



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC W 22029

Examensarbete 30 hp

November 2022

Utvärdering av reningsteknikerna jonbytarfilter och nanofilter avsett för enskild dricksvattenförsörjning med fokus på föroreningarna bly och uran

Ísak Guðnason

REFERAT

UTVÄRDERING AV RENINGSTEKNIKERNA JONBYTARFILTER OCH NANOFILTER AVSETT FÖR ENSKILD DRICKSVATTENFÖRSÖRJNING MED FOKUS PÅ FÖRORENINGARNA BLY OCH URAN

Ísak Guðnason

I Sverige har ungefär 1,2 miljoner människor enskild dricksvattenförsörjning och en stor andel av dessa har problem med vattenkvalitet. En utvärdering av reningstekniker har inletts av företaget Ecoloop och Utvecklingscentrum för vatten och detta examensarbete fördjupar och följer upp de inledande resultaten från det projektet.

Med hjälp av en litteraturstudie, modellering i Visual MINTEQ och fem fallstudier utvärderades reningsteknikerna jonbytarfilter och nanofilter avsett för enskild dricksvattenförsörjning med avseende på reduktion av föroreningarna bly och uran. Fallstudierna visar att jonbytarfilter kan fungera väl för att reducera uranhalter men en viss inkörningsperiod förekommer där bieffekter, exempelvis kemisk smak, kan förekomma samt att underhåll är viktigt för att fortsätta ha en hög reduktionsgrad. Fallstudierna kunde ej besvara ifall nanofilter är en lämplig reningsteknik för ändamålet att reducera halter av bly och uran under de gränsvärden som finns, eftersom de membranfilter som använts i fallstudierna visade sig ha för stor porstorlek för att kallas nanofilter. En slutsats är att det är viktigt att fortsätta med provtagning av vattnet även efter att ett filter installerats.

Utöver det genomfördes intervjuer och en enkätundersökning som undersökte hur kommuner i Sverige arbetar för att möta enskilda brunnsägare i deras utmaningar med vattenkvalitet. Intervjuerna och enkätsvaren visar på en variation där några kommuner jobbar aktivt för att stötta de enskilda brunnsägarna med rådgivning, bidrag och förebyggande åtgärder medan andra kommuner är mer passiva och låter de enskilda ta eget ansvar för sitt vatten.

Nyckelord: Dricksvatten, nanofilter, jonbytarfilter, enskild dricksvattenförsörjning, reningsteknik

*Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära;
Meteorologi
Geocentrum, Villavägen 16
SE-752 36 Uppsala*

ABSTRACT

EVALUATION OF ION EXCHANGE FILTER AND NANOFILTER FOR DECENTRALIZED DRINKING WATER WITH FOCUS ON THE CONTAMINANTS LEAD AND URANIUM

Ísak Guðnason

About 1.2 million people in Sweden rely on their own private drinking water supply for their daily needs and a large portion of those have problems with water quality. An evaluation of water treatment technology intended for private wells has been initiated by the companies Ecoloop and Utvecklingscentrum för vatten and this master's thesis further develops and follows up the initial results.

By conducting a literature review, doing modelling in Visual MINTEQ and carrying out five case studies the two water treatment techniques nanofilter and ion exchange are evaluated in the context of domestic water supplies with water quality problems caused by either lead or uranium. The case studies shows that ion exchange filters can reduce uranium in drinking water below the threshold value but with some initial side effects (i.e., chemical taste of the water). The case studies could not show if nanofilters are suitable to reduce lead or uranium from domestic water supplies, since the pore size was found to be too big for the membrane filters used in the case studies to be called nanofilters. This concludes that it is important to proceed with sampling of the water even after installing a filter for water treatment.

Additionally, interviews and a survey were conducted which investigated how municipalities in Sweden are working to meet private well owners in their challenges with water quality. The answers from the interviews and the survey displays a variation where some municipalities are actively supporting the private well owners through counselling, grants, and preventive measures while other municipalities are more passive and leaves the individual well owners responsible to look after their water quality by themselves.

Key words: Drinking water, nanofilter, ion exchange filter, domestic water supply, water treatment

*Uppsala University, Department of Earth Sciences, Program for Air, Water and Landscape Sciences; Meteorology
Geocentrum, Villavägen 16
SE-752 36 Uppsala*

FÖRORD

Med detta examensarbete (30 hp) avrundar jag min utbildning på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och Sveriges lantbruksuniversitet. Arbetet har utförts i samarbete med företaget Ecoloop under andra och tredje perioden av läsåret 2021/2022.Handledare har varit Helfrid Schulte-Herbrüggen och ämnesgranskare vid Uppsala universitet har varit Cecilia Johansson, Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära; Meteorologi.

Jag vill börja med att tacka Helfrid för ditt stöd och din tid som handledare, din insats har varit avgörande i utformningen av arbetet. Därefter vill jag tacka Cecilia som fortlöpande bidragit med konstruktiv granskning av mitt arbete så att det hamnat inom ramarna för vad ett examensarbete ska vara. Tack till Vidar Eriksson som hjälpt mig med provtagningar. Tack till Arvid Backlund som opponerat på detta arbete och för allt annat från studietiden. Tack till Fanny Jeppsson Stahl som hjälpte mig med utformningen av Figur 9. Tack till Johanni Wellenius, Gustaf Nilsson, Jenny Hamringe och Gulvayar Shuman som bidragit med sina erfarenheter i de intervjuer som gjorts i arbetet. Tack till de representanter från kommuner i Sverige som svarat på enkätundersökningen.

Copyright © Ísak Guðnason och Institutionen för geovetenskaper, Luft-, vatten- och landskapslära; Meteorologi, Uppsala universitet.

UPTEC W 22029 ISSN 1401-5765

Publicerad digitalt på institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet
Uppsala, 2022

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Vill du ha tungmetaller i ditt egna dricksvatten? Nej tänkte väl det.

I Sverige har över en miljon människor egen vattenförsörjning och många dricker vatten som inte är säkert för hälsan. Idag finns det reningstekniker som verkar lösa de flesta problem, men vet vi vad som funkar i praktiken? I det här arbetet utvärderades två reningstekniker för två föroreningar. Reningsteknikerna heter jonbytarfilter och nanofilter, föroreningarna är bly och uran.

Bly i dricksvatten kan bero på att det förekommer naturligt i berggrunden där brunnen finns, att marken är förorenad av en gammal bensinmack eller att huset har gamla rör eller kranar som släpper ifrån sig bly till vattnet. Men en sak är säker, det är inte nyttigt och kan exempelvis skada nervsystemet och särskilt känsliga är små barn. Uran i dricksvatten förekommer också naturligt i stor utsträckning i Sverige och är inte heller nyttigt. De kemiskt giftiga effekterna som skadar njurarna märks vid lägre halter av uran jämfört med de radioaktiva effekterna som kan ge strålskador. Vanligt förekommande reningstekniker är jonbytarfilter eller nanofilter. Hur väl fungerar dessa för att ta bort bly och uran? Och vad är ett nanofilter och jonbytarfilter?

Ett nanofilter är så kallat ett membranfilter med en viss porstorlek och släpper igenom vissa tillräckligt små partiklar men stoppar andra partiklar som är större. Nanofilter har ofta även en negativt laddad yta som gör det svårare för partiklar som är negativt laddade att ta sig igenom membranet. Jonbytarfilter har en filtermassa där de oönskade jonerna fastnar och byts ut mot andra mindre farliga joner (exempelvis uran fastnar och byts ut mot klorid). Nanofilter och jonbytarfilter används i storskalig vattenproduktion och finns även för mindre anläggningar.

Med hjälp av vattenprover från fem brunnar och modellering i ett datorprogram kom jag fram till att jonbytarfilter fungerar i de fall som undersöktes för att ta bort uran från dricksvatten. De membranfilter som undersöktes visade sig ha för stora porer för att kallas nanofilter, därför fungerade dom inte tillräckligt bra hos de brunnar som undersöktes. Både bly och uran kunde ta sig förbi membranfiltret, vilket visades från vattenprover som tagits ur kökskranen. Detta betyder inte att alla nanofilter är dåliga, men att man kan behöva ta prover och analysera sitt vatten även efter man köpt och installerat ett filter.

I projektet undersöktes också på vilka sätt kommuner stöttar dem som har egen brunn. Det gjordes med en enkät där 23 svar kom in från kommuner så som Skellefteå i norr till Karlskrona i söder. En fördjupning gjordes med hjälp av intervjuer med fyra kommuner, som valdes ut från enkätsvaren. Det visade sig vara olika hur mycket och på vilket sätt kommuner stöttar de enskilda brunnsägarna. Från att vissa gör nästan ingenting till att andra erbjuder rådgivning, bidrag och rabatter på vattenprover. I intervjuerna kom det också fram förslag på förbättringar. Ett förslag är att flera närliggande kommuner kan dela på en oberoende VA-rådgivare, då skulle de med eget vatten kunna få bra hjälp när de behöver och kommunerna kan dela på kostnaden för att ha råd. Ett annat förslag är att införa en ackreditering för reningsteknik, då skulle de som behöver köpa ett filter ha lättare att veta att det är bra teknik som erbjuds och att företaget de vänder sig till är seriöst.

Så, för att slippa tungmetaller i ditt egna dricksvatten – ta vattenprover och använd ett lämpligt filter om du behöver. Ta även reda på vad din kommun erbjuder för hjälp och dra nytta av det.

Innehåll

REFERAT	I
ABSTRACT	II
FÖRORD	III
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	IV
1. INLEDNING	1
1.1 Syfte	1
1.2 FRÅGESTÄLLNINGAR	2
2. METOD	2
2.1 LITTERATURSTUDIE	2
2.2 ENKÄTSUNDERSÖKNING	2
2.3 INTERVJUER	3
2.4 FALLSTUDIER: ANALYS AV VATTENKVALITET/RENINGSTEKNIKERS PRESTANDA	4
2.5 VATTENKEMISK SPECIERING I VISUAL MINTEQ 3.1	6
3. BAKGRUND	7
3.1 BLY I DRICKSVATTEN	8
3.2 URAN I DRICKSVATTEN	8
3.3 HANTERING AV VATTENKVALITETSPROBLEM MED RENINGSTEKNIK	9
3.3.1 Nanofilter	9
3.3.2 Jonbytarfilter	10
4. RESULTAT	11
4.1 FALLSTUDIER: HALTER AV FÖRORENINGARNA BLY OCH URAN SAMT VATTENKEMISK SPECIERING I VISUAL MINTEQ	11
4.1.1 Brunn 1	14
4.1.2 Brunn 2	16
4.1.3 Brunn 3	19
4.1.4 Brunn 4	22
4.1.5 Brunn 5	24
4.2 ENKÄTUNDERSÖKNING – HUR KOMMUNER BEMÖTER ENSKILDA BRUNNSÄGARE I DERAS UTMANINGAR MED DRICKSVATTENKVALITET 27	
4.2.1 Kommuners stöttning till enskilda brunnsägare	28
4.2.2 Kommuners hantering av vattenbrist och kvalitetsproblem	28
4.2.3 Vanligt förekommande frågor gällande enskilt dricksvatten och reningsteknik	29

4.3	INTERVJUER – FÖRDJUPNING AV ENKÄTUNDERSÖKNING.....	31
5.	DISKUSSION	38
5.1	RENINGSTEKNIKENRAS FUNKTION - DISKUSSION AV FALLSTUDIERNAS RESULTAT.....	38
5.2	KOMMUNERS HANTERING AV ENSKILT DRICKSVATTEN	41
6.	SLUTSATS	42
7.	REFERENSER.....	44
APPENDIX A.	INTERVJUGUIDE	47
APPENDIX B.	INTERVJUGUIDE SOM SKICKAS TILL INTERVJUOBJEKT I FÖRVÄG	49
APPENDIX C.	SAMMANSTÄLLNING AV INTERVJUMATERIAL.....	50
APPENDIX D.	ENKÄTUNDERSÖKNINGENS FRÅGOR.....	57
APPENDIX E.	SAMMANSTÄLLNING AV SVAR FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNING.....	59
APPENDIX F.	INFORMATION OM BRUNNARNA I FALLSTUDIERNAS	68

1. INLEDNING

Globalt sett saknar ungefär 2,2 miljarder människor tillgång till en säker och lättillgänglig dricksvattenförsörjning, av dessa tar ungefär 435 miljoner människor sitt vatten från oskyddade brunnar och källor (World Health Organization 2019). I Sverige har 1,2 miljoner människor enskild dricksvattenförsörjning i sina fasta boenden, vilket innebär att brunnsägaren själv ansvarar för att säkra sin dricksvattenförsörjning (Sveriges Geologiska Undersökning u.å.). En stor andel av alla enskilda brunnar i Sverige har problem med vattenkvalitet, knappt 20 % av analysvaren från enskilda brunnar i SGU-rapporten av Maxe (2021) visade på tjänligt vatten, drygt 15 % av analysvaren tydde på otjänligt vatten och cirka 65 % var tjänligt med anmärkning. Det finns många olika parametrar som gör att vattnet ses som otjänligt eller tjänligt med anmärkning, några exempel är mikrobiella föroreningar, hårdhet, höga halter av klorid, järn, mangan, arsenik, bly och uran (Schulte-Herbrüggen et al. 2021).

Vattenkvalitetsparametrar som bidrar till negativa hälsoeffekter är extra viktiga, exempelvis arsenik, bly och uran där framför allt bly och arsenik ökar risken för kroniskt negativa hälsoeffekter vid långvarigt intag. Medan andra inte är hälsofarliga men kan orsaka att vattnet har dålig smak eller att textilier missfärgas i tvätten, exempel på sådana parametrar är höga kloridhalter och höga järnhalter (Livsmedelsverket 2015).

En studie av på marknaden tillgängliga reningstekniker för enskilda brunnar påbörjades under 2020 av Schulte-Herbrüggen et al. (2021) där fokus varit på föroreningarna arsenik, bly och uran. Fem brunnar valdes ut där bly och uran utgjorde kvalitetsproblem, reningsteknik i form av jonbytarfilter och membranfilter (som man trodde var nanofilter) installerades och vattenprover togs före och efter installationen för att utvärdera reningsteknikernas effektivitet. Studien noterade också andra effekter, såsom ökad vattenanvändning eller oönskad smak eller lukt. Inledningsvis visade resultaten från provtagningarna på blandad effekt, exempelvis där membranfiltren installerats var reningen av bly och uran ineffektiv redan kort efter installation medan jonbytarfilter visade på effektiv rening av uran men i vissa fall med bieffekter så som kemisk smak och ökad vattenförbrukning. Fler provtagningar behövdes dock för att kunna utvärdera hur reningsteknikerna presterar långsiktigt, vilket detta examensarbete är med och bidrar till.

Utöver provtagning så undersökte Schulte-Herbrüggen et al. (2021) kunskapsläget hos brunnsägare och teknikleverantörer via en enkätundersökning och intervjuer. Där kom man fram till att de enskilda brunnsägarna generellt sett skulle gynnas av att opartisk rådgivning fanns i högre utsträckning. Därför undersöker detta examensarbete hur kommuner möter enskilda brunnsägare i deras utmaningar, för att hitta och lyfta fram exempel på bra arbetssätt som stöttar de enskilda brunnsägarna.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att utvärdera reningsteknikerna nanofilter och jonbytarfilter med avseende på föroreningarna bly och uran i fallet enskild dricksvattenförsörjning, samt att undersöka och lyfta fram exempel på hur kommuner arbetar för att stötta enskilda brunnsägare i sina utmaningar med vattenkvalitet.

1.2 FRÅGESTÄLLNINGAR

- Är nanofilter och jonbytarfilter lämpliga reningstekniker för att åtgärda kvalitetsproblem orsakat av bly och uran, specifikt i fallet enskild dricksvattenförsörjning?
- Hur presterar reningstekniken som installerats vid de fem brunnarna i projektet, med avseende på föroreningarna bly och uran?
- Hur hanterar kommuner i Sverige de utmaningar i vattenkvalitet som enskilda brunnsägare har?

2. METOD

Examensarbetet har använt metoderna litteraturstudie, enkätundersökning, intervjuer fallstudier och modellering i Visual MINTEQ.

Litteraturstudien och modelleringen i Visual MINTEQ används för att tolka och analysera resultat från vattenprover som tagits i fallstudierna vilket i sin tur används för att svara på de två första frågeställningarna. Enkätundersökningen och intervjuerna används för att svara på den tredje frågeställningen.

2.1 LITTERATURSTUDIE

Litteratur har lästs på ämnet jonbytarfilter och nanofilter för enskild dricksvattenförsörjning med fokus på föroreningarna bly och uran för att bygga upp kapitlet bakgrundsteori i rapporten. Rubriker, abstracts och keywords lästes för att välja ut relevanta artiklar. Sökningar har gjorts i databaserna Scopus och Google Scholar med sökord som:

- nanofilter uranium drinking water
- nanofilter lead drinking water
- ion exchange uranium drinking water
- ion exchange lead drinking water
- uranium drinking water ion exchange private

Sökning i Uppsala universitetsbibliotek gjordes efter kurslitteratur med sökorden dricksvatten, vattenrening, jonbytarfilter, nanofilter. Utöver det har manuell sökning med hjälp av referenslistor från rapporter och kurslitteratur använts.

2.2 ENKÄTSUNDERSÖKNING

I en fortsättning på arbetet av Schulte-Herbrüggen et al. (2021) utfördes en enkätundersökning i samarbete med Ecoloop för att ta reda på hur kommuner arbetar med enskilt dricksvatten. De som har försökts nå är personer som arbetar på kommuner i Sverige och som i sitt arbete får hantera frågor om enskilt dricksvatten. För att nå dessa har enkäten dels informerats om via VA-guiden, dels skickats ut med mail. För att nå rätt person via mail har kommuners hemsidor använts, sökningar efter enskilt dricksvatten gjordes och ifall en mailadress för kontakt specifikt om enskilt vatten hittades har den använts för att skicka ut en förfrågan om att delta i enkätundersökningen. I de fall det inte funnits en sådan specifik mailadress på kommunens hemsida har mailet skickats till kommunens info-mail och då bett personen som läser att vidarebefordra till rätt person eller avdelning på kommunen där enskilt dricksvatten hanteras. Urvalet av kommuner som kontaktades via mail gjordes så att

kommen både i norra, mellersta och södra Sverige skulle bli representerade i enkäten, totalt skickades mail med en förfrågan om deltagande i enkätundersökningen till 36 mailadresser.

Enkäten bestod av tolv frågor, både öppna frågor samt flervalfrågor med möjlighet att lägga till egna kommentarer, vilket går att läsa i APPENDIX D. Enkätfrågorna formulerades i samarbete med personerna i projektgruppen (från det projekt som Ecoloop och Utvecklingscentrum för vatten driver, vilket examensarbetet är en del av) som består av representanter från Ecoloop, Utvecklingscentrum för Vatten, Campus Roslagen samt Norrtälje, Österåker, Värmdö och Haninge kommuner. På så vis har frågornas och svarsalternativens formuleringar förankrats i projektgruppens samlade erfarenhet av branschen.

Enkätsvaren sammanställdes som en matris i Excel så att materialet enkelt kunde överblickas och analyseras (Kylén 2004). Grafer skapades för att visualisera de svar som inkommit och vissa av de öppna frågornas svar har kategoriserats för att kunna presenteras som grafer. Kategoriseringen av svar gjordes genom att analysera de svar som kommit och kategorierna baserades på de inkomna svarens innehåll. Ett svar kunde kategoriseras som flera kategorier ifall det innehöll information som passade i flera kategorier. Ett exempel ges i Tabell 1 nedan.

Tabell 1: Exempel på kategorisering som gjorts av ett enkät svar från en öppen fråga.

Enkätfråga: Vilka är vanliga frågor kring reningsteknik för dricksvatten?	
<i>Svar på öppen enkätfråga, ett exempel</i>	
”Hur rengör jag vattnet, vilket klor kan jag använda, hur mycket ska jag dosera, vad kostar en avsaltningsanläggning, vilken rådgivning har ni på kommunen, om ni inte har det vart ska jag vända mig för att få hjälp? Hur kan man rena ledningar efter att en brunn blivit förorenad”	
<i>Kategoriserat svar</i>	
Var rådgivning finns	Frågor om reningsteknikers funktion eller kostnader

2.3 INTERVJUER

Fyra representanter från kommuner som deltagit i enkätundersökningen valdes ut och kontaktades för att intervjuas. Urvalet av intervjuobjekt var riktat för att lyfta fram och fördjupa några exempel på arbetssätt som stöttar enskilda brunnsägare samt för att fördjupa enkät svar som handlar om förslag på förbättringar. Även geografiskt läge togs i beaktning när intervjuobjekten valdes så att inte alla intervjuobjekt skulle komma från samma region och därmed möjliggöra att fler perspektiv kunde inkluderas i studien.

