7,72	rörbrunn
Hässlö	Rb3	11G09	6607509	1546215	5,37	rörbrunn
Hässlö	Rb8	11G09	6607164	1546282		
Hässlö	Rb9	11G09	6607059	1546304	2,3	rörbrunn
Hässlö	S3	11G09	6607277	1546259	5,64	rörbrunn
Hässlö	S3	11G09	6607280	1546279	5,17	rörbrunn
Hässlö. Bakom Rb 13	201	11G09	6606782	1546206	8,71	
Hässlö. I kanten av "Maden"	301	11G09	6607060	1546020	5,54	
Hässlö. Lågt rött rör vid Rb 1	23	11G09	6607392	1546264	7,12	
Hässlö. På åsen	204	11G09	6607043	1546247	14,76	
Hässlö. På åstoppen	218	11G09	6606909	1546245	22,52	
Hässlö. Söder om S3 ca 25 m	17	11G09	6607260	1546259	6,33	
Hässlö. Söder om S3 ca 75m	18	11G09	6607241	1546247	8,42	
Hässlö. Vid brunn 12	26	11G09	6606787	1546161	7,84	
Hässlö. Vid båthamnen	21	11G09	6606765	1546190	2,73	
Hässlö. Vid Rb 11	211	11G09	6606770	1546239	8,55	
Hässlö. Vid Rb 14	6601	11G09	6606781	1546175	8,58	
Hässlö. Vid Rb 8	24	11G09	6607167	1546276	9,43	
Hässlö. På åsen ovanför brunn 11	202	11G09	6606859	1546221	17,23	
Hässlö. Höger om infiltrationsbassäng	110	11G09	6607196	1546008	16,5	
Hökåsen			6617226	1543899		sondering
Hökåsen	7045	11G29	6616186	1545150		spets
Hökåsen	8801	11G26	6617754	1544273	31,27	spets
Hökåsen	8802	11G26	6617833	1544244	32,023	spets
Hökåsen	8803	11G26	6617923	1544192	31,419	spets
Hökåsen	R 0104	11G26	6617151	1543941	45,623	spets
Hökåsen	S 0105	11G29	6615656	1545072		sondering
I brunn vid skrotgård. Lock märkt "K"	205	11G09	6607162	1546231	21,67	
I dike vid vägen till F1 grind	208	11G09	6607499	1546163	10,02	
I dungen nedanför fördelnings- kammaren	7274	11G29	6614789	1545263	34,77	spets
I en dunge öster om crossbanan	6918	11G29	6615073	1545643	33,49	spets

Plats	Obs.-punkt	Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Infiltrationsbrunn söder om Badsjön	154	11G29	6615963	1545076	34,09	rörbrunn
Intill elstolpe vid Lindesberg	7166	11G26	6616364	1544960	34,04	
Kvarnbacken	S 0006	11G09	6608121	1547815		sondering
Kvicksund		10G85	6593242	1528902	5,693	schaktbrunn
Kvicksund		10G85	6593632	1528763	7,765	schaktbrunn
Kvicksund		10G85	6593859	1528151	8934	schaktbrunn
Kvicksund / Nyckelön		10G85	6593118	1529053	6,652	schaktbrunn
Kärsta	Brunn 9601	11G29	6618221	1558230		rörbrunn
Kärsta	GVP1	11G29	6617830	1558270	21,71	
Kärsta, vid GVP4	9601	11G29	6618355	1558245	11,56	
Kärsta, vid Sagån	GVP4	11G29	6618320	1558245	12,42	rörbrunn
Lagersberg		11G03	6600375	1528491	5,033	rörbrunn
Lagersberg	R 0101	11G03	6600209	1528317	2,835	spets
Lagersvik		11G03	6600742	1528720	4,26	spets
Lilla Tomta		11G68	6633174	1540837	61,943	schaktbrunn
Lilla Åsby		10G85	6599895	1528075	8,957	schaktbrunn
Lilla Åsby		10G85	6599961	1528089	8,16	schaktbrunn
Lilla Åsby	Solbacken	11G03	6600101	1528274	4,98	rörbrunn
Lillön		10G85	6595569	1527217	4,298	rörbrunn
Lugnet	R 0004	11G29	6612370	1546942	30,79	spets
Lånsta		11G68	6634726	1540254	63,011	schaktbrunn
Malma	7008	11G29	6615270	1545400		spets
Malma	7009	11G29	6615320	1545330		spets
Malma	7035	11G29	6615260	1545240		spets
Malma	7036	11G29	6615210	1545340		spets
Malma	7038	11G29	6615080	1545190		spets
Malma	7040	11G29	6614930	1545250		spets
Malma	7041	11G29	6614830	1545360		spets
Malma	7042	11G29	6614155	1545910		spets
Malma	7043	11G29	6614301	1546095	31,88	spets
Malma	7044	11G29	6616060	1545040		spets
Malma	R 0105	11G29	6614404	1545057	42,859	spets
Muren		11G68	6634262	1540145	64,083	schaktbrunn
Nordost om Hässlö vårdshus	210	11G09	6607628	1546175	22,52	
Nordväst om Badsjön, i dungen	6999	11G29	6616260	1545042	34,28	spets
Nordväst om Badsjön, nära parkeringen	6902	11G26	6616245	1544943	34,63	spets
Näs		11G26	6618225	1543916	43,792	rörbrunn
Orresta	8001	11G29	6617243	1558780		spets
Orresta	8003	11G29	6617018	1558920		spets
Orresta	8005	11G29	6617781	1558463		spets
Orresta	8007	11G29	6617726	1558527		spets
Orresta vattenverk	9301	11G29	6616526	1557987	20,6	
Orresta, höger om vattenverket	8201	11G29	6616617	1558085	20,5	spets
Orresta, höger om vattenverket	9301	11G29	6616526	1557987	20,6	spets
Orresta, höger om vattenverket	GVP2	11G29	6616490	1557970	20,48	
Orresta, höger om vattenverket	GVP3	11G29	6616490	1557980	20,16	
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9301	11G17	6611079	1542763		spets
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9302	11G17	6610585	1542640		spets
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9303	11G17	6610598	1542565		spets
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9304	11G17	6610598	1542585		spets
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9305	11G17	6610932	1542457		spets
Outokumpu Copper, Västerås	Rb 9306	11G17	6611092	1542325		spets
Produktionsbrunn 103	Pb103	11G29	6615392	1545312	40,82	rörbrunn
Produktionsbrunn 104	Pb104	11G29	6615455	1545331	44,57	rörbrunn
Produktionsbrunn 105	Pb105	11G29	6615526	1545383	38,92	rörbrunn
Produktionsbrunn 106	Pb106	11G29	6615496	1545443	37,22	rörbrunn
På planen utanför HP-station	8502	11G09	6607286	1546130	12,13	spets
På åkern nordost om Lindesberg	6928	11G29	6616420	1545118	33,33	spets
På åsen vid signalskåp till dator	8501	11G09	6606999	1546187	14,6	spets

