

Vattenbehandling genom återinfiltration i filterbäddar med skikt av krossad kalksten

Robert Jönsson

Ann-Sofie Wikström



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande
Roger Bergström
Bengt Göran Hellström
Staffan Holmberg
Pär Jönsson
Peeter Maripuu
Stefan Marklund
Peter Stahre
Jan Söderström

Skellefteå
Svenskt Vatten AB
Stockholm Vatten AB
Haninge
Östersund
Vaxholm
Luleå
VA-verket Malmö
Sv kommunförbundet

Asle Aasen, adjungerad
Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge
Svenskt Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Vattenbehandling genom återinfiltration i filterbäddar med skikt av krossad kalksten
Title of the report:	Water treatment by infiltration in sand filters with a layer of limestone
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien:	2003-6
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-89182-70-7
Författare:	Robert Jönsson och Ann-Sofie Wikström, AB Bothniakonsult
VA-Forsk projekt nr:	99-104
Projektets namn:	Alkalisering av dricksvatten med kalkstensgryn i infiltrationsbassänger
Projektets finansiering:	VA-Forsk
Rapportens omfattning Sidantal:	49
Format:	A4
Sökord:	Naturlig återinfiltration, konstgjord återinfiltration, vattenbehandling, krossad kalksten, infiltrationsbäddar, sandfilterbäddar, pH-höjning, alkalisering, hårdhetshöjning
Keywords:	Natural re-infiltration, artificial re-infiltration, water treatment, crushed limestone, infiltration, sand filter, pH increase, alkaIisation, hardness increase
Sammandrag:	Rapporten är en sammanställning och utvärdering av erfarenheter och behandlingsresultat från nio anläggningar där vattenbehandling sker genom återinfiltration i filterbäddar med inslag av krossad kalksten. Behandlingsmetoden syftar till att höja vattnets pH, alkalinitet och hårdhet på ett naturligt sätt. Därmed minskas hanteringen av kemikalier vid dricksvatten-produktionen. Anläggningarna är kostnadseffektiva ur drift- och underhålls-synpunkt.
Abstract:	In this report experiences and treatment results from a total of nine facilities using water treatment with limestone filters is gathered and evaluated. As the method raises pH, alkalinity and hardness in a natural way, the need of chemical treatment in drinking water production can be reduced. Since the facilities require a minimum of tending and maintenance, they are also cost-efficient in operation.
Målgrupper:	Ansvariga huvudmän inom vattenförsörjningen i kommuner
Omslagsbild:	Infiltrationsbäddar i Pajala en kall vinterdag
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2003
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Sammanfattning

Vattenförsörjningen i Sverige baseras på en kombination av ytvatten, naturligt grundvatten och konstgjort grundvatten. Cirka 50 % av landets konsumenter försörjs av grundvatten, varav hälften är naturligt och hälften konstgjort.

Grundvatten från berg eller lösa jordlager har i de flesta fall en bra kvalitet förutom att de ofta innehåller förhöjda halter av järn och mangan. I norra Sverige, bortsett från fjällkedjan, består berggrunden till stor del av kristallina bergarter. Detta medför att det grundvatten som nyttjas i dessa områden till största delen utgörs av mjuka vatten med lågt pH och låga salthalter. Därför krävs oftast en alkalisering, pH-justering och hårdhetshöjning för att ett stabilt ickekorrosivt vatten ska erhållas.

Många av dessa anläggningar har i dagsläget en soda- eller lutdosering vilket medför att det vatten som distribueras inte är i pH-jämvikt och därmed uppvisar korrosiva egenskaper mot bland annat ledningar och armaturer. I de fall filtrering sker i alkaliska filter är oftast kontakttiden alltför kort för att ett dricksvatten i pH-jämvikt ska erhållas.

Det finns ett antal anläggningar i Sverige där behandling genom återinfiltration i filterbäddar med inslag av krossad kalksten ger en höjning av pH, alkalinitet och hårdhet. Infiltrationen sker i filterbäddar etablerade utomhus. I filtersanden placeras ett lager krossad kalksten. Genom att anläggningen dimensioneras med långsamfilterhastighet är kontakttiden mellan kalk och vatten tillräcklig för att behandlingsmetoden ska ge ett vatten i pH-jämvikt. I det fall råvattnet innehåller järn och mangan filtreras detta bort på ett effektivt sätt. Anläggningarna är enkla, driftsäkra och totalekonomiskt fördelaktiga i jämförelse med konventionella behandlingsmetoder.

I syfte att vidareförmedla kunskaper från dessa anläggningar till kommuner med liknande behov presenteras erfarenheter och behandlingsresultat i föreliggande rapport. Studien omfattar totalt nio anläggningar, av två typer, baserade på naturligt eller konstgjord återinfiltration.

De flesta av de anläggningar som ingått i studien fungerar bra och vid dessa krävs ingen ytterligare vattenbehandling, förutom eventuell desinfektion, för att uppnå Livsmedelsverkets riktvärden för dricksvatten. De krav som ställs är ett pH-värde mellan 7,5-9,0 alkalinitet över 60 mg/l samt hårdhet mellan 20-60 mg/l uttryckt som kalcium. Vid några anläggningar baserade på naturligt återinfiltration är dock behandlingsresultatet otillräckligt. En trolig förklaring är att det renvatten som tas upp till viss del blandats med ett obehandlat grundvatten.

Drifterfarenheter visar att anläggningar baserade på återinfiltration med inblandning av kalksten kräver ett minimum av skötsel och underhåll. Det medför att drift- och underhållskostnaderna är låga i förhållande till andra behandlingsalternativ för att nå motsvarande behandlingseffekt. Efter ett antal år förbrukas kalken och måste då ersättas med ny. Byte av kalk har dock ännu inte skett vid någon av anläggningarna trots att vissa har varit i drift i över sju år.

Summary

In Sweden the water supply is based on a combination of surface water, natural groundwater and artificially recharged groundwater. Approximately, 50 percent of the users in Sweden are supplied with groundwater, where of half is natural and half is artificial.

Groundwater from rock or soil aquifers is usually of good quality except that it often contains an increased amount of iron and manganese. As the bedrock in northern Sweden, excluding the mountain areas, is crystalline rock the natural groundwater in this area have low hardness, low pH and low salinity. Therefore, alkalisation, pH-adjustments and increasing of hardness are usually necessary to achieve stable non-corrosive water.

Today, many of these facilities use sodium carbonate or sodium hydroxide that causes the distributed water to be corrosive on pipes and fittings. In those facilities that use filtration in alkaline filters the contact time is often too short to achieve pH-equilibrium in the water.

Some Swedish water treatment facilities use limestone filters that increase pH, hardness and alkalinity. Filtration takes place outdoors in sand filters with a layer of crushed limestone. By designing the filters for low filtration rate the contact time between the water and the limestone is sufficient to give pH-equilibrium in the water. A limestone filter also precipitates iron and manganese. Compared to conventional water treatment methods these filters are simple, reliable in operation and cost effective.

The purpose of this study is to share knowledge about and experience in this treatment method with other municipalities that have similar water treatment needs. A total of nine facilities are studied considering two types of facilities using either natural or artificial infiltration.

Most of the facilities in this project works well and requires no further treatment except disinfection to meet the Swedish Food and Drug Administration's (SLV) requirements for drinking water. SLV requires a pH-value between 7,5-9,0, alkalinity over 60 mg/l and hardness between 20-60 mg/l as calcium. However, for some facilities based on natural groundwater this treatment method is not sufficient. A possible explanation to this is that the water discharged from the well to some extent has been mixed with a natural groundwater.

Experience show that water treatment with limestone filters requires a minimum of tending and maintenance. Thereby, the operation costs are low compared to other treatment methods to achieve the same result. After some years the limestone is consumed and has to be replaced. However, no replacements of limestone have been made on these nine facilities though some of them have been in operation for over seven years.

Förord

Många av Sveriges kommunala vattenförsörjningssystem baseras på grundvatten från jord eller berg. För att bereda råvattnet till godtagbart dricksvatten finns ett flertal konventionella processalternativ. Ett antal av landets vattenverk har börjat utforma enklare, processäkrare och mer ekonomiska vattenbehandlingsanläggningar. Denna typ av anläggningar bygger på återinfiltration i filterbäddar som är uppbyggda med skikt av kalk. Resultatet visar att behandlingsmetoden filtrerar bort förekommande innehåll av järn och mangan samt höjer vattnets alkalinitet, hårdhet samt pH. Det utgående dricksvattnet uppvisar generellt en kvalitet som är i pH-jämvikt, vilket medför att vattnet inte har ledningsangripande egenskaper.

Från kommuner som inte har den här typen av anläggningar har frågan väckts om det är möjligt att få en mer samlad bild av de befintliga anläggningarna. Skälet är främst att kunna dra nytta av resultat och drifterfarenheter från dessa anläggningar vid utformande av nya anläggningar. Syftet med denna rapport är att redovisa behandlingsresultat, drifterfarenheter samt kostnadsbild för totalt nio anläggningar i landet.

Arbetet har finansierats av VAV genom VA-FORSK och sex av de deltagande kommunerna. Det goda samarbetet med kommunerna har inneburit att vi fått tillgång till mycket värdefullt material. Kommunernas positiva inställning till projektet har även lett till att analysfrekvensen blivit mer omfattande och därmed möjliggjort en bättre utvärdering av anläggningarnas behandlingsresultat. Därför riktas ett stort tack till samtliga berörda kommuner som har deltagit i studien.

Ett stort tack riktas till Per-Arne Rytting och Jonathan Strömgren vid Midvatten AB som bistått med värdefull information om anläggningarna i Dalarna och Härjedalen. Även Rolf Bergström, IFO vattenrening, förtjänar ett stort tack för värdefulla synpunkter på innehåll, upplägg och utformning av rapporten.

Luleå 2002-02-15

Robert Jönsson

Ann-Sofie Wikström

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING

SUMMARY

FÖRORD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BAKGRUND	1
UPPDRAGET	2
FRÅGESTÄLLNINGAR	2
BESKRIVNING AV BEHANDLINGSMETOD	4
INFILTRATIONSBÄDDENS UPPBYGGNAD.....	6
KRAV PÅ FILTERSAND	7
KALKSTEN	8
NATURLIG ÅTERINFILTRATION – BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGAR.....	9
KÅBDALIS	9
YTTERHOGDAL	13
BJÖRBO	18
ÅRBOHEDEN	22
NORRFLÄRKE	26
ULVÖN	28
KONSTGJORD ÅTERINFILTRATION – BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGAR....	30
PAJALA	30
HEDENÄSET	35
VUOLLERIM	39
DISKUSSION	40
BEHANDLINGRESULTAT	40
JÄMFÖRELSE MELLAN NATURLIG OCH KONSTGJORD ÅTERINFILTRATION	41
DRIFTERFARENHETER	42

Bakgrund

Enligt statistik från VAV finns det ungefär 2 100 vattenverk i Sverige. Av dessa nyttjar 10 procent ytvatten. De flesta av ytvattenverken är relativt stora och försörjer sammanlagt 51 procent av befolkningen. Vid 7 procent av vattenverken används konstgjort grundvatten, dessa försörjer 23 procent av befolkningen. De återstående 26 procenten av Sveriges befolkning försörjs av drygt 1 700 grundvattentäkter.

Vattenkvaliteten för grundvatten från berg och lösa jordlager är oftast mycket bra men är i de flesta fall behäftad med förhöjda halter av järn och mangan. För att minska halterna av dessa metaller krävs ofta någon form av oxidering med efterföljande filtrering, antingen i snabbsandfilter eller i återinfiltrationsanläggningar.

Råvatten från grundvattentäkter i norra delarna av landet, förutom fjällkedjan, är oftast även i behov av någon form av ytterligare vattenbehandling eftersom den kristallina berggrunden ger upphov till mjuka vatten med lågt pH-värde och låga salthalter. I dessa fall är en pH-justering samt höjning av vattnets alkalinitet och hårdhet nödvändig för att erhålla ett stabilt och ickekorrosivt vatten. För pH-justering och alkalisering finns många konventionella processalternativ. Filtrering genom alkalisk massa samt dosering av soda eller lut är några av de metoder som nyttjas för vattenbehandling. Soda- och lutdosering ger en höjning av pH-värdet och alkaliniteten. Dock sker ingen höjning av vattnets hårdhet i de båda fallen, vilket medför att vattnets korrosiva egenskaper kvarstår. Under senare år har även allt fler kommuner försökt att i möjligaste mån frånga metoder som kräver kemikaliedosering.

Runt om i landet undersöks ständigt möjligheten till enklare, driftsäkrare och kanske framförallt totalekonomiskt fördelaktigare lösningar. Som ett led i detta har några kommuner valt att utforma vattenförsörjningsanläggningar som bygger på återinfiltration i sand- och grusbäddar med inblandning av krossad kalk (både naturligt avlagrade och konstgjort uppbyggda bäddar). Dessa anläggningar fyller två funktioner. De filtrerar bort förekommande järn- och manganmängder precis som i ett vanligt sandfilter men höjer även vattnets pH, alkalinitet och hårdhet. I vissa fall kan även halten organiskt material i vattnet reduceras. Ofta krävs ingen ytterligare behandling av vattnet vilket innebär att någon kemikaliedosering inte är nödvändig.

Ett flertal kommuner som avser att processoptimera sina vattenanläggningar är i dagsläget mycket intresserade av denna typ av vattenbehandling. Från kommunerna som inte har den här typen av anläggningar har frågan väckts om det är möjligt att få en mer samlad bild av de befintliga anläggningarna. Skälet är främst att kunna dra nytta av drifterfarenheter och behandlingsresultat samt ge en uppfattning av kostnadsbilden för denna typ av anläggningar.

Uppdraget

AB Bothniakonsult har under de senaste åren ansvarat för utformningen av fyra anläggningar i Norrbotten som bygger på principen att alkalisera dricksvatten baserade på grundvatten med hjälp av krossad kalksten i infiltrationsbäddar. I samband med detta arbete föddes idén att i en rapport ge en samlad bild över några av de befintliga anläggningarna i Sverige samt att jämföra anläggningarnas uppbyggnad, funktion, behandlingsresultat, kostnadsbild samt krav på skötsel och underhåll. Eftersom Midvatten AB i Borlänge ansvarat för utformningen av tre liknande anläggningar i Dalarna och Härjedalen föll det sig naturligt att även presentera dessa. Per-Arne Rytter och Jonatan Strömgren vid Midvatten har därmed medverkat i projektet genom att bistå med information och sammanställningar för anläggningarna i Årboheden, Ytterhogdal och Björbo. Rolf Bergström vid IFO Vattenrening har under projektets gång bistått med bakgrundsinformation samt fungerat som granskare av det färdiga materialet.