Intervjuerna var semi-strukturerade och hölls digitalt över Microsoft Teams. Intervjuerna spelades in med programmet OBS Studio och transkriberades manuellt i efterhand för att sedan sammanfattas i en tabell, se APPENDIX C. Transkriberingen

gjordes kort efter att en intervju genomförts för att ha insikter och idéer från intervjun färska i minnet (Ahrne & Svensson 2011). Antalet intervjufrågor var nio samt en del förberedda följdfrågor, vilket går att se i APPENDIX A. En kortare version av intervjuguiden skickades i förväg till de som deltog, se APPENDIX B.

2.4 FALLSTUDIER: ANALYS AV VATTENKVALITET/RENINGSTEKNIKERS PRESTANDA

Fallstudierna är en fortsättning av det arbete Schulte-Herbrüggen et al. (2021) påbörjat, i projektet följs fem brunnar som har problem med föroreningarna bly eller uran med regelbunden provtagning för att se hur den reningsteknik som installerats presterar över tid. Reningstekniken som installerades valdes ut genom att offertförfrågningar skickades till 35 företag som säljer reningsteknik, i offertförfrågan bifogades resultat från vattenprovtagning och lösningar efterfrågades för de förutsättningar som råder. Valet av reningsteknik gjordes i samråd med fastighetsägarna från de offerter som kommit in, vilket var 6 st. (Schulte-Herbrüggen et al. 2021). De tekniker som valdes var jonbytarfilter till 3 av brunnarna och nanofilter till 2 av brunnarna.

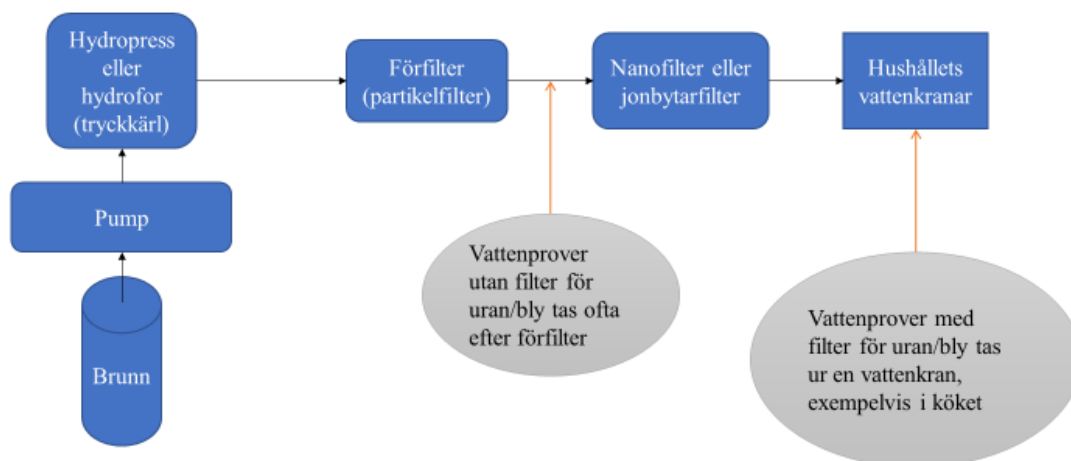
Inledningsvis fanns ingen specificerad information från tillverkaren om porstorleken på dessa "nanofilter" annat än formuleringar att det är membranfilter med nanoteknik, och att de ska kunna avskilja bly och uran från dricksvatten. Därför har man under projektets gång förutsatt att det varit nanofilter som köpts in och installerats vid brunn 1 och 3. Vid revidering av detta arbete efter redovisning på universitetet hittades uppdaterad information från 4evergreen (u.å.) som specificerar porstorleken hos dessa filter till 2 µm, vilket är större än nanofilter brukar ha. Under avsnitt 3.3.1 längre ned presenteras teori om nanofilter, däribland mer information om porstorlekar för olika kategorier av membranfilter. Filtren som installerats vid brunn 1 och 3 benämns därför inte som nanofilter utan istället som membranfilter eller mikrofilter i detta arbete.

Två av brunnarna har ett vattenprov från 2019 medan övriga har sitt första från år 2020, därefter har uppföljande prover tagits år 2021 och även år 2022. Vattenprover hämtades in i avsedda flaskor som sedan lämnades över till ett ackrediterat laboratorium för analys. Laboratoriet använder analysmetoder för att ta fram vattnets kemiska, fysikaliska och mikrobiella status. Resultaten redovisas i Excel och skickas till kunden. Inledningsvis togs ett eller ett par prover innan någon reningsteknik installerats, därefter gjordes uppföljande provtagningar när reningsteknik installerats. Från analysvaren räknades procentuell minskning av föroreningarna ut och halterna jämfördes även mot gränsvärden från Livsmedelsverket.

Efter några omgångar av provtagning insåg Eriksson¹ att proverna bör tas både med och utan filter vid samma tillfälle för att kunna dra säkrare slutsatser om reningsteknikens funktion. Provtagningsmetoden förfinades därför och provtagningarna från 2021 och framåt avses genomföras på följande vis: Vattenproverna tappades upp i avsedda flaskor från kranar som sitter innan och efter filteranordningen för bly eller uran i systemet (råvatten från brunnen samt "färdigt" dricksvatten ur kökskranen), vilket visas i Figur 1 nedan. Brunnarna som är med i fallstudierna benämns på ett anonymt vis för att värna

¹ Vidar Eriksson, VA-rådgivare, Utvecklingscentrum för vatten, personlig kommunikation 2022-02-16

brunnsägarnas integritet, skisser över de olika brunnarnas system, var proverna hämtats i systemen samt en tabell med information bifogas i APPENDIX F.



Figur 1: Skiss över en generell dricksvattenanläggning med filter mot uran/bly samt var vattenprover tas.

Osäkerheten i laboratoriets analysmetoder ligger kring $\pm 10\%$. Med de resultat som i dagsläget finns från provtagning är en ökning eller minskning med 10% inte tillräckligt för att bly eller uranhalten ska hamna på andra sidan om ett gränsvärde. Några exempel visas i Tabell 2 nedan och gränsvärdena för bly och uran går igenom under avsnitt 3 nedan.

Tabell 2: Provtagningsresultat utan filter från 2022-02-16 samt osäkerheter för parametrarna bly och uran från brunn 2, 3 och 4.

Provtagningsdatum	Brunn 1 Bly ($\mu\text{g/L}$)	Brunn 2 Uran ($\mu\text{g/L}$)	Brunn 3 Uran ($\mu\text{g/L}$)	Brunn 4 Uran ($\mu\text{g/L}$)
2022-02-16	-	62 ($\pm 6,2$)	122 (± 12)	132 (± 13)
2021-09-23	108 (± 11)	-	-	-

Reduktionsgrad av föroreningarna bly eller uran räknades ut för de provtagningar som gjorts både med och utan filter vid samma tillfälle. Den procentuella förändringen av bly- eller uranhalten enligt $1 - \frac{\text{Halt efter filter}}{\text{Halt innan filter}} = \text{Reduktionsgrad}$ (1) nedan. Reduktionsgraden redovisas i samma grafer som de absoluta värdena av haltena men med en egen axel till höger i grafen på skalan 0–100 %.

$$1 - \frac{\text{Halt efter filter}}{\text{Halt innan filter}} = \text{Reduktionsgrad} \quad (1)$$

2.5 VATTENKEMISK SPECIERING I VISUAL MINTEQ 3.1

Data från provtagningarnas analysvar utan filter användes för att modellera vilka joner (samt deras laddning) som teoretiskt kan förväntas förekomma i brunnarnas vatten (så kallad speciering). Detta kan ge indikationer om varför en reningsteknik fungerar eller inte fungerar väl. Programmet som användes heter Visual MINTEQ, version 3.1 och bygger på en modell för kemisk jämvikt som möjliggör uträkning av metallers speciering, löslighetsjämvikter och sorption med mera för vatten (Gustafsson 2013). Programmet använder ett grafiskt gränssnitt och kräver ej kunskaper i programmering och data kan exporteras till Excel för vidare bearbetning. Programmet använder löslighetsjämvikter och i detta arbete har de förinställda komplexbildningskonstanterna använts. I Tabell 3 visas ett par exempel för U(VI).

Tabell 3: Exempel på komplexbildningskonstanter och löslighetsjämvikter som Visual MINTEQ använder för att beräkna specieringen av U(VI) (Grenthe et al. 2020).

Reaktion	log K vid 25 °C, I = 0	ΔH _r (kJ/mol)
$\text{UO}_2^{2+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{UO}_2\text{OH}^+ + \text{H}^+$	-5,25	0,9
$\text{Ca}^{2+} + \text{UO}_2^{2+} + 3\text{CO}_3^{2-} \leftrightarrow \text{CaUO}_2(\text{CO}_3)_3^{2-}$	27,18	0

Norrström & Löv (2014) konstaterar att de viktigaste parametrarna för att modellera urans speciering är pH, kalciumhalt, alkalinitet och totala koncentrationen av organiskt kol (TOC, total organic carbon). Från de provtagningar som gjorts i projektet finns ej någon information om halter av organiskt kol vilket hanterades med antagandet att brunnarna i projektet har en normal koncentration av löst organiskt kol (DOC, dissolved organic carbon) i sina vatten. Därför lades 1 mg/l DOC till i Visual MINTEQ på liknande vis som Norrström & Löv (2014) gjort för en serie modelleringar där 70 % av DOC antas vara i fulvinsyra (FA, Fulvic Acid). För att testa antagandets påverkan på resultatet gjordes en känslighetsanalys där halten av DOC ändrades till 0,5 mg/L samt 3 mg/L för brunn 1 och brunn 3. Resultaten från känslighetsanalys presenteras tillsammans med övriga resultat från modelleringen. Samtliga parametrar från provtagningarnas analysvar kunde inte läggas in i Visual MINTEQ men så många som möjligt lades till för att få en så bra representation av vattnet som möjligt under givna förutsättningar, se Tabell 4 nedan.

Tabell 4: Parametrar från provtagningsresultat samt in-parametrar som valts i Visual MINTEQ 3.1, parametrar i kursiv text har ej kunnat läggas in i Visual MINTEQ.

Parametrar från provtagningsresultat	In-parametrar valda i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	Ca ²⁺
Mg, magnesium	Mg ²⁺
Na, natrium	Na ⁺
K, kalium	K ⁺
Fe, järn	Fe ²⁺
Mn, mangan	Mn ²⁺
Cu, koppar	Cu ⁺
Pb, bly	Pb ²⁺
U, uran	U(VI)
<i>Hårdhet</i>	-
<i>Turbiditet</i>	-
<i>Konduktivitet</i>	-
pH	pH
Nitrit	-
Alkalinitet	HCO ₃ ⁻
<i>Färg</i>	-
COD-Mn	
<i>Ammoniak och ammonium som NH₄</i>	-
Fosfat, PO ₄	PO ₄ ³⁻
Nitrat, NO ₃	NO ₃ ⁻
Fluorid	F ⁻
Klorid	Cl ⁻
Sulfat, SO ₄	SO ₄ ²⁻
<i>Odlingsbara mikroorganismer 22°C</i>	-
<i>Koliforma bakterier</i>	-
<i>Escherichia coli</i>	-
-	DOC (SHM)
-	Temperatur

I Visual MINTEQ kan även temperaturen på vattnet ställas in och eftersom skillnader i temperatur har, enligt Löv (2012), låg påverkan på urans speciering gjordes inga temperaturmätningar av brunnarnas vatten. Istället antogs temperaturen vara 5°C, vilket är medeltemperaturen på grundvatten i Sverige (Norrström & Löv 2014).

3. BAKGRUND

Enskilda brunnsägare ansvarar själva för att säkra sin dricksvattenförsörjning, kunskapsbrist är dock vanligt vilket gör det svårt för den enskilda att välja rätt bland de olika åtgärder och reningstekniker som erbjuds på marknaden (Sveriges Geologiska Undersökning u.å.). Eftersom marknaden för reningsteknik är oreglerad är det dessutom svårt för den enskilde att veta ifall en viss lösning faktiskt kommer fungera över huvud

taget, då företagen kan sälja reningsteknik som aldrig testats av en oberoende part (Schulte-Herbrüggen et al. 2021). Den enskilde brunnsägaren ansvarar själv för att se till att prover tas, och enligt Livsmedelsverket (2021) är regelbunden kontroll av vattenkvaliteten viktigt eftersom kvaliteten kan förändras över tid. Det är dessutom den enskilde brunnsägaren som får stå för alla kostnader i samband med installation och underhåll av reningsteknik (Sveriges Geologiska Undersökning u.å.).

För att ses som enskilt dricksvatten ska vattenkällan ej tillhandahålla mer än 10 m³ dricksvatten per dygn eller försörja 50 eller fler personer samt inte heller användas i kommersiell eller offentlig verksamhet. Annars uppfylls den så kallade ”10/50 regeln” så att dricksvattenföreskrifterna gäller för vattenkällan vilket medför att kommunen har ansvar för tillsyn (Livsmedelsverket 2018; Livsmedelsverket 2021b).

3.1 BLY I DRICKSVATTEN

Bly som förorenar dricksvattenbrunnar kan vara orsakat av flera anledningar, exempel är att berggrunden innehåller bly, att det förekommer i marken på grund av utsläpp från industriverksamhet eller att någon komponent i dricksvattensystemet läcker bly, exempelvis en kran eller vattenledning (Livsmedelsverket 2015; Nordström 2019). Gränsvärdet för bly i dricksvatten är satt till 10 µg/l och om det överskrids långsiktig riskeras kroniska skador (Livsmedelsverket 2015). Några effekter som bly kan ha på människor är skador på nervsystem, skador på röda blodkroppar, nedsatt hörsel och påverkan på njurfunktion. Små barn och foster vars hjärnor utvecklas mycket är extra känsliga för bly (Nordström 2019).

3.2 URAN I DRICKSVATTEN

Uran förekommer i berggrunden helt naturligt och kan på så vis förorena grundvattnet, vilket i sin tur kan nå enskilda brunnar. Om dricksvattnet har höga uranhalter (över 100 µg/l) och konsumeras över ett års tid nås gränsvärdet för strålning (0,1 mSv/år), vilket kan ge strålningsskador och orsaka cancer (Nordström 2019). Men, Nordström (2019) konstaterar även att uran är kemiskt giftigt redan från lägre halter och Livsmedelsverket (2015) råder de som har vatten med uranhalter över 30 µg/l att vidta åtgärder. De kemiskt toxiska effekterna av uran påverkar främst njurfunktion så att näringsämnen och metaller utsöndras i urinen istället för att återabsorberas (Nordström 2019).

När uran förekommer i dricksvatten är det i form av joner med plus-, neutral eller minusladdning, framför allt som uranyl-jon (UO₂²⁺) i olika komplex (Schulte-Herbrüggen 2011). Laddningen på uranjonerna beror på bland annat parametrar som pH, kalciumhalt, alkalinitet och koncentration av organiskt kol. Dessa parametrar styr vilka kalciumkomplex som finns i vattnet vilket i sin tur styr vilken laddning som uranjonerna har. Norrström & Löv (2014) konstaterar att:

- Neutralt laddade uranjoner är dominerande i pH-värden mellan 6.7 och 7.8.
- Vid pH >7 är det olika varianter av Ca-UO₂-karbonat som dominerar bland uranjonerna och dess laddning styrs av kalciumhalten i vattnet (neutral eller negativ laddning).

Anpassning av reningsteknik bör göras med hänsyn till dessa parametrar så att den är anpassad för att reducera uranjonerna i den form de förekommer (Norrström & Löv 2014).

3.3 HANTERING AV VATTENKVALITETSPROBLEM MED RENINGSTEKNIK

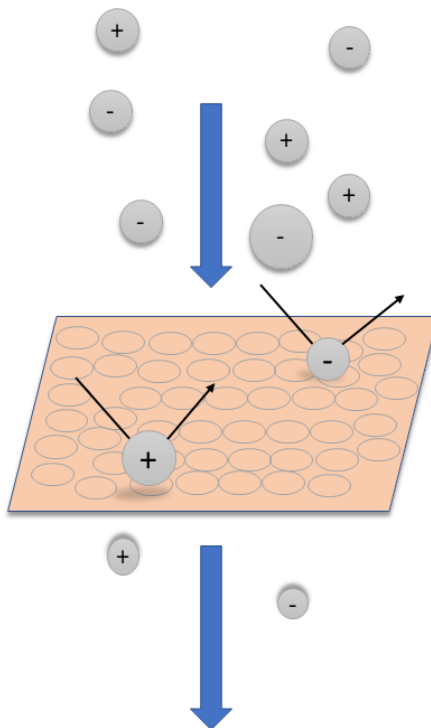
Enskilda brunnägare kan hantera kvalitetsproblem genom att installera en reningsteknik. Valet av reningsteknik bör baseras på en analys av brunnsvattnet utfört av ett ackrediterat laboratorium där hänsyn tas till mikrobiologiska, kemiska och fysikaliska aspekter (Sveriges Geologiska Undersökning 2021). En utmaning är att reningsteknikers funktion beror på flera faktorer, så som råvattenkvalitet (vilket skiftar från brunn till brunn liksom över säsong), hantering och underhåll av tekniken samt hur regelbundet vattnet används. Dessutom är marknaden för reningsteknik avsedd till enskild vattenförsörjning så gott som oreglerad och splittrad vilket utgör en stor utmaning för den enskilde brunnägaren när denne ska välja en lämplig teknik bland alla olika alternativ som erbjuds (Schulte-Herbrüggen et al. 2021).

Några reningstekniker som kan användas för enskilda brunnar där uran förekommer i vattnet är omvänd osmos, jonbytarfilter och nanofilter. Omvänd osmos är generellt sett dyrare att installera och mer resurskrävande (både energi- och vattenförbrukning är högre) än övriga alternativ men har också den mest effektiva reningen (Nordström 2019). Denna studie fokuserar på jonbytarfilter och nanofilter. Dessa tekniker valdes genom att teknikleverantörer fick lämna offerter baserat på de första vattenproverna som togs för de olika brunnarna. Valet av reningsteknik gjordes i samråd med brunnägarna för att studera reningsteknik som är vanligt förekommande på marknaden och de utmaningar som kommer med dem.

3.3.1 Nanofilter

Membranfilter delas in i olika kategorier beroende på deras porstorlek. Vad man kallar nanofilter brukar ha en porstorlek i spannet 0,1–1 nm (nanometer) medan ultrafilter har en porstorlek spannet 1–50 nm och mikrofilter i spannet 50–10 000 nm, vilket motsvarar 0,05 – 10 μm (Teow et al. 2021). Nanofilter har de senaste årtiondena, enligt Guo et al. (2021), börjat ses som en lovande reningsteknik för dricksvattenproduktion. Nanofilter anses dessutom vara en lämplig reningsteknik för att avskilja uran från dricksvatten och kan förväntas ha en reduktionsgrad högre än 90–95 % (Raff & Wilken 1999). Nanofilter brukar även klara att reducera hårdhet, filtrera bort löst organiskt kol och tungmetaller i katjonform (Teow et al. 2021).

Nanofilter består av ett semipermeabelt membran som kan filtrera bort vissa joner och partiklar från en vätska som passerar filtret (Samco Technologies u.å.). Nanofilter använder dels laddning, dels porstorlek för att avskilja oönskade partiklar och joner från vatten, se Figur 2 nedan. Det innebär att nanofilter generellt sett är bättre på att avskilja partiklar som har en viss laddning för då kan både porstorlek och elektrostatisk repulsion verka tillsammans för att hindra partikeln eller jonen från att passera igenom membranet (Guo et al. 2021). Ytan på membranet i ett nanofilter är ofta negativt laddat vilket medför att negativt laddade joner ofta avskiljs i högre utsträckning än neutrala partiklar och positiva joner. Ett exempel är arsenik (As) som Guo et al. (2021) tar upp där ett negativt laddat nanofilter reducerade neutralt laddad As(III) med mindre än 90 % medan halten av negativt laddad As(V) reducerades med 96 % – 99 %. Enligt Pal et al. (2014) kan reduktionsgraden av arsenik höjas genom en förbehandling som syresätter vattnet innan det når nanofiltret, så att As(III) oxideras till As(V).

