

Beskrivning till kartan Grundvattenförekomster i Göteborgs kommun

Lars-Ove Lång



ISSN 1652-8336
ISBN 978-91-7158-687-2

För mer detaljerad information om jordarter och berggrund hänvisas till SGUs 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: Källhuset vid Kallebäcks källa i Göteborg.
Foto: Lars-Ove Lång.

FÖRORD

Kartan över grundvattenförekomster i Göteborgs kommun ingår i en serie kommuninriktade grundvattenkartor som framställs av Sveriges geologiska undersökning, SGU. Kartläggningen har utförts inom det s.k. Göteborgsprojektet, där SGU med delfinansiering av Göteborgs kommun samlat in och bearbetat geologisk information. Arbetet har genomförts i nära samarbete med Stadsbyggnadskontoret och Miljöförvaltningen vid Göteborgs kommun samt Gatubolaget.

Kartan är avsedd att i första hand komma till användning i den kommunala verksamheten, men kan givetvis även utnyttjas i andra grundvattenrelaterade sammanhang. Den är speciellt anpassad för att, tillsammans med den framtagna "Underlagskartan för grundvattenskydd", utgöra ett av de beslutsunderlag som krävs i samband med kommunal planering enligt miljöbalken, PBL och de nationella miljökvalitetsmålen för t.ex. markanvändning, vattenförsörjning och grundvattenskydd samt vid arbete med grundvattenrelaterade tillstånds- och tillsynsfrågor.

Kartan över grundvattenförekomster i Göteborgs kommun är framställd digitalt. Informationen har en noggrannhet som huvudsakligen är avsedd att passa en framställning i skala 1:50 000. Framställningen av analoga kartor över hela eller delar av kommunen från kartdatabasen kan göras i såväl större som mindre skala, vilket emellertid kräver insikt i att bl.a. noggrannheten inte alltid överensstämmer med den förändrade kartskalen.

Projektleddare för Göteborgsprojektet har varit Mats Engdahl. Undersökningen av grundvatten genomfördes under 1999–2000 med Lars-Ove Lång som ansvarig. Insamling och bearbetning av befintligt material samt fältinventering av brunnar och observationsrör utfördes till största delen av Sofia Book. Geofysiska undersökningar i fält utfördes av Bo Wällberg medan Roger Smedberg ansvarade för borrhningarna. I fältarbetena medverkade även Mats Engdahl, Sven-Erik Gradstock och Sven-Erik Sundevall vid SGU samt Linda Petersson, Göteborgs Universitet. Inom ramen för Göteborgsprojektet har Thomas Eliasson och Inger Lundqvist bistått med information om berggrunden, Mats Engdahl och Sven-Erik Sundevall med jordartsdata och Fredrik Klingberg med data om jordlagerföljder under Göta älv. Kemisk analys av grundvattenprov från observationsrör har utförts av Sten-Åke Ohlsson. Den digitala bearbetningen har skett under ledning av Magnus Åsman. Dessutom har Åsa Lindh arbetat med framställning av digital information. Textbidrag har lämnats av Bo Thunholm (grundvattennivåer och grundvattnets kemi i allmänhet), Bo Wällberg (metodbeskrivningar – seismik) och Magnus Åsman (metodbeskrivningar – kriging och variogramanalys). Carl-Fredrik Müllern har bistått med råd under arbetets gång.

Lars-Gunnar Hellgren vid Stadsbyggnadskontoret har varit kommunens kontaktperson och har medverkat vid bedömningen av jordlagrens utbredning. Från Miljöförvaltningen har Kåre Ström och Marie Börnell bistått med uppgifter och Anna Forslund framställt material för "Underlagskarta för grundvattenskydd". Roger Oscarsson, Ove Bramstång och Dennis Olsson vid Gatubolaget har stått till förfogande vid insamling och bearbetning av grundvattendata. Vid Länsstyrelsen i Västra Götalands län har Inger Eriksson, Anette Klirén och Maria Gustavsson tagit fram information.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	6
Bakgrund	6
Syfte	6
Utförda arbeten	6
Resultat	7
Grundvattentillgångar	7
Grundvattnets kemiska sammansättning	7
Grundvattentillgångar	8
Naturresursen grundvatten	8
Vattnets kretslopp	9
Grundvattnet i och intill en grusås	10
Grundvattenbildning	11
Grundvattennivåer	12
Dricksvattenkvalitet	15
Grundvattentäkter	17
Kartläggning av grundvattentillgångar	19
Insamling	19
Nivåmätningar i observationsrör	19
Brunnsinventering, geofysiska mätningar och borrhningar	20
Karta över grundvattentillgångar	20
Grundvattentillgångar i berggrunden	21
Geologisk beskrivning	21
Metodik	22
Resultat	23
Grundvattentillgångar i jordlager	25
Geologisk beskrivning	25
Metodik	26
Resultat	28
Vattenförsörjning	46
Historik	46
Framtid	46
Grundvattnets kemi	47
Salt grundvatten	47
Åtgärder mot salt grundvatten	49
Grundvattnets kemiska sammansättning	49
Insamling	49
Redovisning	51
Resultat – hela kommunen	53
Resultat – Ellesbo	78
Resultat – källor	81

Grundvattnets sårbarhet	82
Allmänt om grundvattnets sårbarhet	82
Grundvattenpåverkan	82
Konsekvens- och riskanalys	82
Skydd av grundvattnet	83
Metodbeskrivningar	84
Seismik	84
Grundläggande principer	84
Mätförfarande	85
Geologiska förutsättningar	85
Tillämpningsområden	86
Kriging och variogramanalys	86
Dokumentation av fältarbeten	87
Geofysiska mätningar	87
Borrningar	87
Inventering av brunnar och observationsrör	88
Mätserier över grundvattnets trycknivå	90
Lagerföljder i Ellesbo	95
Litteratur och grundvattenkartor	103
Allmän litteratur och referenser	103
Ej tryckta utredningar	109
SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel	113
Grundvattenkartor	114
SGU serie Ag	114
SGU serie Ah	114
SGU serie An	115
SGU serie K	115

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Grundvatten kartläggs vid SGU kommunvis i skala 1:50 000 (serie An och serie K) samt länsvis i skala 1:250 000 (serie Ah). Kartorna är inriktade mot att presentera grundvattenförekomster. Även beskrivning av grundvattnets kemiska sammansättning ingår. Vid kartläggning av kommuner ingår vanligen en omfattande fältarbetsdel. Undersökning sker av förekomster som potentiellt är av intresse för framtida grundvattenuttag. Denna grundvattenkartering av Göteborgs kommun följer An-seriens upplägg. Undersökning i tätortsmiljö och de specifika förhållandena i Göteborg har dock inneburit att tonvikt lagts på att sammanställa befintlig information medan fältarbetet fått en mer underordnad roll.

I SGUs nuvarande uppdrag ingår att för befolkningstäta områden ta fram behovsanpassad geologisk information. Kartläggningen av grundvattentillgångarna i Göteborgs kommun har utförts inom det s.k. Göteborgsprojektet, där SGU med delfinansiering av Göteborgs kommun samlat in och bearbetat geologisk information. Plottade kartor och digitala databaser har tagits fram för berggrund, bergkvalitet, jordarter på land och på havsbotten, jordlagrens geokemiska sammansättning samt grundvatten. Resultaten kan användas för kommunal planering och tillståndsgivning, som stöd för bygghande och i samband med mark- och miljöundersökningar, etc.

Syfte

Kartläggningen av grundvattentillgångarna syftar till att bedöma utbredning och kapacitet hos grundvattenmagasin, ange grundvattnets strömningsriktningar och sammanfatta annan grundvatteninformation såsom källor, vattentäkter och skyddsområden. Dessutom beskrivs den kemiska sammansättningen i grundvatten som ej är lokalt förorenade. En "Underlagskarta för grundvatenskydd" enligt SGUs metodik har också framställts.

Utförda arbeten

Undersökningen har omfattat insamling och bearbetning av befintligt material, fältarbete och sammanställning. Arbetet har genomförts i nära samarbete med Stadsbyggnadskontoret, Miljöförvaltningen och Gatubolaget. Övrig information har erhållits från konsultbolag, utgiven litteratur, etc. För bedömningen av grundvattentillgångarna har den digitala jordartskarta som framtagits inom Göteborgsprojektet (Engdahl 2000) legat till grund.

Befintligt material från SGU avser sammanställning av uppgifter från SGUs dataarkiv, geologisk information redovisad inom Göteborgsprojektet, länskartan över grundvattnet i f.d. Göteborgs och Bohus län (Engdahl m.fl. 1999) samt beskrivningar tillhörande tidigare utgivna jord- och berggrundskartor.

Av övrig befintlig information ingår utredningar för bestämning av jordlagerföljder (även muntlig information har erhållits) främst från Stadsbyggnadskontoret och Gatubolaget, mätningar av grundvattnets trycknivå från Gatubolaget, arkiv över grundvattenkemiska analyser från Miljöförvaltningen och utredningar utförda för vissa intressanta områden.

Fältarbetet i Ellesbo omfattade:

- Seismiska mätningar i fem profiler samt avvägning.
- Inventering av brunnar.
- Neddrivning av fem observationsrör samt sonderingsborrning.
- Provtagning av grundvattnet för kemisk analys.
- Avvägning av seismiska profiler, brunnar och observationsrör.

I övriga delar av kommunen:

- Inventering av observationsrör tillhörande Gatubolaget samt nivåmätning i ett urval av dessa.
- Seismisk mätning och avvägning av en profil i Hjällbo.
- Kemisk provtagning av naturliga källor.

I databaserna har inlagrats brunnnsdata, kemidata, seismiska data, borrhingsdata och grundvattennivådata. Kartdatabaser har upprättats över grundvattentillgångar i berggrunden, grundvattentillgångar i jordlagren, större sprickzoner i berggrunden, grundvattennivåer, grundvattnets strömningsriktningar, grundvattendelare och källor.

Resultat

Grundvattentillgångar

Grundvattentillgångar har för jordlagren bedömts i de områden där sand och grus förekommer i tillräcklig mängd för att utgöra det bästa grundvattenmagasinet. Dessa jordlager går antingen i dagen eller täcks av finkorniga sediment, främst lera. I övriga områden anges tillgångar i berggrunden. Kartbilden bygger i grunden på de ursprungliga jordartsförhållandena. Bebyggelse, uttag av naturgrus och utfyllnad av täkter, önskad kemisk sammansättning hos grundvattnet, m.m. reducerar i många avlagringar uttagsmöjligheterna mycket kraftigt. Värdet av resultaten vad gäller grundvattentillgångarna ligger främst i planering av reservvattentäkter och enskild eller gemensam vattenförsörjning lokalt.

Göteborgs kommun har ett fåtal sand- och grusförekomster som inte täcks av lera. Den största tillgången, vid Kallebäck, används av livsmedelsindustrin. Andra större avlagringar, som i Rösered och Gunnilse i nordost samt vid Grimbo på Hisingen, är starkt påverkade av täktverksamhet och dagens markanvändning utesluter större vattenuttag. Ellesboavlagringen på nordöstra Hisingen är den största jordackumulationen som går i dagen inom kommunen. De utförda undersökningarna visar att grundvattentillgångarna är begränsade, liksom förutsättningarna för konstgjord grundvattenbildning.

Förutsättningar finns för att i vissa områden utvinna grundvatten ur sand och grus under lera. Brunnar i jord kan då vara ett bra alternativ till bergborrade brunnar för enskilda vattentäkter, samfällighetsvattentäkter eller mindre, kommunala vattentäkter. Problem med markstabilitet och vattenkvalitet (främst salt grundvatten) är faktorer som då måste vägas in. Inom kommunen bedöms "Göteborgsmoränens" sträckning från Bagaregården norrut utmed östra sidan av Göta älvs dalgång till Hjällbo ha de bästa grundvattentillgångarna (5–25 l/s). Grundvattentillgångar med kapacitet 1–5 l/s anges för betydande delar av de större ådalarna i kommunen (Göta älv, Lärjeån, Sävåån, Mölndalsån och Stora ån vid Sisjön).

Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnssarkiv har använts för att ta fram områden i kommunen med olika möjligheter till uttag. Generellt är uttagsmöjligheterna högre i berggrunden i kommunens östra delar. Enskilda brunnar med angiven kapacitet över 6 000 l/h finns dock i hela kommunen.

Grundvattnets kemiska sammansättning

Kemiska analyser på vatten från totalt 778 lokaler i kommunen har gjorts. Av dessa är 548 bergborrade brunnar och 230 anlagda i jord (observationsrör eller grävda brunnar). Huvuddelen är enskilda vattentäkter. Inom ramen för SGUs kartering har kemiska analyser utförts på prov från brunnar och observationsrör i Ellesbo, från några källor spridda i kommunen samt från 18 av Gatubolagets observationsrör. Tillkommer gör också observationsrör som ingår i kommunens övervakning av ytligt grundvatten samt kommunala och förordnandevattentäkter, varifrån det också finns mätserier.

Analysen från platser där lokal föroreningspåverkan misstänkts har utelämnats. Analysresultaten presenteras i kartform. Observationsrör och grävda brunnar i jord respektive bergborrade brunnar redovisas var för sig. Resultaten visar följande:

- Lågt pH innebär ofta även låg alkalinitet och totalhårdhet. I Sisjöområdet öster om Askim, inom de centrala delarna av Hisingen samt i nordost är det vanligare med grundvatten med pH <6,5. Brunnar i jord som är anlagda i eller grävda genom svallavlagringar uppvisar genomsnittligt lägst pH, alkalinitet och totalhårdhet. Tidsserier från kommunens övervakning visar på en sjunkande tendens i alkalinitet under första delen av 1990-talet samt en åtföljande uppgång under den senare delen.
- Bergborrade brunnar med höga kloridhalter (>300 mg/l) förekommer främst utmed kusten. Enstaka höga kloridvärden förekommer i grundvatten från både jord och berg i andra delar av kommunen. Inträngning av havsvatten är den troligaste orsaken i kustbandet och rester av gammalt saltvatten i övriga områden.
- För sulfat i grundvatten finns ingen tydlig geografisk fördelning inom kommunen. Under framför allt den första delen av 1990-talet tycks halten i ytliga grundvatten i jord ha minskat.
- Höga radon- och fluoridhalter förekommer i grundvatten i berg där berggrunden består av RA-granit. Den genomsnittliga halten av fluorid är närmare 10 gånger högre i vatten från brunnar anlagda i RA-granit än i andra jämförda bergarter.

GRUNDVATTENTILLGÅNGAR

Naturresursen grundvatten

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

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 perkolation. Djupare ner i marken, i den mättade zonen, fyller enbart vatten porerna och sprickorna. Det är det vattnet som kallas grundvatten.

Strömningen ned till grundvattenytan kan ta allt ifrån någon 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 fasta eller rörliga. Fasta vattendelare är i allmänhet betingade av höga berglägen. Rörliga vattendelare ändrar läge när vatten förs till eller tas bort från magasinerna. Från vattendelarna strömmar grundvattnet åt motsatta håll. Akviferer och magasin kan också finnas ovanpå varandra, skilda åt av täta eller 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 borrar eller grävda brunnar kan vattnet vanligen användas helt utan rening. Eftersom nästan allt ytvatten är bildat av grundvatten beror vattenbeskaffenheten i sjöar och vattendrag till stora delar på det tillrinnande grundvattnets kvalitet.

Grundvattnet har över lag god beskaffenhet. Kvaliteten kan variera något under året och från år till år, liksom grundvattnets trycknivåer. Förändringar beror främst på variationer i nederbörd och temperatur med tiden.

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 samt
- för kylning i t.ex. industriprocesser.

De största vattentillgångarna förekommer i de stora sand- och grusavlagringar som bildades under avsmältningen av den senaste inlandsisen. En grundvattentillgång kan också ökas på konstgjord väg genom infiltration av ytvatten i sand- och grusavlagringar eller genom att uttagpunkterna för grundvatten placeras så att en inströmning av vatten till akviferen från angränsande sjöar eller vattendrag skapas, s.k. inducerad infiltration.

Hälften av den kommunala vattenförsörjningen i landet baseras på naturligt eller konstgjort grundvatten. Enskilda hushåll, som använder vatten från egna grävda eller borrarade brunnar för sin vattenförsörjning, omfattar drygt en miljon människor i vårt land. Lika många utnyttjar grundvatten för sitt fritidsboende.

Vattnets kretslopp

Grundvattnet ingår i vattnets kretslopp (fig. 1) och är därför en förnybar naturresurs. Det som driver kretsloppet är solens värmeenergi, tyngdkraften och jordrotationen.

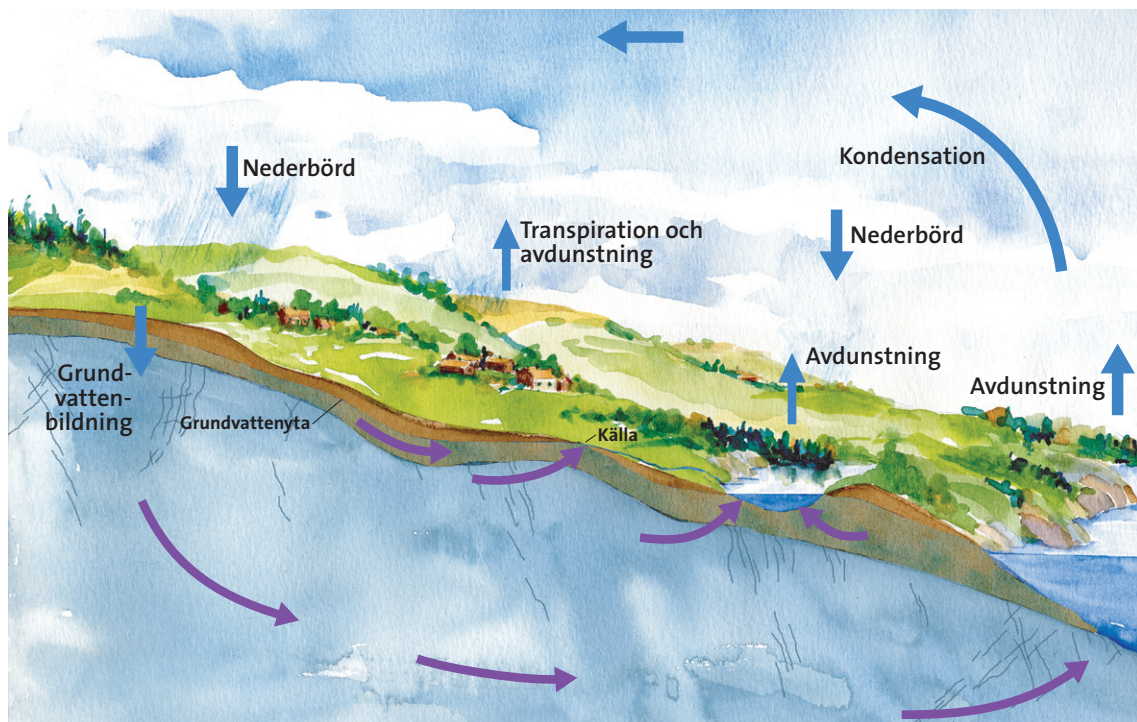


Fig. 1. Vattnets kretslopp. Grundvattnet rinner huvudsakligen ut i botten på bäckar, åar och sjöar samt i källor.
Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

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 bildas ett utströmningsområde. Om markytan är genomsläpplig flödar grundvatten ut. Det uppstår källor och våtmarker. Grundvatten kan också strömma ut i botten av sjöar och vattendrag. Eftersom det bara är en liten del av den nederbörd som faller över land som rinner direkt ut i ytvatten är källflöden och långsam utströmning av grundvatten på bred front det som bestämmer vattentillgången i vattendrag och sjöar. Från vattenytorna i sjöar och hav avdunstar vatten som tillsammans med vattenångan från markavdunstning och växternas transpiration bildar moln. Ur molnen faller nederbörd och på så sätt fullbordas vattnets kretslopp.

Grundvattnet i och intill en grusås

Figur 2 visar en dalgång med en isälvsavlagring (rullstensås), uppbyggd av grovkorniga och sorterade jordarter, huvudsakligen sand, grus och block. Den landskapstypen är vanlig i de delar av

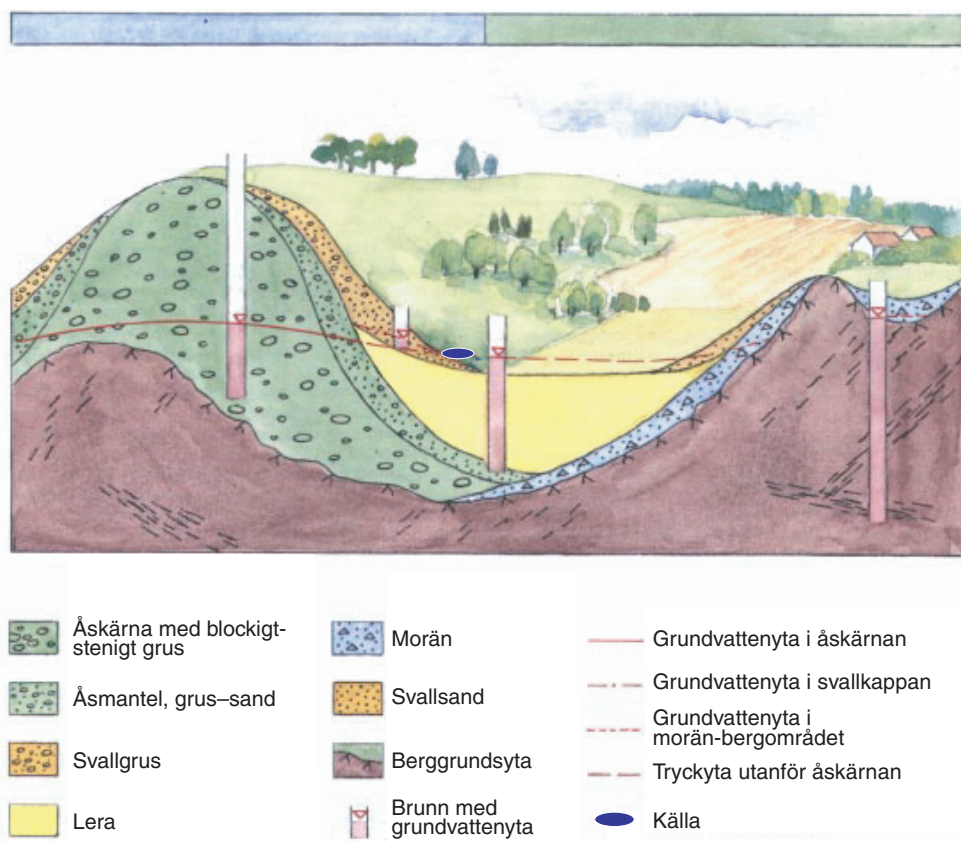


Fig. 2. Principbild över hur grundvattnet uppträder i och intill en grusås. Illustration: Elisabeth Carlson.

Sverige som ligger under högsta kustlinjen, dvs. där landytan någon gång efter den senaste nedisningen har varit täckt av hav. Åsens centrala delar utgör vanligen en markerad rygg i landskapet medan sidorna ofta täcks av mer eller mindre mäktiga ler- eller siltlager. Det är i åsarna som de största grundvattentillgångarna i jordlagren finns. Till höger i bilden visas åsens övergång mot ett berg- och moränområde.

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 själv rinnande, 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.

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 men ändå sjunker grundvattennivåerna och utläckaget av grundvatten minskar, vilket även medför låga flöden i vattendragen. Vattentillskotten till marken utgörs 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 vattenmängd som bidrar till grundvattenbildningen. Beräknad effektiv nederbörd (nederbörd minus avdunstning) enligt SMHI för Vinga samt kartområdet 7B Göteborg SO redovisas i figur 3. Värdet för kartområdet 7B Göteborg SO anger medelvärdet för Göteborgs kommun öster om Göta älv, medan värdet för Vinga anger medelvärdet väster om Göta älv. Huvudorsaken till den högre effektiva nederbörden i östra delen av kommunen är att där faller mer regn än i kommunens västra del.

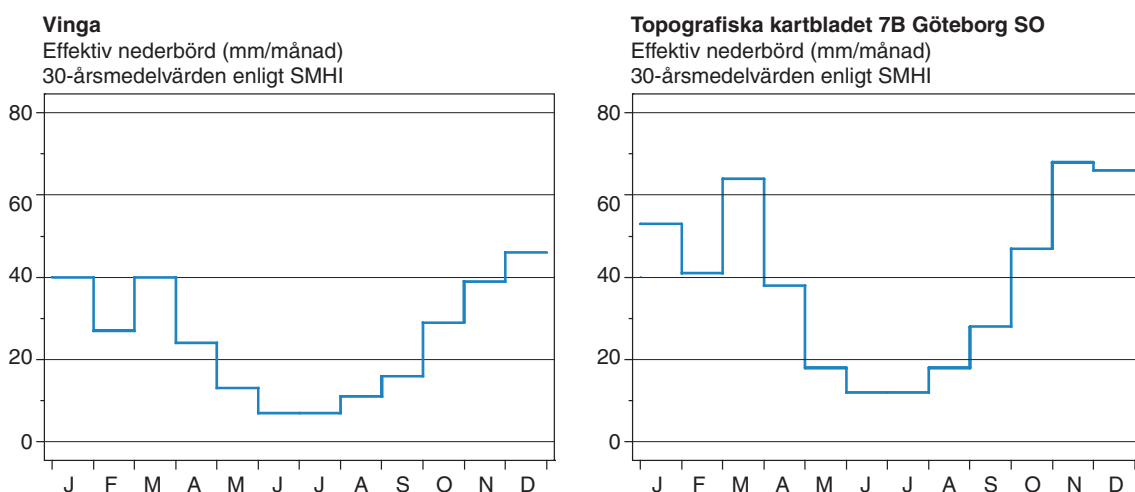


Fig. 3. Effektiv nederbörd för SMHIs mätstation på Vinga samt kartbladet 7B Göteborg SO.

Grundvattennivåer

Grundvattnets trycknivå förändras under året beroende på hur och när nybildningen av grundvatten sker. Nybildningen följer mönster eller regimer som är olika i skilda delar av landet. Regimerna framträder i kurvor över grundvattennivån i olika landsändar. I figur 4 har fyra av SGUs mätstationer valts ut som exempel på de fyra huvudmönster som kan urskiljas i Sverige.

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. I stora magasin med stor porvolym, som t.ex. grusåsarna, blir variationerna mera utjämnade och nivåförändringarna mindre, även om förhållandevis stora vattenvolymer tillförs eller avlägsnas.

Variationsmönstret ser inte heller riktigt likadant ut från år till år. Flera torr- eller våtar kan t.ex. följa på varandra, vilket naturligtvis påverkar grundvattennivåerna i både stora och små magasin. Återhämtningen i de små magasinerna efter en torrperiod går normalt snabbt medan det kan ta lång tid i de stora.

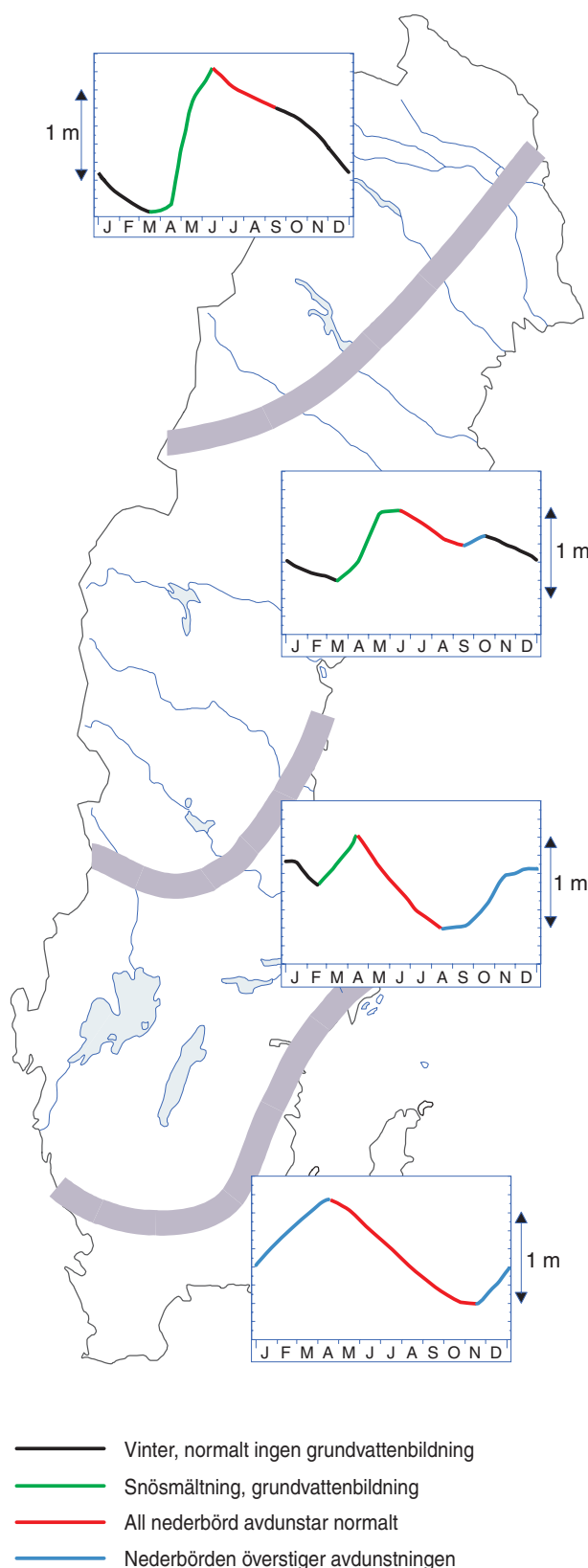
I figurerna 5–7 redovisas resultat från mätning av grundvattennivåer i mätstationer som ingår i SGUs Grundvattennät och som ligger nära Göteborg. Syftet med Grundvattennätet (SGU, 1985) är att beskriva och förklara regionala och tidsmässiga variationer i grundvattnets mängd och beskaffenhet. I första hand sker insamlingen i Grundvattennätet från områden som ej påverkas av lokala mänskliga aktiviteter. Detta innebär att resultaten från de här presenterade mätstationerna utgör referens mot nivåmätningar i Göteborgs kommun, där inverkan på grundvattennivåerna från olika verksamheter förekommer.

Urvalet av tre mätstationer från Grundvattennätet har gjorts för att de ska representera grundvatten i olika miljöer (tabell 1). I figurerna 5–7 visas tre typer av diagram: 1) mätresultaten mellan åren 1973 och 2000, 2) avvikelser från månadsmedelvärden för de enskilda mätningarna, samt 3) diagram med mätningar från perioden 1998–2000 med linjer för högsta nivå, medelnivå och lägsta nivå för perioden 1973–2000 inlagda.

Stationen 13:2 Varberg visar på förändringarna i stora, långsamt reagerande grundvattenmagasin i sand och grus som täcks av lera (slutet magasin). Stationen ligger på ganska långt avstånd från Göteborg, men resultaten kan sägas visa på förändringar i grundvattennivå i större sand- och grusavlagringar under lera även i Göteborgs kommun. I figur 5 visas nivåerna från perioden 1998–2000 och under denna period följer nivåerna väl en årscykel med lägst värde under sensommaren och tidig höst.

Nivåvariationerna i de två andra observationsrören är mer representativa vad gäller nivåförändringar i små grundvattenmagasin, där oftast enskilda grävda brunnar är anlagda. Station 52:9 Kungsbacka (fig. 6) visar på nivåvariationer hos grundvattnet i friktionsjord med liten mäktighet under lera. Årstidsvariationerna är mycket tydliga, och variationerna är snabbare här än i stationen i Varberg som ligger i ett stort magasin. Under hela perioden 1998–2000 har grundvattnets trycknivå legat högt.

Station 54:14 Lerum är belägen i ett litet, öppet magasin. Mätningarna visar på en sämre regelbundenhet vad gäller årstidsmässiga variationer än stationen i Kungsbacka (fig. 7). Amplituden är också något lägre. Liksom för stationen i Kungsbacka är mätvärdena under perioden 1998–2000 höga, och en svag tendens finns till att grundvattnets trycknivå ökat under mätperioden från början på 1970-talet.



Arjeplog

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

Sveg

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

Sigtuna

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

Vellinge

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

Fig. 4. Grundvattenregimer i Sverige.

Tabell 1. Stationer i SGUs Grundvattennät där nivåer redovisas i rapporten.

Station	Koordinater i rikets nät		Jordart	Typ av grundvattenmagasin
	X	Y		
13:2 Varberg	6341180	1296600	grus	Slutet/stort
52:9 Kungsbacka	6386090	1274340	morän	Slutet/litet
54:10 Lerum	6409850	1300400	sand	Öppet/litet

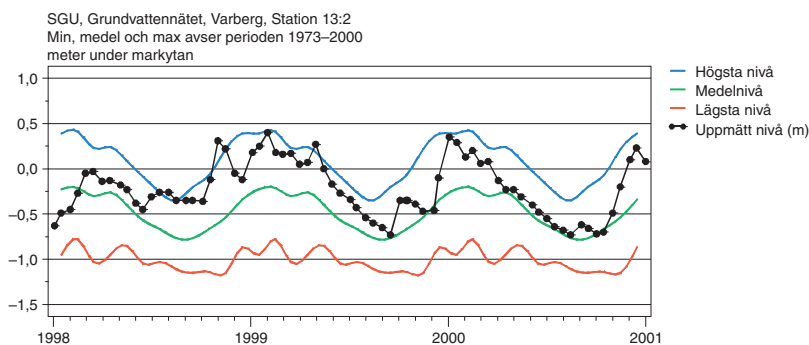


Fig. 5. Grundvattennivåer, station 13:2 Varberg i SGUs Grundvattennät.

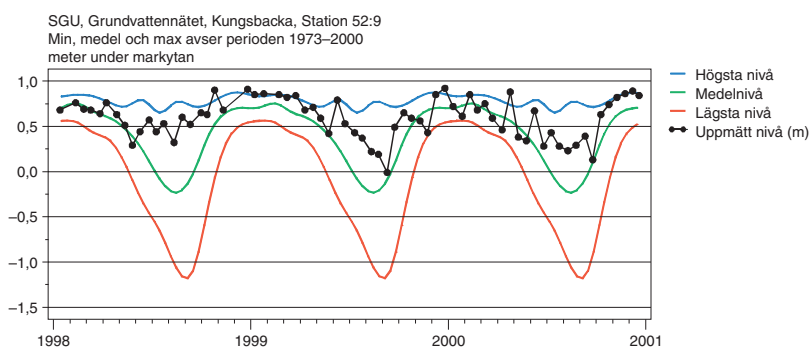
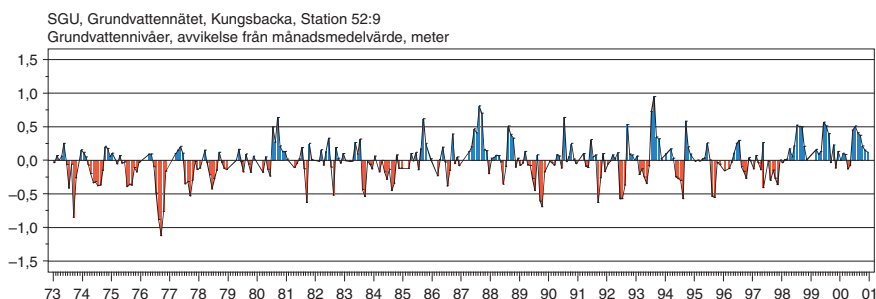
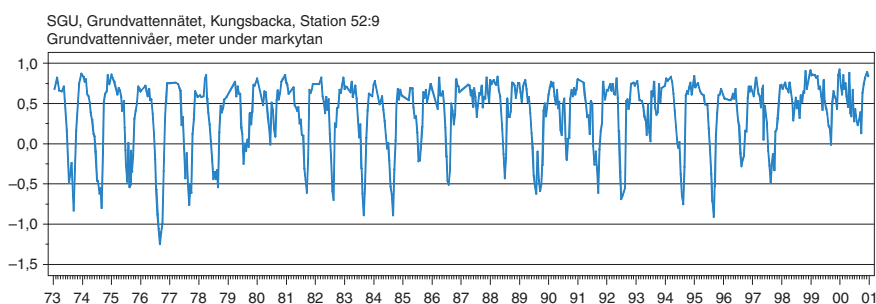


Fig. 6. Grundvattennivåer i station 52:9 Kungsbacka i SGUs Grundvattennät. Observera att under större delen av året ligger grundvattnets trycknivå över markytan.

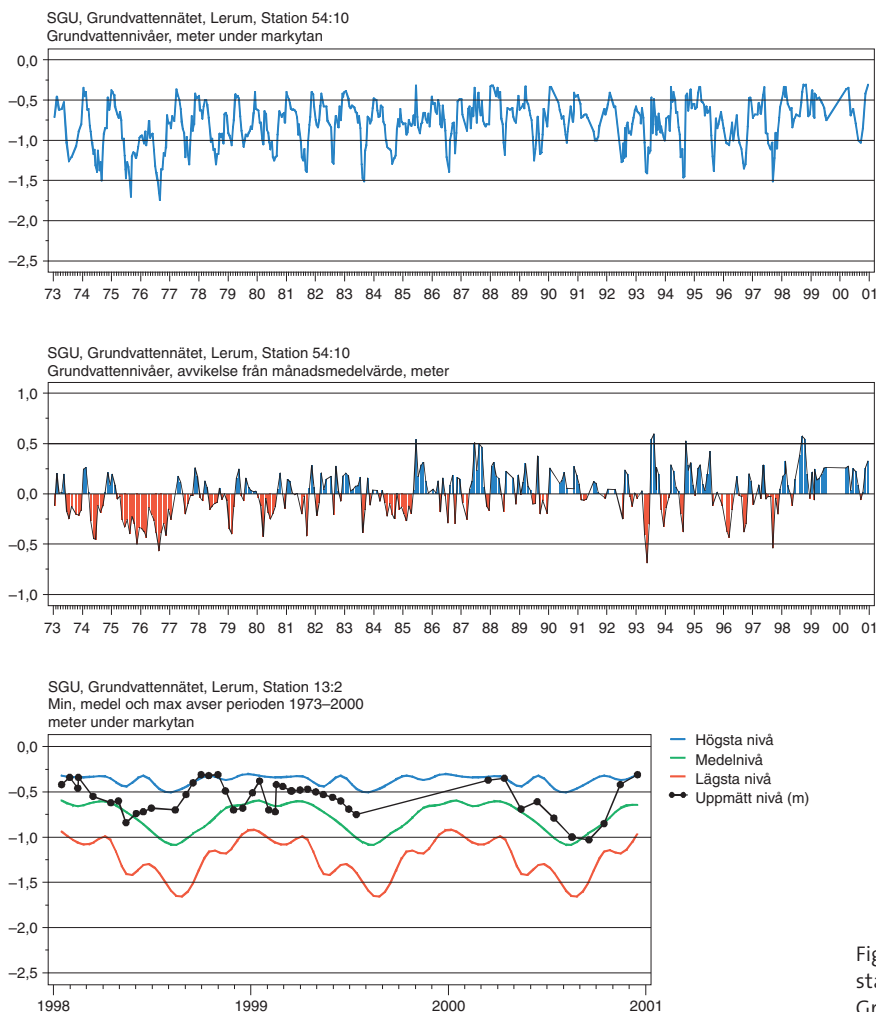


Fig. 7. Grundvattennivåer, station 54:10 Lerum i SGUs Grundvattennät.

Dricksvattenkvalitet

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. Problem vad gäller grundvattnets kvalitet 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 december 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 december 2003. Den som har egen brunn har möjlighet att mot avgift få vattenkvaliteten undersökt. Hur ofta detta bör ske och vilka parametrar som omfattas och vilka riktvärden som gäller framgår av Socialstyrelsens allmänna råd som hittas på Socialstyrelsens webbplats.

I tabell 2 ingår några av de ämnen som brukar undersökas vid vattenanalys och de gräns- och riktvärden för dricksvatten som gäller enligt Livsmedelsverkets föreskrifter och Socialstyrelsens allmänna råd.

Tabell 2. Gräns- och riktvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (2001) och Socialstyrelsen (2003). Listan omfattar ett antal ämnen som är vanligt förekommande vid analys av dricksvatten.

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

Enligt Livsmedelsverket (2001): Gränsvärden gäller för prov från dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten om inget annat anges. * = utgående dricksvatten resp. dricksvatten hos användaren och förpackat dricksvatten, ** = utgående dricksvatten. Enligt Socialstyrelsen (2003): (h) = hälsomässig grund för anmärkning, (e) = estetisk grund för anmärkning, (t) = teknisk grund för anmärkning.

Grundvattentäkter

Många olika brunnstyper används för uttag av grundvatten. Man skiljer dock i huvudsak på tre olika utföranden: grävda brunnar, rörbrunnar i jord (filter- och rörspetsbrunnar) och bergborrade brunnar. Vilket utförande som passar beror på önskad kapacitet och på de geologiska förutsättningarna. Kommunala vattentäkter med stora uttag nyttjar vanligen filterbrunnar i jord eller sedimentärt berg. För enskilda hushåll är det oftast fullt tillräckligt med grävda eller bergborrade brunnar.

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 förstärka grundvattentillgången genom inducerad infiltration eller genom infiltration av ytvatten, s.k. konstgjord grundvattenbildning.

En brunn som anläggs i en sand- och grusavlagring, t.ex. en grusås, intill en sjö eller ett vattendrag kan tillgodogöra sig ett ofta mycket betydande vattentillskott genom inducerad infiltration. Uttag av grundvatten i brunnen skapar ett undertryck i grundvattenmagasinet som medför att ytvatten infiltrerar genom sjöbotten och in i åsen (fig. 8). Infiltrationen kan ske på större eller mindre avstånd från stranden och på flera olika ställen. Inflödet begränsas dock ofta till stor del av tätande finsediment på sjöbotten. 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.

Förutsättningar för inducerad infiltration är mycket begränsade inom Göteborgs kommun. I kommunen är det i stort sett bara på korta sträckor invid St. Delsjön (främst vid Delsjöns badplats) som mäktigare lager av friktionsmaterial har kontakt med sjövattnet. Området vid Delsjöarna beskrivs i avsnittet Grundvattentillgångar i jordlager. Kommunens sjöar ligger oftast i bergområden där kalt berg, torvmarker eller tunna moränavlagringar har kontakt med sjöytorna.

Under vissa förutsättningar kan det också vara möjligt att förstärka vattentillgången i en sand- eller grusavlagring genom direkt infiltration i ytan, s.k. konstgjord grundvattenbildning. Den tillgår vanligen så att man leder ytvatten till bassänger eller gropar i avlagringen, där det får infiltrera (fig. 9). Infiltrationen kan även ske i särskilda infiltrationsbrunnar. På liknande sätt som vid

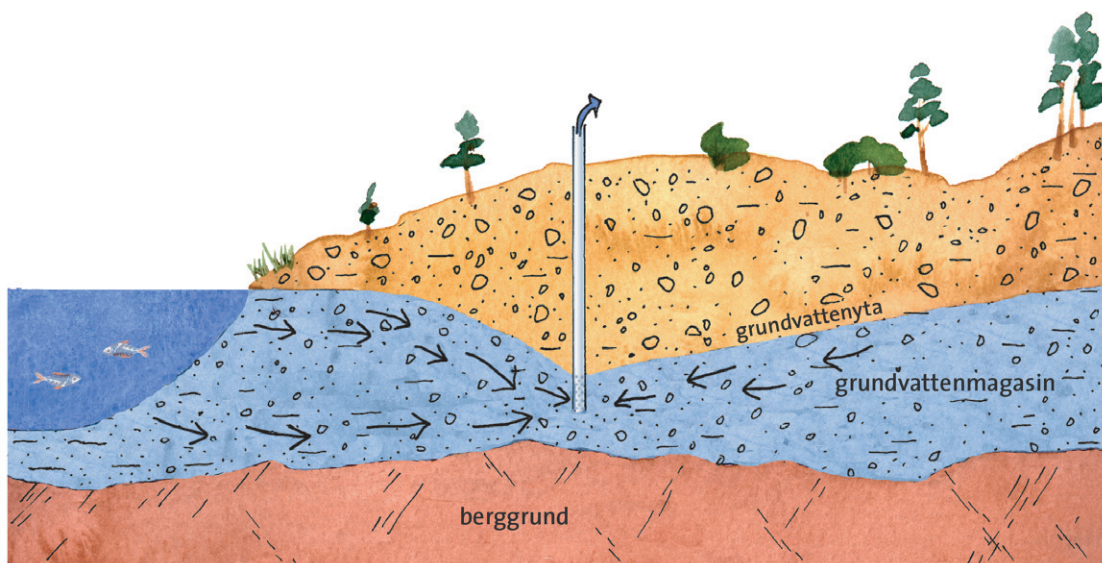


Fig. 8. Principbild över inducerad infiltration. Genom pumpning i brunnen sänks grundvattenytan under sjöns nivå. Därigenom kan sjövattnet infiltrera genom sjöbotten. Vid passagen genom sand- och gruslagren renas sjövattnet. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

inducerad infiltration renas sjövattnet vid passagen genom sand- och gruslagren. Det vatten som därefter erhålls i uttagsbrunnarna har fått grundvattenkaraktär, med god och jämn kvalitet.

Infiltration i bassänger används också som en ren behandlingsmetod där grundvatten med höga halter av t.ex. järn, mangan eller humusämnen åtgärdas genom luftning i vattenkaskaden i infiltrationsbassängen och vid filtrering i sand- och gruslagren. Ibland byggs också särskilda brunnar för infiltration och syresättning för detta ändamål.

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. Sjunker trycket genom dränering via kabelgravar, schakt för vatten- och avloppsledningar och tunnlar etc. kan sättningsskador uppstå på byggnader, gator och vägar.

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

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

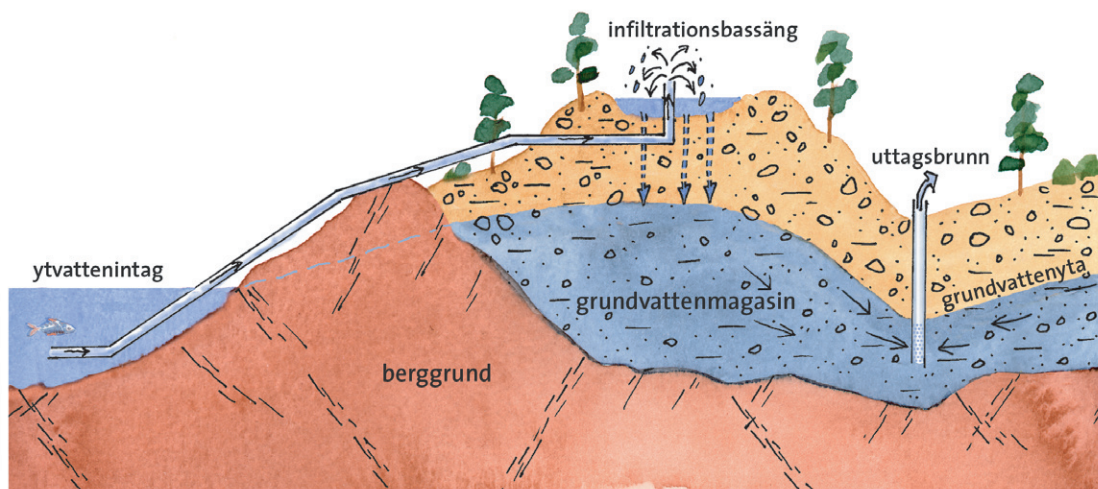


Fig. 9. Principbild över konstgjord grundvattenbildning. Sjövattnet leds till infiltrationsbassänger i en sand- och grusavlagring där den naturliga grundvattenbildningen inte är tillräcklig. Vid passage genom den omättade zonen renas vattnet. Illustration: Anna Jonson, ArtAnna.

Kartläggning av grundvattentillgångar

Kartläggningen av grundvattentillgångar har i stort sett följt den vid SGU framtagna metodiken för kommunvis kartläggning i skala 1:50 000. Att undersökningen genomfördes i tätortsmiljö, med de specifika förhållanden som råder i Göteborg, innebär dock vissa omprioriteringar. Fältarbetsdelen reducerades och större tonvikt lades på att utnyttja befintlig information. Den främsta anledningen är att de fåtaliga grustillgångar som går i dagen ofta varit utsatta för exploatering genom täktverksamhet eller urbanisering. De kvarvarande öppna grundvattenmagasinen, som teoretiskt sett är de bästa, utnyttjas redan till största delen för vattenuttag. Bedömningen av grundvattentillgångar ska därför dels ses som allmän information för kommunen, dels som ett underlag vid planering av mindre vattenuttag, reservvatten lokalt o.d.

Insamling

Inom det s.k. Göteborgsprojektet har yttäckande databaser tagits fram för bergarter (Lundqvist 2000) och jordarter (Engdahl 2000). Kartan över grundvattentillgångarna bygger direkt på jordartskartans avgränsningar. Information från den maringeologiska kartläggningen av jordlagren under Göta älv har också använts (Klingberg 2002). Berggrundskartan har utnyttjats i olika sammanhang men inte för avgränsning av ytor.

Arbetet har i första hand utförts med stöd av Stadsbyggnadskontoret och Miljöförvaltningen i Göteborgs kommun samt Gatubolaget (tabell 3). Från SGUs olika arkiv har uppgifter sammanställts. Muntlig information har erhållits från bl.a. Göteborgs universitet, Chalmers tekniska högskola och konsultbolag.

Nivåmätningar i observationsrör

Sedan 1960-talet har grundvattennivåer uppmätts i ett stort antal rör inom Göteborgs kommun. Observationsrören utsattes i samband med olika geotekniska utredningar eller andra projekt. Mätningar har skett mer eller mindre regelbundet under kortare eller längre perioder, de längsta serierna är mer än 30 år. Rören finns markerade på arbetskartor i skala 1:2 000. Gatubolaget ansvarar idag för regelbundna nivåmätningar i ca 250 rör inom kommunen. Mätserier finns dock tillgängliga för betydligt fler rör, vilket av Gatubolaget bland annat använts för att upprätta kartor med isolinjer över grundvattnets trycknivå. Information från observationsrören har i denna kartläggning använts såväl i samband med fältarbetet som vid utvärdering och redovisning.