VA-forsk har ekonomiskt bidragit till föreliggande rapport, liksom kommunerna Falun, Härjedalen, Örnköldsvik, Övertorneå, Pajala och Jokkmokk.

Anläggningarna som ingår i denna studie är baserade på grundvatten från både jord och berg samt vatten bestående av en blandning av yt- och grundvatten. Totalt har nio anläggningar studerats och av dessa återfinns två inom Örnköldsviks kommun, övriga inom kommunerna Jokkmokk, Pajala, Övertorneå, Härjedalen, Gagnef och Falun. Anläggningen i Vuollerim (Jokkmokks kommun) har projekterats och byggts under tiden detta VA-forsk projekt har pågått och kommer till viss del att beskrivas.

Frågeställningar

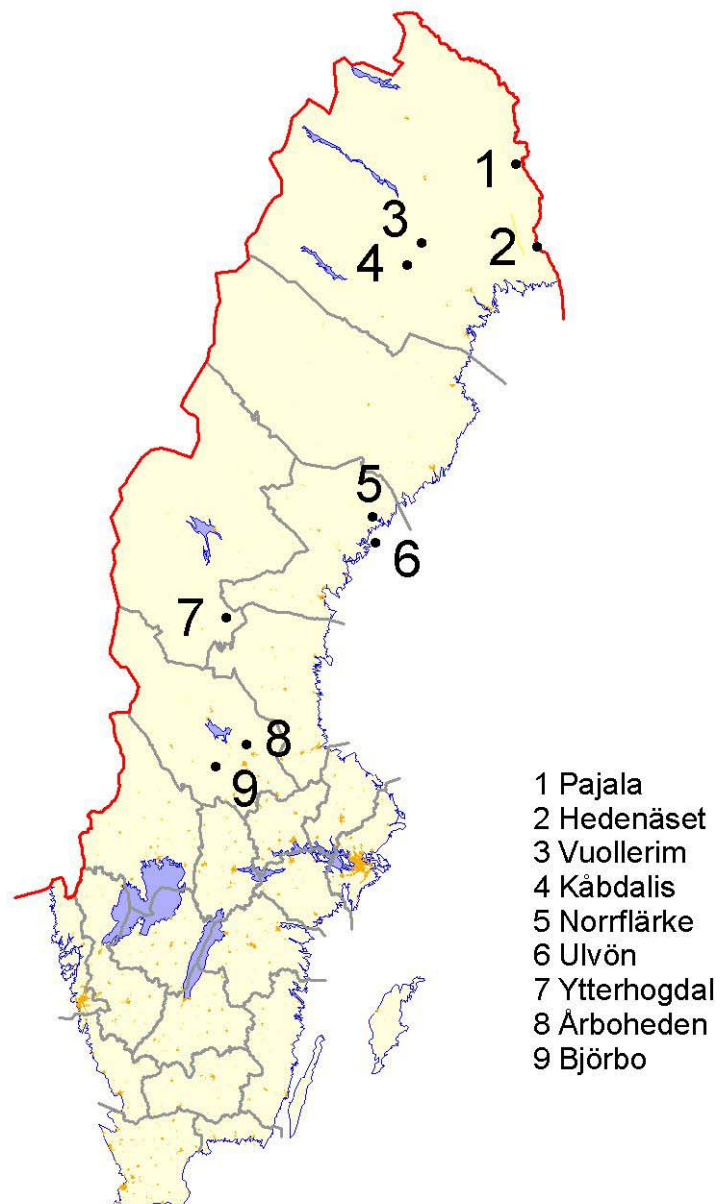
I denna rapport kommer ett antal anläggningarna att beskrivas. Syftet är att ge en samlad bild av de erfarenheter som finns av behandlingsmetoden i dagsläget men även att belysa teorin runt vattenbehandling i infiltrationsbäddar med kalkstensinblandning. Frågeställningar som rapporten kommer att beröra är bl.a.:

- Vilka faktorer är viktiga att beakta vid projekteringen av en ny anläggning? Erfarenhet har visat att kunskaper om t.ex. hydrogeologin (vattnets transportvägar) är av stor vikt i sammanhanget.
- För vilka typer av vatten kan sandfilterbäddar med inblandning av kalksten vara en lämplig behandlingsmetod? Krävs ytterligare behandling av vattnet och bör ett annat processalternativ i så fall väljas?
- Hur är anläggningarna utformade och hur ser funktionen ut på de anläggningar som finns idag? Hur fungerar anläggningarna på kort och på

lång sikt? Vad kräver anläggningen i form av drift och underhåll jämfört med en anläggning med konventionell vattenbehandling?

- Hur stora är kostnaderna för kapitalinvestering och drift/underhåll.

I nedanstående karta redovisas vilka anläggningar som ingår i studien.

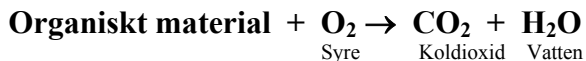


Beskrivning av behandlingsmetod

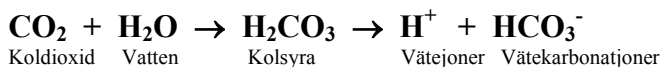
När det gäller vattenbehandling i allmänhet är den övergripande strategin att den behandlingsmetod som väljs i möjligaste mån ska vara enkel och funktionell. Den måste dock vara tillräcklig för att klara den högsta belastning som kan uppkomma t.ex. i samband med snösmältning på våren eller stora nederbörds mängder under hösten. Behandlingsmetoden ska ge ett behandlingsresultat där vattenkvaliteten motsvarar de krav som anges i Livsmedelsverkets kungörelse om dricksvatten samt ge ett stabilt vatten i pH-jämvikt. Vid val av behandlingsmetod relateras investeringskostnaderna och kostnaderna för drift och underhåll till andra processalternativ.

Vattenbehandling genom återinfiltration är en beprövad metod där järn och mangan oxideras och filtreras bort i sandfilterbäddar etablerade utomhus. Järn och mangan oxideras enklast genom luftning och de partiklar som därmed bildas kan avskiljas i bäddarna. För att höja vattnets pH-värde, alkalinitet och hårdhet kan sandfilterbäddarna kompletteras med ett lager krossad kalksten.

En förutsättning för behandlingsmetoden är att vattnet innehåller tillräcklig mängd kolsyra för att en upplösning av kalkstenen ska kunna ske. Ett grundvatten innehåller naturligt en hög halt av kolsyra eftersom det i marklagret kontinuerligt sker en nedbrytning av organiskt material. Vid denna nedbrytningsprocess sker en förbrukning av syre samtidigt som koldioxid bildas enligt formeln:



I kontakt med vatten i marklagret reagerar koldioxiden och kolsyra bildas. Samma nedbrytningsprocess sker även i filterbäddens biohud där organiskt material bryts ner med hjälp av mikroorganismer. Kolsyran är dock instabil och kommer snabbt att delas upp i joner av väte och vätekarbonat enligt formeln:



Vätejonerna kommer att reagera med kalkstenen i sandfilterbädden som löses upp enligt nedanstående formel:



Resultatet blir att vätekarbonat bildas och kalciumjoner frigörs vilket ger en höjning av vattnets pH, alkalinitet och hårdhet. De faktorer som kan påverka processen är halten kolsyra i infiltrationsvattnet, vilken typ av kalksten som används (den kemiska sammansättningen och kornstorleken) samt kontakttiden mellan vatten och kalk i filterbädden. I studien ingår två typer av kalksten från olika leverantörer. Dock är halten kalciumkarbonat (CaCO_3) och kornstorleken likvärdig i båda produkterna.

I detta projekt har anläggningar med både naturlig och konstgjord återinfiltration studerats. Konstgjorda infiltrationsbäddar har ett tätskikt av LDPE-material (low density polyethylene) i botten av bädden där vattnet samlas upp. Utformningar med en nivåbrunn intill infiltrationsbädden gör att uppehållstiden i bädden och därigenom kontakttiden mellan vatten och kalk kan optimeras genom justering av vattennivån. Vid naturlig återinfiltration är det viktigt att väl känna till hydrogeologin i området. Om inte anläggningarna utformas utifrån de hydrogeologiska förutsättningarna finns risk att det behandlade vattnet blandas upp med betydande mängder obehandlat vatten, vilket påverkar behandlingsresultatet negativt.

Om infiltrationsbäddar/långsamfilter finns sedan tidigare kan dessa nyttjas och ett skikt krossad kalksten tillföras. Detta innebär att investeringskostnaderna för att även erhålla en pH-, alkalinitets-, och hårdhetshöjning blir relativt låga. Dessutom kan i de flesta fall befintlig dosering av antingen soda eller lut minskas alternativt upphöra helt. Driftkostnaderna för en anläggning baserad på återinfiltration med kalkstensinblandning är dessutom betydligt lägre än för andra behandlingsmetoder som kan användas för att nå motsvarande behandlingsresultat.

Infiltrationsbäddens uppbyggnad

Vid utformandet av sandfilterbäddar dimensioneras dessa så att ytbelastningen i bäddarna uppgår till 0,1-0,2 m/h, d.v.s. långsamfilterhastighet. Infiltrationsbäddarna kan antingen utformas som naturlig återinfiltration i marken eller som konstgjorda infiltrationsbäddar där bäddarna förses med ett tätskikt i botten där vattnet samlas upp.

Sandfilterbäddarna utformas med ett kalkskikt varierande mellan 30 cm och en meter övertäckt av 20 cm filtersand. Det finns flera anledningar att inte lägga kalken överst i filterbädden. För det första är det billigare att vid rensning byta ut sand istället för kalk. Erfarenhet visar också att kraftig vegetation kan utvecklas i bäddarna om kalklagret läggs direkt på ytan. Dessutom är förmågan att avskilja organiskt material (humus) i filterbäddarna pH-beroende och minskar vid en höjning av pH-värdet, vilket ger en negativ effekt på uppbyggnaden av biohud. Orsaken är att ett stigande pH minskar de positiva ytladdningarna på sandmaterialets järn- och aluminiumoxider. Detta innebär i sin tur att det organiska materialet i form av negativt laddade humusämnen kommer att adsorberas sämre på filterytan. Eftersom järn- och manganoxider fälls ut i det översta skiktet av filterbädden skulle kalk i ytan av bädden medföra en försämring av kalkens förmåga att reagera eftersom oxiderna skulle binda till ytan av kalkkornen och därigenom minska kontaktytan mellan kalkkornen och vattnet.



Skiktning i infiltrationsbädd. Den mörka linjen är järn och mangan som fällts ut i gränsszonen mellan filtersanden och kalklagret.

Vid vissa anläggningar har två eller flera infiltrationsbäddar etablerats. Anledningen till detta är att bäddarna då kan växelköras. En bädd kan vara i drift och under tiden kan den andra torkas upp under ett par veckor och därefter

rensas och det översta lagret (2-3 cm) av filtersand ”skalas av”. Anläggningen i Hedenäset har en större bädd som används vid ordinarie drift samt en mindre som tas i bruk enbart när den större ska rensas. En annan anledning till att etablera mer än en filterbädd är att dessa då kan parallellköras för att erhålla en optimal vattenkvalitet. Så är fallet i t.ex. Pajala där hårdheten ökade i råvattnet. Efter en tid reagerade abonnenterna eftersom de sedan tidigare var vana vid ett mjukt vatten med en hårdhet på ca 5°dH men nu erhöll ett vatten på 9°dH. För att få en optimal sammansättning på vattnet togs kalken bort i två av tre filter och i dagsläget parallellköras två filter, ett med och ett utan kalksten, medan det tredje ”vilar” och under tiden kan rensas.



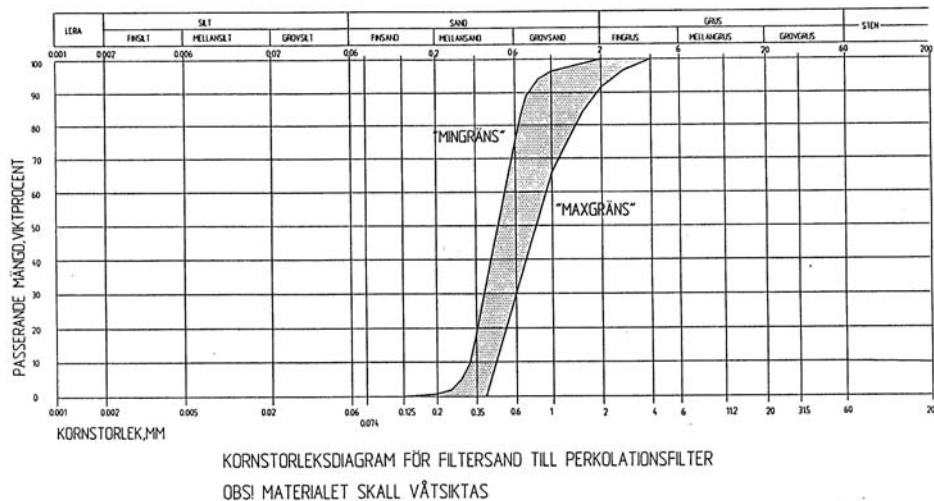
Infiltrationsbädd med kaskadluftare

Krav på filtersand

Det är viktigt att det sandmaterial som används för konstgjord infiltration har rätt kornstorlek, se siktcurvan nedan. I en filterbädd som innehåller material med en för liten kornstorlek uppstår problem med igensättningar. För stora korn eller osorterat material ger däremot en för hög transporthastigheten genom filterbädden, vilket i sin tur medför att kontakttiden med kalken blir för kort.

I en anläggning baserad på naturlig återinfiltration bör det översta lagret filtersand som täcker kalken, uppfylla nedanstående kornstorleksgränser.

Den sand som används som filtermaterial ska tvättas. För att säkerställa att sandmaterialet är väl rengjort bör det vatten som infiltreras i filterbädden ledas bort under en period när en ny anläggning tas i drift eller vid byte av filtersand. Innan vattnet distribueras till konsument bör det analyseras för att säkerställa att vattenkvaliteten är acceptabel ur kemisk och mikrobiologisk synpunkt. Detta för att undvika lukt- och smakproblem samt eventuella problem med bakterier vid idrifttagandet av anläggningen.