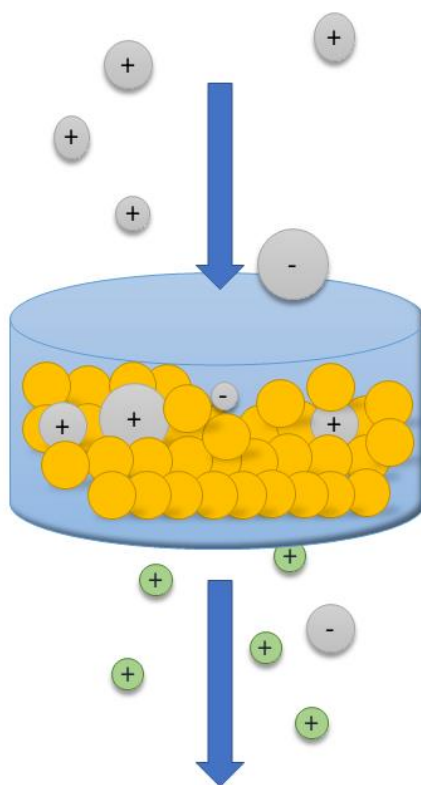


Figur 2: Principiell skiss över nanofilter med membran som har negativt laddad yta, där partiklar som är större än porstorleken samt har negativ laddning stoppas av membranet medan de mindre partiklarna lyckas passera. De blå pilarna representerar vatten som passerar igenom filtrets membran.

Idén med nanofilter är alltså att anpassa porstorleken och laddningen på membranets yta så att särskilda oönskade joner och stora partiklar inte tar sig igenom medan andra mindre partiklar ändå tar sig igenom. Nanofilter har två fördelar över de vanligare omvänd osmos-filtren, där den första är lägre energiförbrukning eftersom membranerna i nanofilter kräver lägre tryck och den andra fördelen är att nanofilter (till skillnad från omvänd osmos) släpper igenom vissa mindre molekyler och därmed slipper man tillsätta viktiga mineraler till vattnet i efterhand (Guo et al. 2021).

3.3.2 Jonbytarfilter

Jonbytarfilter använder en reversibel kemisk reaktion där joner som är i en lösning fångas upp i en filtermassa och byts ut mot andra joner som har liknande laddning, vilket gestaltas i Figur 3 nedan (Samco Technologies u.åb). Jonbytarfilter kan vara av typen anjonbytare, då är filtret anpassat för att plocka upp anjoner, vilket är negativt laddade joner, ur vattnet och ersätta dem med andra anjoner från filtermassan. På samma sätt finns det katjonbytare som byter ut katjoner (positiva joner) från vattnet med katjoner från filtermassan. Det förekommer också varianter av jonbytarfilter som kan plocka upp både anjoner och katjoner på samma gång och byta ut dem mot så kallade zwitterjoner, vilket är molekyler som kan vara neutrala i sin totala laddning men som har funktionella grupper som är positiva och negativa var för sig (Gandhi et al. 2022).



Figur 3: Förenklad principiell skiss över ett jonbytarfilter där joner (grå) i vattnet fångas upp och ersätts med andra liknande joner (grön) från filtermassan (gul) som släpps ut i vattnet.

Vanligtvis backspolas jonbytarfilter med jämna mellanrum (exempelvis en gång per dygn) vilket medför att vattenförbrukningen ökar. Backspolningen görs för att fylla på med de joner som behövs i filtermassan och samtidigt tömma filtermassan på de oönskade jonerna som fångats upp från råvattnet, detta medför att ett rejektvatten behöver någonstans att ta vägen (Samco Technologies u.åb). Filtermassan behöver dessutom bytas ut efter en viss tid, om det inte görs kan oönskade joner (exempelvis uranjoner) läcka från filtret ut i dricksvattnet (Nordström 2019). Jonbytarfilter används för att avskilja uran från dricksvatten vid kommunala vattenverk och sådana anläggningar kan ha en reduktionsgrad av uran på 99 % (Rustum 2021). En studie utförd i Finland av Huikuri & Salonen (2000) visar att jonbytarfilter är en effektiv reningsteknik för att avskilja uran från dricksvatten ur enskilda brunnar, med reduktionsgrader över 95 % oavsett vilken vattenkvalitet som rådde vid de olika brunnar som testades. Jonbytarfilter kan även användas för att avlägsna bly från dricksvatten och kan uppnå en reduktionsgrad på över 90 % (Lalmi et al. 2018).

4. RESULTAT

4.1 FALLSTUDIER: HALTER AV FÖRORENINGARNA BLY OCH URAN SAMT VATTENKEMISK SPECIERING I VISUAL MINTEQ

I denna del av rapporten visas resultat från provtagningar hos de fem brunnarna i form av föroreningshalter i relation till gränsvärden samt jämförelser av föroreningshalter

med och utan reningsteknik. Utöver det visas även tabeller med den teoretiska fördelningen av joner, som modellerats i Visual MINTEQ från det senaste gjorda vattenprovet för vardera brunn och deras huvudsakliga förorening. I Tabell 5 nedan visas översiktlig information om vardera brunn, vilken reningsteknik som installerats och var filtret är placerat. En utförligare version av tabellen finns att se i APPENDIX F.

Tabell 5: Översiktlig information om de brunnar som utgör fallstudierna.

Brunn 1	Brunn 2	Brunn 3	Brunn 4	Brunn 5
<i>Huvudsaklig förorening och halt vid första provtagningstillfälle</i>				
Bly 157 µg/l	Uran 58,6 µg/l	Uran 110 µg/l	Uran 184 µg/l	Uran 130 µg/l
<i>Installerad teknik i skrivande stund</i>				
Membranfilter	Jonbytarfilter	Membranfilter	Jonbytarfilter vid kran	Jonbytarfilter
<i>Filtrets placering</i>				
Huvudbyggnad, under diskbänk	Uthus/komplementbyggnad	Jordkällare	Vid kran	Uthus/komplementbyggnad

Membranfiltren som används hos Brunn 1 och Brunn 3 är enligt tillverkaren elektropositivt laddat, med en porstorlek på 2 µm och ska filtrera bort partiklar ned till 0,02 µm, samtidigt menar tillverkaren att de använder nanoteknik i sitt filter (4evergreen u.å.).

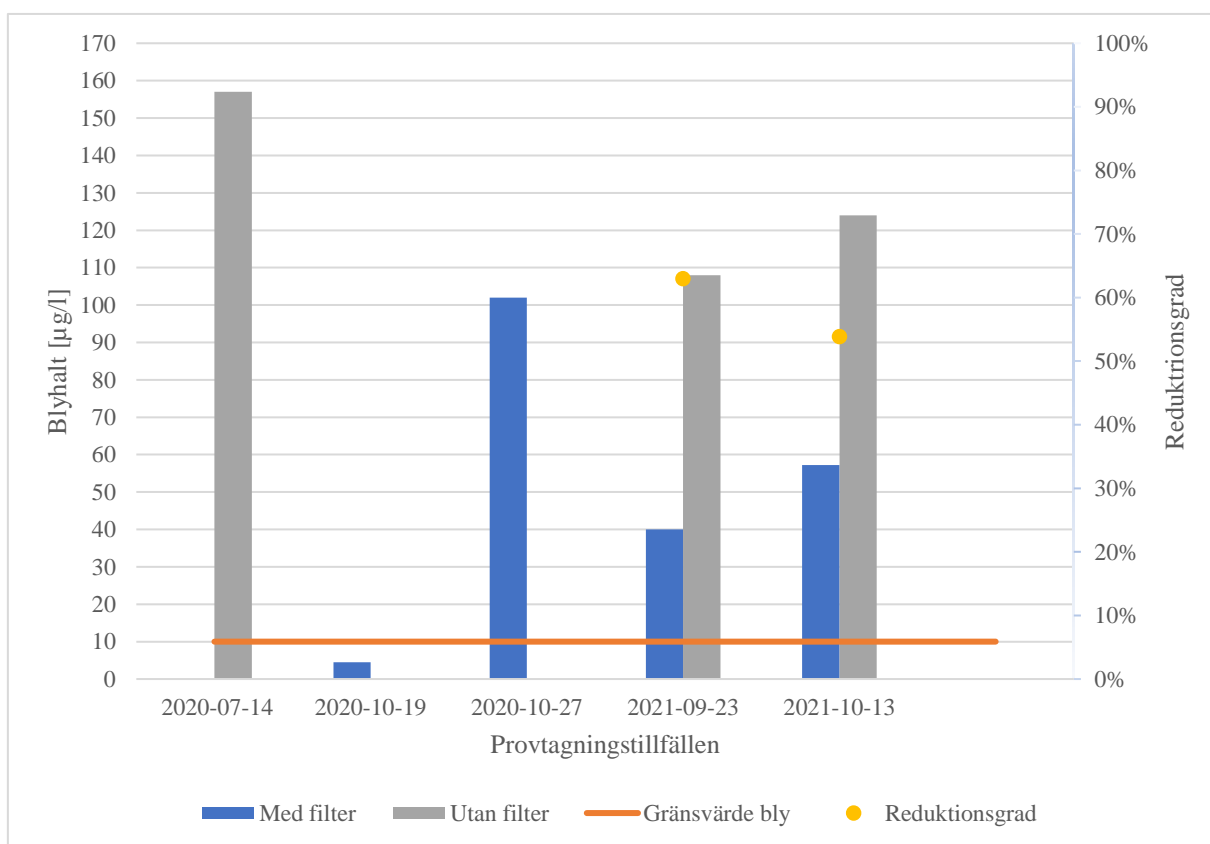
I Tabell 6 nedan visas hur halterna av bly eller uran, odlingsbara mikroorganismer, magnesium, kalcium och klorid förändrats med och utan filter för det senaste genomförda provtagningstillfället. I vissa fall bedöms parametern vara oförändrad även fast halterna skiljer sig en aning med och utan filter, denna bedömning baseras bland annat på laboratoriets osäkerheter i analysmetoder ($\pm 10\%$). Det förekommer fall där koncentrationen är låg och skiljer obetydligt med och utan filter men den procentuella förändringen blir mer än 10 %, vilket kommenteras i kolumnen till vänster i tabellen som ”i praktiken oförändrad”.

Tabell 6: Förändring av bly/uran, odlingsbara mikroorganismer, magnesium, calcium och klorid för brunnarna som utgör fallstudierna. Halter som ändrats med mindre än 10 % anses vara oförändrade eftersom osäkerheten i laboratoriets analysmetoder ligger kring 10 %.

Brunn	Parameter [enhet]	Koncentration utan filter	Koncentration med filter	Förändring [%]
Brunn 1				
	Bly [µg/l]	124	57,2	Reduktion 54 %
	Odlingsbara mikroorganismer [CFU/ml]	20	120	Ökning 500%
	Mg [mg/l]	6,26	6,28	Oförändrad
	Ca [mg/l]	26,7	30,4	Ökning 14% (i praktiken oförändrad)
	Cl [mg/l]	9,88	10,2	Oförändrad
Brunn 2				
	Uran [µg/l]	62	1,74	Reduktion 97 %
	Odlingsbara mikroorganismer [CFU/ml]	20	120	Ökning 500 %
	Mg [mg/l]	6,26	6,28	Oförändrad
	Ca [mg/l]	46	46	Oförändrad
	Cl [mg/l]	17,6	76,6	Ökning 335%
Brunn 3				
	Uran [µg/l]	122	125	Oförändrad
	Odlingsbara mikroorganismer [CFU/ml]	<10	<10	Ej mätbar, för låg halt
	Mg [mg/l]	7,63	7,55	Oförändrad
	Ca [mg/l]	60,6	60,2	Oförändrad
	Cl [mg/l]	19,1	19,1	Oförändrad
Brunn 4				
	Uran [µg/l]	132	18,5	Reduktion 86 %
	Odlingsbara mikroorganismer [CFU/ml]	<10	<10	Ej mätbar, för låg halt
	Mg [mg/l]	6	6,03	Oförändrad
	Ca mg/l	33,1	33	Oförändrad
	Cl mg/l	10,6	6,96	Reduktion 34 %
Brunn 5				
	Uran [µg/l]	212	6,82	Reduktion 97%
	Odlingsbara mikroorganismer [CFU/ml]	130	40	Reduktion 69 %
	Mg [mg/l]	8,61	7,21	Reduktion 16 % (i praktiken oförändrad)
	Ca [mg/l]	64,1	27,3	Reduktion 57 %
	Cl [mg/l]	14,3	13,7	Oförändrad

4.1.1 Brunn 1

Brunn 1 används till ett fritidsboende och har höga halter av bly (mellan 120 och 160 µg/l) samt även uranhalter (cirka 40 µg/l) som ligger strax över gränsvärdet (30 µg/l). Ett membranfilter med nanoteknik installerades för att åtgärda problemet med bly, i Figur 4 nedan visas blyhalter, gränsvärdet för bly samt reduktionsgraden för de tillfällen där prov tagits både med och utan filter. Notera att första provtagningen med filter visade en blyhalt (4,48 µg/l) som ligger under gränsvärdet (10 µg/l) men därefter blev halterna med filter mångdubbelt (kring 50 µg/l) över gränsvärdet. De två senaste provtagningarna togs både med och utan filter och reduktionsgraden kunde därför räknas ut till 63 % för 2021-09-23 och 54 % för 2021-10-13, men blyhalterna ligger dock ändå över gränsvärdet.



Figur 4: Blyhalter vid provtagningstillfällena från brunn 1 med och utan filter samt gränsvärde för bly. Reduktionsgrad redovisas i procent på en egen axel då prover togs både med och utan filter vid samma tillfälle.

I Tabell 7 nedan visas den speciering av bly som modellerats i Visual MINTEQ för det senaste utförda provtagningstillfället från brunn 1 utan filter. I de kolumner med kursiv text visas en känslighetsanalys där halten av DOC varierats upp till 3 mg/L och ned till 0,5 mg/L. Notera att fördelningen av Pb^{2+} skiljer sig en del när DOC varierar men att kolumnen med 1 mg/L DOC domineras av positivt laddade blyföreningar. Desto lägre DOC-halt desto större blir andelen Pb^{2+} samt även $PbHCO_3^+$, som båda är positivt laddade. I kolumnen med 3mg/L DOC är det ett komplex med fulvinsyra som dominerar blyhalten i vattnet. I Tabell 8 visas de värden som använts som in-parametrar i Visual MINTEQ.

Tabell 7: Speciering av bly (Pb^{2+}) modellerad i Visual MINTEQ 3.1 för Brunn 1, baserat på provtagning utan filter 2021-10-13 I de kolumner med kursiv text visas en känslighetsanalys där halten DOC ändrats medan övriga in-parametrar hållits konstanta.

Speciering av Pb^{2+}	Andel [%] DOC = 1 mg/L	<i>Andel [%] DOC = 3 mg/L</i>	<i>Andel [%] DOC = 0,5 mg/L</i>
Pb^{2+}	31,81%	<i>12,60%</i>	<i>43,03%</i>
$PbOH^+$	0,54%	<i>0,21%</i>	<i>0,73%</i>
PbF^+	0,04%	<i>0,015%</i>	<i>0,05%</i>
$PbCl^+$	0,20%	<i>0,078%</i>	<i>0,27%</i>
$PbSO_4$ (aq)	0,98%	<i>0,39%</i>	<i>1,33%</i>
$PbCO_3$ (aq)	4,43%	<i>1,76%</i>	<i>6,00%</i>
$PbHCO_3^+$	14,86%	<i>5,89%</i>	<i>20,10%</i>
/FA- $Pb^{+2}G$ (aq)	0,03%	<i>0,034%</i>	<i>0,019%</i>
/FAPb ⁺ (aq)	7,02%	<i>9,066%</i>	<i>4,59%</i>
/FA ₂ Pb(aq)	24,87%	<i>44,38%</i>	<i>14,71%</i>
/HAPb ⁺ (aq)	2,90%	<i>3,81%</i>	<i>1,89%</i>
/HA ₂ Pb(aq)	12,31%	<i>21,77%</i>	<i>7,28%</i>

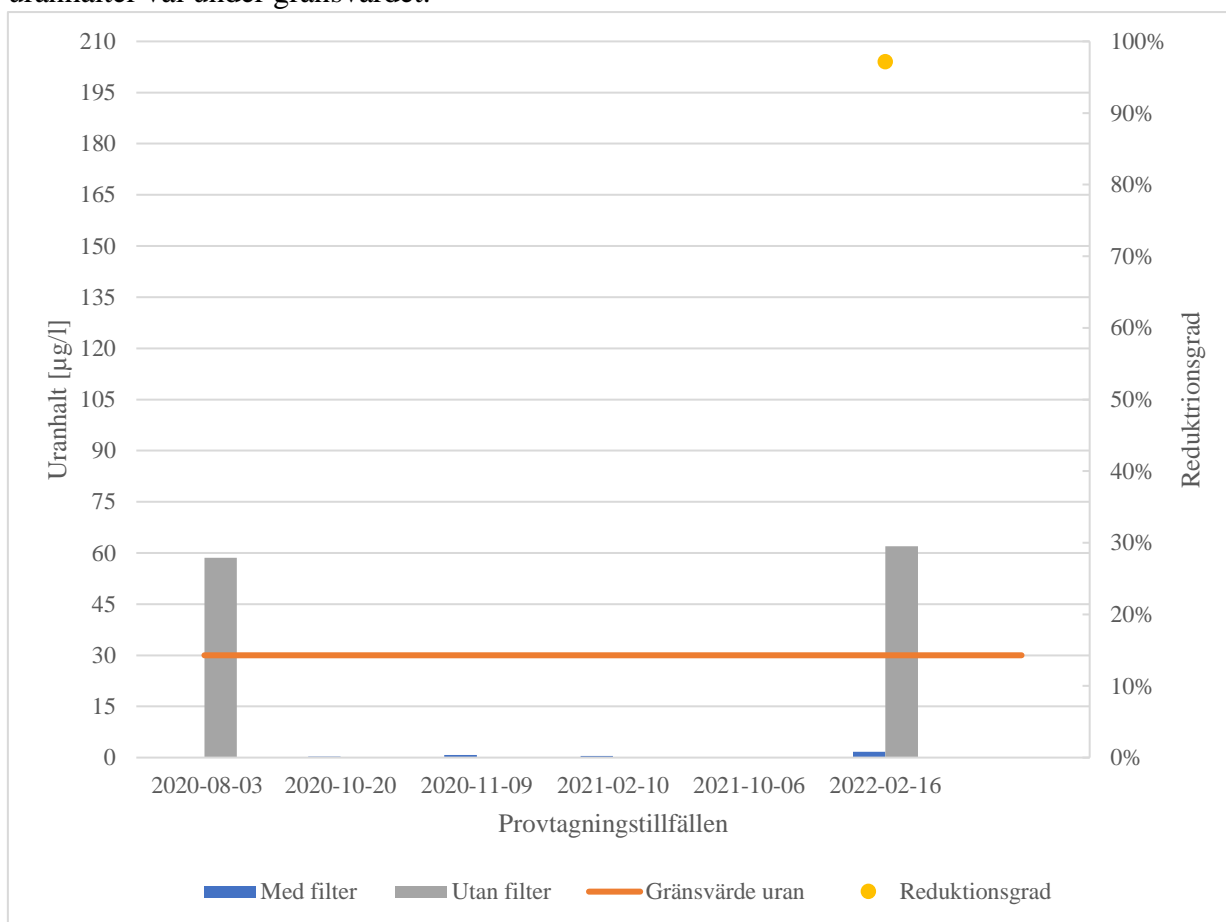
Tabell 8: Data från provtagning av brunn 1 utan filter 2021-10-13 samt valda in-parametrar till körning i Visual MINTEQ 3.1.