Tabell 3. De huvudsakliga informationskällorna vid kartläggningen av grundvattentillgångar. Dessutom har databaser framtagna inom Göteborgsprojektet använts.

Informationsslag	Instans eller referens
Brunnsuppgifter	SGUs brunnarkiv
Källor	SGUs källarkiv
Vattentäkter, skyddsområden	Miljöförvaltningen, Länsstyrelsen V. Götaland
Borruddgifter	Stadsbyggnadskontoret, Gatubolaget
Avgränsning av grundvattenmagasin	Stadsbyggnadskontoret
Observationsrör för grundvatten samt mätning av grundvattennivåer	Gatubolaget
Grundvattennivåer 1999, centrala Göteborg	Fältarbete, denna undersökning
Inventering av Ellesboavlagringen	Fältarbete, denna undersökning
Inventering i Hjällbo	Fältarbete, denna undersökning
Utredningsmaterial – Kallebäck	Konsultutredningar för livsmedelsindustri
Utredningsmaterial – Gunnilse	Konsultutredningar för Göteborgs kommun

Från arkiv- och kartmaterial vid Gatubolaget valdes inledningsvis ca 180 observationsrör ut för att besökas i fält. Syftet var att få information om grundvattennivåer under en begränsad tidsperiod samt att erhålla nivåer i områden med få eller inga uppgifter tillgängliga. Mätningarna utfördes under perioden september till november 1999. De observationsrör som valdes ut ligger inom eller i närheten av områden som avgränsats som grundvattentillgångar i undersökningen.

Förslaget på de 180 rören delgavs Gatubolaget för besked om deras status. Flertalet av de utvalda rören visade sig vara borttagna, varvid förslag på närliggande alternativa rör gavs. För vissa rör var det osäkert om de fanns kvar. Cirka 40 av de utvalda rören ingår i Gatubolagets intensivmättningsprogram och resultat från dess nivåmätningar under september till november 1999 användes vid sammanställningen.

Totalt besöktes drygt 200 lokaler i fält. Antalet blev så stort till följd av att fler rör än väntat, totalt mer än 60 %, av olika orsaker inte visade sig vara funktionella. Om röret var oanvändbart undersöktes närliggande observationsrör markerade på Gatubolagets kartor. Om fortfarande inget fungerande rör återfunnits lämnades detta delområde. I så stor utsträckning som möjligt fylldes ett inventeringsformulär i där följande parametrar ingick: rörnummer, kartnummer, rörtyp, befintlig, duglig, datum, grundvattennivå, nivå rör överkant, rördjup samt eventuell kommentar. I de fall observationsröret inte kunde användas för nivåmätning var anledningen någon av följande: röret var borttaget, inte återfunnet, inte besökt p.g.a. otillgängligt läge, övertäckt, sönder eller igensatt.

Resultaten från mätningarna i Gatubolagets observationsrör redovisas i avsnittet Dokumentation av fältarbeten. Alla rör där nivåmätning kunnat genomföras är inlagda i den upprättade parameterdatabasen, en Access-databas som ingår som standard i SGUs kommunkartering.

Fältmätningarna i observationsrören användes som bas för upprättande av isolinjer för grundvattnets trycknivå. I de delar av avgränsade grundvattenmagasin där mätning av olika skäl inte kunde genomföras har Gatubolagets tidigare tolkningar använts som grund. Det finns också ett antal andra intressanta områden där mäktigheten på friktionslager under lera varit för litet för att bedömas som grundvattenmagasin, men där information om trycknivåer funnits så att isolinjer kunnat redovisas. Nivåmätningar från andra rör som inte tidigare utnyttjats av Gatubolaget för att framställa trycknivålinjer har använts här. Detta gäller speciellt i de områden där mäktiga lager av friktionsjord förekommer under lera.

Från ett stort antal observationsrör finns långa mätserier på grundvattennivåer att tillgå (se vidare tabell 24 i avsnittet Dokumentation av fältarbeten). Några diagram ingår i den beskrivning av grundvattenmagasin i jordlager som finns nedan i avsnittet Grundvattentillgångar i jordlager.

Brunnsinventering, geofysiska mätningar och borrhningar

Fältarbetet koncentrerades till Ellesboavlagringen på norra Hisingen. I ett antal grävda brunnar mättes grundvattennivåer. Fyra geoseismiska profiler utfördes. Fem undersökningsborrningar samt tre sonderingar gjordes i nära anslutning till de seismiska profilerna.

I Hjällbo invid Lärjeån undersöktes också en profil med geoseismik. Syftet var att bedöma utbredningen av friktionsjord under lera i anslutning till en mindre isälvsavlagring.

Karta över grundvattentillgångar

Grundvattentillgångarna presenteras på en karta i skala 1:50 000. I själva verket innehåller databasen mera information än kartan. Kartan bygger på principen att för varje område på kartan visa den bedömt bästa grundvattentillgången, som kan vara i jordlager eller i berggrunden.

Grundvattentillgångar i berggrunden

Geologisk beskrivning

Den sydvästsvenska berggrunden har bildats under en geologiskt sett lång tid och uppbyggnaden är följaktligen komplicerad. Regionens berggrund är uppdelad i nord-sydligt utsträckta enheter. De viktigaste bergartsleden inom Göteborgs kommun framgår av figur 10 och beskrivs kortfattat nedan.

Metagråvacka

De äldsta bergarterna inom kommunen utgörs av ytbergartsgnejser, som tillhör Stora Le-Marstrandsgruppen. Dess ursprungsmaterial avsattes på havsbotten för drygt 1 600 miljoner år sedan. Gnejserna är ofta starkt omvandlade. Bergarten återfinns främst i Göteborgs södra skärgård och på västra delen av Hisingen.

Metamafit och metaultramafit

Spridda, mindre förekomster av dessa basiska bergarter finns inom hela kommunen. Bergarterna är mörkt grå till svarta. Hornbländeinnehållet är högt och i metamafiterna finns också en betydande andel plagioklas.

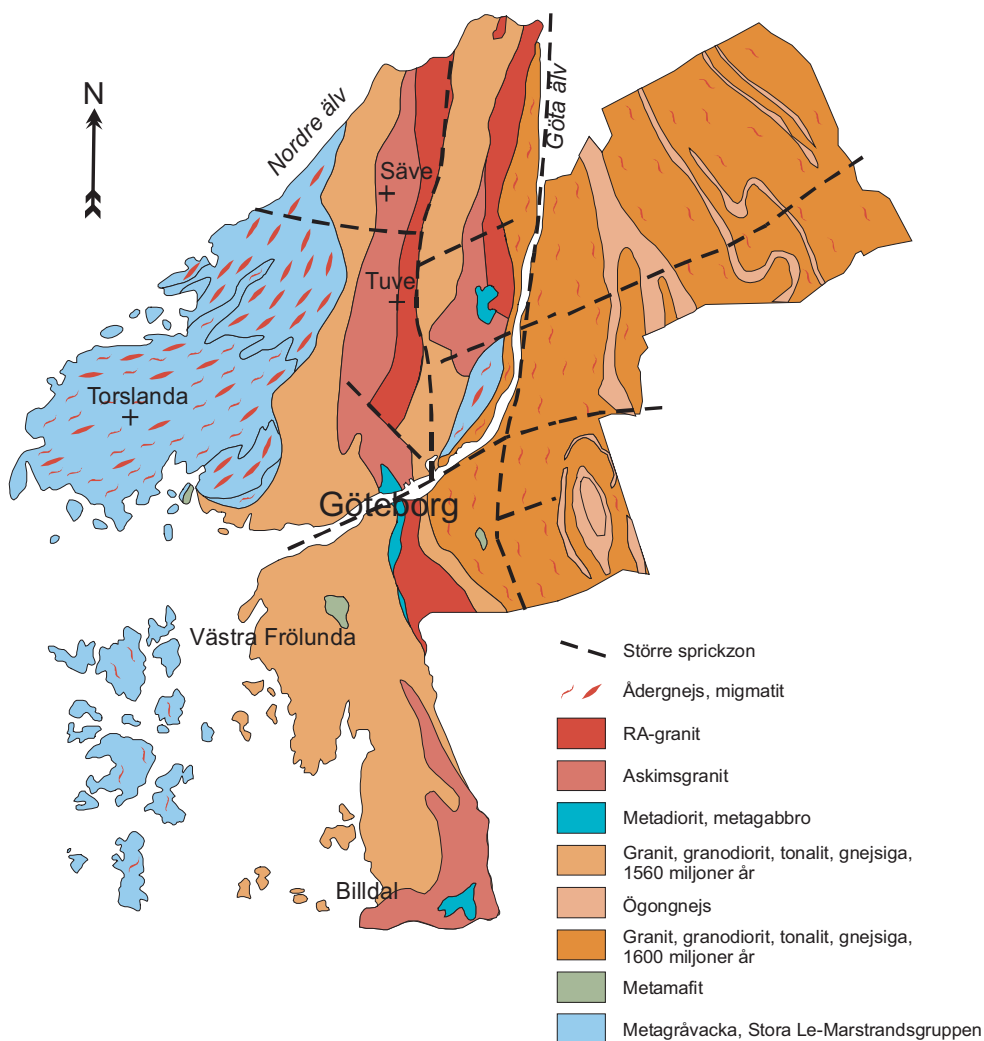


Fig. 10. Berggrundskarta över Göteborgs kommun (förenklad efter Lundqvist 2000).

Granit, granodiorit och tonalit, 1600 miljoner år

I östra delen av kommunen dominerar gråröda till grå, granitiska till tonalitiska bergarter. Dessa är djupbergarter, som efter omvandling har ett gnejsigt och ådrat utseende. Tonalit har högre halt av mörka mineral än granit.

Ögongnejs (granodiorit, gnejsig, ögonförande)

Även ögongnejs uppträder i östra delen av kommunen. Det mest iögonfallande draget hos bergarten är fältspatögon, som är centimeter- till decimeterstora och varierar i form från runda till rektangulära.

Granit, granodiorit och tonalit, 1560 miljoner år

Från Billdal, norrut förbi Västra Frölunda och över mellersta Hisingen finns ännu ett område med djupbergarter. De utgörs av gråröda till grå, granitiska, granodioritiska till tonalitiska gnejser. Granodioritisk sammansättning dominerar.

Askimsgranit samt metadiorit och metagabbro

Askimsgraniten förekommer i två stråk på Hisingen, och det västra stråket fortsätter söderut genom centrala Göteborg med smärre avbrott till Billdal. Graniten bildades för ca 1330 miljoner år sedan. Den är gråröd–rödgrå, massformig till gnejsig och ögonförande.

De basiska bergarterna metadiorit och metagabbro är likåldriga med Askimsgraniten och förekommer i samma nord–sydliga stråk. Färgen är mörkt grå till svart, främst beroende på dess innehåll av hornblände och biotit.

RA-granit

Namnet RA-granit kommer av att denna granit har högre strålning än omgivande berggrund. Graniten bildades för ca 1310 miljoner år sedan. Den förekommer parallellt med Askimsgraniten i två stråk på Hisingen, och det västra stråket fortsätter söderut genom centrala Göteborg till Änggårdsbergen. Graniten är röd till rödgrå, massformig till gnejsig och har förhöjda halter av uran. Bergarten har också en jämförelsevis hög fluorhalt. Graniten grusvittrar på en del platser.

Övrigt

Gångar och körtlar av pegmatit och underordnad aplit finns inom hela området. De har olika ålder och gångarnas bredd varierar mycket. Pegmatiten har ibland förhöjd gammastrålning. Dessutom finns drygt 900 miljoner år gamla övertvänderande diabasgångar i västnordväst–ostsydostlig riktning.

Metodik

Bedömningen av grundvattentillgångar och uttagsmöjligheter i berggrunden bygger på de berggrundsgeologiska förhållandena, dvs. bergartstyp, dess skiffrihet samt förekomsten av tektoniska sprickzoner. Kapacitetsdata från bergborrade brunnar i SGUs brunnarsarkiv har använts för att med geostatistiska metoder (kriging-metoden, se vidare avsnittet Kriging och variogramanalys) interpolera fram områden med olika möjligheter till uttag av grundvatten i berggrunden.

SGUs brunnarsarkiv innehöll 2000-12-15 information om drygt 202 000 brunnar från hela landet, i huvudsak inlämnade av landets brunnborrarföretag. Dessa är sedan 1976 enligt lag skyldiga att lämna brunnsuppgifter till SGU. De flesta brunnar borrar sedan 1976 finns säkerligen med i registret. Även många äldre kan förväntas ingå, men med hänsyn till att de flesta permanentboende och många fritidsboende som inte är inkopplade på det kommunala nätet har eget vatten så saknas det naturligtvis uppgifter om många enskilda brunnar i kommunen. Många enskilda

vattentäkter utgörs också av grävda brunnar som inte rapporterats in till SGU. Brunnsarkivet innehåller uppgifter om brunnarnas utförande, djup, jordtäckning, uttagskapacitet m.m. Ibland finns även kemianalyser att tillgå. Brunnsbörarens kapacitetsbedömning görs i samband med rensumpningen av brunnen.

Berggrundens kapacitet finns angiven på grundvattenkartan utifrån principen att för varje område på kartan visa bästa akvifer (grundvattentillgång). Detta innebär att förutom rena hållområden även en hel del jordtäkta ytor ingår. Målsättningen är, vid bedömningen om bästa grundvattentillgång ska klassas för jord eller berg, att på grundvattenkartan ha sammanhängande ytor men samtidigt behålla den variation i landskapsbilden i fördelning mellan jord och berg som kännetecknar kommunen. Framställning av kartan är vidare beskriven i avsnittet Grundvattentillgångar i jordlager.

För att ange större spricksystem ingår det informationsskikt som tagits fram för berggrundskartan samt kartan för bergkvalitet inom Göteborgsprojektet (Persson m.fl. 2000). Berggrundskartan har också använts för jämförelse av kapacitet i olika bergarter. Enskilda borrade brunnar med högre kapacitet än 6 000 l/h är markerade på kartan.

Resultat

Från Göteborgs kommun fanns 2000-10-15 ca 2 800 brunnar registrerade i SGUs brunnsarkiv. I figur 11 visas lägena för brunnarna. Flest brunnar som används för vattenförsörjning är anlagda på västra delen av Hisingen samt söder om Lärjeån i nordost. Från centrala Göteborg är det energibrunnar som i första hand är inrapporterade. Från några större hållområden som klassats med bergkapacitet är antalet brunnar lågt. Detta gäller främst Vättlefjäll, Delsjöområdet, södra Hisingen vid Sörred-Biskopsgården, samt i sydöst mellan Sisjön och Årekärr.

Figur 12 visar de kapacitetsklasser som ingår på kartan över Göteborgs kommun. Vanligast förekommande är de två klasserna 200–600 l/h och 600–2 000 l/h. Generellt finns en större andel av klassen 200–600 l/h i den västra delen av kommunen och av klassen 600–2 000 l/h i den östra. Ytor med den lägsta klassen (kapacitet <200 l/h) finns bara inom mindre ytor utmed kusten och i den södra skärgården. Klassen 2 000–6 000 l/h finns representerad med två ytor mellan Hjällbo, Linnarhult och Angered. Inom denna yta ingår inga mätningar, utan ytan har erhållits genom att flera närliggande brunnar har hög kapacitet över 6 000 l/h.

Fördelningen av kapacitetsvärden hos de enskilda bergbrunnarna inom de olika klasserna på kartan framgår av tabell 4. Flest bergbörade brunnar finns i områden som är tilldelade kapacitetsklass 200–600 l/h. Ur tabellen kan utläsas att ungefär hälften av bergbrunnarna inom kapacitetsklasserna 200–600 l/h och 600–2 000 l/h har en kapacitet som ligger inom det intervall som kartan visar (dvs. Q25- och Q75-värdena motsvarar kapacitetsklassens intervall). För omkring en fjärdedel av brunnarna är kapaciteten högre eller lägre (undantaget ≤200 l/h). Totalt uppvisar 332 brunnar (motsvarande 12 %) högre kapacitet än 2 000 l/h. Dessa brunnar med hög kapacitet

Tabell 4. Fördelning av kapacitetsvärden för bergbörade brunnar inom de olika kapacitetsklasserna angivna på kartan. Mediankapacitet anges liksom värdena vid 10 (Q10), 25, 75 och 90 % av fördelningen.

Fördelning		Kapacitetsklass		
		<200 l/h	200–600 l/h	600–2 000 l/h
Q10	(l/h)	22	100	260
Q25	(l/h)	60	180	462
Median	(l/h)	120	300	960
Q75	(l/h)	262	600	2400
Q90	(l/h)	494	1200	5000
Antal brunnar		164	1691	933

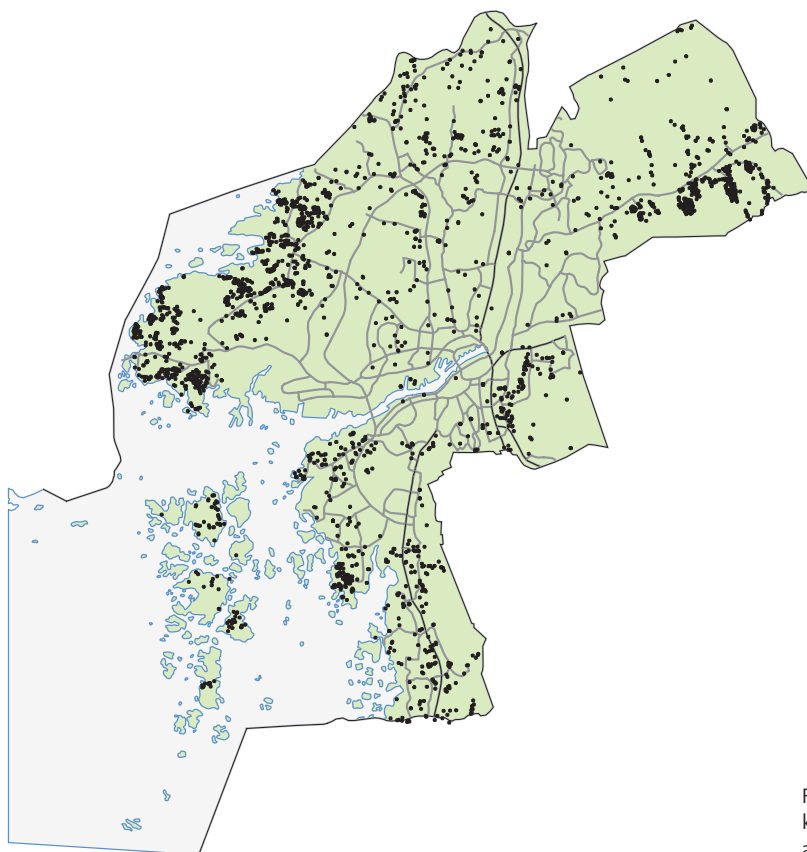


Fig. 11. Läget för brunnar i Göteborgs kommun registrerade i SGUs brunnsparkiv 2000-10-15.

BEDÖMDA MÖJLIGHETER TILL UTTAG AV GRUNDVATTEN I BERGGRUNDEN

Områdena är framtagna genom interpolering av brunnskapacitetsdata ur SGUs brunnsparkiv

Urberg

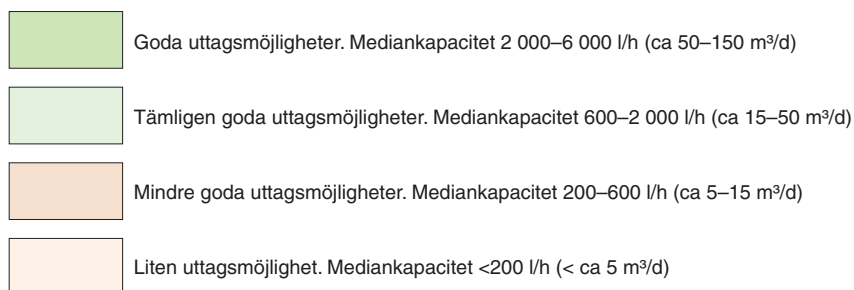


Fig. 12. Teckenförklaring till kartutsnittet i beskrivningen för bedömning av uttagsmöjligheter i berggrunden inom Göteborgs kommun. Fyra olika kapacitetsintervall ingår.

Tabell 5. Kapacitet och djup hos bergbörade brunnar i Göteborgs kommun. Brunnarna är indelade efter bergart på platsen enligt berggrundskartan (Lundqvist 2000).

Bergart	Antal	Brunnsdjup Median (m)	Kapacitet Median (l/h)
RA-granit	110	87	600
Metadiorit, metagabbro	14	88	355
Askimsgranit	117	80	550
Granit 1560 miljoner år	56	81	400
Granodiorit 1560 miljoner år	413	85	340
Ögongnejs	56	81	1350
Granit 1600 miljoner år	38	71	900
Granodiorit 1600 miljoner år	533	79	600
Metamafit	13	100	400
Metagråvacka	956	70	330

är fördelade över hela kommunen, men är i förhållande till antalet brunnar ovanligare inom delar av Hisingen och i söder.

Den genomsnittliga kapaciteten i olika bergarter varierar med geografiskt läge i kommunen (tabell 5). Som grundvattenkartan visar är kapaciteten genomsnittligt högre i brunnarna öster om Göta älv, och där består berggrunden främst av 1 600 miljoner år gammal granit, granodiorit och ögongnejs (fig. 10). Ögongnejsen har betydligt högre genomsnittligt kapacitet än de övriga bergarterna.

Vid undersökningen av bergkvalitet inom Göteborgsprojektet (Persson m.fl. 2000) framgår att ögongnejsen, Linnarhultsgraniten (som ingår i Granit 1 600 miljoner år) och RA-graniten har de genomsnittligt högsta sprödhetstalen. Det är således samma bergarter som har de högsta kapaciteterna och de högsta sprödhetstalen.

Låg genomsnittlig kapacitet finns i granodiorit och granit, 1 560 miljoner år gammal, och i metagråvackan i västra delen av kommunen. Dessa bergarter uppvisar måttliga sprödhetstal. Brunnarna i metagråvackan är dessutom genomsnittligt grundare. Ett skäl till detta är troligen att man försökt undvika inträngande salt grundvatten vid borrningen.

I allmänhet räcker vattentillgången i en bergbördad brunn väl till för ett enskilt hushåll. Vill man söka mer vatten i berg är det däremot nödvändigt att känna till berggrundens skiffrighet och förekomsten av större, vattenförande sprickzoner. Denna information framgår översiktligt av grundvattenkartan. Sprickzonernas mer exakta lägen i ett område kan lokaliseras med särskilda geofysiska metoder. Vid borrning i en sprickzon anpassas borrhålets riktning och lutning efter sprick- och förskiffringsplanen i berggrunden.

Grundvattentillgångar i jordlager

Geologisk beskrivning

Göteborgs kommun karaktäriseras av mer eller mindre kala bergytter och av lerfyllda dalgångar. Nedan följer en kort sammanfattning av var de olika jordarterna förekommer. Den utgår från texten till jordartskartan i Göteborgsprojektet (Engdahl 2000). Mer omfattande beskrivningar finns till de ursprungliga jordartskartorna i skala 1:50 000, SGU serie Ae. De kartblad som täcker kommunen är: 7A Göteborg SO (Magnusson 1978), 7A Marstrand SO/7B Göteborg SV (Adrielson & Fredén 1985) samt 6B Kungsbacka NV (Adrielson & Klingberg 1988).

Morän

Morän är en osorterad eller ofullständigt sorterad jordart som utgörs av varierande mängder av block, sten, grus, sand, silt och ler. Morän förekommer sparsamt i kommunen. Störst utbredning har moränen i Vättlefjällsområdet, på nordöstra delen av Hisingen och i Sisjöområdet i södra Göteborg. Moränens mäktigheten varierar från några decimeter till ca 10 meter.

Isälvsavlagringar

Isälvsediment utgörs av avrundade partiklar av block, sten, grus, sand och silt. Sedimenten bildar mera utbredda områden av sorterad grus och sand, och uppträder främst i de nordöstra delarna av kommunen. Omfattande täktverksamhet har bedrivits i dessa delar av kommunen och mycket av isälvsavlagringarna är utbrutna.

Göteborgsmoränen

Göteborgsmoränen är Västkustens mest distinkta randbildning. Den är av komplex natur och innehåller både morän och isälvsediment. Göteborgsmoränen sträcker sig i söder från Stora Delsjön till Kålltorp, Kviberg och över till östra delen av Hisingen i norr.

Glaciala finkorniga sediment

Lera är det vanligaste finkorniga sedimentet, men även silt förekommer. Inom kommunen dominerar glacial lera som bildades i anslutning till isavsmältningen. Mäktigheten varierar och de största lermäktigheterna (drygt 100 m) påträffas i centrala Göteborg och utmed Göta älv. Under leran finns på vissa ställen morän eller isälvssediment av varierande tjocklek.

Svallsediment

Stora delar av Göteborgs kommun har varit täckt av vatten. Vid landhöjningen utsattes tidigare avsatta jordlager för vågors och strömmars påverkan (svallning). Klapper, svallgrus, svallsand och i viss mån silt avlagrades vid och närmast utanför stränderna, i princip med utåt avtagande kornstorlek. Inom kommunen förekommer klapper och svallgrus framför allt i höjdområden och i sluttningar. Svallsand är en vanlig jordart i strandnära områden, framför allt i den södra delen av kommunen. Vanligtvis underlagras sanden av lera.

Svämsediment

Svämsediment har bildats och bildas än idag under översvämningar utmed vattendragen. Jordarternas sammansättning varierar mellan ler och sand, och innehåller även en varierande mängd växtrester. Svämsediment förekommer i synnerhet längs Göta älv.

Torv

Torvjordarter bildas dels vid igenväxning av öppet vatten, dels vid försumpning av mark genom att döda och ofullständigt förmultnade växtdelar samlas på växtplatsen eller i dess närhet. Torvmarker indelas i kärr och mosse. Torvmarker är vanliga inom kommunens höjdområden, som i Vättlefjälls-, Delsjö- och Sisjöområdena.

Metodik

Kapaciteten i jordlagrens grundvattenmagasin har skattats från avlagringarnas sammansättning och mäktighet, bedömt tillrinningsområdes storlek, specifik avrinning, hydrogeologiska utredningar etc. På grundvattenkartan och i kartutsnittet i denna beskrivning har grundvattentillgångarna i öppna magasin (sand och grus, huvudsakligen isälsavlagringar) delats in i olika områden beroende på uttagsmöjligheterna (fig. 13). Några områden med små eller mycket små grundvattentillgångar i olika grövre jordlager redovisas också. Dessa är mindre isälsavlagringar av sand och grus, svallavlagringar av viss mäktighet, randbildningar (främst Göteborgsmoränen) med morän och sorterade jordarter i växellagring, eller mäktigare moräner.

I kommunen är det vanligt att grov friktionsjord (vanligen sand och grus) överlagras av jordlager som är täta eller har dålig genomsläpplighet. I Göteborg är det nästan uteslutande lera som utgör detta tätande skikt. Grundvattentillgången i sorterade avlagringar som har betydande mäktighet under lera (slutna magasin) redovisas med en särskild beteckning (fig. 13). Sammanhängande områden med lera där vattenförande friktionslager av mindre mäktighet kan förekomma i och under leran har också skiljts ut.

De flesta uppgifterna om utbredning och mäktighet av friktionsjord under lera har erhållits från Stadsbyggnadskontoret och Gatubolaget. Huvudsakliga källor var utredningar med borrhoppgifter samt muntlig information. Någon sammanställning över kommunen avseende friktionsjordars mäktighet under lera fanns inte tillgänglig inför kartläggningen. Den geografiska utbredningen av friktionsjord under lera samt dess mäktighet skattades. Endast större områden där friktionsjord kan anses uppträda frekvent och vara relativt väl sammanhängande, bedöms som grundvattenmagasin. För beteckningarna på kartan gäller i stort indelningen i tabell 6.

Den maringeologiska kartläggningen av Göteborgs kommun (Klingberg 2002) har varit till stöd för tolkningen av friktionsjordens mäktighet under lera utmed Göta älv. Djupprofiler till berg har tagits fram för Göta älvs sträckning mellan Sävås utflöde vid Gamlestaden och norrut till kommungränsen öster om Rödbo.

Databasen över jordarter har legat till grund för grundvattenkartan. Den metodik som använts för att reducera jordartsinformationen på grundvattenkartan sammanfattas nedan:

- Små ytor av olika jordarter i bergterräng (svallsand, svallgrus, morän och ibland lera) ingår i klassningen av kapaciteten för berggrunden.
- Höllar mindre än ca 4 000 m² inom ett område där klassning skett av magasin i jord har tagits bort.
- De allra flesta områden kartlagda som svallsand eller svallgrus i lerområden har utelämnats. Dessa bedöms vara så tunna (oftast <1 m), att de inte innehåller några grundvattenmagasin. De

BEDÖMDA GRUNDVATTENFÖRHÅLLANDEN I JORDLAGREN

Sand och grus, huvudsakligen isälvsavlagringar



Stor grundvattentillgång, med mycket goda eller utmärkta uttagsmöjligheter, storleksordningen 5–25 l/s (ca 400–2 000 m³/d)



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

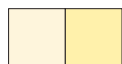


Liten eller ingen grundvattentillgång, storleksordningen <1 l/s (< ca 80 m³/d)

Sand- och gruslager under finkorniga sediment

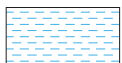


Grundvattentillgång i sand- och gruslager under silt och lera som är täta eller har dålig genomsläpplighet. Grundvattentillgång och uttagsmöjligheter enligt färgskalan ovan. Sättningar kan uppstå vid avsänkning av grundvattennivån.



Sammanhängande område med mäktiga finsediment, silt och lera. Vattenförande friktionslager kan förekomma i och under dessa sediment. Brunnar i jord kan vara ett alternativ till brunnar i berg. Sättningar kan uppstå vid avsänkning av grundvattennivån. Större utbredning och mäktighet av friktionslagren (till höger).

ORGANISKA JORDARTER



Torvmark. Utgör ofta utströmningsområden för grundvattnet. Markerade på ytor klassade med grundvattenkapacitet i berggrunden.

Fig. 13. Teckenförklaring till kartutsnittet i beskrivningen för bedömning av grundvattenförhållanden i jordlager inom Göteborgs kommun.

Tabell 6. Uppskattad mäktighet av friktionslager under lera som underlag för klassning av grundvattentillgång (fig. 13).

Mäktighet hos friktionlager	Grundvattentillgång	Beteckning och färg på kartan
>10 m, ofta >20 m	5–25 l/s	Mörkblå linjer, vit botten
>5 m	1–5 l/s	Ljusblå linjer, vit botten
2–5 m	begränsad	Tjockt streckraster, gul botten
<2 m	liten eller ingen	Tunt streckraster, gul botten

ytor med svallsediment som finns kvar har en relativt stor utbredning och en uthållig mäktighet på minst 1 m.

- Torvjordar (kärr och mosse) som bedöms underlagras av lera har tagits bort. Dessa torvjordar ligger vanligen i dalgångar och är någon till några meter djupa ovanpå ofta mäktiga lager av lera. Det organiska materialet är därför isolerat från det undre friktionslagret som anges på kartan. I områden som klassats med kapacitet i berggrunden kvarstår de ytor som på jordartskartan kartlagts som torvmark. Här utgör de utströmningsområden i svackor och visar både på topografiska förhållanden och dräneringsmönster.
- Lera används som samlingsbegrepp för alla finkorniga sediment (glacial och postglacial lera, siltiga jordar, leryttja etc.)

På grundvattenkartan och i beskrivningen finns ett antal övriga beteckningar (fig. 14). Grundvattnets huvudsakliga strömningsriktningar och trycknivåer i jordlager redovisas i de områden där mätdata funnits tillgängliga. Grundvattendelare har angetts på några av dessa platser. I övriga områden kan generellt sägas att grundvattnets strömning i jordlagren följer landskapets topografi och dräneringsmönster.

Annan information som medtagits på kartan är läget för källor samt observationsrör ingående i Göteborgs kommuns övervakning av ytligt grundvatten. Från dessa rör tas regelbundet grundvattenprover för analys av den kemiska sammansättningen. Resultat från undersökningen finns i avsnittet Grundvattnets kemi.

Resultat

Södra skärgården

Göteborgs södra skärgård domineras av kala bergytter. I jordfyllda svackor finns svallavlagringar (främst svallsand) eller lera. Svallsanden ligger ibland i de mindre svackorna direkt på berg, men oftast täcker den tunna lerlager. Ett område på norra Styrö, med bedömt större mäktighet hos svallsanden, har markerats på kartan med beteckning liten eller ingen grundvattentillgång. Under leran förekommer ibland vattenförande lager av friktionsjord.

ÖVRIGA BETECKNINGAR

	Grundvattendelare
	Grundvattnets huvudrörelseriktning
	Grundvattnets trycknivå, m ö.h.
	Källa registrerad vid SGU med ett flöde av >1 l/s
	Observationsrör eller rörbrunn för mätning av grundvattennivå
	Enskild brunn i jord (vänster) eller berg (höger) med kapacitet överstigande 6000 l/h (> ca 150 m³/d)
	Kommunal övervakning av ytligt grundvatten
	Större sprickzon

Fig. 14. Teckenförklaringen för övriga beteckningar i beskrivningens kartutsnitt.

Hovås, Askim, Sisjön och Högsbo

Både öppna och slutna grundvattenmagasin har markerats inom området runt Hovås, Askim, Sisjön och Högsbo. Vid Hovås finns en relativt tunn isälvsavlagring. Norr om denna finns svallsediment. Delar av svallsedimentet har tillsammans med isälvsavlagringen lagts in på grundvattenkartan med beteckningen liten eller ingen grundvattentillgång. Samma klass har lagts in för ett område ca 1 km nordost om Hovås. Här finns en stor svallavlagring och sannolikt kan det finnas lera under svallsedimentet, men utbredning och mäktighet är okänd.

Längre norrut i den smala dalgången i Askim finns uppgift om lagerföljden 3,5 m svallsediment, 6 m lera samt underst 3,5 m friktionsjord. Detta är ett exempel på en yta på kartan som avgränsats med tjockt raster på gul botten. Det innebär att det förekommer vattenförande friktionslager med större mäktighet under lera, men de betecknas inte som grundvattentillgång med kapacitet >1 l/s. En annan yta markerad med samma klass ligger längre åt väster mellan Askim och Askimsviken.

Längre mot norr, från Askims centrum till Pilegården, finns grovkorniga jordlager som har ganska stor mäktighet. Dessa består främst av morän och överlagras på vissa platser av svallsediment. I södra delen ligger avlagringen utmed en västsluttning och i norr i en ryggform. Höllar förekommer i hela området så de vattenförande jordlagren har varierande jordmäktigheter. Området har markerats som liten eller ingen grundvattentillgång (fig. 15). Denna avlagring är en av de få inom Göteborgs kommun där morän förekommer i nämnvärd omfattning. Flera observationsrör finns i materialet, och trycknivåer liksom vattendelare har förts in i databasen. Observationsrör 77 visar på nivåvariationerna i materialet (fig. 16). Som jämförelse finns i figuren även nivådiagram från de närliggande observationsrören 79 och 83, belägna i friktionslager under lera. Alla tre rören visar på en viss nivåökning under mätperioden. Rören 79 och 83 uppvisar mycket likartade förlopp, vilket styrker att de är placerade i samma lager.

I Stora åns dalgång finns betydande avlagringar av friktionsjord. Dessa sträcker sig från Frölunda i väster och fortsätter i öster in i Mölndals kommun (fig. 15). Sammansättningen är främst grus och sand, och inom stora delar av ytan bedöms mäktigheten överstiga 10 m. Huvuddelen täcks av lera. På några platser går friktionsjorden i dagen. Uttagsmöjligheterna är goda i anslutning till det öppna magasin som markerats centralt i området med kapacitetsklass 5–25 l/s. Här anlades för forskningsändamål en brunn av Chalmers tekniska högskola som vid inledande provpumpningar gav cirka 20 l/s. För det större sammanhängande slutna magasinet har ingen vidare uppdelning skett, utan hela ytan har tilldelats kapacitetsklass 1–5 l/s.

Frölunda, Fiskebäck, Långedrag och Älvsborg

Ett stort antal borrhningar finns utförda i området omkring Frölunda, Fiskebäck, Långedrag och Älvsborg. Oftast är mäktigheterna av friktionsjord under lera mycket små, eller saknas helt. Enstaka borrhpunkter visar på upp mot 3 m friktionsjord. Inget grundvattenmagasin under lera har avgränsats. Eftersom det finns en stor mängd nivåmätningar i Frölunda har strömmningsbilden och grundvattennivåer markerats öster och söder om Frölunda.

Bräcke, Kyrkbyn, Kungsladugård och Majorna

Ett stort antal borrhpunkter både norr och söder om Göta älv visar att friktionsjorden ofta är mer än 5 m mäktig. Detta motiverar avgränsning av ett slutet magasin med kapaciteten 1–5 l/s (fig. 17). Vid den maringeologiska undersökningen har inte lagerföljden under Göta älv kunnat bestämmas, men bedömningen är att friktionsjord under leran har god kontakt även under älven.

Söder om Älvsborgsbron vid Sandarna finns ackumulationer av sand och grus med inslag av morän. Avlagringen tillhör ett av de randstråk i nord-sydlig riktning som sträcker sig genom Göteborg. Den naturliga grundvattentillgången bedöms vara liten och magasinet är osammanhängande p.g.a. ett antal höllar. En annan motsvarande men mäktigare ackumulation sydväst om Kyrkbyn på Hisingen har bedömts ha en grundvattentillgång på 1–5 l/s.

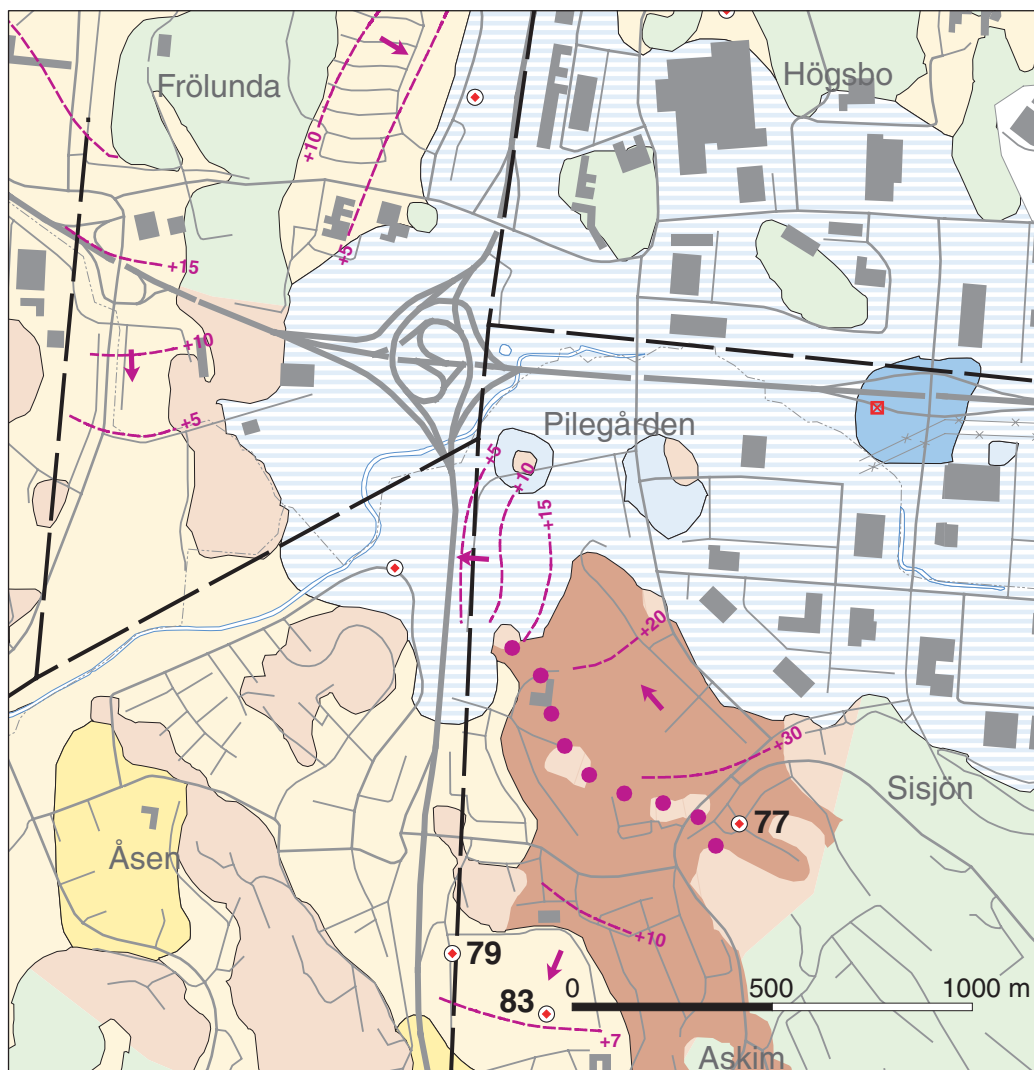


Fig. 15. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för området runt Hovås, Askim, Sisjön och Högsbo. Observationsrören 77, 79 och 83 är markerade.

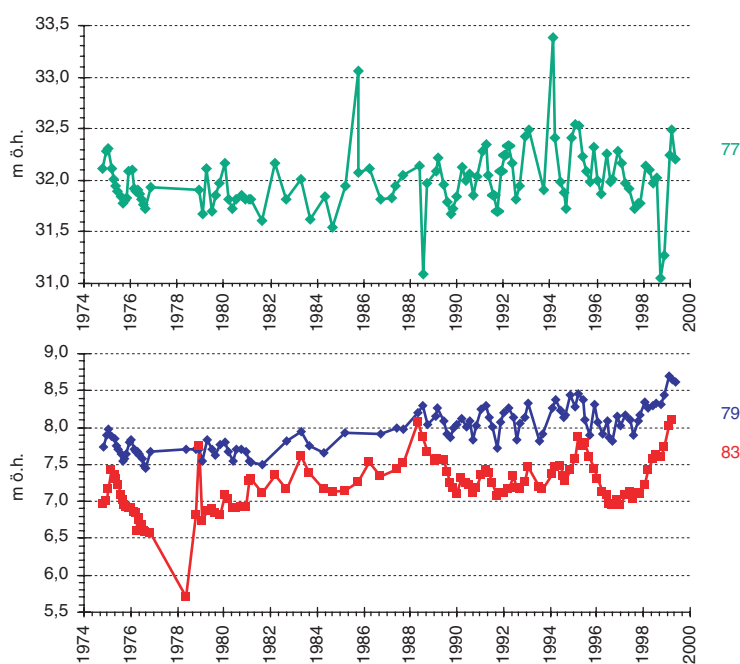


Fig. 16. Grundvattnets trycknivå i Gattubolagets observationsrör 77 (öppna förhållanden) samt observationsrören 79 och 83 (slutna förhållanden).

Grundvattennivåer från observationsrör 133 i den södra av bildningarna vid Sandarna framgår av figur 18. Nivåerna har under hela den nästan trettioåriga mätperioden fluktuerat inom samma intervall på ca 1,5 m. Kurvan avspeglar ett normalt förlopp i en avlagring som har begränsad grundvattentillgång, dvs. kraftiga nivåvariationer under kort tid. Några långsiktiga förändringar tycks inte ha skett här.

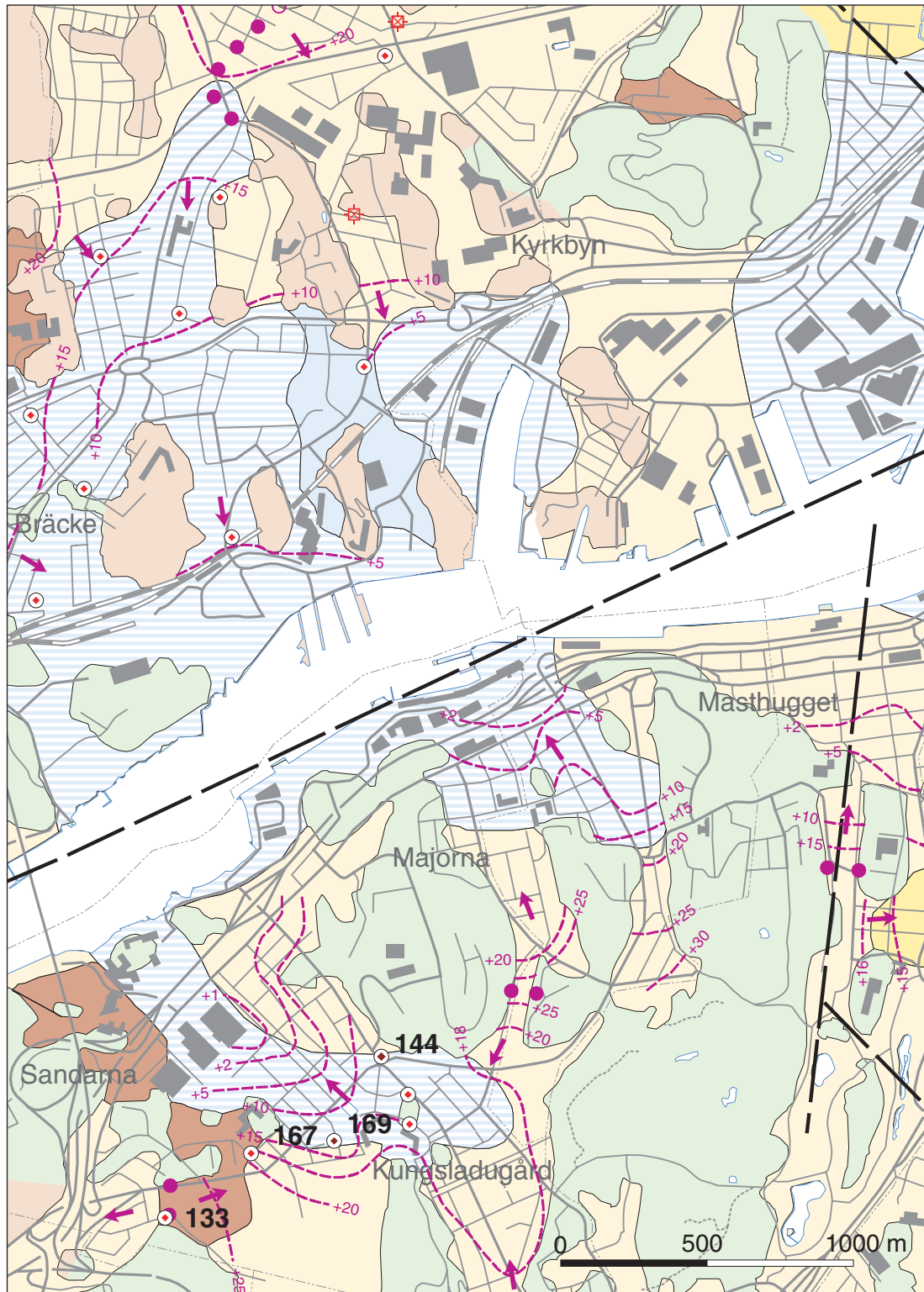


Fig. 17. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar över området Kungsladugård, Majorna och Bräcke. Observationsrören 133, 144, 167 och 169 är markerade.

Uppgifter finns från ett stort antal observationsrör som är drivna genom leran till underliggande friktionsjord. Grundvattnets strömningsriktning och isolinjer för trycknivåer har därför kunnat markeras på båda sidor om Göta älv. Som exempel på trycknivåer i Kungsladugård redovisas diagram för rören 144, 167 och 169 i figur 19. Rören ligger på 200–300 m avstånd från varandra inom samma avgränsade grundvattentillgång.

Mätserierna för rör 144 och 167 representerar en typisk situation med variationer som ofta understiger 0,5 m. Trycknivån i rör 169 varierar mera. Flera rör både norr och söder om Göta älv visar på fluktuationer på uppemot två meter. I detta område uppvisar rören oftast inga långsiktiga förändringar i nivåer.

Centrala Göteborg (Heden, Johanneberg och Annedal)

För de östra delarna av centrala Göteborg, som ligger på lera, har en grundvattentillgång i friktionsjord under lera med kapaciteten 1–5 l/s avgränsats. Den omfattar Mölndalsåns dalgång och Heden, och fortsätter vidare norrut i Göta älvs dalgång (fig. 20). Borrningar visar på mycket varierande mäktighet på friktionslagret. I området norr och nordost om Heden vid Trädgårdsföreningen och

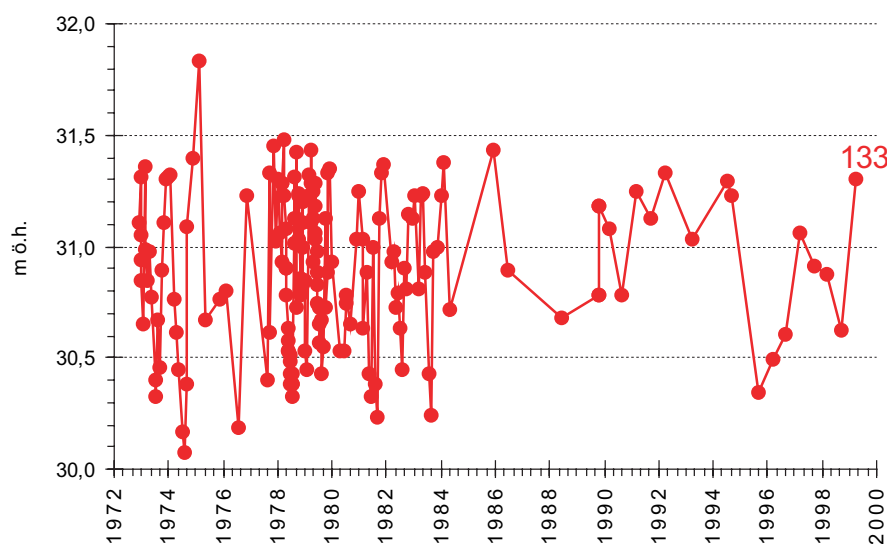


Fig. 18. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 133 (öppna förhållanden).