Siktcurve för filtersand

Kalksten

Kalksten är en bergart som huvudsakligen består av det kristallina mineralet kalcit till huvuddelen bestående av kalciumkarbonat (CaCO_3). De aktuella produkterna innehåller i genomsnitt 96-98 % CaCO_3 . Ett annat alternativ skulle kunna vara att använda t.ex. dolomit som innehåller en blandning av kalciumkarbonat och magnesiumkarbonat. Vid användande av denna produkt finns dock risk för höga och varierande pH-värden i ett inledningsskede, eftersom magnesiumkarbonat löser sig lättare än kalciumkarbonat. En fördel med kalksten jämfört med dolomit är att den ger ett stabilt pH-värde som inte överskrider Livsmedelsverkets gränsvärde för dricksvatten.

Kornstorleken på den krossade kalkstenen är av stor betydelse för att en optimal kontaktyta mellan kalk och vatten ska erhållas. För små korn medför problem med igensättningar i filterbädden. För stora korn däremot ger en mindre kontaktyta och därmed en sämre effekt i vattenbehandlingen. Kornstorleken på den krossade kalkstenen bör heller inte nämnvärt skilja sig från filtersandens för att strömningen i filterbädden inte ska påverkas. Den kornstorleken som har använts vid de aktuella anläggningarna är 1-3 mm. Denna kornstorlek rekommenderas av leverantören.

Vid de anläggningar som studerats i detta projekt har kalk från två olika leverantörer, Svenska Mineral och Jämtkalk, nyttjats. Sammansättningen och kornstorleken är likvärdig för de båda produkterna.

Naturlig återinfiltration – beskrivning av anläggningar

Nedan beskrivs ett antal återinfiltrationsanläggningar utformade i naturliga sand- och grusformationer med ett skikt av krossad kalksten.

De anläggningar som beskrivs nedan är:

Kåbdalis	Jokkmokks kommun
Ytterhogdal	Härjedalens kommun
Björbo	Gagnefs kommun
Årboheden	Faluns kommun
Norrflärke	Örnsköldsviks kommun
Ulvön	Örnsköldsviks kommun

Kåbdalis

Kåbdalis är ett samhälle med ca 170 invånare beläget inom Jokkmokks kommun i Norrbottens län. I området finns en skidsportanläggning som besöks av många skidentusiaster under perioden februari t.o.m. april månad. Det innebär att vattenbehovet under denna period tredubblas. Normalbehovet är ca 0,7 l/s, men under högsäsong ökar det till ca 2,0 l/s. Den gamla vattentäkten bestod av schaktbrunnar som fungerade som råvattenbrunnar. Dessa var något för djupa, vilket medförde att intagsnivån inte hade en optimal placering. Vattentäkten hade därmed en begränsad kapacitet och dricksvatten fick periodvis transporteras med tankbil från centralorten Jokkmokk för att täcka vattenbehovet. Dessutom innehöll råvattnet förhöjda halter av järn och mangan. Behandlingen i vattenverket med slutna snabbsandfilter var inte dimensionerad för det varierande flödet och klarade därmed inte av att reducera de förhöjda metallhalterna.

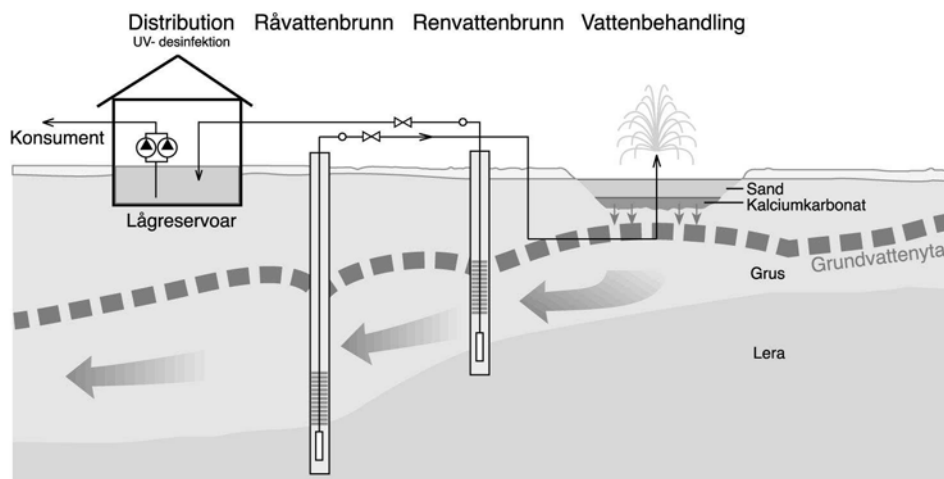
Vattnets pH och alkalinitet justerades i vattenverket genom sodadosering. Eftersom ingen hårdhetshöjning ingick i processen var dricksvattnet som levererades till konsumenterna inte i pH-jämvikt.

Jokkmokks kommun befann sig i ett läge där grundvattentäkten varken gav önskad kvantitet eller ett utgående dricksvatten som uppfyllde Livsmedelsverkets krav vad beträffar järn och mangan. Dricksvattnet var dessutom korrosivt, vilket medförde kvalitetsstörningar ute på ledningsnätet. Flera alternativ till vattenbehandling diskuterades. Det mest kostnadseffektiva förslaget var att behandla råvattnet i en naturlig infiltrationsbädd med inslag av kalk.

Detaljerade hydrogeologiska undersökningar visade att rörbrunnar med rätt anpassade intagsnivåer i grundvattenmagasinet kunde leverera önskad kapacitet. För att reducera råvattnets innehåll av järn och mangan anlades en sandfilterbädd ”uppströms” råvattenbrunnen. I det översta sandlagret avskiljs järn och mangan. I syfte att höja vattnets pH, alkalinitet och hårdhet placerades ett lager av krossad kalk ca 30 cm under filterytan. Det behandlade vattnet

perkolerar ner till grundvattenmagasinet och följer därefter den hydrauliska gradienten ”nedströms” till en ny ytligare anlagd brunn, där renvatten pumpas upp. Det vatten som tas upp i renvattenbrunnen uppvisar en sådan kvalitet att ingen ytterligare behandling krävs.

Principskiss



Principskiss över vattenbehandling i Kåbdalis.

Råvatten pumpas från råvattenbrunnen och sprids i infiltrationsbädden med hjälp av en kaskadluftare. Vattnet infiltreras varvid en reduktion av järn och mangan sker. Samtidigt erhålls en ökning av pH-värdet, alkaliniteten samt hårdheten när vattnet passerar kalkskiktet. Därefter sker en transport ner i det naturliga marklagret. Det infiltrerade vattnet tas upp i en renvattenbrunn i anslutning till infiltrationsbädden. Genom att ett större uttag görs i råvattenbrunnen än i renvattenbrunnen skapas en ”renvattenbubbla” som förbättrar vattenkvaliteten även i råvattenbrunnen. Detta syns tydligt i nedan beskrivna diagram. Ursprungligen var alkaliniteten i råvattnet 23 mg/l och hårdheten 4,2 mg/l. Efter idrifttagandet av anläggningen har alkaliniteten i råvattnet ökat till mellan 65 och 75 mg/l och hårdheten till cirka 20 mg/l. De variationer som råvattnet/renvattnet uppvisar över tiden kan bero på förhållandet mellan mängden råvatten som tillförs infiltrationsbädden jämfört med uttagna volymer renvatten.

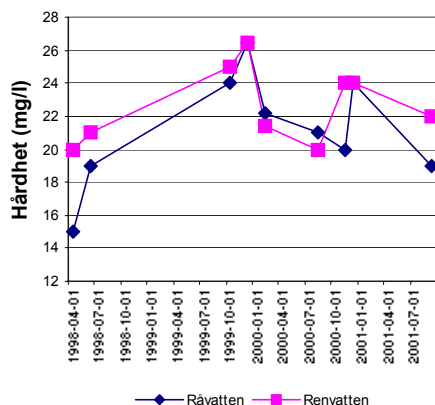
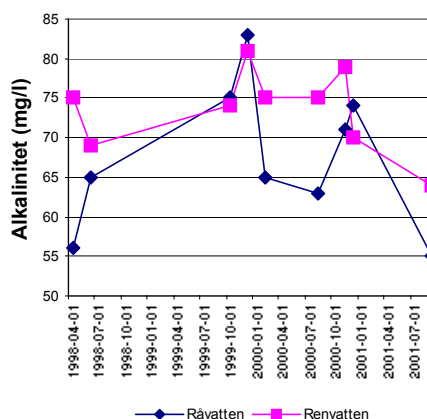
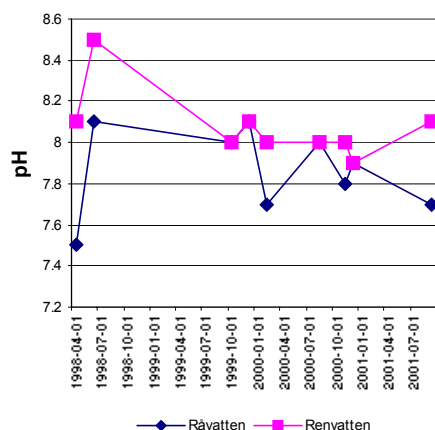
Från renvattenbrunnen pumpas vattnet till vattenverket som är beläget i samhället, ca 1,5 km från vattentäkten. Där behandlas vattnet kontinuerligt med UV-desinfektion innan det går ut på ledningsnätet.

Den nya vattentäkten färdigställdes under vårvintern 1998 och har en maximal kapacitet på ca 4 l/s.

Vattenkemi

Råvattnet tas upp via en rörbrunn och karaktäriseras av lågt pH-värde, låg alkalinitet samt att vattnet är mjukt. Dessutom innehåller vattnet förhöjda halter av järn och mangan. Av de analyserna som redovisas nedan framgår att det färdigbehandlade vattnet uppvisar en sådan god kvalitet att ingen ytterligare

behandling krävs. pH-värdet uppgår till ca 8, alkaliniteten ca 70-80 mg HCO₃/l och hårdheten räknat i Ca uppgår till 20-25 mg/l.



Infiltrationsbädd

Anläggningen består av en infiltrationsbädd med en ytbelastning på ca 0,1-0,2 m/h. Filtret består uppifrån räknat av ett lager filtersand med tjocklek av ca 30 cm och därunder ett lager krossad kalksten på ca 30 cm. Under detta finns ytterligare ett lager filtersand på ca 20 cm, varefter det naturliga materialet tar vid. På ytan bildas en biohud med utfällningar av bland annat järn, mangan och organiskt material. Vattennivån ligger i höjd med överkanten på det naturliga marklagret.

Kalken levereras av Svenska Mineral i Rättvik och består av en gråbrun sedimentär kalksten bildad under silurtiden. Den har beteckningen R1-3 och halten kalciumkarbonat (CaCO₃) är i genomsnitt 96 %. Partikelstorleken är 1-3 mm.

I skiktet mellan det övre lagret filtersand och kalklagret syns en tydlig utfällning av järn och mangan. Det är tydligt att järn och mangan inte bara filtreras bort i bäddens översta yta utan även på större djup. Var utfällningen sker beror till viss del på pH-värdet, eftersom oxideringen/utfällningen av järn och mangan är pH-beroende. Därför sker en utfällning när pH-värdet i marklagret stiger på grund av kalkinblandningen.



Naturlig återinfiltration i Kåbdalis

Drifterfarenheter

Tillsyn av anläggningen sker 1 gång per månad i samband med vattenprovtagning. Rensning av filterytan utförs en gång per år. Den biohud som bildats i det översta lagret filtersand krattas då bort och den bortförda filtersanden ersätts. Den tid som åtgår för drift och skötsel av anläggningen uppgår till cirka 1 till 2 timmar i månaden.

Vid igångsättning av anläggningen uppstod luktproblem. Konsumenterna klagade under en period på att vattnet hade en petroleumliknande lukt. Vattenprov lämnades in för analys och spår av kolväten kunde påvisas. Varifrån föroreningen härstammade kunde dock aldrig klarläggas. Kalken kan ha förorenats i samband med krossningen eller under transporten. Problemet avklingade efter ca åtta veckor.

Kostnader

Kostnaden för den nya vattenanläggningen i Kåbdalis uppgick till ca 275 kkr och fördelades enligt följande:

- Hydrogeologiska undersökningar för att klarlägga tillgänglig grundvattenmängd och flödesmönster i magasinet. Detta genomfördes genom rörborringar och grundvattenmätningar. Kostnad 80 kkr
- Anläggande av två rörbrunnar. Kostnad 80 kkr
- Schaktning av infiltrationsbädd, ledningar, pumpar m.m. Kostnad 90 kkr
- Kalksten 500:-/ton, frakt från Rättvik 500:-/ ton. Kostnad 25 kkr

Total investeringskostnad 275 kkr.

Ytterhogdal

Ytterhogdal är ett samhälle med ca 1000 invånare beläget i Härjedalens kommun. Vattenförsörjningen för Ytterhogdal baseras på grundvattenuttag ur en rullstensås vid Västansjö i samhällets nordvästra utkant. Uttaget uppgår till ca 2,5 l/s eller 220 m³/dygn.

Det naturliga grundvattnet uppvisar förhöjda manganhalter (ca 0,20 mg/l) samt låga alkalinitets- och pH-värden. För att undersöka möjligheterna att genom naturlig återinfiltration i sandfilterbäddar med krossad kalksten minska den höga manganhalten i grundvattnet och minska behovet av befintlig alkalisering utfördes pilotförsök mellan november 1997 t.o.m. mars 1998. Då försöken visade goda resultat med avseende på manganreduktion och alkalinitets- och pH-höjning anlades en permanent återinfiltrationsanläggning. Infiltrationsbädden och renvattenbrunnen ligger i en numera nedlagd och skogsbeväxt grustäkt ca 70 m nordväst om vattenverket.

Hydrogeologi

Grundvattenuttaget sker ur en rullstensås vid Västansjö. Åsens mäktighet uppgår enligt utförda borrhningar till minst 7 m. I åsens perifera delar överlagras det genomsläppliga isälvsmaterialet av finsediment. I de centrala delarna går grovsedimenten i dagen, varför en viss täktverksamhet tidigare förekommit.

Vattentäkten är provpumpad 1950 med ett uttag på 7,5 l/s. Någon utvärdering av grundvattenmagasinets hydrauliska egenskaper eller flödesbild runt vattentäkten har dock inte utförts. Grundvattenytan ligger ca 3,5 m under markytan.

Vattenbehandling

Vattentäkten består av två äldre schaktbrunnar och två rörbrunnar. Schaktbrunnarna används som råvattenbrunnar, en äldre med Ø1500 mm och en nyare med Ø2000 mm. I den äldre brunnen har problem med bottenuppträckning vid stora uttag förekommit. I nuläget används endast den nyare och den äldre fungerar enbart som reserv. De två rörbrunnarna används som renvattenbrunnar.