Parametrar från provtagningsresultat	Koncentration (från analys svar)	In-parametrar valda i Visual MINTEQ	Angivet värde i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	26,7 mg/L	Ca ²⁺	26,7 mg/L
Mg, magnesium	4,02 mg/L	Mg ²⁺	4,02 mg/L
Na, natrium	11,2 mg/L	Na ⁺	11,2 mg/L
K, kalium	2,91 mg/L	K ⁺	2,91 mg/L
Fe, järn	0,545 mg/L	Fe ²⁺	0,545 mg/L
Mn, mangan	0,106 mg/L	Mn ²⁺	0,106 mg/L
Cu, koppar	0,188 mg/L	Cu ⁺	0,188 mg/L
Pb, bly	124 µg/L	Pb ²⁺	124 µg/L
U, uran	46,4 µg/L	U(VI)	46,4 µg/L
Hårdhet	4,66 °dH	-	-
Turbiditet	7,69 FNU	-	-
Konduktivitet	19,6 mS/m	-	-
pH	6,2	pH	6,2
Nitrit	0,014 mg/L	-	-
Alkalinitet	76,1 mg HCO ₃ ⁻ /L	HCO ₃ ⁻	76,1 mg HCO ₃ ⁻ /L
Färg	136 mgPt/L	-	-
COD-Mn	33,3 mg/L	-	-
Ammoniak och ammonium som NH ₄	<0,050 mg/L	-	-
Fosfat, PO ₄	<0,040 mg/L	PO ₄ ³⁻	0,040 mg/L
Nitrat, NO ₃	0,52 mg/L	NO ₃ ⁻	0,52 mg/L
Fluorid	<0,20 mg/L	F ⁻	0,20 mg/L
Klorid	9,88 mg/L	Cl ⁻	9,88 mg/L
Sulfat, SO ₄	10,5 mg/L	SO ₄ ²⁻	10,5 mg/L
Odlingsbara mikroorganismer 22°C	370 CFU/mL	-	-
Koliforma bakterier	36 CFU/100ml	-	-
Escherichia coli	1 CFU/100ml	-	-
-	-	DOC (SHM)	1 mg/L, 70 % som fulvinsyra (i känslighetsanalysen ändras värdet till 0,5 mg/L och 3 mg/L)
-	-	Temperatur	5°C

4.1.2 Brunn 2

Brunn 2 används till ett permanentboende och hade vid ett provtagningstillfälle innan filter installerats en uranhalt på 58,6 µg/l, vilket motsvarar nästan dubbla gränsvärdet (30 µg/l). Ett jonbytarfilter installerades för att åtgärda problemet och fyra vattenprover

togs med filtret som visade på låga uranhalter (från 0,02 till 0,8 µg/l), ett femte prov gjordes både med och utan reningstekniken där reduktionsgraden kunde räknas ut till 97 %, se Figur 5 nedan. Samtliga vattenprover från brunn 2 med jonbytarfiltret har visat på uranhalter väl under gränsvärdet.



Figur 5: Uranhalter vid provtagningstillfällena från brunn 2, med och utan filter samt gränsvärde för uran. Reduktionsgrad redovisas i procent på en egen axel då prover togs både med och utan filter vid samma tillfälle. För de tillfällen där det ej syns tydliga grå staplar är proverna endast tagna med filter och halterna är så låga att de blå staplarna knappt syns i grafen.

I Tabell 9 nedan visas den speciering av uran som modellerats i Visual MINTEQ baserat på provtagningen utan filter från 2022-02-16. Notera att majoriteten (nästan 64 %) av uranet är i den oladdade formen av $\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ (aq) och en betydande del (cirka 36 %) är negativt laddade joner med uran, kalcium, syre och kol. I Tabell 10 nedan visas data från provtagning 2022-02-16 utan filter samt valda in-parametrar till körningen i Visual MINTEQ.

Tabell 9: Specieering av uran (UO_2^{2+}) modellerad i Visual MINTEQ 3.1 för brunn 2, baserat på provtagning utan filter 2022-02-16.

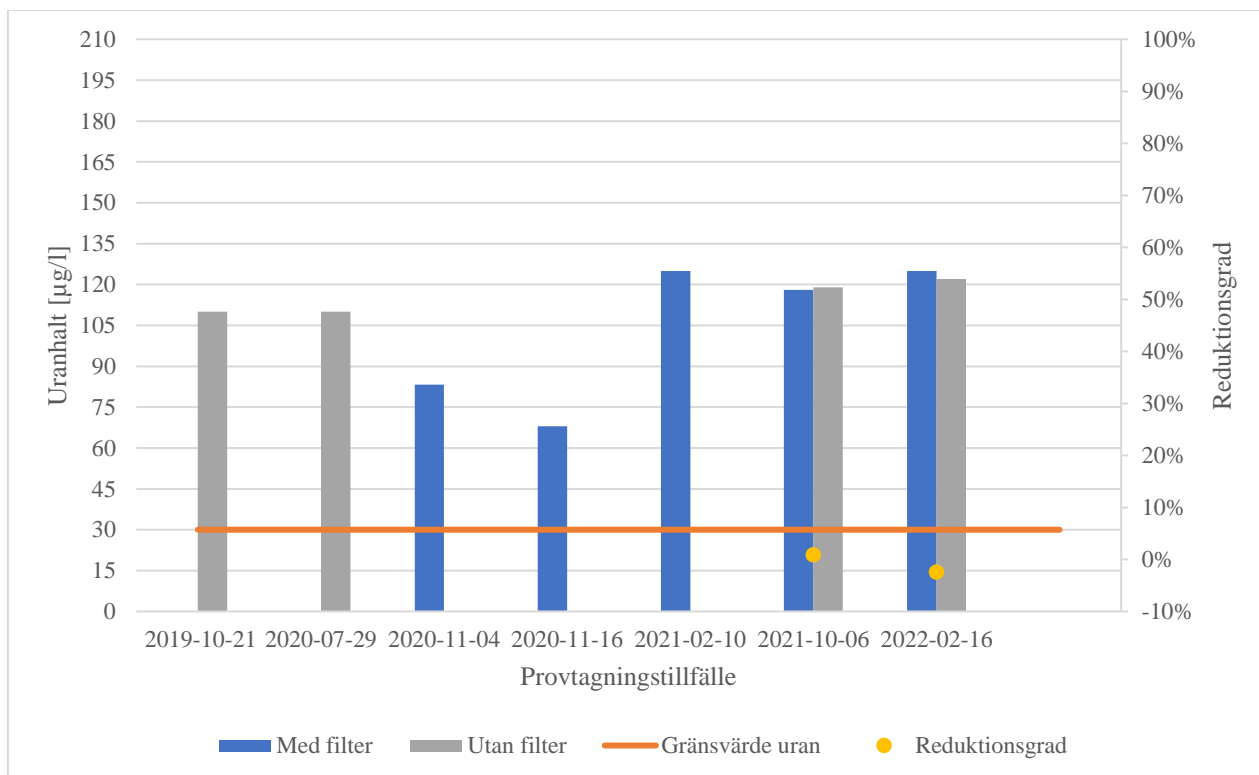
Specieering av UO_2^{2+}	Andel [%]
$\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ (aq)	63,71%
$\text{CaUO}_2(\text{CO}_3)_3^{2-}$	34,51%
$\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}$	0,05%
$\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$	1,72%

Tabell 10: Data från provtagning av brunn 2 utan filter 2022-02-16 samt valda in-parametrar för körning i Visual MINTEQ 3.1

Parametrar från provtagning sresultat	Koncentration (från analysvar)	In-parametrar valda i Visual MINTEQ	Angivet värde i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	46 mg/L	Ca ²⁺	46 mg/L
Mg, magnesium	6,26 mg/L	Mg ²⁺	6,26 mg/L
Na, natrium	57,2 mg/L	Na ⁺	57,2 mg/L
K, kalium	0,515 mg/L	K ⁺	0,515 mg/L
Fe, järn	0,0113 mg/L	Fe ²⁺	0,0113 mg/L
Mn, mangan	0,0324 mg/L	Mn ²⁺	0,0324 mg/L
Cu, koppar	0,000955 mg/L	Cu ⁺	0,000955 mg/L
Pb, bly	0,354 µg/L	Pb ²⁺	0,354 µg/L
U, uran	62 µg/L	U(VI)	62 µg/L
Hårdhet	7,89 °dH	-	-
Turbiditet	1,16 FNU	-	-
Konduktivitet	48,4 mS/m	-	-
pH	8,1	pH	8.1
Nitrit, NO ₂	<0,010 mg/L	-	
Alkalinitet	279 mg HCO ₃ ⁻ /L	HCO ₃ ⁻	279 mg HCO ₃ ⁻ /L
Färg	8,2 mgPt/L	-	-
COD-Mn	1,34 mg/L		-
Ammoniak och ammonium som NH ₄	<0,050 mg/L	-	-
Fosfat, PO ₄	<0,040 mg/L	PO ₄ ³⁻	0,04 mg/L
Nitrat, NO ₃	<0.50 mg/L	NO ₃ ⁻	0,5 mg/L
Fluorid	0,92 mg/L	F ⁻	0,92 mg/L
Klorid	17,6 mg/L	Cl ⁻	17,6 mg/L
Sulfat, SO ₄	9,66 mg/L	SO ₄ ²⁻	9,66 mg/L
Odlingsbara mikroorganismer 22°C	20 CFU/mL	-	-
Koliforma bakterier	<1 CFU/100ml	-	-
Escherichia coli	<1 CFU/100ml	-	-
-	-	DOC (SHM)	1 mg/L, 70 % som fulvinsyra
-	-	Temperatur	5°C

4.1.3 Brunn 3

Brunn 3 används till ett hus som först användes som fritidshus men som nu används mer permanent. Analyserna visar uranhalter mellan 68 µg/l och 125 µg/l vilket är ungefär två till fyra gånger så höga som gränsvärdet (30 µg/l), notera också att de tillfällen där prover tagits både med och utan membranfilter samma dag är reduktionsgraden obefintlig (0,84 % och -2,46 %), se Figur 6 nedan.



Figur 6: Uranhalter vid provtagningstillfällena från brunn 3 med och utan filter samt gränsvärde för uran. Reduktionsgrad redovisas i procent på en egen axel då prover togs både med och utan filter vid samma tillfälle

Specieringen som modellerats i Visual MINTEQ visas i Tabell 11 nedan, notera att drygt 70 % av UO_2^+ förekommer i $Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq), som är neutralt laddad medan ungefär 30 % är negativt laddade komplex av uran, syre, kol och kalcium. De kolumner med kursiv text i Tabell 11 visar den känslighetsanalys som gjorts där DOC-halten varierats till 3 mg/L och 0,5 mg/L, notera att denna förändring inte gjort någon nämnvärd skillnad på uranets speciering i detta fall. I

Tabell 12 nedan visas data från provtagning utan filter 2022-02-16 samt valda inparametrar till körningen i Visual MINTEQ.

Tabell 11: Specieering av uran (UO_2^{2+}) modellerad i Visual MINTEQ 3.1 för brunn 3, baserat på provtagning utan filter 2022-02-16. I de kolumner med kursiv text visas en känslighetsanalys där halten DOC ändrats medan övriga inparametrar hållits konstanta.

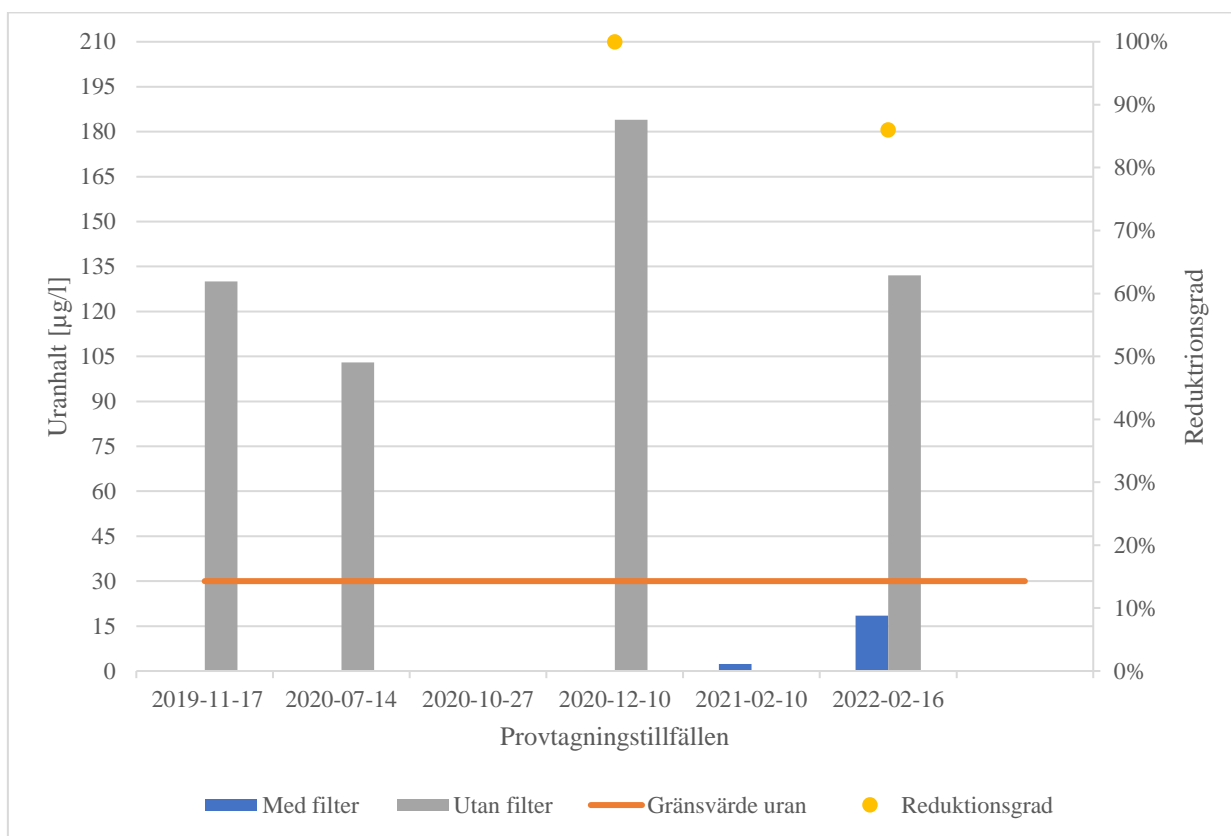
Speciering av UO_2^{2+}	Andel [%] DOC = 1 mg/L	<i>Andel [%] DOC = 3 mg/L</i>	<i>Andel [%] DOC = 0,5 mg/L</i>
$Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq)	70,42%	<i>70,44%</i>	<i>70,30%</i>
$CaUO_2(CO_3)_3^{2-}$	28,45%	<i>28,43%</i>	<i>28,49%</i>
$UO_2(CO_3)_2^{2-}$	0,07%	<i>0,066%</i>	<i>0,067%</i>
$UO_2(CO_3)_3^{4-}$	1,05%	<i>1,051%</i>	<i>1,058%</i>
/FA ₂ UO ₂ (aq)	0,01%	-	<i>0,05%</i>
/HA ₂ UO ₂ (aq)	-	-	<i>0,025%</i>

Tabell 12: Data från provtagning av brunn 3 utan filter 2022-02-16 samt valda in-parametrar till Visual MINTEQ 3.1

Parametrar från provtagningsresultat	Koncentration (från analys svar)	In-parametrar valda i Visual MINTEQ	Angivet värde i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	60,6 mg/L	Ca ²⁺	60,6 mg/L
Mg, magnesium	7,63 mg/L	Mg ²⁺	7,63 mg/L
Na, natrium	25,3 mg/L	Na ⁺	25,3 mg/L
K, kalium	1,65 mg/L	K ⁺	1,65 mg/L
Fe, järn	0,0242 mg/L	Fe ²⁺	0,0242 mg/L
Mn, mangan	0,146 mg/L	Mn ²⁺	0,146 mg/L
Cu, koppar	0,00841 mg/L	Cu ⁺	0,00841 mg/L
Pb, bly	2,53 µg/L	Pb ²⁺	2,53 µg/L
U, uran	122 µg/L	U(VI)	122 µg/L
Hårdhet	10,2 °dH	-	-
Turbiditet	0,92 FNU	-	-
Konduktivitet	44,7 mS/m	-	-
pH	7,8	pH	7,8
Nitrit, NO ₂	<0,010 mg/L	-	-
Alkalinitet	248 mg HCO ₃ ⁻ /L	HCO ₃ ⁻	248 mg HCO ₃ ⁻ /L
Färg	16,1 mgPt/L	-	-
COD-Mn	2,31 mg/L	-	-
Ammoniak och ammonium som NH ₄	<0,050 mg/L	-	-
Fosfat, PO ₄	<0,040 mg/L	PO ₄ ³⁻	0,04 mg/L
Nitrat, NO ₃	<0,50 mg/L	NO ₃ ⁻	0,50 mg/L
Fluorid	0,54 mg/L	F ⁻	0,54 mg/L
Klorid	19,1 mg/L	Cl ⁻	19,1 mg/L
Sulfat, SO ₄	7,55 mg/L	SO ₄ ²⁻	7,55 mg/L
Odlingsbara mikroorganismer 22°C	<10 CFU/mL	-	-
Koliforma bakterier	<1 CFU/100ml	-	-
Escherichia coli	<1 CFU/100ml	-	-
-	-	DOC (SHM)	1 mg/L, 70 % som fulvinsyra (0,5 mg/L och 3 mg/L i känslighetsanalys)
-	-	Temperatur	5°C

4.1.4 Brunn 4

Brunn 4 används till ett fritidsboende och provtagningar uppvisar uranhalter i ett spann från cirka 100 µg/l till 180 µg/l när prover tas utan filter, vilket är mångdubbelt av gränsvärdet (30 µg/l), se Figur 7 nedan. För de prover som tagits med filter är uranhalterna under gränsvärdet (0,053 µg/l, 0,0158 µg/l och 18,5 µg/l), notera dock att provtagningstillfället med filter 2022-02-16 visar på markant högre halter av uran jämfört med övriga tillfällen med filter. Reduktionsgraden räknades ut till 99,99 % för 2020-12-10 och 86 % för 2022-02-16, vilket innebär en att reduktionsgraden skiljer med ungefär 14 procentenheter de tillfällena emellan. På grund av bieffekter (bakterietillväxt och kemisk smak) byttes filtertyp från ett backspolande jonbytarfilter till ett jonbytarfilter som sitter under diskbänken och som inte backspolas, troligen berodde bieffekterna på att vattnet inte används som i ett permanentboende och det första filtrets om installerades krävde mer kontinuerlig vattenanvändning för att fungera utan bieffekter (Schulte-Herbrüggen et al. 2021). Prover från 2020-12-10 och framåt är med det mindre jonbytarfiltret som sitter under diskbänken.



Figur 7: Uranhalter vid provtagningstillfällen från brunn 4 med och utan filter samt gränsvärde för uran. Reduktionsgrad redovisas i procent på en egen axel då prover togs både med och utan filter vid samma tillfälle. Filtertyp byttes på grund av bieffekter, prover från 2020-12-10 och framåt är med jonbytarfilter under diskbänk som ej backspolas.