Plats	Obs.-punkt	Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Romfartuna, Igelsta		11G46	6623439	1544245	50,936	vattenyta
Skultuna		11G46	6623160	1534830	35,61	spets
Skultuna	Rör nr 1	11G46	6623060	1534800	36,13	spets
Skultuna	Rör nr 3	11G46	6623130	1534870	35,43	spets
Skultuna	Rör nr 4	11G46	6623270	1534870	35,95	spets
Skultuna	Rör nr 5	11G46	6623330	1535060	35,56	spets
Skultuna	Rör nr 6	11G46	6623390	1535210	37,41	spets
Skultuna	Rör nr 7	11G46	6623530	1535390	35,33	spets
Skultuna	Rör nr 8	11G46	6622620	1534730	29,19	spets
Stora Åsby	R 0003	10G85	6598986	1527895	18,54	spets
Stora Åsby	S 0102	10G85	6599311	1527802		sondering
Stora Åsby		10G85	6599145	1527990	17,116	schaktbrunn
Strömsberg	GVP3	11G29	6618720	1558020	22,03	
Sydväst om Hässlö vårdshus	216	11G09	6607603	1546101	14,11	
Sydväst om Åsenlundsvägen	9201	11G29	6615770	1545160	45,04	spets
Söder om infiltration i nederkant av uppforsbacke	7493	11G29	6615786	1545365	34,58	spets
Söder om infiltration.	9202	11G29	6615856	1545297	34,54	spets
Till höger om stigen från 154						
Söder om Pb 106 i åkerkant	7496	11G29	6615382	1545458	34,9	spets
Tibble		11G29	6611557	1547095	18,687	schaktbrunn
Till höger om infarten till vattenverket	7275	11G29	6614833	1545285	34,35	spets
Tomta		11G68	6630414	1542335	53,529	vattenyta
Tomta		11G68	6632326	1541609	60,027	schaktbrunn
Tomta 8		11G68	6631855	1541975	63,563	rörbrunn
Tortuna, Lundby gård	GVP1	11G29	6618530	1551350	33,19	
Tortuna, Lundby gård	GVP2	11G29	6618600	1551430	32,01	
Tortuna, under teleledning	7701	11G29	6618508	1551325	34,38	
Tortuna, vid GVP1	7702	11G29	6618529	1551354	33,78	spets
Tortuna, vid GVP2	9701	11G29	6618620	1551481	31,83	
Tösta		11G46	6625846	1544136	55,833	schaktbrunn
Tösta		11G46	6625965	1544385	53,518	schaktbrunn
Tösta	R 6502	11G46	6626459	1544421	64,79	rörbrunn
Ullvi	Obs rör 1:1	11G29	6610410	1549080		spets
Ullvi	Obs rör 1:2	11G29	6610430	1549090		spets
Ullvi	Obs rör 1:3	11G29	6610460	1549140		spets
Ullvi	Obs rör 1:4	11G29	6610540	1549090		spets
Ullvi	Obs rör 1:5	11G29	6610510	1549040		spets
Ullvi	Obs rör 1:6	11G29	6610540	1548940		spets
Ullvi	Obs rör 1:7	11G29	6609770	1549000		spets
Under kraftledning	6913	11G29	6614813	1545541	35,19	spets
Under kraftledning	6914	11G29	6614833	1545696	32,99	spets
Under kraftledning	6915	11G29	6614850	1545852	32,69	spets
Vattenverket. I kanten av långsamfilter	7039	11G29	6615103	1545103	34	spets
Vattenverket. Vid sidan om långsamfilter	7037	11G29	6615210	1545156	33,49	spets
Vid Gocartbanan	R 0005	11G29	6610504	1546921	13,04	spets
Vid vägen mellan Pb 103 och Pb 105	7284	11G29	6615467	1545312	42,89	spets
Vid vägen ner till Pb 105 och Pb 106	7610	11G29	6615640	1545438	38,76	
Vid vägkant av f.d. Kvistbergavägen	7491	11G29	6615720	1545499	39,33	spets
Vid vägkant av f.d. Kvistbergavägen	7495	11G29	6615657	1545353	41,03	spets
Vid vägkant söder om pumpstation	7605	11G29	6615611	1545276	41,28	
Vid vägkant öster om crossbana	6919	11G29	6615027	1545451	33,55	spets
Väderleksgatan	R 0006	11G09	6609208	1546140	14,78	spets

Plats	Obs.-punkt	Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Vänster om infiltrationbassäng	112	11G09	6607112	1546034	14,22	
Väster om järnvägen i åkerkant	7265	11G26	6616532	1544782	35,45	spets
Väster om järnvägen, ute på åkern	6929	11G26	6616977	1544599	36,19	spets
Väster om järnvägen, ute på åkern	6930	11G26	6617012	1544687	35,01	spets
Västerås flygplats	R 0001	11G09	6607990	1547533	3,79	spets
Västerås flygplats	S 0001	11G09	6608017	1546923		sondering
Åshyddan, Hässlö		11G09	6609023	1546120	19,557	schaktbrunn
Ändesta	7102	11G09	6609360	1556120	17	spets
Ändesta	7105	11G09	6609460	1556180	17,36	spets
Ändesta	7107	11G09	6609370	1556150	17,44	spets
Ändesta	7109	11G09	6609390	1556180	18,85	spets
Ändesta, gårdet	9401	11G09	6609417	1556321	17,4	
Ändesta, gårdet	GVP2	11G09	6609447	1556316	17,31	
Ändesta, skogen	GVP3	11G09	6609570	1556345	22,95	
Ändesta, vid gården (GVP1)	7108	11G09	6609395	1556151	14,33	spets
Ändesta, vid gården (GVP1)	8701	11G29	6609359	1556136	14,2	spets
Äs		11G26	6620373	1543676	38,912	rörbrunn
Äs	2 även 75	11G46	6620899	1543795	37,303	spets
Äs	Rör 1 (Pumpplats I)	11G26	6619970	1543290	28,7	spets
Äs	Rör 10	11G26	6619500	1543440		spets
Äs	Rör 11	11G26	6619190	1543550		spets
Äs	Rör 12	11G26	6618370	1543980		spets
Äs	Rör 13	11G26	6617670	1544110		spets
Äs	Rör 17	11G46	6620070	1543290		spets
Äs	Rör 18	11G46	6620050	1543300		spets
Äs	Rör 19	11G46	6620040	1543310		spets
Äs	Rör 2	11G46	6620210	1543340		spets
Äs	Rör 21	11G46	6620680	1543790	34,12	spets
Äs	Rör 3	11G26	6619930	1543350	28,2	spets
Äs	Rör 4	11G26	6619940	1543320	29,46	spets
Äs	Rör 5	11G26	6619900	1543290	28,64	spets
Äs	Rör 6	11G46	6620320	1543600		spets
Äs	Rör 7	11G46	6620560	1543740		spets
Äs	Rör 8	11G46	6620950	1543810		spets
Äs	Rör 9	11G46	6621500	1543970		spets
Öster om Badsjön i åkerkant under kraftledning	7046	11G29	6616204	1545190	34,34	spets
Öster om Badsjön i åkerkant	7047	11G29	6616252	1545293	33,77	spets
Östjädra	Obs rör nr 1	11G06	6605690	1531900	16,1	
Östjädra	Obs rör nr 2	11G06	6605700	1531860	15,54	
Östjädra	Obs rör nr 3	11G06	6605700	1531830	15,85	
Östjädra	Pump rör 1	11G06	6605690	1531890	16,19	