Råvattnet rinner ut i infiltrationsbädden på en stenhäll för att undvika avluftning av kolsyra. Vattnet infiltrerar genom filterbädden till de naturliga marklagren. Härvid erhålls en reduktion av järn och mangan samt en höjning av pH, alkalinitet och hårdhet då vattnet passerar genom lagret av krossad kalksten. Det infiltrerade vattnet tas upp i två renvattenbrunnar med ett intagsdjup på 4,5-6,5 m. Brunnarna är belägna i omedelbar anslutning till infiltrationsbäddarna.

Från renvattenbrunnen pumpas vattnet till en lågreservoar. Avluftning av kolsyra i vattnet sker vid inflödet till lågreservoaren genom en kolonnluftare. Avdrivningen av kolsyra ger en ytterligare pH-höjning med ca 0,5 enheter. Luftningsanläggningen togs i bruk i september 1999. Vid behov kan desinficering med natriumhypoklorit göras på utgående vatten.



Infiltrationsbäddar vid vattenverket i Ytterhogdal

Försöket påbörjades 1997-11-05 och avslutades 1998-03-19. Den påförda råvattenmängden liksom den uttagna renvattenmängden uppgick vid försökets början till ca 2,8 l/sek. 1997-12-11 ökades råvattenmängden till ca 3,3 l/s och 1997-12-29 till ca 4 l/s. I försökets inledningsskede infiltrerade merparten av vattnet i utkanten av sandfilterbädden, vilket gav sämre behandlingseffekt med avseende på alkalisering, än när vattnet infiltrerades i bäddens centrala delar.

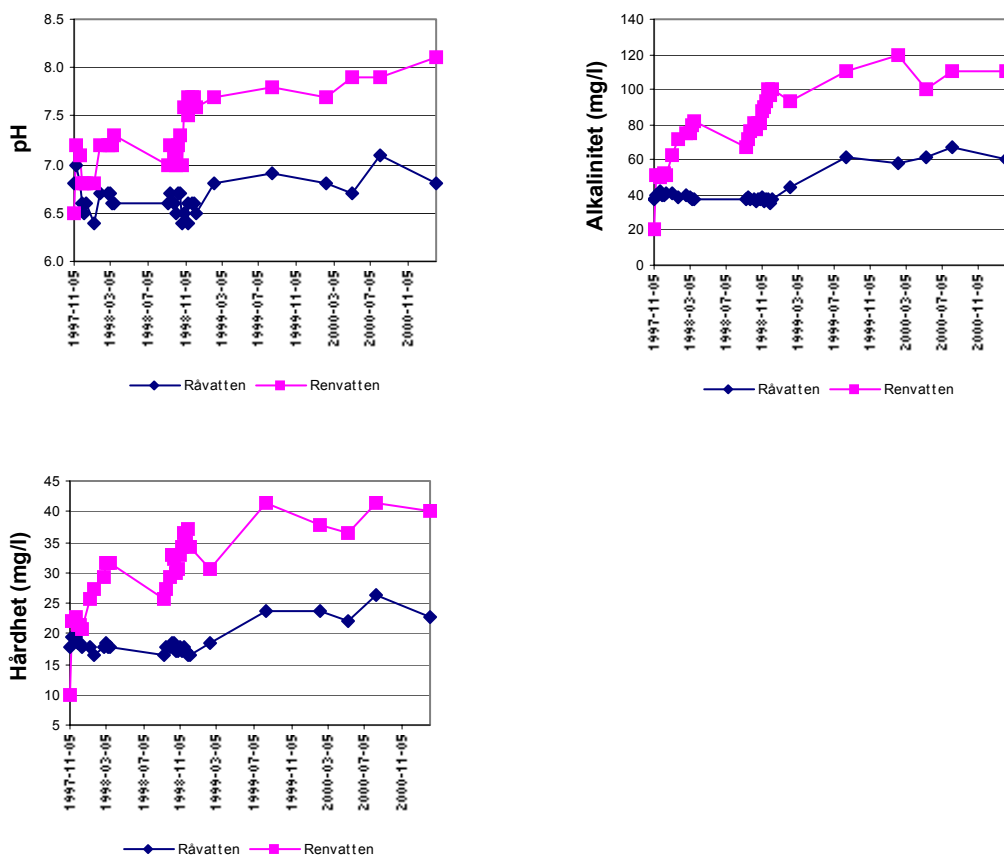
För att fastställa uppehållstiden och hur stor andel av det infiltrerade vattnet som når renvattenbrunnen utfördes ett spårämnesförsök i försöksanläggningen. Försöket visar att uppehållstiden mellan infiltrationsbädden och renvattenbrunnen är kort och varierande. En del av vattenpartiklarna når renvattenbrunnen redan efter ca 30 min, medan de långsammaste har en uppehållstid av nästan två dygn. En balansberäkning visar att 87 % av renvattnet kommer från infiltrationsbädden.

Vattenkemi

Råvattnet tas upp i en schaktbrunn på 6-7 m djup. De kemiska egenskaperna hos råvattnet kännetecknas av höga manganhalter och låga värden på pH, alkalinitet samt hårdhet. Råvattnet uppvisar också något förhöjda järnhalter.

Infiltrationen genom kalkstenslagret ger en betydande ökning av pH, hårdhet och alkalinitet. Förloppet är mycket trögt. Den snabbaste ökningen sker i inledningsskedet då alkaliniteten ökar från 20 till 50 mg/l mer eller mindre omedelbart. Därefter sker ingen ytterligare ökning under ca 1 månad. Detta kan förklaras av att en stor del av det vatten som tillförs filterbädden infiltreras i kanten där kalkens mäktighet antagligen är mindre. Dessutom kan ökningen av den påförda råvattenmängden från 2,8 till ca 4 l/s den 29/12 påverka

behandlingsresultatet. Efter förändringen i flödet sker en långsammare ökning till mellan 70 och 80 mg/l under ca 3 månaders tid.



Kolsyran i råvattnet är verksam vid utlösning av kalcium från kalkstenen. Kolsyrehalten på renvattnet har reducerats från ca 30 till 13 mg/l i slutskedet av försöksperioden. Kolsyraresten i renvattnet kan tyda på att det finns ytterligare potential att höja alkalinitet, pH och hårdhet.

Råvattnet innehåller höga manganhalter (0,20 - 0,25 mg/l) och järn i betydligt lägre halter (0,01 - 0,04 mg/l). Renvattnets järn- och manganhalt understiger detektionsgränsen 0,01 mg/l.

Infiltrationsbäddar

Försöksbäddens yta uppgick till ca 50 m². De befintliga jordlagren har tagits bort till ca 1,0 m djup. På schaktbotten har ca 0,5 m krossad kalksten och ca 0,2 m natursand pålagts.

Den permanenta anläggningen består av två stycken filterbäddar med en sammanlagd yta på 126 m². Filtret består uppifrån sett av 0,2 m filtersand och 1,0 m krossad kalksten. På ytan bildas en filterhud med utfällningar av bl a järn och organiskt material. Grundvattenytan ligger ca 2 m under lagret med kalksten. Jordlagren utgörs av sand och grus i varierande fraktioner.

Kalkstenen kommer från Svenska Mineral i Rättvik och har beteckningen R 1-3. Produkten består av en gråbrun sedimentär kalksten bildad under silurtiden.

Halten kalciumkarbonat, CaCO_3 , är i genomsnitt 96 %. Partikelstorleken är 1-3 mm.

Ungefär 10 cm under bäddens överyta syns tydliga utfällningar av järn. I övergångszonen mellan filtersand och kalksten finns svarta, kletiga utfällningar av mangan. Detta beror på att oxideringen av mangan är pH-beroende och sker då pH-värdet stiger p.g.a. kalkstensinblandningen.



Skiktningar i filterbädden i Ytterhogdal

Drifterfarenheter

I uppstartsfasen fanns en del jordbakterier i vattnet. De försvann dock efter en kort tids drift. Inga övriga problem uppmärksammades i samband med uppstarten.

Filterbäddarna belastas en i taget, växling sker med 2-4 veckors mellanrum. Vår och höst får en filterbädd i taget torka upp och filterhuden skrapas bort. Lite filtersand tas bort vid varje rensningstillfälle, normalt mindre än 1 cm. Efter ett antal år ska bortförd filtersand ersättas.

Kostnader

Den totala kostnaden för anläggningen uppgick till 946 kkr och inkluderade infiltration, pumphus, ledningar i mark och ombyggnad av lågreservoaren. Nedan redovisas kostnaderna för infiltrationsanläggningen.

- | | |
|--|-----------|
| • Schakt och planering | 79.600:- |
| • Kalksten från Svenska Mineral AB 397 ton | 160.982:- |
| • Betongbalk som avskiljare i infiltrationen | 12.000:- |
| • Trailertransporter | 8.000:- |

• Brunnsborrning	88.200:-
• Grus och makadam	10.000:-
• Tvättad sand	12.000:-
• Rör, delar, ventiler, överbyggnader m.m.	114.674:-

Total investeringskostnad för infiltrationsanläggningen 485 kkr

Björbo

Björbo är ett mindre samhälle beläget vid Västerdalälven i Gagnefs kommun i Dalarnas län. Vattenförsörjningen för Björbo baseras på grundvattenuttag ur Grangärdeåsen vid Källbäcken. Uttaget är ca 190 m³/d.

Det naturliga grundvattnet har låga alkalinitets- och pH-värden. Vattnet är dock järn- och manganfritt.

Anläggningarna i det gamla vattenverket var i huvudsak från början av 1960-talet och uppfyllde inte dagens krav. För att undersöka möjligheterna att genom återinfiltration i sandfilterbäddar med krossad kalksten höja alkaliniteten och pH i grundvattnet och på så sätt minska behovet av alkalisering i vattenverket utfördes ett pilotförsök mellan juli 1995 och februari 1996. Då försöken visade goda resultat med en betydande ökning av pH, alkalinitet och hårdhet anlades en permanent återinfiltrationsanläggning under första delen av 1998. Ett nytt vattenverk har byggts i anslutning till denna. Anläggningen togs i drift december 1998.



Översiktskarta Källbäckens vattentäkt

Hydrogeologi

Grundvattenflödet längs åsen uppgår till ca 15 l/sek och är riktat mot Dalälven i norr där tydliga källflöden kan iakttas. Uttaget vid vattentäkten uppgår till ca 3 l/sek och är således mindre än det naturliga flödet.

Åsens mäktighet uppgår till ca 30 m. I åsens perifera delar överlagras det genomsläppliga isälvs materialet av finsediment. I de centrala delarna går grovsedimenten i dagen, varför en viss täktverksamhet tidigare förekommit.

Grundvattenytan låg ca 0,6 m under markytan vid försöket. Under vintern 2000-2001 och våren 2001 var grundvattennivåerna höga på grund av riklig nederbörd. Grundvattenytan låg då över infiltrationsbäddarnas överyta.

Vattenbehandling

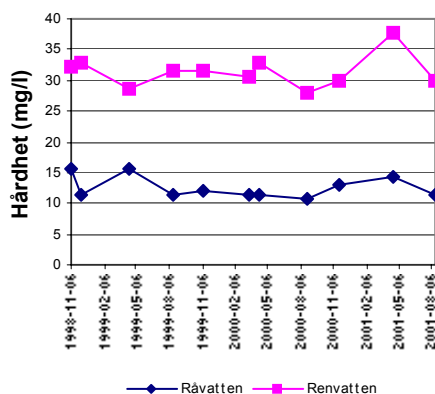
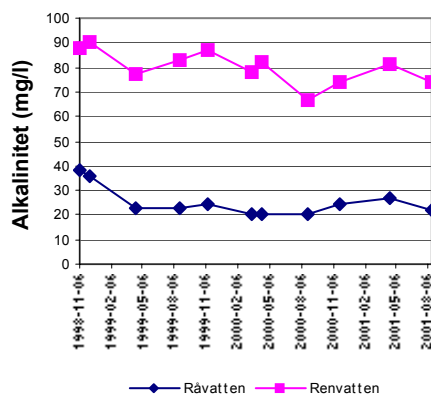
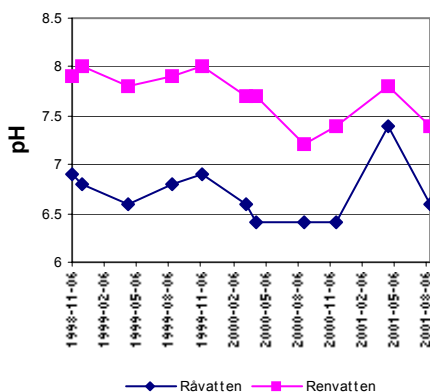
Vattentäkten består av tre renvattenbrunnar och en råvattenbrunn. Råvattnet sprids direkt på ytan av infiltrationsbäddarna. Minsta möjliga luftning eftersträvas för att inte kolsyran ska luftas bort. Vattnet infiltrerar genom filterbädden till de naturliga marklagren. Härvid erhålls en höjning av pH, alkalinitet och hårdhet när vattnet passerar genom skiktet av krossad kalk. Det infiltrerade vattnet tas upp i tre renvattenbrunnar med ett intagsdjup på 4,0-6,0 m. Brunnarna är belägna i omedelbar anslutning till infiltrationsbäddarna. Den påförda råvattenmängden uppgår till ca 2,3 l/s, uttagen renvattenmängd varierar mellan ca 1,8 och 2,1 l/s.

Från renvattenbrunnen pumpas vattnet till vattenverket där desinficering sker med hjälp av UV-ljus.

Under försöket som påbörjades 1995-07-28 och avslutades 1996-02-28 användes en försöksbädd belägen på samma plats som den nuvarande anläggningen. Istället för brunnar användes rörspetsar. Råvattenspetsen var driven till 9,5 m och renvattenspetsen till 4,7 m djup. Den påförda råvattenmängden liksom den uttagna renvattenmängden uppgick till ca 1,1 l/sek vid försökets början. 1995-08-18 flyttades renvattenspetsen till filterkanten från ett tidigare läge ca 5 m nedströms infiltrationsbädden. 1996-01-10 ökades råvattenmängden till ca 1,7 l/s.

Vattenkemi

Råvattnet tas upp i en rörbrunn på 7,5-9,5 m djup. De kemiska egenskaperna hos råvattnet kännetecknas av låga alkalinitets- och pH-värden. Vattnet är mjukt samt järn- och manganfritt.