Specieringen som modellerats i Visual MINTEQ för provtagningstillfället utan filter 2022-02-16 visas i Tabell 13 nedan, i den går det att se att ungefär 57 % av UO_2^{2+} förekommer i en neutral form av kalcium-uranyl-trikarbonat ($Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq)). Specieringen visar också att ungefär 43 % av UO_2^{2+} förekommer i negativt laddade

joner och en nästan försumbar mängd (0,04 %) förekommer bundet till fulvinsyra. I Tabell 14 nedan visas parametrar från provtagningstillfället 2022-02-16 från brunn 4 samt de parametrar som valts i Visual MINTEQ 3.1

Tabell 13: Specieering av uran (UO_2^{2+}) modellerad i Visual MINTEQ 3.1 för brunn 4, baserat på provtagning utan filter 2022-02-16

Specieering av UO_2^{2+}	Andel [%]
$Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq)	56,93%
$CaUO_2(CO_3)_3^{2-}$	40,39%
$UO_2(CO_3)_2^{2-}$	0,14%
$UO_2(CO_3)_3^{4-}$	2,50%
/FA ₂ UO ₂ (aq)	0,03%
/HA ₂ UO ₂ (aq)	0,01%

Tabell 14: Parametrar från provtagning 2022-02-16 från brunn 4 samt parametrar som valts i Visual MINTEQ 3.1

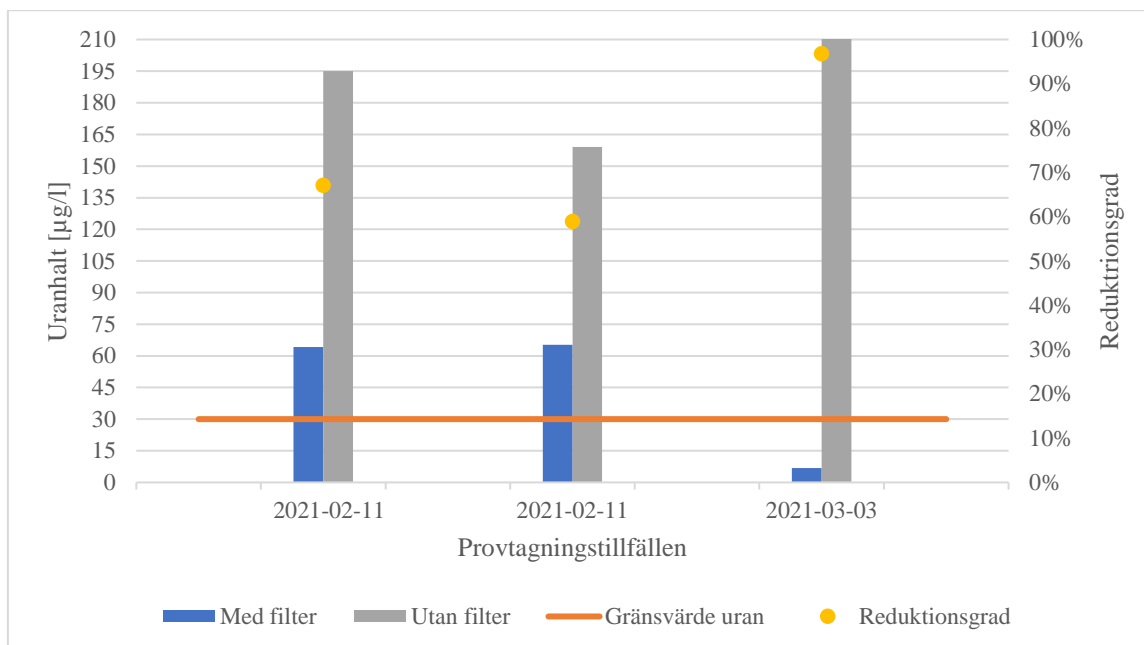
Parametrar från provtagningsresultat	Koncentration (från analys svar)	In-parametrar valda i Visual MINTEQ	Angivet värde i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	33,1 mg/L	Ca ²⁺	33,1 mg/L
Mg, magnesium	6 mg/L	Mg ²⁺	6 mg/L
Na, natrium	51,8 mg/L	Na ⁺	51,8 mg/L
K, kalium	1,31 mg/L	K ⁺	1,31 mg/L
Fe, järn	0,04 mg/L	Fe ²⁺	0,04 mg/L
Mn, mangan	0,00208 mg/L	Mn ²⁺	0,00208 mg/L
Cu, koppar	0,0888 mg/L	Cu ⁺	0,0888 mg/L
Pb, bly	2,22 µg/L	Pb ²⁺	2,22 µg/L
U, uran	132 µg/L	U(VI)	132 µg/L
Hårdhet	6,02°dH	-	-
Turbiditet	1,86 FNU	-	-
Konduktivitet	41,1 mS/m	-	-
pH	7,9	pH	7,9
Nitrit, NO ₂	<0,010 mg/L	-	0,01
Alkalinitet	236 mg HCO ₃ ⁻ /L	HCO ₃ ⁻	236 mg HCO ₃ ⁻ /L
Färg	17,1 mgPt/L	-	-
COD-Mn	3,12 mg/L	-	-
Ammoniak och ammonium som NH ₄	<0,050 mg/L	-	-
Fosfat, PO ₄	<0,040 mg/L	PO ₄ ³⁻	0,040 mg/L
Nitrat, NO ₃	<0,50 mg/L	NO ₃ ⁻	0.50 mg/L
Fluorid	0,49 mg/L	F ⁻	0,49 mg/L
Klorid	10,6 mg/L	Cl ⁻	10,6 mg/L
Sulfat, SO ₄	12,4 mg/L	SO ₄ ²⁻	12,4 mg/L
Odlingsbara mikroorganismer 22°C	<10 CFU/mL	-	-
Koliforma bakterier	<1 CFU/100ml	-	-
Escherichia coli	<1 CFU/100ml	-	-
-	-	DOC (SHM)	1 mg/L, 70 % som fulvinsyra
-	-	Temperatur	5°C

4.1.5 Brunn 5

Brunn 5 används till en förskola och provtagningarna visar höga uranhalter (mellan 159 µg/L och 212 µg/L). I systemet är ett jonbytarfilter installerat, för konceptuell skiss över dricksvattenanläggningen, se APPENDIX F. I Figur 8 nedan syns uranhalter från 159 µg/L till 212 µg/L utan filter och inledningsvis är de prover med filter också väl över (cirka 65 µg/L) gränsvärdet på 30 µg/L, med reduktionsgrad på 67 % för ena provtagningen 2021-02-11 och 59 % för andra provtagningen 2021-02-11 (dvs. samma

datum). Notera dock att provet från 2021-03-03 har högst uranhalt utan filter (212 µg/L) men med filter är uranhalt 6,82 µg/L, vilket är under gränsvärdet. Reduktionsgraden av uran räknades ut till 97 % för 2021-03-03.

Tyvär finns inget värde på uranhalt från en provtagning som gjordes 2020-02-28 och vid provtagningarna som gjordes 2021-02-11 togs två omgångar av prover samma dag när ena omgången egentligen var avsedd för två veckor senare.



Figur 8: Uranhalter vid provtagningstillfällena från brunn 5 med och utan filter samt gränsvärde för uran. Reduktionsgrad redovisas i procent på en egen axel då prover togs både med och utan filter vid samma tillfälle. Notera att de två första provtagningstillfällena i grafen råkat infalla på samma datum.

Den speciering som gjorts i Visual MINTEQ för provtagningstillfället 2021-03-03, se Tabell 15 nedan, visar att nästan 70 % av UO_2^{2+} förekommer i en neutralt laddad kalciumförening, och ungefär 30 % är negativt laddade joner med uran, kalcium, syre och kol i olika konstellationer, parametrar som använts visas i Tabell 16 nedan,

Tabell 15: Specieering av uran (UO_2^{2+}) modellerad i Visual MINTEQ 3.1 för brunn 5, baserat på provtagning utan filter 2021-03-03

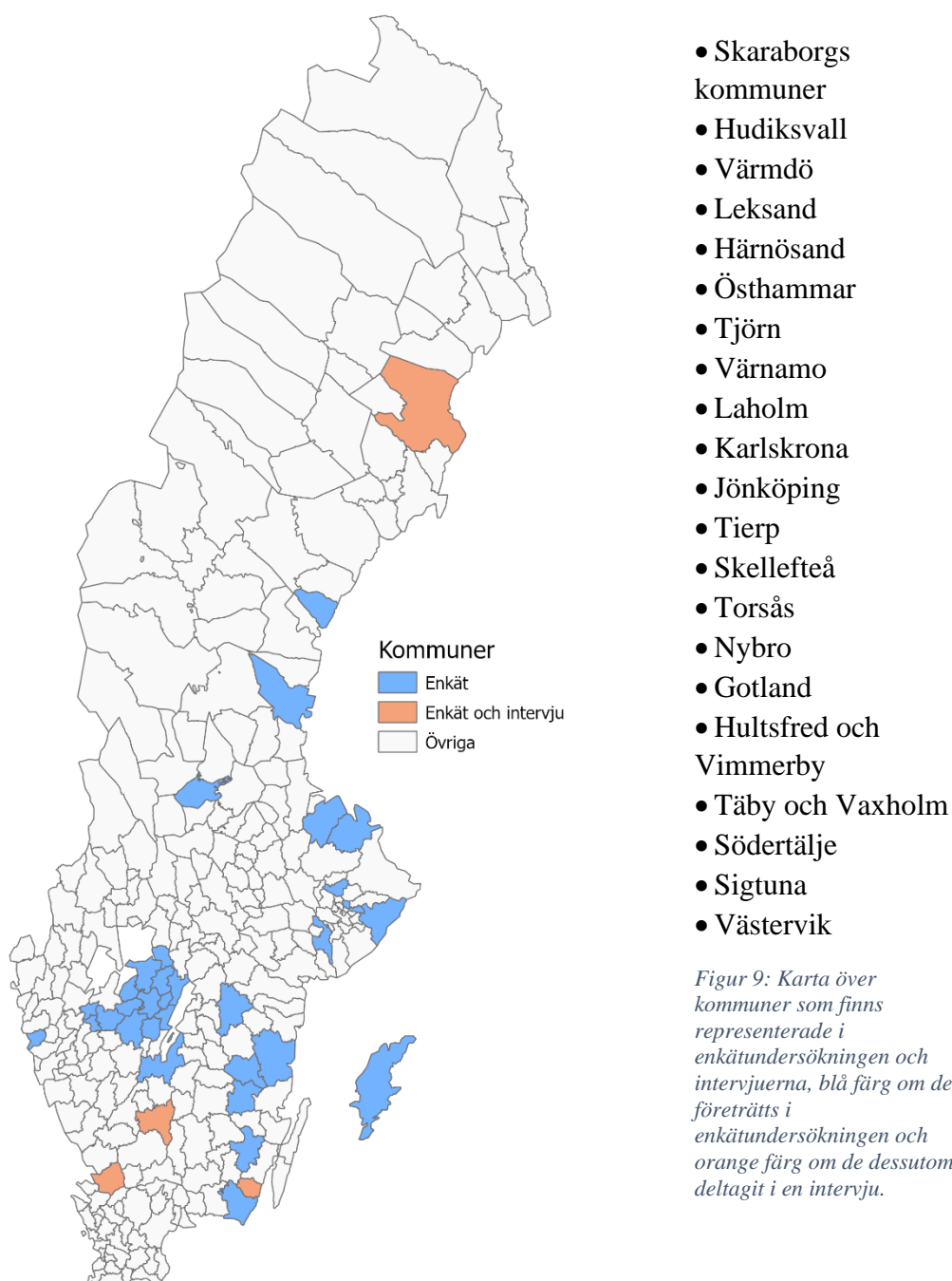
Specieering av UO_2^{2+}	Andel [%]
$Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq)	69,47%
$CaUO_2(CO_3)_3^{2-}$	29,26%
$UO_2(CO_3)_2^{2-}$	0,05%
$UO_2(CO_3)_3^{4-}$	1,23%

Tabell 16: Parametrar från provtagning 2021-03-03 från brunn 5 samt parametrar som valts i Visual MINTEQ 3.1

Parametrar från provtagningsresultat	Koncentration (från analys svar)	In-parametrar valda i Visual MINTEQ	Angivet värde i Visual MINTEQ
Ca, kalcium	64,1 mg/l	Ca ²⁺	64,1 mg/l
Fe, järn	0,00172 mg/L	Fe ²⁺	0,00172 mg/L
Mg, magnesium	8,61 mg/L	Mg ²⁺	8,61 mg/L
Na, natrium	64,2 mg/L	Na ⁺	64,2 mg/L
K, kalium	3,03 mg/L	K ⁺	3,03 mg/L
Mn, mangan	2,06 µg/L	Mn ²⁺	2,06 µg/L
Cu, koppar	66 µg/L	Cu ⁺	66 µg/L
Pb, bly	2,71 µg/L	Pb ²⁺	2,71 µg/L
U, uran	212 µg/L	U(VI)	212 µg/L
Totalhårdhet	11 °dH	-	-
Lukt	Ingen	-	-
Lukt,	20°C	-	-
Turbiditet	0,26 FNU	-	-
Konduktivitet	57,2 mS/m	-	-
pH	7,8	pH	7,8
Nitrit	<0,01	-	-
Alkalinitet	350 mg HCO ₃ ⁻ /L	HCO ₃ ⁻	350 mg HCO ₃ ⁻ /L
Färg	4,8 mgPt/L	-	-
CODMn	0,91 mg/L	-	-
Ammonium	<0,050	-	-
Fosfat, PO ₄	0,043 mg/L	PO ₄ ³⁻	0,043 mg/L
Nitrat, NO ₃	<0,50 mg/L	NO ₃ ⁻	0,50 mg/L
Fluorid	1,26 mg/L	F ⁻	1,26 mg/L
Klorid	14,3 mg/L	Cl ⁻	14,3 mg/L
Sulfat	15,1 mg/L	SO ₄ ²⁻	15,1 mg/L
Radon	2940 Bq/L	-	-
Odlingsbara mikroorg. 22°C, 3 dygn	130 CFU/ml	-	-
Koliforma bakterier 35°C	<1 CFU/100ml	-	-
E.Coli	<1 CFU/100ml	-	-
-	-	DOC (SHM)	1 mg/L, 70 % som fulvinsyra
-	-	Temperatur	5°C

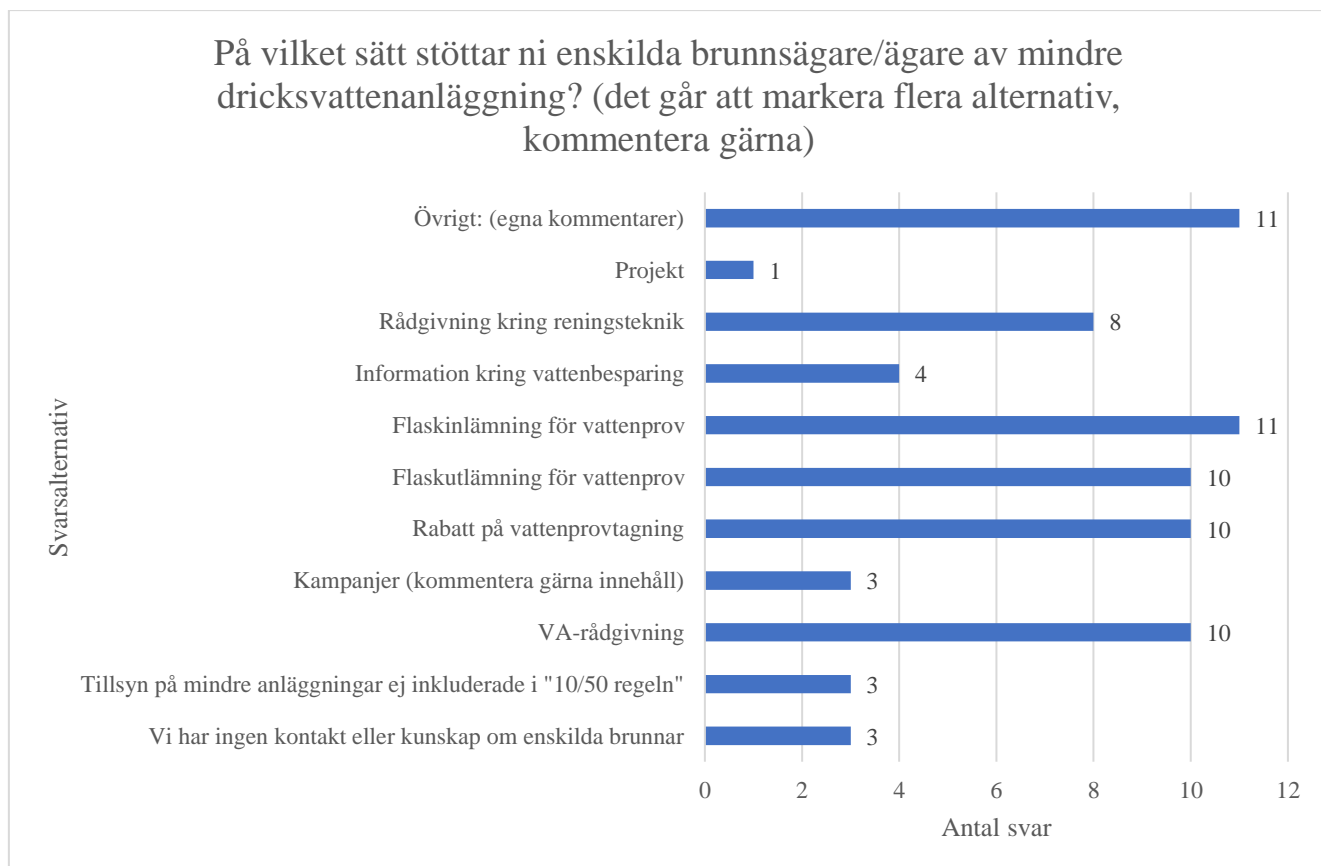
4.2 ENKÄTUNDERSÖKNING – HUR KOMMUNER BEMÖTER ENSKILDA BRUNNSÄGARE I DERAS UTMANINGAR MED DRICKSVATTENKVALITET

Här lyfts några utvalda frågor med svar ut från enkätundersökningen. Grafer och sammanfattade svar från samtliga enkätfrågor finns i APPENDIX E. Totalt har 24 svar kommit in men en person har svarat två gånger vid olika tillfällen, dessa svar har slagits ihop till ett svar i efterhand. Några av de som svarat företräder flera kommuner på samma gång, dessa svar har betraktats som ett svar. I punktlistan nedan listas kommunerna som deltagit, se även Figur 9 där de visas på en karta över Sverige. Utöver de som listas nedan finns även enkätsvar från två personer som ej lämnat uppgifter om vilken kommun de företräder.



4.2.1 Kommuners stöttning till enskilda brunnsägare

I Figur 10 nedan visas svaren som inkommit, notera att nästan hälften (11 av 23) har valt att skriva något eget utöver de givna svarsalternativen. Av de givna svarsalternativen är det rådgivning kring reningsteknik, VA-rådgivning samt de alternativen som berör provtagning som flest svarat.



Figur 10: Fråga 3 i enkätundersökning, flervalfråga med möjlighet att lämna egna kommentarer "På vilket sätt stöttar ni enskilda brunnsägare/ägare av mindre dricksvattenanläggning? (det går att markera flera alternativ, kommentera gärna)"

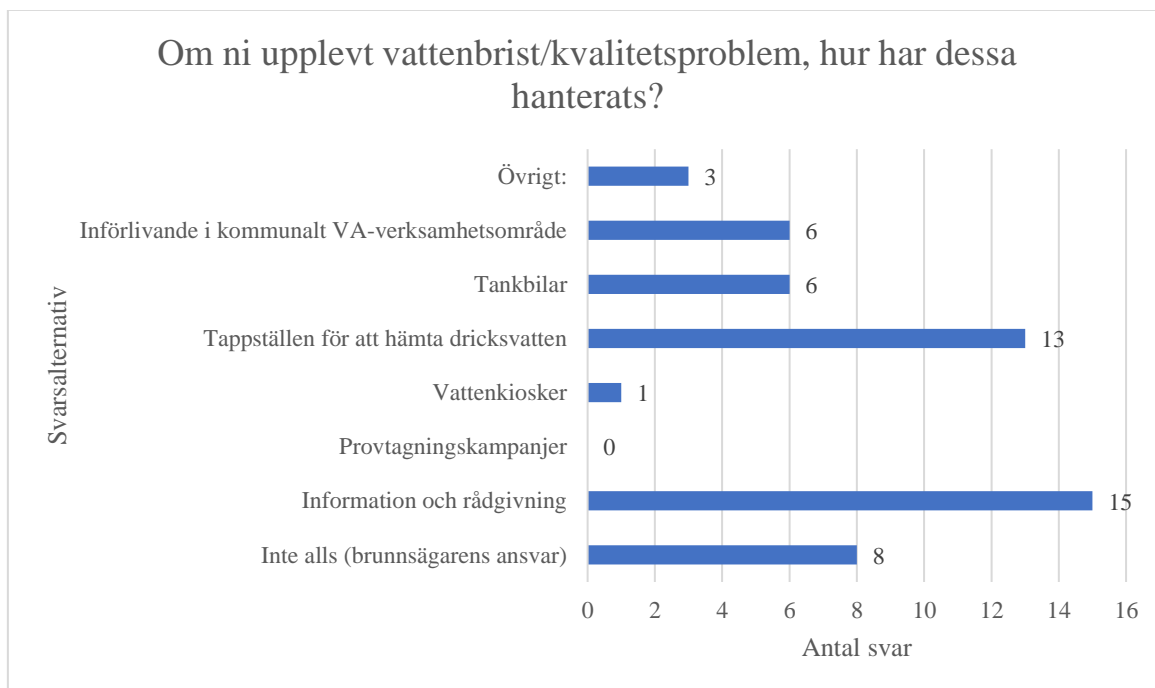
De flesta egna kommentarerna beskriver någon form av åtgärd eller kampanj som kommunen har för att stötta enskilda brunnsägare, i punktlistan nedan har dessa sammanfattats.

- Gratis provtagning för hushåll med barn under en viss ålder (1–3 år) eller som väntar barn
- Ringer upp de som fått otjänliga provsvar
- Beviljar bidrag för surt vatten
- Var 5:e år undersökts 100 enskilda vattentäkter
- Vägleder enskilda brunnsägare som har frågor dricksvattenkvalitet

4.2.2 Kommuners hantering av vattenbrist och kvalitetsproblem

Fråga 6 handlar hur eventuell vattenbrist eller kvalitetsproblem hos enskilda brunnar har hanterats av kommunen, i Figur 11 nedan visas hur kommunerna svarat. Värt att notera är att 15 av 23 bemöter problemen med information och rådgivning, 13 av 23 svarar att

de har tappställen för att hämta dricksvatten och 8 av 23 bemöter inte problemen alls utan ser det som brunnssägens egna ansvar.