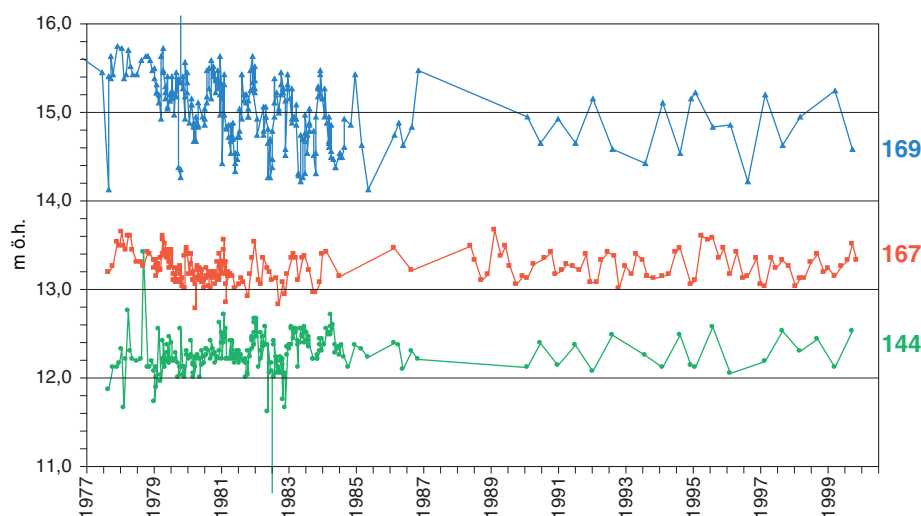


Fig. 19. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 144, 167 och 169 i Kungsladugård. Mätningar för perioden 1977–1999 ingår.

Ullevi finns borrhningar som visar på mer än 30 m friktionsjord. Oftast är friktionslagrets mäktighet åtminstone 5–10 m, men saknas sannolikt helt på en hel del platser. Det har inte funnits anledning av ytterligare indela området i olika kapacitetsklasser.

I figur 21 finns några nivådiagram redovisade från området mellan Heden och Svenska Mässan. En grundvattensänkning år 1970 fick genomslag i både rör 492 och 494. Liknande långsiktiga trender uppvisas för de tre rören i diagrammet, men nivåfluktuationernas storlek varierar.

Friktionsjordens mäktighet under lera är vanligen liten i de av berg dominerade stadsdelarna, som exempelvis Johanneberg. Vid Annedal finns något större mäktigheter hos friktionsjorden. Många observationsrör har mätts i Annedal och Haga och på kartutsnittet i figur 20 är grundvattennivåer och strömningsriktningar markerade. Mätserier visar att tydlig påverkan har skett på grundvattnets trycknivå i Annedal och Haga under olika perioder.

Kallebäck och Delsjöarna

Vid Kallebäck finns den grundvattentillgång i öppna sand- och gruslager som bedöms ha den högsta kapaciteten inom kommunen (fig. 22). Bildningen tillhör den s.k. Göteborgsmoränen. Undersökningar har utförts för de produktionsbrunnar för livsmedelsindustri som finns i området.

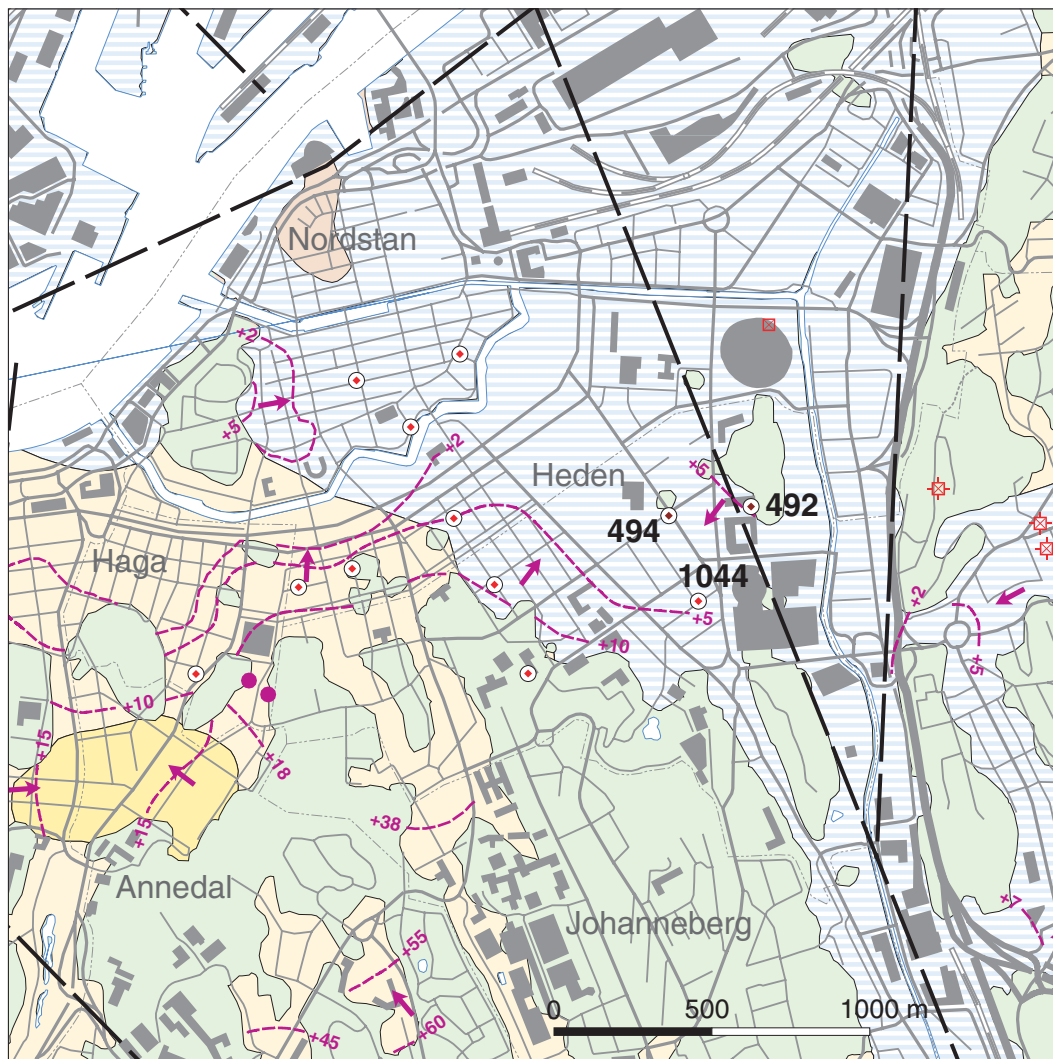


Fig. 20. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för de södra och östra delarna av centrala Göteborg. Observationsrören 492, 494 och 1044 är markerade.

Resultat från dessa har tillsammans med muntlig information använts för bedömning av kapacitet och avgränsning av ytor. Ett centralt område har klassats i kapacitetsintervallet 5–25 l/s och omgivande områden i 1–5 l/s. Sand- och gruslagren täcks vid Gundla mosse av lera och torv. I den västra sluttningen, där bl.a. Kallebäcks källa återfinns, förekommer svallavlagringar överst som täcker både lera och grövre avlagringar. Grundvattennivåer från denna västra del av bildningen finns i figur 23. Nivåerna i de båda rören 1226 och 1227 följer varandra väl vad gäller utveckling i tiden,

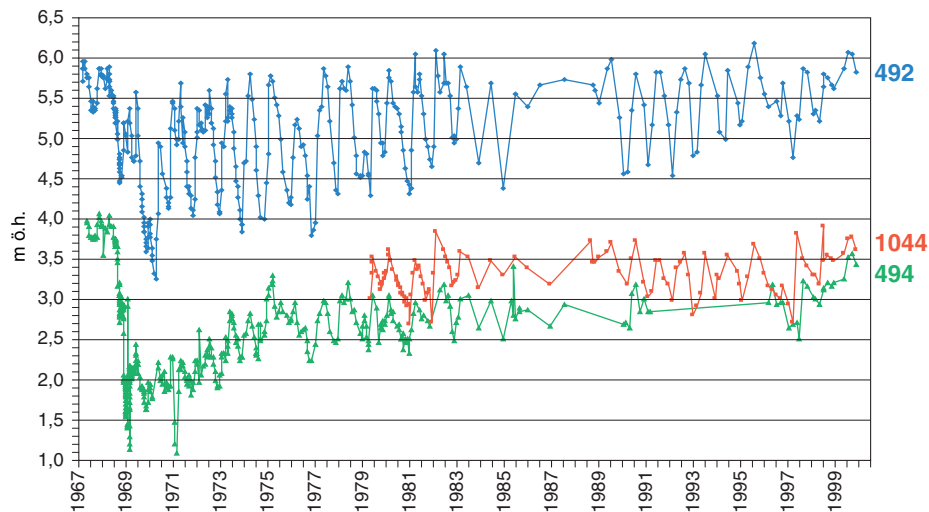


Fig. 21. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 492, 494 och 1044 belägna öster och sydöst om Heden.

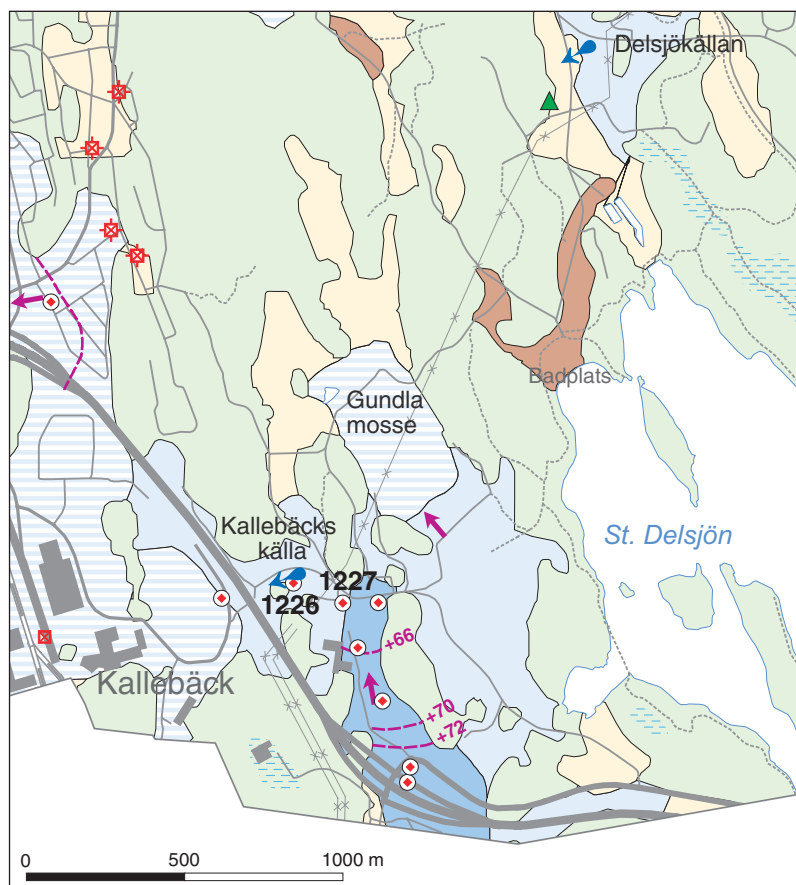


Fig. 22. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar i Kallebäck och Delsjöområdet. Observationsrören 1226 och 1227 är angivna.

men amplituden i rör 1227 är betydligt större. Avlagringens betydelse för vattenförsörjningen i Göteborg omnämns nedan i avsnittet Vattenförsörjning. En utförlig historik om källorna i Kallebäck har tagits fram av Nyberg & Ygge (1976).

Delsjöarna utgör en viktig del i Göteborgs vattenförsörjning. Till Delsjöarna pumpas vatten från Göta älv och från Delsjöarna förs vattnet vidare till Lackarebäckverket för beredning. Sjöarnas avrinningsområden har avsatts som skyddsområden (fig. 22). Avrinningsområdena karaktäriseras av kala bergytter utsträckta i nord-syd och med torv, lera eller svallsediment i ytan i svackorna. Morän finns inom mindre ytor inom hela avrinningsområdet, mest frekvent öster och sydöst om Lilla Delsjön invid kommungränsen. Störst jordmättighet finns vid Stora Delsjöns badplats i nordväst, där Göteborgsmoränen (med klassad kapacitet <1 l/s) når ned till stranden.

Från avrinningsområdet tillförs ytvatten och grundvatten till Delsjöarna. Uppskattningsvis är den tillförda mängden från avrinningsområdet ca 30 % jämfört med den vattenmängd från Göta älv som tillförs via tunnel. Pettazzoni (1992) har diskuterat hur denna tillförsel av älvvatten påverkar sjöns bottensediment. Inom Göteborgsprojekt har geokemisk provtagning skett i jordlagren invid Delsjöarna (Selinus m.fl. 2001) varvid konstaterats att tungmetallhalterna generellt är låga. Någon samlad undersökning av yt-, mark- och grundvatten inom Delsjöarnas avrinningsområden är inte känd.

Från området vid Kallebäck och Gundla mosse fortsätter Göteborgsmoränen norrut mot Kålltorp och den är uppdelad i ett antal delsträckor. De flesta områdena har bedömts höra till klassen liten eller ingen grundvattentillgång. Vid Delsjökolonin som ligger i anslutning till Delsjökällan, finns ett avsnitt med bedömt större jorddjup som lagts i klass 1–5 l/s (fig. 22). Avrinningen i Delsjökällan är liten, men den utgör bara en liten del av utflödet i Delsjöbäcken från avlagringen.

Kålltorp, Björkekärr, Bagaregården, Gamlestaden och Utby

Från Kålltorp sträcker sig Göteborgsmoränen vidare mot norr via Bagaregården och Gamlestaden. Den går i dagen vid några platser, t.ex. vid Bagaregården, men täcks i övrigt av lera. Sannolikt är sorterade partier av sand och grus vanligare än morän. Från Kålltorp till Bagaregården täcks de ofta mer än 20 m mäktiga friktionslagren av lera. Innan Bagaregården bebyggdes i sin nuvarande omfattning skedde stora uttag av sand och grus ur Göteborgsmoränen. I en skärning dokumenterad av Munthe m.fl. (1923) dominerar morän över sand. Där Göteborgsmoränen korsar Sävans dalgång vid Gamlestaden återfinns troligen de största mäktigheterna av friktionsjord inom Göteborgs kommun. Borrningar visar på flera tiotals meter och djup över 80 m har noterats.

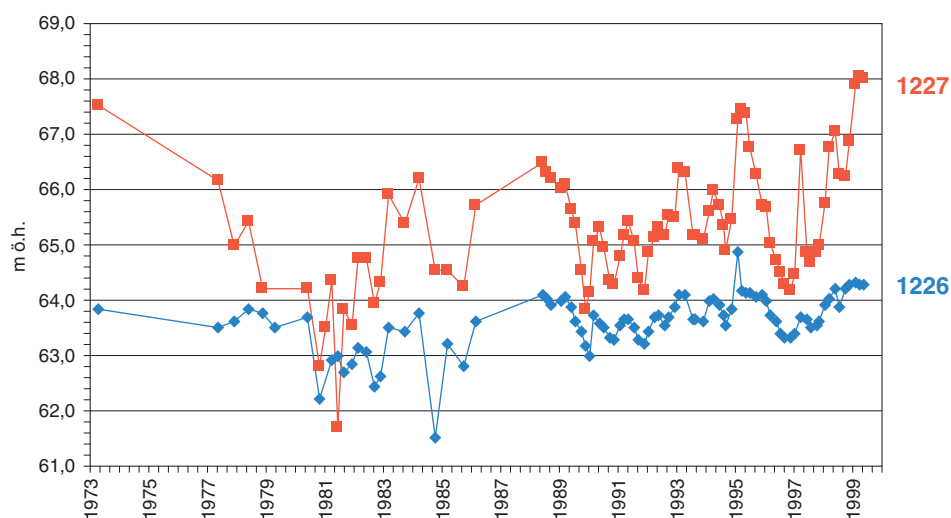


Fig. 23. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 1226 och 1227 i Kallebäck.

På grundvattenkartan har avlagringarna tillhörande Göteborgsmoränen markerats i kapacitetsklass 1–5 l/s (fig. 24). Ett undantag är avsnittet vid Gamlestaden som bedömts ha en kapacitet av 5–25 l/s. Det finns även betydande mängder friktionsjord under lera på båda sidor om Göteborgsmoränen och huvuddelen har bedömts ha en kapacitet av 1–5 l/s.

Information om grundvattnets trycknivå har funnits i tillräcklig omfattning för att ange isolinjer inom Källtorp, Björkekärr och Vidkärr. En grundvattendelare inom Göteborgsmoränen har markerats mellan Källtorp och Bagaregården, varifrån grundvattnet strömmar i tre riktningar. Avgränsningen bygger på information från ett antal observationsrör. Nivådiagram från två rör i

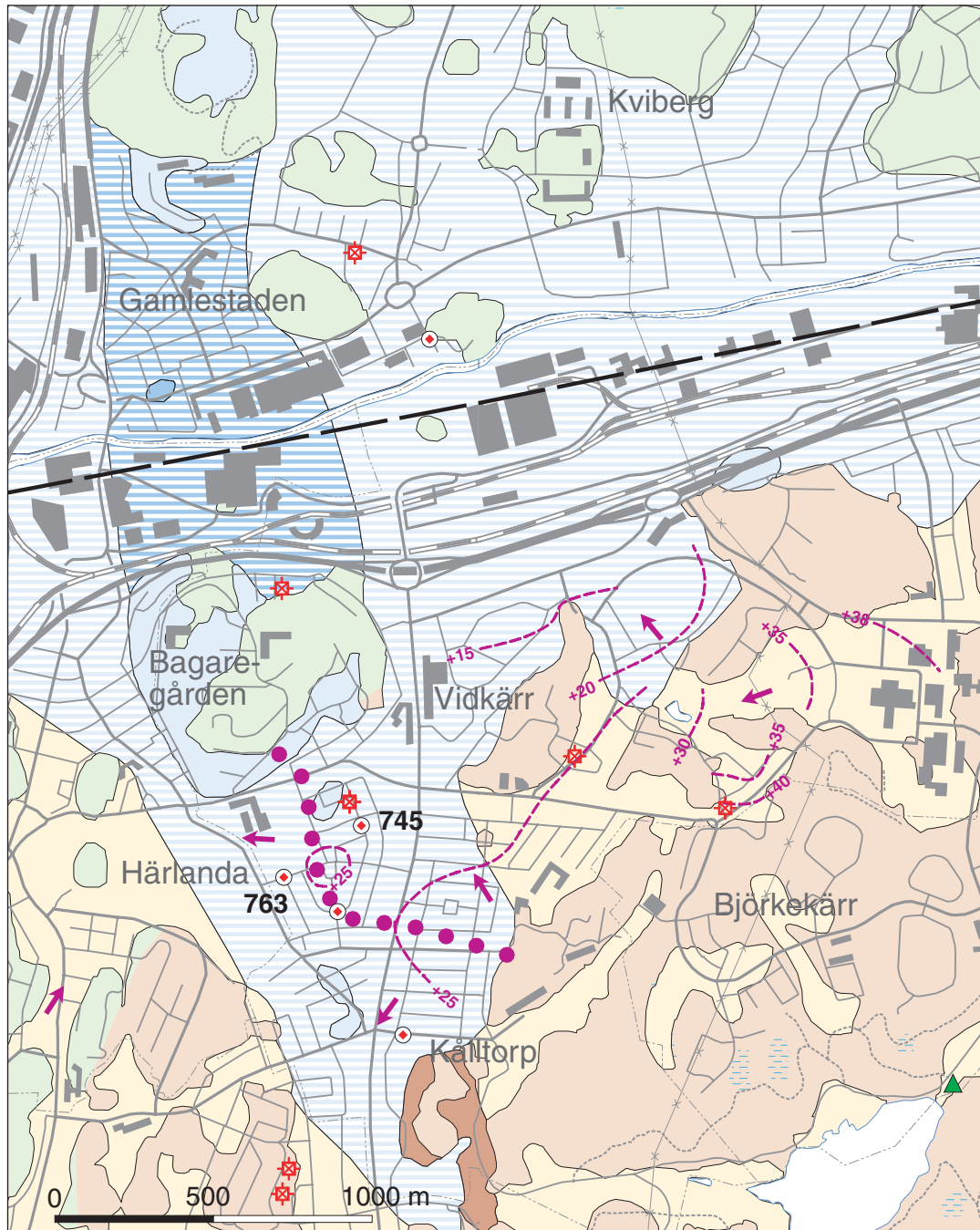


Fig. 24. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för området Källtorp, Björkekärr, Bagaregården, Gamlestaden och Utby. Observationsrören 745 och 763 är markerade.

den markerade grundvattentillgången under lera visas i figur 25. Diagrammen visar på en mycket kraftig grundvattensänkning 1970 med åtföljande återhämtningsförlopp.

Tagene och Hjällbo samt Lärjeåns dalgång

Stora mängder friktionsjord finns under lera i Lärjeåns dalgång vid Hjällbo. Borrhingar visar på mycket stora variationer i djup på friktionsjorden, men god hydraulisk kontakt i området kan förväntas. Den västra delen av Lärjeåns dalgång har bedömts ha en kapacitet av 5–25 l/s. Avgränsningen mot öster bygger bl.a. på en borrhining som visar på 37 m friktionsjord mellan Hjällbo och Linnarhult. I väster avgränsas ytan just öster om Göta älv och fortsätter mot söder i Göteborgsmoränen som här följer Göta älvs östra dalsida (fig. 26). Här ligger också Alelyckans vattenverk dit vatten förs från Göta älv. Ungefär halva vattenmängden distribueras ut på vattennätet efter beredning och resten pumpas vidare i tunnel till Delsjöarna. I höjd med Lärjeåns mynning korsar sedan Göteborgsmoränen Göta älvs dalgång. Den återkommer i dagen söder om Tagene på Hisingen och fortsätter mot nordväst i ett hällområde. Grundvattentillgången bedöms här vara liten.

Utbredningen av friktionsjord under lera i anslutning till en mindre isälvsavlagring i södra Hjällbo har undersökts med geoseismik. Profilen S5-99 är utlagd strax norr om Lärjeån (fig. 26). Den 130 m långa profilen visar på ett ca 10 m mäktigt vattenförande lager av sand och grus på berggrunden (fig. 27). Den täckande lera är här bara några meter. Profilen stödjer tolkningen från enskilda borrhål att utbredningen av friktionsjord under lera är stor vid Hjällbo.

Lager med friktionsjord under lera bedöms vara mindre mäktiga längre österut i Lärjeåns dalgång (området Linnarhult–Angered–Torvhög). Friktingsjord förekommer dock frekvent och kapacitetsklassen 1–5 l/s täcker huvuddelen av området. Öster om Torvhög till kommungränsen mot Lerum har inga grundvattentillgångar angivits, med undantag för ett område kring Bergum.

Vid Gunnilse finns stora isälvsavlagringar som varit utsatta för betydande täktverksamhet. Utfyllnad av dessa täkter pågår. Avlagringarna är idag inte lämpliga för grundvattenuttag. På grundvattenkartan har isälvsedimenten bedömts ha en kapacitet av 1–5 l/s.

Agnesberg, Kärre och Ingebäck

Röseredsplatån sydväst om Angered består av sorterade sediment som till betydande delar brutits ut. En hel del hållar har grävts fram. Grundvattentillgången har bedömts vara 1–5 l/s vilket motsvarar främst hur de ursprungliga förhållandena antas ha varit (fig. 28). Liksom i Gunnilse är området delvis utfyllt och det är inte aktuellt med grundvattenuttag här.

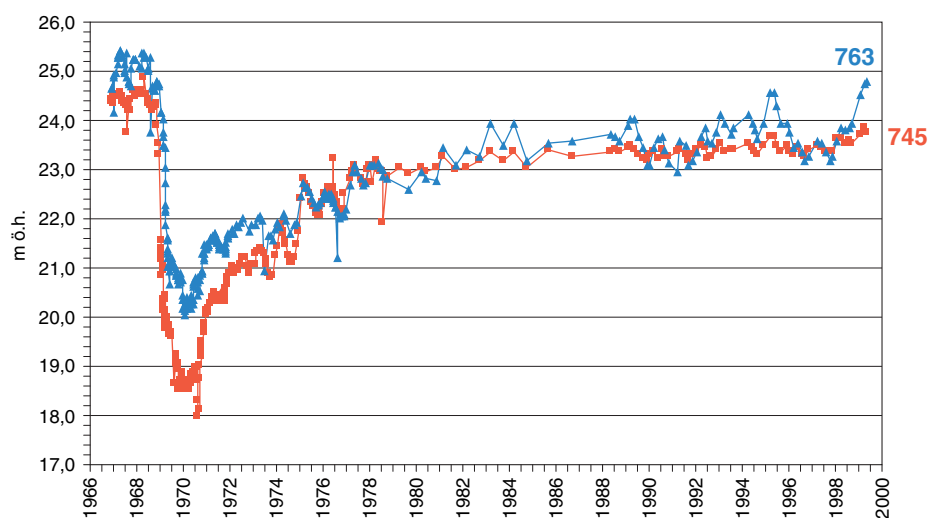


Fig. 25. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 745 och 763 i Kålltorp och Härlanda.

I den markerade dalgången vid Agnesberg finns dels betydande mäktigheter av friktionsjord (>20 m) under lera, dels en hel del svallsediment ovan lera. På kartan har klassning skett av det undre, slutna magasinet, som har kontakt med Röseredsplatån. Grundvattentillgången har bedömts vara lika som ute i Göta älvs dalgång, 1–5 l/s, men möjligheterna till vattenuttag antas vara störst i dalgången vid Agnesberg.

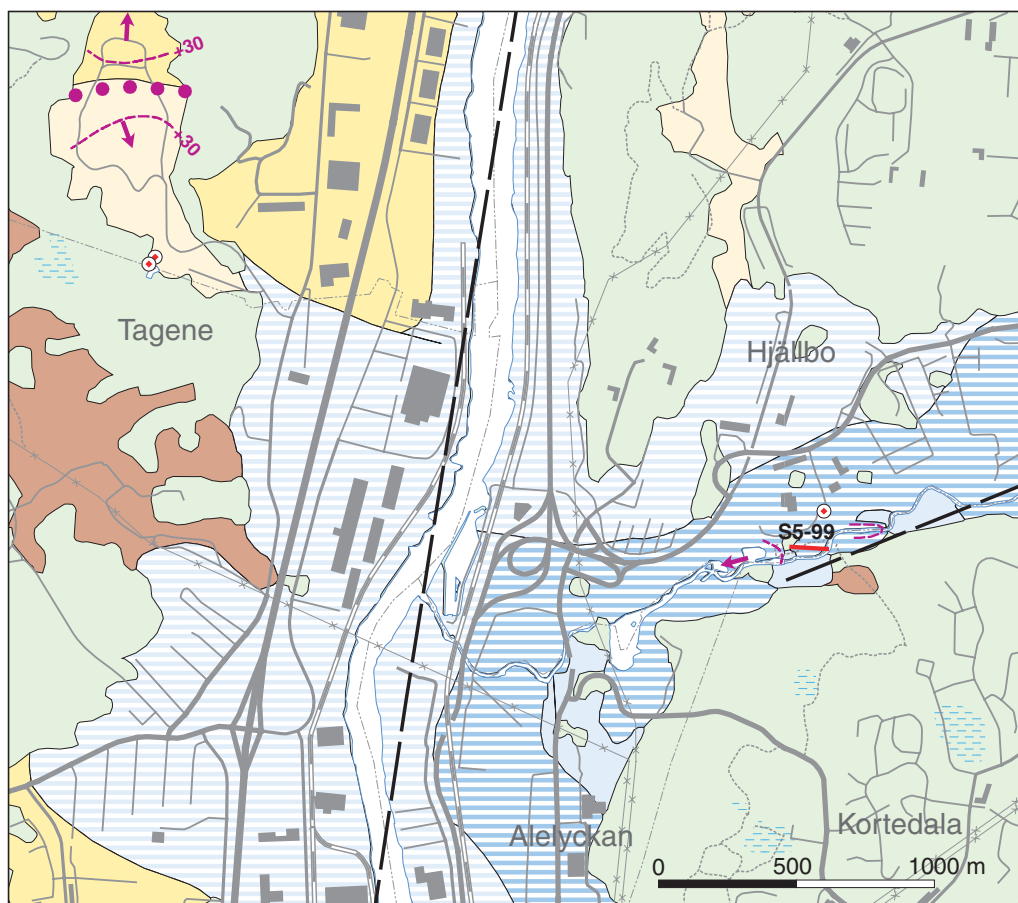


Fig. 26. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för området Tagene, Hjällbo och Lärjeåns dalgång.

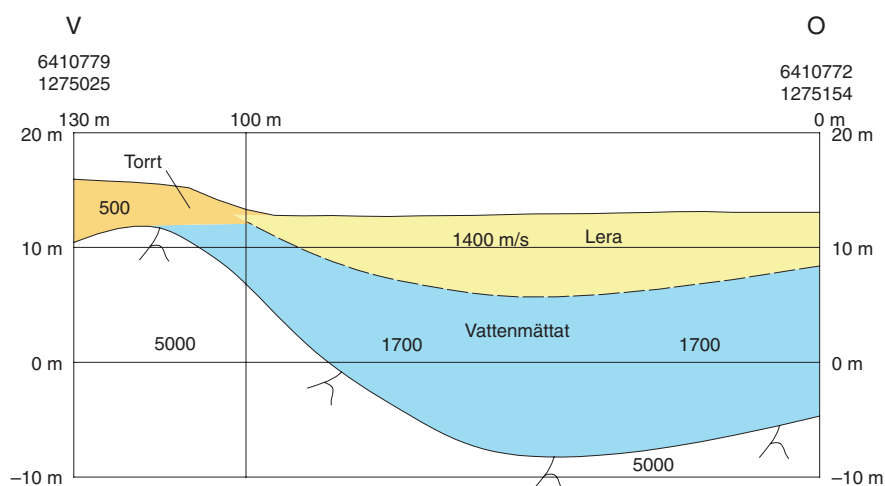


Fig.27. Geoseismisk profil S5-99 vid Hjällbo. Metodik vid utförande och tolkning av seismiska profiler förklaras i avsnittet Metodbeskrivningar.

Vid Ingebäck finns en större jordackumulation mellan en bergsrygg i väster och Göta älvs dalgång. Den består dock främst av morän, och har bedömts sakna eller ha liten grundvatten-tillgång.

Ellesbo

Vid Ellesbo på nordvästra Hisingen finns en större jordackumulation som innehåller både sorterade jordarter och morän. Den är utsträckt i nord-syd och är ca 2,5 km lång. Den har en genomsnittlig bredd på ca 500 m där avlagringen går i dagen (fig. 29). Överytan sluttar från väster mot öster. Utredningar för att beskriva förutsättningarna för grundvattenuttag i materialet är inte kända. Sannolikt har den ansetts vara av litet intresse för regional vattenförsörjning. Skäl till detta kan vara den tidigare täktverksamheten och avlagringens moräninnehåll. Avståndet till Göteborgs centrum är också ganska stort. Ytan för naturlig grundvattenbildning är dessutom i stort sett begränsad till själva avlagringen. Ellesboavlagringen är dock den största jordackumulationen i kommunen där grovkorniga jordarter går i dagen. Den är också mycket glest bebyggd. Det ansågs därför intressant att i denna undersökning förlägga fältarbete till avlagringen. Närheten till Göta älv gör också att tillgången på ytvatten för eventuell konstgjord grundvattenbildning är i det närmaste obegränsad.

Ellesboavlagringen har beskrivits av Hillefors (1955, 1969). Den stratigrafiska uppbyggnaden är av stort kvartärgeologiskt intresse. Avlagringen har visat sig innehålla lager som bildats både före, under och i anslutning till avsmältningsskedet av den senaste inlandsisen. Speciellt värdefull för denna undersökning är Hillefors iakttagelser i den stora grustakten i bildningens norra del (fig. 29).

Olika datamodeller utnyttjas allt mera i samband med grundvattenundersökningar. Vid SGU utvecklas användningen av programvaran GMS (Groundwater modeling system). GMS är ett programpaket som innehåller ett antal modeller för beräkning av grundvattenflöden och föroreningstransport. Vidare ingår presentations- och beräkningsverktyg som stöd i modelleringsarbetet. Det har ansetts intressant att testa GMS-modellen på olika typer av avlagringar, bl.a. med komplex lagerföljdsstruktur. Insamlat material från Ellesboavlagringen anpassades därför för användning

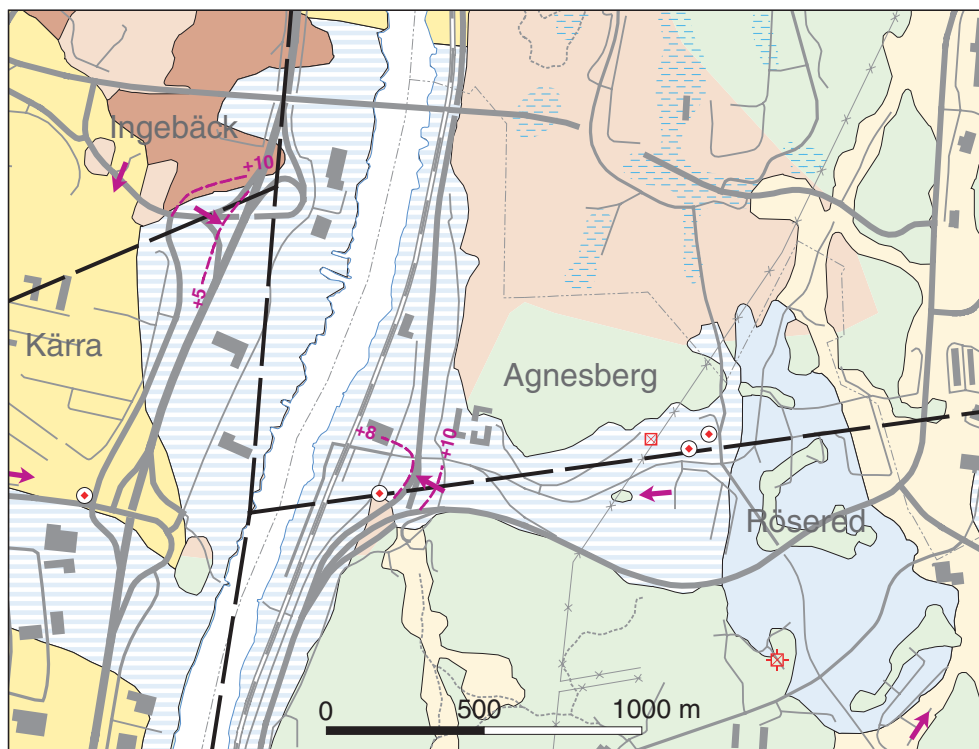


Fig. 28. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för området Agnesberg, Kärra och Ingebäck.

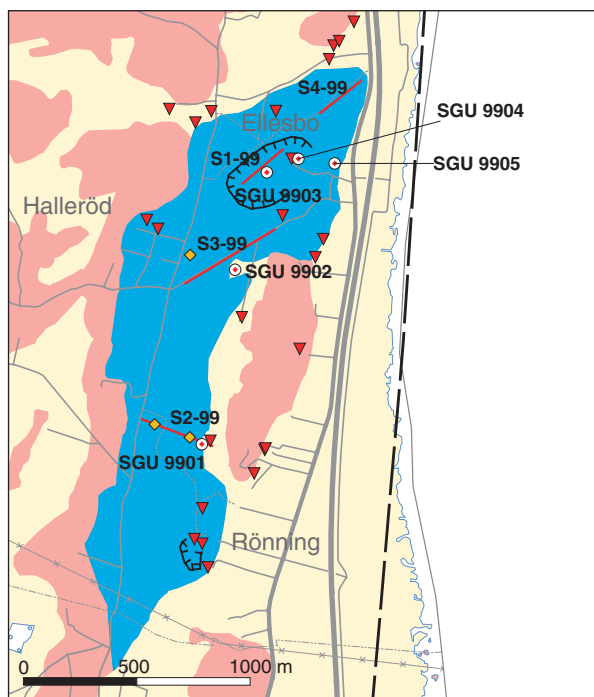


Fig. 29. Information om undersökningar utförda i Ellesboavlagringen (blå färg). Gul färg betyder lera och röd färg berg i dagen. Inventerade brunnar är markerade med trianglar, observationsrör med ringar och sonderingar med fyrkant. De seismiska profilerna är inlagda som linjer. Läget för de norra och södra täktområdena är markerade.

vid modelltester med GMS. Avsnittet Lagerföljder i Ellesbo redovisar grunddata från lagerföljder framtagna för att grundvattenmodellering ska kunna utföras.

I fältarbetet har ingått (se även fig. 29) kompletterande jordartskartering, utförande av fyra geoseismiska profiler, drivning av fem observationsrör och utförande av tre sonderingsborrningar, inventering och avvägning av grävda brunnar och källor samt vattenkemisk provtagning av observationsrör, grävda brunnar samt en källa.

Övrig information som använts är uppgifter från bergborrade brunnar i området inlagrade i SGUs brunnarsarkiv och skärningsdokumentationer av Hillefors (1955) vid framtagande av lagerföljder (se avsnittet Lagerföljder i Ellesbo).

Grundvattennivåer har uppmätts i de utsatta observationsrören samt i brunnar och källor. Ett större utströmningsområde finns dessutom i områdets sydöstra del, där avlagringen flackar ut mot Göta älvs dalgång. Grundvattennivåer har också översiktligt bedömts ur de seismiska profilerna. Fotografier från undersökningarna visas i figur 30–33.

Förenklat kan Ellesboavlagringen sägas bestå av följande delar:

Övre morän	15 m
Isälvsediment (sand och grus)	10–15 m
Undre morän	3–5 m

På Ellesboavlagringen ligger ofta en svallkappa med någon till några meter sand. Detta förhållande i den övre moränen gör det svårt att i geoseismiska profiler fastställa och urskilja utbredningen av de underliggande, sorterade lagren. I figurerna 34, 35, 36 och 37 redovisas tolkningen av de fyra utförda seismiska profilerna. Osäkerheten i bergytans nivå kan generellt anses vara någon till några få meter.

Den seismiska profilen S2-99 (fig. 34) är utlagd i södra delen av Ellesboavlagringen. Den sträcker sig längs huvuddelen av sluttningen. Inom den västra delen av profilen förekommer ett övre 10–15 m mäktigt lager med låg våghastighet där morän dominerar och grundvatten sannolikt saknas. Det underlagras av en ungefär lika mäktig zon med troligen vattenmättad jord, där både isälvsediment och morän ingår.



Fig. 30. Mätning av grundvattennivå i Ellesbo. Foto: A. Damberg.



Figur 31. Borrband-vagnen på väg i den norra täkten i Ellesbo. Foto: A. Damberg.



Fig. 32. Rör SGU 9903 på plats, dags för nivåmätning. Foto: A. Damberg.



Fig. 33. Drivning av observationsrör SGU 9903. Foto: A. Damberg.

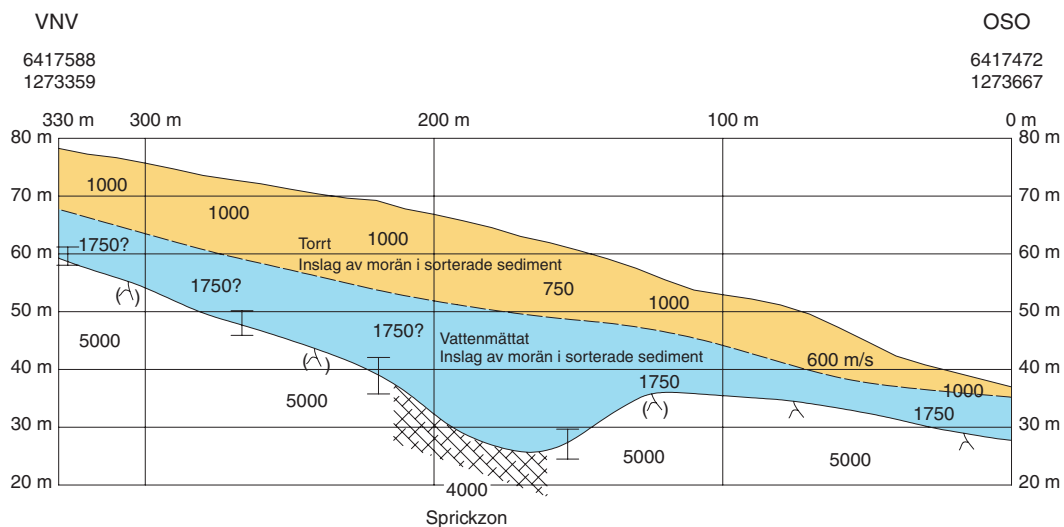


Fig. 34. Seismisk profil S2-99 i södra delen av Ellesboavlagringen.

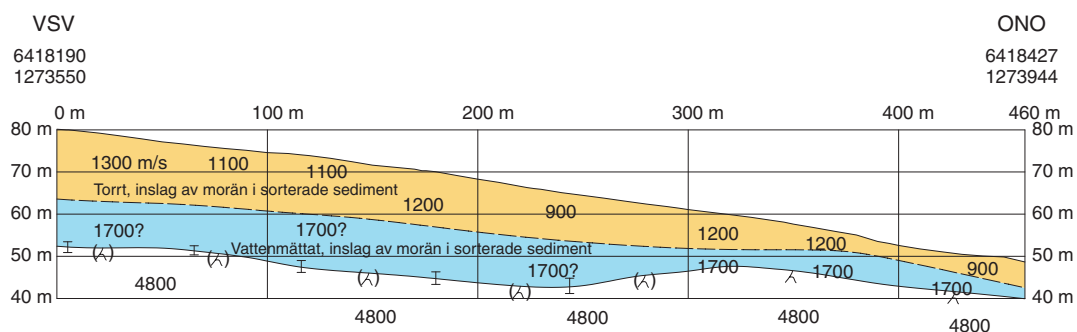


Fig. 35. Seismisk profil S3-99 utmed vägen mellan Halleröd och Ellesbo.

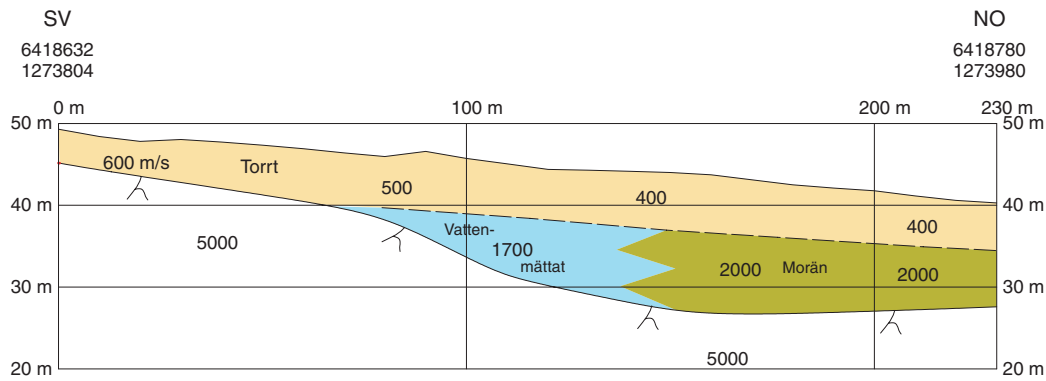


Fig. 36. Seismisk profil S1-99 i den norra tåkten i Ellesbo.

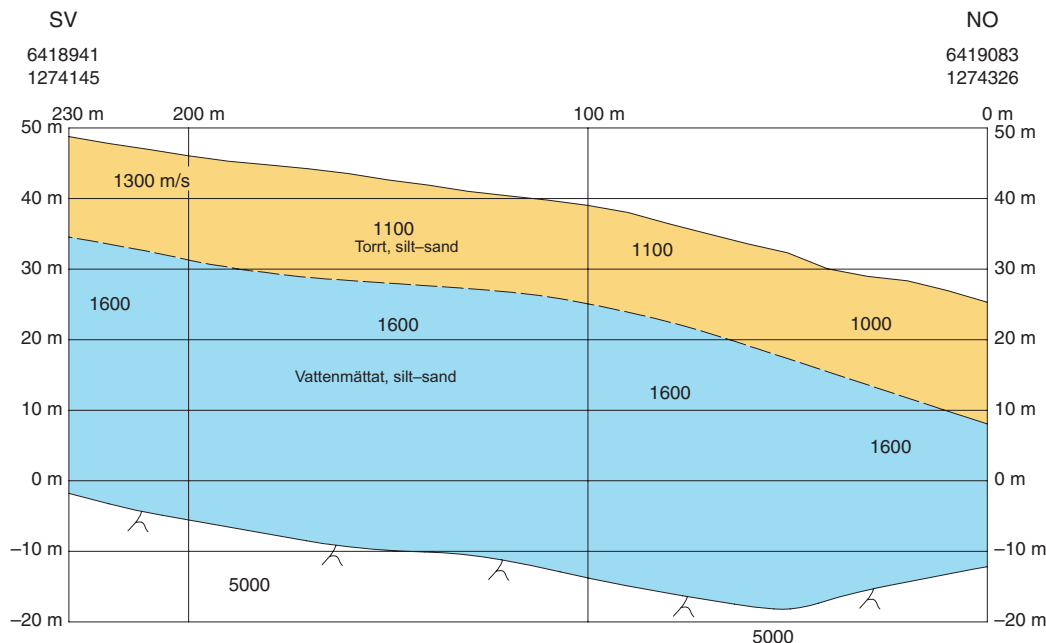


Fig. 37. Seismisk profil S4-99 i den nordöstra delen av Ellesbo.

I den östra delen av profil S2-99 (fig. 34) tunnare moränen ut. Vid drivning av observationsrör SGU 9901 (röret ligger ett tiotal meter från profilens östra ändpunkt) erhöles lagerföljden 4 m lera på 8 m mellansand. Grundvattnets trycknivå motsvarar markytans nivå. Röret är drivet i den övre delen av det utströmningsområde som fortsätter vidare mot öster. Endast måttliga mängder grundvatten erhöles vid rördrivningen. Slutsatsen är att ur den sand som ligger under morän eller lera i utströmningsområdet vid rör SGU 9901 skulle kapaciteter i storleksordning någon liter per sekund kunna erhöles ur lämpligt utförda och placerade brunnar.

Den seismiska profilen S3-99 (fig. 35) är utlagd utmed vägen mellan Halleröd och Ellesbo. Liknande resultat erhöles i denna profil som i profil S2-99. Det är sannolikt den övre moränen som utgör den översta delen av profilen och isälvssediment som dominerar i den undre delen. Observationsrör SGU 9902 är placerat något öster om profilens mitt och ca 30 meter från profilen. Vid röret finns 4,5 m lera ovan lika mycket sand. Borrningen avslutades på 9 m djup mot block eller berg. Grundvatten saknas i stort sett i sanden i detta område. Rör SGU 9902 sattes i en sänka och Ellesboavlagringen tunnare här ut mot söder. Resultatet ger en indikation på begränsade uttagsmöjligheter i denna del av avlagringen.

I den stora norra tåkten i Ellesbo utfördes undersökningar för att se på förutsättningarna att erhöles grundvatten. Det finns i tåktbotten allt från stora block till silt. Det är ett resultat av att

lager med olika sammansättning brutits ut och att rester finns kvar i olika delar av täkten. För att beskriva de nuvarande förhållandena har därför ett skikt kallat utfyllnadsmaterial angetts i framtagna lagerföljder, se vidare avsnittet Lagerföljder i Ellesbo.

De två observationsrören SGU 9903 och SGU 9904 placerades ut i täktområdet (fig. 29). SGU 9903 ligger centralt och lågt belägen i täkten. Grov, relativt osorterad jord förekommer inom de övre tre metrarna av profilen, och detta antas vara material som flyttats omkring inom täkten. Grundvatten erhöles på knappt tre meters djup och vattenmängderna var små.

En seismisk profil (S1-99, fig. 36) är utlagd på ett plan några meter över täktbotten. Det är mycket svårt att i profilen kunna tolka jordlagren, då störda förhållanden råder och sammansättningen i själva avlagringen är omväxlande. En linje är dragen mellan ett övre torrt skikt och ett underliggande vattenmättat skikt. Med stöd av nivåmätningar i rör SGU 9903 och brunn 201 i täkten antas linjen väl kunna motsvara grundvattnets trycknivå. I den nordöstra delen av profilen är det mera oklart vilken slags gräns linjen representerar och var grundvattenytan ligger.

Observationsröret SGU 9904 drevs på det utfyllda plan som avslutar täkten i öster. Totalt genomborrades ca 14 m av finkorniga sediment, främst silt. Grundvatten med svag tillrinning erhöles på ca 11,5 m djup (20,8 m ö.h.). Observationsröret SGU 9905 ligger i avlagringens östra begränsning i själva Göta älvs dalgång. Det är neddrivet ca 150 m öster om rör SGU 9904. Hårt packad finsand med inslag av mellansand och grovsilt finns ned till 10 m djup. Kompakteringsgraden och den finkorninga sammansättningen medför att endast en liten mängd vatten erhöles. Grundvattennivån uppmättes till 7,8 m ö.h., vilket innebär en kraftig gradient i grundvattnets trycknivå mellan rör SGU 9904 och SGU 9905. Det är sannolikt att den hydrauliska kontakten är mycket dålig mellan de lager som observationsrören SGU 9903, SGU 9904 och SGU 9905 är placerade i.

Den seismiska profilen S4-99 (fig. 37) är utlagd på avlagringens utlöpare mot nordost. I tolkningen anges silt och sand som dominerande fraktioner. Även om det inte framgår av profilen finns med största säkerhet både den övre och den undre moränen i den delen av bildningen. Det är tänkbart att grundvattnets trycknivå kan följa den angivna gränsen mellan torrt och vattenmättat material, åtminstone inom delar av profilen. Brunn 204 ligger 200 m väster om den sydvästra startpunkten för profil S4-99 och på ungefär samma nivå (52 m ö.h.). Grundvattnets trycknivå ligger här på endast 2,5 meters djup under markytan. Det är därför troligt att det även finns en del små lokala magasin som åtskiljs av täta skikt.