Försöken visade att infiltrationen genom kalken ger en betydande ökning av pH, hårdhet och alkalinitet. Förloppet är mycket trögt. Den snabbaste ökningen sker i inledningsskedet då alkaliniteten ökar från 20 till 55 mg/l på ca 1,5 månader. Därefter sker en långsammare ökning till 70 mg/l under ett halvår. Ökningen av råvattenmängden 1996-01-10 har en gynnsam effekt. I den permanenta anläggningen har alkaliniteten ökat från 20-40 mg/l till 70-90 mg/l.

Renvattnets pH-värde ökade från ca 6,5 till ca 7,7 under försöket. Under hösten 2000 och 2001 har pH-värdet på renvattnet sjunkit under 7,5. Detta beror på mycket höga grundvattennivåer under denna period då grundvattnet stått över filterbädden. Flödesbilden blir då förändrad och en stor del av det infiltrerade vattnet når inte renvattenbrunnen.

Hårdheten har ökat från mellan 1,5-2°dH i råvattnet till mellan 3,5-4°dH i renvattnet.

Infiltrationsbäddar

Försöksbäddens yta uppgick till ca 18 m². De befintliga jordlagren togs bort till ca 0,8 m djup, d.v.s. ca 0,2 m under dåvarande grundvattenytan. På schaktbotten pålades ca 0,4 m krossad kalksten och ca 0,3 m sand.

Den permanenta anläggningen består av två stycken sandfilterbäddar med en sammanlagd yta på ca 80 m². De består uppifrån sett av 0,2 m filtersand och 0,8 m kalksten. På ytan bildas en filterhud med utfällningar av organiskt material. Grundvattenytan ligger normalt ca 0,3 m under kalkens överyta. Tidvis vid höga grundvattennivåer, ligger den dock över sandlagrets överyta. Jordlagren utgörs av sand i varierande fraktioner.



Sandfilterbädd i Björbo

Kalkstenen kommer från Svenska Mineral i Rättvik och har R 1-3. Det består av en gråbrun sedimentär kalksten bildad under silurtiden. Halten kalciumkarbonat, CaCO_3 , är i genomsnitt 96 %. Partikelstorleken är 1-3 mm.

Vid provtagning i infiltrationsbäddarna syntes inga skiktningar eftersom grundvattnet stod mycket högt (~0,1 m under filterbäddens överyta).

Drifterfarenheter

Vid igångsättningen av den permanenta anläggningen förekom heterotrofa bakterier i renvattnet. Under denna period användes det gamla vattenverket för distribution till vattenabonnenter. Efter ett par månader minskade dock antalet bakterier i vattnet.

Investeringskostnader

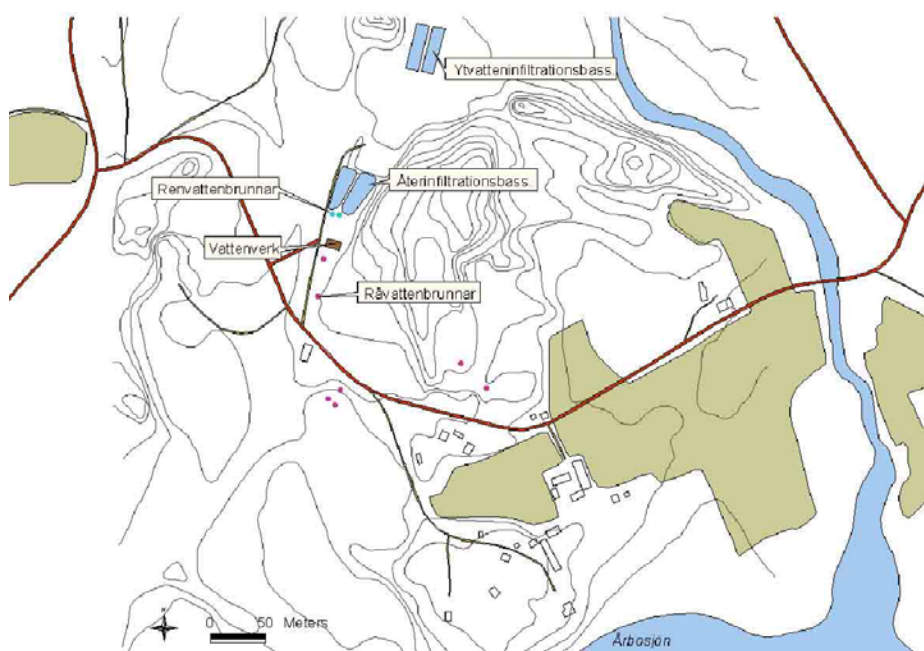
Anläggningskostnaderna för de permanenta infiltrationsbäddarna med kalksten uppgick till totalt 101 500 sek. I detta ingick schaktarbete, sand, skiljevägg i betong mellan de båda infiltrationsbäddarna samt kalksten. Av den totala summan uppgick kostnaden för kalkstenen till 64 500 sek.

Kostnader för brunnar och ledningsdragning tillkommer.

Årboheden

Vid isälvsavlagringen i Årboheden har sedan början av 1960-talet grundvatten uttagits för Sågmyra och Bjursås. Ett manganhaltigt vatten medförde återkommande problem på ledningsnätet med missfärgat vatten.

För att trygga grundvattentillgången för Sågmyra och Bjursås samt för att ansluta Grycksbo har en ny vattentäkt anlagts vid Årboheden. Vattentäkten togs i drift 1994 och bygger på att grundvattentillgången förstärks genom infiltration av ytvatten från Årbosjön i isälvsavlagringen. Efter några månaders uppehållstid i marken tas vattnet upp ur en råvattentäkt varefter det pumpas till en återinfiltrationsanläggning där järn och mangan tas bort genom oxidation och filtrering. Sandfilterbäddarna innehåller krossad kalksten som medför en betydande alkalisering. Vattentäkten är dimensionerad för en medeldygnsförbrukning på 1800 m³/dygn (21 l/s) och en maxdygnsförbrukning på 2500 m³/dygn (29 l/s).



Översiktskarta vattentäkten i Årboheden

Hydrogeologi

Årboheden består av en isälvsavlagring som övergår från en åsbildning i de norra delarna till ett delta närmare Årbosjön. Grovsediment med störst mäktighet förekommer i den centrala delen. Inom områdets västra del har jordlagren en komplex uppbyggnad av finkorniga och grovkorniga sediment. Utförda borrhningar visar att åsens mäktighet vid infiltrationsbäddarna uppgår till minst 13 m.

Vid nuvarande infiltration och uttag ligger grundvattennivån i magasinet över Årbosjöns nivå. Grundvattenytan ligger ca 4 m under markytan.

Utförd provpumpning visar att magasinets genomsläpplighet är god, men att den hydrauliska kontakten med Årbojön och Hyttkvarnsån är mindre välutbildad, vilket begränsar de uttagbara grundvattenmängderna.

Vattenbehandling

Ytvatten pumpas från Årbojön till två infiltrationsbäddar som är urschaktade i naturligt grusmaterial. Det infiltrerade vattnet rinner genom isälvsavlagringen till nio stycken råvattenbrunnar. Uppehållstiden är några månader och råvattenkvaliteten förbättras avsevärt under denna tid. Råvattnet från brunnarna pumpas till två återinfiltrationsbäddar och sprids med kaskadluftare. Då vattnet infiltrerar genom filterbädden sker en avskiljning av järn och mangan. Kalken i infiltrationsbädden gör dessutom att hårdhet och alkalinitet höjs, innan vattnet transporteras ner i de naturliga marklagren.

Det infiltrerade vattnet tas upp i fyra stycken renvattenbrunnar belägna i anslutning till infiltrationsbäddarna. Intagssilarna ligger mellan ca 8-10 m under markytan.

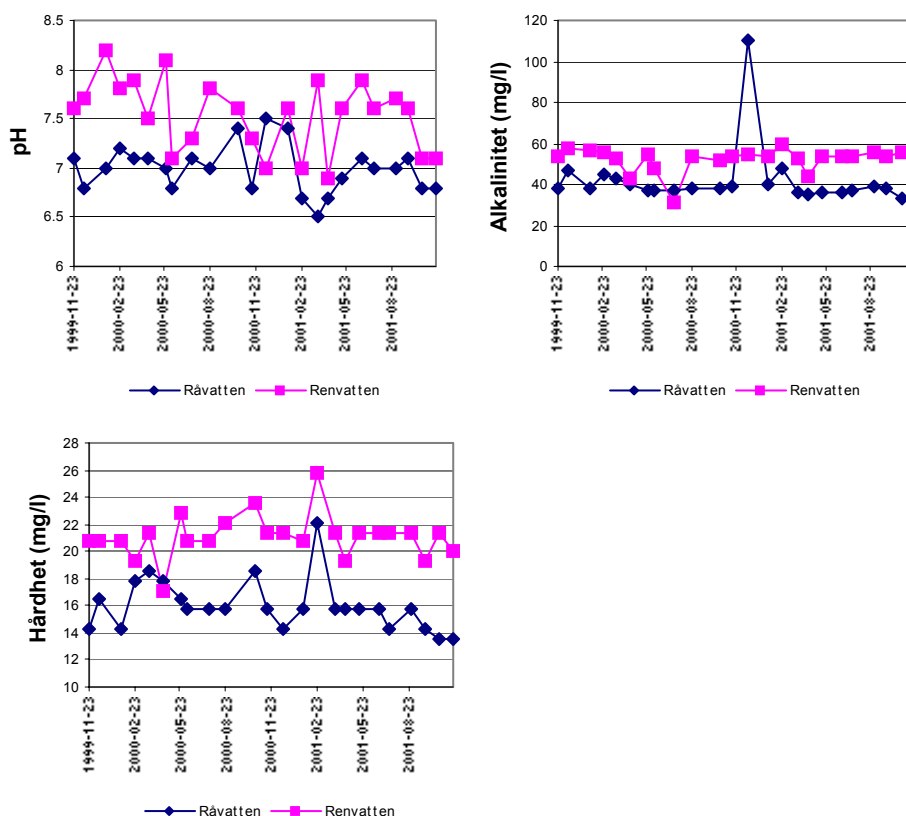
Från renvattenbrunnarna pumpas vattnet till vattenverket där vattnet slutalkaliseras genom sodadosering. Desinficering sker med UV-ljus. Vid behov finns möjlighet till dosering med natriumhypoklorit.



Infiltrationsbäddarna i Årboheden

Vattenkemi

Råvattnet tas upp i nio stycken rörbrunnar. De kemiska egenskaperna hos råvattnet kännetecknas av höga järnhalter (ca 0,1-0,25 mg/l) och förhöjda manganhalter (ca 0,05-0,1 mg/l). Alkaliniteten har värden runt 40 mg/l och pH ligger runt 7. Vattnet är mjukt, ca 2°dH.



Infiltrationen genom kalkstenslagret ger en betydande ökning av alkalinitet och hårdhet. Alkaliniteten ökar till värden mellan 55-60 mg/l och hårdheten höjs till ca 3° dH.

Renvattnets pH-värde (före slutalkalisering) ökar från ca 7 till ca 7,5-8. Under 2001 kan man dock se en vikande trend där pH på renvattnet varierar kraftigt mellan 7 och 7,7. Vad detta beror på är svårt att säga. Det har inte varit problem med extremt höga grundvattennivåer som i Björbo. Anläggningen har varit i drift sedan 1994, vilket gör att kalkens pH-höjande effekt möjligen har börjat avta. Motsvarande trend kan dock inte påvisas för alkaliniteten. Några av råvattenbrunnarna har satt igen vilket har gjort att råvattenkvaliteten har förändrats. Även detta kan ha en viss betydelse.

Infiltrationsbäddar

Den permanenta anläggningen består av två stycken sandfilterbäddar med en sammanlagd yta på ca 1000 m². Filtret består uppifrån sett av 1,0 m krossad kalksten och ca 2 m grus. På ytan bildas en filterhud med utfällningar av bl a järn och organiskt material. Tydliga rödbruna utfällningar av järn och mangan förekommer i de översta 6-7 cm av kalklagret. Grundvattenytan ligger ca 3 m under kalkens överyta. Jordlagren utgörs av sand och grus i varierande fraktioner.

Kalkstenen kommer från Svenska Mineral i Rättvik och har beteckningen R 1-3. Det består av en gråbrun sedimentär kalksten

bildad under silurtiden. Halten kalciumkarbonat, CaCO_3 , är i genomsnitt 96 %. Partikelstorleken är 1-3 mm.

Vid provtagning i infiltrationsbäddarna syntes tydliga rödbruna utfällningar av järn och mangan. Utfällningarna var tydligast i de översta centimetrarna för att sedan minska med djupet. Från ca 0,1 m djup syntes inga spår efter utfällningar.



Skiktningar i filterbädden

Drifterfarenheter

Inga problem noterades i samband med uppstartsfasen. Innan vattnet pumpades ut på nätet pumpades det under några veckors tid direkt ut i Årbojön.

Norrflärke

Vattenförsörjningen för Norrflärke inom Örnsköldsviks kommun baseras på grundvatten i lösa jordlager. Anläggningen togs i drift i slutet av 1996. Den består av två råvattenbrunnar, två sandfilterbäddar samt två renvattenbrunnar. För att uppfylla Livsmedelsverkets krav på utgående dricksvatten sker ytterligare en pH-justering med ett alkaliskt filter (Akdolitmassa) vid vattenverket. Vattenförbrukningen uppgår till 200-250 m³/dygn.

Vattenbehandling

Råvattnet tas upp via den ena av de två råvattenbrunnarna och sprids över de båda filtertorna med hjälp av kaskadluftare. Via två renvattenbrunnar i anslutning till infiltrationsbäddarna tas det infiltrerade vattnet upp och leds till vattenverket där en ytterligare PH-justering i ett alkaliskt filter sker.



Infiltrationsbäddar i Norrflärke

Vattenkemi

Den vattenkvalitet som erhålls i renvattenbrunnarna med ett pH-värde runt 7,1 tyder på att det behandlade vattnet till viss del blandas upp med ett obehandlat grundvatten. Råvattnets sammansättning med en alkalinitet på ca 50 mg/l och en hårdhet på 22 mg/l stärker teorin att det sker en inblandning av det behandlade vattnet i grundvattenmagasinet. Denna inblandning ger en positiv effekt på råvattenkvaliteten. För att erhålla ett pH-värde över 7,5 krävs en ytterligare pH-justering med alkalisk massa (Akdolit) i vattenverket. Resultat av vattenanalyser visas i tabell nedan.