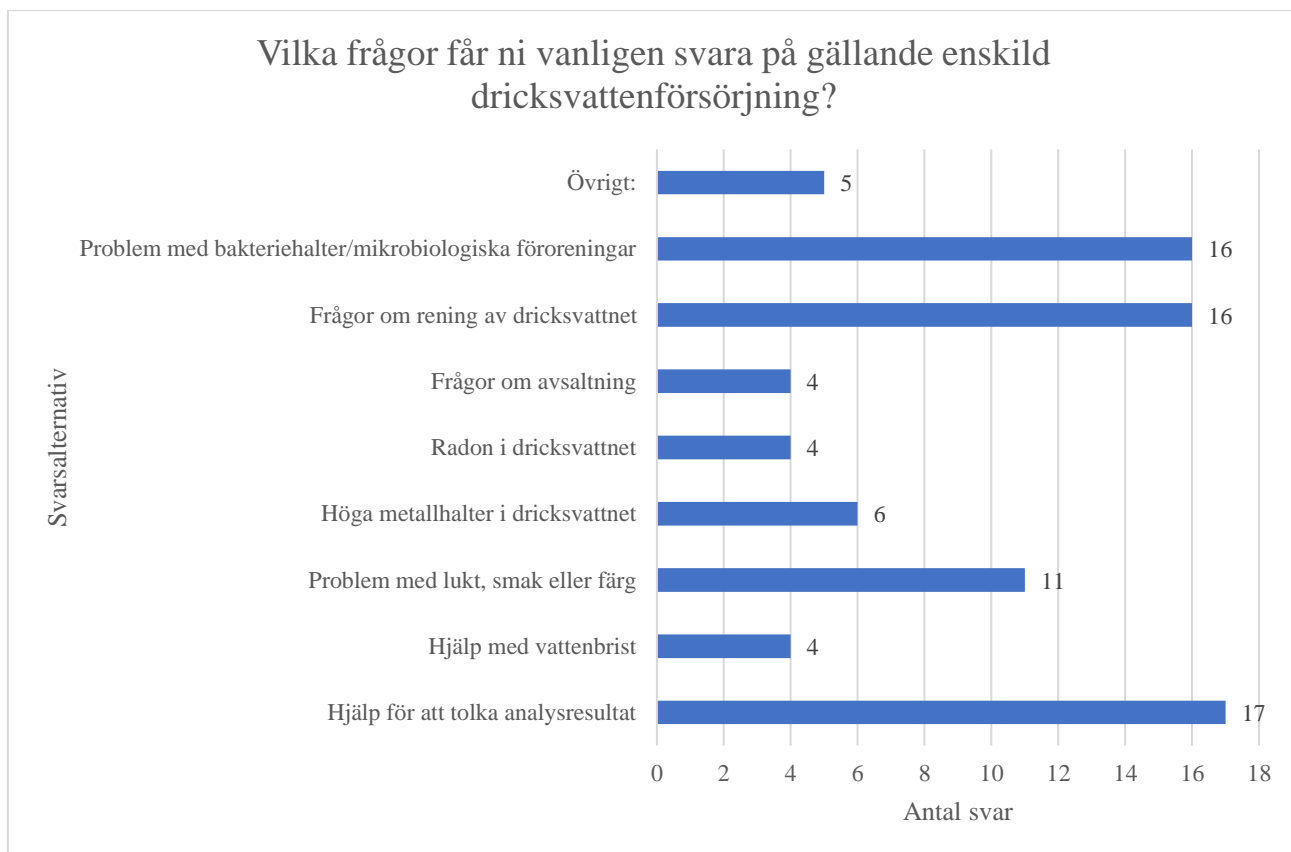
Figur 11: Fråga nr 6 i enkätundersökning, flervalsfråga "Om ni upplevt vattenbrist/kvalitetsproblem, hur har dessa hanterats?"

De som lämnat egna svar under "Övrigt" listas som citat nedan.

- "Under torrsommaren 2018 fått enstaka samtal om brunnar som sinat tillfälligt"
- "Ringer upp vid otjänligt prov. Tappställen vid vattenbrist (år 2018)."
- "många lever med vattenbrist o flaskvatten, särskilt fritidshusägare"

4.2.3 Vanligt förekommande frågor gällande enskilt dricksvatten och reningsteknik

Fråga 7 undersöker vilka frågor som vanligen kommer in till kommunerna angående enskild dricksvattenförsörjning. I Figur 12 nedan syns det att de vanligaste frågorna handlar om rening av vattnet, problem med mikrobiologiska föroreningar samt hjälp att tolka analysresultat.



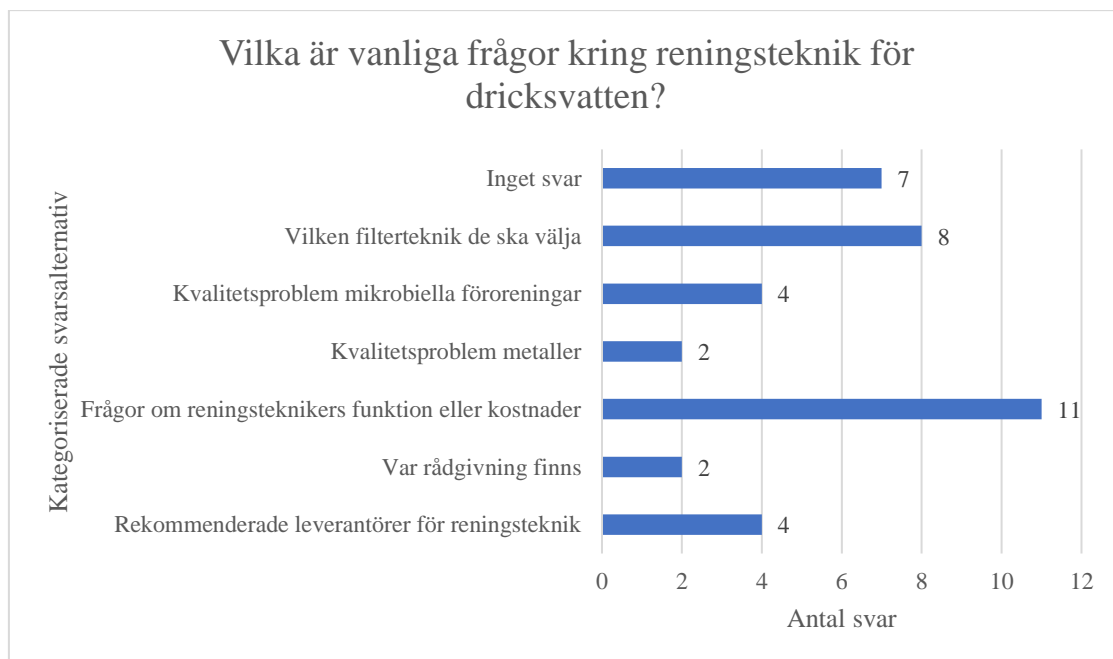
Figur 12: Enkätfråga 7 "Vilka frågor får ni vanligen svara på gällande enskild dricksvattenförsörjning?"

Fem egna kommentarer har kommit in utöver de givna svarsalternativen och dessa listas som citat nedan.

- "Barnvattenprov och vad som ingår (och att ett större vattenprov är bra att göra)"
- "Väldigt lite frågor"
- "De som ringer/mejlar vill först och främst veta om vi har provflaskor de kan "hämta". När de har provtagit så är det sällan de ringer/mejlar oss, utan vi ringer dem vid otjänligt prov."
- "järn o mangan(estetiskt problem)"
- " Uran"

Fråga 8 undersöker specifikt vilka frågor de brukar få kring reningsteknik för dricksvatten. Frågan ställdes öppet och svaren har kategoriserats i efterhand för att kunna visas i en graf, kategoriseringen är gjord så att ett lämnat svar kan passa in under flera kategorier. Exempelvis om någon svarat att folk undrar var rådgivning finns samt att de har frågor om kvalitetsproblem orsakat av metallföroreningar.

Sju personer har lämnat blankt på frågan medan åtta svarar att de enskilda brukar fråga kring vilken reningsteknik de bör välja och elva svarar att frågor brukar handla om reningsteknikernas funktion eller kostnader, se Figur 13 nedan.



Figur 13: Enkätfråga 8, öppen fråga där svaren kategoriserats i efterhand "Vilka är vanliga frågor kring reningsteknik för dricksvatten?"

4.3 INTERVJUER – FÖRDJUPNING AV ENKÄTUNDERSÖKNING

Nedan finns utdrag ur den sammanfattning som gjorts av intervjuerna i tabellform. I APPENDIX C finns en längre tabell med alla frågor och sammanfattade svar. I Tabell 17 listas namn, avdelning och titel på de som intervjuats, samtliga arbetar som någon typ av miljöinspektör på kommuners avdelningar inom miljö, hälsa eller samhällsbyggnad.

Tabell 17: Intervjuobjektens namn, avdelning på kommunen och titel.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Vad heter du?</i>			
Johanni Wellenius	Gustaf Nilsson	Jenny Hamringe	Gulvayar Shuman
<i>Vilken avdelning på kommunen jobbar du på och vad är din titel?</i>			
Samhällsbyggnad och hälsa, miljöinspektör	Samhällsbyggnadsförvaltningen, miljöinspektör	Miljöenheten, miljö- och hälsoskyddsinspektör	Miljöavdelningen, miljöinspektör med inriktning livsmedel

Intervjuobjekten kunde inte ge exakta svar på frågan om antalet enskilda brunnar i respektive kommun, uppskattningar baserades på antal personer som har kommunalt vatten i relation till totala antalet invånare, antalet enskilda avlopp i kommunen och

kommunens egna register över enskilda brunnar vilket är vad som visas i Tabell 18 nedan.

Tabell 18: Intervjufråga om antal brunnar som uppskattningsvis finns i de kommuner som intervjuats samt sammanfattade svar.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Hur många enskilda brunnar finns det uppskattningsvis i er kommun?</i>			
Ungefär 20 000 - 25 000 personer har enskilt vatten i kommunen, exakt antal enskilda brunnar är ej känt.	Cirka 1500 enskilda brunnar	Uppskattningsvis 4000 enskilda brunnar	Cirka 500 enskilda brunnar

I Tabell 19 nedan visas sammanfattade svar på frågan om och hur kommunerna stöttar eller hjälper de enskilda brunnsägarna samt ifall de har oberoende VA-rådgivare. Torsås, Laholm och Värnamo kommun har alla tre upphandlat avtal med labb för provtagning av vatten så att de enskilda kan ta del av lägre priser och ibland även få gratis provtagning under särskilda förutsättningar (exempelvis de som har små barn). Andra sätt som de intervjuade stöttar brunnsägare på är genom att svara på frågor, tolka analysresultat och information via hemsidor. Värnamo kommun beviljar dessutom bidrag för de som åtgärdar vissa vattenkvalitetsproblem som visat sig i provtagningsresultat (85 % av kostnaden för en åtgärd, upp till max 6000 kr för ett hushåll). Samtliga svarar att de inte har oberoende VA-rådgivare på kommunen.

Tabell 19: Intervjufråga om hur kommuner stöttar eller hjälper enskilda brunnsägare samt sammanfattade svar, samt ifall kommunen har oberoende VA-rådgivare.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Stöttar eller hjälper kommunen de enskilda brunnsägarna på något vis? Hur då?</i>			
Svarar på frågor, diskuterar analysresultat.	Upphandlat avtal med labb för provtagning, gratis för de med barn upp till två år och blivande föräldrar. Svarar på allmänna frågor. Hjälp att tolka analysresultat.	Information i tidningar och hemsidor. Upphandlat avtal med labb för provtagning, gratis för de med barn upp till 3 år	Upphandlat avtal med labb för provtagning, in och utlämning av flaskor för vattenprover, gratis mikrobiologiskt prov om vissa kriterier uppfylls. Beviljar bidrag (upp till 6000 kr för ett hushåll) om de åtgärdat vissa kvalitetsproblem. Budgeterat 200 000 kr / år i kommunen för enskilt vatten.
<i>Finns oberoende VA-rådgivare på kommunen?</i>			
Nej	Nej	Nej	Nej

I Tabell 20 visas sammanfattade svar på frågan om vad de enskilda brunnsägarna efterfrågar för typ av stöd eller hjälp från kommunen. I Skellefteå förekommer det att de enskilda vill att kommunen åker ut och tar prover på plats, vilket är något som kommunen gjorde för cirka 10 år sedan men nu mera rationaliserat bort. Generellt svarar alla att de enskilda efterfrågar rådgivning om hur de ska hantera kvalitetsproblem, vilka filter de ska välja eller vilket företag de bör vända sig till.

De som intervjuats trycker på att de inte kan ge tillräckligt specifik rådgivning som efterfrågas eftersom de är myndighetsutövande i sitt arbete och därför inte får ta ställning och ge råd som gynnar ett särskilt företag.

Tabell 20: Intervjufråga om brunnsägares efterfrågan på stöd och hjälp samt sammanfattade svar.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Efterfrågas någon särskild hjälp/stöd av enskilda brunnsägare?</i>			
Att kommunen kommer ut och tar prover, rådgivning kring kvalitetsproblem och analysvar	Lösningar på specifika problem, hjälp att tolka analysresultat (vad betyder tjänligt med anmärkning? kan man dricka vattnet ändå?).	Hjälp att tolka analysresultat	Vilket företag de ska vända sig till och vilken reningsteknik de ska välja

I Tabell 21 nedan visas sammanfattade svar på frågan om vilka åtgärder som verkar hjälpa de enskilda brunnsägarna bäst. Johanni Wellenius på Skellefteå kommun kunde inte svara på vilken av de åtgärder de gör i dagsläget som hjälper bäst men tog upp att oberoende VA-rådgivning skulle vara något som kommer till bra nytta i kommunen. Övriga svar tar upp att provtagning är det som är viktigast och att deras upphandlade avtal med labb som tillgängliggör provtagning därför kommer till bra nytta.

Tabell 21: Intervjufråga om vilka åtgärder som verkar hjälpa enskilda brunnsägare bäst samt sammanfattade svar

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Vilka av era åtgärder verkar hjälpa enskilda brunnsägare bäst?</i>			
Svårt att säga men oberoende VA-rådgivning skulle komma bra till hjälp.	Provtagning är grundläggande och det som sedan bygger vidare till andra åtgärder, ses därför som effektiv hjälp.	Gratis provtagning för de med små barn upplevs som mest effektiv - info sprids via barnavårdscentral till nyblivna föräldrar	Provtagningen, att den är billigare och tillgänglig

I Tabell 22 nedan visas sammanfattade svar på frågan om de märker någon skillnad i hur brunnsägare hanterar sitt vatten efter de tagit del av hjälp, råd eller stöttning från kommunen. Jenny Hamringe på Laholm kommun och Johanni Wellenius på Skellefteå kommun lämnade svar om att det är svårt att veta ifall deras åtgärder faktiskt gör någon skillnad eftersom det inte följs upp, men de la båda till att folk inte verkar direkt missnöjda och att de förmodligen har nytta av den hjälp de kan erbjuda. Gustaf Nilsson på Torsås kommun hävdar att flera faktiskt tar till åtgärder som sedan leder till bättre

resultat på uppföljande provtagningar. Gulvayar Shuman på Värnamo kommun menar att de som söker hjälp ofta har ett specifikt problem och då kommer dom också försöka åtgärda det.

Tabell 22: Intervjufråga som tar upp ifall någon skillnad märks i hur brunnsägare hanterar sitt vatten efter de fått hjälp eller stöd från kommunen samt sammanfattade svar.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Märker ni någon skillnad i hur brunnsägare hanterar sitt vatten efter att de fått hjälp/råd/stöttning från er?</i>			
Har ej den typen av uppföljning men folk verkar inte missnöjda med den hjälp de får	Ja, flera tar till åtgärder efter ett dåligt provsvar och tar uppföljande vattenprover som visar på goda resultat.	Vet inte, svårt att avgöra men troligtvis har folk nytta av den hjälp som erbjuds.	Oftast har dom ett specifikt problem när dom söker hjälp och då åtgärdar dom det också.

Johanni Wellenius på Skellefteå kommun menar att oberoende VA-rådgivare skulle höja servicenivån i deras kommun och att lättillgänglig provtagning också är något som kommunen kan jobba emot. Utöver det nämner Johanni att en gemensam kunskapsbank om enskilt dricksvatten vore nyttigt. Gustaf Nilsson på Torsås kommun och Gulvayar Shuman på Värnamo kommun menar båda två att de enskilda har ett stort ansvar för sitt eget vatten, att de bör ta regelbundna prover och se efter sin brunn med förebyggande åtgärder. Jenny Hamringe på Laholm kommun lyfter en aspekt om ansvar vid försäljning av fastigheter, att mäklare och de som äger en fastighet bör informera köparen om hur vattnets kvalitet och vad det innebär att ha enskilt vatten, se Tabell 23 nedan.

Tabell 23: Intervjufråga om vad de intervjuade tror behövs för att säkerställa att enskilda brunnsägare har god vattenkvalitet samt sammanfattade svar.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Vad tycker ni skulle behövas för att säkerställa att enskilda brunnsägare har god vattenkvalitet?</i>			
Lättillgänglig provtagning (upphandla avtal med labb och eventuellt ha flaskutlämning på skolor/annan kommunal verksamhet), opartisk VA-rådgivning, en gemensam kunskapsbank om enskilt dricksvatten där man kan lära sig om reningstekniker och som kommunerna kan hänvisa de enskilda till för att få professionellt stöd/hjälp.	Enskilda bör ta vattenprover och se efter sin brunn (hålla den hel och ren). Förebygga så att inte föroreningskällor förekommer i närheten av brunnen (enskilda avlopp, gödselstackar etc.). Kommunen kan förebygga genom att ha tillsyn på miljöfarlig verksamhet, jobba med grundvattenbildande åtgärder och ha prövning av enskilda avlopp.	Ansvar bör tas av de som säljer fastigheter (både fastighetsägare och mäklare) att informera köparen om vattnets kvalitet. Krav bör ställas liknande energiberäkningar men på att vattenkvaliteten är godkänd.	De enskilda bör testa sitt vatten regelbundet och se till att brunnen är tät så att inga föroreningar (fåglar, grodor och andra smådjur) hamnar i brunnen.

I Tabell 24 nedan visas svar från intervjuerna på frågan om vilka aktörer som bör ta ansvar eller agera på något särskilt vis för att enskilda brunnsägare ska ha god vattenkvalitet. Johanni Wellenius tar upp att Skellefteå kommun kan ta ett större ansvar genom att upphandla avtal med labb för provtagning. Han nämner också att kommuner kan gå ihop och dela på en VA-rådgivare för att ha ekonomisk möjlighet att ha den kompetensen tillgänglig för invånarna. Övriga svarar att enskilda brunnsägare har största ansvaret, Gustaf Nilsson på Torsås kommun lägger till att även kommunen har ett visst ansvar att arbeta förebyggande med vattenbildande åtgärder och att sanera efter miljöfarlig verksamhet så som gamla bensinstationer och liknande. Jenny Hamringe på Laholm kommun tar även upp att fastighetsägare och mäklare bör ta ansvar och informera de som köper en fastighet om vattnets kvalitet.

Tabell 24: Intervjufråga om vilka aktörer som behöver ta ansvar eller agera för att enskilda brunnsgämare ska ha god vattenkvalitet samt sammanfattade svar.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Vilka aktörer måste ta ansvar eller agera på ett särskilt sätt? (för att säkerställa att enskilda brunnsgämare har god vattenkvalitet)</i>			
Kommunen kan ta mer ansvar och upphandla avtal med labb. Kommunen kan dela på en VA-rådgivare med andra kommuner för att ha möjlighet rent ekonomiskt att hålla den kompetensen.	Enskilda brunnsgämare, kommunen.	Fastighetsägare och mäklare	Enskilda brunnsgämare

En avslutande fråga från intervjuerna tog upp om de såg något behov av certifiering eller reglering av reningsteknik, se Tabell 25 nedan. Johanni Wellenius på Skellefteå kommun och Jenny Hamringe på Laholm kommun svarar att de inte vet tillräckligt mycket för att kunna ta ställning. Gustaf Nilsson på Torsås kommun svarar att det vore bra med någon typ av ackreditering av reningsteknik, för då skulle de på kommuner som är myndighetsutövande ändå kunna ge bättre rådgivning (utan att ta ställning eller främja ett specifikt företag) till brunnsgäarna genom att rekommendera dem att välja något från en lista med ackrediterade företag. Gulvayar Shuman på Värnamo kommun menar att någon typ av certifiering eller ackreditering skulle ge seriösa aktörer ett sätt att stå ut på marknaden, vilket i förlängningen vore bra för brunnsgäarna.

