

## Kap 4 GEOLOGI - HYDROGEOLOGI

Geologi är ett mycket omfattande ämne som ej kan behandlas i någon fullständig form i denna handbok. I första hand skall därför här beskrivas sådana geologiska faktorer som har med grundvatten att göra, dvs hydrogeologiska frågor.

Grundvatten används förutom till dricksvattenförsörjning även till kylning och som värmekälla vid värmepumpning. Grundvatten används också för så kallad akvifärlagring av värme och kyla. Något vatten förbrukas då ej utan grundvattenet utnyttjas endast för att transportera värme eller kyla och återinfiltreras efter användningen (värmeväxlingen). Även för jordbruks- och trädgårdsbevattning utnyttjas grundvatten numera i rätt betydande omfattning. Nedan beskrivs vilka geologiska bildningar som kan utnyttjas för vattenuttag, dvs olika typer av akvifärer.

Det är viktigt att brunnsborrharen kan hjälpa markägaren med olika idéförslag hur han bäst skall ordna sitt vatten och avlopp och eventuellt också sin energiförsörjning och eventuella kylbehov.

SGUs hydrogeologiska länskarter i skala 1:250.000 serie Ah, ger en första översikt för olika delar av landet. Lokalt finns för vissa områden mer detaljerade kartor i skala 1:50 000, ser Ag och kommunvisa grundvattenkartor i skala 1:50 000 ser Ax.

I detta kapitel skall behandlas olika allmänna synpunkter som äger giltighet över hela landet och som brunnsborrhare, vilka huvudsakligen borrar brunnar i urberg, har nytta av att känna till.

### SVERIGES GRUNDVATTENFÖRÄNDE BILDNINGAR

De geologiska förhållandena i Sverige är ganska ogynnsamma för grundvattenmagasinering. I en huvudsakligen kristallin, oge-nomtränglig bergmassa av mestadels granit och gnejs finns sprickor och sprickzoner som ger en varierande vattenföring. Genom urbergets stora volym är dock uttagsmöjligheterna tämligen goda speciellt för vattenförsörjning av enskild bebyggelse. Berget täcks av ett tunt lager av lösa avlagringar, huvudsakligen bestående av morän och lera. Även morän har stor betydelse för enskild vattenförsörjning. De hydrogeologiska förhållandena i Sverige skiljer sig markant från förhållandena på kontinenten, där jord- och berggrundsförhållandena är gynnsamma för grundvattenmagasinering.

De *lösa avlagringarna*, som huvudsakligen härstammar från kvartär tid, är i allmänhet ej mer än 5-15 m tjocka. Endast i sydligaste Sverige överskrider de mera allmänt 50 m

tjocklek. Den vanligaste typen av glacialt material är morän som täcker ungefär 75 % av totala landytan och har en genomsnittlig tjocklek av 3-5 m. Ca 15 % av landytan täcks av organiskt material, mestadels olika typer av torv. Sorterade sediment av sand och grus återfinns i dalgångar där s k isälvar gått fram vid landisens avsmältning. Därvid avsattes grusåsar i de flesta större dalgångar. Grusåsar är därför vanliga i Sverige. Deras mäktighet kan överskrida 100 m men är vanligen mycket mindre.

De lösa avlagringarna har mycket olika egenskaper, vilket gör att magasineringskapaciteten för grundvatten liksom möjligheterna till grundvattenuttag varierar från plats till plats.

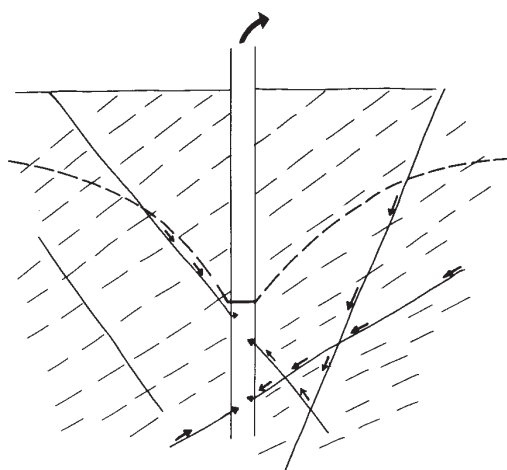
Grundvattenbrunnar i moränen eller i berget ger vanligen endast möjlighet till små uttag men som regel tillräckligt för enskild bebyg-

gelse. Åsarna bildar emellertid akvifärer av stor betydelse, där upp till 500 l/s lokalt kan uppföras för vattenförsörjning. Åsarna är goda reservoarer för naturlig grundvattenbildning. I många fall används grusåsar också för konstgjord grundvattenbildning.

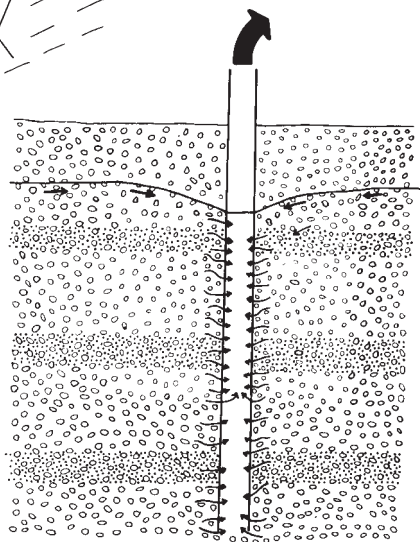
Sedimentära bergarter med relativt hög porositet och permeabilitet förekommer i vissa områden i södra Sverige, där speciellt vissa sorters sandstenar är lämpliga för grundvattenuttag och är av stor betydelse för vattenförsörjningen i dessa regioner.

*Grundvattenytan* följer en säsongvariation. I södra Sverige är grundvattenståndet högt under vintern, avtar under vegetationsperioden till ett minimum vid sommarens slut och stiger i samband med höstregn. I norra Sverige är regimen omvänd med ett minimum under senvintern och maximum som följd av snösmältningen under försommaren.

Två huvudtyper av grundvattenförande bildningar (akvifärer) finns vilka utnyttjas för vattentäkter *sprickakvifärer* och *porakvifärer*. figur 4.1 och 4.2.



Figur 4.1 Sprickakvifär



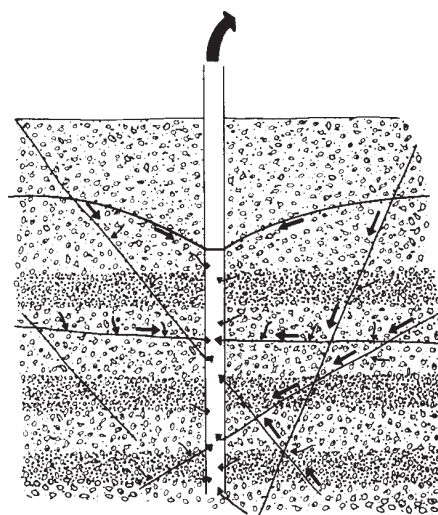
Figur 4.2 Porakvifär

*Sprickakvifärer*. Allt urberg och huvuddelen av den sedimentära berggrunden utgör sprickakvifärer. I sällsynta fall fungerar spricksystem i lera som en sprickakvifär t ex i tidigare vattentäkter i Skara.