De utförda undersökningarna i Ellesboavlagringen visar på begränsade möjligheter till uttag av naturligt grundvatten. Hela bildningen har bedömts ha en grundvattentillgång i intervallet 1–5 l/s (fig. 38), med klar tonvikt på den nedre delen av intervallet. Inom hela utströmningsområdet i öster finns möjlighet till lokala uttag. Rent praktiskt skulle konstgjord grundvattenbildning vara lämpligast i och i anslutning till de två befintliga täktområdena. Det norra har undersökts här. Det är svårt att fastställa kontakten mellan olika sand och grusskikt. Stor utbredning av finkorniga partier begränsar möjligheterna för effektiv perkolation av vattnet. Det södra täktområdet kan ha något bättre förutsättningar för konstgjord grundvattenbildning, men detaljundersökningar krävs för att säkrare kunna bedöma detta. Då leran i öster nästan når upp till täktområdet kommer uttagsbrunnar vid en sådan anläggning att få anläggas genom lerlager.

För Göta älvs dalgång öster om Ellesbo saknas i stort sett information om friktionsjordens mäktighet under lera. I förlängningen av Ellesboryggens norra delar antas att friktionsjorden har större djup. Detta har inneburit att ett område klassats som grundvattentillgång under lera i kapacitetsintervallet 1–5 l/s.

Långa mätserier på grundvattennivåer från själva Ellesboavlagringen finns inte tillgängliga. Observationsrör 617 är utplacerat ca 1 km sydväst om Halleröd (fig. 38) i en för Hisingen typisk håll- och lerterräng. Mätserien från detta rör får representera variationer i grundvattnets trycknivå i friktionsjord under lera inom norra delen av Hisingen (fig. 39).

Rödbo

Vid Vedbacka i Rödbo längst i norr på Hisingen finns en avlagring med komplex sammansättning av morän och sorterade sediment. Den har bland annat beskrivits av Hillefors (1969). Vedbacka-avlagringen har tillsammans med avlagringarna i Ellesbo och i Dösebacka (Kungälv kommun) klassats såsom tillhörande Dösebackagruppens bildningar. Den ligger högt i terrängen, och med begränsad grundvattenbildning har avlagringen bedömts ha liten eller ingen grundvattentillgång.

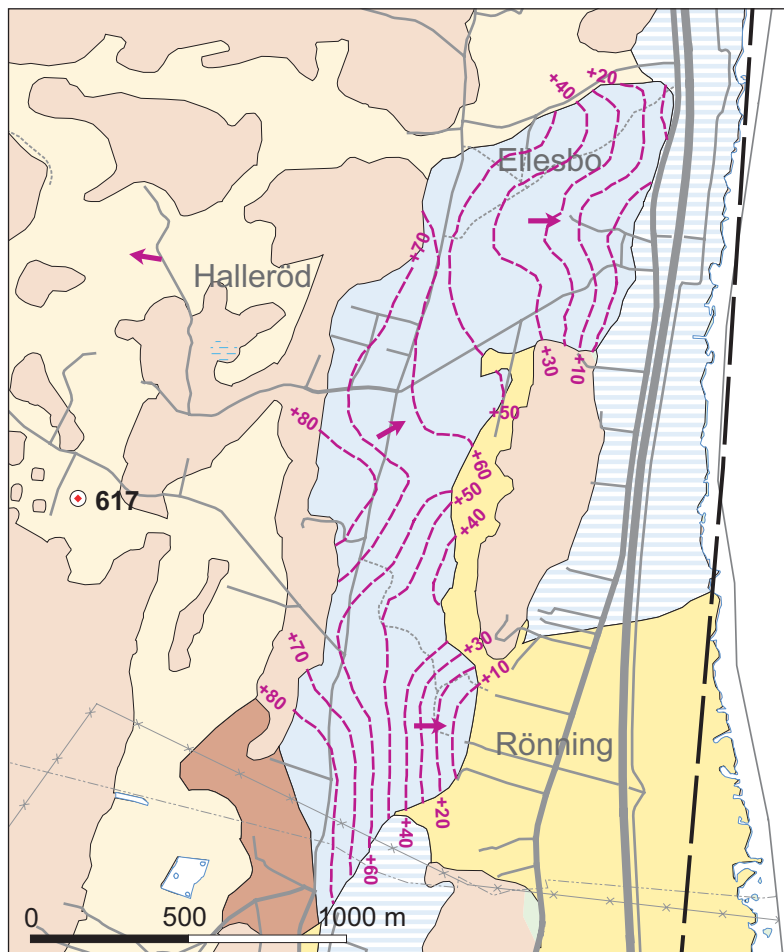


Fig. 38. Utsnitt ur databasen för grundvattentillgångar för området Ellesbo, Halleröd och Rönning. Grundvattennivåer har tolkats med GMS.

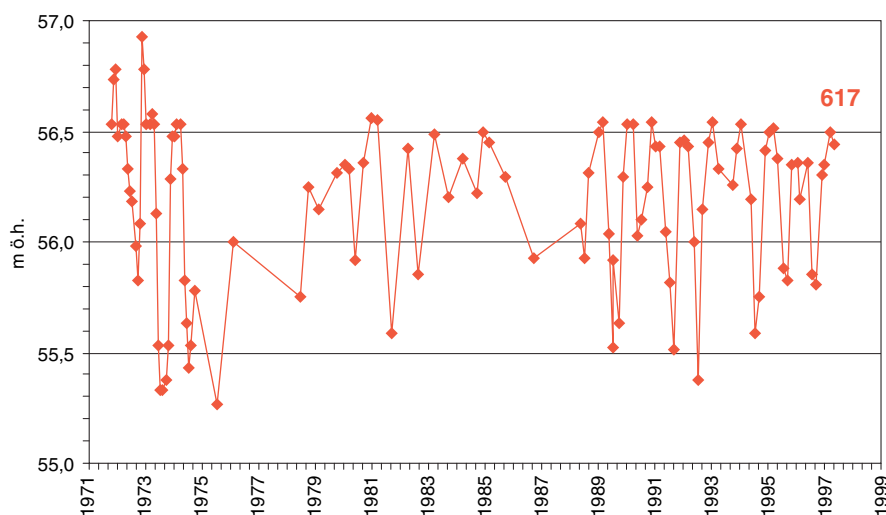


Fig. 39. Grundvattnets trycknivå i Gatubolagets observationsrör 617, beläget på norra Hisingen sydväst om Halleröd.

Centrala Hisingen (Björlanda–Tuve–Säve)

Inom de centrala delarna av Hisingen dominerar lera och relativt låga hållpartier. En stor andel åkermark gör att antalet borrhuggar från jordlagren är mycket färre här än i de tätbebyggda delarna av kommunen. Generellt gäller att friktionsjorden under lera har liten mäktighet eller att den saknas helt. För huvuddelen av de områden som inte klassats med kapacitet i berggrunden har vattenförande friktionslager av mindre mäktighet bedömts förekomma i och under leran. Områden där borrhuggar visat på större utbredning och mäktighet av friktionslagren finns invid Säve tätort, Bärby och Säve flygplats. Från Tuve och söderut i Kvilleåns dalgång finns ett motsvarande område som via Grimbo och Kvillebäcken ansluter till grundvattenmagasinen i Göteborgs centrum.

Vattenförsörjning

Historik

Tillgång på vatten av god kvalitet är en av de allra viktigaste faktorerna för utveckling av ett samhälle. För Göteborgs del har vattenförsörjningen under olika epoker varit ett stort problem med återkommande vattenbrist och epidemier. Det finns mycket skrivet om dricksvattnet i Göteborg. Den bok som sammanställts av Bjur (1988) om vattenförsörjningen och vattenbyggnadskonst genom århundradena i Göteborg rekommenderas.

Efter att ha förlitat sig till vatten ur vallgravarna under 1600- och 1700-talen, togs ett beslut att leda vatten från Kallebäcks källa ned till stadens centrum. Ledningen invigdes 1787. Den ökade efterfrågan under 1800-talet medförde att en andra ledning från Kallebäck färdigställdes 1859. Delsjöarna togs sedan i bruk som vattentäkt när Sjölyckans vattenverk invigdes 1871. Snart visade det sig att inte heller vattnet i Delsjöarna räckte till. Planerna som länge funnits att använda vatten från Göta älv realiserades slutligen genom tillkomsten av vattenverket i Alelyckan 1892. Här konstruerade J.G. Richert en anläggning för konstgjord grundvattenbildning. Uttag av grundvatten ur denna anläggning dominerade fram till 1913. Den ökande efterfrågan innebar dock att älvvatten som renades i långsamfilter därefter kom att utgöra den största andelen av det vatten som distribuerades från Alelyckan.

Inte minst kvalitetsproblemen hos Göta älvvattnet innebar att det under perioden 1940–1960 togs fram ett antal förslag för vattenförsörjningen. Långt gångna planer fanns på att använda ytvatten från Mjörn och Lygnern. Ett annat förslag var att pumpa ytvatten från Göta älv i en tunnel från Alelyckan till Delsjöarna (som skulle fungera som reservoar) och därifrån leda vattnet till ett nytt vattenverk i Lackarebäck. Detta förslag antogs och från 1968 försörjs Göteborg med vatten från de två anläggningarna i Alelyckan och Lackarebäck.

Framtid

Tankarna att åtminstone delvis ersätta Göta älvvattnet finns fortfarande i hög grad kvar. Bland annat diskuteras en lösning där ytvatten från Mjörn används för konstgjord grundvattenbildning i Gråbodeltat i Lerums kommun.

Ur beredskapssynpunkt är det viktigt att se till vilka lokala tillgångar det finns inom Göteborgs kommun. Vad gäller befintliga anläggningar finns det ett antal grävda och bergborrade brunnar med hög kapacitet. Horkeby och Sörman (1998) har studerat kapaciteter hos bergborrade brunnar inom kommunen utgående från behovet av ökad säkerhet och beredskap inom vattenförsörjningen. Författarna påpekar att energibrunnar skulle kunna utnyttjas i krissituationer då dessa ligger i befolkningstäta områden, är djupare och visar sig ha högre kapacitet än brunnar som används för uttag av dricksvatten. De bedömningar av grundvattentillgångar i jord och berg som görs i denna rapport kan också utnyttjas för beredskapsplanering av uttag i mindre skala.

GRUNDVATTNETS KEMI

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 att vattnet tar upp joner som frigjorts vid sönderdelning av mineral, vittring. Jonbytesprocessen är speciellt intensiv när vattnet är i kontakt med organiskt material och lerpartiklar som har stor kontaktyta. Intensiteten av vittringen är beroende av mineralens vittringsbenägenhet och kontaktytan mellan vatten och mineral. I grova jordar som grus, sand och grovkorniga moräner är vittringsintensiteten låg, medan den är hög i finkorniga jordar som t.ex. lera och lerig morän. Vittringen ”drivs” under naturliga förutsättningar av humussyror och kolsyra som bildas genom nedbrytning av växtrester. Genom förbränningen av fossila bränslen har nederbörden tillförts svavelsyra, som bidrar till ökad sulfathalt och tillskott av vätejoner som i sin tur bidrar till ökad vittring.

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

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

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

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

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.

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

Salt grundvatten

Grundvatten i Sverige har vanligtvis låga kloridhalter, mellan 1 och 30 mg/l. Grundvattnets kloridhalt beror på det geografiska läget. Nederbörden bidrar med högre kloridmängder i Sydvästsverige än på andra håll i landet på grund av det marina inflytandet. Problem med höga kloridhalter förekommer emellertid i områden som tidigare varit täckta av salt eller bräckt vatten efter den senaste nedisningen (fig. 40). Så kallat relik saltvatten finns ofta kvar i låglänta områden, där omsättningen av grundvatten är mycket långsam. I strandnära områden vid havet kan vattenuttag medföra att saltvatten tränger in i brunnarna. Höga kloridhalter i brunnsvatten kan också vara förorsakade av föroreningar, t.ex. vägsalt.

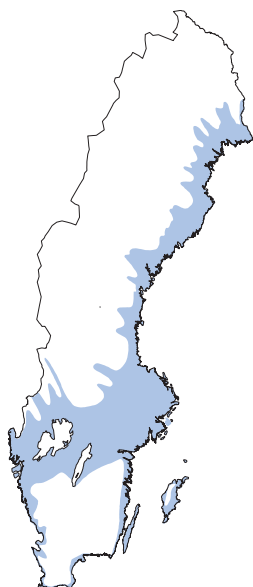


Fig. 40. Områden i Sverige som varit täckta av hav efter den senaste nedisningen.

Orsaken till att salt grundvatten betraktas som ett problem är den oangenäma smaken och vattnets korrosiva egenskaper. De senare föranleder enligt Livsmedelsverket (1993) anmärkning för allmänt vatten med kloridhalter över 100 mg/l. Vid halter över 300 mg/l anses det vara risk för smakförändringar av vattnet. För klorid finns ingen otjänlighetsgräns, men höga kloridhalter åtföljs i allmänhet av höga natriumhalter vilket kan innebära hälsoproblem för personer med högt blodtryck. De vanligaste orsakerna till salt grundvatten i brunnar är sannolikt att de borrar för djupa och att för stora uttag i brunnarna medför saltvatteninträngning. För stora uttag av det söta grundvattnet, som p.g.a. sin lägre densitet flyter ovanpå det tyngre salta, kan medföra att saltvattengränsen drastiskt höjs och skapar problem.

I områden med tätt permanent- och fritidsboende, längs kusterna, på öar och i låglänta delar nära stora sjöar och vattendrag i Mellansverige, ökar risken att alltför stora sötvattenuttag leder till saltvatteninträngning. Störst problem utgör salt grundvatten i kustkommunerna. En brunn måste inte nå ända ner till saltvattengränsen för att den ska kunna bli påverkad av det salta grundvattnet. I figur 41 visas ett exempel där gränsen till det salta grundvattnet ligger 300 m under grundvattennivån (den söta) och salthalten motsvarar havens salthalt. De hydrauliska tryckförhållandena ger då att det salta vattnets trycknivå ligger bara ca 7 m lägre än grundvattennivån. Skillnaden beror på densitetsskillnaden mellan sötvatten och det något tyngre saltvattnet.

Detta medför att salt grundvatten i många fall kan trycka upp i en brunn via sprickor som når ner under saltvattengränsen, om man genom pumpning först dränerat ut sötvatten i sprickorna. Den kloridhalt som erhålls i en brunn i ett saltriskområde beror i allmänhet på det blandningsförhållande som uppstår när flera spricksystem med olika vattenföring och mönster samverkar. Förhållandena illustreras i figur 41. När landet höjde sig ur havet tvättades det salta grundvattnet successivt ut av infiltrerande regnvatten. Denna process har pågått dels under längre tid, och dels med större och därmed effektivare hydraulisk gradient i höjdområden än i lågområden.

Nya undersökningar har visat att mycket gammalt salt grundvatten också förekommer på stora djup under markytan, förmodligen över hela landet. 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 med i storleksordningen 100 000 mg/l. Motsvarande saltlake har även påvisats i Oskarshamnsområdet på ca 1 000 m djup. Sannolikt har denna saltlake inget direkt med forntida havsvatten att göra utan antagligen istället med kemisk balans mellan cirkulerande vattenlösningar i jordskorpan på stora djup.

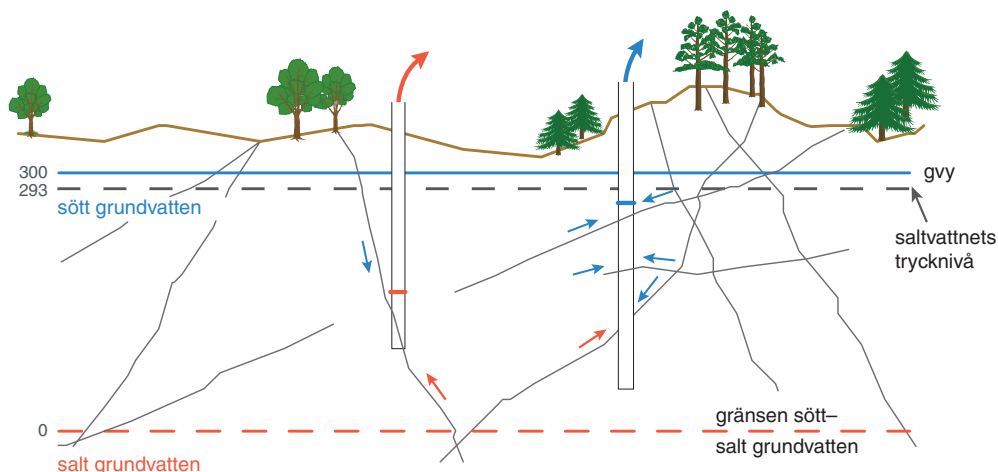


Fig. 41. Brunnar i saltriskområde. Brunn A får vatten från en dåligt vatten-förande spricka vars övre del efter en tids pumpning töms på sitt söta vatten. Via den undre delen av sprickan trycks sedan det salta vattnet upp i stället. Brunn B får vatten från flera rikligt givande sprickor med sött vatten och det förhållandevis lilla bidraget av salt grundvatten från djupet medför att brunnen ger ett bra vatten med låg salthalt.

Åtgärder mot salt grundvatten

För att minska risken för salt grundvatten vid brunnsborrning bör man i allmänhet borra så grunt som möjligt utan att uttagsmöjligheten i allt för hög grad försämras. I riskområden kan man försöka öka möjligheterna att påträffa vattenförande sprickor på litet djup genom att ta hänsyn till sprickornas lutning i förhållande till borrhålet. 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. 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 borrkostnader och dels för att undvika att en hydraulisk förbindelse uppstår mellan salt vatten på djupet och andra närliggande brunnar. Har mycket salt grundvatten påträffats och risken kan bedömas vara stor att närliggande brunnar skadas kan det bli nödvändigt att med cement gjuta igen det salta borrhålet. Har man fortfarande problem med salt vatten i sin bergborrade brunn, trots att åtgärderna ovan vidtagits, bör man även 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 kemiska sammansättning

Insamling

Syftet med undersökningen har varit att visa på halter och geografisk fördelning i grundvattnets kemiska sammansättning inom kommunen. Uppgifterna har samlats in från Göteborgs kommun, SGU samt publicerade rapporter. Ett antal nya analyser har också utförts. Tabell 7 sammanfattar innehållet i den databas som tagits fram.

I databasen ingår analyser där det geografiska läget för brunn eller observationsrör varit känt eller kunnat erhållas via kommunens fastighetsregister. Om brunnen är grävd i jordlager eller bergborrad ska också vara känt. Ett antal analyser, främst sådana som är lagrade hos kommunen, har därför inte kunnat tas med eftersom uppgift om brunnstyp saknats. Analyserna beskriver den kemiska sammansättningen i den typ av magasin som visas på grundvattenkartan. Analyser från platser där lokal föroreningspåverkan har kunnat misstänkas har utelämnats. Därför ingår inte analyser från studier av grundvatten i anslutning till förorenade markområden eller i fyllnadsmaterial. Grundvattnets kemiska sammansättning i fyllnadsmaterial i centrala Göteborg har undersökts vid Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola (Lekander 1991, Årebäck 1994, Norin 1998).

Materialet i databasen omfattar analyser som rapporteras in till kommunen respektive SGU (tabell 7). Dessutom ingår specialundersökningar som varit inriktade mot försurat grundvatten eller för att undersöka klorid-, fluorid- eller radonhalter. I specialundersökningarna kan kunskap och förväntningar om var höga halter förekommer ha påverkat urvalet av lokaler.

Flera analyser från en och samma lokal finns också med i databasen. Flest analyser finns från de observationsrör som ingår i kommunens övervakning av ytligt grundvatten (t.ex. Ström m.fl. 1987, se tabell 8) samt kommunala och förordnandevattentäkter. Endast en analys för varje sådan lokal ingår i den yttäckande redovisningen. I första hand har den senast utförda analysen valts ut. Förutsättningen är att denna analys är lika omfattande som vad som är normalt för lokalen.

Tabell 7. Information om databasen över grundvattnets kemiska sammansättning. Arkiv eller typ av undersökning (enstaka tillfälle eller löpande) anges. Antalet analyser i databasen är totalt 778 st, uppdelade på berg (548 st) och jord (230 st). Under analyser motsvarar "flera" vanligen omfattningen i en fysikalisk-kemisk analys. alk = alkalinitet (HCO₃).

Typ av arkiv eller undersökning * = löpande	Antalet analyser; berg/jord	Analyser	Referens eller utförare
Privata brunnar*	63/36	Flera	Göteborgs kommun
Radon*	72/0	Radon + enstaka	Göteborgs kommun
Fluorid	77/17	F	Göteborgs kommun, 1980-t
Övervakning ytligt grundvatten*	0/10	Flera + tungmetaller	Göteborgs kommun
SGU kemi arkiv*	218/44	Flera	SGU
Ellesbo, källor	0/15	Flera	Denna studie
Obs.rör – Gbg Gatu AB	0/18	Flera + tungmetaller	Denna studie, Petersson (2001)
Privata brunnar	0/3	Flera	Petersson (2001)
Brännö	21/29	pH, Ca+Mg, Na, K, Cl, Fe	Andersson & Sundqvist (1978)
Försurning	4/5	Flera	Jonasson m.fl. (1985)
Brännö	39/41	pH	Haglund & Löfmarck (1986)
Försurning	21/2	pH, alk, SO ₄ , Cu, Al	Börnell (1987)
Försurning	33/9	pH, alk, Ca+Mg, SO ₄ , Cu	Thurén (1992)
Sisjön	0/1	Na, Cl, SO ₄	Chalmers tekn. högskola, 1981

Tabell 8. Information om pågående och avslutade stationer i Göteborgs övervakningsnät för ytligt grundvatten i jord.

Lokal	X-koordinat	Y-koordinat	Rördjup (m u.m.y.)	Jordart i markytan	Mätperiod
Delsjön I	6403100	1275100	5,6	styv lera	1986–
Härlanda tjärn	6404600	1276500	2,5	svallsand	1986–
Pjältered	6391300	1270600	1,9	lerig sandig silt	1986–
Rellsjödal	6417900	1283300	3,0	svallsand–svallgrus	1986–
Hästevik	6407300	1256200	4,1	svallsand	1990–
Österslätt	6414800	1270800	5,0	lera	1990–
Delsjön II	6403100	1275100	3,1	svallsand–grovsilt	1986–1995
Oxsjöns P-plats	6393200	1270200	3,0	svallsand	1986–1993
Fagerdal	6415300	1272200	3,2	svallgrus	1986–1991
Rönning II	6417200	1273200	3,2	sandig morän	1986–1988
Askims lilla	6393100	1270100	1,8	styv lera	1986–1987
Rönning I	6417200	1273200	3,3	sandig morän	1986–1987

Provtagning för kemisk analys har i denna undersökning utförts i 18 st av Gatubolagets observationsrör. Anledningen var att uttöka antalet analyser i magasin i jordlager (från i första hand centrala Göteborg) och att analysera grundvattnets kemiska sammansättning i olika magasin typer. I tabell 9 redovisas information om provtagna rör. Studien redovisas utförligt av Petersson (2001).

Redovisning

Analysresultaten presenteras i kartform i avsnittet Resultat – hela kommunen. Analyser från observationsrör och grävda brunnar i jord respektive bergbore brunnar redovisas var för sig. I figurerna ingår också enkel statistik. Medianvärdet innebär att 50 % av brunnarna har lägre respektive högre värde än medianvärdet, Q25 att 25 % av brunnarna har lägre värde än det angivna Q25-värdet, och Q75 att 75 % av brunnarna har lägre värde än det angivna Q75-värdet. I percentilberäkningarna ingår analyser från specialundersökningar, något som kan påverka representativiteten hos värdena.

I kartbilderna anges också hur stor andel (och antalet) brunnar som har vatten som ligger under eller över olika uppsatta gränsvärden för dricksvatten enligt Livsmedelsverket (1993). Gränsvärdena finns samlade i tabell 2. I figurtexterna ingår gränsvärden samt kortfattad text till orsaker och effekter av höga halter av de enskilda ämnena. I figurtexterna ingår ett antal förkortningar som betyder:

- A-vatten = dricksvatten från allmän anläggning
- E-vatten = dricksvatten från enskild vattentäkt
- (e) = estetiskt grundad anmärkning
- (h) = hälsomässigt grundad anmärkning
- (t) = tekniskt grundad anmärkning

För pH, klorid och sulfat redovisas även interpolerade kartor. På dessa kartor kan man se om speciellt höga eller låga värden är koncentrerade till ett visst område. Kriging har använts som interpolationsmetod och den bygger på att data är rumsligt korrelerade, dvs. variationen mellan

Tabell 9. Observationsrör vid Gatubolaget där prov togs för kemisk analys oktober–november 1999. Rördjupet är det som angivits vid utsättningen. Återhämtningen bedömdes utifrån ursprunglig nivå och nivån 30 min efter urpumpning. Provtagningen utfördes därefter.

Obs.rör	Plats	X-koordinat	Y-koordinat	Höjd (m ö.h.)	Rördjup (m u.m.y.)	Återhämtning efter 30 min	Magasin
11	Tynnered	6398650	1265546	12,8	11,5	Begränsad	slutet
77	Askim	6396675	1269484	35,2	5,7	Begränsad	öppet
133	Sandarna	6401904	1267683	34,7	5,0	OK	öppet
169	Kungsladugård	6402224	1268521	18,9	39,0	OK	slutet
203	Bräcke	6404400	1267406	12,0	3,4	Begränsad	slutet
225	Sannegården	6404818	1268364	9,2	19,1	OK	öppet
262	Biskopsgården	6408458	1267674	27,8	5,8	Begränsad	slutet
514	Lorensberg	6403576	1271630	13,5	11,7	Ej bedömd	slutet
593	Bönered	6412672	1271380	49,4	5,9	OK	öppet
624	Elleröd	6420698	1273223	39,4	12,2	Begränsad	slutet
680	Kärralund	6404753	1274761	28,1	9,0	Direkt	slutet
745	Källtorp	6405415	1274630	28,6	18,4	Begränsad	slutet
894	Angered	6415445	1276541	72,3	14,1	Ej bedömd	slutet
1021	Kärre	6413421	1273604	5,6	46,1	Ej bedömd	slutet
1027	Backa	6409046	1272469	20,8	8,3	Ej bedömd	slutet
1212	Skår	6402462	1273520	8,6	23,8	Begränsad	slutet
1227	Kallebäck	6401507	1274445	75,0	25,6	Direkt	öppet
1566	Brottkärr	6392939	1268398	14,5	10,0	Begränsad	slutet

data är mindre för brunnar som ligger nära varandra än för mer avlägsna brunnar. Vid interpoleringen undersöker man först på vilket sätt mätdata varierar när de inbördes avstånden mellan brunnarna ökar. Metoden tar också hänsyn till om data är riktningsberoende (se vidare avsnittet Metodbeskrivningar). På kartorna redovisas lägena för de brunnar som ingår i beräkningarna för respektive parameter. I områden där brunnar saknas eller där det endast finns enstaka brunnar blir resultatet naturligtvis mer osäkert än i områden där det finns många brunnar.

De inom Göteborgsprojektet sammanställda databaserna för jordarter (Engdahl 2000) respektive berggrund (Lundqvist 2000) har använts vid utvärdering av grundvattnets kemiska sammansättning. Utifrån lokalernas koordinater anges jordart respektive bergart på platsen. Tre klasser på jordartskartan har tagits fram (tabell 10), där tillräckligt med brunnar och observationsrör för utvärdering är lokaliserade. Dessa är 1) berg i dagen, 2) svallsand eller svallgrus och 3) lera (glacial lera, postglacial lera, lergyttja, etc.). Alltför få lokaler finns i morän respektive isälvsediment för att ingå i studien. Att det förekommer ett stort antal grävda brunnar i kartklass Berg i dagen visar att brunnarna ligger i mindre svackor inom bergsterräng. Oftast är dessa svackor lerfyllda. Svallsand och svallgrus i ytan innebär öppna förhållanden för grundvattenbildning. Det ingår dock med säkerhet ett antal brunnar i denna klass där vattenuttaget sker under eller inom lerlager som underlagrar svallsedimenten. Brunnarna i klassen Lera antas representera slutna grundvattenförhållanden. Både brunnar i jord och i berg har utvärderats på detta sätt mot jordartskartan.

Analysen från de bergborrade brunnarna har grupperats utifrån berggrundskartans indelning (tabell 11). I följande sex bergarter finns tillräckligt antal bergbrunnar borrade för att ingå i studien:

RA-granit (granit, gnejsig, röd till grårod)

Metadiorit (metadiorit och metagabbro)

Granodiorit 1560 (granodiorit, gnejsig, ca 1 560 miljoner år)

Ögongnejs (granodiorit, gnejsig, ögonförande med >2 cm stora fältspatögon)

Granodiorit 1600 (granodiorit, gnejsig, ca 1 600 miljoner år)

Metagråvacka (gnejsig, Stora Le–Marstrandgruppen)

Tabell 10. Resultat för brunnsdjup och några kemiska parametrar avseende lokaler i tre kartklasser enligt jordartskartan. Minst 10 analyser ingår. Medianvärde, standardavvikelse (std) och antalet mätvärden anges.

Beteckning på jordartskarta		Brunnsdjup	pH	Alkalinitet (HCO ₃) (mg/l)	Totalhårdhet (Ca+Mg) (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
Brunnar i jord							
Berg i dagen	Median	3,0	7,2	155	27	30	30
	Std	1,4	0,92	98	29	69	19
	Antal	36	84	40	39	38	37
Svallsand–grus	Median	4,0	6,4	21	15	26	25
	Std	1,9	0,89	60	15	20	13
	Antal	21	36	27	17	17	27
Lera	Median	3,8	7,2	89	27	29	28
	Std	2,6	0,71	99	26	57	30
	Antal	34	55	36	34	31	29
Brunnar i berg							
Berg i dagen	Median	72	7,2	107	27	28	27
	Std	26	0,77	80	68	469	39
	Antal	266	264	225	213	189	111
Svallsand–grus (överliggande jordart)	Median	65	7,2	87	28	48	23
	Std	24	0,62	55	66	399	11
	Antal	46	39	10	30	30	11
Lera (överliggande jordart)	Median	62	7,2	115	16	75	30
	Std	25	0,67	88	14	127	12
	Antal	93	33	33	10	23	31

Resultat – hela kommunen

Den lokala grundvattenkemiska sammansättningen är beroende av en rad faktorer. Trots att Göteborg är en ytmässigt liten kommun skiljer sig de lokala klimatförhållandena från kusten i väster till höjdområdena i öster. Bland annat med stöd av de geologiska faktorerna beskrivs nedan resultaten för de olika kemiska parametrarna.

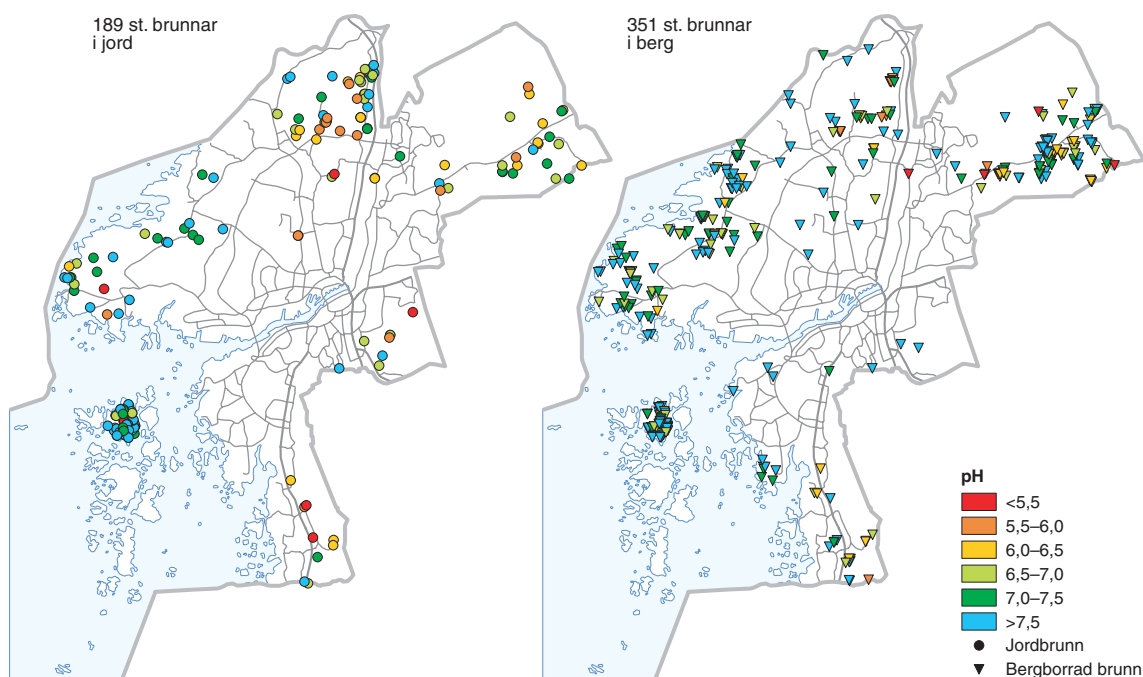
Tabell 11. Resultat för brunnsdjup och några kemiska parametrar för bergborrade brunnar i sex bergarter enligt berggrundskartan. Minst 10 analyser ingår. Medianvärde, standardavvikelse (std) och antalet mätvärden anges.

Beteckning på jordartskarta		Brunnsdjup	pH	Alkalinitet (HCO ₃) (mg/l)	Totalhårdhet (Ca+Mg) (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)
RA-granit	Median	65	7,0	69	23	22	25
	Std	24	0,84	63	16	42	15
	Antal	87	27	26	20	14	18
Metadiorit	Median	59	7,5	128	41	35	30
	Std	21	0,86	103	74	454	27
	Antal	29	17	18	18	11	14
Granodiorit 1560	Median	93	7,4	125	25	53	28
	Std	27	0,77	119	25	218	14
	Antal	36	29	29	25	24	18
Ögongnejs	Median	96	7,1	91	26	14	
	Std	16	0,65	33	10	7,0	
	Antal	12	13	13	13	12	
Granodiorit 1600	Median	75	7,0	86	24	19	25
	Std	29	0,72	47	19	107	20
	Antal	84	85	76	61	62	40
Metagråvacka	Median	67	7,4	164	36	57	34
	Std	24	0,64	83	92	602	47
	Antal	166	167	108	114	123	61

Grundvattnets surhet – pH

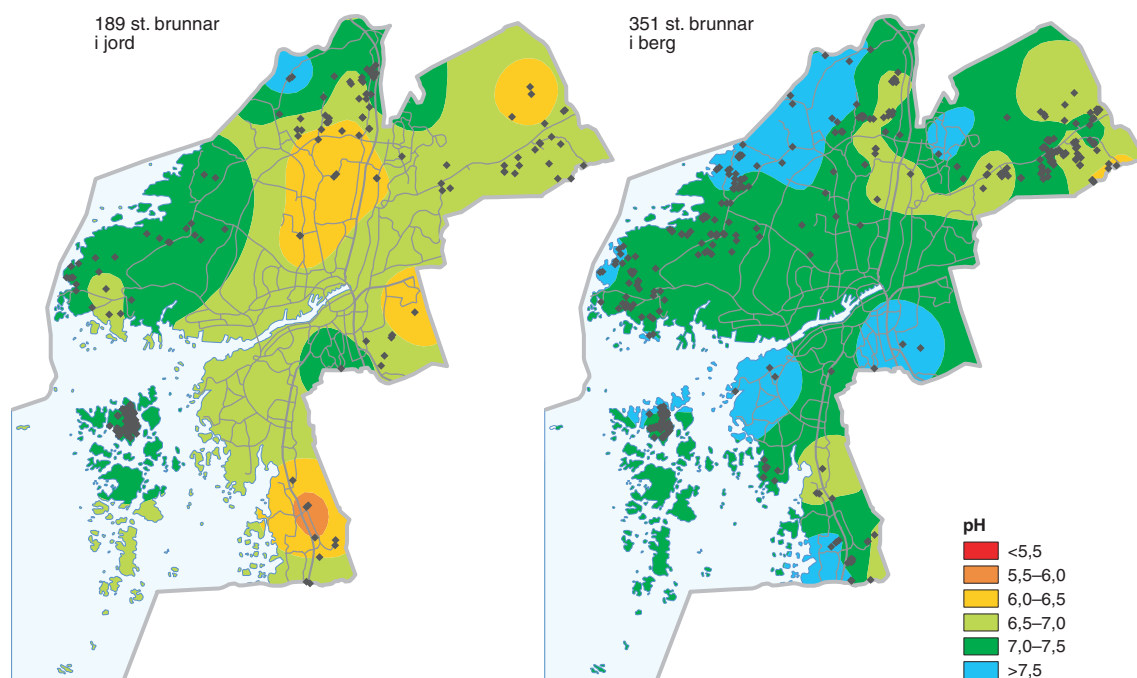
Lägst pH återfinns i sydöstra delen av kommunen, i de centrala delarna av Hisingen samt i nordost. Detta gäller både för vatten i grävda och borrade brunnar. Brunnar i jord som är anlagda i eller grävda genom svallavlagringar har ett betydligt lägre genomsnittligt pH, 6,4 mot 7,2 för brunnar i klasserna Berg i dagen respektive Lera (tabell 10). En förklaring till högt pH för grundvatten i jordlager inom ytor karterade som berg är sannolikt att vatten ofta tas ut från mycket små magasin under lera. Uppehållstiden för vattnet i marken kan då bli relativt lång trots läget. Eventuellt inlagrade skal i jordlagren i de låga höjdområdena (som på västra Hisingen) kan förväntas höja pH.

För de bergborrade brunnarna är det genomsnittliga medianvärdet i samtliga sex bergarter pH 7,0 eller över. Högst värden har metadiorit (pH 7,5) med basisk mineralsammansättning som kan ge högt pH, samt metagråvacka (pH 7,4) med låg kapacitet i kustnära områden.



Gränsvärde för A-vatten är <7,5 (t). För E-vatten finns inget gränsvärde angivet. Lågt pH kan orsaka korrosionsskador. pH >9,0 (t) kan också ge olägenheter från korrosionssynpunkt. Smakproblem och utfällningar kan också förekomma. Vatten med pH större än 10,5 (h) kan inte användas som dricksvatten, för livsmedelshantering eller för personlig hygien.

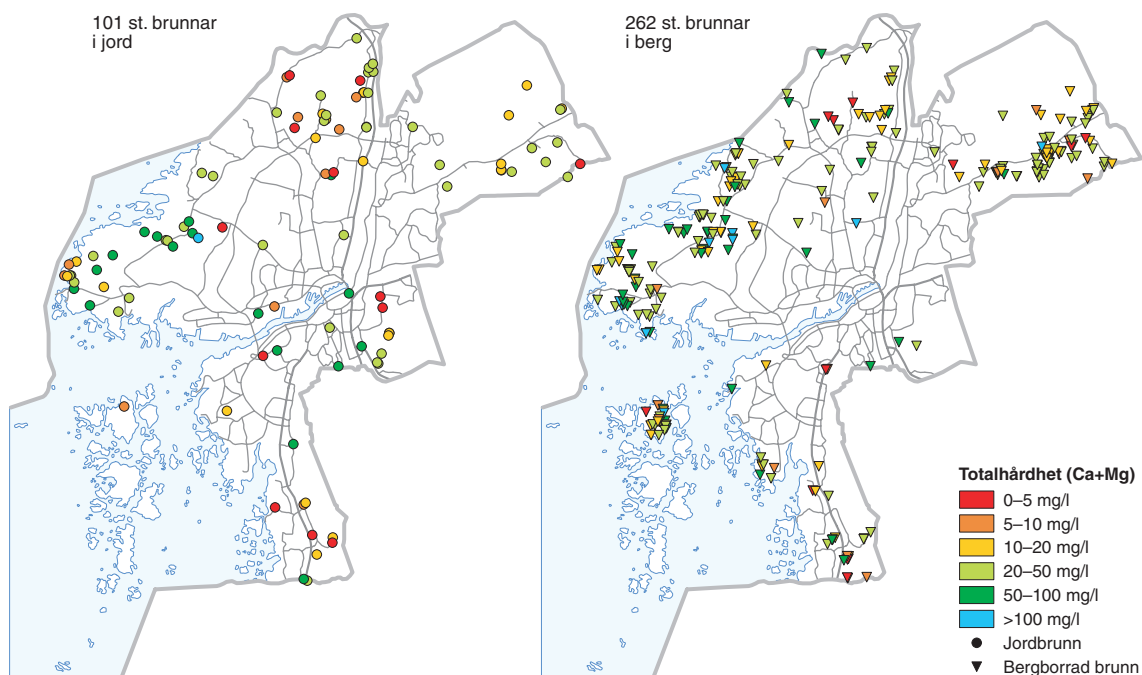
pH	Jord	Berg
Median	7,1	7,3
Q25	6,3	6,8
Q75	7,7	7,7
Under 7,5	67 % (127 st.)	60 % (211 st.)
7,5 till 9,0	32 % (61 st.)	39 % (138 st.)
9,0 till 10,5	1 % (1 st.)	1 % (2 st.)
10,5 eller över	0 % (0 st.)	0 % (0 st.)



Kalcium och magnesium, totalhårdhet

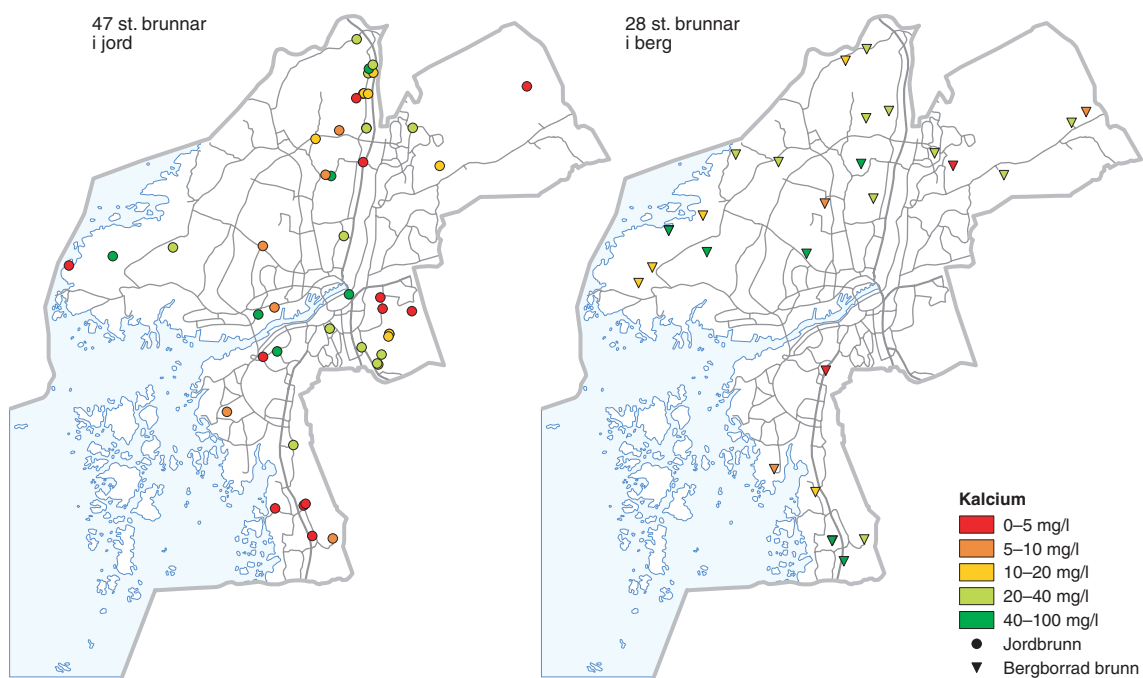
Totalhården har analyserats i ett stort antal prov, medan separata analyser av kalcium och magnesium är ovanligare. Högst totalhårdhet finns i grävda och borrade brunnar från västra Hisingen. I de klasser från jord- och berggrundskartorna där lägst pH förekommer är också totalhårdheten lägst, dvs. för jordbrunnar i klassen svallsand och svallgrus och i bergborrade brunnar i granit och granodiorit (inklusive ögongnejs).

Medianvärdena för kalcium är ca fyra gånger högre än magnesium (uttryckt i mg/l) för både jord- och bergbrunnar. Detta är ett vanligt förhållande mellan kalcium och magnesium i urbergsområden.



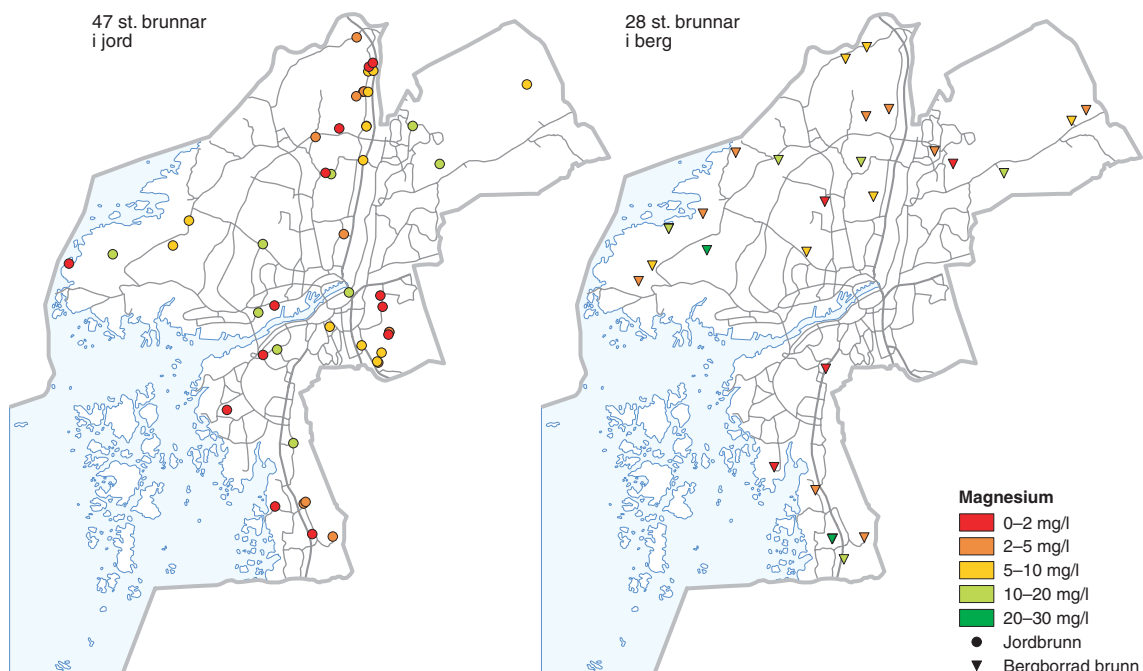
Gränsvärde för både A- och E-vatten är 14 °dH vilket motsvarar ca 100 mg/l (t). Högre värden medför risk för utfällningar i ledningar osv., särskilt vid uppvärmning. Skador kan uppstå på textilier vid tvätt. Om ett naturligt grundvatten eller ett behandlat dricksvatten har en halt understigande 20 mg/l ökar risken för korrosionsangrepp.

Totalhårdhet	Jord	Berg
Median (mg Ca+Mg/l)	27	28
Q25 (mg/l)	11	16
Q75 (mg/l)	46	45
Under 20 mg/l	43 % (43 st.)	32 % (83 st.)
20 till 100 mg/l	56 % (57 st.)	64 % (168 st.)
100 eller över	1 % (1 st.)	4 % (11 st.)



Kalciumhalterna ska helst vara i intervallet 20–60 mg/l. Gränsvärde för A-vatten är 100 mg/l (t). För E-vatten finns inget gränsvärde angivet. Inom det önskvärda intervallet 20–60 mg/l är korrosionsrisken minst i en distributionsanläggning. Vid halter högre än 100 mg/l finns risk för utfällningar och tvättskador.

Kalcium	Jord	Berg
Median (mg/l)	18	23
Q25 (mg/l)	5	15
Q75 (mg/l)	32	36
Under 20 mg/l	60 % (28 st.)	36 % (10 st.)
20 till 60 mg/l	38 % (18 st.)	53 % (15 st.)
60 till 100 mg/l	2 % (1 st.)	11 % (3 st.)
100 mg/l eller över	0 % (0 st.)	0 % (0 st.)



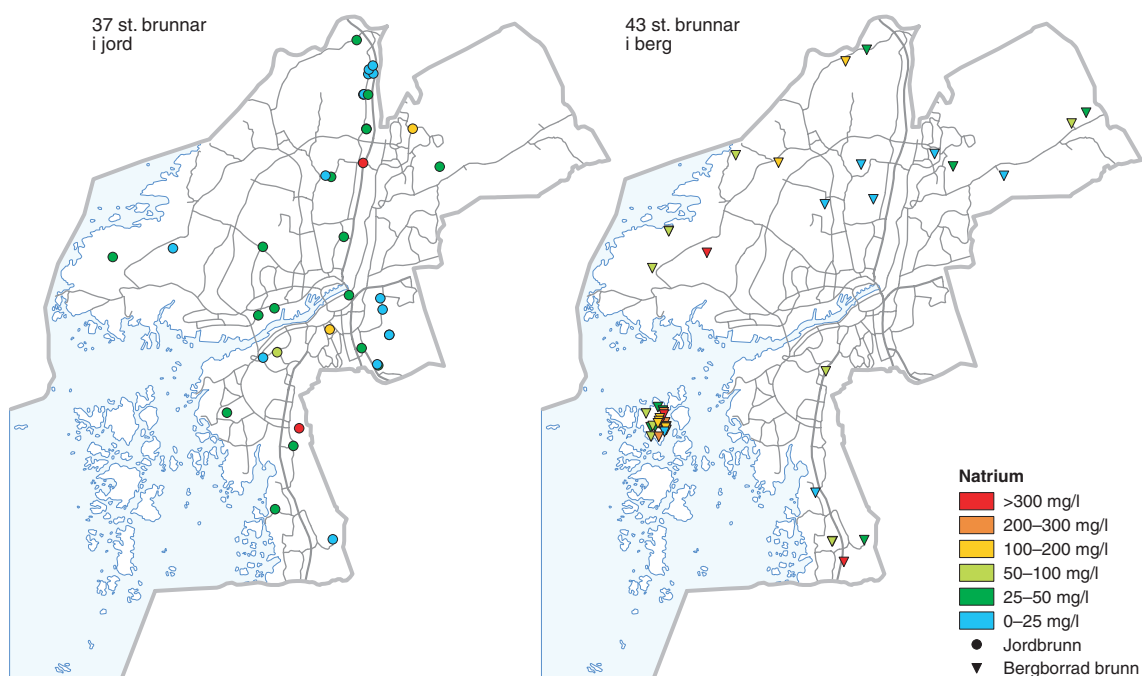
Gränsvärde för såväl A- som E-vatten är 30 mg/l (e). Vid högre halter finns risk för smaksförändringar hos vattnet.