Tabell 25: Intervjufråga om behov av reglering eller certifiering av reningsteknik för enskilda brunnar

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Ser du ett behov av reglering eller certifiering av reningsteknik avsett för enskilda brunnar?</i>			
Känner ej till hur det ser ut idag men upplever att många enskilda är osäkra på vad dom får för sina pengar vid investeringar i reningsteknik.	Ja, skulle medföra att kommuner kan rekommendera folk att vända sig till ackrediterade företag och ändå inte ta ställning till något särskilt företag eller teknik	Vet ej.	Ja, det vore bra så att seriösa aktörer kan häva sig fram på marknaden.

5. DISKUSSION

5.1 RENINGSTEKNIKENRAS FUNKTION - DISKUSSION AV FALLSTUDIERNAS RESULTAT

Enligt Raff & Wilken (1999) kan nanofilter förväntas ha en reduktionsgrad över 90–95 % av uran, men membranfiltren i fallstudierna presterar inte i närheten av det. Membranfiltren som använts i fallstudierna vid brunn 1 och 3 har en porstorlek på 2 µm (4evergreen u.å.), vilket ligger i spannet för vad som brukar kallas för mikrofilter (porstorlek 0,05 – 10 µm) och är tusentals gånger större än porstorleken ett nanofilter brukar ha, 0,1 – 1 nm (Teow et al. 2021). Nanofilter bör enligt Teow et al. (2021) kunna sänka hårdheten i vattnet samt avskilja tungmetaller i katjonform men i Tabell 6 syns ingen betydande förändring av kalciumhalten hos brunn 1 och 3. Bly- eller uranhalten reduceras heller inte tillräckligt för att hamna under gränsvärdena, vilket går att se i Figur 4 samt Figur 6. Porstorleken hos membranfiltren som använts i fallstudierna är alltså för stor för ändamålet att reducera bly och uran från dricksvatten. Det är anmärkningsvärt och intressant att de membranfilter som köpts in och installerats vid brunn 1 och 3 visat sig inte vara nanofilter, som man först trodde. Det förstärker resultatet från Israelsson (2021), att det är svårt att navigera på marknaden och att man som enskild brunnsägare är utsatt när man ska välja reningsteknik, vilket tyder på ett behov av opartisk rådgivning. Utöver det så visar det också att provtagning behövs även efter en reningsteknik installerats för att se att den fungerar väl i praktiken. Ytterligare så förstärks argumentet för ackreditering av reningsteknik, som kom upp i en del av intervjuerna i detta arbete så att seriösa aktörer kan stå ut på marknaden.

Provtagningarna från brunn 1 visar att membranfiltret inte fungerar tillräckligt bra för att reducera blyhalten i vattnet, se Figur 4. Reduktionsgraden som räknats ut till 63 % för provtagningen 2021-09-23 och 54 % för 2021-10-13 är inte tillräckligt höga för att sänka blyhalten under gränsvärdet (10 µg/l). För att inte överskrida gränsvärdet hade reduktionsgraden behövt vara över 90 % för dessa tillfällen. Specieringen som modellerats i Visual MINTEQ, se Tabell 7, tyder på att den största andelen av bly

förekommer i positivt laddade joner, samt en betydande andel i neutrala komplex med fulvinsyra. Filtret som är installerat vid brunn 1 har ett positivt laddat membran vilket bör möjliggöra elektrostatisk repulsion av de positivt laddade blyjonerna, partistorleken, som är 2 µm, bedöms dock vara för stor för att avskilja det bly som förekommer i vattnet (4evergreen u.å.). Resultaten från provtagningar visar med tydlighet att membranfiltret vid upprepade tillfällen inte fungerar tillräckligt bra för det avsedda ändamålet. Ett byte av filterteknik rekommenderas, antingen till riktigt nanofilter eller ett jonbytarfilter. Den reduktionsgrad av bly som behövs vid brunn 1 (över 90 %) bör gå att uppnå med ett jonbytarfilter, enligt Lalmi et al. (2018). Om jonbytarfilter väljs som reningsteknik bör filtermassan väljas med hänsyn till specieringen, så att det är en katjonbytare. Detta eftersom specieringen tyder på att det är positivt laddade joner som dominerar i vattnet vid brunn 1, se Tabell 7.

Ett liknande resonemang som ovan kan föras kring det membranfilter som installerats vid brunn 3 där uranhalterna inte reduceras nämnvärt, se Figur 6. Specieringen av uran som modellerats i Visual MINTEQ, se Tabell 11, tyder på att den drygt 70 % av UO_2^{2+} -jonen förekommer i ett neutralt laddat kalciumkomplex ($Ca_2UO_2(CO_3)_3$ (aq)). Den resterande andelen (knappt 30 %) är negativt laddade joner. Partistorleken på 2 µm bedöms vara för stor för att avskilja det uran som förekommer i vattnet (4evergreen u.å.). Ett byte av filterteknik rekommenderas även här, antingen till ett riktigt nanofilter eller till ett jonbytarfilter. Den reduktionsgrad som behövs för att inte överskrida gränsvärdet på 30 µg/l behöver vara kring 75 % enligt de provtagningar som gjorts utan filter vid brunn 3. Detta bör gå att uppnå antingen med nanofilter som enligt Raff & Wilken (1999) bör reducera uranhalter med över 90–95 % eller med jonbytarfilter som enligt Huikuri & Salonen (2000) bör ha en reduktionsgrad på över 95 % av uran.

Samtliga jonbytarfilter som undersökts i fallstudierna uppvisar reduktionsgrader vid något provtagningstillfälle som är jämförbara med de resultat som Huikuri & Salonen (2000) kommit fram till, att jonbytarfilter kan reducera uranhalten i vatten från enskilda brunnar med över 95 %. Fallstudierna stärker resultatet som Huikuri & Salonen (2000) kommit fram till, att jonbytarfilter fungerar väl vid olika typer av råvatten och är en lämplig teknik för enskild vattenförsörjning där uran utgör ett kvalitetsproblem.

Jonbytarfiltret som används vid brunn 2 fungerar väl med avseende på föroreningen uran, med en reduktionsgrad på 97 % för det senaste provtagningstillfället och låga halter av uran enligt de provtagningar som gjorts med filter (0,02 µg/l – 0,8 µg/l), se Figur 5. Den speciering som gjorts i Visual MINTEQ visar att en stor andel (nära 65%) av UO_2^{2+} -jonen förekommer i neutralt laddad form och resterande 35 % i negativt laddad form, se Tabell 9. Specieringen och provtagningsresultaten tyder på att jonbytarfiltret även kan reducera uran som förekommer i neutralt laddade molekyler. Att mängden odlingsbara mikroorganismer ökade från 20 CHU/l utan filter till 120 CHU/ml med filter, se Tabell 6, är dock något som bör ses över och eventuellt åtgärdas. En potentiell orsak till denna ökning av odlingsbara mikroorganismer kan vara om brunnen inte använts under en längre tid, så att det varit stillastående vatten i jonbytarfiltret en längre tid, vilket liknar något som skedde vid en av brunnarna som undersöktes i studien av Huikuri & Salonen (2000).

Det jonbytarfilter som sitter installerat vid brunn 4 sedan 2020-12-10 har lyckats reducera uranhalterna till nivåer under gränsvärdet på 30 µg/l vid varje provtagningstillfälle som hittills har genomförts, med reduktionsgrad på 99,99 % för 2020-12-10 och 86 % för 2022-02-16, se Figur 7. Nämnvärt är dock att vid den senaste provtagningen med filter är uranhalten klart högre än tidigare tillfällen, se Figur 7, samt att kloridhalten inte höjts efter att vattnet passerat filtret, se Tabell 6. Detta tyder på att filtermassan börjar bli utmattad och kan behöva bytas. Filtertypen som installerats vid brunn 4 backspolas inte vilket medför att filtermassan behöver bytas med kortare intervall än jonbytarfilter som backspolas dagligen. En rekommendation till de som nyttjar vattnet vid brunn 4 är att undersöka hos tillverkaren vilket intervall filtermassan bör bytas med och agera därefter. Fortsatt provtagning vore intressant för att se om halterna fortsätter öka med tiden men det viktigaste är att byta filtermassan ifall den inte längre lyckas reducera uranhalterna ned under gränsvärdet. Enligt Nordström (2019) är det viktigt att filtermassan byts i tid, annars riskerar höga koncentrationer av uran att läcka från filtret ut i dricksvattnet.

Brunn 5 har provtagningar från två unika datum där uranhalten finns med, se Figur 8. Två omgångar med prover (med och utan filter, totalt fyra vattenprov) togs samma dag och där visar båda proverna på för höga uranhalter även med filter. Det senaste provtagningstillfället visar dock god reduktionsgrad (97 %) av uran och uranhalten med filter hamnar då under gränsvärdet. Det är dock för få provtagningstillfällen för att säga om jonbytarfiltret fungerar bra eller inte. Fler provtagningar både med och utan filter rekommenderas för att slutsatser ska kunna dras.

Resultatet från specieringarna som gjorts i Visual MINTEQ stärks för brunn 2, 3, 4 och 5 av det konstaterande Norrström & Löv (2014) gjort, att neutralt laddade komplex av uran och kalcium dominerar vid pH-värden mellan 6.7 och 7.8 samt att vid pH > 7 dominerar olika varianter av Ca-UO₂-karbonat som är antingen neutralt laddade eller negativt laddade (beroende på kalciumhalten). Samtliga specieringar för uran i denna studie domineras av Ca₂UO₂(CO₃)₃ (aq) följt av CaUO₂(CO₃)₃²⁻. De pH-värden från analys av brunnarnas vatten som använts för modellering av urans speciering är dessutom i spannet 7,8–8,1. För att vidareutveckla resultatet från specieringarna i Visual MINTEQ kunde fler körningar gjorts på fler provtagningstillfällen. Då hade jämförelser av specieringar kunnat ge fler indikationer kring filtrens funktion. Detta hade dock varit lättare ifall samtliga provtagningar gjorts både med och utan filter från början.

För framtida studier vore det dessutom intressant att komplettera provtagningarna från brunnarna så att även andelen organiskt kol i vattnet undersöks, eftersom det är en av de viktigare parametrarna för att modellera föroreningarnas speciering i vatten (Norrström & Löv 2014). Den känslighetsanalys som gjorts tyder på att DOC-halten har stor påverkan på specieringen av bly under de förutsättningar som råder i brunn 1, medan specieringen av uran i övriga brunnar inte påverkades nämnvärt när endast DOC-halten varierades. För att DOC-halten skulle ha en betydande påverkan på urans speciering i brunn 2, 3, 4 och 5 behövde även pH och alkalinitet sänkas långt ifrån de värden som vattenproverna visar på.

Osäkerheten i laboratoriets analyser ligger kring 10 % vilket inte påverkar resultaten nämnvärt. De provresultat som visar halter över gränsvärdena är så långt över gränsen

att en sänkning med 10 % inte skulle göra att halten hamnar under gränsvärdet. Detsamma gäller de värden på bly- och uranhalter som ligger under gränsvärdena, en ökning med 10 % räcker inte för att halterna ska hamna över gränsvärdet. Osäkerheterna i laboratoriets analysmetoder bedöms alltså som tillräckligt låga för att inte påverka resultatet på ett betydelsefullt sätt.

Jonbytarfiltren som använts i fallstudierna fungerar generellt sett bra för att reducera uran från dricksvatten enligt den data som samlats in. Provtagningarna visar dock också att det är viktigt att filtren underhålls med jämna mellan rum för att en god funktion ska bibehållas, exempelvis verkar reningstekniken vid brunn 2 fått problem med odlingsbara mikroorganismer vid senaste provtagningen samt att filtermassan i jonbytarfiltret vid brunn 4 troligtvis behöver bytas för att fortsätta fungera bra. Regelbunden provtagning är viktigt för att ha en chans att upptäcka när underhållsarbetet behövs. Jonbytarfilters förmåga att åtgärda vattenkvalitetsproblem orsakat av bly kan ej diskuteras baserat på fallstudiernas resultat eftersom inga jonbytarfilter installerats vid någon brunn där bly utgör det huvudsakliga kvalitetsproblemet.

5.2 KOMMUNERS HANTERING AV ENSKILT DRICKSVATTEN

Enkätundersökningen visar att kommuner i Sverige hanterar enskilt dricksvatten på olika vis och att servicenivån som erbjuds sträcker sig från praktiskt taget ingenting till åtgärder i form av rabatterad provtagning, bidrag för att åtgärda kvalitetsproblem och rådgivning. Eftersom ansvaret, enligt Sveriges Geologiska Undersökning (u.å.), ligger helt på de enskilda brunnsägarna att se efter sitt vatten har inte kommunerna någon skyldighet att bistå med stöttning till de enskilda brunnsägarna. Det är troligtvis därför variationen i servicenivå är så stor. Intervjuerna bidrar till att fördjupa enkätundersökningen och lyfter fram detaljer kring åtgärder som görs och även sådant som de intervjuade anser kan bli bättre i sina respektive kommuner.

Både intervjuerna och enkätundersökningens svar indikerar att enskilda brunnsägare som har vattenkvalitetsproblem har behov av opartisk rådgivning kring deras val av reningsteknik. Detta stämmer väl överens med diskussionen av Israelsson (2021) om att enskilda brunnsägare upplever sig som utestängda från stöd från myndigheter i sina utmaningar med vattenkvalitet. Enkätundersökningen frågar inte explicit ifall kommunen har oberoende VA-rådgivning men de som intervjuats svara alla att de inte har den typen av service i dagsläget, vilket innebär att de som svarar på inkommande frågor är myndighetsutövande personer och därför inte har möjlighet ge råd om specifika reningstekniker eller företag att anlita. För att möta de enskilda brunnsägarnas behov kan fler kommuner i Sverige erbjuda oberoende VA-rådgivning, särskilt om reningsteknik. Det är såklart en kostnadsfråga ifall en kommun har råd att ha oberoende VA-rådgivare tillgängliga men något som togs upp i intervjun med Skellefteå kommun var att flera kommuner skulle kunna gå ihop och dela på en VA-rådgivare för att klara av det rent ekonomiskt.

En annan åtgärd som kommuner stöttar enskilda brunnsägare med är att upphandla avtal med ackrediterade labb och tillgängliggöra provtagning. I Figur 10 syns det att 10 av 23 svaranden har någon typ av rabatt på provtagning och av de som intervjuats har tre av fyra kommuner upphandlat avtal med labb för provtagning av vatten. Att kommuner

upphandlar avtal med labb är alltså vanligt förekommande enligt de uppgifter som kommit in via enkätundersökningen och intervjuerna men det är svårt att dra slutsatser om hur det ser ut i övriga landet. Från intervjuerna, se Tabell 21, framkommer det att provtagning anses vara grundläggande för att enskilda brunnsägare ska ha god vattenkvalitet. Det är därför en god idé att börja i den änden för en kommun som vill göra mer för sina enskilda brunnsägare: upphandla ett avtal med ett ackrediterat labb så att de enskilda brunnsägarna kan ta del av provtagning till förmånligare priser och sprid information på lämpliga ställen om eventuella rabatter (exempelvis på barnavårdscentralen om man erbjuder gratis vattenprov till de med små barn).

Något som också framkom i intervjuerna var att ackreditering av reningsteknik skulle hjälpa de som arbetar på kommunerna att ge bättre rådgivning även fast de sitter på myndighetsutövande tjänster, eftersom de i så fall kan råda folk att välja ett företag som är ackrediterat utan att ta ställning till något specifikt företag. Även enskilda brunnsägare som själva försöker fatta beslut skulle ha nytta av att det fanns ackreditering för reningsteknik eftersom de då skulle ha ett kvalitetsmått att utgå ifrån när de väljer vem de ska anlita. Ackreditering kan alltså bidra till att seriösa aktörer står ut på marknaden, vilket i förlängningen skulle gynna enskilda brunnsägare när dom försöker åtgärda kvalitetsproblem.

Ansvar ligger fortfarande på de enskilda brunnsägarna att se efter sin vattenförsörjning, men under intervjuerna togs även andra aktörer upp som kan ta mer ansvar för att enskilda ska ha bra vattenkvalitet. Jenny Hamringe på Laholm kommun föreslog att de som säljer fastigheter (både mäklare och fastighetsägare) bör ta mer ansvar och informera de som köper fastigheten om vattnets kvalitet. Det skulle exempelvis kunna innebära att ett vattenprov tas innan försäljning så att köparen får veta hur vattnets kvalitet är och kan väga in eventuell investering i reningsteknik i förhandlingen, det kan också innebära att den som säljer en fastighet åtgärdar ett problem inför försäljning och därmed kan visa att vattnet är bra och reningsanläggningen fungerar. I intervjun med Johanni Wellenius på Skellefteå kommun diskuterades det att kommunen kan ta större ansvar genom att upphandla avtal med labb för provtagning samt dela på en VA-rådgivare med närliggande kommuner vilket skulle höja servicenivån och möta brunnsägarnas behov.

En guide för enskilt dricksvatten diskuterades också i intervjun med Johanni Wellenius på Skellefteå kommun, där skulle information om reningstekniker, förebyggande åtgärder och bra exempel på arbetssätt kunna finnas tillgängligt för allmänheten att läsa. Det skulle också kunna fungera som ett stöd för de som ger rådgivning från en myndighetstjänst, så att de har något att hänvisa vidare till för mer specifik information än vad de kan bistå med.

6. SLUTSATS

Resultat från fallstudierna har visat att de membranfilter som används vid brunn 1 och 3 inte fungerat tillräckligt bra, varken för att reducera bly eller uran under gränsvärdena. Enligt teorin som presenterat i avsnitt 3.3.1 bör nanofilter fungera för de ändamål som undersökts i fallstudierna, men de membranfilter som installerats vid brunn 1 och 3 har dock för stor porstorlek och bör snarare kallas mikrofilter än nanofilter. Därför kunde

slutsatser inte dras baserat på fallstudierna om nanofilter är en lämplig reningsteknik för enskild dricksvattenförsörjning med vattenkvalitetsproblem orsakat av bly eller uran.

Jonbytarfilter bedömdes som en lämplig reningsteknik för att åtgärda kvalitetsproblem med uran i fallet enskild dricksvattenförsörjning. Studien saknar fall med brunnar där jonbytarfilter används för att hantera kvalitetsproblem med bly, därför dras ingen slutsats kring jonbytarfilters lämplighet för att reducera bly baserat på fallstudierna. Samtliga jonbytarfilter som undersökts i fallstudierna har vid något provtagningstillfälle haft en reduktionsgrad över 95 %, vilket stämmer med resultat presenterade av Huikuri & Salonen (2000). Jonbytarfiltren som installerats vid brunn 2 och 4 har reducerat uranhalterna ned under gränsvärdet (30 µg/l) vid samtliga provtagningstillfällen. Men, filtermassan kan snart behöva bytas vid brunn 4 eftersom det senaste provet med filter visat på högre uranhalter än tidigare. Dessutom visade det senaste provtagningstillfället vid brunn 2 en förhöjd halt odlingsbara mikroorganismer. Underhåll och regelbunden provtagning är alltså viktigt för att bibehålla god funktion. Brunn 5 hade för få provtagningstillfällen för att någon slutats ska kunna dras om hur väl dess jonbytarfilter fungerar, det senast genomförda provet ser dock bra ut. Enligt specieringarna som gjorts i Visual MINTEQ förekommer uran i vattnet hos brunn 2, 3, 4 och 5 främst i en stor andel kalcium-uranyl-trikarbonat, $\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ (aq), som är neutralt laddat och näst mest i negativt laddade joner. Detta tyder på att jonbytarfiltren även lyckas reducera uran som förekommer i neutrala molekyler, eftersom brunn 2, 4 och i viss mån 5 uppvisar goda resultat från provtagningarna.

Enkätundersökningen har visat att kommuner i Sverige hanterat de enskilda brunnsägarnas utmaningar med dricksvattenkvalitet på olika vis. Servicenivån som erbjuds sträckte sig från praktiskt taget ingenting till åtgärder i form av rabatterad provtagning, bidrag för att åtgärda kvalitetsproblem och rådgivning. Intervjuerna bidrog till att fördjupa enkätundersökningen och lyfte även fram förslag på förbättringar. Enkäten och intervjuerna belyser att kommuner haft svårt att möta de enskilda brunnsägarnas behov med personer på myndighetsutövande tjänster/poster, varför fler kommuner bör satsa på att erbjuda oberoende VA-rådgivning. Utöver det anses det viktigt att tillgängliggöra provtagning och att upphandla avtal med labb rekommenderas.