Vid borrning av brunnar i sprickakvifärer påträffas ej vatten förrän en spricka påborras. Vatten stiger då upp i borrhålet till den trycknivå grundvattnet har i sprickan.

*Porakvifärer*. Jordlager (sand och grus) och i vissa sandstenar i den sedimentära berggrunden bildar porakvifärer. Brunnar i porakvifärer kan vara borrade *rörbrunnar* (med eller utan filter) slagna eller nedspolade *rörspetsar* eller *schaktbrunnar* (grävda brunnar). Om tätande lerlager eller skifferlager som håller grundvattnet under tryck finns påträffas inte grundvatten förrän man gått igenom de täckande lagren. Grundvattnet stiger då i borrhålet till den trycknivå som vattnet har i porakvifären. Man kallar dessa akvifärer slutna. I en öppen akvifär i sand och grus påträffas grundvattnet vid grundvattenytan.

Kombinationer av por- och sprickakvifärer förekommer, figur 4.3.

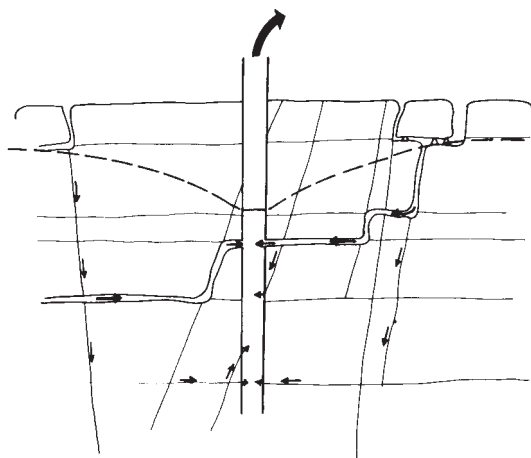


Figur 4.3 Kombination av por- och sprickakvifär

- Grundvattenyta
- - - Grundvattnets tryckyta
- Strömpil
- ⬆ Brunn med uttag
- Spricka
- Skifferighet
- Karstvittrad spricka

”Karstakvifär” är en speciell typ av sprickakvifär.

I kalkberggrund kan sprickorna vidgas till kanaler och grottor. Denna typ av kvifär kallar man karstberggrund och den förekommer inom vissa områden på Öland och Gotland samt i Jämtland och Skåne.



Figur 4.4 Karstakvifär

## Jordlager som skydd mot föroreningar

Vatten som infiltrerar i mark filtreras (renas) mest effektivt i jordlager. Detta beror på att i en porakvifär strömmar vatten i många små kanaler och på bred front. I en sprickakvifär blir reningen sämre eftersom vattnet stormar snabbt i sprickor och kanaler. Jordlager på berggrunden har därför stor betydelse för grundvattenskyddet. Där karstberggrund går i dagen som på Öland och Gotland är grundvattenskyddet sämst. Stor försiktighet måste därför tillämpas om man gräver diken som har förorenat vatten så att inte berggrunden blottläggs och vattnet direktinfiltrerar i bergets sprickor.

## Undersökningsborrningar (grundvattenundersökning)

Omfattningen av de undersökningar som utförs anpassas till den vattenmängd som skall framtas och den geologiska situationen.

För en *enskild vattentäkt* t ex för ett småhus är vattenbehovet så litet att man nästan, var man än borrar eller gräver en brunn, kan erhålla tillräckligt med vatten. Någon speciell undersökning annat än brunnborrarens platsbesiktning brukar därför ej utföras.

För en *kommunal vattentäkt* eller *annan vattentäkt med större vattenbehov* erfordras en speciell undersökning vilken som regel brukar utföras av någon ingenjörsfirma med erfarenhet av grundvattenundersökningar. En sådan utredning utförs ofta av en geolog i samarbete med en ingenjör. Genom att studera geologiska kartor och tidigare borrhningar m m skapar sig geologen en bild av de hydrogeologiska förhållandena. En uppfattning erhålls om vad som finns under markytan och var gränser mellan olika geologiska enheter går. Vidare erhålls en uppfattning om hur dessa gränser är beskaffade och vilket samband som finns mellan yt- och grundvatten i området.

Olika typer av fältundersökningar i form av kompletterande geologisk kartering, rörborrhningar m m utföres som regel vid val av brunnplats för en kommunal vattentäkt.

När det gäller vattentäkter i jord redovisas de olika rörborrhningarnas lägen och nummer på en karta. Som regel utnyttjas 2"-stålrör vid rekognoseringsborrningen. Rören numreras löpande varefter de slås ner med angivande av nr, t ex 9501 för rör nr 1 1995. Vid äldre vattentäkter kan rör från olika undersöknings-tillfällen påträffas och identifieras eftersom numret brukar slås in på det låsbara locket på röret. Rören brukar sticka upp 0,5 - 1,0 m ovan markytan för att såväl sommar- som vintertid lätt kunna återfinnas.

Rörborrhningarna redovisas i ett protokoll med angivande av jordart och förutsättningar för vattenuttag.

Av protokollet framgår även nivåer för röröverkant, nivåer för grundvattenyta och för markyta och rörlängd.

När det gäller större vattentäkter i berg görs ofta en tektonisk analys med hjälp av topografisk karta eller flygbilder. För att få fram information om sprickzoner och jorddjup utförs VLF-mätning eller seismisk undersökning. Även andra geofysiska metoder kan användas men beskrivs ej närmare här.

För mindre samhällen är det möjligt att med sänkborrhutrustning utföra brunnar både i jord och berg med tillräcklig kapacitet.

## Vattentäkter i urberg

Eftersom ca 75 % av landets yta har kristallint urberg som berggrund är urberget den

viktigaste akvifären för framtagning av grundvatten till spridd bebyggelse.

Förr i tiden när bergborring ej var lika enkelt att utföra som nu var grävda brunnar och naturliga källor de huvudsakliga vattenuttagspunkterna.

Olika utförande av bergborrade brunnar redovisas med figurer i kapitel 6 och 10.

Urberg har mycket liten porositet (hålvolum). Denna ligger som regel under 0,1 % och utgörs av de sprickor som genomsätter den täta bergmassan. Detta betyder att bergmassan per volymsenhet innehåller litet vatten (mindre än 1 liter/kbm berg).

Viktigt vid stora vattenuttag i berg är därför det jordtäckte som finns ovanpå berget som "vattenleverantör" till bergets spricksystem.

Även i terräng med liten jordtäckning spelar svackor i bergterrängen med några få meters jordtäckte stor roll som vattenmagasin och vattenleverantör till sprickorna.

I jord varierar porositeten mellan 5-25 % varför jordlager under grundvattenytan per volymsenhet innehåller betydligt mer grundvatten än urberg. För att kunna utnyttja urberget som akvifär (grundvattenleverantör) fordras att man vid borrning träffar på vattenförande sprickor. All vattenprospektering i urbergsterräng går ut på att lokalisera vattenförande sprickor och sprickzoner som genomsätter bergmassan.