Magnesium	Jord	Berg
Median (mg/l)	4,6	5,4
Q25 (mg/l)	1,8	3,6
Q75 (mg/l)	8,4	13,5
Under 30 mg/l	100 % (47 st.)	100 % (28 st.)
30 mg/l eller över	0 % (0 st.)	0 % (0 st.)

Natrium och kalium

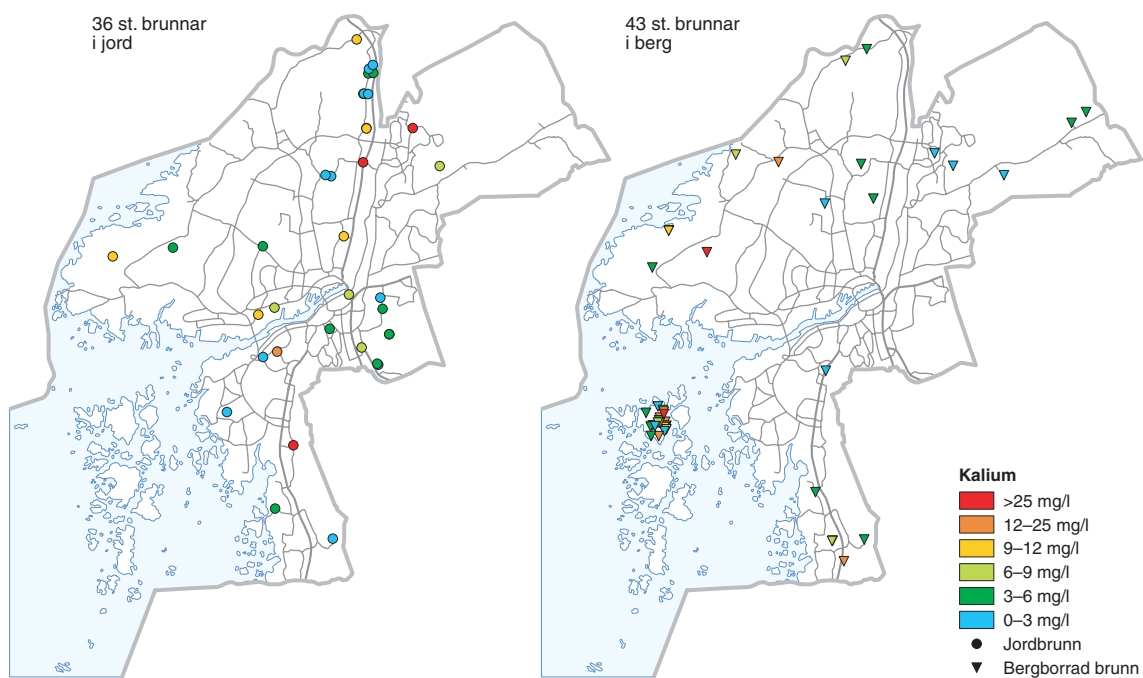
Antalet tillgängliga natrium- och kaliumanalyser är också få sett över hela kommunen. Undersökningar på Brännö och några natriumanalyser från västra Hisingen visar dock att betydligt högre halter kan förväntas i väster i bergborrade brunnar än österut i kommunen. Motsvarande mönster framträder inte tydligt för grundvatten i jord. De förhöjda natriumhalterna i bergvatten i väster är inte främst orsakade av den högre halten i nederbörden, utan av natrium från inträngande havsvatten. Eventuellt kan även rester av relikgt grundvatten bidra. De högsta halterna i jordlager, ca 1 300 mg/l, har dels uppmätts i denna undersökning i Gatubolagets observationsrör 1021 vid Kärra, dels i en försöksbrunn i grundvattenmagasinet i Sisjöns industriområde invid Söderleden. I båda fallen tas vatten från magasin under mäktig lera, och orsaken till hög natriumhalt antas vara relikgt grundvatten.

I stort följer kalium samma geografiska mönster som natrium, med samma orsaker till förhöjda värden. Halterna är betydligt lägre än för natrium, men gränsvärdet på 12 mg/l överskrids i nästan 25 % av analyserna från bergborrade brunnar.



Ett lägsta gränsvärde för både A- och E-vatten är 100 mg/l (t). Halter däröver kan indikera påverkan från relikgt saltvatten, kvar sedan perioder efter den senaste istiden, då delar av den nuvarande landytan var täckt av hav. Höga halter kan även bero på inträngning av nutida havsvatten. Ett högre gränsvärde är satt till 200 mg/l (e, t). Halter däröver medför risk för smakförändringar hos dricksvattnet.

Natrium	Jord	Berg
Median (mg/l)	29	65
Q25 (mg/l)	16	37
Q75 (mg/l)	40	164
Under 100 mg/l	89 % (33 st.)	58 % (25 st.)
100 till 200 mg/l	5 % (2 st.)	19 % (8 st.)
200 mg/l eller över	5 % (2 st.)	23 % (10 st.)



Gränsvärde för både A- och E-vatten är 12 mg/l (t). Halter över gränsvärdet kan indikera påverkan från förorening eller också ha naturliga, geologiska orsaker.

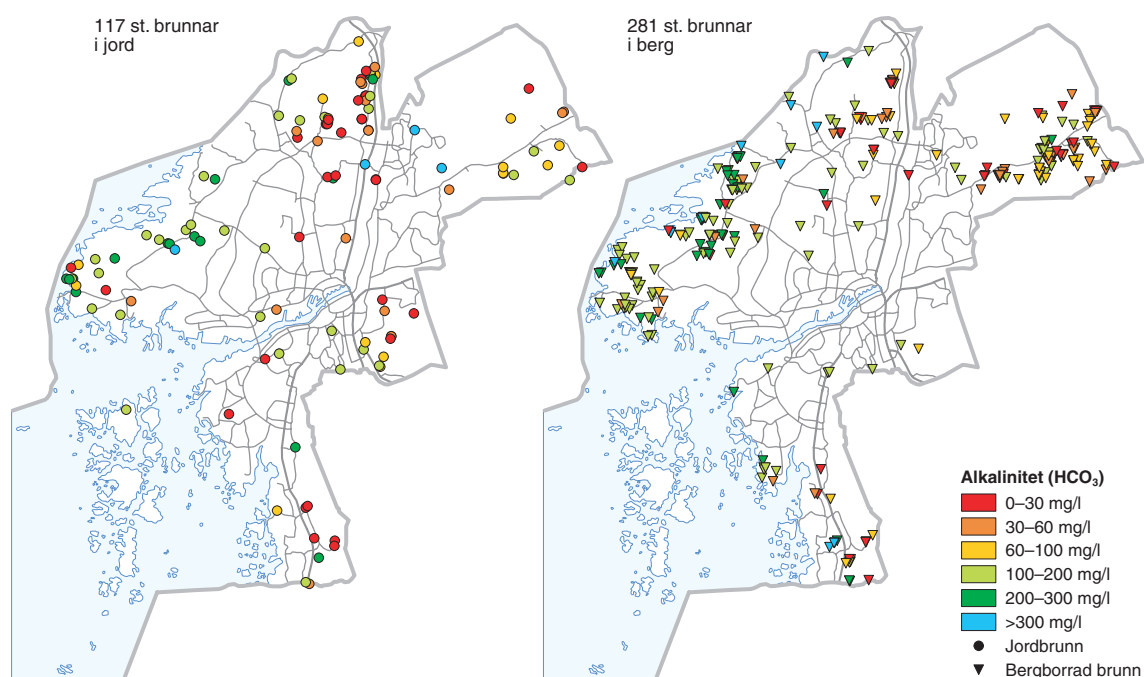
Kalium	Jord	Berg
Median (mg/l)	5,1	5,9
Q25 (mg/l)	2,5	3,9
Q75 (mg/l)	8,8	11,6
Under 12 mg/l	89 % (32 st.)	77 % (33 st.)
12 mg/l eller över	11 % (4 st.)	23 % (10 st.)

Alkalinitet – HCO_3

Alkaliniteten utgörs i vanliga grundvatten till allra största delen av vätekarbonat. I vatten som inte är saltpåverkade är vätekarbonat oftast den dominerande anjonen. Det innebär att i vatten med lågt pH och litet innehåll av kalcium och magnesium, är alkaliniteten vanligen låg. Detta stämmer väl in med resultaten i denna undersökning. Medianvärdet för alkaliniteten i jordbrunnar i klassen svallsand och svallgrus är 21 mg/l (tabell 10), betydligt lägre än i klasserna Berg i dagen (155 mg/l) respektive Lera (89 mg/l). Vid klassning av bergbrunnarna utifrån överliggande jordart i markytan finns en tendens till lägre alkalinitet i lokaler i klassen svallsand och svallgrus. Motsvarande tendens finns inte för pH, och det går inte att dra några slutsatser om betydelsen av överliggande jordlager för buffertförmågan hos berggrundvattnet. Det småbrutna landskapet med förekomst av lera i stort sett i alla områden med bebyggelse i kommunen, innebär svårigheter att bedöma kopplingen mellan grundvattenbildning i berggrunden och överliggande jordarter.

Lägst alkalinitet har konstaterats på och i anslutning till höjdområdena i kommunen. Resultat från några observationsrör inom Göteborgs kommuns övervakningsnät finns i figur 42. Figuren visar på utvecklingen av alkaliniteten under 15 år i grundvatten som ligger på något olika alkalinitetsnivåer. Det finns en svag tendens till nedgång i alkaliniteten under första delen av 1990-talet med en åtföljande uppgång under den senare delen.

I bergborrhade brunnar finns ett antal låga alkalinitetsvärden i kommunens södra och nordöstra del samt på nordöstra Hisingen. Det har i tidigare undersökningar i angränsande kommuner (exempelvis Lerum och Härryda) visat sig vanligt med låg alkalinitet i bergborrhade brunnar belägna i höjdområden med obetydlig jordtäckning (Jonasson m.fl. 1986). En viktig orsak kan vara att lättvittrad kalcit, som förekommer som sprickmineral, lakats ut i sådana bergområden till så stort djup att upplösning av kalcit inte kommer grundvattnet till godo på de aktuella brunnsdjupen.



Riktvärde är 60 mg/l HCO_3 (t). Gränsvärden för A- och E-vatten är ej angivna. Halter över 60 mg/l minskar risken för korrosionsangrepp i en distributionsanläggning. Halter lägre än 30 mg/l i ett naturligt grundvatten eller i behandlat dricksvatten ökar risken för korrosion.

Alkalinitet	Jord	Berg
Median (mg/l)	78	107
Q25 (mg/l)	23,7	59
Q75 (mg/l)	169	176
Under 30 mg/l	27 % (31 st.)	11 % (31 st.)
30 till 60 mg/l	15 % (18 st.)	15 % (41 st.)
60 eller över	58 % (68 st.)	74 % (209 st.)

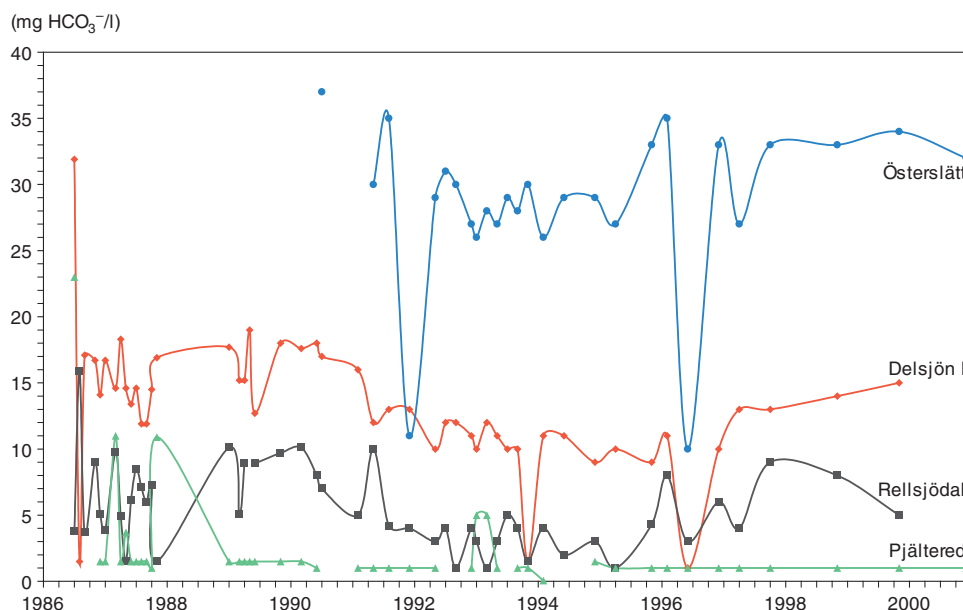


Fig. 42. Alkaliniteten under perioden 1986–2000 i fyra observationsrör ingående i Göteborgs kommuns övervakning av yttligt grundvatten.

Klorid

Salt grundvatten är ett av de största problemen vad gäller grundvattnets kemiska sammansättning i Västsverige, och så även i Göteborgs kommun. I denna sammanställning ingår 100 kloridanalyser på grundvatten i jord och knappt 300 från bergborrade brunnar.

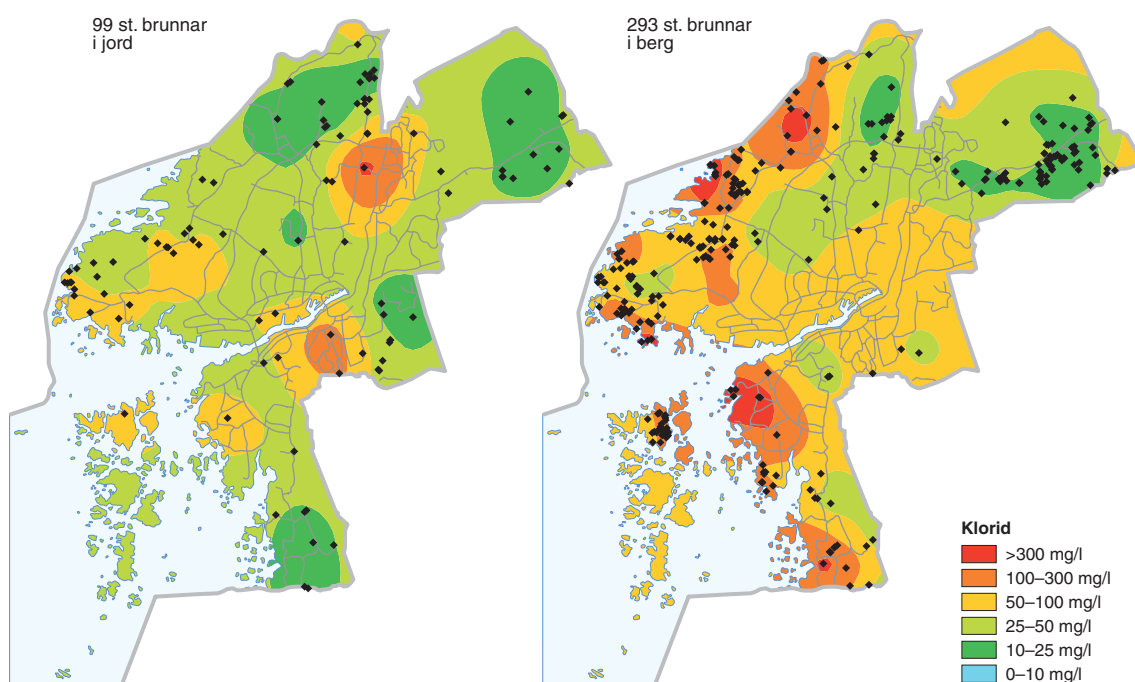
Av de bergborrade brunnarna överstiger 20 % gränsvärdet för smak på 300 mg/l. Den interpolerade kartan visar tydligt att bergbrunnarna med de högsta kloridhalterna finns utmed kustbandet. Inträngande saltvatten är den sannolika huvudorsaken. Rester av relict saltvatten kan dock bidra till de höga salthalterna i bergbrunnar några kilometer in från kusten, exempelvis i Torslanda och Säve. De stora lokala skillnaderna kan illustreras med 21 samtida analyser från Brännö, där halterna varierar mellan 32 och 2 091 mg/l, med ett medianvärde på 69 mg/l.

På östra delen av Hisingen och i nordöst är kloridhalterna i bergborrade brunnar vanligen under 25 mg/l. Nederbörden är då den enda kloridkällan. Enstaka prov över 300 mg/l klorid i Torvhög och Stenared visar på lokala rester av relict salt grundvatten i Lärjeåns dalgång. Analyser saknas i stort sett från berggrundvatten i Göta älvs, Säveåns och Mölndalsåns dalgångar samt Fässbergsdalen. Några mätningar i jordgrundvatten antyder att salt relict grundvatten kan förväntas i berggrunden även där. I Göta älvs dalgång vid Kärra (observationsrör 1021) gav ett enstaka prov på grundvatten under mäktiga lerlager en halt på 2 100 mg/l (tabell 12). I observationsrör 514 i centrala Göteborg erhöles kloridhalten 217 mg/l. Den högsta halten av klorid som ingår i databasen är 2 840 mg/l och kommer från brunnen i Sisjöns industriområde vid Söderleden som också uppvisar den högsta natriumhalten.

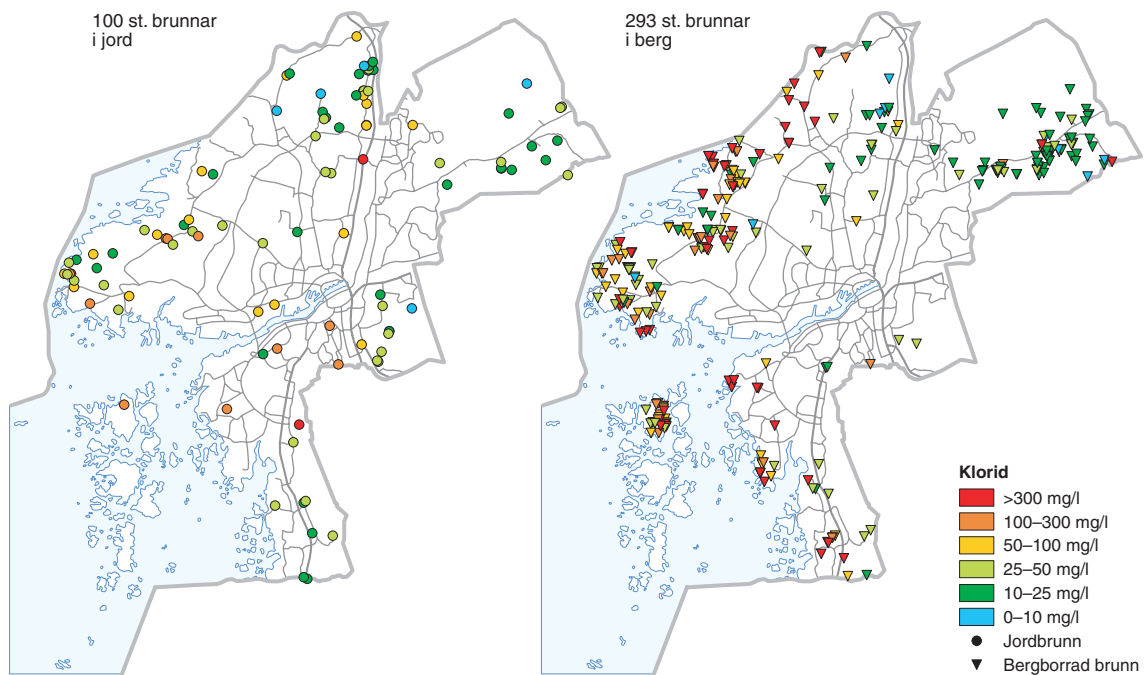
För de övriga grundvattenmagasinen i jordlager har ingen systematisk provtagning utförts för bedömning av utbredningen av salt grundvatten. I analyser från Kallebäcksområdet är kloridhalten vanligen kring 40 mg/l eller lägre. För det större magasinet i Kålltorp–Bagaregården uppmättes i observationsrören 680 och 745 kloridhalterna 26 mg/l respektive 14 mg/l. Genomsnittligt är kloridhalterna rätt lika i de olika jordartsklasserna (tabell 10). Vid indelning av bergbrunnarna i olika bergarter framgår det att halterna är högst i metagråvacka och ca 1 560 miljoner år gammal granodiorit. Orsaken är att dessa bergarter återfinns i kommunens västra, kustnära delar.

Tabell 12. Klorid- och sulfathalter i de observationsrör vid Gatubolaget där provtagning för kemisk analys utförts.

Obsrör	Plats	Datum	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	Magasin
11	Tynnered	1999-10-28	103	48	slutet
77	Askim	1999-11-19	45	54	öppet
133	Sandarna	1999-10-14	21	46	öppet
169	Kungsladugård	1999-10-17	104	25	slutet
203	Bräcke	1999-10-10	64	162	slutet
225	Sannegården	1999-10-14	50	54	öppet
262	Biskopsgården	1999-10-14	35	46	slutet
514	Lorensberg	1999-10-22	217	30	slutet
593	Bönered	1999-10-15	39	73	öppet
624	Elleröd	1999-10-15	92	40	slutet
680	Kärralund	1999-10-13	26	30	slutet
745	Kålltorp	1999-10-13	14	27	slutet
894	Angered	1999-10-15	82	54	slutet
1021	Kärra	1999-10-15	2100	44	slutet
1027	Backa	1999-10-26	55	25	slutet
1212	Skår	1999-10-12	56	39	slutet
1227	Kallebäck	1999-10-12	41	29	öppet
1566	Brottkärr	1999-11-17	26	17	slutet



Höga kloridhalter förekommer främst i bergborrade brunnar utmed kustbandet. Saltvatten från havet kan nå bergbrunnarna vid uttag, men även relik saltvatten antas förekomma i högre utsträckning i berggrundvattnet nära kusten. Relikt saltvatten kan även orsaka höga kloridhalter i grundvatten i grovkorniga jordlager som är täckta av lera.



Två gränsvärden finns som är samma för både A- och E-vatten. Halter över 100 mg/l (t) indikerar i brunsvatten påverkan från relik saltvatten, bildat under perioder efter den senaste istiden, då delar av nuvarande landytan var täckta av hav. Salt grundvatten orsakas i kustnära områden även av inträngning av nutida havsvatten. Föroreningar kan ge ökad kloridhalt i grundvattnet. Halter över 100 mg/l kan påskynda korrosionsangrepp. Vid halten 300 mg/l (e, t) finns risk för smaksförändringar.

Klorid	Jord	Berg
Median (mg/l)	30	44
Q25 (mg/l)	20	22
Q75 (mg/l)	56	207
Under 100 mg/l	87 % (87 st.)	69 % (201 st.)
100 till 300 mg/l	11 % (11 st.)	11 % (32 st.)
300 mg/l eller över	2 % (2 st.)	20 % (60 st.)

Sulfat

Den genomsnittliga sulfathalten ligger både i jord och berg strax under 30 mg/l. De flesta halterna faller inom intervallet 20–40 mg/l. Analyserna är gjorda vid olika tidpunkter, och omfattar också prov från 1980-talet med högre sulfatdeposition än på 1990-talet. Tidsförändringar i sulfathalter framgår av figur 43, som visar resultat från Göteborgs kommuns övervakningsnät. Under framför allt den första delen av 1990-talet tycks sulfathalten i dessa ytliga grundvatten i jord ha minskat.

Det finns ingen tydlig geografisk fördelning av sulfathalter i grundvatten inom kommunen. Något fler brunnar med höga sulfathalter återfinns på delar av Hisingen. Sulfat av marint ursprung bidrar sannolikt till dessa högre halter. I brunnen i Sisjöns industriområde vid Söderleden, med de höga klorid- och natriumhalterna, uppmättes sulfathalten 365 mg/l. Resultaten indikerar också att lokala utsläpp av svavel inte generellt tycks ha gett något utslag i högre sulfathalter i grundvattnet. En sådan effekt borde ha inneburit förhöjda halter i öster i den från centrum förhärskande vindriktningen.

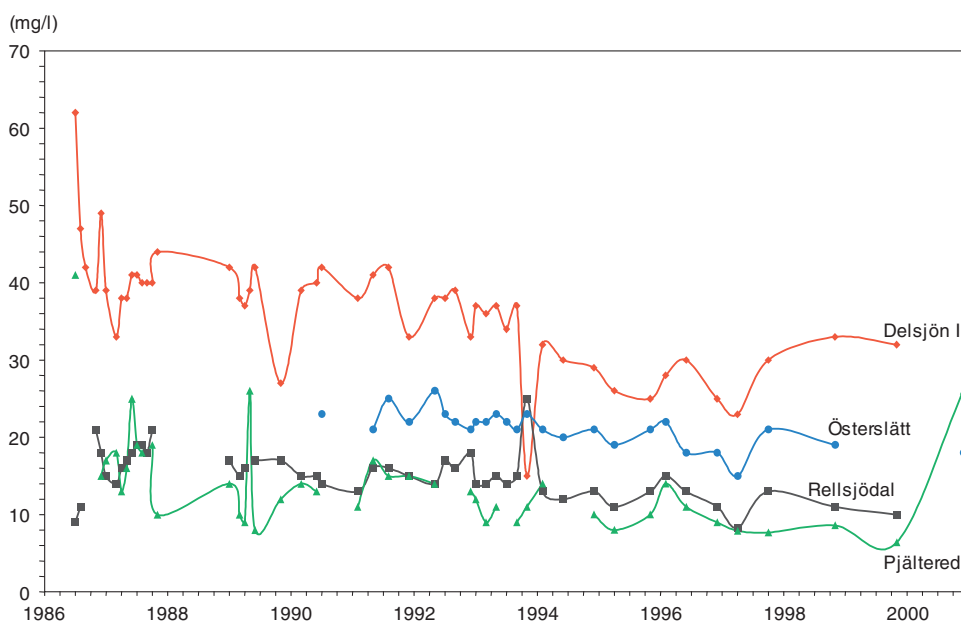
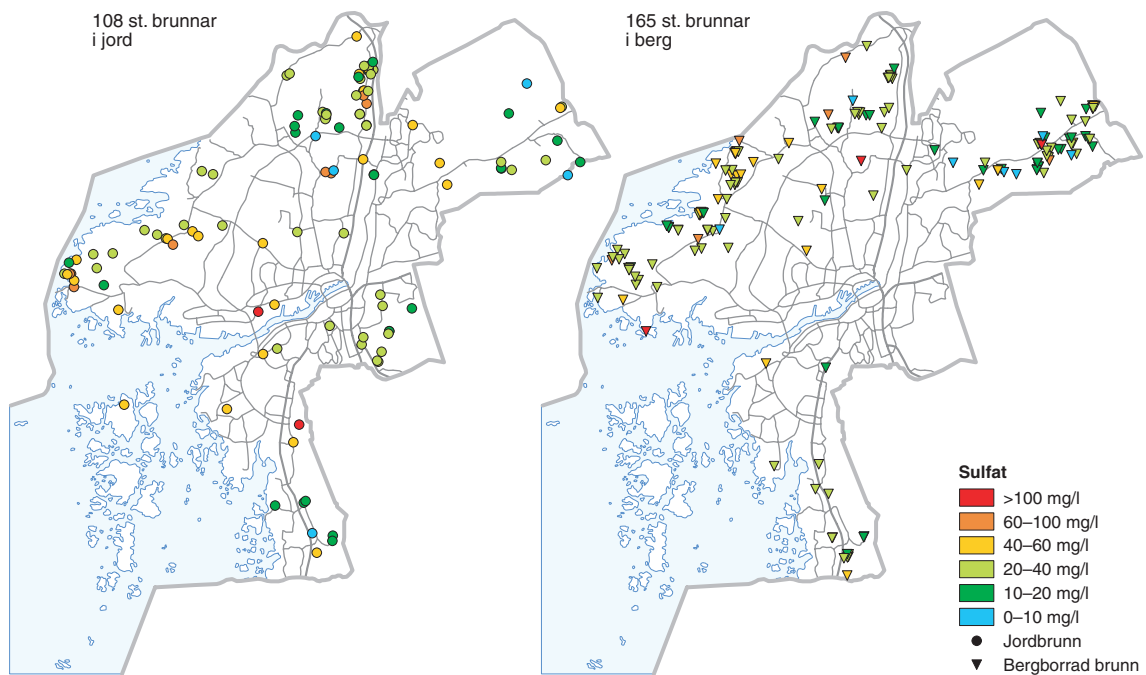


Fig. 43. Sulfathalter under perioden 1986–2000 i fyra observationsrör ingående i Göteborgs kommuns övervakning av ytligt grundvatten.



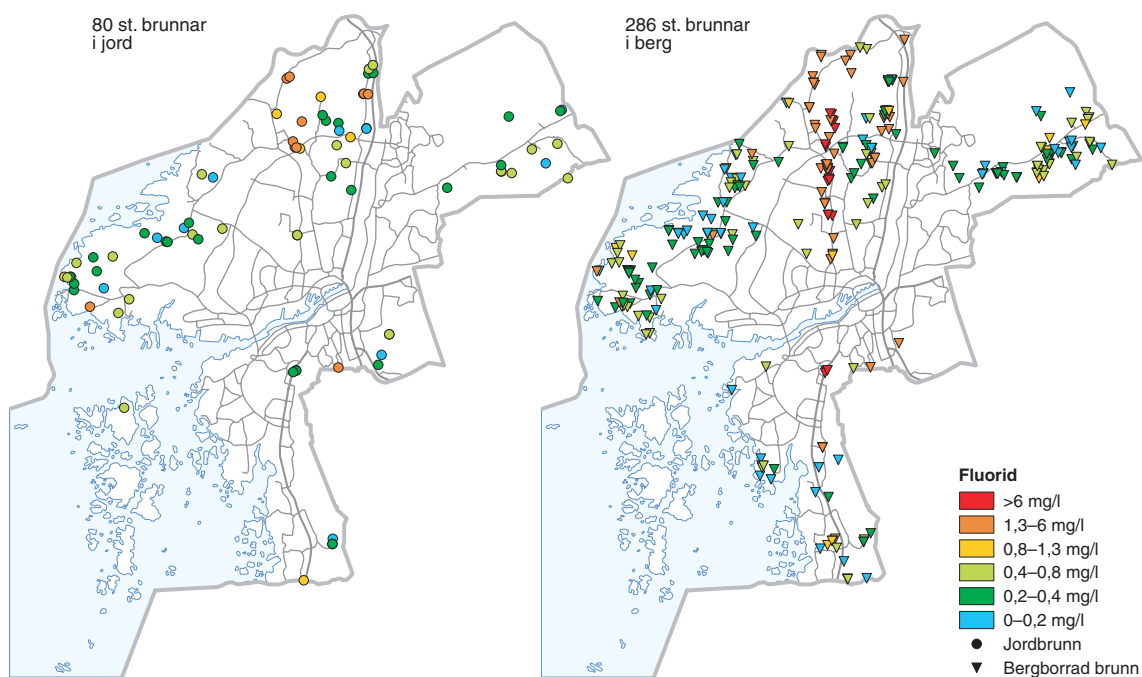
Två gränsvärden finns som är samma för både A- och E-vatten. Vid halter över gränsvärdet 100 mg/l (t) kan korrosionsangrepp påskyndas. Överstigs gränsvärdet 200 mg/l (h, e, t) finns risk för smakförändringar. Dricksvattnet kan då också ge övergående diarré hos känsliga barn. Höga halter kan bero på frigörelse av svavel i organiska jordar eller vittring av svavelrika kismineral. Svavelnedfall bidrar till högre sulfathalter i grundvattnet.

Sulfat	Jord	Berg
Median (mg/l)	29	28
Q25 (mg/l)	18	19
Q75 (mg/l)	44	38
Under 100 mg/l	98 % (106 st.)	98 % (161 st.)
100 till 200 mg/l	2 % (2 st.)	1 % (2 st.)
200 mg/l eller över	0 % (0 st.)	1 % (2 st.)

Fluorid

Göteborgs kommun har gjort speciella inventeringar för att öka kunskapen om fluoridhalter i dricksvatten från bergborrade brunnar. Fluorid ingår även i vanliga fysikalisk-kemiska analyser, och för berg finns det totalt 286 analyser tillgängliga.

Det är främst i berggrund som innehåller mineralet flusspat som höga halter fluorid brukar förekomma. I RA-graniten, som sträcker sig i nord-sydlig riktning genom centrala Göteborg och Hisingen (fig. 10), förekommer flusspat i halter upp till 1,1 volymprocent, medan det inte alls förekommer i de övriga bergarterna. Detta innehåll av flusspat visar sig också ge ett mycket kraftigt genomslag på halterna av fluorid i berggrundvattnet (tabell 13). Den genomsnittliga halten är närmare 10 gånger högre i RA-graniten än i övriga bergarter. Gränsvärdet på 1,3 mg/l avser den halt där tandemaljfläckar kan uppstå, och den överskrids i de flesta analyserade brunnsvattnen från områden kartlagda som RA-granit.

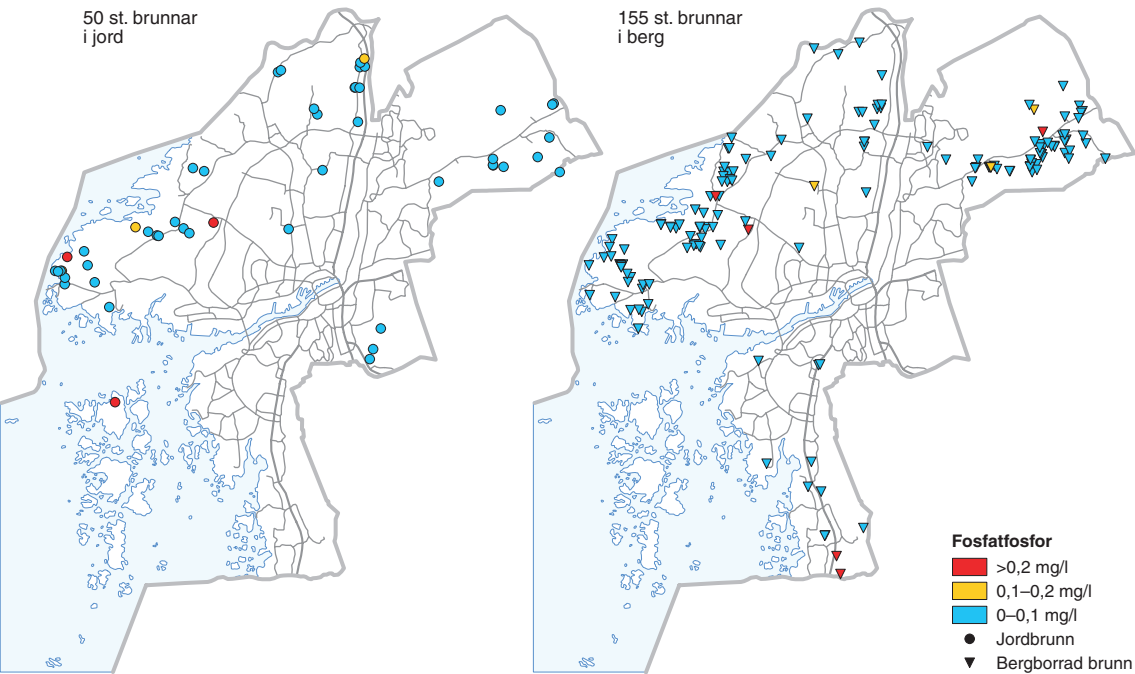


Fluoridhalter under 0,8 mg/l ger endast ett begränsat skydd mot karies. Som gränsvärde för både A- och E-vatten gäller 1,3 mg/l (h). Vid denna halt kan tandemaljfläckar uppstå. Vid halten 6,0 mg/l är vattnet otjänligt och bör ej användas till dryck och matlagning. Risk finns för osteofluoros (fluorinlagring i benvävnad) över denna halt. Höga fluoridhalter är vanligast i vatten från bergborrade brunnar belägna i berggrund rik på flusspat.

Fluorid	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,4	0,4
Q25 (mg/l)	0,2	0,2
Q75 (mg/l)	0,7	0,98
Under 0,8 mg/l	83 % (66 st.)	77 % (219 st.)
0,8 till 6,0 mg/l	17 % (14 st.)	17 % (49 st.)
6,0 mg/l eller över	0 % (0 st.)	6 % (18 st.)

Fosfor

Det är bara ett fåtal analyser av fosfor som överskrider halten 0,1 mg/l. Ofta utgör denna halt detektionsgräns för analyserna. I de fall halten 0,1 mg/l överskrids hör det sannolikt samman med att lokala föroreningskällor finns i tillrinningsområdet till brunnen.



Gränsvärde för A-vatten är 0,20 mg/l (t). Halter över gränsvärdet kan indikera påverkan från avlopp, gödsling och andra föroreningskällor. Höga halter kan även ha naturligt, geologiskt ursprung, genom vittring av fosformineral.

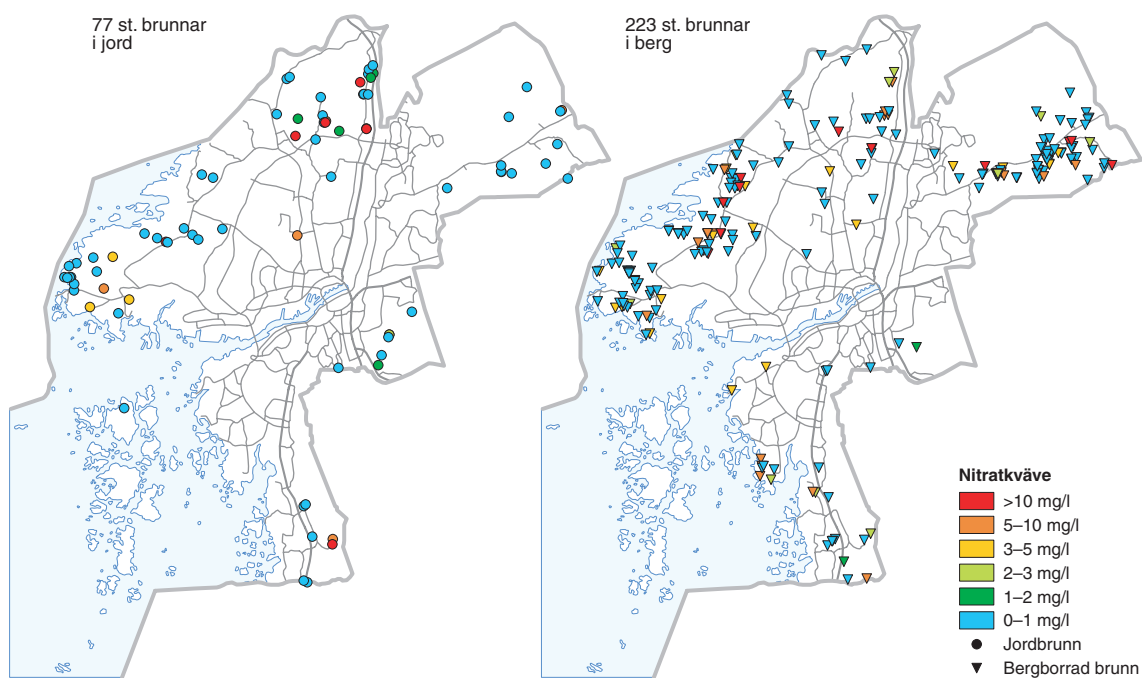
Fosfatfosfor	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,05	0,05
Q25 (mg/l)	0,05	0,025
Q75 (mg/l)	0,05	0,05
Under 0,2 mg/l	94 % (47 st.)	97 % (150 st.)
0,2 mg/l eller över	6 % (3 st.)	3 % (5 st.)

Tabell 13. Flouridhalter i bergborrade brunnar i de sex bergarter där det finns flest analyser utförda. Medianvärde, standardavvikelse och antalet analyser anges.

Bergart	Antal analyser	Flouridhalt Median (mg/l)	Standardavvikelse
RA-granit	66	2,66	4,1
Metadiorit	26	0,40	0,69
Granodiorit 1560	35	0,40	1,9
Ögongnejs	11	0,32	0,21
Granodiorit 1600	49	0,30	0,54
Metagråvacka	89	0,30	0,46

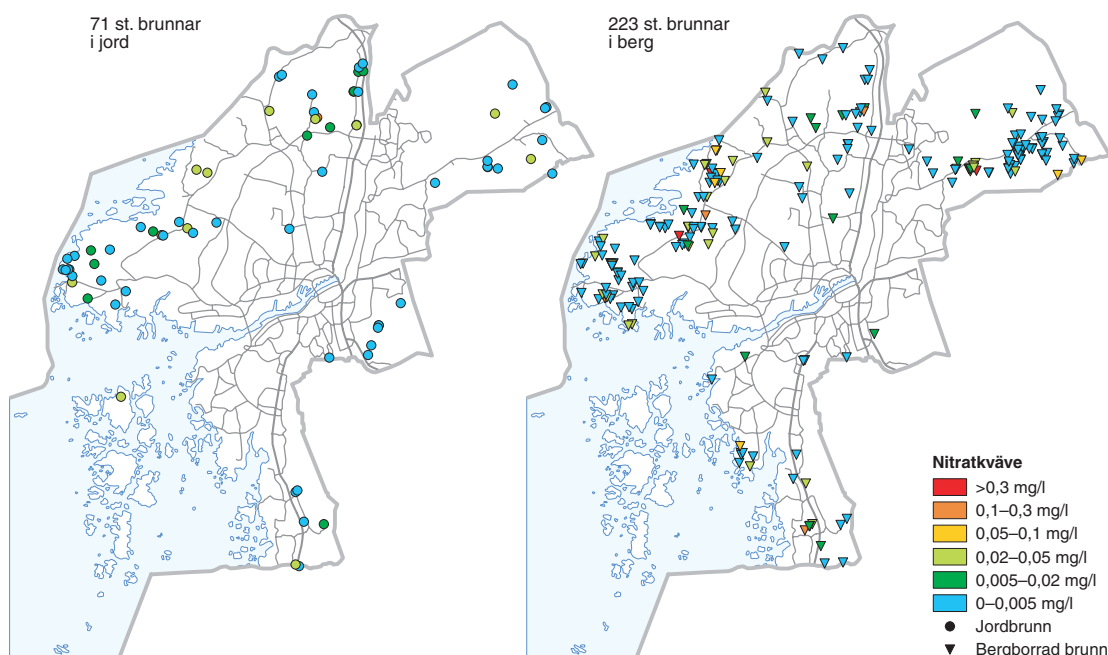
Nitrat, nitrit och ammonium

Även för kväveföreningarna ligger de flesta analysresultaten under använda detektionsgränser. Dessa analyser är markerade på kartorna i den lägsta klassen (blå färg). För ammonium innebär det halter på 0–0,02 mg/l, men det finns även en del analyser av ammonium med detektionsgräns 0,1 mg/l med i denna klass. Enstaka högre halter av de tre kväveföreningarna förekommer inom hela kommunen i jordbruksområden. Flest analyser över en hälsomässigt satt gräns finns för nitrat (>10 mg/l NO₃-N). Undersökningar av kväveföroreningar i grundvattnet gjordes av kommunen även på 1970-talet, och insatser har gjorts för att minska kväveläcket från jordbruket.



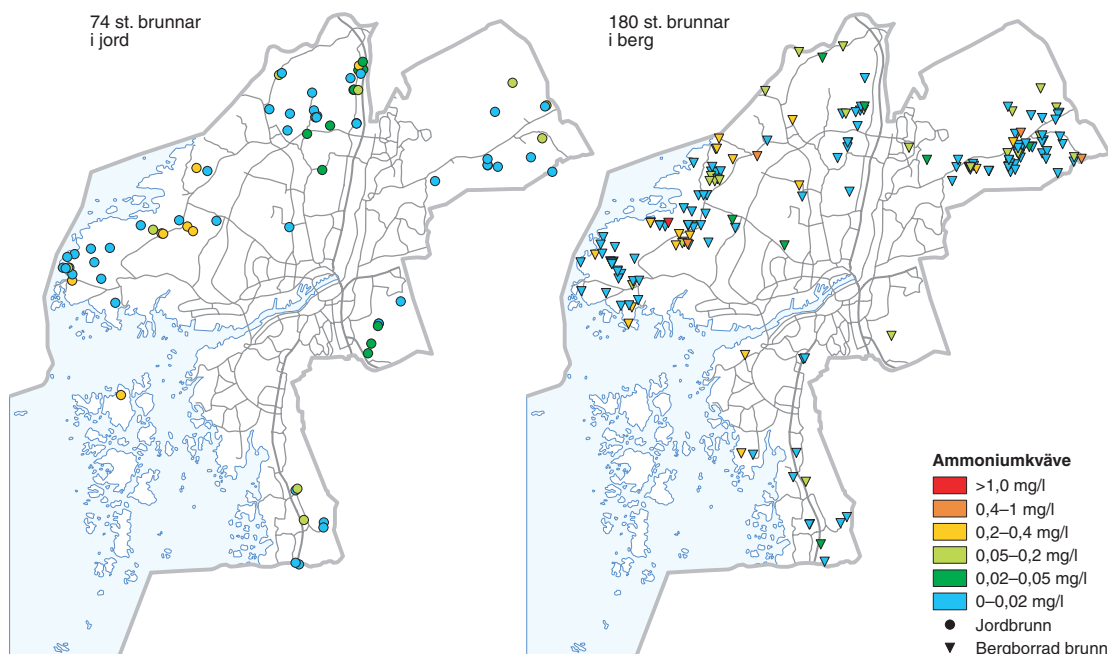
Riktvärde är 1,0 mg/l. Gränsvärde för både A- och E-vatten är 5,0 mg/l (t). Halter därutöver indikerar påverkan från avlopp, gödsling och andra föroreningskällor. Det finns även ett högre gränsvärde på 10,0 mg/l (h, t). Vatten med denna eller högre halt bör ej ges till barn under ett års ålder. Risk finns för försämrad syreupptagning i blodet.

Nitratkväve	Jord	Berg
Median (mg/l)	1,0	1,0
Q25 (mg/l)	1,0	0,5
Q75 (mg/l)	1,0	2,0
Under 5 mg/l	84 % (65 st.)	85 % (190 st.)
5 till 10 mg/l	7 % (5 st.)	10 % (21 st.)
10 mg/l eller över	9 % (7 st.)	5 % (12 st.)



Gränsvärde för både A- och E-vatten är 0,005 mg/l (t). Förekomst kan indikera påverkan från förorening men kan också ha mer eller mindre naturliga orsaker, t.ex. ammoniumoxidation i filter och ledningar. Ett hälsomässigt gränsvärde är satt vid 0,050 mg/l (h, t). Vattnet bör ej ges till barn under ett års ålder. Risk finns för försämrade syreupptagning i blodet. Vatten med en halt över 0,30 mg/l (h) bör ej användas till dryck eller livsmedelshandtering.

Nitritkväve	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,005	0,005
Q25 (mg/l)	0,005	0,005
Q75 (mg/l)	0,01	0,01
Under 0,005 mg/l	65 % (46 st.)	71 % (159 st.)
0,005 till 0,05 mg/l	31 % (22 st.)	22 % (49 st.)
0,05 till 0,3 mg/l	4 % (3 st.)	6 % (12 st.)
0,3 mg/l eller över	0 % (0 st.)	1 % (3 st.)



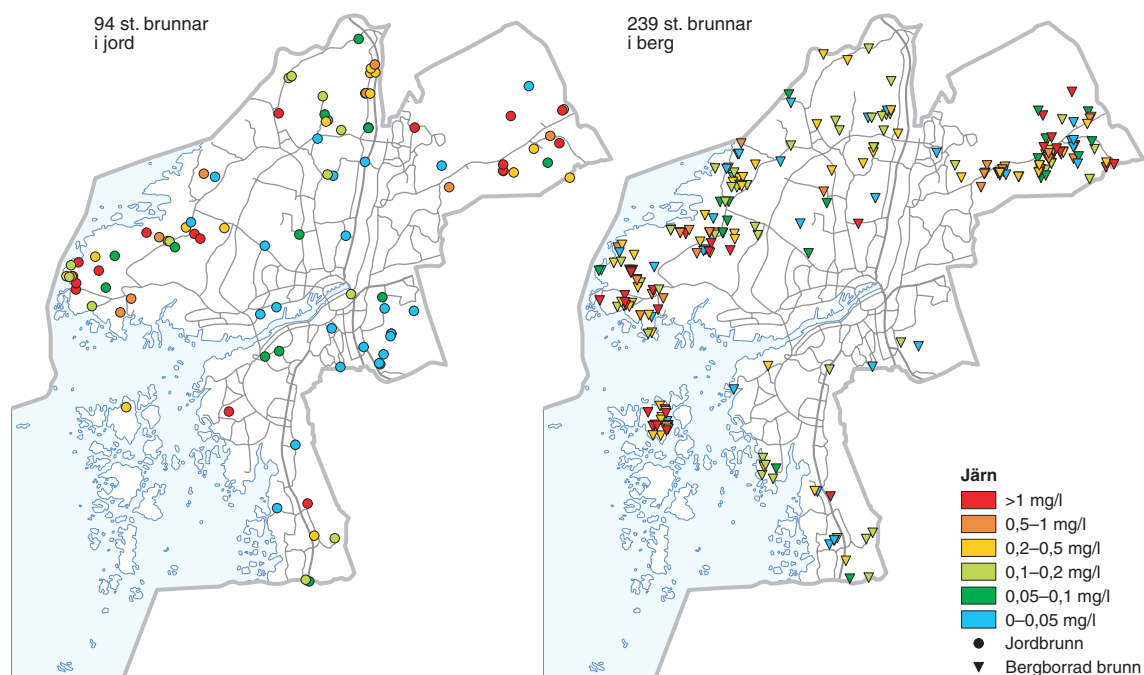
Riktvärde är 0,05 mg/l. Gränsvärde för både A- och E-vatten är 0,4 mg/l (t). Denna och högre halter kan indikera påverkan från avlopp eller liknande. Ammoniumkväve kan även förekomma i samband med höga järn- och humushalter. Vid ett högre gränsvärde på 1,0 mg/l (h, t) finns risk för kraftig nitritbildning.