Hallstahammars kommun

Obs.-punkt		Karta Gula kartan	x-koord.	y-koord.	Rök m ö.h.	Obs.-typ
Agnesdalgatan 2, Agnesdal	Rb6325	11G03	6609805	1522887	28,3	spets
Amsta, Gröna vägen	Rb6339	11G03	6606367	1523568	18,3	spets
Amsta, norr i grustag	Rb7702	11G03	6606842	1523660	21,54	
Amstalund, grop vid Ruinen	Rb6318	11G03	6607365	1523715	16,88	spets
Boda		11G23	6611695	1526344	35,2	schaktbrunn
Bron över Strömsholms kanal	Vy1	11G03	6600599	1525610	6,17	vattenyta
Daghemmet Myran	6				16,13	
Finntorpet		11G23	6613703	1522066	61,49	schaktbrunn
G:la Herrevadskolan	10				16,95	
Gästgiveriet	Rb7705	11G03	6604944	1524452	15,38	
Hallstahammar	R 0103	11G03	6611293	1522256	50,32	spets
Hallstahammar, Skantzsjön	Vy5	11G23	6610461	1522880	37,17	vattenyta
Hallstavägen 10	8				15,42	
Hammarängen		11G23	6614990	1521630	56,31	schaktbrunn
Hammarängen, brygga	Vy7	11G23	6615199	1521471	55,76	vattenyta
Hjorttorpet		11G03	6607788	1519306		schaktbrunn
Kolbäck	Vy4	11G03	6604743	1523879	16,6	vattenyta
Kolbäck. Vattenverk, Råv. 1	Rb7501	11G03	6605353	1523913	14,28	
Kolbäck. Vattenverk, baksida	Rb6338	11G03	6605334	1523900	14,9	spets
Kolbäck. Vägen mot grundv.sjön	Vy3	11G03	6603690	1524318	11,98	vattenyta
Kolbäcks kyrkby		11G03	6603760	1524522	7,18	vattenyta
Laggarsjön	Vy6	11G23	6615137	1521344	59,35	vattenyta
Lundbacken		11G03	6608165	1519193		schaktbrunn
Mölnortorp		11G03	6602844	1525068	14,9	rörbrunn
Mölnortorp		11G03	6602924	1525073	13,57	
Mölnortorp	Kvarnhagstorp	11G03	6602260	1525230	15,74	spets
Mölnortorp. Bron över	Vy2	11G03	6602991	1525357	12,21	vattenyta
Kolbäcksån						
Näs vattenverk, infiltrationsdamm	Rb6004	11G03	6607926	1523436	20,65	spets
Näs vattenverk	Rb5602	11G03	6607913	1523573	21,67	spets
Näs vattenverk, Råvatten 3	Rb6303	11G03	6607949	1523515	24,44	spets
Näs, Bergslagsvägen 223	Rb6312	11G03	6608848	1523471	25,49	spets
Näs, Gropen	Rb6306	11G03	6608310	1523283	21,88	spets
Näs, Råvatten 2	Rb6304	11G03	6608043	1523379	22,65	spets
Näslund, Näslundsvägen 5	Rb6317	11G03	6609463	1523369	26,07	spets
Näslund, Råvatten 4	Rb6320	11G03	6609144	1523546	23,69	spets
Näslund, Vikingagatan 3	Rb6324	11G03	6609657	1523108	27,53	spets
Råvatten 2 [K]	Rb7704	11G03	6605928	1523962	14,91	spets
Råvatten 5	Rb6806	11G03	6609169	1523555	23,72	spets
Råvatten 6	Rb9301	11G03	6609145	1523558	23,79	
Smedjan, Åsby	Rb6326	11G23	6610045	1522610	32,62	spets
Strömsholm	R 0102	11G03	6601975	1525205	14,93	spets
Strömsholms ridskola	spruthuset	11G03	6600437	1525260	7,37	schaktbrunn
Ståltorp		11G23	6617830	1521327		schaktbrunn
Tappfallet		11G23	6615602	1520850	59,34	schaktbrunn
Tappfallet		11G23	6615815	1520929	58,65	schaktbrunn
Trollvad	Offerkälla	11G23	6613264	1522161	55,05	schaktbrunn
Trångfors	Livets källa	11G23	6611975	1522526	46,98	källa
Udden, Amsta, Amstalund	Rb6328	11G03	6607612	1523602	15,08	spets
Udden, Lyckhem (Näs vattenverk)	Rb7701	11G03	6607726	1523600	15,68	
Vallentingatan 1	4				16,14	
Vägböj, Näs vattenverk	Rb7302	11G03	6607889	1523426	20,75	
Ålunda		11G23	6616480	1521284	57,78	spets
Östra Ävägen 15	5				16,13	

Geofysiska mätningar

R = Georadar; S = Seismik

Västerås kommun

Profil	y start	x start	y slut	x slut	Plats eller sträcka
R1-00	1544188	6626101	1544237	6626101	Tösta
R2-00	1544174	6625699	1544172	6625140	Tösta
R3-00	1544186	6623186	1543886	6622560	Gesala
R4-00	1528271	6600098	1528252	6599991	Lilla Åsby
R5-00	1528179	6599867	1528180	6599963	Lilla Åsby
R6-00	1544217	6627857	1543926	6627418	Åbylund
R7-00	1527482	6598900	1527574	6598798	St. Åsby
R8-00	1527525	6598846	1527908	6599384	St. Åsby
R5-01	1543444	6628063	1543920	6627414	Åbylund
R6-01	1543611	6627729	1543879	6627985	Åbylund
R7-01	1544096	6627687	1544107	6627420	Åbylund
S1-00	1544153	6624195	1544246	6623983	Gunsta
S2-00	1544240	6623525	1544240	6623756	Björnkällan
S3-00	1544197	6627831	1544067	6627637	Åbylund
S4-00	1543423	6619940	1543649	6619895	Äs
S5-00	1544129	6623078	1543921	6622685	Gesala
S6-00	1543823	6622802	1544053	6622800	Gesala
S7-00	1542692	6627932	1543116	6628096	Smedstorp
S8-00	1543037	6619895	1543248	6619820	Lycksta
S9-00	1544240	6627764	1544388	6627942	Åbylund
S2-01	1527081	6598595	1527281	6598516	Horn
S3-01	1527296	6598663	1527511	6598759	Horn
S4-01	1543964	6627307	1544035	6627395	Hallsta
S5-01	1543913	6627831	1544107	6627709	Hallsta
S6-01	1544464	6626434	1544647	6626563	Tösta grustag

Hallstahammars kommun

Profil	y start	x start	y slut	x slut	Plats eller sträcka
R1-01	1525165	6602878	1524974	6602709	Åsen
R2-01	1525063	6602791	1525127	6602415	Åsen
R3-01	1525125	6602410	1525073	6602394	Åsen
R4-01	1525067	6602411	1525099	6602152	Åsen
R8-01	1525302	6600247	1525495	6599949	Strömsholm
R9-01	1525277	6600154	1525468	6600259	Strömsholm
S1-01	1524402	6603784	1524612	6603876	Kolbäcks kyrkby