Urberget har om man ser det från vattenprospekteringssynpunkt dessbättre varit utsatt för så mycket tektoniska spänningar att hela bergmassan är genomsatt av större och mindre sprickor. Detta medför att nästan var man än ansätter ett borrhål så träffar man vid borrningen på större eller mindre sprickor.

Urberget är på ett sätt enhetligt genom sin låga porositet och grundvattnets uppträdande i sprickor (sprickakvifär) å andra sidan är urberget mycket heterogent genom alla de olika bergarter som förekommer och det "virrvarr" av sprickor som finns och som förekommer i ett visst mönster både regionalt och lokalt. Sprickorna har olika öppenhet och vattenföring beroende på många olika faktorer som bergspänningar, bergartens sprödhet, närhet till tidigare vittringsytor m m.

Det brunnborraren märker är:

- olika kronslitage i olika bergarter där kvartsit som är en bergart av enbart kvartskorn sliter kronor mest

- olika vattenföring beroende på variation i sprickighet

- olika vattenkemi beroende på varierande mineralasammansättning hos berg- och jordarter samt topografiskt och regionalt läge

Dessa tre faktorer försöker man redovisa på SGUs hydrogeologiska kartor genom:

- en berggrundskarta som visar utbredningen av olika bergarter
- en karta som med olika färg anger bergets vattenföring och med streckade linjer anger större sprickzoner
- att på samma karta ange områden med risk för hög halt av fluorid ( $F^-$ ) och klorid ( $Cl^-$ ).

Man kan dela upp berggrunden i dels stora sammanhängande bergartsområden som sörmlandsgnejs med mycket liten vattenföring (<600 l/tim) och t ex smålandsgranit med liten vattenföring (600-3.600 l/tim). Inom dessa områden med en viss "bassprickighet" förekommer sprickzoner med högre vattenföring.

I Skåne är urberget inom vissa områden extra uppsprucket vilket medför att det är vanligt att brunnar där ger 10-50 ggr mer än i övriga Sverige. Medianvärdet på brunnskapaciteten är där >7000 l/tim.

## Vattentäkter i sedimentära (lagrade) bergarter

Sedimentära bergarter kan ha olika typ av grundvattenströmning (sprickakvifär eller porakvifär).

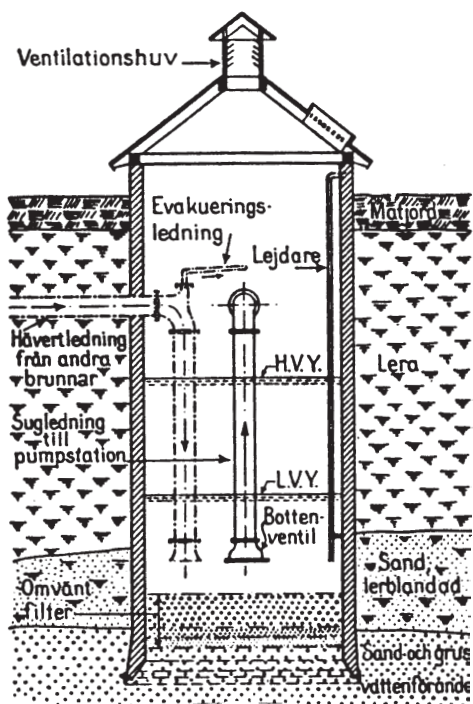
Sedimentärt berg kan uppträda som sprickakvifärer i likhet med urberg där det sedimentära berget är massformigt och tätt. Vattnet rör sig där i ett spricksystem och kommer endast in i brunnen där det finns en spricka. Eftersom sedimentära bergarter är yngre än urberget finns ej så mycket förkastningar och sprickor som i urberg. Däremot utbildas ofta sprickor mellan olika lager där det av olika anledningar finns svagheter i lagerföljden. Dessa skiktgränser eller sprickplan är ofta vattenförande. De rörelser som urberget undergått sedan den sedimentära bergarten bildades återfinns i den sedimentära lagerpacken i form av sprickbildningar. Ofta har områden med sedimentärt berg bevarats genom att förkastningar lett till att det sedimentära berget hamnat i ett skyddat läge nedanför en förkastningsbrant.



*Fig 4.5 Grävd Brunn  
c:a 1000 mm i  
diameter (efter T  
Agerstrand)*

## Sänkbrunnar (diameter ca 2000 - 4000 mm) fig 4:6

För större vattenbehov utfördes förr ofta stora sänkbrunnar. De var av 200 - 300 mm tjock betong och med en stålring längst ner. De pressades med hjälp av tyngder ner i jorden under samtidig schaktning inuti brunnen. Med hjälp av schaktskopor och dykare kunde man schakta sig ner 5 - 10 m under grundvattenytan. Schakten utfördes under vatten för att undvika att vatten skulle strömma mot brunnen och erodera och störa jordlagren vid utförandet av brunnen. När vattenförande lager påträffades lades ett omvänt filter av sten och grus på brunnsbotten för att hindra finsand att följa med vattnet vid avsänkning av vattenytan. Sänkbrunnar utfördes för gemensamma vattentäkter i både grus- och moränavlagringar.



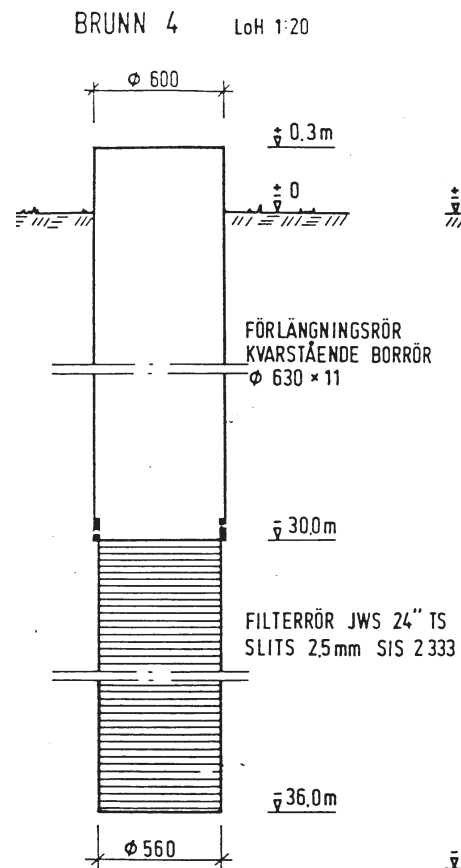
Figur 4.6  
Sänkbrunn  
diameter 2000 mm

## Rörbrunnar (diameter ca 150 - 1500 mm)

Rörbrunnar är av två typer, dels öppna rör som går ner till mycket grovt grus eller stenmaterial från vilket vatten tillströmmar genom den öppna röränden, dels rörbrunnar med ett filter eller silrör som placeras i det vattenförande lagret. De senare brunnarna kallas också filterbrunnar och silrörsbrunnar.