Norrflärke 2000-10-24	pH	Alkalinitet (mg/l)	Hårdhet Ca+Mg (mg/l)
Råvatten, före infiltrationsbassäng	6,9	50	22
Renvattenbrunn 1, efter inf bassäng	7,1	58	25
Renvattenbrunn 2, efter inf bassäng	7,2	65	27
Utgående vatten efter alkaliskt filter	8,0	83	35

Infiltrationsbäddar

Anläggningen består av två sandfilterbäddar som körs parallellt, med en yta av 120 m² vardera. Kalken tillsattes i oktober 1996, 22 m³ i varje filter och sedan dess har anläggningen varit i drift. Bäddarna består uppifrån räknat av 10 cm filtersand, ett 20 cm skikt med krossad kalksten och 10 cm filtersand som slutligen övergår i naturligt lagrat material. I övergångszonen mellan den övre filtersanden och kalklagret syns en tydlig utfällning av järn och mangan.



Skiktning i sandfilterbädden i Norrflärke visar en tydlig utfällning av järn och mangan

Ulvön

Ulvön är en ö som under sommaren besöks av många turister. Den är sedan långt tillbaka känd för sin surströmmingstillverkning som dock lades ner under 1980-talet. Atmosfären lever dock kvar i den bevarade fiskebyn. Ön har ett mindre antal fast boende och det medför att vattenförbrukningen vid anläggningen på Ulvön varierar mellan 12 m³/dygn på vintern och 120 m³/dygn under sommarens turistsäsong. Detta innebär att ett grundvatten nyttjas under vintern, men under sommaren förstärks volymen genom konstgjord infiltration av ett ytvatten från en sjö belägen mitt på ön för att tillräcklig volym ska erhållas.



Ulvön, oktober 2000

Vattenbehandling

Råvatten pumpas från en bergborrad brunn till vattenverket där svavelväte luftas bort innan vattnet behandlas i tre långsamfilter i vilka filtersanden blandats med kalk. Desinfektion sker med UV-ljus innan vattnet går ut på ledningsnätet. Under sommaren kompletteras vid behov vattenmängden med ytvatten från Bysjön. Ytvattnet pumpas till en återinfiltrationsanläggning belägen utomhus som kompletterats med ett lager kalksten levererad från Jämtkalk. Efter infiltrationen transporteras vattnet vidare genom det naturliga marklagret och samlas i en råvattenbrunn. Därefter behandlas vattnet på samma sätt som ovan.

Vattenkemi

Vid det besök som gjordes i samband med detta projekt (2000-10-03) togs vattenprover på vattnet i återinfiltrationsanläggningen, på inkommande råvatten till vattenverket efter infiltration samt på utgående renvatten från vattenverket. Resultatet, som redovisas i nedanstående tabell, tyder på att det råvatten som tas upp i råvattenbrunnen efter infiltration i dammen troligtvis

blandas upp med ett obehandlat vatten eftersom pH-värdet, alkaliniteten och hårdheten är högre i dammen än i det vatten som tas ut i råvattenbrunnen. Det blir därmed svårt att dra några slutsatser av behandlingsresultatet från jämförelser av vattenkvaliteten mellan rå- och renvatten.

Ulvön 2000-10-03	pH	Alkalinitet (mg/l)	Hårdhet Ca+Mg (mg/l)
Råvatten, prov i infiltrationsbassäng	7,7	67	26
Råvatten, efter infiltrationsbassäng	6,7	47	20
Utgående renvatten, efter långsamfilter med kalk i vv.	7,5	93	32

Infiltrationsbädd

Infiltrationen sker i en naturlig damm som kompletterats med ett lager krossad kalksten på ca 10 cm. Vatten står ständigt över filterytan.



Återinfiltrationsanläggning på Ulvön

Konstgjord återinfiltration – beskrivning av anläggningar

Nedan beskrivs ett antal konstgjorda återinfiltrationsanläggningar utformade med en tät duk i botten och med ett skikt av krossad kalksten. Det behandlade vattnet samlas upp i botten av filterbädden och leds bort för vidare distribution till konsument. De anläggningar som beskrivs nedan är:

Pajala	Pajala kommun
Hedenäset	Övertorneå kommun
Vuollerim	Jokkmokks kommun

Pajala

Pajala är en kommun med ca 7 800 invånare beläget i Norrbottens län vid finska gränsen. Vattentäkten och vattenverket som försörjer centralorten Pajala med cirka 2 200 invånare är lokaliserat ca 800 meter söder om Torne älv i direkt anslutning till bebyggelse. Pajala försörjdes tidigare med ytvatten från älven. För att förbättra dricksvattenkvaliteten utfördes hydrogeologiska undersökningar för att lokalisera ett bättre råvatten. Resultatet från undersökningarna blev fem bergborrade brunnar med ett djup av 100-120 meter vardera placerade i vattenförande sprickzoner, vilka borgar för en god grundvattentillgång. Råvattnet uppvisade en vattenkvalitet med höga järn- och manganvärden samt ett alltför lågt pH-värde för att klara Livsmedelsverkets krav på utgående dricksvatten. Noterbart var att vattnet naturligt hade en hög alkalinitet och hårdhet.

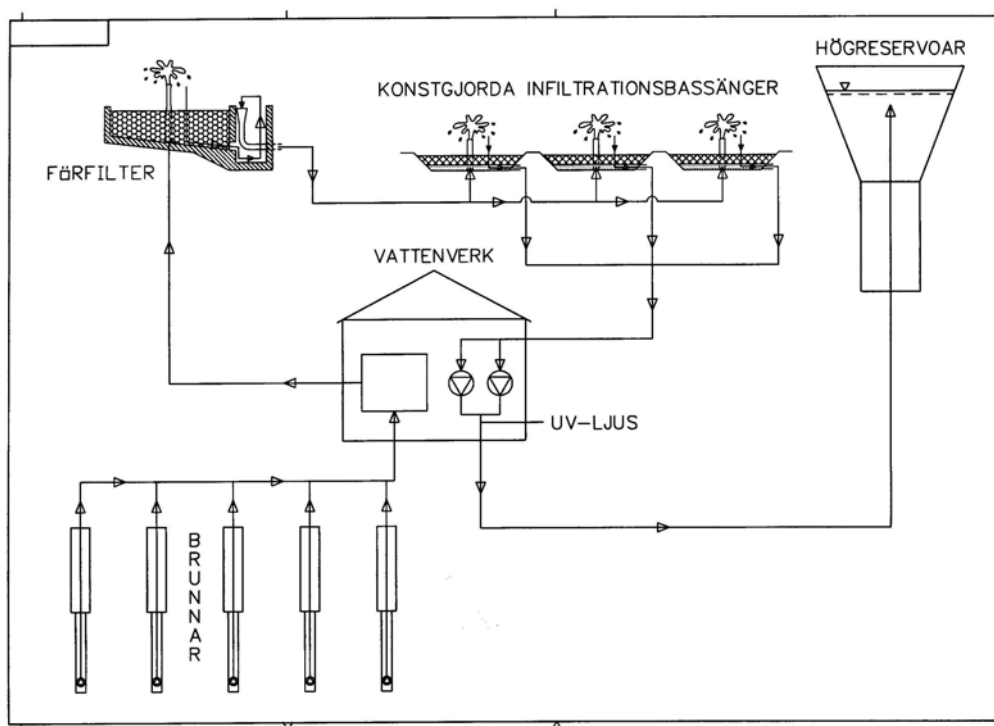
Pajala kommun stod här i ett vägska! för hur den framtida vattenbehandlingen skulle utformas. För att leva upp till Livsmedelsverkets krav på dricksvatten måste vattnet pH-justeras och halterna järn och mangan reduceras. Principförslag över tänkta processlösningar togs fram. Ett avgörande krav från kommunen var att vattnet skulle tillföras så lite kemikalier som möjligt och att drift och underhåll av anläggningen i möjligaste mån skulle minimeras. Vid den gamla anläggningen fick många drifttimmar per vecka avsättas för att vattnet skulle hålla något så när god kvalitet. Resultatet blev att ett helt nytt vattenverk byggdes. Vattenbehandlingen består av luftning och filtrering i ett förfilter (biologiskt filter) samt filtrering i efterföljande konstgjorda sandfilterbäddar. Anledningen till att filterbäddarna utformades med tät duk med efterföljande uppsamlingssystem var att de hydrogeologiska förutsättningarna till naturlig återinfiltration inte finns i området kring Pajala. All vattenbehandling sker utomhus.

Anledningen till att filtreringen sker i två steg är de höga halterna av järn och mangan. För att uppnå erforderligt pH-värde bestämdes att ett kalklager på ca 30 cm skulle placeras i infiltrationsbäddarna. Detta för att slippa dosera lut eller soda.

Anläggningen är dimensionerad för ett vattenuttag på ca 1 000 m³/dygn och har ca 2 200 anslutna abonnenter. Nuvarande vattenförbrukning uppgår till ca 550 m³/dygn eller 6,4 l/s. Anläggningen togs i drift under vintern 1995.

Vattenbehandling

Råvattnet leds från de fem råvattenbrunnarna till vattenverket via en samlingsledning. Vid vattenverket mäts det totala råvattenflödet och det finns möjlighet till sodadosering. Efter flödesmätningen leds vattnet vidare till anläggningens förfilter. Här oxideras och avskiljs järn och mangan. Filtret är utformat av betong och fyllt med ca 30 m³ makadam (16-32mm). Förfiltret är dimensionerat så att kontakttiden uppgår till ca 20 minuter. Efter förfiltreringen leds vattnet med självfall vidare till anläggningens infiltrationsbäddar. Bäddarna har en yta av 180 m² vardera, vilket ger en total filterbelastning på ca 0,10 m/h vid ett dimensionerat flöde på 1000 m³/d. Vid normal produktion blir belastningen lägre vilket möjliggör att filterbäddarna kan belastas två åt gången och den tredje får vila. Den relativt låga belastningen resulterar i lägre frekvens av skötsel och underhåll.



Processchema vattenbehandling i Pajala

Med hjälp av kalk i sandfilterbädden höjs förutom vattnets pH-värde även vattnets alkalinitet och hårdhet. De järn- och manganmängder som inte avskiljs i förfiltret avskiljs i filterbäddarna. Avskiljningen sker dels på ytan, dels i den övre gränsszonen mellan filtersand och kalkstensgryn.

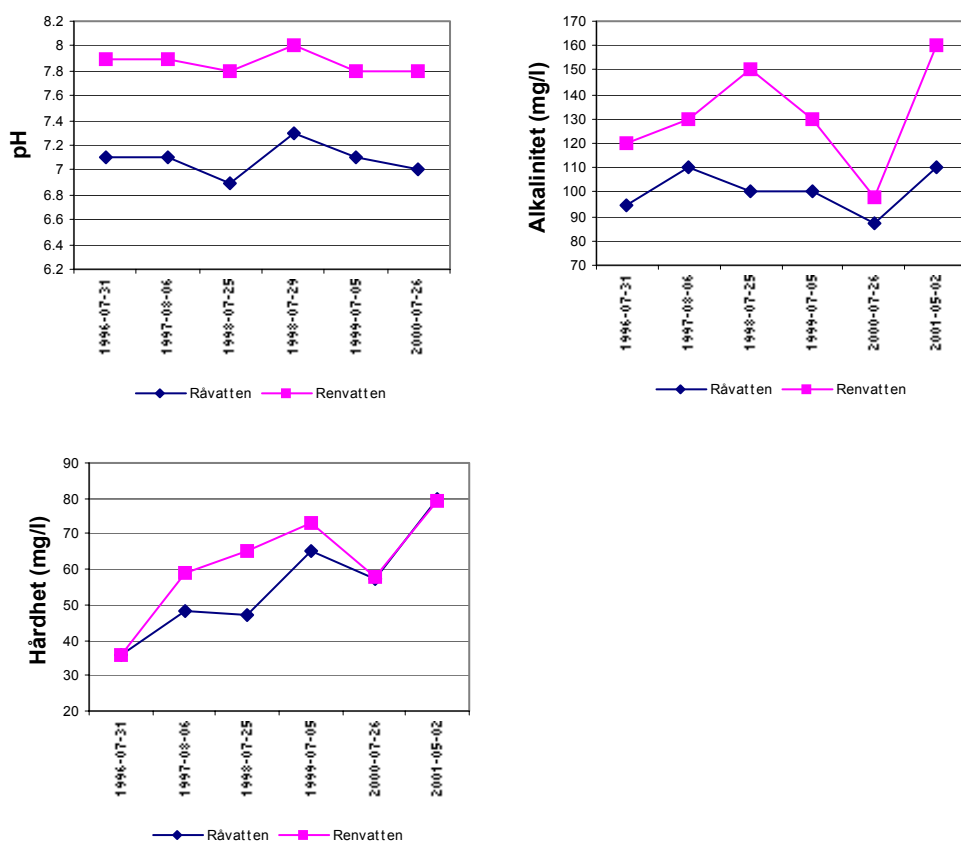
Det behandlade vattnet samlas upp i botten av filterbädden varefter vattnet leds med självfall till vattenverkets lågreservoar. Mellan infiltrationsbäddarna och lågreservoaren återfinns s.k. "nivåbrunnar." I dessa brunnar kan vattennivån i filterbäddarna regleras. På detta sätt kan uppehållstiden och därmed kontakttiden mellan vatten och kalk justeras för att erhålla en optimal

vattenkvalitet med avseende på pH, alkalinitet och hårdhet. Innan vattnet distribueras till högreservoar och vidare till konsument sker desinfektion med hjälp av UV-ljus.

Noterbart är att ingen vattenbehandling förutom desinfektion sker i vattenverket.

Vattenkemi

Det grundvatten som nyttjas som råvatten har uppvisat halter som från anläggningens driftstart kontinuerligt ökat med avseende på hårdhet och alkalinitet. Råvattnets pH-värde uppvisar dock en jämn nivå på ca 7. Innehållet av järn och mangan reduceras effektivt i de två luftnings- och filtreringsstegen. I förfiltret reduceras ca 20 % av metallerna medan resterande mängder filtreras bort i infiltrationsbäddarna. Eftersom råvattnets innehåll av kalcium kontinuerligt har ökat naturligt har en ökning skett även i utgående dricksvatten. Nedan redovisas pH, alkalinitet samt hårdhet för rå- och dricksvatten.