Kemiska analyser av vatten i SGUs observationsrör

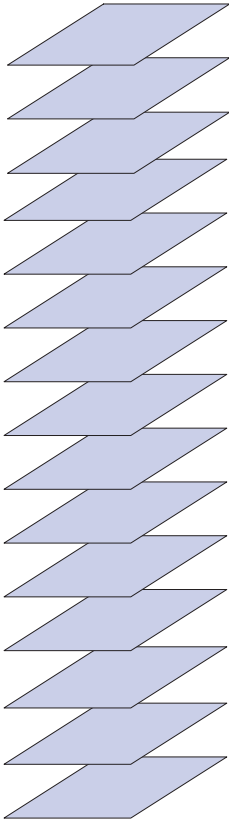
Parameter	Enhet	Observationsrör och provtagningsplats	
		R 0001	R 0101
		Djup: 8,0 meter under markytan Badelundaåsen Hässlö x: 6608100 y: 1547450	Djup: 5,1 meter under markytan Lagerbergsåsen Lilla Åsby x: 6600212 y: 1528312
Turbiditet	FNU	74	41
Lukt 20°C		tydlig	ingen
Lukt, art		Nässla, Grönt	-
Färg		75	80
COD(Mn)	mg/l	2,1	2,6
Konduktivitet 25°C	mS/m	62,0	31,0
pH		8,0	8,0
Temperatur vid pH-mätning	°C	21	25
Alkalinitet, HCO ₃	mg/l	180	120
Hårdhet total, Ca+Mg	mg/l	73	48
Hårdhet total	°dH	10	6,7
Kalcium, Ca	mg/l	48	35
Magnesium, Mg	mg/l	15	8,1
Natrium, Na	mg/l	46	14
Kalium, K	mg/l	11	5,8
Järn, Fe	mg/l	3,7	1,0
Järn efter luftning och filtrering	mg/l	0,12	0,86
Mangan, Mn	mg/l	0,19	0,06
Aluminium, Al	mg/l	0,34	0,84
Koppar, Cu	mg/l	<0,01	<0,01
Zink, Zn	mg/l	<0,02	<0,02
Ammonium-kväve, NH ₄ -N	mg/l	0,52	0,09
Nitrit-kväve, NO ₂ -N	mg/l	<0,001	0,015
Nitrat-kväve, NO ₃ -N	mg/l	<0,1	1,7
Fosfat-fosfor, PO ₄ -P	mg/l	<0,01	0,03
Fluorid, F	mg/l	0,59	1,6
Klorid, Cl	mg/l	67	14
Sulfat, SO ₄	mg/l	61	23

DATABASSTRUKTUR

Den digitala informationen över grundvattentillgångar i Västerås och Hallstahammars kommuner som finns tillgänglig i SGUs databaser presenteras översiktligt i figur 73. Informationen är framtagen i formaten MapInfo och ArcInfo, men kan erhållas även i andra format. Data är lagrade i koordinatsystemet RT90 2,5 gon V.

Övriga data med anknytning till ”Karta över grundvattenförekomster i Västerås kommun” och ”Karta över grundvattenförekomster i Hallstahammars kommun” som finns tillgängliga på SGU är bl.a.:

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



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

Fig. 73. Översiktlig databasstruktur. För Västerås och Hallstahammars kommuner saknas skiktet KVAL.

BAKGRUNDSMATERIAL, REFERENSER, LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Bakgrundsmaterial

Följande utredningar ligger till grund för kartläggningen av grundvattentillgångar i Västerås och Hallstahammars kommuner.

Förkortningar

AIB	Allmänna Ingenjörbyrå
K & M	Kjessler & Mannerstråle
LBF	Landsbygdens byggnadsföretag
SGI	Statens geotekniska institut
SGU	Sveriges geologiska undersökning
VBB	Vattenbyggnadsbyrå
VIAK	Ingenjörfirman VIAK (Via et Aqua)
VBB VIAK	VBB och VIAK efter sammanslagning

Numreringssystem: ID i SGUs Brunnsarkiv / ID i SGUs Georegister

Västerås kommun

ID	Titel
030/15381	Hydrogeologisk inventering av rullstensåsarna inom Västeråsregionen. SGU. 1964-04-04.
031/15382	Västerås, Hässlö. Borrningar och obsrör från år 1902, 1931, 1940, 1948, 1951 och 1957. SGU.
032/15383	Redogörelse för grundvattenundersökning vid Skultuna industrisamhälle, Västmanlands län. Orrje & Co. 1953-06-16.
033/15405	Redogörelse för grundvattenundersökning vid Äs avseende vattentäkt för Skultuna kommun. Orrje & Co. 1957-11-30.
062/15438	Västerås vattenförsörjning. Slutredogörelse för de preliminära undersökningarna vid Hökåsen-Malma i Badelundaåsen. SGU. 1971-08-01.
070/15475	Förslag till vattenförsörjnings - och avloppsanläggningar, för Östjädra samhälle, Dingtuna kommun, Västmanlands län. AIB. 1954-05-18.
071/15520	Redogörelse för grundvattenundersökningar för Barkarö i Dingtuna kommun, Västmanlands län. AIB. 1957-04-24.
085/15536	Badelundaåsen, sträckan Hässlö–Gesala, en geologisk och hydrogeologisk översikt. SGU. 1972-04-01.
086/15537	Haraker, vattenförsörjningen. SGU. 1971-02-11.
087/15538	Preliminär geologisk–hydrogeologisk bedömning av Västerås kommuns avfallstipp, Grytatippen (Tunbytorpstippen). SGU. 1972-04-07.
088/15539	Sevalla, vattenförsörjningen. SGU. 1971-02-02.
094/15545	Angående Bäckby-tunneln (flera olika utlåtande från flera olika håll). SGU, Tekniska verken, Västerås. 1973-10-01.

- 101/15552 Västeråsbygdens Regionplan – vattenförsörjning och avlopp. Principutredning. VBB. 1965-12-20.
- 102/15553 Principutredning rörande Västerås vattenförsörjning. VIAK. 1970-01-05.
- 103/15554 Västerås vattenförsörjning principförslag. VBB. 1970-01-07.
- 104/15555 Västerås stad. Tekniska verken. Redogörelse för geohydrologiska förhållanden i Badelundaåsen vid Hökåsen–Malma. Undersökningsavsnitt 1. VIAK. 1972-04-04.
- 105/15556 Västerås stad. Tekniska verken. Redogörelse för geohydrologiska förhållanden i Badelundaåsen vid Hökåsen–Malma. Undersökningsavsnitt 2. VIAK, Stockholm. 1972-06-20.
- 106/15557 Västerås stad. Tekniska verken. Redogörelse för geohydrologiska förhållanden i Badelundaåsen vid Hökåsen–Malma. Undersökningsavsnitt 3. Princip för infiltration. VIAK, Stockholm. 1972-06-22.
- 107/15558 Västerås Tekniska verk. Småortsutredningen. Vattenförsörjningen inom 7 småorter i Västerås kommun. VIAK, Falun. 1975-08-29.
- 108/15559 Västerås Tekniska verk. Nyckelön. PM beträffande vattenförsörjningen på Nyckelön. VIAK, Stockholm. 1974-09-11.
- 109/15560 Västerås Tekniska Verk. Nyckelön. VIAK, Falun.
- 110/15561 Redovisning av 3 undersökningsborrningar, kortvarig provpumpning samt brunnslösning inom Lundby, Tortuna, Västerås kommun. Akva Terra, Örebro. 1977-09-01.
- 111/15562 Redovisning av provpumpningsprotokoll samt skiss över rörbrunn vid befintligt vattentäktområde Tortuna, Västerås kommun. Akva Terra. 1977-09-26.
- 112/15563 Grustäktplan Igelsta 1:2, 1:4 och 1:5 Västmanlands län.
- 113/15564 Grustäktplan, Badelundaåsen: Tösta, Bjuggesta, Nortuna, Åkerby, Prästgården, Gunsta, Romfartuna socken.
- 114/15565 Täktplan: Åbylund, Brånsta i Romfartuna socken. 1970-03-18.
- 115/15566 AB Underås: Plan för täkt av grus vid Hallsta i Västerås kommun. VIAK. 1972-07-25.
- 116/15567 Grustäktplan Tomta 3:1, Romfartuna, Västerås. I. Ericsson.
- 117/15568 Förslag till täktplan. Lånsta, Gubbvad, Lågbo och Tomta inom Tärna och Västerås. VIAK. 1969-05-19.
- 123/15574 Västerås kommun. Grusgropssjö–Hökåsen. PM rörande de geohydrologiska och limnologiska förutsättningarna för utnyttjande av grusgropssjön vid Hökåsen för fritidsändamål. VIAK, Malmö. 1972-02-20.
- 138/15604 Förslag till ordnande av provisoriskt grundvattenverk vid Frövisjö med vattenledning till Skultuna samhälle. Orrje & Co. 1957-03-27.
- 144/15610 Redovisning av hydrogeologiska undersökningar utförda vid Hökåsens samhälle, Västerås stad. Akva Terra.
- 148/15614 Förslag till brunnabyggnad vid rör 6927 Hökåsen, Västerås kommun. Akva Terra. 1971.
- 150/15617 Redovisning av protokoll över rödrivning vid Hökåsen, Västerås kommun. Rör nr: 7148- 7155. Akva Terra. 1971-05-24.
- 151/15619 Sammanställning av protokoll över utförda kompletterande undersökningsborrningar Nr: 7035 till och med 7047 samt reviderad översiktsplan över Badelundaåsen. Akva Terra. 1970-12-21.
- 152/15621 Delresultat vid Hökåsen, Västerås kommun. Akva Terra. 1972-01-25.
- 153/15632 Västerås. Ändesta (Kungsåra). Provrör nr 7916-7022 = 7 st. Akva Terra. 1970-11-13.