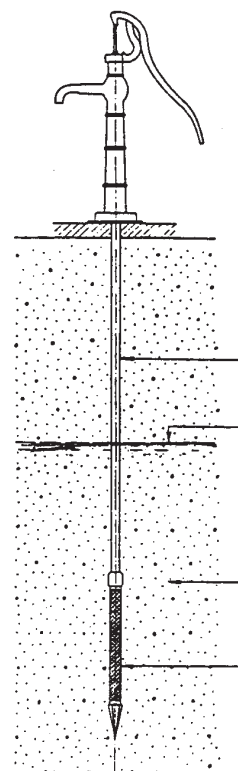
I det fall man spolat bort finmaterialet i den

naturliga jorden kring ett filter så att det bildas ett sandigt - grusigt lager närmast detta får man en *s k formationsutvecklad filterbrunn* eller kortare *formationsfilterbrunn*.



Figur 4.7 Rörbrunn typ  
filterbrunn

En enkel typ av rörbrunnar är rörspetsar (diameter 50 - 100 mm) som har en perforering ovan en stålspets. Rörbrunnar slås ner i jorden med en fallvikt eller trycklufthammare.



Figur 4.8  
Rörspetsbrunn  
(efter T Agerstrand)

## Källor

Källor är naturliga punktformiga utläkningspunkter för grundvatten. Att en källa finns på ett visst ställe beror på en viss geologisk situation, dvs läge i terrängen och geologiska förhållanden.

Källor hade i äldre tid stor betydelse för vattenförsörjningen. Man valde ofta att placera ett torp eller boställe på en plats där det fanns en källa. Därför finns det ofta källor intill äldre bebyggelse.

Man kan uppdelas källor i två typer:

*dels* de som mynnar i slänter och sluttningar och som beror på att ett mer eller mindre tätt jord- eller berglager mynnar i slänten eller branten (fig 4.9 a och b).

*dels* de som utgör bräddavlopp för mäktiga vattenförande lager och ofta återfinns i terrängens lågpunkter (fig 4.10).

Figur 4:9 a Källa som uppstår där vattengenomsläppligt sand- och gruslager i tät morän leder fram vatten till markytan, G Knutsson et al 1984



Figur 4:9 b Ramlösa hälsokälla. (Efter Erdmann.) Vattnet framkommer vid gränsen mellan sandstenen (på figuren prickad) och skifferleran. Överst morän.

De förra har ofta mindre och mer varierande flöden 0 - 3 l/s, de senare har större och jämnare flöden upp till c:a 150 l/s.

Förutom dessa punktformiga utläkningspunkter för grundvattnet finns ett diffust utläckage av grundvatten i kärr- och myrmarker och i sjöar och vattendrag.

Vid högt grundvattenstånd är utläkningsytorna större än vid lågt.

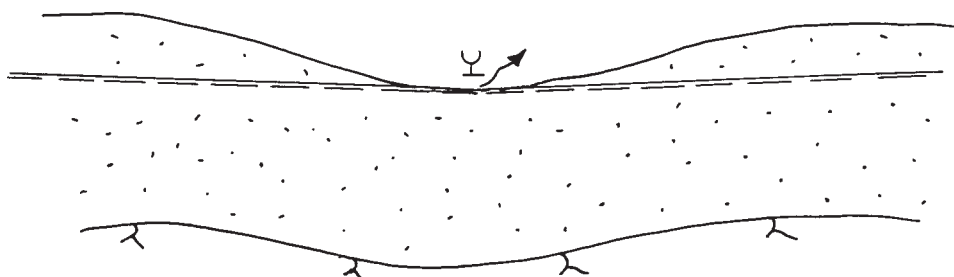
Nästan all nederbörd som faller på naturlig mark infiltrerar i denna. Dels suges den infiltrerade nederbörden upp av vegetationen och avdunstar, dels bildar den grundvatten som avrinner till källor och diffusa utläkningsytor.

Källor har alltid uppmärksamats och även offrats till under både hednisk och kristen tid.

Vid SGUs karteringar har källor noterats och inlagts på de geologiska kartorna samt omnämnts i beskrivningarna vad beträffar flöde och temperatur. För närvarande sker en kartläggning av landets källor genom att uppgifter om källor successivt registreras i ett speciellt källarkiv vid SGU. I detta arkiv införs de källor som besiktigas vid SGUs hydrogeologiska länskartering.

Vid många källor bildas torv och bärigheten på marken invid källan är därför dålig. Det är därför svårt att hämta vatten utan att grumla detta. Ibland har man då lagt en träränna från källan och avlett vattnet till en plats 5 - 20 m från källan så att man lätt kan fylla ett kärl, (fig 4.11, näst sid)

Figur 4:10 Längdprofil av grusås där grundvattenströmmen bräddar ut från en lågpunkt





Figur 4:11 Källa omgiven av lös mark där man lagt en träränna för att lätt kunna hämta vatten

För att förbättra vattenhämtningsmöjligheten har man ibland fördjupat källan och gjort olika typer av källinfattningar. Man har t ex kringgårdat källvattenutflödet med stenar och

ibland även med bräder. Man kunde då lättare fylla t ex en hink med vatten. Eftersom en sådan källa liknar en brunn är det många som använder källa och brunn som likvärdiga begrepp. Från en källa skall dock en grundvattenavrinning vid markytan ske vilket ej sker från en brunn.

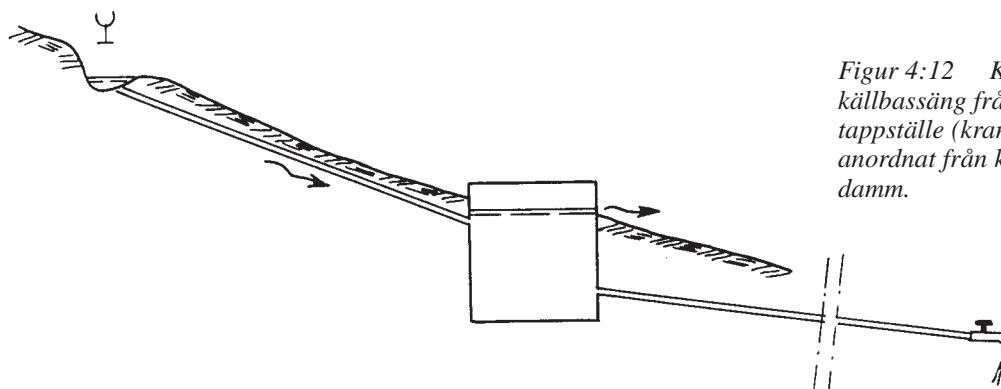
Vid vissa källinfattningar med betongringar har man lagt en ledning som bräddavlopp för källvattnet för att få torrlagd mark vid källinfattningen. Därför ser man inte grundvattenavrinningen förrän man granskar källinfattningen invändigt och ser hålet i betongringen vid vattenytan i vilket vattnet avrinner.

I torvmark rinner ibland källvattnet några decimeter under markytan i armtjocka kanaler genom torven till närmaste dike varför man ej heller där ser grundvattenavrinningen förrän man studerat förhållandena närmare.