Ammoniumkväve	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,05	0,05
Q25 (mg/l)	0,025	0,025
Q75 (mg/l)	0,075	0,06
Under 0,05 mg/l	72 % (53 st.)	73 % (131 st.)
0,05 mg/l eller över	28 % (21 st.)	27 % (49 st.)

Järn och mangan

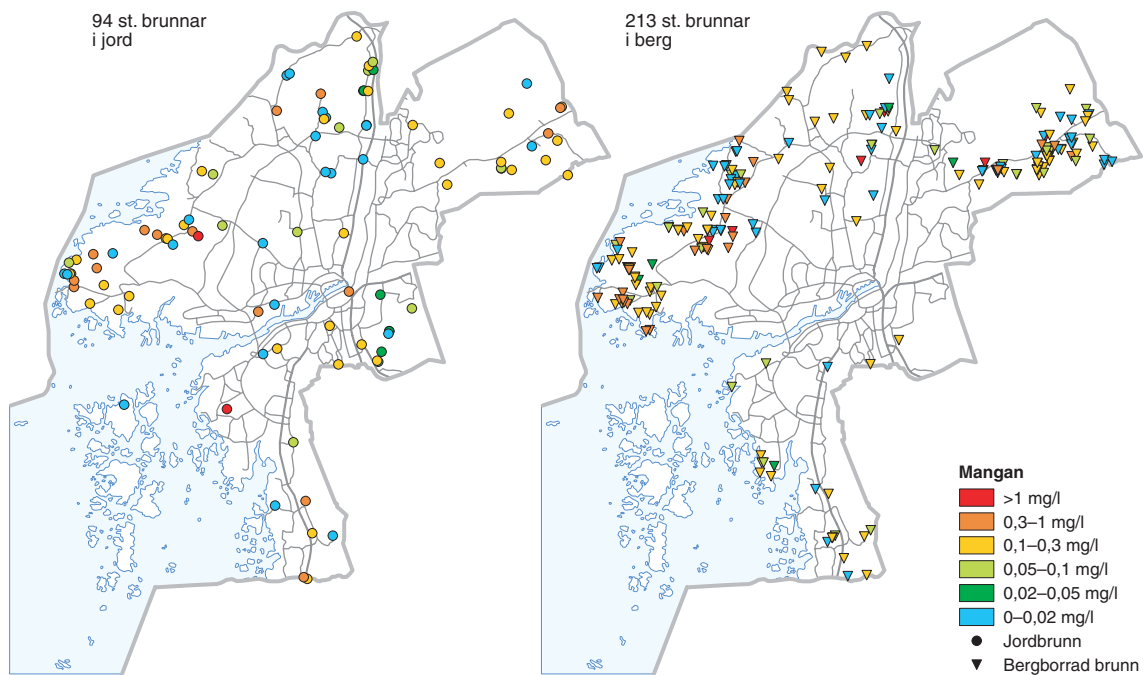
Skillnader i järn- och manganhalter är stora, även mellan närbelägna platser. Detta beror på mycket lokala variationer i redoxpotential och syreförhållanden, som styr om järn och mangan går i lösning eller fällt ut. En hel del brunnar på västra Hisingen, på Brännö och i Lärjeåns dalgång har höga järnhalter. Analyserna från centrala Göteborg, flest från grundvatten i jord, avviker med lägre halter än i övriga delar av kommunen. Flertalet av brunnarna med de högsta manganvärdena återfinns på västra Hisingen.

Järn och mangan kan bland annat missfärga vattnet och ge skador på tvätt. Ett övre gränsvärde för järn är 1,0 mg/l och för mangan är värdet 0,3 mg/l. Dessa nivåer överskrids i 15–20 % av brunnsvattnen i både jord och berg.



Riktvärde i vattenverk är 0,05 mg/l. Ett lägsta gränsvärde för A-vatten är 0,10 mg/l (t), då risk för slambildning i en distributionsanläggning kan förekomma. Vid tappställe efter en stunds spolning finns två gränsvärdesnivåer. På den lägsta av dessa är gränsvärdet för A-vatten 0,20 mg/l (e, t) och för E-vatten 0,50 mg/l (e, t). Dessa och högre halter medför risk för utfällningar, missfärgning och smak. Tvättgods kan skadas. På den högre nivån är gränsvärdet för både A- och E-vatten 1,0 mg/l (e, t). Olägenheterna är desamma som ovan angivna.

Järn total	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,16	0,21
Q25 (mg/l)	0,05	0,1
Q75 (mg/l)	0,63	0,52
Under 0,05 mg/l	25 % (24 st.)	15 % (36 st.)
0,05 till 0,1 mg/l	14 % (13 st.)	9 % (23 st.)
0,1 till 0,2 mg/l	15 % (14 st.)	22 % (53 st.)
0,2 till 0,5 mg/l	17 % (16 st.)	27 % (64 st.)
0,5 till 1,0 mg/l	10 % (9 st.)	12 % (28 st.)
1,0 mg/l eller över	19 % (18 st.)	15 % (35 st.)



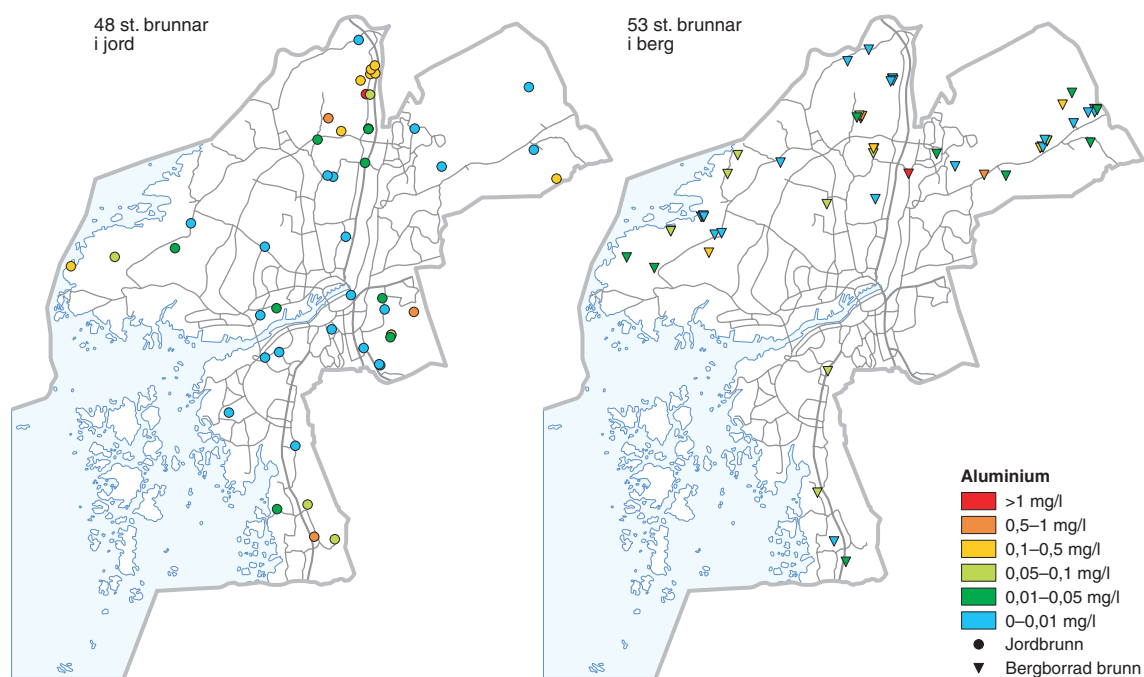
Riktvärde för A-vatten är 0,02 mg/l. Gränsvärdena (e, t) är för A-vatten 0,05 mg/l och för E-vatten 0,30 mg/l. Höga manganhalter ger utfällningar i vattenledningar. När avlagringarna lossnar missfärgas vattnet (svart) och textilier kan skadas vid tvätt.

Mangan total	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,106	0,11
Q25 (mg/l)	0,025	0,025
Q75 (mg/l)	0,235	0,25
Under 0,05 mg/l	27 % (25 st.)	26 % (56 st.)
0,05 till 0,3 mg/l	55 % (52 st.)	56 % (118 st.)
0,3 mg/l eller över	18 % (17 st.)	18 % (39 st.)

Aluminium och koppar

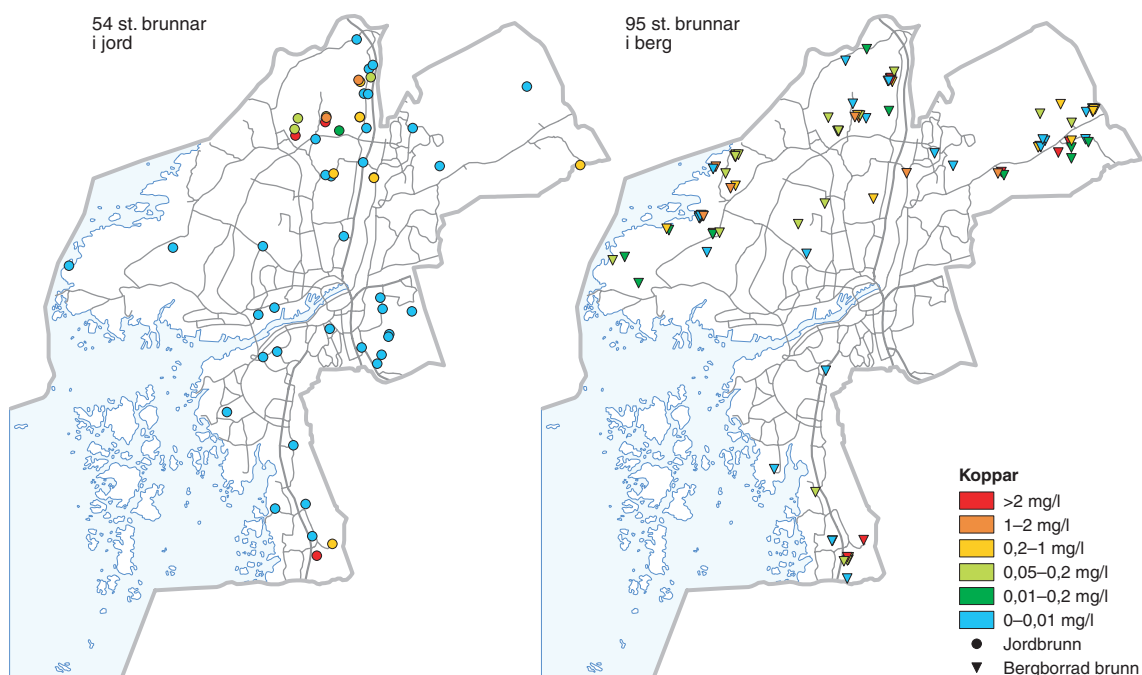
För en majoritet av analyserna är halterna av aluminium och koppar under 0,05 mg/l. Det är också den högsta detektionsgränsen för analyser som tagits med i undersökningen. Det ingår dock många analyser med bättre noggrannhet.

De fåtaliga analyserna med höga halter kommer från olika delar av kommunen. Halter över 0,1 mg/l aluminium i jordgrundvatten har främst erhållits från Ellesbo och från observationsrör i Göteborgs övervakningsnät av ytligt grundvatten (i drift eller avslutade). Av övervakningsnätets observationspunkter är det främst lokalerna i försurningsutsatta marker med lågt pH, där urlakning av aluminium kan förekomma. För Ellesbolokalerna är dock inte pH lågt.



Riktvärde är 0,05 mg/l för A-vatten. Gränsvärde tjänligt med anmärkning är 0,10 mg/l (t) och för E-vatten 0,50 mg/l (t). Slambildning kan uppkomma i distributionsanläggningar. Aluminiumutlösning från marken sker där grundvatten med lågt pH (<5,5) förekommer.

Aluminium	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,02	0,01
Q25 (mg/l)	0,002	0,005
Q75 (mg/l)	0,13	0,06
Under 0,05 mg/l	63 % (30 st.)	64 % (34 st.)
0,05 till 0,1 mg/l	10 % (5 st.)	19 % (10 st.)
0,1 till 0,5 mg/l	17 % (8 st.)	9 % (5 st.)
0,5 mg/l eller över	10 % (5 st.)	8 % (4 st.)

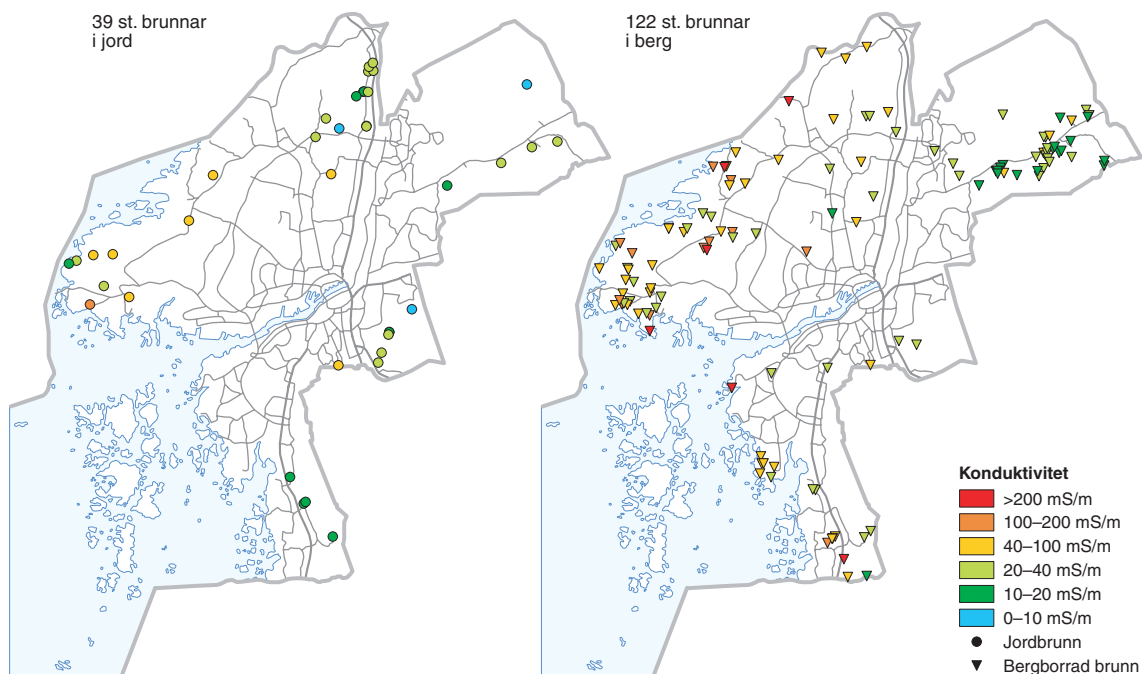


Gränsvärde för vattenverk, A-vatten, är 0,05 mg/l (t). Koppar kan orsaka korrosion på galvaniserade ledningar. För tappställe efter spolning är gränsvärdet 0,2 mg/l för A- och E-vatten. Högre halter kan vara orsakat av korrosion på kopparledningar. Risk finns för missfärgning av sanitetsgoods och hår vid hårtvätt. För tappställe utan spolning betraktas både A- och E-vatten med värden överstigande 1,0 mg/l som tjänligt med anmärkning (e, t). Risk finns för smakförändringar. Över gränsvärdet 2,0 mg/l, som gäller för både A- och E-vatten (h, e, t), finns eventuellt risk för diarréer, särskilt hos känsliga småbarn.

Koppar	Jord	Berg
Median (mg/l)	0,025	0,05
Q25 (mg/l)	0,0005	0,0213
Q75 (mg/l)	0,14	0,378
Under 0,05 mg/l	70 % (38 st.)	44 % (42 st.)
0,05 till 0,2 mg/l	13 % (7 st.)	22 % (21 st.)
0,2 till 1,0 mg/l	7 % (4 st.)	16 % (15 st.)
1,0 till 2,0 mg/l	4 % (2 st.)	11 % (10 st.)
2,0 mg/l eller över	6 % (3 st.)	7 % (7 st.)

Konduktivitet

Konduktiviteten är ett mått på vattnets totala ledningsförmåga och andelen lösta joner. I Göteborg är det förekomsten av salt grundvatten som är styrande för hög konduktivitet. Bäst framgår detta i undersökningen vid jämförelse mellan kloridhalter och konduktivitet i berggrundvatten (figuren nedan samt figuren i avsnittet om klorid, s. 62).

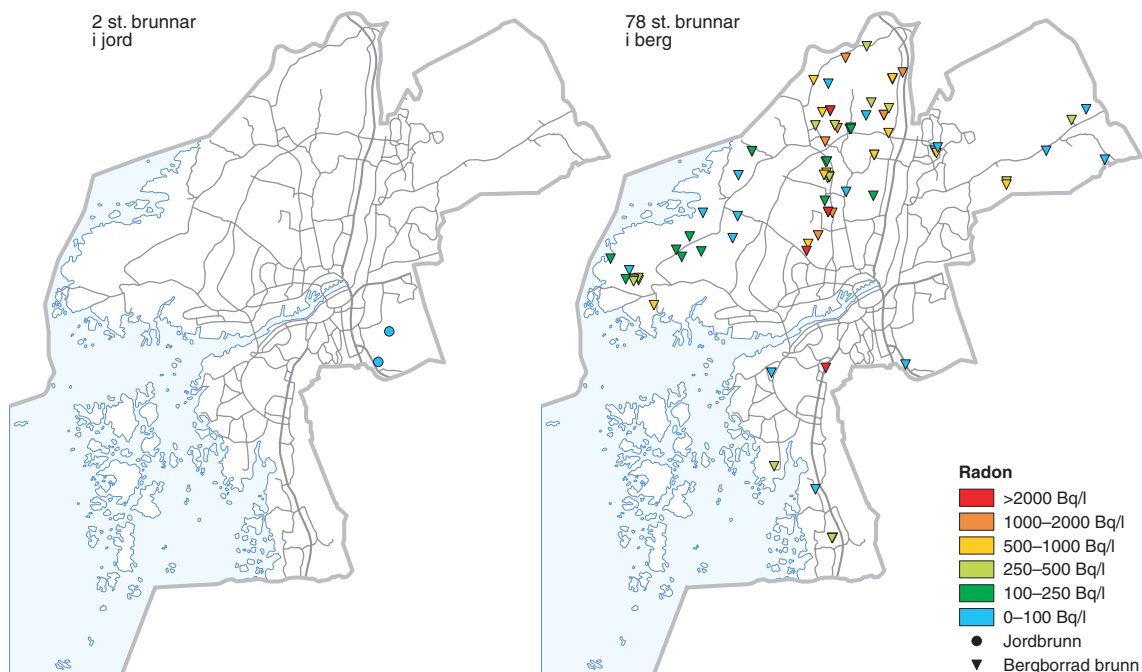


Konduktiviteten anger vattnets totala ledningsförmåga. Riktvärde är 40 mS/m. Mycket höga värden är ofta förknippade med höga klorid och natriumhalter. Orsaker är vanligen påverkan av relik salt eller bräckt vatten alternativt pågående saltvatteninträngning i kustområden.

Konduktivitet	Jord	Berg
Median (mS/m)	24	37
Q25 (mS/m)	18	25
Q75 (mS/m)	35	67
Under 40 mS/m	79 % (31 st.)	52 % (64 st.)
40 mS/m eller över	21 % (8 st.)	48 % (58 st.)

Radon

Höga radonhalter i brunnsvatten är ett av de största problemen vad gäller vattenkvalitet i Göteborg. Halterna av radon är betingade av mineralsammansättningen i berggrunden. Liksom för fluorid är radonhalterna klart högst i de brunnar som är anlagda i RA-graniten (tabell 14). Geokemiska analyser av RA-graniten vid berggrundskarteringen gav uranhalter som varierar mellan 9 och 18 ppm och toriumhalter som varierar mellan 35 och 50 ppm. Som jämförelse ger analyser av Askimsgraniten halterna 1–6 ppm uran och 2–26 ppm torium.



Gränsvärden finns angivna för allmänna anläggningar och enskilda vattentäkter som står under kommunal tillsyn. För tjänligt med anmärkning är gränsvärdet 100 Bq/l (h) och för otjänligt 1 000 Bq/l (h). Höga halter finns främst i vatten från bergborrade brunnar, speciellt i brunnar borrade i uranrik berggrund. Radon i oluftat radonhaltigt grundvatten avgår till inomhusluften vid tappstället. Strålning från radondöttrar som bildas vid radonets sönderfall kan förosaka lungskador.

Radon	Jord	Berg
Median (Bq/l)	33	320
Q25 (Bq/l)		120
Q75 (Bq/l)		725
Under 100 Bq/l	100 % (2 st.)	21 % (16 st.)
100 till 1000 Bq/l		62 % (48 st.)
1000 Bq/l eller över		15 % (14 st.)

Tabell 14. Radonhalter i bergborrade brunnar i fyra bergarter enligt berggrundskartan. Minst 8 analyser ingår. Medianvärde, standardavvikelse (std) och antalet analyser anges.

Bergart	Antal brunnar	Radonhalt Median (Bq/l)	Standardavvikelse
RA-granit	29	768	829
Granodiorit 1560	13	122	548
Granodiorit 1600	8	83	252
Metagråvacka	19	121	229

Tungmetaller

De analyser på tungmetaller som förekommer i databasen kommer nästan alla från observationsrör i jord (Göteborgs kommuns övervakningsnät och Gatubolaget). Resultaten bedöms kunna indikera bakgrundshalter i grundvatten, utan påverkan av lokala föroreningskällor. För observationsrören i övervakningsnätet finns upprepade analyser utförda. Rören är tillverkade i plexiglas. Kvaliteten bedöms vara tillförlitlig på både provtagning och analys. Från Gatubolagets observationsrör finns analys av tungmetaller från ett enstaka tillfälle. Det finns ett antal faktorer som kan påverka halterna kraftigt (rörmaterial, utfällningar, bristfällig omsättning inför provtagning etc.) och resultaten från dessa observationsrör kan endast användas översiktligt.

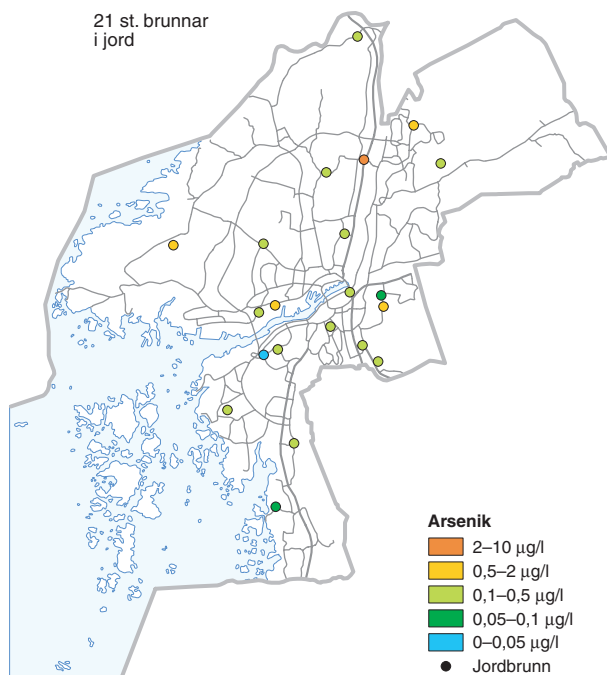
För grundvatten i jord presenteras nedan kartor över halter av de tre tungmetallerna arsenik, nickel och krom. Inga halter har uppmätts som skulle innebära otjänlig kvalitet om dessa vatten skulle utnyttjas som dricksvatten.

I tabell 15 redovisas halter av zink från mätningar utförda inom Göteborgs kommuns övervakningsnät. Det är stora tidsmässiga variationer i zinkhalter i grundvattnet från alla sex observationsrören. Medianvärdena är för fem av lokalerna relativt lika (ca 20 µg/l), medan Pjältered uppvisar ett dubbelt så högt medianvärde. Resultaten visar tydligt på nödvändigheten av längre mätserier för att man ska kunna erhålla en genomsnittlig haltnivå.

Bly och kadmium har analyserats i samma omfattning inom övervakningsnätet som zink. Blyhalterna ligger oftast under 1,0 µg/l och kadmiumhalterna under 0,1 µg/l. Enstaka höga halter uppträder i första hand för bly.

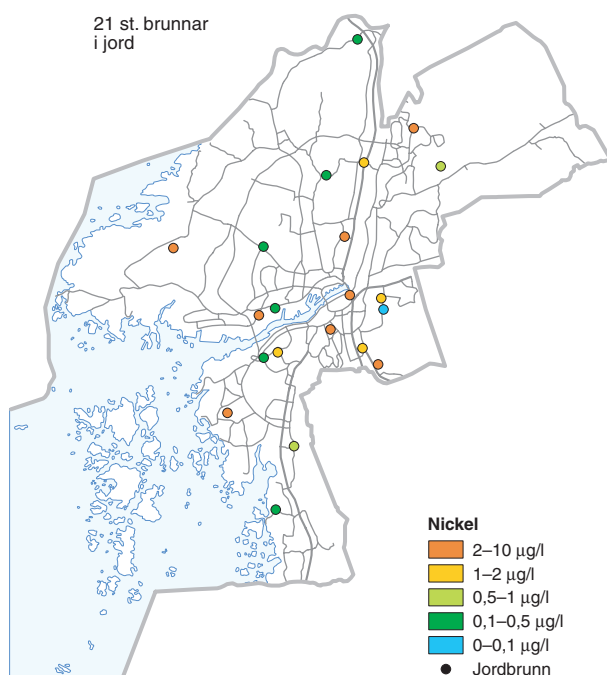
Tabell 15. Zinkhalter i grundvattenprov från Göteborgs kommuns övervakningsnät. I tabellen ingår de provtillfällen då resultat finns från i stort sett samliga rör.

Datum	Observationsrör					
	Härlanda tjärn Zn (µg/l)	Delsjön I Zn (µg/l)	Rellsjödal Zn (µg/l)	Pjältered Zn (µg/l)	Hästevik Zn (µg/l)	Österslätt Zn (µg/l)
1986-06-10	110	90	10	40		
1986-11-19	19	100	163	16		
1987-05-07	37	33	29	41		
1987-08-05	36	41	15	777		
1987-10-07	6	17	5	30		
1989-02-15	13	16	<10	14		
1989-03-15	<10	<10	<10	30		
1989-10-15	25	25	25	25		
1990-02-01	16	15	49	43		
1991-04-17	15	10	34	34	118	38
1991-07-05	10	10		60	50	50
1991-11-20	40	50	40	50	30	140
1992-04-22	38	<10	25	46	14	23
1992-11-10	55	110	70	75	65	60
1993-04-28	11	11	60	40	20	40
1993-08-25	4	28	13	36	5	<5
1993-10-26	10	10	10	40	<10	14
1994-01-05	2	11	3	53	3	20
1994-11-09	30	19	20	32	25	7
1995-03-09	31	18	27	38	27	180
1995-10-12	54	22	28	57	11	200
1996-01-24	23	23	40	40		31
1996-05-08	26	190	37	38	13	16
1996-11-29	23	25	24	42	22	11
1997-03-05	17	8	15	47	21	12
1997-09-25	10	12	10	37	11	5
1998-10-06	7	3	3	22	<2	5
1999-10-07	10	6	7	21	7	17
median	19	18	25	40	20	22



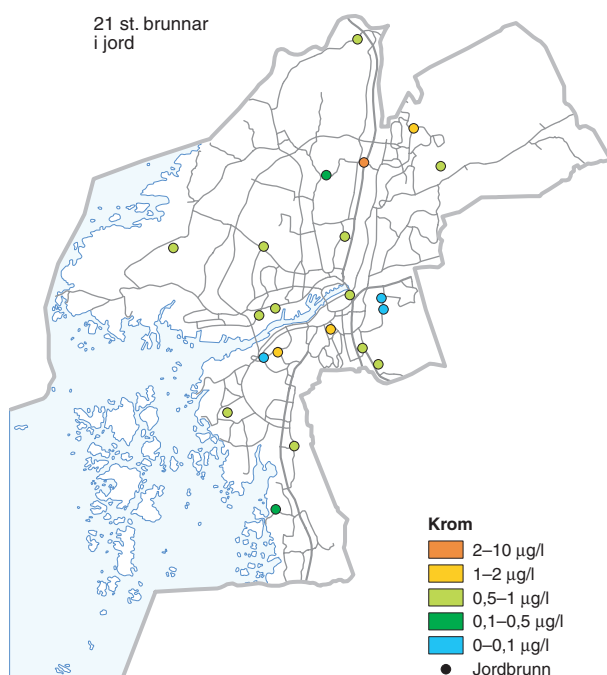
Arsenik	Jord
Median (µg/l)	0,2
Q25 (µg/l)	0,2
Q75 (µg/l)	0,4
Under 10 µg/l	100 % (21 st.)

Ett lägsta gränsvärde för A- och E-vatten är 10 mg/l (h). I vatten från bergborrade brunnar är förhöjda halter ofta förknippade med frigörelse av arsenik från sulfid-mineral. Höga halter kan också indikera påverkan från någon föroreningskälla. Vatten med halter över 50 mg/l (h) betecknas som otjänligt.



Nickel	Jord
Median (µg/l)	1,3
Q25 (µg/l)	0,4
Q75 (µg/l)	3,8
Under 1 µg/l	43% (9 st.)
1 till 50 µg/l	57% (12 st.)

Gränsvärde för otjänligt vatten är 50 mg/l.



Krom	Jord
Median (µg/l)	0,7
Q25 (µg/l)	0,5
Q75 (µg/l)	0,8
Under 1 µg/l	81 % (17 st.)
1 till 50 µg/l	19 % (4 st.)

Ett gränsvärde för otjänligt vatten är satt till 50 mg/l (h). Höga halter kan indikera påverkan från industriutsläpp, soptippar m.m.

Resultat – Ellesbo

Grundvattnets kemiska sammansättning i Ellesbo har studerats genom analys av vattenprov från de i denna undersökning drivna observationsrören, från grävda brunnar samt en källa. Lokalernas fördelning över Ellesboavlagringen framgår av figur 44. Fullständiga kemiska analyser redovisas i tabellerna 16 och 17, och förenklade analyser (omfattande alkalinitet, sulfat och klorid) i tabell 18.

Från observationsrören har provtagning skett av tillrinnande grundvatten efter att de blåsts rena på material. Från rören SGU 9901, SGU 9903 och SGU 9905 erhöles tillräckligt med vatten för analys. Tryckförändringar vid provtagningen kan påverka den kemiska sammansättningen, speciellt förhållandet mellan pH och alkalinitet. Alkaliniteten är jämförelsevis mycket låg i relation till pH i rör SGU 9901.

Från den södra delen av avlagringen finns analyser från rör SGU 9901, källa 220 och brunnarna 221, 225 och 228. Rör SGU 9901 ligger i nedre delen av sluttningen i själva avlagringen. Något längre mot öster i sluttningen, vid källa 220 och brunn 221, har prover för analys av det utströmmande grundvattnet tagits. Resultaten för huvudkomponenterna i SGU 9901 och källa 220 är likartade och visar på en typisk kemisk sammansättning för grundvatten i grovkorniga jordlager utan kalkinnehåll. I brunnarna 225 och 228, som ligger i Göta älvs dalbotten och där grundvattnet erhålls från lager under lera, är pH och alkaliniteten betydligt högre.

Några anmärkningsvärda resultat för SGU 9901 är högt innehåll av aluminium och järn, samt färgtalet. Dessa värden kan eventuellt förändras när grundvattnets strömning vid röret stabiliserats. För källa 220 är fluoridhalten mycket hög, 4,4 mg/l. Även brunn 228, längre mot öster nere i dalen, har en hög fluoridhalt, 2,4 mg/l. Berggrunden under Ellesboavlagringen består av RA-granit, så flusspat som källa till fluorid i grundvattnet finns på platsen. Fluoridhalterna kan indikera lokalt höga flusspathalter i de understa delarna av Ellesboavlagringen eller också tillförs även grundvatten från berggrunden detta utströmningsområde.

Från norra delen av avlagringen är analyser gjorda på vatten invid vattendelaren i väster (brunnarna 203 och 210), från den flacka överytan på avlagringen (brunn 204), från det norra täktområdet (SGU 9903 och brunn 201), nedströms detta täktområde mot öster (SGU 9905) samt från gränsen mot leriga sediment i norr (brunn 205).

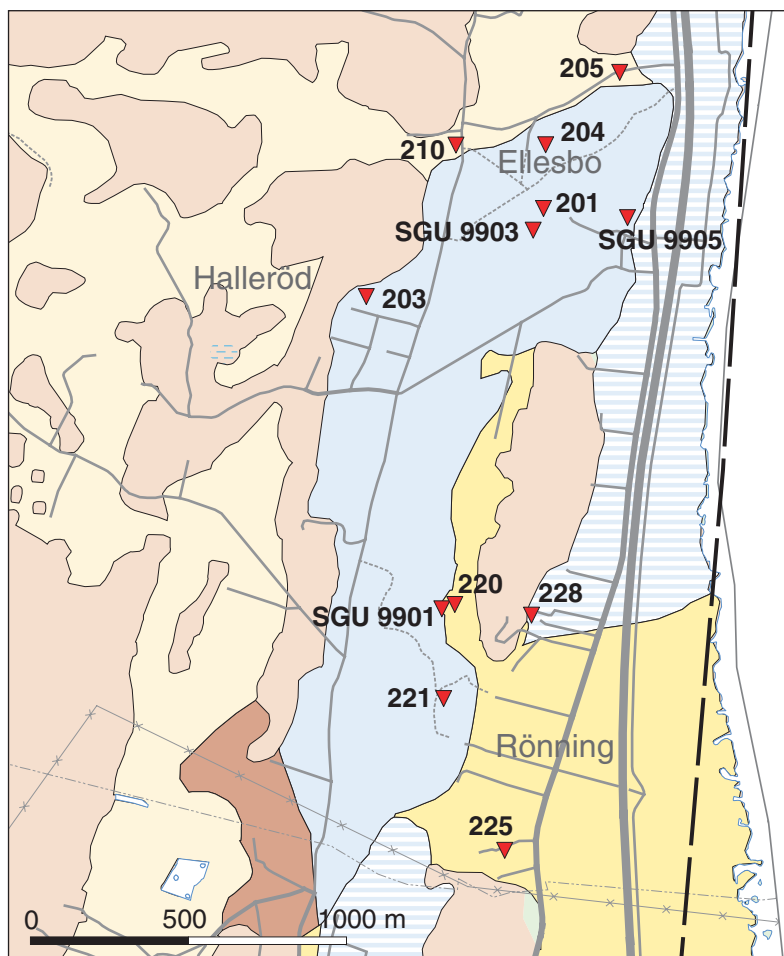


Fig. 44. Lokaler provtagna för kemisk analys i Ellesbo.

Tabell 16. Resultat av analys på grundvattenprover vid rördrivning i Ellesbo.

		SGU 99015–6 m Ellesbo	SGU 9903 2,7–3,7 m Ellesbo	SGU 9905 8–9 m Ellesbo
x		6417480	6418680	6418720
y		1273620	1273910	1274210
Datum		1999-08-10	1999-08-11	1999-08-12
Färgtal		350	5	15
Konduktivitet 25°	mS/m	15	30	24
pH		7,1	8,2	7,7
Alkalinitet	mg/l	18	145	60
Totalhårdhet, Ca+Mg	mg/l	15	49	28
Totalhårdhet	°dH	2,1	6,8	3,9
Ca	mg/l	9,2	33	18
Mg	mg/l	3,5	9,4	5,8
Na	mg/l	13	14	17
K	mg/l	2,1	5,1	3,2
Fe	mg/l	1,6	0,23	0,31
Mn	mg/l	0,04	0,06	0,03
Al	mg/l	10	0,18	0,41
Cu	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
Si	mg/l	11	7,3	9,1
NH ₄ -N	mg/l	0,08	0,02	0,02
NO ₂ -N	mg/l	0,064	0,007	0,008
NO ₃ -N	mg/l	0,29	0,86	1,6
PO ₄ -P	mg/l	0,07	<0,005	0,008
F	mg/l	<0,10	0,3	0,3
Cl	mg/l	18	10	22
SO ₄	mg/l	18	15	21

De resultat som finns för brunnarna 203 och 210 motsvarar i stort SGU 9901 och källa 220 i söder. Analysen från brunn 204 uppvisar dock ett betydligt mer välbuffrat och jonstarkt vatten. Även i vattenproven från det norra täktområdet är alkaliniteten hög liksom kalciumhalten. Resultaten antyder att det finns något ursprungligt eller i tåkten tillfört kalkhaltigt jordmaterial som påverkar grundvattnets sammansättning. En kombination av skälen för förekomsten av kalkhaltig jord är också tänkbar.

Sammanfattningsvis kan sägas att för grundvatten i Ellesboavlagringen, som har liten kontakt med siltiga eller leriga sediment eller saknar sådan, är alkaliniteten, totalhårdheten samt klorid- och sulfathalterna av storleksordning 15–20 mg/l. Analysresultaten från SGU 9905 och brunn 205 beskriver vattenkvaliteten utmed avlagringens norra och nordvästra begränsning. Vattenanalysen från SGU 9905 kan ge en fingervisning om grundvattnets kemiska sammansättning vid eventuell konstgjord grundvattenbildning i den norra tåkten. Det ingår inga analyser av tungmetaller och organiska ämnen i undersökningen i Ellesbo.

Tabell 17. Resultat av analys på grundvattenprover från inventering i Ellesbo. LOL 1480 220 är en källa, övriga är grävda brunnar. I texten används en förenklad benämning, brunn 204 istället för LOL 1480 204, etc.

		LOL 1480 204	LOL 1480 205	LOL 1480 220	LOL 1480 228
		Ellesbo	Ellesbo	Ellesbo	Ellesbo
x		6418951	6419180	6417494	6417460
y		1273950	1274185	1273661	1273905
Datum		1999-11-10	1999-11-10	1999-11-11	1999-11-10
Färgtal		50	10	90	5
Konduktivitet 25°	mS/m	27	20	18	35
pH		8,2	7,9	6,6	8,2
Alkalinitet	mg/l	107	59	19	102
Totalhårdhet, Ca+Mg	mg/l	44	23	17	26
Totalhårdhet	°dH	6,1	3,2	2,4	3,7
Ca	mg/l	41	20	11	18
Mg	mg/l	1,5	1,8	3,8	5,0
Na	mg/l	9,9	15	17	42
K	mg/l	<5	<5	<5	<5
Fe	mg/l	0,23	0,80	0,86	0,28
Mn	mg/l	0,16	0,05	0,03	0,17
Al	mg/l	0,20	0,13	1,1	0,05
Cu	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Si	mg/l	6,1	6,1	10	6,1
NH ₄ -N	mg/l	0,24	0,03	0,04	0,18
NO ₂ -N	mg/l	<0,002	0,002	0,014	0,003
NO ₃ -N	mg/l	<0,01	0,41	0,2	0,02
PO ₄ -P	mg/l	0,005	0,176	0,033	0,026
F	mg/l	0,5	0,5	4,4	2,4
Cl	mg/l	11	11	37	29
SO ₄	mg/l	21	12	53	22

Tabell 18. Resultat av analys på grundvattenprover från brunnsinventering i Ellesbo med reducerat analysprogram.

		LOL 1480 201	LOL 1480 203	LOL 1480 210	LOL 1480 221	LOL 1480 225
		Ellesbo	Ellesbo	Ellesbo	Ellesbo	Ellesbo
x		6418740	6418470	6418950	6417196	6416710
y		1274020	1273380	1273665	1273626	1273840
Datum		1999-11-10	1999-11-10	1999-11-10	1999-11-11	1999-11-11
pH		8,0	6,4	6,6	6,7	8,0
Alkalinitet (HCO ₃)	mg/l	212	21	18	37	128
Cl	mg/l	25	22	7,6	56	63
SO ₄	mg/l	53	46	23	66	74

Resultat – källor

Det finns ett fåtal källor i Göteborgs kommun och tre av dessa har provtagits (tabell 19). Ingebäckskällan, som också kallas Brynekällan, ligger ett par kilometer söder om Ellesbo. Den har sitt tillflöde från söder och väster vid Ingebäck. I tillrinningsområdet finns berg, morän, isälvs- och svallsediment och vid själva källan lera. Den kemiska sammansättningen representerar väl ett grundvatten i en omväxlande jordartsgeologisk miljö med inte alltför lång uppehållstid hos grundvattnet.

S:t Olofs källa ligger vid Bönered på Hisingen. Tillrinningsområdet i söder består av ett område med främst berg i dagen inom vilket också Göteborgsmoränen sträcker sig. Flödet från källan är idag mycket litet. Grundvattnet kännetecknas kemiskt av hög alkalinitet och hög kalcium- och magnesiumhalt.

Från Delsjöskällan invid Delsjökolonin hämtar många privatpersoner dricksvatten. Grundvattnet bildas huvudsakligen i öster inom ett avsnitt av Göteborgsmoränen samt i anslutande hållområden. Sammansättningen av det grundvatten som togs i november 1999 är representativ för den genomsnittliga sammansättningen under 1990-talet (tabell 19). Grundvattnet är relativt jonsvagt. Viss förhöjd nitrathalt föreligger.

Den mest kända källan i Göteborg är Kallebäckskälla eller Gustav IIIs källa. Den har regelbundet provtagits av Göteborgs kommun (tabell 20). Från Kallebäcksområdet ingår i samma tabell resultat av analys av vatten från magasinet vid Gundla mosse (se fig. 22). Analyserna från Kallebäckskälla visar på tidsmässiga variationer som är ganska stora. Genomsnittligt är vattenkvaliteten för angivna parametrar ganska lika i Kallebäckskälla och Gundla mosse. Alkaliniteten är av storleksordningen 40–70 mg/l och pH oftast i intervallet 6,5–7,0. Sulfat- och kloridhalter kring 30 mg/l motsvarar genomsnittsvärden för grundvatten i jord i kommunen.

Tabell 19. Resultat av analys av grundvattenprover från källor. För Delsjöskällan anges inom parentens medianvärden för tio årliga mätningar under 1990-talet utförda av Göteborgs kommun.

		Ingebäckskällan Ingebäck/Kärre	S:t Olofs källa Bönered/Kärre	Delsjöskällan Delsjökolonin, Örgryte
X		6415450	6412600	6403250
Y		1273800	1271710	1275150
Datum		1999-11-11	1999-11-11	1999-11-11
Färgtal		30	<5	<5 (<5)
Konduktivitet 25°	mS/m	31	54	19 (22)
pH		6,7	6,7	6,6 (6,2)
Alkalinitet (HCO ₃)	mg/l	53	221	36 (34)
Totalhårdhet, Ca+Mg	mg/l	34	81	20 (23)
Totalhårdhet	°dH	4,7	11,3	2,8
Ca	mg/l	20	59	15 (16)
Mg	mg/l	8,3	13	3,1 (3,7)
Na	mg/l	22	39	13 (19)
K	mg/l	7,8	2,6	3,5 (3,6)
Fe	mg/l	1,5	<0,02	<0,02 (<0,02)
Mn	mg/l	0,03	<0,01	0,03 (0,06)
Al	mg/l	0,64	<0,01	0,09 (0,14)
Cu	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02 (0,02)
Si	mg/l	9,9	5,8	4,9
NH ₄ -N	mg/l	0,32	0,02	0,01 (0,01)
NO ₂ -N	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002 (0,002)
NO ₃ -N	mg/l	2,5	0,67	2,8 (2,8)
PO ₄ -P	mg/l	0,032	<0,005	<0,005 (0,02)
F	mg/l	0,3	0,2	0,4 (0,13)
Cl	mg/l	47	49	22 (26)
SO ₄	mg/l	37	62	19 (20)

Tabell 20. Exempel på analyser från grundvattenmagasin i Kallebäcksområdet. Från Kallebäcks källa (X = 6401550, Y = 1274280) ingår sju analystillfällen. Från Gundla mosse anges median, min- och maxvärden för 15 analyser tagna under 1980- och 1990-talen från sju observationspunkter.

	pH	Alkalinitet (HCO ₃) (mg/l)	Totalhårdhet (Ca+Mg) (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Konduktivitet (mS/m)
Kallebäcks källa							
Datum							
1990-10-02	6,1	71	37	51	34	8,0	38
1991-06-24	6,4	68	34	41	34		36
1992-05-12	6,5	66	25	35	22	1,7	22
1993-06-01	6,5	48	28			2,0	25
1994-06-16	6,5	40	27				25
1995-06-28	6,2	33	21	37	27	2,2	25
1996-06-04	6,7	39	24	35	21	1,9	26
Gundla Mosse							
min	6,6	21	14	21	18	0,3	16
median	7,0	50	21	26	26	0,5	24
max	7,7	68	42	64	32	4	31

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 grundläggningsarbete medför en ökad risk för förorenings-spridning till grundvattnet.

Vid utsläpp av miljöfarliga ämnen är risken för allvarliga skador på grundvattnet störst i de områden som markerats med röd färg på den underlagskarta för grundvattenskydd som framställts separat i anslutning till kartan över grundvattentillgångarna. Här kan det vara nödvändigt att agera mycket snabbt för att förhindra omfattande och kostsamma skador.

Konsekvens- och riskanalys

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

På samma sätt kan risken för att grundvattnet förorenas beskrivas som en sammanvägning av sannolikheten att en olyckshändelse verkligen inträffar och den konsekvens händelsen får (fig. 45).

Grundvattnets sårbarhet och värde framgår av underlagskartan för grundvattenskydd respektive kartan över grundvattentillgångar i Göteborgs kommun. Dessa kartor (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).

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 ett utsläpp 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 det förorenade 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 kring vattentäkterna, ett inre och ett yttre. Områdena bestäms så, att det från gränsen mellan det inre och det yttre skyddsområdet ska ta mellan 60 och 100 dygn för grundvattnet att nå vattentäkten. Från det yttre områdets yttergräns ska transporttiden vara minst ett år. Helst ska det yttre skyddsområdet omfatta hela tillrinningsområdet till en grundvattentäkt. Hur stora områdena blir när det gäller brunnar i jord beror huvudsakligen på grundvattenmagasinens och jordlagrens sammansättning och utbredning samt avståndet till grundvattendelare. För bergborrade brunnar måste hänsyn tas till t.ex. berggrundens spricksystem och täckande jordlager när skyddsområdesgränserna bestäms.

Inom skyddsområdena gäller regler för vilken typ av verksamhet som får förekomma respektive är förbjuden. Kraven är naturligtvis strängare för den inre zonen än för den yttre. Skyddsområdesbestämmelserna utfärdas av länsstyrelserna.

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

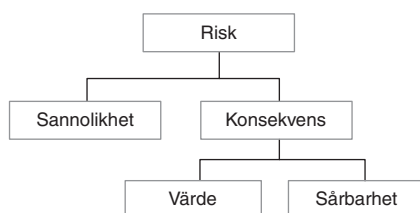


Fig. 45. Risk- och konsekvensanalys.

I ett akut läge kan man inledningsvis utgå från grundvattnets markerade strömningsriktning. I vissa fall kan det dock vara nödvändigt att känna till strömningsriktningen mer i detalj. Detta gäller t.ex. i närheten av grundvattentäkt, vilka kan påverka strömningsriktningen olika mycket beroende bl.a. på hur stora uttagen är. Man får emellertid räkna med att grundvattnet intill en brunn alltid strömmar mot brunnen. Då detta kan sägas gälla generellt har det inte markerats på kartorna. Detta innebär naturligtvis att man i allmänhet bör stoppa grundvattenuttagen i alla brunnar intill ett utsläpp av skadliga ämnen, och som skyddsåtgärd anlägga en saneringsbrunn eller motsvarande.

METODBESKRIVNINGAR

Seismik

Grundläggande principer

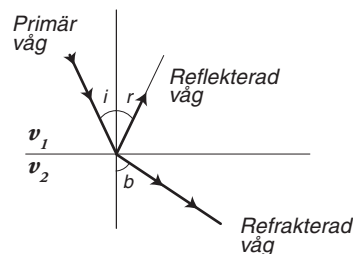
Den metod som används vid grundvattenundersökningar kallas refraktionsseismik. Det är en geofysisk mätmetod som baseras på elastiska vågors utbredning i marken. Vågornas utbredningshastighet skiljer sig mellan olika jord- och bergarter vilket gör det möjligt att beräkna lagermäktigheter och bedöma vissa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

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

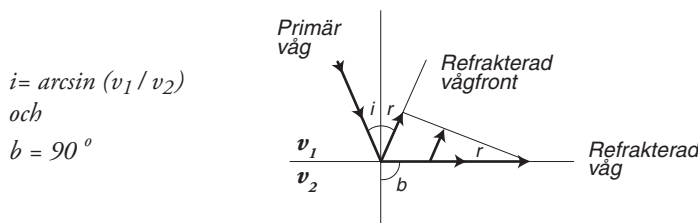
$i = r$ infallsvinkel resp. reflektionsvinkel

b brytningsvinkel

v_1, v_2 vågens utbredningshastighet i skikt 1 resp. 2



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



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

och

$$b = 90^\circ$$

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

Genom denna mekanism bryts vågor tillbaka mot markytan där tiden för deras ankomst kan registreras. Ankomsttider för refrakterade vågor står i bestämd relation till skiktjäktigheter 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 2 800 m/s i vattenmättad, hårt packad morän. De sedimentära bergarterna har hastigheter från ca 3 000 m/s och upp emot 6 000 m/s. I urberget är hastigheten vanligen 5 000–6 000 m/s, men kan i basiska bergarter nå 7 000 m/s (fig. 46). Dessa förhållandevis enkla fysikaliska förhållanden har medfört att refraktionsseismiken oftast ger goda undersökningsresultat.