- 154/15634 Redovisning av utförd grundvattenundersökning samt förslag till rörbrunn vid Ändesta, Kungsåra, Västerås kommun. Akva Terra. 1971-04-07.
- 158/15641 HSB:s Riksförbund. Grundvattenundersökningar vid Frösåkers gård inom Kungsåra kommun. VIAK. 1967-06-16.
- 184/15696 Geotekniskt utlåtande gällande anläggning 301 cisternal vid Västmanlands flygflottilj, Västerås. SGI. 1971-02-12.
- 188/15717 Utlåtande över översiktlig geoteknisk undersökning av ett område vid Hovdesta-Åby i Västerås kommun. K-Konsult. 1978-04-14.
- 189/15718 Yttrande över grundundersökning för en planerad uppfyllnad längs Svartån inom Hovdestalunds kyrkogård, Västerås. VIAK. 1959-04-14.
- 190/15719 Geotekniskt utlåtande gällande ombyggnad av E18, delen Bäckby–Vasagatan, Västerås kommun. Delutlåtande 10 för bro över Svartån (B10). Orrje & Co. 1973-04-18.
- 191/15720 Västerås vattenförsörjning. Grundvatten. PM angående infiltrationsanläggning vid Hökåsen. VBB. 1971-08-24.
- 207/15742 Utlåtande över grundförhållandena för planerad lagringsbassäng för sulfitlut vid Hallstaberg, Västmanlands län. SGI. 1950-02-08.
- 208/15743 Utlåtande över grundförhållandena för planerad lagringsbehållare i Orresta. SGI. 1964-11-12.
- 220/15756 VLF-mätningar för lokalisering av vattenförande sprickzoner vid Västerås sopstation. SGU. 1983-11-01.
- 222/15758 Seismiska grundundersökningar vid Badelundaåsen. Craelius Terratest AB. 1967-03-09.
- 223/15759 Utlåtande över seismiska grundundersökningar på Badelundaåsen, Västerås, Västmanlands län. Mätuppdrag 2. Craelius Terratest AB. 1967-11-22.
- 225/15761 Utlåtande över seismiska grundundersökningar vid Bäckby, Västerås stad, Västmanlands län. Uppdrag 2. Terratest AB. 1968-12-20.
- 232/15768 Geotekniskt utlåtande. Dagvattentunnel. Bäckby. Västerås. (Skiljedom i tvist mellan SENTAB och Västerås kommun). K & M. 1970-01-15.
- 233/15769 PM angående seismiska mätningar på Badelundaåsen, sträckan Malma gård–Badelunda kyrka. VIAK. 1971-03-11.
- 235/15771 Deponeringsanläggning vid Gryta, Västerås. Undersökningar avseende geohydrologi, berggrund samt yt- och grundvatten. VIAK, Västerås. 1980-08-13.
- 236/15772 PM angående olika möjligheter till vattenförsörjningsanläggningar för Skultuna. Orrje & Co. 1957-11-01.
- 237/15773 Redogörelse över utförd grundvattenundersökning och provpumpning vid Åsstugan i Ullvi, Kungsåra kommun, Västmanlands län. LBF. 1963-04-22.
- 240/15776 Badelundaåsen. Delen Igelsta–Tvärhandsbäcken. SGU. 1982-04-01.
- 244/15780 Västerås kommun, Tekniska verken. Hässlö vattentäkt. Hydrogeologisk beskrivning och beredskapsplan. VIAK. 1986-10-09.
- 245/15781 Västerås kommun, Tekniska verken. Fågelbackens vattentäkt. Hydrogeologisk beskrivning och beredskapsplan. VIAK. 1986-10-15.
- 246/15782 Grundvattenundersökning. Brunn 140 mm diameter. Akva Terra, Örebro. 1987-12-28.
- 249/26342 Provborrningar vid Kärsta, Orresta, Västerås kommun. Akva Terra. 1980-03-26.
- 257/26350 Västerås kommun, Orresta. Brunn 2, brunn 3. Akva Terra. 1993-11-01.
- 258/26351 Västerås Energi & Vatten. Fågelbacken, Hökåsen. Brunn 104. Akva Terra. 1995-04-20.

- 260/26549 Västerås kommun, Kärsta. Brunn 9601. Akva Terra. 1996-05-08.
- 262/26872 Outokumpu Copper. Rörborrningar. Bil. 1. VBB VIAK. 1993-04-27.
- 263/26873 ABB AB. Kv. Mimer, Västerås. Markundersökning. Sammanställning av borrhningsresultat. VBB VIAK. 1993-04-28.
- 265/26875 ABB Corporate Research. Tegnérområdet. Geomiljöundersökning. Provtagningspunkter. Bil. 1. VBB VIAK. 1996-02-26.
- 266/26876 ABB Corporate Research. Tegnérområdet. Kompletterande geomiljöundersökning. Provtagningspunkter. Bil. 1. VBB VIAK. 1996-04-16.
- 269/27338 Redogörelse för grundvattenundersökningar i kv. Kettil nr 2-4, Västerås. Kommunernas konsultbyrå – LBF. 1965-08-20.
- 270/27861 Grundvattenskemi i ett område i Västmanland. Variationer regionalt och mellan skilda geologiska miljöer. Uppsala Universitet. 1968-05.
- 277/30894 Provtagning. Outokumpu Copper, Västerås. VBB VIAK. 1998-10-19.
- 279/32503 Redogörelse över utförd grundvattenundersökning i Ändesta, Kungsåra kommun, Västmanlands län. Ing.firman Bergström & Co. 1958-01-28.
- 280/32504 Redogörelse över utförd grundvattenundersökning och provpumpning av vattentäkt i Ändesta, Kungsåra kommun, Västmanlands län. LBF. 1962-10-11.
- 282/32508 Redovisning av grundvattenundersökning samt rens- och provpumpning av befintlig rörbrunn vid Dingtuna vattenverk. Akva Terra. 1970-02-18.
- 283/32509 Redovisning av grundvattenundersökning vid Tortuna vattenverk. Akva Terra. 1970-02-23.
- 284/32510 Västerås vattenförsörjning. Förslag till undersökningsprogram för Hökåsen–Malma- och Hässlö–Björnö-områdena i Badelundaåsen. SGU. 1970-08-12.
- 285/32511 Västerås kommun. Tekniska verken. PM beträffande brunnsprovtagningar vid Hökåsen–Malma. VIAK. 1973-01-16.
- 286/32517 Västerås kommun, Tekniska verken. PM beträffande grundvattenundersökningar i Orresta. VIAK. 1973-02-12.
- 287/32520 Västerås Tekniska verk. Infiltrationsförhållandena inom Badelundaåsen vid Hässlö och Fågelbacken. VIAK. 1973-10-31.
- 288/32524 Västerås kommun. Infiltrationsanläggning vid Fågelbacken. VIAK. 1974-08-19.
- 289/32525 Redovisning av rörborrning vid brunn S:2 och S:3 samt förslag till 2 rörbrunnar i brunn S:2 vid vattenverket Hässlö, Västerås kommun. Akva Terra. 1976-11.
- 290/32526 Kompletterande borrhning vid Mälarskogs impregneringsverk i Strömsholm, Västmanlands län. SGU. 1980-02-20.
- 291/32545 Västerås kommun, Tekniska verken. Utvärdering av kort provpumpning i Orresta och förslag till utförande av rörbrunn. VIAK. 1982-12-03.
- 292/32546 Tekniska verken i Västerås. Undersökning av tidigare deponeringsplats vid Fågelbacken. VIAK. 1984-12-13.
- 293/32547 Tekniska verken i Västerås. Undersökning av tidigare deponeringsplats vid Fågelbacken. Analysomgång 1988-06-03. VIAK. 1986-07-31.
- 294/32548 Västerås kommun. Beredskapsplan för Ansta vattentäkt. PM - Förslag till kompletterande geohydrologiska fältundersökningar. VIAK. 1988-09-15.
- 299/32553 Västerås kommun, Tekniska verken. Ansta grundvattentäkt. Hydrogeologisk beskrivning, riskanalys och åtgärdsprogram. VIAK. 1989-02-17.