Under torrperioder när källflödena minskar eller helt upphör har man haft stort bekymmer med vattenförsörjningen i äldre tider. Ofta har man haft någon säker källa, dvs en källa som ej sinade. Under torrperioden fick man åka eller gå till denna och hämta vatten. Den mark där källan låg gjordes ibland till en allmänning, eftersom det var en allmän vattenhämtningsplats.

Det var naturligt att utföra en grävning vid eller i källan om en källa började sina. På detta sätt har också källinfattningar liknande brunnar tillkommit. Större källflöden har också lett till att man provpumpat och byggt brunnar invid källor.

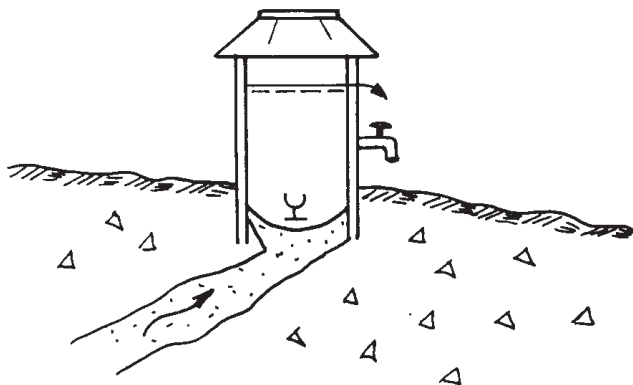
Det ringa flödet från många källor har gjort att man nerströms källan samlat upp vatten i en bassäng från vilken man sedan kunnat göra mer kraftiga tappningar (fig 4:12).



Figur 4:12 Källa med ledning till källbassäng från vilken ledning går till tappställe (kran). Bräddavlopp (pil) är anordnat från källbassäng till bäck eller damm.



Källvattnets tillvaratagande kan även ske genom brunnsättning på marken. Det blir fallet när trycknivån ligger ovan markytan (fig 4:13).

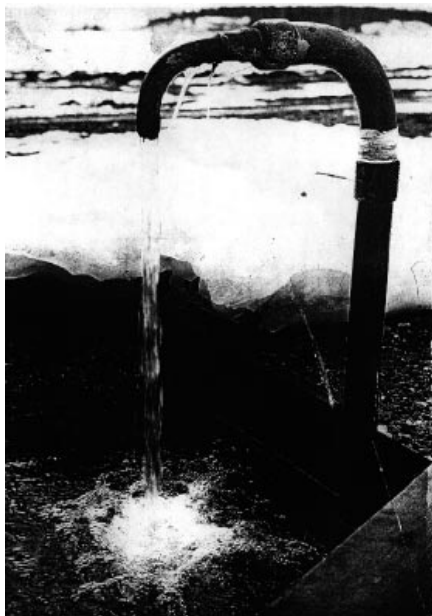


Figur 4:13 Källinfattning med betongrör där källans trycknivå ligger ca 1 m ovan markytan. Tappkranen anordnas för fyllning av kärl (bräddavlopp markerat med pil, Rastaborg Ekerö).

Vid borrning i både berg och jord påträffas ibland vattenförande zoner där grundvattnets trycknivå ligger högre än markytan. Brunnen blir då själv rinnande (artesisck) om brunnsröret kapas eller brunnen förses med ett bräddavlopp under grundvattnets trycknivå.

En artesisck brunn rinner som regel året om. Risken för frysning är liten vid ledningsdragning från källor och artesiscka brunnar genom att grundvattnet rinner ständigt och har tillräckligt hög temperatur för att förhindra frysning.

På figur 4.14 visas ett artesisck rinnande 2"-rör som lämnar 1,2 l/s.



Figur 4:14  
Artesisck  
rinnande vatten  
från 2"-rör  
väster om  
Badelundaåsen.  
Ett flöde på 1,2  
l/s är uppmätt  
av Jan De Geer

Artesisck rinnande brunnar och rör kan likställas med källor. Är flödet ej tillräckligt från ett rör eller en källa för det momentana behovet kan en lågreservoar med pump anordnas. Brunnar med artesisck rinnande vatten förses dock som regel med ett bräddavlopp och en djupbrunns pump.

Om man som brunnsbörare har kännedom om en källa intill en plats där vattenförsörjning skall ordnas eller om en markägare frågar om en källa kan utnyttjas är det viktigt att försöka ta reda på om källan alltid ger tillräckligt med vatten för kundens behov och ger ett hygieniskt godkänt vatten.

Kommer man fram till att källan alltid ger tillräckligt med vatten kan man göra en källinfattning med ett tillräckligt stort magasin eller leda vattnet till en lågreservoar och därifrån pumpa vatten till det objekt som skall vattenförsörjas.

Kostnaden för en sådan lösning skall jämföras med borrning på platsen.

Om kostnaden att borra är mindre än lösningen med en källinfattning kan borrning rekommenderas kunden.

Vissa källor som har anknytning till sägner eller som utnyttjas som offerkällor är dock skyddade av fornlämningslagen. Andra källor kan vara viktiga för djurlivet och vara skyddade från biotopsynpunkt. Källor som utnyttjas för vattenhämtning av andra bör ej byggas ut till en enskild markägare om inte man skapar en möjlighet för fortsatt vattenhämtning.

## Miljöövervakning

Källvattnets kemiska sammansättning beror på förhållandena i tillrinningsområdet till källan.

För att spåra miljöförändringar är det därför intressant att studera eventuella kemiska förändringar i källvattnet.

Brunnsarkivet vid SGU följer därför vissa källor vattenkemiskt. De olika länsstyrelserna har börjat utarbeta program för en sådan miljöövervakning.

Fördelen med att ta källvattenprover jämfört med t ex prover i brunnar och rör är att

vattnet ständigt rinner och att man ej behöver göra någon installation som ändrar förhållandena. Det är viktigt att ej göra några förändringar i källans närhet och ej heller gör några källinfattningar av t ex betongringar om man följer en källa vattenkemiskt eftersom sammansättningen på källvattnet då påverkas.

Vid institutionen Skoglig Marklära, Sveriges Lantbruksuniversitetet, SLU, följs c:a 300 källor från fysikalisk-kemisk vattensynpunkt sedan 1970.

Tre uppföljningsområden; finns ett i Norrland, ett i Hälsingland-Gästrikland och ett i Småland - Skåne.

Prov tas i vissa källor 1 och 2 ggr/år och i andra mer frekvent.

Man följer också den vattenkemiska effekten hos källvattnet av kalhugning och skogsgödsling inom källans tillrinningsområde.

Vid kalhugning stiger nitrathalten i källvattnet och ligger ofta som högst efter 4-5 år och ibland efter 3-4 år. Effekten kvarstår i 15-20 år.

I sura skogsmarker som i granskogsodlingar får man vid avverkning en pH-höjning som kan likna den man får vid kalkning. Löst

aluminium hade på grund av pH-höjningen försvunnit i källvattnet efter en kalhugning.

Aluminium börjar uppträda i källvattnet när pH sjunker under 5,4.