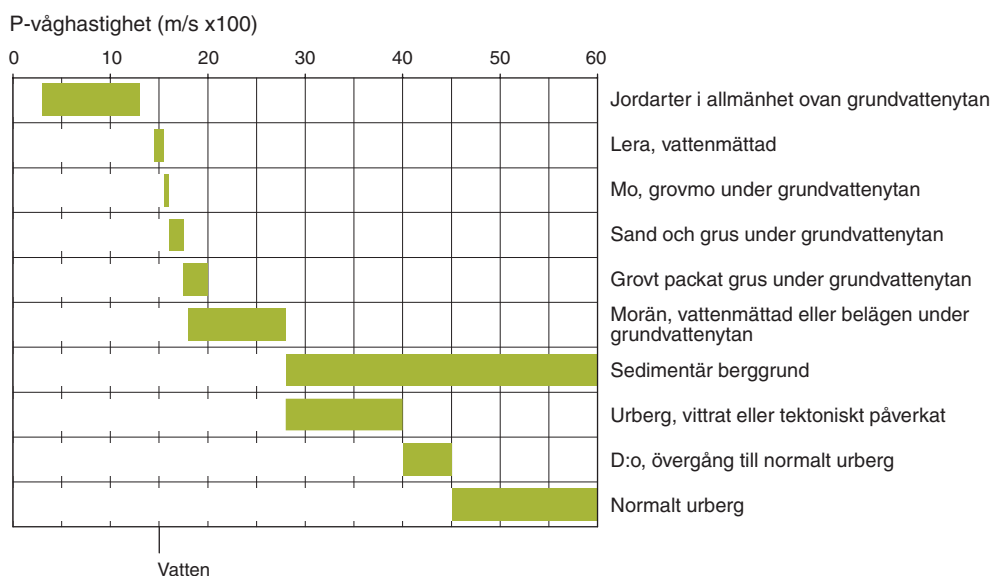


Fig. 46. Seismiska hastigheter i olika jord- och bergarter. Begreppet tektoniskt påverkat urberg avser i första hand sprickzoner, vilka vanligen är mer vattenförande än omgivande berggrund.

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 femtiotalet utvecklade empiriska metoder för att bestämma malmklassfördelningar.

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

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

C_{ij} är covariansen mellan i och j .

0 är punkten vars värde ska beräknas

w är vikten

Vid interpolering med kriging används inte punkter utanför det område man definierar (range). För att bestämma vilka punkter och på vilket sätt de påverkar en punkt (x_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 47 visar ett exempel på ett variogram, man ser att variansen ökar med avståndet. Därefter an-

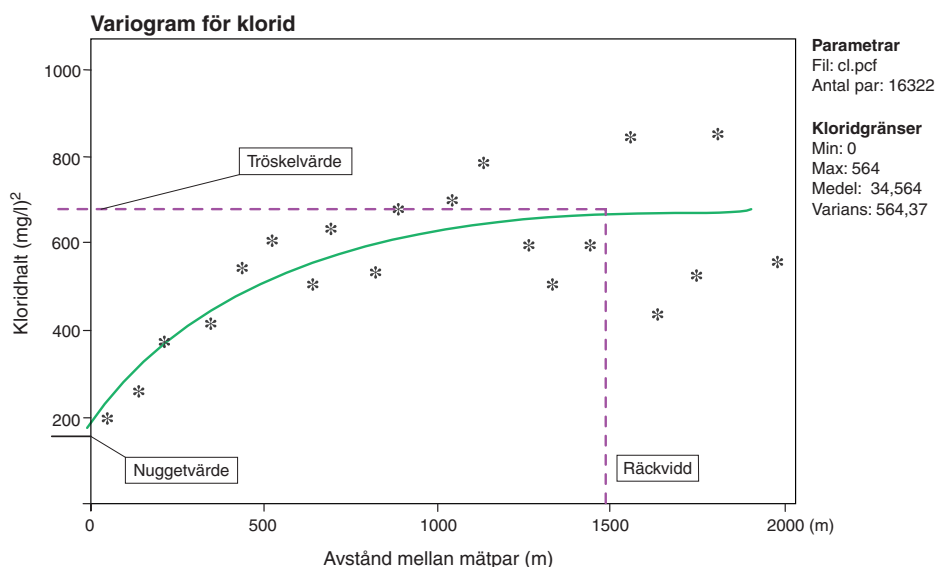


Fig. 47. Exempel på variogramanalys, här är variansen på kloridhalten plottad mot avståndet.

passar man en analytisk variogramfunktion som används för att beräkna krigingvikterna. Efter att ha kommit fram till ett variogram som passar med sina data kan man beräkna krigingvikterna.

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

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

Särskilt viktigt är att tröskelvärde 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 av mätdata. Möjlig synergieffekt mellan mätdata beror på avståndet mellan dem och på den rumsliga kontinuiteten. En mätning av grundvattenytan från två brunnar med 10 meters avstånd skiljer sig mindre än t.ex. sulfatkoncentrationen i samma brunnar. Faktumet att grundvattenytan har en högre rumslig kontinuitet kommer att påverka utseendet på variogrammet. Kriging tar därför hänsyn till två viktiga aspekter när man interpolerar, nämligen avstånd och den rumsliga fördelningen.

DOKUMENTATION AV FÄLTARBETEN

Förutom följande dokumentation finns geofysiska mätningar, borrhningar och vattenanalyser fullständigt dokumenterade som databaser.

Geofysiska mätningar

I projektet har fem seismiska undersökningar utförts. Dessa redovisas i tabell 21.

Tabell 21. Lägeskoordinater (x, y) i rikets nät för de seismiska undersökningarna vid Ellesbo och Hjällbo.

Profil	x start	y start	x slut	y slut	Plats
S1-99	6418632	1273804	6418780	1273980	Ellesbo
S2-99	6417588	1273359	6417472	1273667	Ellesbo
S3-99	6418190	1273550	6418427	1273944	Ellesbo
S4-99	6418941	1274145	6419083	1274326	Ellesbo
S5-99	6410779	1275025	6410772	1275154	Hjällbo

Borrhningar

I tabell 22 redovisas de rödrivningar och sonderande borrhningar som utförts av SGU i projektet inom Göteborgs kommun. Samtliga är utförda i Ellesbo. Från observationsrör SGU 9901–9903 samt SGU 9904 har även vattenprov analyserats.

Tabell 22. Borrhningar i Ellesbo. Spetsar är observationsrör för mätning av grundvattennivåer. R.ö.k. = röroverkant uppmätt i rikets höjdsystem 1990 (RH90). Djup till innebär djupet från markytan till registerad undre del på det lager som anges.

Observationsplats	X	Y	Obstyp	R.ö.k. (m ö.h.)	Lager nr	Jordart	Djup till (m)
SGU 9901	6417479	1273623	spets	42,00	1	lera	4,0
					2	mellansand	8,0
SGU 9902	6418250	1273770	spets	59,45	1	lera	4,5
					2	sand	8,7
SGU 9903	6418680	1273910	spets	35,85	1	utfyllnad – grus, sand	2,7
					2	sand	3,7

Observationsplats	X	Y	Obstyp	R.ö.k. (m ö.h.)	Lager nr	Jordart	Djup till (m)
SGU 9904	6418740	1274050	spets	33,15	1	utfyllnad – silt, finsand, lera	6,3
					2	silt	13,7
SGU 9905	6418720	1274210	spets	14,10	1	sand, inslag av silt	10,5
400 m VSV Rönnäng Uppegården	6417510	1273570	sondering		1	sandig morän	4,5
250 m SO Telemast Kockhed	6417567	1273415	sondering		1	sandig morän	3,6
Halleröd väggors	6418315	1273572	sondering		1	sandig morän	4,3

Inventering av brunnar och observationsrör

Inventeringen har omfattat brunnar i Ellesbo samt observationsrör i tätbebyggda delar av kommunen och redovisas i tabell 23. Information om metodik samt resultat finns i avsnitten Kartläggning av grundvattentillgångar och Grundvattentillgångar i jordlager.

Tabell 23. Inventering av brunnar och observationsrör. Djup avser djupet under markytan. R.ö.k. = rör- eller brunnsöverkant i meter över havet (RH90, rikets höjdsystem 1990). Om nivåer uppmätts vid flera tillfällen anges dessa efter mätdatum som (1) vid första tillfället, (2) vid andra osv. Nivå = grundvattenytans nivå i meter över havet och * anger att nivå = r.ö.k. för de rörbrunnar och observationsrör där trycknivån ligger över r.ö.k. och artesiskt vatten flödar ur rören. Djupangivelserna för Gatubolagens rör 1672, 1678, 1679 och 1758 (LOL 1480 286–289) är osäkra.

Beteckning SGU	Lokalt namn	x	y	Obstyp	Djup (m)	R.ö.k. (m ö.h.)	Mätdatum	Nivå (m ö.h.)
LOL 1480 200	Rönning 5:1	6417040	1273625	schaktbrunn	2,8	17,57	1999-07-02	15,87
LOL 1480 201	Ellesbo norra grustag	6418740	1274020	schaktbrunn	2,6	31,99	1999-07-05 (1)	29,69
							1999-08-11 (2)	29,56
							1999-11-10 (3)	29,49
LOL 1480 202	Halleröd 1:18	6418430	1273430	schaktbrunn	4,7	76,28	1999-08-09	72,78
LOL 1480 203	Halleröd 1:13	6418470	1273380	schaktbrunn	4,6	73,32	1999-08-09 (1)	71,02
							1999-11-10 (2)	70,78
LOL 1480 204	Ellesbo 2:20	6418951	1273950	schaktbrunn	6,5	52,82	1999-07-02 (1)	51,67
							1999-08-02 (2)	49,62
							1999-11-10 (3)	48,75
LOL 1480 205	Rösbo 1:11	6419180	1274185	schaktbrunn	4,2	16,84	1999-07-05 (1)	14,74
							1999-08-11 (2)	14,61
							1999-11-10 (3)	14,66
LOL 1480 206	Rösbo 1:20	6419240	1274205	schaktbrunn	3,5	13,36	1999-07-05 (1)	11,76
							1999-08-11 (2)	10,71
LOL 1480 207	Rösbo 1:20	6419260	1274230	schaktbrunn	3,6	11,58	1999-07-05 (1)	9,78
							1999-08-11 (2)	9,32
LOL 1480 208	Rösbo 1:17	6419345	1274295	schaktbrunn	3,7	9,3	1999-08-11	7,25
LOL 1480 209	Lunna 1:5	6419065	1273650	schaktbrunn	2,8	58,85	1999-08-11	56,76
LOL 1480 210	Maggered 1:2	6418950	1273665	schaktbrunn	3,1	55,56	1999-08-11 (1)	53,66
							1999-11-10 (2)	53,38
LOL 1480 211	Maggered 1:4	6418960	1273480	schaktbrunn	4	56,21	1999-08-11	55,59
LOL 1480 212	Hög 1:13	6418900	1273595	schaktbrunn	3	57,82	1999-08-11	55,58
LOL 1480 213	Hög 1:15	6418765	1273530	schaktbrunn	4,5	77,87	1999-07-05	76,12
LOL 1480 214	Hög 1:26	6418490	1273980	schaktbrunn	4,5	38,35	1999-08-11	35,85
LOL 1480 215	Ellesbo 1:5	6418385	1274160	rörbrunn		5,99	1999-07-05	5,99*
LOL 1480 216	Ellesbo 1:11	6418305	1274125	rörbrunn		6,2	1999-07-05	6,20*
LOL 1480 217	Halleröd 1:42	6418040	1273800	schaktbrunn	3,2	54,34	1999-08-11	52,04
LOL 1480 218	Ellesbo 2:21	6417900	1274055	schaktbrunn	3,6	23,37	1999-07-05 (1)	21,87
							1999-08-11 (2)	20,02
LOL 1480 219	Rönning 3:7	6417455	1273900	schaktbrunn	3,8	7,34	1999-07-05 (1)	6,54
							1999-08-11 (2)	6,51

Beteckning SGU	Lokalt namn	x	y	Obstyp	Djup (m)	R.ö.k. (m ö.h.)	Mätdatum	Nivå (m ö.h.)
LOL 1480 220	Rönning 3:8	6417494	1273661	källa		35,73	1999-07-05 (1) 1999-11-10 (2)	35,73 35,73
LOL 1480 221	Rönning 1:3	6417196	1273626	källa		18,97	1999-07-05 (1) 1999-11-10 (2)	18,97 18,97
LOL 1480 223	Rönning 4:2	6417350	1273855	schaktbrunn	7,8	7,41	1999-07-05 (1) 1999-08-11 (2)	5,91 6,11
LOL 1480 224	Rönning 2:2	6416935	1273650	schaktbrunn	2,6	14,42	1999-08-11	13,3
LOL 1480 225	Rönning 2:4	6416715	1273820	rörbrunn		8,37	1999-07-05 (1) 1999-11-10 (2)	8,37* 8,37*
LOL 1480 226	Rönning 2:5	6416610	1273795	schaktbrunn	5,2	17,37	1999-07-05 (1) 1999-08-11 (2)	16,07 14,98
LOL 1480 227	Rönning 2:5	6416630	1273905	schaktbrunn	3,2	6,43	1999-07-05 (1) 1999-08-11 (2)	5,93 5,95
LOL 1480 228	Rönning 15:17	6417460	1273905	schaktbrunn	2,8	5,56	1999-11-10	4,86
LOL 1480 229	Gatubolaget rör 11	6398650	1265546	spets	11,5	13,93	1999-10-28	12,61
LOL 1480 230	Gatubolaget rör 18	6398515	1265674	spets	21,3	14,08	1999-10-13	12,46
LOL 1480 231	Gatubolaget rör 71	6397318	1268619	spets	9,7	3,83	1999-11-17	3,75
LOL 1480 232	Gatubolaget rör 77	6396675	1269484	spets	5,7	36,06	1999-11-19	31,95
LOL 1480 233	Gatubolaget rör 79	6396349	1268763	spets	17,5	9,25	1999-11-23	8,3
LOL 1480 234	Gatubolaget rör 83	6396197	1268999	spets	22	8,11	1999-11-23	7,71
LOL 1480 235	Gatubolaget rör 99	6399444	1269004	spets	21,8	15,73	1999-11-04	14,96
LOL 1480 236	Gatubolaget rör 124	6409702	1271596	spets	7,5	35,36	1999-11-04	30,33
LOL 1480 237	Gatubolaget rör 133	6401904	1267683	spets	5	34,63	1999-10-14	30,79
LOL 1480 238	Gatubolaget rör 152	6402326	1268516	spets	4,3	16,65	1999-10-04	14,65
LOL 1480 239	Gatubolaget rör 162	6402124	1267978	spets	8,5	23,88	1999-10-12	18,3
LOL 1480 240	Gatubolaget rör 194	6404652	1267223	spets	7,9	20,2	1999-11-23	16,92
LOL 1480 241	Gatubolaget rör 203	6404400	1267406	spets	3,4	12,75	1999-10-10	10,64
LOL 1480 242	Gatubolaget rör 214	6404018	1267241	spets	12,9	13,26	1999-10-27	12,19
LOL 1480 243	Gatubolaget rör 225	6404818	1268364	spets	19,1	9,85	1999-10-14	5,43
LOL 1480 244	Gatubolaget rör 262	6408456	1267674	spets	5,8	29	1999-10-14	27,19
LOL 1480 245	Gatubolaget rör 465	6403786	1271501	spets	14,6	7,48	1999-11-10	4,66
LOL 1480 246	Gatubolaget rör 477	6403627	1271179	spets	11,2	7,83	1999-11-10	5,74
LOL 1480 247	Gatubolaget rör 485	6403294	1271737	spets	4,6	22,29	1999-11-10	20,72
LOL 1480 248	Gatubolaget rör 514	6403576	1271630	spets	11,7	13,42	1999-10-22	8,48
LOL 1480 249	Gatubolaget rör 562	6405601	1272772	spets	4,8	2,14	1999-10-14	0,3
LOL 1480 250	Gatubolaget rör 589	6413329	1271505	spets	10	32	1999-10-26	23,9
LOL 1480 251	Gatubolaget rör 591	6413048	1271445	spets	10,5	29,06	1999-10-26	24,1
LOL 1480 252	Gatubolaget rör 593	6412672	1271380	spets	5,8	50,44	1999-10-15	45,54
LOL 1480 253	Gatubolaget rör 617	6417824	1272468	spets	4,3	57,95	1999-07-26	56,06
LOL 1480 254	Gatubolaget rör 624	6420698	1273223	spets	12,2	40,2	1999-10-15	37,92
LOL 1480 255	Gatubolaget rör 680	6404753	1274761	spets	9	28,74	1999-10-13	24,06
LOL 1480 256	Gatubolaget rör 745	6405415	1274630	spets	18,4	28,44	1999-10-13	23,61
LOL 1480 257	Gatubolaget rör 763	6405252	1274384	spets	14,3	27,68	1999-11-19	24,26
LOL 1480 258	Gatubolaget rör 768	6405143	1274554	spets	21,9	27,13	1999-11-19	24,56
LOL 1480 259	Gatubolaget rör 843	6408250	1271613	spets	7,8	31,73	1999-10-28	30,82
LOL 1480 260	Gatubolaget rör 990	6411833	1272714	spets	7,8	28,23	1999-10-26	25,67
LOL 1480 261	Gatubolaget rör 1021	6413421	1273604	spets	46,1	7,5	1999-10-15	7,49
LOL 1480 262	Gatubolaget rör 1027	6409046	1272469	spets	8,3	21,3	1999-10-26	17,74
LOL 1480 263	Gatubolaget rör 1044	6403524	1272277	spets	24,4	6,09	1999-11-10	3,61
LOL 1480 264	Gatubolaget rör 1212	6402462	1273520	spets	23,8	10,09	1999-10-12	10,03
LOL 1480 265	Gatubolaget rör 1226	6401571	1274289	spets	3,5	65,4	1999-11-19	64,13
LOL 1480 266	Gatubolaget rör 1227	6401507	1274445	spets	25,6	75,43	1999-10-12	66,86
LOL 1480 267	Gatubolaget rör 1228	6401509	1274557	spets	18	79,01	1999-11-04	67,56
LOL 1480 268	Gatubolaget rör 1239	6400987	1274659	spets	19,6	81,9	1999-11-04	72,4
LOL 1480 269	Gatubolaget rör 1292	6413951	1278405	spets	24,5	28,13	1999-10-15	28,13*
LOL 1480 270	Gatubolaget rör 1366	6398718	1269452	spets	12,5	16,79	1999-11-04	12,49
LOL 1480 271	Gatubolaget rör 1439	6413615	1275584	spets	10,5	52,2	1999-11-04	44,35
LOL 1480 272	Gatubolaget rör 1441	6413569	1275521	spets	13,5	50,33	1999-11-19	39,63
LOL 1480 273	Gatubolaget rör 1457	6398500	1268820	spets		14,2	1999-11-04	11,96

Beteckning SGU	Lokalt namn	x	y	Obstyp	Djup (m)	R.ö.k. (m ö.h.)	Mätdatum	Nivå (m ö.h.)
LOL 1480 274	Gatubolaget rör 1496	6412649	1277627	spets	29,4	35,52	1999-10-26	28,02
LOL 1480 275	Gatubolaget rör 1503	6405883	1268436	spets	17	21,18	1999-10-27	18,07
LOL 1480 276	Gatubolaget rör 1536	6412090	1277703	spets	19,2	38,95	1999-11-19	25,51
LOL 1480 277	Gatubolaget rör 1552	6414214	1282080	spets	8,6	39,25	1999-11-19	39,2
LOL 1480 278	Gatubolaget rör 1554	6414202	1282190	spets	20,8	48,38	1999-11-19	40,37
LOL 1480 279	Gatubolaget rör 1558	6414432	1282377	spets	17	55,58	1999-11-19	39,78
LOL 1480 280	Gatubolaget rör 1566	6392939	1268398	spets	10	16,05	1999-11-17	14,84
LOL 1480 281	Gatubolaget rör 1567	6392708	1268509	spets	13,8	14,14	1999-11-17	13,54
LOL 1480 282	Gatubolaget rör 1572	6408145	1276391	spets	8,5	25,4	1999-11-19	23,36
LOL 1480 283	Gatubolaget rör 1603	6403467	1272107	spets	3	8,32	1999-10-22	6,92
LOL 1480 284	Gatubolaget rör 1626	6410910	1275144	spets	8	30,21	1999-11-19	26,47
LOL 1480 285	Gatubolaget rör 1655	6406953	1274845	spets	4,8	9,63	1999-11-19	7,11
LOL 1480 286	Gatubolaget rör 1672	6415101	1268913	spets	11,2	14,38	1999-07-26	11,43
LOL 1480 287	Gatubolaget rör 1678	6403470	1274461	spets	22,6	24,98	1999-11-19	23,38
LOL 1480 288	Gatubolaget rör 1679	6403471	1274484	spets	4,4	30,73	1999-11-19	27,28
LOL 1480 289	Gatubolaget rör 1758	6407017	1267475	spets	9,9	32,44	1999-07-26	27,78
LOL 1480 290	Gatubolaget rör 1760	6406209	1267979	spets	11,7	28,66	1999-10-27	25,38
LOL 1480 291	Gatubolaget rör 1867	6405196	1267462	spets	17	19,08	1999-10-27	15,04
LOL 1480 292	Gatubolaget rör 1871	6405000	1267732	spets	7,2	16,87	1999-10-27	11,93
LOL 1480 293	Gatubolaget rör 1885	6405399	1267872	spets	12	23,01	1999-10-27	14,51
LOL 1480 294	Brunn 1	6408600	1262210	schaktbrunn	4,1	7,5	1999-10-26	7,5
LOL 1480 295	Brunn 2	6408370	1262350	schaktbrunn	5,5	4	1999-10-26	4
LOL 1480 296	Brunn 3	6413200	1278140	schaktbrunn	6,6	44,5	1999-10-26	44,3

Mätserier över grundvattnets trycknivå

Inför fältarbetet skedde en genomgång av vilka observationsrör i Gatubolagets material som det finns längre mätserier för. Dessutom ansågs det intressant att sammanställa och i denna rapport redovisa några diagram från olika delar av Göteborgs kommun. I tabell 24 finns uppgift om grundvattenrör för vilka mer än 10 års mätserier föreligger och samtidigt finns digitalt lagrade.

I tabellen markeras också för vilka rör som diagram tagits fram i denna undersökning och vilka som valts att redovisas i avsnittet Grundvattentillgångar i jordlager vid beskrivningen av grundvattentillgångar i jord.

Det är av intresse att bedöma hur representativa de uppmätta nivåerna hösten 1999 är för respektive observationsrör. För 39 av de inventerade observationsrören finns mätserier på grundvattnets trycknivå som är 10 år eller längre. I figur 48 redovisas de utförda mätningarna mot medelvärdena för mätserierna.

Tabell 24. Observationsrör hos Gatubolaget för vilka mätserier fanns inlagrade digitalt 2000-01-01. Endast observationsrör med 10 års eller längre mätserier (t.o.m. 1999) ingår. De diagram som finns i kapitel 2.4 visar på omfattningen av antalet mätningar per år.

Förklaringar till tabellen: Z är markytans nivå. R.ö.k. = rör- eller brunnsöverkant i meter över havet (RH90, rikets höjdsystem 1990). Trycknivå medel är medelvärdet för grundvattnets trycknivå för de mätningar som utförts under angiven mätperiod. Markering med X i kolumnen för diagram innebär att de digitala nivåmätningarna bearbetats i denna undersökning och diagram tagits fram. XX innebär att dessa diagram ingår i den tidigare resultatredovisningen.

Rör nr	Mätperiod	X	Y	Z markyta (m ö.h.)	R.ö.k. (m ö.h.)	Trycknivå medel (m ö.h.)	Total rörlängd (m)	Diagram
18	1976–1999	6398515	1265674	13,18	14,08	12,64	22,2	
32	1976–1999	6398231	1265771	12,68	14,08	12,03	9,5	
36	1972–1999	6401420	1265756	16,76	17,3	16,14	14,1	
40	1972–1999	6401943	1266534	20,45	21,61	19,37	1900-01-04	
41	1972–1999	6401884	1266680	31,52	31,63	18,69	60,1	
44	1972–1999	6401586	1266767	26,35	27,15	24,76	12	
77	1974–1999	6396675	1269483	35,16	36,06	31,99	6,6	xx
79	1974–1999	6396349	1268763	8,5	9,25	7,96	18,2	xx

Rör nr	Mätperiod	X	Y	Z markyta (m ö.h.)	R.ö.k. (m ö.h.)	Trycknivå medel (m ö.h.)	Total rörlängd (m)	Diagram
83	1974–1999	6396197	1268999	7,17	8,11	7,21	23	xx
107	1973–1999	6398848	1268062	28,02	28,87	25,43	15	
113	1973–1999	6398533	1268475	13,51	13,4	10,69	9	
116	1973–1999	6398288	1267835	18,74	19,17	18,14	25	
118	1973–1999	6398302	1268329	20,43	20,63	16,79	33	
122	1977–1998	6402688	1267462	8,55	8,99	0,36	23,1	x
124	1969–1997	6409702	1271596	34,82	35,36	30,35	8	
125	1969–1987	6409506	1271452	36,55	37,32		9,2	
126	1969–1987	6409609	1271937	27,5	27,67		19,5	
127	1972–1999	6402292	1267482	33,67	34,4	24,45	1900-01-15	x
129	1972–1999	6401972	1267637	33,28	33,23	27,06	1900-01-13	x
130	1972–1999	6401984	1267661	33,63	33,61	29,79	7,4	x
133	1972–1999	6401904	1267683	34,66	34,63	30,9	5	xx
141	1977–1999	6402517	1268821	24,92	25,22	18,46	1900-01-21	
144	1977–1999	6402442	1268418	15,54	16,61	12,26	1900-01-07	xx
146	1970–1999	6402332	1268843	17,48	18,12	16,9	1900-01-16	x
148	1972–1999	6402401	1268440	15,62	15,6	12,72	1900-01-16	x
152	1972–1999	6402326	1268515	16,66	16,65	14,52	1900-01-04	x
154	1971–1999	6402330	1268612	16,58	16,57	15,5	1900-01-17	x
156	1972–1993	6401968	1267616	32,78	32,73		1900-01-03	x
160	1972–1999	6402276	1268221	13,64	13,62	8,91	39,4	x
162	1977–1999	6402124	1267978	22,35	23,88	18,26	10	x
164	1977–1999	6402191	1268094	16,23	16,22	13,19	64,3	x
167	1977–1999	6402174	1268253	14,87	16,1	13,24	6	xx
168	1971–1999	6402107	1268300	17,01	17	14,39	11,1	
169	1972–1999	6402224	1268521	18,93	19,33	15,09	39,4	xx
171	1972–1995	6402187	1268639	17,57	17,55	16,01	7,8	x
173	1972–1996	6402091	1268542	22,84	22,77	17,64	17,3	x
174	1972–1999	6402064	1268689	17,51	17,49	16,71	15,4	
184	1973–1999	6400512	1269040	16,91	16,85	15,88	23,6	
186	1971–1999	6401295	1269827	22,69	23,77	20,39	1900-01-06	
193	1971–1999	6400823	1269906	59,02	59,02	54,72	49	x
194	1972–1994	6404652	1267223	19,26	20,2		8,8	x
203	1972–1994	6404400	1267406	12	12,75		4	x
214	1972–1997	6404018	1267241	12,45	13,26	12,17	1900-01-13	x
215	1972–1986	6404026	1267332	13,63	14,58		1900-01-16	x
217	1970–1999	6403631	1267211	11,07	12,02	9,13	1900-01-11	x
218	1972–1999	6403528	1267254	9,54	9,21	6,48	1900-01-10	x
225	1972–1994	6404818	1268364	9,2	9,85		1900-01-19	x
235	1972–1999	6403081	1268282	9,32	9,31	7,48	1900-01-05	x
244	1972–1999	6403239	1269315	21,11	22,01	13,72	1900-01-19	x
246	1972–1999	6403020	1268953	20	20,3	17,16	1900-01-19	
247	1972–1999	6402919	1268992	21,49	22,69	16,85	1900-01-19	
249	1972–1999	6402832	1268997	26,49	26,47	23,91	1900-01-07	
250	1972–1999	6402846	1269068	29,36	29,75	26,82	1900-01-06	
252	1968–1999	6403468	1270119	6,03	5,89	4,2	1900-01-12	
254	1968–1999	6403375	1270072	12,33	12,31	9,41	1900-01-08	
255	1972–1999	6402696	1269261	27,61	27,53	26,89	1900-01-12	x
262	1975–1997	6408458	1267674	27,85	29	26,96	1900-01-07	
265	1978–1994	6411323	1270249	7,23	8,83		1900-01-19	x
270	1978–1997	6410578	1270511	18,13	19,28	12,39	1900-01-13	
278	1974–1999	6402124	1270268	17,8	19	17,37	1900-01-24	x
285	1974–1999	6402008	1270974	53,03	53,17	47,1	1900-01-28	x
302	1971–1999	6401309	1270627	55,27	55,27	51,67	1900-01-29	
315	1971–1999	6400908	1270873	58,37	59,88	59,58	1900-01-10	
319	1971–1999	6401116	1270228	56,9	57,64	56,39	1900-01-04	
325	1971–1999	6401057	1270213	63,42	63,6	61,52	1900-02-19	
326	1971–1999	6401016	1270230	63,48	64,57	63,03	1900-01-08	
332	1974–1999	6402026	1271831	46,33	46,96	45,15	1900-01-23	

Rör nr	Mätperiod	X	Y	Z markyta (m ö.h.)	R.ö.k. (m ö.h.)	Trycknivå medel (m ö.h.)	Total rörlängd (m)	Diagram
333	1974–1999	6401787	1272055	50,33	51,23	48,08	1900-01-29	
352	1968–1996	6404077	1270814	11,13	11,49	7,95	1900-01-12	
362	1971–1996	6404029	1271173	2,93	2,7	0,97	1900-02-11	
378	1972–1996	6403852	1270933	3,99	4,22	-0,7	1900-02-16	
385	1968–1996	6403796	1270638	2,03	2,77	-0,87	1900-02-07	
388	1968–1999	6403755	1270719	2,23	3,22	-1,69	1900-02-03	x
414	1978–1999	6403468	1270529	6,33	7,26	-3,84	1900-01-11	x
415	1968–1988	6403505	1270551	4,53	5,14		1900-01-27	x
416	1968–1999	6403511	1270590	4,33	5,61	-2,22	1900-02-08	x
430	1968–1999	6403369	1270224	8,63	9,66	3,93	1900-01-13	
431	1968–1999	6403364	1270282	7,63	8,23	4,39	1900-01-04	
432	1973–1996	6403333	1270257	7,43	7,36	3,94	1900-01-10	
433	1971–1999	6403290	1270288	8,43	8,32	4,13	1900-01-10	
435	1973–1999	6403227	1270292	9,73	9,58	4,75	1900-01-10	x
439	1973–1999	6403111	1270461	16,73	16,5	13,42	1900-01-16	x
441	1974–1999	6402923	1270293	12,58	13,38	12,71	1900-02-01	x
442	1974–1999	6402755	1270259	14,09	14,74	13,85	1900-01-30	x
451	1974–1999	6403165	1270874	24,16	24,44	19,99	1900-01-17	
465	1968–1999	6403786	1271501	7,13	7,48	4,36	1900-01-14	x
477	1971–1999	6403627	1271179	8,03	7,83	4,92	1900-01-11	
485	1974–1999	6403294	1271737	22,38	22,29	20,52	1900-01-04	
492	1967–1999	6403826	1272443	7,78	7,84	5,05	1900-01-05	xx
493	1967–1992	6403803	1272167	5,62	5,5	2,45	1900-01-03	x
494	1967–1999	6403773	1272197	5,33	5,16	2,53	1900-01-19	xx
588	1971–1997	6413993	1271805	45,38	46,33	29,14	1900-01-22	x
593	1971–1997	6412672	1271380	49,44	50,44	45,78	1900-01-06	x
601	1971–1997	6416868	1273080	66,83	67,83	60,87	1900-01-09	
617	1971–1997	6417824	1272468	56,95	57,95	56,19	1900-01-05	xx
624	1969–1997	6420698	1273223	39,35	40,2	38,12	1900-01-13	x
677	1968–1999	6404770	1273660	30,63	30,95	29,13	1900-01-03	x
680	1972–1999	6404753	1274761	28,13	28,74	23,16	1900-01-09	x
693	1969–1999	6406262	1275313	15,03	15,3	12,72	1900-01-15	x
700	1970–1999	6406155	1275762	24,13	24,86	19	1900-01-20	x
705	1969–1999	6406079	1275245	17,23	17,51	14,26	1900-01-10	
717	1970–1999	6405667	1275354	28,03	27,88	21,78	1900-01-16	x
721	1971–1999	6405468	1275856	43,93	44,68	39,83	1900-01-08	
733	1975–1999	6405541	1275213	29,1	29,89	24,54	1900-01-20	
744	1970–1999	6405392	1275386	33,23	33,14	30,9	1900-01-03	
745	1966–1999	6405415	1274630	28,58	28,44	21,67	1900-01-18	xx
759	1973–1997	6413023	1272497	33,6	34,4	28,99	1900-01-06	x
763	1966–1999	6405252	1274384	27,87	27,68	22,54	1900-01-14	xx
768	1970–1999	6405143	1274554	27,23	27,13	23,38	21,8	x
772	1972–1999	6404883	1275637	64,63	65,45	63,23	4,2	x
773	1973–1997	6412954	1272427	31,2	32,3	29,37	5,6	
795	1973–1997	6412502	1272655	44,98	49,08	6,99	54,2	
796	1973–1997	6412504	1272742	51,05	51,9	9,26	56	
843	1969–1997	6408250	1271613	31,58	31,73	30,6	7,9	x
889	1969–1999	6415750	1276074	64,93	65,82	64,32	6,8	
894	1969–1999	6415445	1276541	72,33	73,32	71,6	15,1	x
905	1976–1999	6414487	1276985	68,41	69,73	38,8	41,7	
940	1973–1999	6414490	1276836	66,01	67,25	62,36	11,5	x
973	1974–1999	6402915	1272376	20,5	21,88	15,97	12,8	x
975	1970–1997	6407332	1268022	29,06	29,72	24,47	8,7	
988	1969–1997	6411902	1272778	30,59	31,69	28,36	8,4	x
990	1969–1997	6411833	1272714	27,22	28,23	26,09	8,9	
991	1973–1997	6411807	1272692	29,32	29,32	26,96	6	
1001	1971–1997	6414603	1272834	21,29	24,17	23,87	22,2	x
1019	1971–1986	6413627	1272673	15,63	17,97		10	
1021	1971–1997	6413421	1273604	5,57	7,5	6,99	48	x

Rör nr	Mätperiod	X	Y	Z markyta (m ö.h.)	R.ö.k. (m ö.h.)	Trycknivå medel (m ö.h.)	Total rörlängd (m)	Diagram
1027	1972–1997	6409046	1272469	20,84	21,3	18,21	8,8	x
1028	1972–1995	6409020	1271354	41,49	42,69	30,52	23,6	
1029	1969–1987	6408913	1271352	37,51	37,74		7	
1032	1971–1987	6408722	1271743	33,03	34,23		21,3	
1033	1971–1989	6408712	1271912	28,31	28,63		5,4	
1036	1971–1979	6408599	1271486	31,63	32,99		26,4	
1037	1971–1979	6408544	1271573	30,33	31,45		24,4	
1040	1972–1984	6408260	1271709	29,85	30,26		18	
1044	1979–1999	6403524	1272277	6,3	6,09	3,31	24,2	xx
1114	1979–1999	6402704	1268020	6,13	5,98	1,44	12,5	x
1194	1980–1999	6403259	1270599	11,23	11,12	7,54	16,8	
1196	1970–1999	6403181	1270392	16,34	16,23	10,77	10,8	x
1203	1978–1997	6407912	1270826	4,23	5,28	5,07	14	
1209	1979–1997	6407291	1271043	7,49	7,98	4,96	12,4	
1212	1975–1999	6402462	1273520	8,63	10,09	9,6	25,4	x
1214	1975–1986	6402373	1273444	8,24	8,84		18	
1223	1980–1999	6402131	1273608	7,96	10,74	10,37	23,1	x
1226	1973–1999	6401571	1274289	64,5	65,4	63,6	4,4	xx
1227	1973–1999	6401507	1274445	74,96	75,43	65,33	26,1	xx
1250	1971–1980	6408498	1271665	28,53	29,77		15,2	
1255	1980–1999	6402493	1268840	24,08	24,08	18,66	19,9	
1424	1982–1999	6402100	1271329	58,31	58,6	56,99	5,4	
1425	1982–1993	6402408	1271035	54,83	55,34	51,81	5,4	
1428	1982–1999	6402191	1270901	47	47,87	45,96	16,4	
1430	1982–1999	6402835	1270749	18,18	19,37	16,88	16,4	x
1432	1982–1999	6403059	1270842	23,03	24,18	17,02	11,5	x
1433	1982–1999	6403168	1270600	13,02	14,37	1,47	36,4	
1435	1982–1999	6403291	1270563	16,69	17,98	-3,54	51,3	
1436	1982–1999	6403456	1270522	7,03	7,83	-9,56	33,1	x
1437	1981–1999	6413654	1275473	49,48	50,48	43,8	9,5	
1441	1981–1999	6413569	1275521	49,33	50,33	40,23	14,5	x
1496	1982–1999	6412649	1277627	34,46	35,52	32,31	30,5	x
1509	1982–1999	6402755	1269049	30,9	30,84	27,05	13,9	x
1510	1982–1999	6402846	1269039	28,99	29,89	25,02	14,4	
1511	1982–1999	6402938	1269289	27,44	27,96	24,28	8,4	
1512	1982–1999	6403051	1269362	28,14	29,16	23,59	11,4	
1513	1982–1999	6402880	1269341	27,7	29	25,53	18,4	
1514	1982–1999	6402696	1269261	27,61	27,51	26,74	12,7	
1517	1982–1999	6403254	1270069	17,02	17,48	10,08	13,4	
1518	1982–1999	6403159	1270066	22,19	22,62	14,41	11,4	x
1520	1983–1999	6403205	1270258	10,54	10,54	3,86	51	
1523	1983–1995	6413155	1274651	7,85	19,73	17,98	7,5	
1525	1981–1999	6406892	1274857	7,93	8,68	4,86	12,8	x
1536	1982–1999	6412090	1277703	37,95	38,95	25,19	20,2	x
1537	1982–1999	6412078	1277735	26,93	27,93	27,77	15,5	
1552	1979–1999	6414214	1282080	38,85	41,25	39,78	11	
1554	1979–1999	6414202	1282190	46,98	48,38	40,19	22,3	x
1558	1979–1999	6414432	1282377	54,58	55,58	39,57	18	x
1572	1983–1999	6408145	1276391	24,4	25,4	23,21	9,8	x
1580	1984–1999	6403353	1270652	8,04	9,04	6,16	12,5	
1581	1984–1998	6403293	1270684	11,15	12,08	7,67	12,5	
1582	1984–1999	6403248	1270616	11,08	11,74	8,59	19,5	
1583	1984–1999	6403147	1270641	13,19	14,56	9,46	14,5	x
1584	1984–1999	6403095	1270587	14	15,07	11,58	21,5	x
1592	1984–1996	6403568	1271009	8,44	8,4	7,21	3	
1626	1983–1999	6410910	1275144	29,7	30,21	25,81	8,5	x
1627	1983–1999	6410869	1275172	14,63	15,75	14,09	5,8	
1628	1983–1999	6410844	1275192	14,79	15,21	13,76	5,5	
1655	1983–1999	6406953	1274845	8,94	9,63	7,06	5,5	

Rör nr	Mätperiod	X	Y	Z markyta (m ö.h.)	R.ö.k. (m ö.h.)	Trycknivå medel (m ö.h.)	Total rörlängd (m)	Diagram
1666	1984–1999	6394676	1269352	20,37	21,08	19,44	4,5	
1668	1984–1998	6391735	1269323	15,02	16,59	15,67	11,4	
1672	1984–1997	6415101	1268913	12,85	14,38	11,35	17,5	
1678	1984–1999	6403470	1274461	23,88	24,98	24,33	5,5	x
1679	1984–1999	6403471	1274484	29,98	30,73	27,29	17,5	x
1704	1985–1996	6404341	1271000	3,01	2,87	1,08	2,4	
1709	1985–1995	6404223	1271193	4,68	4,56	3	3	
1716	1985–1995	6404156	1271312	4,77	4,69	3,36	3	
1726	1985–1996	6404076	1271365	3,37	3,27	1,85	3	
1741	1985–1999	6403548	1273355	10,27	11,38	9,46	6,5	x
1758	1985–1997	6407017	1267475	31,66	32,44	27,5	12,5	
1759	1986–1997	6406387	1267489	33,87	33,74	31,2	6,3	
1793	1985–1999	6413599	1275459	38,11	39,34	37,94	10,5	
1810	1987–1995	6407941	1271038	12,36	13,86	8,32	28,5	
1844	1989–1999	6411317	1275267	36,91	37,54	33,44	11,4	x
1435b	1982–1998	6403310	1270576	16,69	17,98	1,14	51,3	
1592a	1984–1999	6403568	1271009	8,44	8,34	8,18	13,3	
1704a	1985–1996	6404341	1271000	2,99	2,89	2,23	12,2	
1709a	1985–1995	6404223	1271193	4,68	4,56	1,67	42,5	
1709b	1995–1996	6404223	1271193	4,7	5,25	1,27	44,8	
1726a	1985–1999	6404076	1271365	3,36	4,67	1,31	1,31	

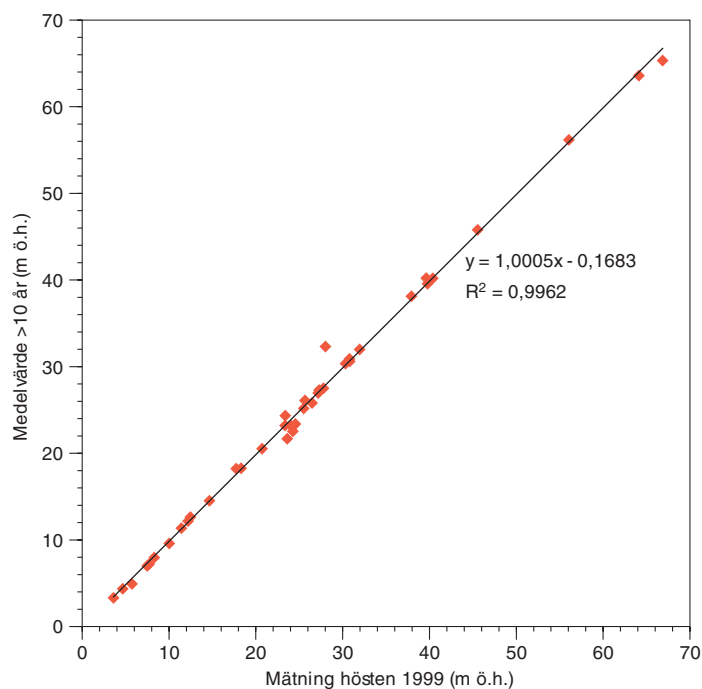


Fig. 48. Nivåmätningar i observationsrör hösten 1999 jämfört med medelvärden för samma rör under minst en 10-års period (se tabell 6.4). Totalt 39 observationsrör ingår.

LAGERFÖLJDER I ELLESBO

Som underlag för grundvattenmodellering av avlagringen i Ellesbo har information för 105 punkter tagits fram (fig. 49). Dessa ligger på eller i nära anslutning till avlagringen. Ett fåtal punkter anger nivån där berget går i dagen. För resterande punkter i jord har lagerföljder tagits fram. Totalt används åtta olika stratigrafiska enheter indelade utifrån kornstorlekssammansättning och bildnings-sätt. Lagerföljden sammanfattas i tabell 25. De olika stratigrafiska enheterna beskrivs kort nedan. För utförlig beskrivning av Ellesboavlagringen (lagren 4–8) hänvisas till Hillefors (1955, 1969).

- Lager 1. Avser sand, silt (och eventuellt lera) och även osorterad jordart som ligger som utfyllnad i den norra tåkten i Ellesbo. För sandiga lager har den hydrauliska konduktiviteten satts till 10^{-5} m/s och för osorterade utfyllnadsmassor till 10^{-8} m/s.
- Lager 2. Postglaciala svallssediment (sand–grus) som avsatts på själva Ellesboavlagringen eller på lera.
- Lager 3. Glacial lera som täcker Ellesboavlagringen i dess randområden. Vid punkter i öster i Göta älvdalen kan postglacial lera täcka den glaciala.
- Lager 4. Översta delen av Ellesboavlagringen, bestående av morän bildad i samband med den senaste inlandsisen.
- Lager 5–7. Isälvsediment indelade utifrån dominerande kornstorlek.
- Lager 8. Det undre moränlagret som ligger på berg. Moränen har bildats före eller under de inledande skedena av den senaste nedisningen.

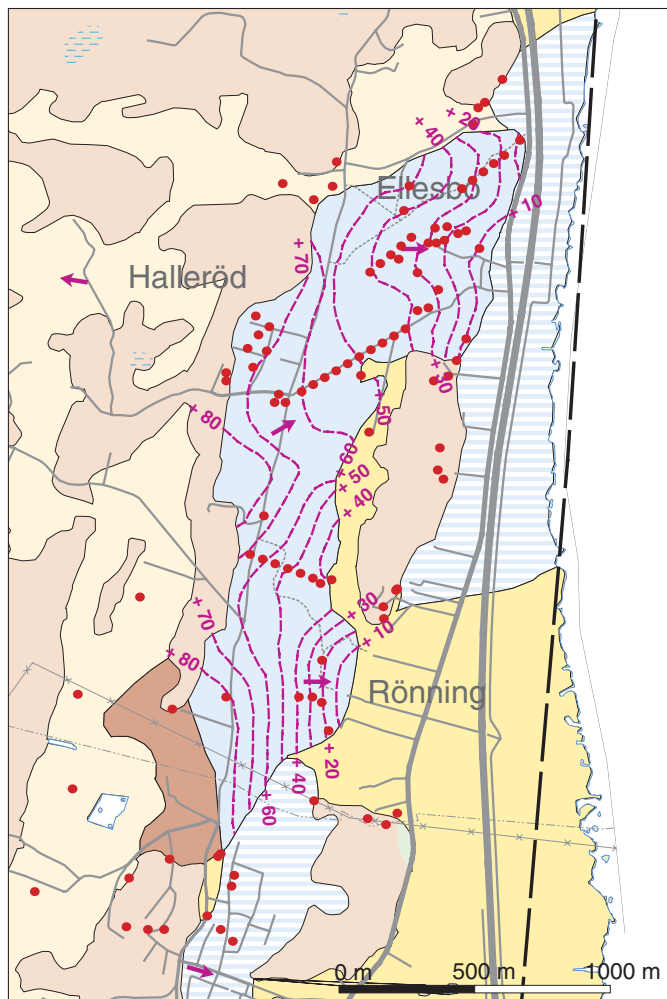


Fig. 49. Läget för de 105 punkterna i Ellesbo-avlagringen (ljusblå färg) och i dess omgivning med lagerföljder angivna i tabell 26.

Framtagandet av lagerföljderna bygger på ett stort antal antaganden. Säkerheten i information för de olika punkterna varierar. De bäst beskrivna lagerföljderna finns från tiden när grustäkten i Ellesbo var öppen, men lägesbestämningarna är för dessa punkter något osäkra. För de nysatta observationsrören finns lagermäktigheterna fastställda, dock ej ned till berg. Vid de inventerade brunnarna har endast yjordarten bestämts, medan jorddjupet antagits från bergborrade brunnar och lagermäktighet satts utifrån uppgifter från de mest närliggande borrhningarna. I grustäkten i Ellesbo finns fyllnadsmassor utlagda över stora delar av ytan (lager 1, SaU). Mäktigheter och sammansättning har antagits för fyllnadsmassorna, och uppgifterna har tillsammans med den ursprungliga dokumentationen i Hillefors (1955) använts för att ange lagerföljder för punkterna inom täktområdet.

I tabell 26 redovisas samtliga punkter och de lager som antagits förekomma på respektive punkt. En förutsättning vid grundvattenmodellering med programvaran GMS (Groundwater modeling system) är att information om alla lager finns för samtliga punkter. Därför har för alla lager som antas saknas i en punkt lagertjockleken 2 cm lagts in i databasen. Sådana lager har utelämnats i tabell 8.b, men effekten syns i kolumnerna för lagrens överyta och mäktighet som ibland anges med noggrannhet i centimeter. Markytans höjd över havet har för vissa punkter avvägts och ges med centimeternoggrannhet i tabell 26. För övriga anges jämna metertal (33,00 m etc.)

Grundvattennivåer som anges i tabell 26 är uppmätta nivåer i observationsrör, brunnar och källor. Några är tolkade från de seismiska profilerna (som betecknas S1-, S2-, S3- och S4-), men dessa värden är mycket osäkra. För övriga punkter saknas uppgift om grundvattennivå.

Tabell 25. Antagen jordlagerföljd med den yngsta stratigrafiska enheten överst i tabellen.

Lager	Stratigrafisk enhet – jordart	Förkortning	Antagen hydraulisk konduktivitet
1	Sand, silt samt ev lera – utfyllnadsmaterial	SaU	10^{-5} m/s eller 10^{-8} m/s
2	Svallsediment (främst sand)	S	10^{-5} m/s
3	Lera	L	10^{-10} m/s
4	Morän	M1	10^{-7} m/s
5	Isälvsediment (grus och sand)	I1	10^{-4} m/s
6	Isälvsediment (skiktad silt-sand)	Si	10^{-7} m/s
7	Isälvsediment (främst grus med inslag av sand)	I2	10^{-3} m/s
8	Morän (alkalin)	M2	10^{-7} m/s
	Berg	B	

Tabell 26. Antagna lagerföljder för punkter i och i närheten av Ellesboavlagringen. Förklaringar ges i tabell 25 och i texten ovan.