- 301/32557 Undersökning av ett grundvattenmagasin vid infiltrationsbortfall – anläggningen Fågelbacken i Västerås. Uppsala Universitet. 1989-06.
- 302/32558 Västerås vattenförsörjning. Alternativ lokalisering av vattentäkt. K-konsult. 1992-04-22.
- 315/33456 Observationsrör Hallsta, Romfartuna, Nortuna, Igelsta, Björnkällan. Akva Terra. 1967.
- 316/33468 Redovisning av rörprotokoll och diagram över siktanalyser samt ritning över Br. 101 och Br. 102 inom område Hökåsen, Västerås kommun. Akva Terra. 1972.
- 317/33470 Fågelbacken, Hökåsen, Västerås. Sammanställning av rörprotokoll med reviderade höjder efter kontrollavvägning oktober 1974. Nr: 6901–7499. Produktionsbrunnar nr: 101, 102, 103, 105, 106. Infiltrationsbrunnar nr: 150, 151, 152, 153, 154. Planritning V. 12089. Akva Terra. 1974.
- 318/33473 Västerås kommun, Tekniska verken. Rörborrningar inom Fågelbacksområdet. VIAK. 1976-09-09.
- 319/33474 Redovisning av rörprotokoll nr: 76100 och 76101 samt skiss av filterrör vid Br. 105, Fågelbacken, Västerås kommun. Akva Terra. 1976-11.
- 320/33476 Västerås kommun, Tekniska verken. Orresta vattenförsörjning. Bilaga 1: Sammanställning av borrhingsresultat. VIAK. 1982-06.
- 321/33483 Utveckling av en digital hydrologisk översiktsmodell som planeringsunderlag i Västerås kommun. 1991.
- 322/33488 Kyllager i Badelundaåsen. Hydrogeologisk undersökning av delen Malma - Skälby gård (PM 1998-12-17 koncept). VBB VIAK. 1998-12-17.
- 325/33496 Västerås kommun, Hässlö. Obsrör 8501 och 8502. Akva Terra. 1985-11-15.
- 326/33497 Protokoll över rödrivning. Västerås kommun, Hökåsen. Observationsrör 9201, 9202, 9203, 9204 och 9205. Akva Terra. 1992-07-17.

Hallstahammars kommun

ID	Titel
026/15349	PM beträffande grundvattenundersökning för Hallstahammars köping. VIAK. 1944-12-22.
027/15351	Yttrande över grundvattenundersökningar inom Hallstahammar. VIAK. 1952-01-18.
028/15379	Utlåtande över grundvattenundersökning för Kolbäck. VIAK. 1946-01-25.
029/15380	Förslag till vatten- och avloppsanläggningar för Strömsholmsområdet, Kolbäcks kommun. Ing.firman Bergström & Co. 1957-10-07.
074/15523	Redogörelse för kontroll av brunnsanläggning (Rb 7501 P) och stegprov pumpning vid vattenverket i Kolbäck. VIAK, Stockholm. 1976-06-10.
119/15570	Åsvårdsplan: Kolbäcksåsen sträckan Herrskogen Skanssjön. A. Andersson Ingenjörbyrå AB. 1968-10-10.
124/15575	Hallstahammar–Kolbäcksregionens vattenförsörjning. Teknisk beskrivning. VIAK. 1972-07-03.
162/15674	Hallstahammars Köping. Vattenförsörjning. Redogörelse för grundvattenundersökningar och infiltrationsförsök. VIAK. 1965-02-12.
163/15675	Hallstahammar–Kolbäcksregionen. Skyddsplan för Strömsholmsåsens grundvatten. VIAK. 1968-09-23.

- 183/15695 Geologisk kartering av Strömsholmsåsen mellan Hallstahammars köping och Kolbäcks samhälle. SGU. 1966-06-17.
- 228/15764 Hallstahammar–Kolbäcksregionens vattenförsörjning. Redogörelse för undersökningar. VIAK. 1965-12-21.
- 304/32560 P.M. beträffande utförande av grundvattenbrunn i Kolbäck. Ing. firman VIAK, Olsson & Jonsson. 1946-02-07.
- 305/32561 Yttrande över förberedande grundvattenundersökningar vid Näs inom Hallstahammar. Ing. firman VIAK, Olsson & Jonsson. 1949-08-03.
- 306/32562 Hallstahammars kommun. Program för genomförande av rensumpning av befintliga grusfilterbrunnar, Br 2 och 3, vid vattenverket i Näs. VIAK. 1975-09-29.
- 311/32571 Hallstahammars kommun. Duvhällarna. Kompletterande PM beträffande geohydrologiska undersökningar. VIAK. 1981-01-21.
- 312/32572 Hallstahammars kommun. Valsta. Kompletterande PM beträffande geohydrologisk undersökning. VIAK. 1981-02-11.
- 313/32573 Hallstahammars kommun. Vattenförsörjning. Redogörelse för grundvattenundersökningar i Strömsholmsåsen delen Skantzen–Amstalund samt åtgärdsförslag. VIAK. 1987-10-30.
- 314/32574 Hallstahammars kommun. Strömsholmsåsen. Risk- och sårbarhetsanalys för grundvattentäkter. VIAK. 1990-12-12.