De källor man provtar har litet flöde och ligger i små tillrinningsområden. Man har valt att kemiskt följa små tillrinningsområden eftersom man eftersträvar att kartlägga lokal påverkan. Vid stora källor har man ej lika bra kontroll över hur vattnet reagerar eftersom tillrinningsområdet då är stort och det ofta händer olika saker i olika delar inom ett stort tillrinningsområde.

På Hallandsåsen är man nere i så låga pH-värden att aluminium börjar uppträda i källvattnet, dvs pH 5,4 och lägre.

Man provtar nästan enbart moränkällor i SLUs studie. Några få källor ligger i områden med sedimentjordarter.

I naturvårdsverkets miljöövervakningsprogram har man intresserat sig för SLUs källvattenprovtagningar, eftersom man där redan har förhållandevis långa serier av prover (1970-1995).

## GRUNDVATTENKEMI

### Inledning

Vid nederbördsvattnets passage genom marklagren både vid perkolationen i den omättade zoner och vid grundvattenströmning i den mättade zonen reagerar vattnet med jord- och berggrundens mineral. Vattnet kommer, om uppehållstiden är tillräckligt lång, i kemisk jämvikt med sin omgivning. En del mineral upplöses och andra utfälls. Grundvattenkemin bestäms på detta sätt av de genomströmmade jordlagrens och berglagrens sammansättning. Nederbördsvattnet får genom att det "tvättar" atmosfären en viss kemisk sammansättning. Dess fysikaliska och kemiska egenskaper som pH,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  och  $\text{NO}_x$  -innehåll m m när det infiltrerar i

marken utgör utgångssammansättning på det "angripande" mediet. En successiv ändring av vattenkemin sker under vattnets passage tills det uttages som grundvatten i en vattentäkt eller avrinner från en naturlig källa.

### Begrepp

Vattenkvalitet används ofta synonymt med vattenkemi, fast man bör hålla isär dessa två begrepp.

Vattenkemi beskriver de kemiska egenskaperna hos ett vatten, andra viktiga egenskaper är temperatur, smak, lukt, grumlighet, bakteriehalt osv.

**Vattenkvalitet** är en förbrukarterm som beskriver egenskaperna hos ett vatten för ett speciellt ändamål.

För att "mäta" hur lämpligt ett vatten är för en konsument har man satt upp vattenkvalitetskriterier för olika användningsområden.

För dricksvatten finns speciella krav uttryckta som maximala halter av olika kemiska ämnen samt högsta värde för olika egenskaper som t ex färg, bakteriehalt m m.

Ett vatten bedöms som tjänligt, tjänligt med anmärkning eller otjänligt när det är fråga om dricksvatten (SLV FS 1993:35 och SLV 1994:29).

## Hydrolys av silikatmineral

När silikatmineral reagerar med  $\text{CO}_2$ -haltigt vatten sker egentligen ej någon upplösning av silikaterna. De omvandlas istället successivt till andra silikater, huvudsakligen lermineral. Omvandlingen sker genom att  $\text{H}^+$ -joner upptas och joner som  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  och troligen  $\text{Al}^{3+}$  avgives. När pH-värdet sjunker under c:a 5,4 kommer även  $\text{Al}^{3+}$  att avgivas.

## Huvudkomponenter i vatten

Här behandlas huvudkomponenter i vattnet vilka är komponenter som ingår med större mängd än 1 mg/l.

Huvudkomponenter är natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), kalcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), klorid ( $\text{Cl}^-$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) och sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). För vattenkvalitetsbedömning bestäms ofta även i järn ( $\text{Fe}^{2+}$ ) mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) och fluorid ( $\text{F}^-$ ). Vatten i naturen innehåller många fler ämnen än de uppräknade. I extremt låga halter finns nästan alla grundämnen i ett grundvattenprov. Hela det s k periodiska systemet av ca 100 olika grundämnen finns således representerat.

Man medtager ofta vid en vattenanalys en bestämning av vattnets elektriska ledningsförmåga. Denna är ett mått på totala saltinnehållet. Även pH medtages vilket är ett mått på vätejonkoncentrationen ( $\text{H}^+$ ).

Det bör nämnas att vatten i naturen också i innehåller koldioxid ( $\text{CO}_2$ ) och kiseltsyra, det senare ofta uttryckt som  $\text{SiO}_2$ .

Har man en vattenanalys kan man räkna ut hur stor andel i viktprocent de olika huvudkomponenterna utgör. På analys i fig 4:15 har de olika ämnenas viktandelar i procent uträknats i sista kolumnen. Dessa procenttal ger ofta en tydligare bild över saltsammansättningen i ett grundvatten än när man uttrycker halten som mg/l. Genom att beräkna mängden Mek/l av olika joner finns möjlighet att kontrollera en analys. Därvid tages hänsyn till olika joners laddning. Summa katjoner och summa anjoner uttryckt i Mek/l skall vara lika dvs jonbalans skall föreligga.

Ovittrade kristallina bergarter kommer vid vittring att släppa ifrån sig  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{SiO}_2$  och sällsynt  $\text{SO}_4^{2-}$ . För  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  och  $\text{NO}_3^-$  och i de flesta fall  $\text{SO}_4^{2-}$  finns andra källor än vittringsprocessen. Vittring är en långsam process orsakad av det kolsyrehaltiga sjunkvattnet (perkulationsvattnet) som nederbörd ger upphov till vid infiltration i marken.

Med stigande bikarbonatkonzentration sjunker vittringstakten dvs nedbrytningen av mineral trots högt koldioxidtryck. Orsaken till detta är det stigande pH-värdet med ökande bikarbonathalt (dvs minskande vätejonkoncentration).

Beräkning av an-katjonbalans

VVL  
Agerstrand, Torgny Källakademien

Kundnummer: 2269  
Uppdragsnr:  
Referens:  
Ankomstdatum: 931126

Plats: Kjula, Eskilstuna  
Station: GRV/kem  
Provtagare: T Agerstrand

35875  
Skirkällan  
931124

Provnr:  
Prov märkt:  
Provtagningsdatum:  
Klockan:

	Mg/l	Mek/l	%
(0750) Järn, tot	0.08	0.003	0.1
(1170) Mangan	0.01	0.000	0.0
(0121) Ammoniumkväve	0.02	0.001	0.1
(0820) Kalcium	24.00	1.198	62.6
(1160) Magnesium	5.10	0.420	21.9
(1280) Natrium	5.80	0.252	13.2
(0830) Kalium	1.50	0.038	2.0
Summa katjoner		1.912	
(0631) Fosfatfosfor	0.00	0.000	0.0
(1324) Nitritkväve	0.00	0.000	0.0
(1311) Nitratkväve	0.30	0.021	1.1
(1530) Sulfat	22.00	0.458	23.7
(0270) Alkalinitet SS	67.00	1.098	56.9
(0896) Klorid	11.00	0.310	16.1
(0600) Fluorid	0.79	0.042	2.2
Summa anjoner		1.930	
Differens		-0.017	
Acceptabel differens		0.136	
pH-pK		3.284	

Fig 4:15. Analysprotokoll

## Upplösning av $\text{CaCO}_3$

Kalk är mer lättvittrat än silikater och  $\text{Ca}^{2+}$  och  $\text{HCO}_3^-$  -joner bildas snabbt där kalk finns i jorden. Kolsyran förbrukas därvid och vattnet övergår från ett mjukt  $\text{CO}_2$ -haltigt nederbördsvatten till ett successivt hårdare vatten (grundvatten) med  $\text{Ca}^{2+}$  och  $\text{Mg}^{2+}$  och  $\text{HCO}_3^-$ . Ett sådant bikarbonathaltigt grundvatten är ej aggressivt mot stål och betong eftersom ett skyddande skikt av järnkarbonat bildas på stålytan.