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
H3B	6418785	1274160	33	SaU Si I2 M2 B	33 26 11 2 -1	6,92 15 9 3	08-okt 07-okt 03-okt 07-okt	
H4A	6418775	1274130	33	SaU Si I2 M2 B	33 28 10 7 1	4,92 18 3 6	08-okt 07-okt 03-okt 07-okt	
H5A	6418750	1274080	33	SaU Si I2 M2 B	33 27 20 19 17	5,92 7 1 2	08-okt 2007-10-07 2007-10-03 07-okt	
H7A	6418795	1274045	37	SaU I1 M2 B	37 29 23 17	7,94 5,96 6	2007-10-05 2007-10-04 2007-10-07	
B11	6417730	1273410	82	M1 I1 B	81,94 63 60	18,94 2,94	2007-10-07 04-okt	
B12	6417866	1274076	18	M1 B	17,94 12	5,86	07-okt	
B13	6418230	1274040	25	M1 B	24,94 23	1,86	07-okt	
B14	6418150	1273450	82	S M1 I1 B	81,98 81 57 54	0,96 24 2,94	05-okt 2007-10-07 04-okt	
B15	6418180	1273465	82	S M1 I1 B	81,98 81 64 62	0,96 17 1,94	2007-10-05 2007-10-07 2007-10-04	
B16	6418230	1273270	80	S B	79,98 79	0,86	2007-10-05	
B17	6418280	1273370	80	S M1 I1 B	79,98 79 68 67	0,96 11 0,94	2007-10-05 2007-10-07 2007-10-04	
B18	6418340	1273420	79	S M1 I1 B	78,98 78 64 63	0,96 14 0,94	2007-10-05 2007-10-07 2007-10-04	
B19	6418400	1273390	77	S M1 I1 B	76,98 76 68 67	0,96 8 0,94	2007-10-05 2007-10-07 2007-10-04	
B20	6418260	1273270	76	B	76	0		
B21	6418350	1273350	76	S M1 B	75,98 75 67	0,96 7,92	2007-10-05 2007-10-07	
B24	6418500	1274020	32	M1 I1 Si I2 M2 B	31,94 25 21 18 16 13	6,94 4 3 2 3	2007-10-07 2007-10-04 2007-10-07 2007-10-03 2007-10-07	

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
B25	6418567	1274057	34	M1 I1 Si I2 M2 B	33,94 24 18 13 10 6	9,94 6 5 3 4	2007-10-07 2007-10-04 2007-10-07 2007-10-03 2007-10-07	
LOL 1480 200	6417040	1273625	16,77	S L M1 I1 M2 B	16,75 16 14 10 5 4	0,75 2 4 4,96 1	2007-10-05 2007-10-10 2007-10-07 2007-10-04 2007-10-07	15,87
LOL 1480 201	6418740	1274020	31,76	SaU I2 M2 B	31,76 26 24 20	5,66 2 4	2007-10-05 2007-10-03 2007-10-07	29,5
LOL 1480 202	6418430	1273430	75,88	S M1 B	75,86 75 68	0,84 6,92	2007-10-05 2007-10-07	72,58
LOL 1480 203	6418470	1273380	72,69	S M1 B	72,67 72 67	0,65 4,92	05-okt 07-okt	70,99
LOL 1480 204	6418951	1273950	52,17	M1 I1 Si M2 B	52,11 33 25 20 17	19,11 8 4,98 3	07-okt 04-okt 07-okt 07-okt	49,62
LOL 1480 205	6419180	1274185	15,84	S L M1 B	15,82 15 10 2	0,82 5 7,92	05-okt 10-okt 07-okt	14,68
LOL 1480 206	6419240	1274205	13,06	S L M1 B	13,06 13,04 12 9	1,04 2 0,92	05-okt 10-okt 07-okt	11,23
LOL 1480 207	6419260	1274230	11,58	S M1 B	11,56 10 7	1,54 2,92	05-okt 07-okt	9,55
LOL 1480 208	6419345	1274295	9,3	L M1 B	9,26 6 5	3,26 0,92	10-okt 07-okt	7,25
LOL 1480 210	6418950	1273665	54,89	S L M1 B	54,87 53 51 48	1,87 2 2,92	05-okt 10-okt 07-okt	53,63
LOL 1480 211	6418960	1273480	55,95	S L M1 B	55,93 55 50 49	0,93 5 0,92	05-okt 10-okt 07-okt	55,53
LOL 1480 212	6418900	1273595	57,6	S L M1 B	57,58 56 54 53	1,58 2 0,92	05-okt 10-okt 07-okt	55,61
LOL 1480 214	6418490	1273980	38,03	S M1 I1 M2 B	38,01 37 35 31 29	0,99 2 3,96 2	05-okt 07-okt 04-okt 07-okt	35,85
LOL 1480 215	6418385	1274160	5,99	L M1 B	5,95 0 -1	5,95 0,92	10-okt 07-okt	5,99

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
LOL 1480 216	6418305	1274125	6,2	L M1 B	6,16 -1 -2	7,16 0,92	10-okt 07-okt	6,2
LOL 1480 217	6418040	1273800	54,13	S L M1 I1 B	54,11 53 51 49 47	1,11 2 2 1,94	05-okt 10-okt 07-okt 04-okt	52,03
LOL 1480 218	6417900	1274055	22,99	M1 B	22,93 17	5,85	07-okt	20,95
LOL 1480 219	6417455	1273900	6,94	L M1 B	6,9 -4 -7	10,9 2,92	10-okt 07-okt	6,52
LOL 1480 220	6417494	1273661	35,73	L I1 M2 B	35,69 31 26 24	4,67 4,96 2	10-okt 04-okt 07-okt	35,73
LOL 1480 221	6417196	1273626	18,97	M1 I1 M2 B	18,91 15 11 9	3,91 3,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	18,97
LOL 1480 222	6417060	1273590	23,58	I1 M2 B	23,5 16 14	7,46 2	04-okt 07-okt	23,58
LOL 1480 223	6417350	1273855	7,06	L M1 B	7,02 0 -5	7,02 4,92	10-okt 07-okt	6,01
LOL 1480 224	6416935	1273650	14,42	S M1 B	14,4 13 7	1,38 5,92	05-okt 07-okt	13,3
LOL 1480 228	6417460	1273905	5,46	L M1 B	5,42 -8 -11	13,42 2,92	10-okt 07-okt	5,46
Jb8	6418150	1273490	80	M1 I1 B	79,94 53 49	26,94 3,94	07-okt 04-okt	
S1-99A	6418632	1273804	44,25	SaU M2 B	44,25 43 40	1,13 3	05-okt 07-okt	
S1-99B	6418664	1273842	42,31	SaU M2 B	42,31 39 36	3,19 3	05-okt 07-okt	
S1-99C	6418696	1273881	40,69	SaU I1 M2 B	40,69 34 30 28	6,63 3,96 2	05-okt 04-okt 07-okt	34
S1-99D	6418729	1273919	38,97	SaU I1 M2 B	38,97 33 29 23	5,91 3,96 6	05-okt 04-okt 07-okt	32
S1-99E	6418761	1273957	36,73	SaU I1 M2 B	36,73 32 28 22	4,67 3,96 6	05-okt 04-okt 07-okt	31
S2-99A	6417588	1273359	77,8	S M1 I1 B	77,78 77 62 59	0,76 15 2,94	05-okt 07-okt 04-okt	67
S2-99B	6417570	1273406	73,13	S M1 I1 B	73,11 72 52 49	1,09 20 2,94	05-okt 07-okt 04-okt	61

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
S2-99C	6417553	1273452	69,18	M1 I1 B	69,12 46 41	23,12 4,94	07-okt 04-okt	55
S2-99D	6417535	1273499	64,07	M1 I1 M2 B	64,01 40 30 27	24,01 9,96 3	07-okt 04-okt 07-okt	50
S2-99E	6417518	1273546	57,06	M1 I1 M2 B	57 44 36 34	13 7,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	47
S2-99F	6417500	1273592	50,72	M1 I1 M2 B	50,66 44 38 35	6,66 5,96 3	07-okt 04-okt 07-okt	41
S3-99A	6418190	1273550	74,84	M1 I1 B	74,78 51 47	23,78 3,94	07-okt 04-okt	59
S3-99B	6418216	1273593	71,83	M1 I1 B	71,77 53 48	18,77 4,94	07-okt 04-okt	57
S3-99C	6418242	1273636	69,28	M1 I1 M2 B	69,22 51 46 44	18,22 4,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	55
S3-99D	6418267	1273678	66,31	M1 I1 M2 B	66,25 48 43 41	18,25 4,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	54
S3-99E	6418293	1273721	62,99	M1 I1 M2 B	62,93 51 41 39	11,93 9,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	51
S3-99F	6418319	1273764	59,14	M1 I1 M2 B	59,08 52 40 38	7,08 11,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	47
S3-99G	6418345	1273807	55,77	M1 I1 M2 B	55,71 50 44 42	5,71 5,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	47
S3-99H	6418370	1273850	52,33	M1 I1 M2 B	52,27 48 43 41	4,27 4,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	46
S3-99I	6418396	1273893	47,26	M1 I1 M2 B	47,2 44 40 38	3,2 3,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	44
S3-99J	6418422	1273935	44,52	M1 I1 M2 B	44,46 41 37 35	3,46 3,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	38
S4-99A	6418941	1274145	46,46	M1 I1 Si I2 B	46,4 32 25 0 -5	14,4 7 25 4,98	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	32
S4-99B	6418972	1274184	42,44	M1 I1 Si I2 B	42,38 27 20 -5 -10	15,38 7 25 4,98	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	27

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
S4-99C	6419003	1274224	38,69	M1 I1 Si I2 B	38,63 25 18 -7 -12	13,63 7 25 4,98	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	25
S4-99D	6419034	1274263	34,15	M1 I1 Si I2 B	34,09 21 15 -10 -18	13,09 6 25 7,88	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	21
S4-99E	6419064	1274302	26,66	M1 I1 Si I2 B	26,6 12 7 -12 -18	14,6 5 19 5,98	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	12
SGU 9901	6417480	1273620	41,03	L I1 M2 B	40,99 37 31 29	3,97 5,96 2	10-okt 04-okt 07-okt	41
SGU 9902	6418250	1273770	58,5	L I1 M2 B	58,46 54 45 42	4,44 8,96 3	10-okt 04-okt 07-okt	50,53
SGU 9903	6418680	1273910	34,85	OU I1 M2 B	34,85 32 30 26	2,79 1,96 4	05-okt 04-okt 07-okt	32,03
SGU 9904	6418740	1274050	32,36	SaU Si I2 M2 B	32,36 26 11 2 -1	6,28 15 9 3	08-okt 07-okt 03-okt 07-okt	20,77
SGU 9905	6418720	1274210	13,08	Si I2 M2 B	12,98 1 -5 -10	11,98 6 5	07-okt 03-okt 07-okt	7,82
E	6418800	1274090	42	M1 I1 Si I2 M2 B	41,94 30 26 11 6 4	11,94 4 15 5 2	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt 07-okt	
G	6418860	1273930	57	M1 I1 Si M2 B	56,94 35 25 20 17	21,94 10 4,98 3	07-okt 04-okt 07-okt 07-okt	
H	6418630	1273980	51	M1 I1 M2 B	50,94 37 31 27	13,94 5,96 4	07-okt 04-okt 07-okt	
Rönning grustag	6417060	1273540	35	M1 I1 M2 B	34,94 27 19 17	7,94 7,96 2	07-okt 04-okt 07-okt	
Rönning Slättenavägen	6417060	1273270	61	M1 I1 B	60,94 56 51	4,94 4,94	07-okt 04-okt	
Fix S4-99	6419120	1274360	8,8	M1 I1 Si I2 B	8,74 -1 -5 -17 -20	9,74 4 12 2,98	07-okt 04-okt 07-okt 03-okt	

Benämning	X	Y	Z Markyta (m ö.h.)	Lagerföljd Stratigrafisk enhet	Överyta (m ö.h.)	Måktighet (m)	Antagen hy- draulisk kon- duktivitet (m/s)	Grund- vattenyta (m ö.h.)
Fix milstolpe	6419040	1273680	55	B	54,84			
Fixpkt 91739	6418247	1274094	11,28	B	11,12			
Fixpkt 90343	6417982	1274063	15,33	B	15,17			
Fixpkt 90325	6417394	1273853	10,77	B	10,61			
Fixpkt 90869	6416676	1273596	25,29	B	25,13			
Fixpkt 90351	6416588	1273863	10,73	B	10,57			
B1	6416200	1272980	64	B	63			
B2	6416210	1272900	67	S B	66,98 65	1,86	05-okt	
B3	6416200	1273040	61	B	60,84			
B4	6416250	1273200	40	L M1 B	39,96 32 31	7,96 0,92	10-okt 07-okt	
B5	6416156	1273295	40	L M1 B	39,96 23 20	16,96 2,92	10-okt 07-okt	
B6	6416390	1272910	80	S B	79,98 79	0,86	05-okt	
B7	6416460	1273060	69	M1 B	68,94 64	4,86	07-okt	
B8	6416470	1273240	43	M1 B	42,94 28	14,86	07-okt	
B10	6417015	1273070	69	S M1 L B	68,98 68 68,02 67	0,96 0,92 0,02	05-okt 07-okt 10-okt	
LOL 1480 226	6416610	1273795	16,97	L M1 B	16,93 8 5	8,93 2,92	10-okt 07-okt	15,52
LOL 1480 227	6416630	1273905	6,03	L M1 B	5,99 -5 -8	10,99 2,92	10-okt 07-okt	5,95
Jb4	6416200	1273250	40	L M1 B	39,96 24 22	15,96 1,92	10-okt 07-okt	
Jb5	6416360	1273290	41	L M1 B	40,96 27 24	13,96 2,92	10-okt 07-okt	
Jb6	6416400	1273300	41	L M1 B	40,96 26 21	14,96 6,92	10-okt 07-okt	
Jb7	6416480	1273250	42	L M1 B	41,96 34 29	7,96 4,92	10-okt 07-okt	
L	6416340	1272560	68	L M1 B	67,96 60 59	7,96 0,92	10-okt 07-okt	
M	6416490	1272390	80	M1 B	79,94 77	2,86	07-okt	
N	6416720	1272700	67	SaU L M1 B	67 64,98 54,98 54	2 10 0,9	08-okt 10-okt 07-okt	
P	6417070	1272720	68	L M1 B	67,96 58 57	9,96 0,92	10-okt 07-okt	
Q	6417430	1272950	72	S L M1 B	71,98 71 66 65	0,98 5 0,92	05-okt 10-okt 07-okt	

LITTERATUR OCH GRUNDVATTENKARTOR

Allmän litteratur och referenser

- Aastrup, M., 1994: Grundvattenövervakning inom PMK. Rapport från verksamheten 1994. *Naturvårdsverket, Rapport 4128*.
- Aastrup, M., Thunholm, B., Johnson, J., Bertills, U. & Berntell, A., 1995: Grundvattnets kemi i Sverige. *Naturvårdsverket, Rapport 4415*.
- Adriellsson, P. & Fredén, C., 1987: Beskrivning till jordartskartan Marstrand SO/Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 72*.
- Adriellsson, P. & Klingberg, F., 1989: Beskrivning till jordartskartan Kungsbacka NV/SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 95–96*.
- Agerstrand, T., 1973: Praktisk geohydrologi. I. P. Brink, T. Cewé, E. Olerud, C. Ramel, H. Sjör & M. Falkenmark (red.): *Vattenmiljön, Praktisk miljökunskap*. Natur och Kultur, Stockholm, 53–80.
- Alehammar, P. & Hermansson, L., 1981: Hydrogeologisk undersökning av bergbrunnar inom kartbladet Göteborg. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 177*.
- Alexandersson, B., 1996: Beredskapsläget i storstads-län. Vattenförsörjningen i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län och Livsmedelsverket, Rapport*.
- Anderberg, J., 1997: Groundwater resources and vulnerability mapping of the city of Stockholm. I Ottoson (red.): *Proceedings 18th ICA/ACI International Cartographic Conference 97, Stockholm, 23–27 juni 1997, vol. 4, 1977–1984*.
- Andersson, A.C., Andersson, O. & Gustafson, G., 1984: Brunnar: undersökning – dimensionering – borrning – drift. *Byggforskningsrådet R 42:1984*.
- Andersson, S., Eriksson, A. & Åbyhammar, T., 1980: Utvinning av värme ur bergbörade brunnar. Förstudie. *BFR-rapport R 142:1980*.
- Andersson, S.-G. & Sundquist, U., 1978: Grundvatten på Brännö i Göteborgs södra skärgård. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 120*.
- Andersson, A.-C. & Berntson, J., 1979: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. *Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, medd. 26*.
- Axelsson, M., 1977: Infiltration i kristallint berg, kompletterande undersökningar i Angered, Göteborg. Examensarbete. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 96*.
- Axelström, K., 1990: Försurningsstudie av jordlagren i ett naturvårdsområde vid Biskopsgården på Hisingen, Göteborgs kommun. Projektarbete. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 344*.
- Bengtsson, L., Larsson, M., Nilsson, Å. & Stjernman, I., 1981: Grundvatten och försurning i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Rapport*.
- Bengtsson, M.-L., 1996: Hydrogeologisk sårbarhetsklassificering som verktyg i kommunal planering. Med exempel från Lerums kommun. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. A 81*.
- Bengtsson, M.-L., & Gustafson, G., 1996: Bedömning av grundvatten utgående från grundvattenmiljöer. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. B. 426*.
- Berg, C., 1993: Grundvattnets tillstånd i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Miljövårdsenheten, Publ. 1993:2*.
- Berg, C. & Sterner, M., 1994: Skyddsområden för vattentäkter i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Miljövårdsrapport 1994:14*.

- Berntson, J., 1975: Hydrogeologiska studier inom Kärroområdet i Göteborg. C-kursarbete. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 28*.
- Bergman, G., 1972: *Bestämning av infiltrationskoefficienter för bergytor och perkolationsbanor i jordlager*. Kvartärgeologiska institutionen, Stockholms universitet.
- Bergstedt, O., Paxéus, N. & Rydberg, H., 1999: Miljöföreningar i dricksvatten. VAV, VA-Forsk Rapport nr 1999-2.
- Bergström, S., 1993: *Sveriges hydrologi – grundläggande hydrologiska förhållanden*. SMHI.
- Bertills, U., von Brömssen, U. & Sarr, M., 1989: Försurningsläget i enskilda vattentäktar i Sverige. *Naturvårdsverket, Rapport 3567*.
- Bjur, H., 1988: *Vattenbyggnadskonst i Göteborg under 200 år*. Rundqvists Boktryckeri i Göteborg.
- Brink, R. & Tullberg, H., 1982: Att utvinna och lagra värme i mark och vatten. Juridiska aspekter. *BFR T 44: 1982*.
- von Brömssen, U., 1968: *Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavschnitt – metod – teknik – analys*. Stockholm.
- Bygghörsnkningsrådet, 1982: Bergvärme, grundvattenvärme och geotermi. BFR-seminarium maj 1982. *Rapport R130:1982*.
- Börnell, M., 1987: Några försurningskänsliga områden i Göteborg. En brunnsinventering och geohydrologisk kartering. *Miljö- och hälsoskydd, Göteborgs stad, Publ. 1987:13*.
- 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. *Inst. för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola, Serie B 70:1*.
- Carlsson, L., 1978: Djupinfiltration i Angered. *Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, medd. 29*.
- Carlsson, L., & Carlstedt, A., 1976: *Estimation of transmissivity and permeability in Swedish bedrocks*. Nordic Hydrological Conference, Reykjavik.
- Carlsson, L. & Gustafson, G., 1984: Provpumpning som geohydrologisk undersökningsmetodik. *Bygghörsnkningsrådet R41:1984*.
- Cedhagen, M. & Vikner, B., 1985: Försurning av mark och vatten i Göteborgs och Bohus län. Miljöfakta i Göteborgs och Bohus län. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Publ. 1985:1*.
- Claesson, M., 1996: Ingenjörsgelogisk karta över centrala Göteborg med IDRISI. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. B 433*.
- Coordinating committee for hydrology in nordic countries (COHYNO), 1984: *Nordic Glossary of Hydrology*. I. Johansson (red.). Almqvist & Wiksell International, Stockholm.
- De Geer, J., 1970: Några hydrogeologiska synpunkter på jordtäcket akviferer främst åsarnas. I Eriksson, Gustafsson och Nilsson (red.) *Grundvatten*. Norstedts & Söners förlag, Stockholm.
- Dressie, Z., 1987: Recharge and soil water studies using different models and methods. *Avdelningen för Hydrologi, Naturgeografiska institutionen, Uppsala universitet. Report Series A, Nos 2 and 39*.
- Engdahl, M., Eliasson, T., Lång, L.-O. & Selinus, O., 2000: *Urban geological mapping in Sweden, The Göteborg case study*. Abstract CD, 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil August 6-17-2000.
- Engdahl, M., 2000: Jordartskarta över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning*.
- Engdahl, M., Fogdestam, B. & Engqvist, P., 1999: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohus län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 12*.
- Engqvist, P., Olsson, T. & Svensson, T., 1978: Pumping and recovery tests in wells sunk in till. *Nordic Hydrological Conference and Second Nordic IHP meeting, Hanasaari Cultural Centre, July 31 – August 3, 1978, Papers of workshops. Helsinki*.

- Enocksson, C.-G. & Magnusson, P., 1978: Tillämpning av en geohydrologisk beräkningsmodell inom Kärrdalen, Hisingen, Göteborg. Examensarbete. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 113*.
- Eriksson, A., 1981: Energibrunnar. *Information från brunnarsarkivet 1/81. Sveriges geologiska undersökning*.
- Flentzberg, A., 1909: Offerkällor och trefaldighetskällor. *Fataburen* s. 65–84, 141–149.
- Fredén, C., (temaredaktör) 1994: *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas.
- Frycklund, C., Jacks, G., Johansson, P.-O. & Lekander, K., 1994: Konstgjord grundvattenbildning—Processer vid inducerad infiltration och bassänginfiltration. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1994-08*.
- Granberg, G., 1934: Den kalendärt fixerade källdrickningen. *Folkminnen och folktankar* 21, 20–34, 56–75.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1988: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB. Uppsala.
- Gustafson, G., 1974: A method of calculating the hydraulic properties of esker aquifers. *Nord. Hydrol. Conf. Aalborg 1974*, 525–543.
- Gustafson, G., 1976: A method of calculating the hydraulic properties of leaky esker-aquifer systems. *Nord. Hydrol. Conf. Reykjavik 1976*, s. IV 47–64. Även i: *Nordic Hydrology* 8, 1977, 65–82. *Reykjavik*.
- Gustafsson, Y., 1970: Topografins inverkan på grundvattenbildningen. I Eriksson, Gustafsson och Nilsson (red.). *Grundvatten*. Nordstedt & Söners förlag, Stockholm.
- Göteborgs Vattenledningsverk, 1937: *Göteborgs vattenledningsverk 1787–1937*. Minnesskrift med anledning av Göteborgs vattenledningsverks 150-års jubileum.
- Haglund, M. & Löfmarck, B., 1986: Inventering av grundvattnets alkalinitet och pH på Brännö, Bohuslän. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B. 287*.
- Haglund, B.-O., 1996: Grundvatten i 15 större svenska tätorter. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. B. 424*.
- Hillefors, Å., 1969: *Västsveriges glaciala historia och morfologi*. Meddelanden från Lunds universitets geografiska institution.
- Hillefors, Å., 1955: Ellesboåsen, en morfologisk och stratigrafisk beskrivning. *Gothia* 7, *Meddelanden från Geografiska föreningen i Göteborg*, 5–40.
- Horkeby, G. & Sörman, L.-O., 1998: *Ökad säkerhet och beredskap inom vattenförsörjningen. Grundvattentillgång i bergborrade brunnar i Göteborgs kommun*. Rapport VA-teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Horkeby, G., 1996: Ökad säkerhet och beredskap inom vattenförsörjningen. Inventering av befintliga vattentäkter. *Överstyrelsen för Civil Beredskap, forskningsrapport 1996:7*.
- Hult, A., 1998: Dricksvattensituationen i Sverige. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1998-15*.
- Hult, A., 1991: *Källan till vattnet*. Anders Hult & Gidlunds Bokförlag, Värnamo.
- Hultén, A.-M., 1992: Påverkan på vattenkemin av det urbana fyllnadsmaterialet. Laboratieförsök på fyllnadsmaterial från Landala Mosse, Göteborg. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 375*.
- Hultén, A.-M., 1995: De ytnära marklagrens uppbyggnad, sammansättning och hydrogeologiska egenskaper i urban miljö exemplifierade med förhållandena i Göteborg. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. B 411*.
- Hultén, A.-M., 1997: Grundvatten i urban miljö. Grundvattnets nivåvariationer i de övre marklagren i Göteborg. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. A 85*.
- Hydén, H., 1983: Energiutvinning ur kommunala grundvattentäkter. *Byggforskningsrådet rapporter 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. *Institutionen för kulturteknik. Kungliga tekniska högskolan. 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.
- Janovskis, J., 1986: Grundvatten i O-län 1985. *Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Publ. 1986:2*.
- Jonasson, S.A., Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1985: Faktorer som påverkar pH och alkalinitet. En analys av brunnsvatten i sydvästra Sverige. *Statens Naturvårdsverk, Rapport 3021*.
- Klingberg, F., 2002: Maringeologisk karta över Göteborgs stad och Öckerö kommun. *Sveriges geologiska undersökning Ba 59:4*.
- Knutsson, G., 1979: Hydrogeologisk översiktsskartering av Sverige. *Vannet i Norden Nr 1*. Uppsala.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten, teori och tillämpning*. AB Svensk Byggtjänst, Solna.
- 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, 96–101.
- Ledskog, A., Nilsson, L. & Holmstrand, O., 1987: Klassificering av risk för grundvattenförorening - tillämpning på motorvägen Delsjön–Landvetter. *Väg- och vattenbyggaren* 3, 55–57.
- Lekander, K., 1991: *Försurningens inverkan på grundvatten kring konstruktioner i Göteborg*. Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet.
- Lidman, E.-K. & Mattson, E., 1982: *Försurningens inverkan på korrosionen i vattenledningar av koppar*. Korrosionsinstitutet.
- Livsmedelsverket, 1993: Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten. *SLV FS 1993:35*.
- Lundqvist, I., 2000: Berggrundskarta över Göteborgs kommun. *Sveriges geologiska undersökning, Ba 59*.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1988: Karta över grundvattnets surhet i Göteborgs och Bohus län. *Naturvårdsenheten, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Publ 1988:1*.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1988: Grundvattenkontrollen i Göteborgs kommun. Resultat av ett års mätningar (okt 1986–1987). *Miljö- och Hälsoskyddsförvaltningen, Göteborgs kommun. Publ 1988:2*.
- Lång, L.-O., 1995: Geological influence upon soil and groundwater acidification in southwestern Sweden. Ph.D. Thesis. *Geologiska institutionen, Geovetarcentrum, Göteborgs universitet, Publ. A 6*.
- Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1995: Selection of Springs for the Groundwater Monitoring Program in the Province of Göteborg and Bohus, SW Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 1837–1842.
- Lång, L.-O. & Villalba R. E., 1998: Resultat från grundvattenövervakning i Göteborgs och Bohus län 1962–1997. *Länsstyrelsen Västra Götaland 1998:25*.
- Lång, L.-O., Book, S., Bramstång, O., Hellgren, L.-G. & Oscarsson, R., 2000: Groundwater mapping in Göteborg. I.T. Nilsson (red.): XXI Nordic Hydrological Conference. Nordic Association for Hydrology, Uppsala, Sweden, 26-30 June 2000. *NHP Report 46, 2*, 578–584.
- Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, 1981: *Grundvatten och försurning i Göteborgs och Bohus län*. Naturvårdsenheten.
- Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, 1996: Regional övervakning i Göteborgs och Bohus län 1995–1998. *Programområde Grundvatten – Miljöavdelningen, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Publ. 1996:15*, 53–56.
- Magnusson, E., 1978: Beskrivning till jordartskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 26*.

- Maxe, L. & Johansson, P.-O., 1998: Assessing groundwater vulnerability using travel time and specific surface area as indicators. *Hydrogeology Journal* 6, 441–449.
- Munthe, H., Johansson, H.E. & Sandegren, R., 1923: Göteborgstraktens geologi. I.O. Nordenskjöld (red): *Göteborgstraktens natur*. Göteborgs jubileumspublikationer II, 123–278.
- Müllern, C.-F., 1980: Airborne geophysical measurements used for hydrogeological mapping. 6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. *Naturgeografiska institutionen, Uppsala universitet, Rapport Nr 53*.
- Naturvårdsverket, 1991: Grundvattentäkter. Skyddsområden – skyddsföreskrifter. *Allmänna råd 90:15*.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – grundvatten. *Rapport 4915*.
- Naturvårdsverket, 1999: Metodik för inventering av förorenade områden. *Rapport 4918*.
- Nordberg, L. & Persson, G., 1979: *Vårt vatten – tillgång, utnyttjande*. LTs förlag, Stockholm.
- Nordic Hydrological Programme, 1994: Salt groundwater in the Nordic countries. *NHP Report no 35*.
- Norin, M., 1998: Groundwater and soil properties in an urban environment and their effects on the corrosion of soil buried constructions of carbon steel and zinc. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. A 86*.
- Norin, M., Hultén, A.-M. & Svensson, C., 1999: Groundwater studies conducted in Göteborg, Sweden. I.J. Chilton et al. (red): *Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles*, 209–216. Balkema.
- Nyberg, B. & Ygge, B., 1976: *Källorna vid Kallebäck*. Pripps Bryggerier AB. Göteborg.
- Nyberg, L., 1995: Soil- and Groundwater Distribution, Flowpaths, and Transit Times in a Small Till Catchment. Ph.D. Thesis. *Acta Universitatis Upsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 97*.
- Olin, M. & Svensson, C., 1996: Litteraturdatabas för urban hydrogeologi på Internet. *Vannet i Norden* 29, 2, 21–25.
- Olsson, J.-A. & Sääf, L.-J., 1978: Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. En jämförelse av några enkla metoder i Nolered, Torslanda, Göteborg. *Examensarbete. Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 116*.
- Olofsson, B. & Ericsson, L.O., 1985: Miljöförändringar vid värmeutvinning ur berg och grundvatten. *Byggforskningsrådet rapporter R 149*.
- Olofsson, B., 1996: Salt groundwater in Sweden – occurrence and origin. 14th Salt Water Intrusion Meeting, SWIM 96, 16–21 June 1996, Malmö, Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 87, 91–100.
- Persson, G., 1992: Groundwater protection and vulnerability maps in Sweden. *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia Vol. XLII*.
- Persson, L., Eliasson, T., Göransson, M., Kero, L., Lundqvist, S. & Sträng, M., 2000: Beskrivning till Bergkvalitetskartan över Göteborg. *Sveriges geologiska undersökning serie Ba 59 Bk*.
- Petersson, L., 2001: *Salthalter i grundvattnet i Göteborgsområdet*. Institutionen för Geovetenskaper, Göteborgs Universitet.
- Pettazzoni, J., 1992: Göta älvvattnets påverkan på bottensedimenten i Lilla och Stora Delsjön, Göteborg. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 367*.
- Pousette, J., 1988: Groundwater Documentation in Sweden. *WHO Water Quality Bulletin, Vol. 13, No. 4*, Canada Centre for Inland Waters, October 1988.
- Pousette, J., 1989: *The Swedish hydrogeological county maps*. Memoires of the International Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development. Hannover, Federal Republic of Germany.
- 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: *Monitor: Sura och försurade vatten*. Statens naturvårdsverk.
- Rodhe, A., 1987: The origin of streamwater traced by oxygen-18. *Rep. Ser. A, No 41, Div. of Hydrology, Uppsala universitet*.
- Rosén, L., 1987: Hydrogeologisk klassificering med Le Grand's metod av avfallsdeponier i Göteborgs kommun. Projektarbete. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 307*.
- Rosén, L., 1990: *Försök med DRASTIC och "DEQE-systemet" inom kartbladet Göteborg SO*. Rapport. Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet.
- Selinus, O., Rundqvist, R., & Johansson, P., 2001: *Göteborgsprojektet, Geokemi i Göteborgs kommun 2000. Kartor över tungmetaller och organiska miljögifter*. AB Jacobson & Widmark och Sveriges geologiska undersökning.
- Samuelsson, L., 1978: Beskrivning till berggrundskartan Göteborg SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 117*.
- Samuelsson, L., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*.
- Samuelsson, M., 1983: Ytligt grundvatten – kemi och omsättning. En studie av källor i skogsmark. Institutionen för kulturteknik. *Kungliga tekniska högskolan. Meddelande TRITA-KUT 3023*.
- Sandberg, B., 1982: *Korrosion på markförlagda konstruktioner – påverkan av markförsurning*. Korrosionsinstitutet, Stockholm.
- Sandegren, R. & Johansson, H.E., 1932: Beskrivning till kartbladet Göteborg. *Sveriges geologiska undersökning Aa 173*.
- Saxena, R. & Dressie, Z., 1983: *Estimation of groundwater recharge and moisture movement in sandy formations by tracing natural 0-18 and injected tritium profiles in the unsaturated zone*. Isotope hydrology (Proc. Symp. Vienna, 1983), IAEA, Vienna, 139–150.
- Statens offentliga utredningar, 1994: Reglering av vattenuttag ur enskilda brunnar. Delbetänkande av Grundvattenutredningen. *SOU 1994:97*.
- Ström, K., Carlsson, L., Anttonen, M.L., Lång, L.-O. & Swedberg, S., 1987: Grundvattenkontrollen i Göteborgs kommun. *Miljö- och Hälsoskyddsförvaltningen, Göteborgs kommun, Publ 1987:9*.
- Sundlöf, B. & Kronqvist, L., 1992: Konstgjord grundvattenbildning. *VAVVA-Forsk Rapport nr 1992-13*.
- SGU, 1985: Svenskt vattenarkiv, Grundvattennätet. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 43*.
- Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, 1994: Dricksvattenteknik. Grundvatten. *VAV P71*.
- Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, 1995: VA-verk 1994. Statistiska uppgifter över kommunala vatten- och avloppsverk. *VAV S94*.
- Svenska Vatten och Avloppsverksföreningen, 1997: Skydd av vattentäkter. *VAV M98*.
- Svensson, C., 1984: Analys och användning av grundvattenobservationer. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. A 49*.
- Svensson, C. & Sällfors, G., 1985: Beräkning av dimensionerande grundvattentryck. 1. Göteborgsregionen. *Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, medd. 78*.
- Svensson, C., 1996: Litteraturlista för grundvatten i urban miljö på Internet. *VAVVA-Forsk Rapport nr 1996-12*.
- Svensson, T. & Waldstam, M. 1980: Sambandet mellan berggrund och vattenföring i bergborrade brunnar, Tjörn. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 151*.
- Swedberg, S., 1989: Groundwater acidification in southwestern Sweden. Long-term changes in groundwater chemistry. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. A 67*.

- Swedberg, S., 1991: Skyddsområden för vattentäkter i Göteborgs och Bohus län. *Vatten* 47, 105–107.
- Swedberg, S., 1995: Regional groundwater monitoring and examples of acidification trends in the province of Göteborg and Bohus, southwestern Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution* 85, 1843–1848.
- Söderström, M.L., 1987: Inventering av skyddsvärda källor i Göteborgs och Bohus län. *Miljöfakta i Göteborgs och Bohus län, Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten, Rapport 1987:12*.
- Thurén, S., 1992: Försurning – nitrat/nitrit, fluorid och radon i enskilda vattentäkter i Göteborg. *Miljö- och hälsoskydd, Göteborgs stad, Publ. 1992:22*.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1970: Vattenordlista 2. *TNC* 45.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, 1984: Geologisk ordlista. *TNC* 77.
- Tilly, L., Maxe, L., Johansson, P.-O., 1999: Spårämnesförsök som undersökningsmetodik vid konstgjord grundvattenbildning. *VAV, VA-Forsk Rapport nr 1999-14*.
- UNESCO, 1970: *International legend for hydrogeological maps*. UNESCO, Paris.
- Wedel, P., 1978: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat med ett försöksområde i Angered. *Chalmers tekniska högskola, geohydrologiska forskningsgruppen, medd. 22*.
- Winqvist, G., 1953: Groundwater in Swedish eskers. *Kungl. tekniska högskolans handlingar* 61.
- Yang, Y., Lerner, D.N., Copperthwaite, N.H. & Barrett, M.H., 1999: Assessing the impact of Nottingham on groundwater using GIS. *IJ. Chilton (red): Groundwater in the urban environment: Selected City Profiles*, 281–287. Balkema.
- Årebäck, M., 1994: Hydrogeological investigations and corrosion monitoring in an urban soil profile in Göteborg, Sweden. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, Publ. A 77*.
- Årebäck, M. & Vinka, T.-G., 1994: Hydrogeologiska undersökningar och korrosionsmätningar i en urban lagerföljd. *Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, Publ. B 391*.
- Överstyrelsen för Civil Beredskap, 1998: *Kommunal översiktsplanering för grundvattenförsörjning i krislägen*. Forskningsrapport. Stockholm.

Ej tryckta utredningar

1946-01, 02	Gatukontoret, Göteborg	O56	Sondborrningar inom f.d. Västra Frölunda s:n.
1947	Gatukontoret, Göteborg	B09	Sondborrningar väster om St. Delsjön
1950	Gatukontoret, Göteborg	885	Utredning 58A.
1953-03-25	AIB Göteborg		Redogörelse för grundvattenundersökningar inom Säve stationssamhälle.
1956-12-15	Sandins Ing. byrå		Slutlig redogörelse för grundvattenundersökningar inom Kallebäcksområdet.
1961-03-28	Byggnadskontoret Kungsbacka		PM över utförda grundvattenundersökningar för Angered (Göteborgs) kommun under åren 1959–1960.
1962-10	Christiani och Nielsen AB	599	ÖP geotekniska förhållanden Tingstadstunneln.

1963-03-06	VBB		Angered - Bergum planering. Rapport nr 1 (mars 1963) Allmän beskrivning av grundförhållanden.
1963-10-30	Kjessler & Mannerstråle AB	895	Situationsplan skala 1:4000, ritning Nr 45 359-G1, KV Kyrksången församling-hem i Lundby, Göteborg.
1963-12-06	Kjessler & Mannerstråle AB	C17	Industritomt vid Hylte, Askims kommun. Översiktlig grundundersökning.
1964-03-03	Gatukontoret, Göteborg	O24	Riksväg E6, Göteborg, Geotekniskt utlåtande för järnvägstunnel S:t Pauligatan-Danska vägen, samt tillfartstunnel från Södra Gubberogatan, Dnr 149/60.
1964-06-15	Ingenjörbyrå VIAB AB	579	Yttrande över grundundersökningar i Stora Delsjön och för tillfartsväg till Bratteklevs udde.
1965-08-25	Gatukontoret, Göteborg	016	Gammelstadsvallen, Uppdrag Nr 67.0398.
1967	Stor-Göteborgs samarbetskommitté		Stor-Göteborg. Vattenförsörjning.
1967-06-29	Vattenbyggnadsbyrå (VBB)	604	Angered Bergum, planering rapport nr 13. Detaljredovisning av grundundersökning på Bergumsslätten utförd våren 1967.
1969-01-13	Orrje & CO, Scandiaconsult	972	Utlåtande över grundundersökning inom kv Bullerön i Backa industriområde, Göteborg.
1969-02-25	Gatukontoret, Göteborg	225	Ombyggnad av Hjalmar Brantingsgatan, delen Långströmsgatan–Sommarvädersgatan.
1970-10-14	Gatukontoret, Göteborg	322	Geotekniskt utlåtande för industriområde vid Storås, Nr 83/70-44.
1971-06-09	Gatukontoret, Göteborg	239	Geotekniskt utlåtande för Oskarsleden i Göteborg, utbyggnadsetapp 3, Nr 23/69-414.
1971-10-12	Gatukontoret, Göteborg	246	Geotekniskt utlåtande för Hjalmar Brantingsplatsen, Göteborg, Utbyggnadsetapp 1, Nr 430/68-414.
1972	Gatukontoret, Göteborg	367	Geotekniskt utlåtande för Ryaverket i Göteborg, utbyggnadsetapp II, Dnr 260/66-414 Po.
1972-05-26	Gatukontoret, Göteborg	382	Sammanställning över grundförhållanden, område Bäckbol–Kärre, södra delen.

1972-09-22	RTAB (Rolf Tellstedt AB)	535	Geoteknisk undersökning inom Olskroken, Göteborg.
1973-03-08	Göteborgs förorter		Skyddsområde för grundvattentäkter i Gunnilse.
1973-03-20	VIAK AB	G41	Utlåtande över grundförhållandena och utfyllningsförslag vid föreslagen upplägningsplats i Tagene.
1973-10-18	Gatukontoret, Göteborg	494	Geotekniskt utlåtande för Bratthammar, B113.
1974-10-07	VIAK Göteborg		AB Pripps Bryggerier, Kallebäck. Teknisk beskrivning av grundvattentäkter.
1975-08-22	Göteborgs förorter		Skyddsområde för grundvattentäkten Olofstorp.
1975-11-17	Gatukontoret, Göteborg	609	Geotekniskt utlåtande Nr 30/75-2 Po, över utförd grundundersökning inom B148 Vänmötet–Lugnet för VA-sanering.
1976-02-10	Gatukontoret, Göteborg	555	Geotekniskt utlåtande för gator och VA-ledningar inom Angered centrum (B 390), Nr 424/68 Po.
1976-07-30	Gatukontoret, Göteborg	639	Geotekniskt utlåtande för Lövgärdet, område öster om (B 396). Resultat av stick-sonderingar med motorslagborrmaskin. Nr 32/72 Proj.
1976-10-22	Gatukontoret, Göteborg	636	PM över utförd kompletterande undersökning för planerad Musikteater i Trädgårdsföreningen, Nr 93/74.
1977-02-15	Orrje & CO, Scandiaconsult	267	Spillvattentunnel, Slottsskogen–Annedal–Mölnålsån. Utlåtande över geoteknisk undersökning för planerad spillvattentunnel, ledning i Varbergsgatan.
1978-02-23	Gatukontoret, Göteborg	723	Geotekniskt utlåtande beträffande totalstabiliteten för Orrekulla industriområde, delen Klarebergsmotet, etapp II, Göteborg, Nr 4/72 Po.
1978-07-07	Gatukontoret, Göteborg	753	Geotekniskt utlåtande över utredning om översiktliga stabilitetsförhållanden för förslag till områdesplan (maj –77) i Gunnilse–Rågården längs Lärjeån, Dnr 147/70 Po.
1979-02-16	Gatukontoret, Göteborg	784	PM beträffande stadsdelen Gamlestaden, på del av STÄ 8672I, Gamlestadsvägen.

1979-03-30	Gatukontoret, Göteborg	245	Geotekniskt utlåtande för Boråsleden, RV40, delen Kallebäck–Delsjön, Göteborg, Nr 10/69 Po.
1979-04-25	Bergab Göteborg		Vattentäkt Kvisljungeby. Förberedande hydrogeologisk undersökning. Göteborgs VA-verk.
1979-10-15	Kjessler & Mannerstråle AB	L48	Göteborg, Torvhög, Geoteknisk undersökning, Nr 4400654.
1979-10-15	RTAB (Rolf Tellstedt AB)	876	Geoteknisk undersökning inom Skogome, Larsered och Göpås på Hisingen, Göteborg.
1979-10-15	Kjessler & Mannerstråle AB	L48	Torvhög, Geoteknisk undersökning.
1980-08-15	Gatukontoret, Göteborg	933	Utlåtande över geoteknisk undersökning för strötomter 17 & 29 (Antenngatan), Dnr 48/80 Po.
1980-11-12	Gatukontoret, Göteborg	935	Geoteknisk undersökning Nr 52/80 Po, för industritomt i Högsbo, Göteborg.
1981-08-24	Geotekniskt utlåtande	A07	Geotekniska undersökningar för Röseredhöjd, Dnr 63/81.
1981-12-14	Gatukontoret, Göteborg	A31	Kålltorp, vibrationsmätningar och geotekniska undersökningar.
1982-03-12	Gatukontoret, Göteborg	813	Geoteknisk utredning del 3, Storgatan–Molinsgatan, VA 199.
1982-08-12	Gatukontoret, Göteborg	B48	B167 Allmänna vägen mfl. Geoteknisk utredning, Nr 88/76 Po.
1982-09-13	Gatukontoret, Göteborg	B44	Bankebergsgatan – Svalebo sjukhem, Geoteknisk undersökning Nr 70/82 Po.
1982-12-09	Geotekniskt utlåtande	B81	Spårvägsbank vid Gropegårdsgatan, Geoteknisk utredning, Dnr 16/82 Po.
1983-04-29	Gatukontoret, Göteborg	C25	VA 270, Kvibergsbäcken, Etapp II, Geoteknisk undersökning, Dnr 61/82 Po.
1983-05-20	Gatukontoret, Göteborg	C28	Olofstorp 4:5, Transformatorstation 2770, Geoteknisk utredning, Nr 69/83 Po.
1983-10-25	Gatukontoret, Göteborg	D31	Bellevue, Kviberg, Stallmästaregatan, Kvibergsvägen, geoteknisk grundundersökning, Dnr 82/83 Po.
1983-10-31	Bikonol Konsult AB	C56	Innerstaden, geoteknisk fält- och labundersökning.
1984-05-21	Bikonol Konsult AB	E49	Fält- och laboratorieundersökningar inom Askim m.fl., Rapport.

1984-12-10	Gatukontoret, Göteborg	D92	Geoteknisk utredning, fjärrvärme Eklandagatan–Krokslättssjukhem, Nr 1245/84.
1985-12-12	Gatukontoret, Göteborg	FO8	Säveån, SKF, Göteborg, området mellan Hållarefabriken och H-förrådet. Stabilitetsutredning, Nr 840/85 Po.
1986-11-20	VIAK Göteborg		Arla, Gundla mosse. Resultat från prov-pumpningar i nya grusfilterbrunnar vid Rb 8502 och Rb 8503.
1988-03-22	Gatukontoret, Göteborg	G99	KV. Hallkyrkan Rydholmsgatan–Vår-vindsgatan, Geotknisk undersökning, Nr 508/88.
1989-03	Terragon AB		Tagenetippen – en hydrogeologisk utredning – utvärdering av tidigare undersökningar.
1993-02-04	NCC Teknik	M42	Ullevi grundförstärkning, Geoteknisk undersökning. Borrplan.
1994-05-03	Gatukontoret, Göteborg	L12	Askim Sörgårdsväg. Porttryckning, As400. Rapport över geotekniska undersökningar, Dnr 461/94.

SGUs Rapporter och meddelanden, valda exempel

- Nr 9. Grundvattentillgångar i Sverige. 1977.
- Nr 12. Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadssläätten. 1979.
- Nr 17. Modell för simulering av utbytesförlopp i ett sand–bentonitskikt. 1980.
- Nr 21. Groundwater-level fluctuations as a measure of the effective porosity and groundwater recharge. 1980.
- Nr 27. Intruded and relict groundwater of marine origin. SWIM -81. 1981.
- Nr 30. Radon – geological aspects of an environmental problem. 1982.
- Nr 37. Geokemisk kartering. 1984.
- Nr 39. Salt grundvatten i Sverige. 1985.
- Nr 42. Geokemisk kartering. Bäcktorv. 1985.
- Nr 43. Grundvattennätet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
- Nr 44. Grundvattenkvalitet. Svenskt vattenarkiv. 1985.
- Nr 51. Biogeokemiska kartan. Tungmetaller i bäckvattenväxter. Översiktsbladen Göteborg och Borås. 1988.
- Nr 57. Karbonat i jord. Del 4. Försurning i äldre sedimentlagerföljder med anknytning till och i jämförelse med nutid. 1990.
- Nr 72. Radonhalten i grundvatten i granitområden i Malmöhus län. 1992.
- Nr 86. Miljögeologi. Kartor för samhällsplanerare och miljövärdare. Exempel från Mittnorden-området. 1996.
- Nr 87. 14th Salt Water Intrusion Meeting, Malmö, SWIM -96. 1996.
- Nr 99. Grundvattnets tillstånd i Sverige. Årsskrift från miljöövervakningen 1999.

Grundvattenkartor

SGU serie Ag

Grundvattenkartor i skala 1:50 000

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

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. Västra Götalands län, västra delen, f.d. Göteborgs och Bohus län
13. Västra Götalands län, mellersta delen, f.d. Älvsborgs län
14. Östergötlands län
15. Skåne län
16. Gävleborgs län
17. Grundvattnet i Sverige (skala 1:1 miljon)
18. Dalarnas län
19. Värmlands län
20. Örebro län
21. Jämtlands län
22. Västerbottens län
23. Västernorrlands län
24. Norrbottens län

SGU serie An

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

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

SGU serie K

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

- K44 Umeå
- K49 Västerås-Hallstahammar
- K50 Kristinehamn
- K62 Örkelljunga
- K63 Mölndal
- K69 Sigtuna (karta)
- K 78 Ekerö
- K82 Halmstad (karta)
- K83 Köping
- K88 Eskilstuna–Kungsör (karta)
- K89 Helsingborg (karta)
- K90 Båstad (karta)
- K91 Heby (karta)
- K92 Botkyrka
- K93 Salem
- K102 Kävlinge (karta)
- K103 Staffanstorps-Lomma-Burlöv
- K104 Landskrona (karta)
- K108 Uddevalla
- K109 Göteborg
- K110 Enköping (karta)
- K116 Lund (karta)
- K117 Malmö (karta)
- K130 Vårgårda (karta)
- K131 Härryda (karta)
- K132 Partille (karta)
- K134 Lerum (karta)
- K135 Alingsås (karta)
- K139 Västra Skogen
- K140 Örebro och Kumla samt delar av angränsande kommuner
- K141 Brattforsheden

Dessutom finns följande kartdatabaser tillgängliga:

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