Referenser

- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4415*.
- Arnbom, J.-O., 1984: Beskrivning till berggrundskartan Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 204*.
- Björnbom, S., 1984: Beskrivning till jordartskartan Strängnäs NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 60*.
- Bååth AB, 1988a: PM Badelundaåsen. Geologisk och hydrogeologisk utredning sträckan Gunsta–Hallsta samt Vallrum i samband med planerat byggnadsavfallsupplag inom Tösta 1:7.
- Bååth AB, 1988b: Västerås kommun, Gatukontoret. Geologisk kartläggning med georadar och fältkartering sträckan Lillån–Igelsta grustag.
- Bååth AB, 1988c: PM Badelundaåsen. Utvidgning av täktverksamheten inom Brånsta 1:7 och Brånsta 4:5.
- Bååth AB, 1989a: Gräv & Schakt AB, Västerås. Geoundersökning avseende lokalisering av byggnadstipp inom Tösta 1:14, ca 13 km norr Västerås.
- Bååth AB, 1989b: Geologisk undersökning på del av Badelundaåsen inom fastigheterna Brånsta 1:7, 4:5, 5:1 och Nortuna 1:2 m.fl.
- Engqvist, P. & Müllern, C.-F., 1981: Beskrivning till hydrogeologiska kartan Eskilstuna NO. *Sveriges geologiska undersökning Ag 8*.
- Kugelberg, O.F., 1862: Beskrivning till kombinerade jord- och berggrundskartan Skultuna. *Sveriges geologiska undersökning Aa 3*.
- Kugelberg, O.F., 1863: Beskrivning till kombinerade jord- och berggrundskartan Enköping. *Sveriges geologiska undersökning Aa 7*.
- 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*.
- Lundegårdh, P.H., 1974: Beskrivning till berggrundskartan Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Af 111*.
- Lundegårdh, P.H. & Nisca, D., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 122*.
- Magnusson, E., 1975: Beskrivning till jordartskartan Eskilstuna NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 18*.
- Magnusson, E., 1979: Beskrivning till jordartskartan Västerås SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 35*.
- Magnusson, E., 1984: Beskrivning till jordartskartan Västerås SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 64*.
- Magnusson, E., 1989: Beskrivning till jordartskartan Eskilstuna NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 103*.
- Magnusson, E., 1993: Beskrivning till jordartskartan Västerås NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 117*.
- Möller, H., 1976: Beskrivning till jordartskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 28*.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1974: The national groundwater network of Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca 48*, 160 s.
- Ripa, M., Kübler, L., Persson, L. & Göransson, M., 2002: Beskrivning till berggrundskartan och bergkvalitetskartan Västerås NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 217*.
- SGU, 1994: Grundvattnet i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Ah 17*.
- Statens Livsmedelsverk, 2001: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV Författningssamling 2001:30*.
- Stålhös, G., 1977: Beskrivning till berggrundskartan Enköping SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 118*.

- Stålhös, G., 1985: Beskrivning till berggrundskartorna Strängnäs NV och NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 144 & Af 145*.
- Svantesson, S.-I., 1999: Beskrivning till jordartskartan Enköping NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 131*.
- 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*.
- VBB, 1964: Västeråsbygdens regionplan. Vattenförsörjning och avlopp. Förslag till kompletterande geologiska och hydrologiska undersökningar i Badelundaåsen.
- VBB, 1965: Västeråsbygdens regionplan. Vattenförsörjning. Redogörelse över utförda rekognosceringsborrningar i trakten Hallsta–Tomta tiden oktober 1964–januari 1965 och mars–april 1965.
- VIK, 1943: Grundvattenundersökningar för Hallstahammars köping. VIK, 1977: Hallstahammars kommun. Komplettering och översyn av observationsrör inom grundvattenförekomst i Strömsholmsåsen.
- VIK, 1980a: Hallstahammars kommun. Vattenverket vid Näs. Infiltrationsförfarande.
- VIK, 1980b: Hallstahammars kommun. Duvhällarna. PM beträffande översiktliga geohydrologiska undersökningar.
- VIK, 1980c: Hallstahammars kommun. Valsta. PM beträffande översiktliga geohydrologiska undersökningar.
- VIK, 1980d: Hallstahammars kommun. Observationsrör för grundvatten inom Kolbäck samhälle.
- Wikner, T., Söderholm, H., Müllern, C.-F. & Engqvist, P., 1982: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Västmanlands län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 2*.

Övrig litteratur

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Statens naturvårdsverk. Rapport 4128*.
- Agerstrand, T., 1973: Vattenmiljön. I P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjörö & M. Falkenmark (red.): *Praktisk geohydrologi, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Ahlbom, K., Gustafson, G. & Norling, E., 1980: Energigeologisk kartering. Metodstudie. *Byggnadsnäringsrådet 1980:134*.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning, dimensionering, borrning, drift. *Byggnadsnäringsrådet R 42:1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergbore brunnar. Förstudie. *Byggnadsnäringsrådet R 142:1980*.
- Annadotter, H., 1993: Algtoxiner i dricksvatten: en undersökning vid två svenska vattenverk samt en litteraturstudie. *VA-forsks rapportserie 1993:03*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Chalmers tekniska högskola, Geologiska institutionen Publ. A81*.
- Berggren, M., 1998: Hydraulic conductivity in Swedish bedrock estimated by means of geostatistics. *Kungl. tekniska högskolan Thesis Report Series 1998:9*.
- Bergman, G., 1972: *Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytter och perkolationsbanor i jordlager*. Stockholms universitet. Kvartärgeologiska institutionen. Även Styrelsen för teknisk utveckling 69-519/U386.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI, Norrköping.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäkter i Sverige. *Statens naturvårdsverk. Rapport 3567*.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *Byggnadsnäringsrådet. T 44:1982*.

- Broberg, A., Jansson, M., Johansson, S. & Landberg, J., 1974: Inverkan av grustäkt under grundvattenytan i isälvsmaterial. Lägesrapport 1 (1972-07-01–1973-11-15). *Publ. B 26. Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet, Geologiska institutionen.*
- Broberg, A. & Jansson, M., 1975: Inverkan av grustäkt under grundvattenytan i isälvsmaterial. Lägesrapport 3. Biologiska undersökningar (1973-11-15–1974-12-01). *Publ. B 38. Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet, Geologiska institutionen.*
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. – metod – teknik – analys.* Stockholm.
- Byggeforskningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982.*
- Bäckström, O., 1981: *Förurning.* Uppsala universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Carlsson, A. & Olsson, T., 1977: Hydraulic properties of Swedish crystalline rocks. *The Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, N.S., vol. 7.*
- Carlsson, L., 1970: Metoder för praktisk bestämning av grundvattnets strömningshastighet. *Chalmers tekniska högskola, Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik. Serie B 70:1.* Göteborg.
- Carlsson, L. & Carlstedt, A., 1977: Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks. *Nordic Hydrology 8*, 1977, 103–116.
- Carlsson, L. & Gustafsson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Byggeforskningsrådet R41: 1984.*
- Coordinating committee for hydrology in nordic countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology.* I. Johansson (red.). Almqvist & Wiksell International, Stockholm.
- De Geer, J., 1964: *Hydrogeologisk inventering av rullstensåsarna inom Västeråsregionen.* Lic.-avhandling i kvartärgeologi vid Uppsala universitet, Geologiska institutionen.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäckets akviferer främst åsarnas. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.): *Grundvatten.* Norstedt & Söner förlag, Stockholm.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. *Uppsala universitet. Naturgeografiska institutionen. Avdelningen för Hydrologi. Report Series A, Nos 2 and 39.*
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari, 1978. Papers of workshops.* Helsinki.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Sveriges geologiska undersökning. Information från brunnarkivet 1/81.*
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen*, 65–84, 141–149.
- Fredén, C. (temaredaktör), 2002: *Berg och jord.* Tredje upplagan. Sveriges nationalatlas.
- Frycklund, C., 1998: *Artificial recharge of groundwater for public water supply. Potential and limitations in Boreal conditions.* Kungl. tekniska högskolan, Dissertation, Div. of Land and Water Resources.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar 21*, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck.* Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafson, G. & Johansson, S., 1972: Inverkan av grustäkt under grundvattenytan. Lokal inventering. *Publ. B 11. Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet, Geologiska institutionen.*
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nordic Hydrologic Conference, Aalborg 1974*, 525–543. København.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. *Nordic Hydrologic Conference, Reykjavik 1976*, IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology 8*, 1977, 65–82. Reykjavik.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I E. Eriksson, Y. Gustafsson & K. Nilsson (red.): *Grundvatten.* Norstedt & Söner förlag, Stockholm.
- Hedström, R., 1996: Olycksfrekvenser vid transport av farligt gods – risker för recipienter och vattentäkter. *VAV.M95.*

- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggforskningsrådet R:47*.
- Johansson, P.-O., 1987: Methods for estimation of direct natural groundwater recharge in humid climates – with examples from sandy till aquifers in southern Sweden. *Kungliga tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 1045*.
- Johansson, P.-O., 1987: Spring discharge and aquifer characteristics in a sandy till area in southeastern Sweden. *Nordic Hydrology 18*, 203–220.
- Johansson, S. & Landberg, J., 1975: Inverkan av grustäkt under grundvattenytan i isälvsmaterial. Lägesrapport 2 (1973-11-15–1974-12-01). *Publ. B 37. Chalmers tekniska högskola, Göteborgs universitet, Geologiska institutionen*.
- Knutsson, G., 1979: Hydrogeologisk översiktskartering av Sverige. *Vannet i Norden 1*. Uppsala.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- Knutz, Å., Svensson, T., Lindmark, P., Rosén, B., Eriksson, A. & Landin, O., 1995: Yt- och grundvattenskydd. *Vägverket Publikation, 1995:1*.
- Kommittén för Mälarens vattenvård, 1975: Mälaren–Hjälmaren. Kolbäckssån – inventering av dammar och regleringsförhållanden. *Publikationer från Mälarkommittén nr 23*.
- Kommittén för Mälarens vattenvård, 1978: Vårfloden 1977 i Arbogaån, Hedströmmen och Kolbäckssån – en hydrologisk utvärdering. *Publikationer från Mälarkommittén nr 32*.
- Larsson, I., 1972: Groundwater in granite rocks and tectonic models. *Nordic Hydrology 3*, 111–129.
- Larsson, I., 1977: Torra och vattenrika bergartstyper i svenskt urberg. *Vatten*, 33.2, 96–101.
- Lerner, D.N., Issar, A.S. & Simmers, I., 1990: *Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists. Hannover, Heise. (International contributions to hydrogeology. Vol. 8.)
- Lindén, A., Melin, O. & Mellander, H., 1983: *Områden med anomal radioaktiv värmeproduktion i södra och mellersta Sverige*. Energiforskningsnämnden. Långsiktig energitillförsselforskning.
- Lindgren, J., 1997: Radon i vatten – ännu inga gränsvärden. *Sveriges geologiska undersökning. Grundvatten 2/96–1/97*.
- Lidman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet. Stockholm.
- Maxe, L. (red.), 1995: Effects of acidification on groundwater in Sweden. *Swedish Environmental Protection Agency. Report 4388*.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. 6:e *Nordiska Hydrologiska Konferensen*. Uppsala Universitet, Naturgeografiska Institutionen. Rapport Nr 53. Uppsala.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Grundvatten. *Rapport 4915*.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP Rapport 35*.
- Nordqvist, R., 1982: *Försurning*. Uppsala Universitet. Kvartärgeologiska avdelningen.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggforskningsrådet Rapport 1985:149*.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia Vol. XLII*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater Documentation in Sweden. *Water Quality Bulletin, Vol.13, No. 4*, WHO Canada Centre for Inland Waters, October 1988.
- Pousette, J., 1989: The Swedish hydrogeological county maps. *Memoires of the International Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development*. Hannover, Federal Republic of Germany.

- Pousette, J., 1994: Shallow groundwater in Sweden – a vulnerable resource. *Water Down Under '94, Preprints of Papers*, IEAust, Barton, Australia.
- Programmet för övervakning av miljö kvalitet (PMK), 1986: Sura och försurade vatten. *Monitor*. Statens naturvårdsverk.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Report Series A, No 41, Division of Hydrology, Uppsala Universitet*.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. *Kungl. tekniska högskolan. Institutionen för kulturteknik. Meddelande TRITA-KUT 3023*.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural O-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone. In: *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*.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *Va-forsks rapportserie 1992-13*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet, 1995: VA-verk 1994. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. *VAV S94*.
- Svenska Vatten- och Avloppsverksförbundet, 1997: Skydd av vattentäkter. *Meddelanden, VAV M98*.
- Svensson, C., 1996: Litteraturlista för grundvatten i urban miljö på internet. *VA-forsks rapportserie 1996-12*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC 45*. Uppsala.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC 77*. Uppsala.
- UNESCO, 1983: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris.
- Wikner, T., 1974: Regional hydrogeologisk studie av tre mellansvenska åsstråk. Lic.avhandling i kvartärgeologi vid Uppsala universitet, Geologiska institutionen.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish Eskers. *Kungl. tekniska högskolans handlingar nr 61*.

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

Nr

9. Knutsson, G. & Fagerlind, T., 1977: Grundvattentillgångar i Sverige.
10. Modig, S., Knutsson, G., Nordberg, L. & Persson, G., 1978: Särtryck ur Ymer 1978 – Bebyggelsen och vatten.
14. Hydrogeologi vid SGU. Särutgåva av Vannet i Norden. 1979.
17. Karlqvist, L. & Qvarfort, U., 1980: Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand-bentonit-skikt.
21. Olsson, T., 1980: Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge.
27. 7th Salt Water Intrusion Meeting, Proceedings, 1981: Intruded and relict groundwater of marine origin.
30. Åkerblom, G. & Wilson, C., 1982: Radon – geological aspects of an environmental problem.
37. Andersson, M. & Ohlsson, S.-Å., 1984: Geokemisk kartering.
39. Lindewald, H., 1985: Salt grundvatten i Sverige.
42. Ressar, H. & Ohlsson, S.-Å., 1985: Geokemisk kartering. Bäcktorv.
43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
68. Ressar, H., Ekelund, L. & Ohlsson, S.-Å., 1991: Biogeokemiska kartan 5–7, I–K och 8–10, E–G. Tungmetaller i bäckvattenväxter.
75. Ekelund, L., Nilsson, C.-A. & Ressar, H., 1993: Biogeokemiska kartan 8–10, G–J och 11–12, H–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter.

78. Nilsson, C.-A. & Ressar, H., 1995: Biogeokemiska kartan 11–12, E–H och 12–13, G–J. Tungmetaller i bäckvattenväxter.
86. Selinus, O. (red.), 1996: Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövårdare. Exempel från Mittnordenområdet.
87. 14th Salt Water Intrusion Meeting. SWIM -96. 1996.
99. Aastrup, M. (red.), 1999: Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag

Grundvattenkartor i skala 1:50 000

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

SGU serie K

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

- | | |
|-----|------------------------|
| K44 | Umeå |
| K49 | Västerås-Hallstahammar |
| K50 | Kristinehamn |

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

Alingsås	Klippan	Nynäshamn
Botkyrka	Kumla	Partille
Burlöv	Kungsör	Salem
Båstad	Kävlinge	Staffanstorps
Båstad	Köping	Stockholm
Ekerö	Laholm	Södertälje
Enköping	Landskrona	Uddevalla
Eskilstuna	Lerum	Vargårda
Göteborg	Linköping	Åstorp
Halmstad	Lomma	Ängelholm
Haninge	Lund	Örebro
Heby	Malmö	Örkelljunga
Håbo	Mölndal	
Harryda	Norrtälje	