## Svavelväteförekomst

Sulfatinnehållet ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) i grundvatten har ökat genom den massiva oljeförbränning som skedde under ett antal decennier i Sverige. Sulfathaltigt grundvatten uppträder annars där organiska jordarter med sulfid blottläggs för oxidation. Sulfiden övergår där till sulfat. Detta gäller även grundvatten i pyrithaltig skiffer och i gnejser med pyrit liksom jordlager som bildats från dessa bergarter. För att sulfat skall bildas måste dock någon form av oxidation av pyriten ske.

Grundvatten med t ex en  $\text{KMnO}_4$ -förbrukning över 15 mg/l anger att en viss halt av organiska ämnen förekommer i grundvattnet. Risk föreligger då för att syre förbrukas och att svavelväte  $\text{H}_2\text{S}$  och metan  $\text{CH}_4$  bildas. Där grundvattenmagasinet är slutet uppträder ofta  $\text{H}_2\text{S}$  och  $\text{CH}_4$  liksom  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  och  $\text{NH}_4$ . Dessa komponenter i grundvattnet visar på reducerande förhållanden.  $\text{H}_2\text{S}$  bildas genom sulfatreduktion där anneroba bakterier utnyttjar syre från sulfat varvid  $\text{SO}_4^{2-}$  övergår till  $\text{H}_2\text{S}$ .  $\text{H}_2\text{S}$  kan för övrigt ge utfällning av  $\text{FeS}_2$  om grundvattnets järninnehåll är tillräckligt högt. Vid oxidation av en jordart med  $\text{FeS}_2$  bildas åter  $\text{SO}_4^{2-}$  och  $\text{Fe}^{2+}$ .

## Klorid C1

Atmosfären innehåller saltpartiklar. Huvudsakligen är det natriumkloridpartiklar,  $\text{NaCl}$ . De tillförs kontinuerligt luften av bristande bubblor i brytande havsvågor. Partiklarna avsätts på land dels av regn dels genom torrt nedfall (torrdeposition).

I kontinentala områden (inlandsområden) är kloridnedfallet lågt och uppgår till 0,5 ton/ $\text{km}^2$  och år. I kustområden kan det vara 20 gånger högre och uppgå till 10 ton/ $\text{km}^2$  och

år. Motsvarande mängder natrium (Na) tillförs därvid också marken.

En annan kloridkälla är mänskligt och animaliskt "avfall" (urin). Det dagliga intaget för en människa är ca 10 g eller 3,5 kg/person och år, om befolkningstätheten är 400 personer/ $\text{km}^2$  blir depositionen 1,4 ton salt/ $\text{km}^2$  och år.

Klorid- och natriumjoner tillförs marken naturligt genom nederbörden. De har framförallt sitt ursprung i havet. Det är en kraftig gradient i nederbördens natrium- och kloridhalter från västkusten upp mot nordost över landet. Medelhalten av klorid i nederbörden utefter västkusten överskrider 10 mg/l, medan den i inre Svealand och Norrland är under 0,5 mg/l. I extremfall i samband med västliga stormar kan stora kloridmängder föras in över södra och västra Sverige. Som exempel beräknas 30 000 ton klorid ha tillförts Halland under en storm 1967.

Ytligt grundvatten, som inte är påverkat på annat sätt, uppvisar samma mönster i kloridhalten som nederbörden, bara med den skillnaden att halterna är två till tre gånger högre genom avdunstningseffekter. Kloridhalter i det ytliga grundvattnet framgår av figur 4.1. Haltområdet är mellan < 1 och 55 mg/l. Medianvärdet för klorid i 7 645 jordbrunnar från hela landet är 10 mg/l. 1 % av brunnarna ligger över 100 mg/l och 0,3 % över 300 mg/l. Medianvärdet i 12 455 bergbrunnar är 15 mg/l. 9 % ligger över 100 mg/l och 3 % över 300 mg/l. Uppgifterna är hämtade från SNV Rapport 4415 Grundvattnets kemi i Sverige utarbetad vid SGU 1995. Brunnar i sedimentär berggrund har något högre medianhalt (28 mg/l) än brunnar i kristallint berg enligt en äldre undersökning.

I Sverige finns också stora områden under högsta kustlinjen med relik saltvatten (fig 4:16). Relikt saltvatten förekommer såväl i berg som i jord. Dessa vattnes kloridhalt kan vara flera tusen mg/l.

Olika data om saltvatten i brunnar har sammanställts i en särskild rapport av SGU "Salt grundvatten i Sverige" Rapporter och meddelanden nr 39 1985.

De korrosiva egenskaperna föranleder anmärkning när kloridhalten överstiger 100 mg/l. Vid halter över 300 mg/l finns risk



för smakförändringar av vattnet. För klorid finns ingen otjänlighetsgräns. (SLV FS 1997:35). Emellertid åtföljs höga kloridhalter i allmänhet av höga natriumhalter som kan innebära hälsoproblem för personer med högt blodtryck.

Förutom den med nederbörden tillförda kloriden och relik saltvatten i jord och berg under högsta kustlinjen och även på stora djup, >300 m även i övriga Sverige, finns av människan tillfört salt (antropogent salt). Tidigare användes kalciumklorid för att binda vägdamm. Numera är de flesta vägar asfalterade. Salt används istället under vintern för halkbekämpning. Trots Vägverkets och olika kommuners ambitioner att minimera saltanvändningen blir en del vattentäkter intill vägar förorenade av salt. En målsättning i ett fall där saltförorening av en större reservvattentäkt skett är att komma ner i en kloridhalt under 50 mg/l. Vid ett möte på SGU 1984 diskuterades olika åtgärder i brunnar med saltvatten, se skisser om saltvattenbrunnars tätning figur 4.17.

Fig 4:16. Klorid-halt (mg/l) i det ytliga grundvattnet mäts vid grundvattenstationer (punkterna). De grå fälten visar områden som varit täckta av hav efter den senaste istiden.



## Sulfat $\text{SO}_4$

Sulfat avsätts också från atmosfären. Sulfat kommer dels från havet, dels från biologiska processer och från förbränning.