Drifterfarenheter

Förfilter

Rengöring av förfiltret sker genom störttappning ca 1 gång/månad för att bortföra det järn och mangan som avskiljts. Efter störttappningen spolvas filtrets yta med renvatten. Rengörningen av filtret avbryts efter ca 15 minuter spolning eller när utgående spolvatten är klart. Spolvattnet leds till en klarningsdamm

och därefter till ett dikessystem. Under sommarperioden då tillväxten av organiskt material tilltar krävs rengöring något oftare. Under vinterperioden då tillväxten avtar sker rengöring varannan månad.

Under år 2001 har befintligt makadam bytts ut eftersom behovet av rensning tilltog i frekvens även vintertid. Vid byte av materialet kunde konstateras att kornstorleken på materialet inte uppfyllde de krav som ställdes när anläggningen byggdes. Istället för 16-32 mm var kornstorleken ca 4-16 mm. Detta var förmodligen orsaken till de alltför täta rengöringsintervallen.

Infiltrationsbäddar

De två infiltrationsbäddarna är från botten räknat uppbyggda av geomembran, tät duk, geomembran, makadam, filtersand, krossad kalksten samt ett ytskikt av filtersand. Den tredje filterbädden består endast av filtersand. Totala mäktigheten av samtliga bassänger är ca 1,5 meter. Det faktum att oxiderat järn och mangan avskiljs inte bara vid infiltrationsbäddens yta utan även i den övre gränzonen mellan filtersand och kalk påvisar att avskiljningen av järn och mangan är pH-beroende och att avskiljningsgraden ökar vid ökat pH-värde.



Infiltrationsbäddar i Pajala en kall vinterdag

Samma fenomen med petroleumliknande doft från dricksvattnet som vid uppstarten av vattenanläggningen i Kåbdalis konstaterades även i Pajala. Lukten kunde kännas på utgående vatten men kolväten kunde inte påvisas genom vattenanalyser. Liksom i Kåbdalis försvann lukten efter några veckors drift.

Det som för övrigt har föranlett klagomål från konsumenter är den stigande hårdheten på utgående dricksvatten. Detta beror som tidigare nämnts på en naturlig hårdhetshöjning på råvattnet. Konsumenterna som sedan tidigare var vana vid ett mjukt vatten fick efter att anläggningen tagits i drift ett vatten med

en hårdhet på ca 10 °dH. Klagomålen medförde att kalken i november 1999 plockades bort ur en av infiltrationsbäddarna och därefter parallellkörs två bäddar, en utan och en med kalk, för att en optimal sammansättning på vattnet ska erhållas. De två filterbäddar som innehåller kalk alterneras.

I syfte att ytterligare optimera vattenkvaliteten har två nya grundvattenbrunnar tagits i drift. Efter provpumpningar och utvärderingar av vattenanalyser kan konstateras att pH-värdet är något högre i de nya brunnarna jämfört med i de befintliga brunnarna samtidigt som hårdheten är lägre, vilket är positivt. Det arbete som för närvarande pågår är att kontrollera de enskilda brunnarnas kvantitet och kvalitet för att i möjligaste mån minska hårdheten samtidigt som pH-värdet ska uppfylla fastställda krav utan att några kemikalier behöver doseras. Detta kommer mest troligt att på sikt innebära att kalken i filterbäddarna kommer att plockas bort alternativt belastas sparsamt för att vattnets hårdhet inte ska bli alltför hög. Hårdheten på utgående vatten är idag ca 10-11 °dH.

Rensning av infiltrationsbäddarnas yta sker ca 2 ggr/år genom att en bädd får torka upp varefter biohud och oxider krattas bort. Vid varje krattning skalas ca 2-3 cm av ytan bort. Den borttagna filtersanden ersätts ungefär vart annat år.

Tidsåtgången för drift av anläggningen uppskattas till ca 3 timmar/månad samt övervakning via styrsystemet ca 5 minuter/dag.

Kostnader

Kostnaden för anläggande av hela vattenverket inklusive 1 km ledning till vattentornet uppgick 1995 till ca 3 Mkr. Det kan poängteras att fler alternativ till vattenbehandling jämfördes innan beslut togs. Det som föllde avgörandet i Pajalas fall var den enkla processlösningen tillsammans med minimalt användande av kemikalier. Det befintliga vattenverket var dessutom i stort behov av upprustning om verket även i fortsättningen skulle kunna vara i drift. Upprustning av det befintliga ytvattenverket skulle bli mer kostsamt jämfört med att bygga ett nytt vattenverk anpassat till det nya råvattnet.

Hedenäset

Vattenverket i Hedenäset, beläget inom Övertorneå kommun i Norrbotten, försörjer ungefär 500 personer samt ett mejeri med dricksvatten. Stora variationer i uttag vid mejeriet påverkar till stor del förbrukningen som varierar mellan 170-300 m³/dygn (2-3,5 l/s). För att försörja samhället med dricksvatten fanns ett antal brunnar som dels var baserade på grundvatten från lösa jordlager och dels från berg. Råvattnet från de olika brunnarna var av mycket varierande kvalitet och behandlingen i vattenverket räckte inte till för att ett dricksvatten som uppfyllde Livsmedelsverkets krav skulle kunna distribueras. Råvattnet uppvisade höga halter av järn och mangan samt lågt pH-värde, alkalinitet och hårdhet. Behandlingen i verket som bestod av luftning, filtrering i sand och alkalisk massa (Akdolit), kunde inte reducera de höga järn- och manganhalterna. Den alkaliska massan blev ofta inaktiv p.g.a. att oxiderna fälldes ut runt kornen vilket gjorde att alkaliseringen inte heller fungerade tillfredsställande. När massan var ny erhöles höga och varierande pH-värden på utgående vatten. Allt eftersom massan blev äldre minskade pH-värdet successivt. För att klara Livsmedelsverkets krav på utgående dricksvatten planerade tekniska kontoret åtgärder. De krav kommunen ställde på den nya anläggningen var att den skulle reducera de höga halterna av järn och mangan, höja vattnets pH-värde, alkalinitet och hårdhet samt vara drift- och underhållseffektiv. Vattenverket var dessutom i stort behov av upprustning, vilket också skulle vägas in i bedömningen.

Resultatet blev en liknande anläggning som den i Pajala. Skillnaden är dock att råvattnet i Hedenäset baseras på grundvatten från lösa jordlager samt att den nya anläggningen byggdes i direkt anslutning till befintligt vattenverk. Vattenbehandlingen inne i vattenverket plockades bort och en allmän upprustning ägde rum.

Den nya vattenbehandlingen utformades med ett förfilter i betong. Efter förfiltrering leds vattnet med självfall till två konstgjorda infiltrationsbäddar. I bäddarna finns ett lager kalk ca 20 cm under filterytan. Det behandlade vattnet leds därefter med självfall till en pumpstation som pumpar det färdigbehandlade vattnet till vattenverkets lågreservoar. Innan dricksvattnet distribueras till konsument sker desinfektion med UV- ljus.

Den nya vattenbehandlingsanläggningen anlades 1996.

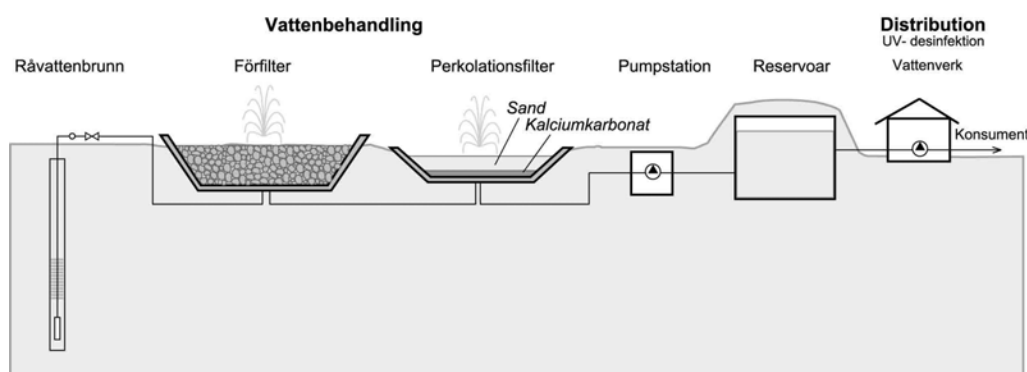
Vattenbehandling

Råvattenbrunnen (schaktbrunn) är utformad i lösa jordlager och är belägen vid Torne älv. Från råvattenbrunnen pumpas vattnet via vattenverket till ett förfilter (utformat i betong) bestående av makadam (8-16 mm) för oxidation och avskiljning av järn och mangan. Förfiltret är utformat på ett sådant sätt att kontakttiden uppgår till ca 20 minuter. Avskiljningen i förfiltret med avseende på järn och mangan uppgår till ca 20 %. Vattnet leds därefter till två konstgjorda infiltrationsbäddar där resterande järn- och manganmängder filtreras bort.

De två infiltrationsbäddarna har en area av 130 m² respektive 60 m². Den större bädden används vid ordinarie drift och den mindre endast vid rengöring av den större, vilket sker en gång per år. Den totala mäktigheten av filterbädden är 1,5 meter och den avgränsas av ett tätt geomembran i botten. Avskiljningen av järn och mangan sker dels vid filterbäddens yta, dels vid övergången mellan sand och kalk. Kalklagret på 30 cm är placerat ca 20 cm under filterytan.

Det behandlade vattnet samlas upp i botten av bädden och leds med självfall till en pumpstation. Mellan varje infiltrationsbädd och pumpstationen finns en nivåbrunn där vattenytan i bädden kan regleras. På detta sätt kan uppehållstiden i filterbädden och därmed även kontakttiden mellan vatten och kalk regleras, vilket möjliggör en optimering av vattnets pH, alkalinitet och hårdhet. Slutligen sker en desinfektion med UV-ljus innan vattnet distribueras ut på nätet via en låg- och högreservoar.

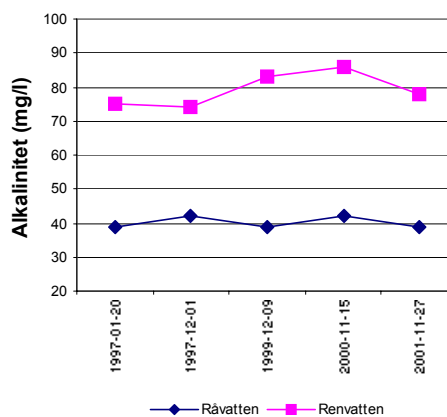
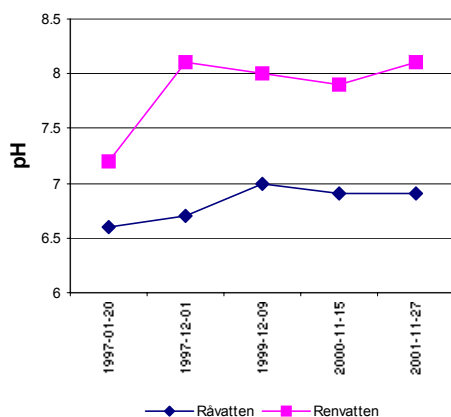
Principskiss

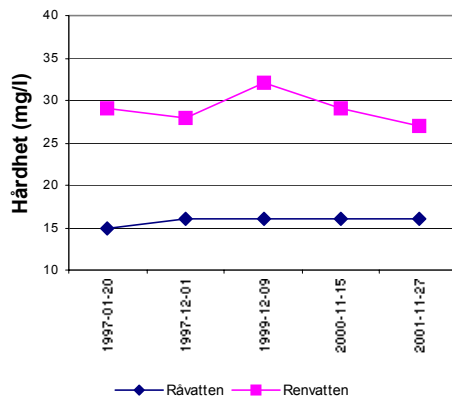


Principskiss vattenbehandling i Hedenäset

Vattenkemi

Alltsedan anläggningen togs i drift har kvaliteten på utgående dricksvatten varit mycket bra. Det järn och mangan som kan påvisas i råvattnet avskiljs effektivt i anläggningens filtersteg. Vattnets pH-värde stiger från 6,8-6,9 till ca 8,1 och alkaliniteten från ca 40 till över 60 mg HCO₃/l. Även vattnets hårdhet stiger till önskade nivåer från ca 15 mg/l till 25-30 mg/l. Nedan redovisas diagram över kvalitetsutvecklingen sedan anläggningen togs i drift 1996.





Drifterfarenheter

Förfilter

Rengöring av förfiltret sker genom störttappning ca 1 gång/månad för att bortföra det järn och mangan som avskiljts. Efter störttappningen spolas filtrets yta med renvatten. Rengöringen av filtret avbryts efter ca 15 minuter spolning eller när utgående spolvatten är klart. Spolvattnet leds till en klarningsdamm och därefter till ett dikessystem. Under sommarperioden då tillväxten av organiskt material tilltar krävs rengöring något oftare. Under vinterperioden då tillväxten avtar sker rengöring varannan månad.

Infiltrationsbäddar

De två sandfilterbäddarna är från botten räknat uppbyggda av geomembran, tät duk, geomembran, makadam, filtersand, kalkstensgryn samt ett ytskikt av filtersand. Totala mäktigheten i samtliga bäddar är ca 1,5 meter. Det faktum att oxiderat järn och mangan avskiljs inte bara vid infiltrationsbäddens yta utan även i den övre gränzonen mellan filtersand och kalk påvisar att avskiljningen av järn och mangan är pH-beroende och att avskiljningsgraden ökar vid ökat pH-värde.

Rensning av infiltrationsbäddens yta sker ca 1 gång/år genom att en filterbädd i sänder får torka upp varefter biohud och oxider krattas bort. Vid varje krattning skalas filterytan av ca 2-3 cm. Den borttagna filtersanden ersätts ungefär vartannat år.

Anläggningen kräver i övrigt minimal drift och skötsel. Styrning och övervakning sker från centralorten Övertorneå, ca 20 km från Hedenäset. Tillsyn på plats sker under normala driftförhållanden en gång per vecka.



Infiltrationsbädd i "vila" en höstdag i Hedenäset

Kostnader

Kostnaden för anläggande av den nya vattenbehandlingen uppgick till ca 1,5 Mkr. I summan ingick bl.a.

- Anläggande av förfilter inkl makadam, ca 25 m³
- Anläggande av 2 stycken konstgjorda sandfilterbäddar, totalyta 190 m²
- Kalksten 1-3 mm, 500:-/ton + 500:-/ton i frakt från Rättvik
- Pumpstation, ca 3 m³
- 2 stycken nivåbrunnar
- 200-300 meter ledningar inom området
- Demontering och upprustning av vattenverket

Det kan poängteras att i Hedenäsets fall studerades flera alternativ till vattenbehandling innan beslut togs. Det som föllde avgörandet var även i Hedenäsets fall den enkla processlösningen tillsammans med det minimala användandet av kemikalier. Det befintliga vattenverket var dessutom i stort behov av upprustning om verket även i fortsättningen skulle vara i drift.

Vuollerim

Vattenförsörjningen i Vuollerim har tidigare baserats på ytvatten från Lule älv. I syfte att förbättra vattenkvaliteten på ledningsnätet och hos konsument inledde kommunen undersökningar för att lokalisera ett bättre råvatten. Vattenförbrukningen uppgår till ca 600 m³/d (7 l/s).

I en sand- och grusformation identifierades ett område lämpligt för grundvattenuttag ur lösa jordlager. Råvattnet uppvisade förhöjda halter av järn och mangan samt ett alltför lågt pH-värde. Även alkalinitet och hårdhet är för låga vilket ger vattnet korrosiva egenskaper. Kommunens ambitioner var att befintligt ytvattenverk inte skulle användas i fortsättningen utan att ett helt nytt vattenverk inklusive vattenbehandling skulle utformas. Kommunen ställde i övrigt krav på en enkel processlösning och att vattenbehandlingen skulle kräva så lite drift och skötsel som möjligt. Ett annat krav var att kemikaliedoseringen vid vattenbehandlingen skulle hållas så låg som möjligt.

Efter de mycket goda resultaten i Kåbdalis bestämde sig Jokkmokks kommun för att etablera ytterligare en anläggning som bygger på vattenbehandling i infiltrationsbäddar med skikt av krossad kalksten.

Den nya vattenanläggningen kom att utformas enligt följande:

Råvattentäkten baseras på grundvatten från två rörbrunnar i lösa jordlager. Råvattnet pumpas till det nya vattenverket för flödesmätning och provtagning. Därefter leds vattnet till två konstgjorda sandfilterbäddar med skikt av kalk. Ytbelastningen beräknat på maxdygn uppgår till ca 0,1 m/h. Även i denna anläggning används kalksten från Rättvik med kornstorlek på 1-3 mm. Från filterbäddarna leds vattnet med självfall till en lågreservoar i vattenverket. I direkt anslutning till bäddarna finns nivåbrunnar som möjliggör justeringar av vattennivån i filterbäddarna. Innan vattnet distribueras till högreservoar och konsument sker desinfektion med hjälp av natriumhypoklorit.

Anläggningen är för tillfället under provdrift och har startats upp under november månad år 2001. Eftersom anläggningen inte har varit i drift under så lång tid har relevanta driftdata inte erhållits. De vattenanalyser som hittills utförts uppvisar dock ett mycket bra resultat vad beträffar pH, alkalinitet och hårdhet. Vad beträffar järn- och manganreduktion krävs ytterligare avskiljning.

Kostnader

Anläggningskostnaden för vattenverket uppgick till ca 3 Mkr. I denna kostnad ingår bl.a.:

- Två rörbrunnar
- Vattenverk på ca 60 m²
- Två konstgjorda sandfilterbäddar a' 130 m²
- Kalksten, 1-3 mm, ca 125 ton, a' 500:-/ton + 500:-/ton i transport. Total kostnad 125 kkr
- Två nivåbrunnar
- Maskininstallationer, pumpar etc.

Diskussion

Behandlingsresultat

För att ett vatten ska vara stabilt och i pH-jämvikt ställs krav från Livsmedelsverket att pH-värdet ska ligga mellan 7,5-9,0. Alkaliniteten bör överskrida 60 mg/l och hårdheten uttryckt som kalcium bör ligga mellan 20-60 mg/l. I tabellen nedan presenteras behandlingsresultatet för ett antal anläggningar genom jämförelse av vattenkvaliteten i rå- och renvatten.

Vattentäkt	pH		Alkalinitet (mg/l)		Hårdhet (mg/l)	
	rå	ren	rå	ren	rå	ren
Pajala	7.1	7.8	100	130	65	73
Hedenäset	7.0	8	40	80	16	29
Kåbdalis	6.5(7.8*)	8	23(65*)	75	4.2(20*)	24
Norrflärke**	6.9	7.2	50	65	22	27
Ytterhogdal	6.8	7.7	60	110	24	38
Årboheden	7.0	7.6	37	54	16	22
Björbo	6.6	7.7	20	78	11	31

* Råvattenkvaliteten i Kåbdalis har förändrats eftersom det infiltreras en större mängd vatten jämfört med den volym som tas upp i renvattenbrunnen. I tabellen anges både ursprunglig råvattenkvalitet och nuvarande. De värden som anges inom parentes är den nuvarande råvattenkvaliteten.

** Även i Norrflärke är det troligt att det sker en inblandning av det behandlade vattnet i råvattenmagasinet.

Anläggningarna i Pajala, Hedenäset och Vuollerim, vilka alla baseras på konstgjord återinfiltration, uppvisar ett behandlingsresultat där vattenkvaliteten uppfyller Livsmedelsverkets krav m.a.p. pH, alkalinitet och hårdhet. Kåbdalis, Ytterhogdal och Björbo vilka är anläggningar baserade på naturlig återinfiltration uppfyller även de kraven, förutom pH-värdet i Björbo.

Norrflärke, Ulvön

Vid vattenverken i Norrflärke, Ulvön och Årboheden måste pH justeras ytterligare efter behandlingen i kalkstensfilter, för att önskad vattenkvalitet ska erhållas. I Norrflärke beror det otillräckliga behandlingsresultatet med största sannolikhet på att det vatten som behandlas genom naturlig återinfiltration till viss del blandas med ett obehandlat vatten innan uppsamlingen i renvattenbrunnarna. Orsaken till den otillräckliga ökningen av pH-värde, alkalinitet och hårdhet vid denna anläggning beror således på att hydrogeologin i området inte överensstämmer med vad som förutsattes vid utformningen av infiltrationsbäddarna. Vid anläggningen på Ulvön nyttjas infiltrationsbädden utomhus enbart för behandling av ytvattnet. I de fall endast råvatten från den

bergborrade brunnen nyttjas sker vattenbehandling med långsamfilter med inblandning av kalk i vattenverket. Detta ger en tillräcklig ökning av pH, alkalinitet och hårdhet.

Årboheden

Vad beträffar anläggningen i Årboheden kan det otillräckliga behandlingsresultatet bero på att kalkens pH-höjande effekt börjat avta efter sju års drift. Alkaliniteten och hårdheten visar dock inte motsvarande trend. En annan orsak kan vara en viss inblandning av obehandlat vatten. Några av råvattenbrunnarna har satt igen vilket innebär att vattenkvaliteten förändrats. Även detta kan ha en viss betydelse för behandlingsresultatet.

Björbo

I Björbo har grundvattennivån periodvis p.g.a. riklig nederbörd varit så hög att vattennivån stått över bassängytan vilket medfört att en stor del av vattenvolymen infiltrerats i utkanten av filterbädden utanför kalklagret eller där kalklagret är mycket tunt.

Kåbdalis

Vid anläggningen i Kåbdalis har råvattnet och renvattnet en likartad sammansättning. Orsaken är att rå- och renvattenbrunn ligger i nära anslutning till varandra, vilket medför att en viss del av det infiltrerade vattnet transporteras tillbaka till grundvattenmagasinet. Detta ger en positiv effekt på råvattenkvaliteten med ett ökat pH, alkalinitet och hårdhet som följd. Råvattenkvaliteten i grundvattenmagasinet har således förbättrats sedan infiltrationen påbörjades.

Pajala

I Pajala har råvattenkvaliteten förändrats sedan den nya anläggningen tagits i drift. Hårdheten har ökat i råvattnet och på sikt medför detta att ytterligare höjning inte kommer att krävas.

Vid anläggningar liknande Pajala där alkaliniteten och halten kalcium är tillräcklig redan i råvattnet kan diskuteras huruvida behandlingsmetoden är den rätta i och med att det endast är en pH-justering som eftersträvas. I de fall dessa råvatten även innehåller höga eller förhöjda halter av järn och mangan är infiltration genom sandfilterbädd ett naturligt val av behandlingsmetod. Den kostnad det innebär att komplettera sandfilterbädden med ett lager krossad kalksten kan anses som överkomlig eftersom livslängden för kalken beräknas uppgå till 5-10 år. Denna investering ska relateras till de löpande kostnader andra vattenbehandlingsmetoder medför i form av byte av filtermassa eller dosering av processkemikalier. Ytterligare en fördel är att den här typen av anläggning kräver ett minimum av underhåll och tillsyn. Dock måste risken för att erhålla ett för hårt vatten, som fallet i Pajala, beaktas.

Jämförelse mellan naturlig och konstgjord återinfiltration

Den naturliga återinfiltrationen är ett billigare och enklare processalternativ än den konstgjorda infiltrationen, eftersom inget tätskikt krävs och de naturliga

markförhållandena kan nyttjas. Dessutom bör eventuellt innehåll av organiskt material i råvattnet reduceras effektivare eftersom en filtrering genom det naturliga marklagret sker efter infiltrationen i filterbädden. Det är dock viktigt att väl känna till flödesförhållandena i marklagret för att en inblandning av obehandlat vatten inte ska ske.

Vid konstgjord infiltration avgränsas filterbädden med ett tätskikt. Med hjälp av nivåbrunnar kan kontakttiden i filterbäddarna optimeras och därmed erhålls ett bättre behandlingsresultat. Dessutom säkerställer det avgränsande tätskiktet att det endast är det behandlade vattnet som samlas upp i botten av filterbädden, till skillnad från naturlig återinfiltration där en inblandning av obehandlat vatten i vissa fall sker. Vid höga grundvattennivåer är tätskiktet ett måste för att infiltrationen ska fungera tillfredsställande.

Drifterfarenheter

De anläggningar som ingått i studien har varit i drift i upp till 7 år. Ingen av anläggningarna har hittills visat några tydliga tecken på att behandlingseffekten börjat avta p.g.a. att kalken skulle vara förbrukad. I Årboheden har pH-värdet under det senaste året tenderat att sjunka men motsvarande trend har inte påvisats vad beträffar alkaliniteten och hårdheten.

Avdrivning av kolsyra

Vid några av anläggningarna används kaskadluftare för att lufta vattnet i syfte att oxidera järn och mangan samt erhålla en bra spridning av vattnet över filterbädden. Vid andra anläggningar undviks luftning för att i möjligaste mån undvika att driva av kolsyran. Behandlingsresultatet från de olika anläggningarna visar att halten kolsyra inte är en begränsande faktor men hur mycket vatten bör luftas är givetvis en balansgång mellan den oxidering som eftersträvas för avskiljning av järn och mangan och risken för att mängden kolsyra som ska reagera med kalken blir för låg p.g.a. avdrivning.

Luktproblem

Vid igångsättningen av anläggningen i Kåbdalis klagade konsumenterna ganska omgående över en petroleumliknande lukt på vattnet. Vattenprover lämnades in för analys och kolväten kunde påvisas. Efter cirka 8 veckor avklingade luktproblemet och det kunde aldrig säkerställas varifrån föroreningen härstammade. Kalken kan eventuellt ha förorenats i samband med krossningen eller vid den långa transporten. En sådan händelse visar hur viktigt det är att avleda det filtrerade vattnet en tid efter igångsättning för att urlaka eventuella föroreningsrester och därefter genom vattenanalyser säkerställa en god dricksvattenkvalitet innan vatten distribueras till konsumenterna.

Höga bakterietal

Ett annat problem uppstod i Pajala där delar av filtersanden för en tid sedan byttes ut. I samband med detta påvisades höga bakterietal på utgående dricksvatten. Troligtvis innehöll den nya sanden en hel del bakterier. Sandfilterbädden har desinficerats men problemet kvarstår till viss del. Detta är

ytterligare ett exempel på vikten av att säkerställa en god vattenkvalitet innan distribution sker.

Kunskap om hydrogeologin

Otillfredsställande funktion vid anläggningar har ofta visat sig bero på att hydrogeologin i området inte överensstämmer med vad som förväntats. För de anläggningar som saknar tätskikt i botten och där vattnet efter filtrering i sandfilterbäddarna övergår i naturlig filtrering genom marklagret är det viktigt att känna till vattnets exakta transportväg. I annat fall finns risk att det vatten som tas upp i renvattenbrunnar endast till viss del består av vatten som filtrerats genom sandfilterbädden och att huvuddelen består av obehandlat vatten. Så är fallet vid några av de anläggningar som ingått i studien.

Drift- och skötselbehov

Vad beträffar anläggningarnas behov av övervakning, drift och skötsel visar erfarenheten att de fungerande anläggningarna kräver ett minimum av arbetsinsats. De som arbetar med anläggningarna uppger att det åtgår cirka 5 minuter per dag för övervakning via styrsystem. Tillsyn sker en gång per vecka vid någon anläggning och en gång per månad vid andra. Behovet av rengöring av sandfilterbäddarna varierar beroende på vattnets sammansättning (främst vattnets järn- och manganhalt) men ett normalt rengöringsintervall uppskattas till två gånger per år, förslagsvis vår och höst. Vid vissa av anläggningarna har sandfilterbäddarna ännu inte rengjorts trots att de varit i drift under flera år.

Fördelar med kalk i filterbäddar

Vid användandet av kalksten (bestående av kalciumkarbonat) finns ingen risk för att pH-värdet i det behandlade vattnet ska överskrida Livsmedelsverkets gränsvärde. Behandlingsmetoden ger förutom en god pH och alkalinitetshöjning även en tillräcklig hårdhetshöjning för att erhålla ett dricksvatten i pH-jämvikt. I det fall ytterligare pH-justering är nödvändig är tillsatsen av t.ex. soda eller lut begränsad för att höja vattnets pH-värde till en godtagbar nivå.

Det är viktigt att den kalk som används i filterbäddarna är stabil i sin struktur. Vid idrifttagandet av de första anläggningarna befarades att kalken med tiden kanske skulle "falla ihop" och leda till igensättningar av filterbäddarna, men så har inte skett vid någon av de anläggningar som ingått i studien.

Kostnader

De erfarenheter som finns i dagsläget visar att sandfilterbäddar innehållande krossad kalksten är en väl fungerande metod som lämpar sig för behandling av dricksvatten. Investeringskostnaderna är ofta låga i förhållande till andra behandlingsalternativ eftersom infiltrationsbäddarna etableras utomhus, därmed krävs inget utrymme i vattenverket. Då ingen kemikaliedosering sker tillkommer inte heller några löpande kostnader för kemikalier eller filtermassa. Även drift och underhållskostnaderna för de befintliga anläggningarna har visat sig låga eftersom dessa anläggningar kräver ett minimum av skötsel och underhåll.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se