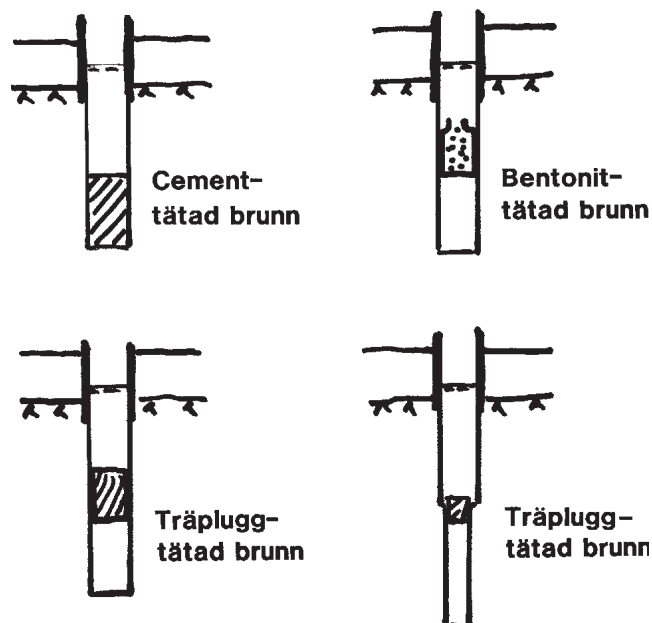
Hög sulfathalt i grundvatten kan vara orsakad av gips dvs kalciumsulfat  $\text{CaSO}_4$  som i sällsynta fall finns som sprickmineral i urberg. Oftast är det dock frågan om relik saltvatten. Vid hög sulfathalt kan det vara svårt att få injekteringsbruk att brinna.

## Nitrat $\text{NO}_3$

Nitrat har till en mindre del atmosfäriskt ursprung. Regn innehåller alltid nitrat och det antages att bl a åskväder är orsaken till att nitrat bildas i atmosfären. Troligen är dock åskväder en mindre källa. Många förbränningsmotorer alstrar kväveoxider som bildar nitrat i nederbörden. Detta nitrat är således orsakat av människans verksamhet och kan därför räknas som en antropogen källa. Nitrat kommer också från markskiktet t ex som ammoniumkväve som fixeras biologiskt av visas växer. Ammoniumkvävet blir slutligen nitrat i grundvatten om det inte denitrifieras av bakterier till kvävgas ( $\text{N}_2$ ) eller dikväveoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Mänskligt och animalt avfall (urin) innehåller kväveföreningar vilka omvandlas till nitrat i

Fig 4:17. Olika metoder att i efterhand täta mot saltvatteninträngning



jorden. I jordbruket används nitrat som gödningsämne och i vissa fall är givorna höga (för höga).

En del av nitraten i jorden upptages av växterna medan en viss del når grundvattnet. På grund av den varierande denitrifikationen nära rotzonen vilken kan ske även i omättad jord är det emellertid svårt att förutse nitratkoncentrationen kvantitativt, dvs viken halt man får i grundvattnet. Det har konstaterats att denitrifikationen kan vara betydande i leriga jordarter och i bland omvandla all nitrat till kvävgas ( $N_2$ ). I sandiga jordarter däremot verkar denitrifikation ske i mindre omfattning. Denitrifikation kräver anaeroba (syrefria) till syrefattiga förhållanden vilket förekommer oftare i leriga jordar än i sand.

## Järn

Järnhalten i grundvatten ligger sällan över 5 mg/l och som regel under 2 mg/l.

Ett grundvattens järnhalt bestäms av syre-innehållet. Syrehalten är hög i den omättade zonen och i den övre delen av ett grundvattenmagasin. Detta ger möjlighet till oxidation och utfällning av järnet varför järn saknas eller förekommer i låg halt i dessa delar.

I ett slutet grundvattenmagasin med t ex lera

som utestänger syret eller i de djupare delarna i öppna magasin kan järnhalten vara hög. I Sverige finns alltid tillräckligt med järn i jord- och bergartsmineralen för att järn skall kunna lösas ut om grundvattnet är reducerande (syrebrist).

Lokalt har konstaterats höga halter av järn där jord med hög organisk halt deponerats eller grundvattenytan avsänkts i organisk eller oorganisk jord med sulfider. Sulfiderna kommer därvid att oxideras och perkolationsvattnet tillförs  $Fe^{2+}$  och  $SO_4^{2-}$  samtidigt som vattnet blir surt med pH ner till 3.

## pH-värde

Surt eller försurat vatten är ett problem i främst grävda brunnar. Lågt pH ger upphov till ledningskorrosion och förhöjda halter av aluminium, järn och mangan i grundvatten. Lågt pH-värde och hög kloridhalt orsakar ledningskorrosion med t ex höga kopparhalter i dricksvattnet som följd.

## Skrifter

I olika skrifter utgivna av SGU och SLU beskrivs vilka åtgärder som kan vidtagas i grävda brunnar (fig 4:18, bil 4:1-3). En bred översikt över grundvattnets kemi lämnas i SNV rapport 4415, utarbetad av SGU 1995 (fig 4:19, ISBN 91-620-4415-X).

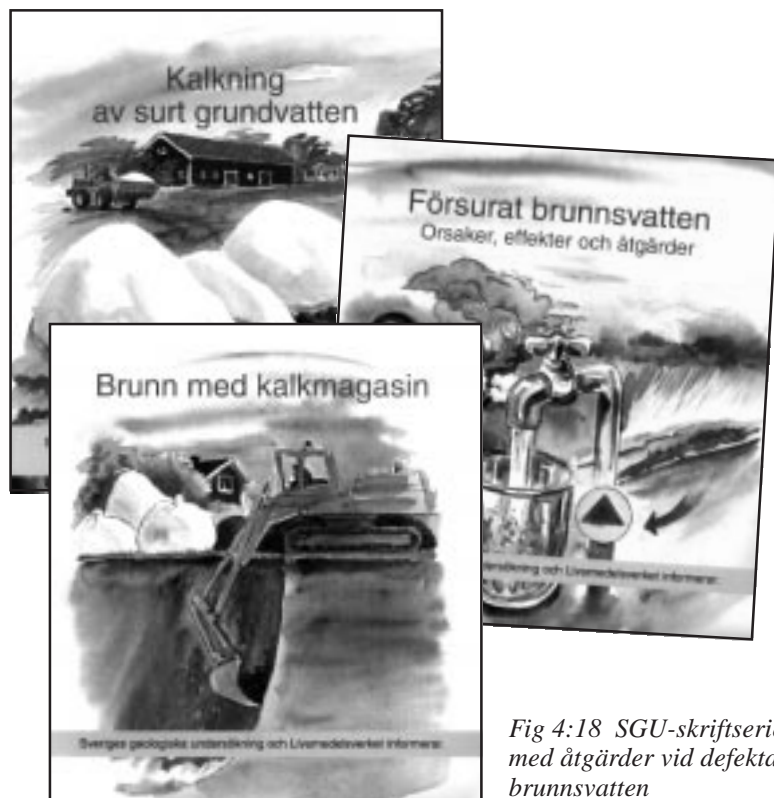


Fig 4:18 SGU-skriftserie med åtgärder vid defekta brunnsvatten



Fig 4:19 SGU:s och Naturvårdsverkets rapport 4415