Ett ytterligare förslag är ackreditering av reningsteknik. Eftersom marknaden idag är oreglerad och det är svårt för den enskilde att navigera bland alternativen hade deras beslutsprocess simplificerats om en ackreditering av reningsteknik funnits, samt att kommunerna i så fall hade kunnat rekommendera brunnsägare att anlita någon som är ackrediterad när de får frågan om vilken reningsteknik de ska välja eller vilket företag de ska vända sig till. Detta blir tydligt när man tittar på brunn 1 och 3 i fallstudierna där man i denna studie först trott att man köpt och installerat nanofilter men det senare visat sig vara membranfilter med porstorlek som motsvarar mikrofilter.

7. REFERENSER

- 4evergreen (u.å.). Vattenfilter - Vi renar ditt dricksvatten med en unik teknologi till ett lågt pris. 4evergreen. <https://www.4evergreen.se/media/4evergreen-vattenfilter.pdf>
- Ahrne, G. & Svensson, P. (2011). *Handbok i kvalitativa metoder*. Författarna och Liber AB. (1:4)
- Gandhi, T.P., Sampath, P.V. & Maliyekkal, S.M. (2022). A critical review of uranium contamination in groundwater: Treatment and sludge disposal. *Science of The Total Environment*, 825, 153947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153947>
- Grenthe, I., Gaona, X., Rao, L., Plyasunov, A., Runde, W., Grambow, B., Konings, R., Smith, A., Moore, E., Ragoussi, M.-E., Martinez, J.S., Costa, D., Felmy, A. & Spahiu, K. (2020). *Second update on the chemical thermodynamics of uranium, neptunium, plutonium, americium and technetium Chemical thermodynamics volume 14*. (2074–3319). Nuclear Energy Agency of the OECD (NEA).
- Guo, H., Li, X., Yang, W., Yao, Z., Mei, Y., Peng, L.E., Yang, Z., Shao, S. & Tang, C.Y. (2021). Nanofiltration for drinking water treatment: a review. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s11705-021-2103-5>
- Gustafsson, J.P. (2013). *Visual MINTEQ – Visual MINTEQ – a free equilibrium speciation model*. *Visual MINTEQ*. <https://vminteq.lwr.kth.se/> [2022-03-24]
- Huikuri, P. & Salonen, L. (2000). Removal of Uranium from Finnish Groundwaters in Domestic Use with a Strong Base Anion Resin. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 245 (2), 385–393. <https://doi.org/10.1023/A:1006787111010>
- Israelsson, A. (2021). *The Right To Clean Water Should Surely Apply To Everyone: A qualitative study on perspectives of individual well owners and authorities in Sweden*. Uppsala Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1580927/FULLTEXT02.pdf> [2022-03-25]
- Kylén, J.-A. (2004). *Att få svar intevju enkät observation*. Stockholm.
- Lalmi, A., Bouhidel, K.-E., Sahraoui, B. & Anfif, C. el H. (2018). Removal of lead from polluted waters using ion exchange resin with Ca(NO₃)₂ for elution. *Hydrometallurgy*, 178, 287–293. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.05.009>
- Livsmedelsverket (2015). *Råd om enskild dricksvattenförsörjning*. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/livsmedel-innehall/mat-dryck/dricksvatten/egen-brunn/rad-om-egen-brunn/rad-om-enskild-dricksvattenforsorjning.pdf> [2021-10-10]
- Livsmedelsverket (2018). *Små dricksvattenanläggningar - Information om regler för dig som producerar och tillhandahåller dricksvatten i en kommersiell eller offentlig verksamhet*. Uppsala: Livsmedelsverket. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/broschyreer-foldrar/sma-dricksvattenanlaggningar.pdf> [2022-03-25]
- Livsmedelsverket (2021a). *Dricksvattenkvalitet i egen brunn*. <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/dricksvatten/egen-brunn/dricksvattenkvalitet---egen-brunn> [2022-03-14]
- Livsmedelsverket (2021b). *Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten*. (SLVFS 2001:30). <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/dricksvatten---naturl-mineralv---kallv/livsfs-2001-30-kons-2021-10.pdf> [2022-03-25]

- Löv, Å. (2012). *Modeling the aqueous chemistry of uranium – On a national level in Sweden*. (TRITA LWR Degree Project 12:32). Kungliga Tekniska Högskolan. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:580614/ATTACHMENT01.pdf> [2022-03-07]
- Nordström, A. (2019). *Dricksvatten - Vårt viktigaste livsmedel*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Norrström, A.C. & Löv, Å. (2014). Uranium theoretical speciation for drinking water from private drilled wells in Sweden – Implications for choice of removal method. *Applied Geochemistry*, 51, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.10.005>
- Pal, P., Chakraborty, S. & Linnanen, L. (2014). A nanofiltration–coagulation integrated system for separation and stabilization of arsenic from groundwater. *Science of The Total Environment*, 476–477, 601–610. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.041>
- Raff, O. & Wilken, R.-D. (1999). Removal of dissolved uranium by nanofiltration. *Desalination*, 122 (2), 147–150. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(99\)00035-1](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(99)00035-1)
- Rustum, F. (2021). *Removal of PFASs and Uranium from Drinking Water Using Sorbix™ Anion Exchange Resin : Effects of Sodium Chloride on the Removal Efficiency*. (Examensarbete). <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-85423> [2022-08-25]
- Samco Technologies (u.åa). *A Fundamental Guide to Industrial REVERSE OSMOSIS AND NANOFILTRATION MEMBRANE SYSTEMS*. Samco Technologies. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2531874/ebooks/A%20Fundamental%20Guide%20to%20Reverse%20Osmosis%20and%20Nanofiltration%20Membrane%20Systems.pdf> [2022-03-11]
- Samco Technologies (u.åb). *An Introduction to ION EXCHANGE RESINS*. Samco Technologies. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2531874/Ion%20Exchange%20Resin%20Download%20E-Book/An%20Introduction%20to%20Ion%20Exchange%20Resins.pdf>
- Schulte-Herbrüggen, H., Morey Strömberg, A. & Eriksson, V. (2021). *Utvärdering av reningsteknik för enskilda brunnar*. Rapport åt Länsstyrelsen i Stockholms län. http://www.ecoloop.se/wp-content/uploads/2021/08/Ecoloop_UCV_2021_Rapport_utvardering_reningsteknik.pdf [2021-10-07]
- Schulte-Herbrüggen, H.M.A. (2011). *Remote Community Drinking Water Supply – Mechanisms of Uranium Retention and Adsorption by Ultrafiltration, Nanofiltration and Reverse Osmosis*. The University of Edinburgh. [2022-03-15]
- Sveriges Geologiska Undersökning (2021). *Handledning vid köp av vattenreningsutrustning*. Sveriges Geologiska Undersökning. <https://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/anlaggning-av-brunn/rad-vid-kop-av-vattenreningsutrustning/> [2021-10-14]
- Sveriges Geologiska Undersökning (u.å.). *Enskild vattenförsörjning – vad innebär det?* <https://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/enskild-vattenforsorjning/> [2022-03-14]
- Teow, Y.H., Sum, J.Y., Ho, K.C. & Mohammad, A.W. (2021). 3 - Principles of nanofiltration membrane processes. I: Hilal, N., Ismail, A.F., Khayet, M., & Johnson, D. (red.) *Osmosis Engineering*. Elsevier. 53–95. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821016-1.00014-0>

World Health Organization (2019). *Drinking-water*. World Health Organization.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> [2021-10-14]

APPENDIX A. INTERVJUGUIDE

Bakgrund till projektet:

I Sverige har 1,2 miljoner människor enskild vattenförsörjning och en stor andel av dessa har problem med vattenkvalitet. Företaget Ecoloop har inlett en utvärdering av reningstekniker avsedda för enskilda brunnar (specifikt jonbytarfilter och nanofilter) med fokus på föroreningarna bly och uran och det här examensarbetet är en del av det projektet. Syftet med denna intervju är att fördjupa en enkätstudie som gjorts inom projektet som undersöker kommuners arbete relaterat till enskild dricksvattenförsörjning. Ljudet från intervjun kommer att spelas in för att i efterhand transkriberas och sammanfattas som resultat i examensarbetet och projektet.

Inledande frågor:

- Är du okej med att den här intervjun spelas in?
- Vad heter du? Går det bra att jag har med ditt namn i min rapport när jag refererar till intervjun?
- Vilken kommun jobbar du på?
- Vilken avdelning på kommunen jobbar du på och vad är din titel?

Generella frågor om enskild vattenförsörjning och den eventuella stöttning som kommunen erbjuder enskilda brunnsägare (vissa kan verka upprepande från enkäten):

- 1) Hur många enskilda brunnar finns det uppskattningsvis i er kommun?
- 2) Stöttar/hjälper kommunen de enskilda brunnsägarna på något vis? Hur då? (till exempel rådgivning kring reningsteknik, rabatter på analyser, spridning av information)
 - a. **Om ja:** Vilken avdelning på kommunen är det som erbjuder stöttning för enskilda brunnsägare?
 - b. Efterfrågas någon särskild hjälp/stöd av enskilda brunnsägare?
 - c. Är stöttningen skattefinansierad eller finansieras det på annat vis?
 - d. Finns oberoende VA-rådgivare på kommunen?
 - e. Till Värnamo: Ni beviljar bidrag för försurat vatten, eller hur? Beviljas bidrag för några andra vattenproblem? Hur togs beslutet att ge bidrag för försurat vatten? Hur finansieras bidragen (skattemedel eller andra sätt)?
 - f. Vilka av era åtgärder verkar hjälpa enskilda brunnsägare bäst?
 - g. Märker ni någon skillnad i hur brunnsägare hanterar sitt vatten efter att de fått hjälp/råd/stöttning från er?
 - h. **Om nej:** Varför inte? Efterfrågas inte stöd/rådgivning av enskilda brunnsägare? Saknas kunskap/resurser för att erbjuda stöd/rådgivning?
- 3) Vilka vattenkvalitetsproblem förekommer hos enskilda brunnar i er kommun?
 - a. Är något eller några problem vanligt förekommande? (torka, föroreningar, kvalitetsproblem?)
 - b. Är något eller några problem extra besvärliga?

- 4) Har du en uppfattning om vilka reningstekniker som är vanligt förekommande hos enskilda brunnsgämare?

Frågor specifikt om bly och uran samt jonbytarfilter och nanofilter

- 5) Om en enskild brunnsgämare vet att den har problem med bly eller uran i sitt dricksvatten och vänder sig till er för att få råd, vad säger ni?
- 6) Känner du till reningstekniker avsett för enskilda brunnar där bly och/eller uran förekommer i vattnet? Brukar ni rekommendera någon särskild teknik? Känner ni till någon leverantör med gott rykte?
- 7) Känner ni till några förutsättningar för att jonbytarfilter eller nanofilter ska fungera väl för enskild vattenförsörjning?
 - a. Vilka är dessa förutsättningar?
 - b. Finns lägen där leverantörer avböjer att installera sin reningsteknik för att det är osannolikt att den kommer fungera under givna förutsättningar?

Öppen fråga på slutet:

- 8) Vad tycker ni skulle behövas för att säkerställa att enskilda brunnsgämare har god vattenkvalitet? Vilka aktörer måste ta ansvar eller agera på ett särskilt sätt?
 - a. Ser du ett behov av reglering eller certifiering av reningsteknik avsett för enskilda brunnar?
- 9) Påverkas kommunens utveckling på något sätt av att enskilda brunnar har dålig vattenkvalitet?

APPENDIX B. INTERVJUGUIDE SOM SKICKAS TILL INTERVJUOBJEKT I FÖRVÄG

Bakgrundsinformation

I Sverige har 1,2 miljoner människor enskild vattenförsörjning och en stor andel av dessa har problem med vattenkvalitet. Företaget Ecoloop har inlett en utvärdering av reningstekniker avsedda för enskilda brunnar (specifikt jonbytarfilter och nanofilter) med fokus på föroreningarna bly och uran och det här examensarbetet är en del av det projektet.

Syftet med denna intervju är att fördjupa en enkätstudie som gjorts inom projektet som undersöker kommuners arbete relaterat till enskild dricksvattenförsörjning. Ljudet från intervjun kommer att spelas in för att i efterhand transkriberas och sammanfattas som resultat i examensarbetet och projektet.

Länk till information om projektet:

<http://www.ecoloop.se/reningsteknik-for-enskilda-brunnar/>

Intervjufrågor

- 1) Hur många enskilda brunnar finns det uppskattningsvis i er kommun?
- 2) Stöttar/hjälper kommunen de enskilda brunnsägarna på något vis?
- 3) Vilka vattenkvalitetsproblem förekommer hos enskilda brunnar i er kommun?
- 4) Har du en uppfattning om vilka reningstekniker som är vanligt förekommande hos enskilda brunnsägare?
- 5) Om en enskild brunnsägare vet att den har problem med bly eller uran i sitt dricksvatten och vänder sig till er för att få råd, vad säger ni?
- 6) Känner du till reningstekniker för enskilda brunnar där bly och/eller uran förekommer i vattnet? Brukar ni rekommendera någon särskild teknik? Känner ni till någon leverantör som har gott rykte?
- 7) Känner ni till några förutsättningar för att jonbytarfilter eller nanofilter ska fungera väl för enskild vattenförsörjning?
- 8) Vad tycker ni skulle behövas för att säkerställa att enskilda brunnsägare har god vattenkvalitet? Vilka aktörer måste ta ansvar eller agera på ett särskilt sätt?
- 9) Påverkas kommunens utveckling på något sätt av att enskilda brunnar har dålig vattenkvalitet?

APPENDIX C. SAMMANSTÄLLNING AV INTERVJUMATERIAL

I Tabell 26 nedan finns en sammanfattning av de intervjuer som genomförts. Sammanfattningen har gjorts genom att läsa transkriberingarna av intervjuerna och sedan formulera innehållet till kortfattade meningar. Om ett svar behövt kompletteras i efterhand har det gjorts via mailkontakt med personen som intervjuades.

Tabell 26: Intervjufrågor och sammanfattade svar från fyra personer som arbetar på kommuner i Sverige.

Skellefteå kommun	Torsås kommun	Laholm kommun	Värnamo kommun
<i>Vad heter du?</i>			
Johanni Wellenius	Gustaf Nilsson	Jenny Hamringe	Gulvayar Shuman
<i>Vilken avdelning på kommunen jobbar du på och vad är din titel?</i>			
Samhällsbyggnad och hälsa, miljöinspektör	Samhällsbyggnadsförvaltningen, miljöinspektör.	Miljöenheten, miljö- och hälsoskyddsinspektör	Miljöavdelningen, miljöinspektör med inriktning livsmedel
<i>Hur många enskilda brunnar finns det uppskattningsvis i er kommun?</i>			
20 000 - 25 000 personer har enskilt vatten i kommunen, exakt antal enskilda brunnar är ej känt	Cirka 1500 stycken	Uppskattningsvis 4000 stycken	Cirka 500 enskilda brunnar.
<i>Stöttar/hjälper kommunen de enskilda brunnsägarna på något vis? Hur då? (till exempel rådgivning kring reningsteknik, rabatter på analyser, spridning av information)</i>			
Svarar på frågor, diskuterar analysresultat.	Provtagning (upphandlat avtal med labb, gratis för de med barn upp till två år och blivande föräldrar). Svarar på allmänna frågor, hjälp att tolka analysresultat.	Information i tidningar och hemsidor, erbjuder gratis prov för familjer med barn under 3 år.	Provtagning via upphandlat avtal med labb. Kommunen hjälper till med in- och utlämning av flaskor. Gratis mikrobiologiskt prov om vissa kriteriet uppfylls. Beviljar bidrag till brunnsägare som

			åtgärdat ett problem (85 % av kostnaden eller max 6000 kr för ett hushåll, om två hushåll delar på en brunn kan dom få 1000 kr extra). 200 000 kr / år avsatt i kommunens budget för provtagning och bidrag.
<i>Efterfrågas någon särskild hjälp/stöd av enskilda brunnsägare?</i>			
Att kommunen kommer ut och tar prover, rådgivning kring kvalitetsproblem/analyssvar.	Lösningar på specifika problem, hjälp att tolka analysresultat (vad betyder tjänligt med anmärkning? kan man dricka vattnet ändå osv).	Hjälp att tolka analysresultat.	Vilket företag de ska vända sig till och vilken reningsteknik de ska välja.
<i>Är stöttnen skattefinansierad eller finansieras det på annat vis?</i>			
Skattefinansierad	Skattefinansierad	Skattefinansierad	Skattefinansierad
<i>Finns oberoende VA-rådgivare på kommunen?</i>			
Nej	Nej	Nej	Nej
<i>Vilka av era åtgärder verkar hjälpa enskilda brunnsägare bäst?</i>			
Svårt att säga, oberoende VA-rådgivning skulle komma bra till hjälp.	Provtagning är grundläggande och det som sedan bygger vidare till andra åtgärder, ses därför som effektiv hjälp.	Barnproverna upplevs som mest effektiv - info sprids via barnvårdscentrale n till nyblivna föräldrar.	Provtagningen, att den är billigare och tillgänglig.
<i>Märker ni någon skillnad i hur brunnsägare hanterar sitt vatten efter att de fått hjälp/råd/stöttning från er?</i>			

Har ej den typen av uppföljning men folk verkar inte missnöjda med den hjälp de får.	Ja, flera tar till åtgärder efter ett dåligt provsvar och tar uppföljande vattenprover som visar på goda resultat.	Vet inte, svårt att avgöra men troligtvis.	Oftast har dom ett specifikt problem när dom söker hjälp och då åtgärdar dom det också.
<i>Vilka vattenkvalitetsproblem förekommer hos enskilda brunnar i er kommun?</i>			
Lågt pH-värde, järn, fluorid, arsenik, mikrobiella föroreningar, radon.	Koliforma bakterier, nitratit och e-coli står för 95 % av otjänliga resultat. För tjänligt med anmärkning är det koliforma bakterier, antalet mikroorganismer, turbiditet, järn, mangan och nitrat som är vanligaste orsakerna.	Nitrit, nitrat, koliforma bakterier och fluorid.	Lågt pH, mikrobiella föroreningar, e-coli, radon.
<i>Är något eller några problem vanligt förekommande? (torka, föroreningar, kvalitetsproblem?)</i>			
Järn och mikrobiologiska föroreningar.	(se svar ovan)	Nitrat är vanligaste på grund av att husen med enskilt vatten ligger ute på landet och det är en lantbrukskommun.	lågt pH och mikrobiella föroreningar är vanligast.
<i>Är något eller några problem extra besvärliga</i>			
Arsenik och fluorid	Nitrat, bly och uran är extra besvärliga då mer komplexa filter behövs för att åtgärda problemen	Nej, allt går att åtgärda, bara en kostnadsfråga	Bakterier i vattnet, e-coli är besvärligt, särskilt om det är en grävd brunn
<i>Har du en uppfattning om vilka reningstekniker som är vanligt förekommande hos enskilda brunnsägare?</i>			

Sandfilter och pH-justering med alkalisk massa.	Filter för järn och mangan	Filter för järn och mangan	pH-justering och filter för grumlighet. Inga filter för bakterier är vanligt.
<i>Om en enskild brunnsägare vet att den har problem med bly eller uran i sitt dricksvatten och vänder sig till er för att få råd, vad säger ni?</i>			
Informerar att bly och uran är såna parametrar som bör åtgärdas om dom överskrider gränsvärden, särskilt om det avser permanenta boenden. Går ej in på specifika reningstekniker eller lösningar.	För uran så rekommenderas att filter kollas upp då föroreningen kommer från berggrunden. För bly rekommenderas att se över fastighetsinstallationen då bly ofta kommer från gamla rör. Om bly förekommer på grund av annan anledning än fastighetsinstallationen (t ex gammal bensinmack) rekommenderas filter.	Att dom får vända sig till företag som jobbar med bly- eller uranföroreningar i dricksvatten.	Brukar inte ha problem med uran, vid radon ges gratis prover och tips om att lufta vattnet. Går igenom antal bequerel osv.
<i>Känner du till reningstekniker avsett för enskilda brunnar där bly och/eller uran förekommer i vattnet?</i>			
Känner till att de har jonbyttarteknik som hanterar arsenik och uran för det kommunala vattnet	Kännedom om jonbyttarfilter	Nej, antar att det är någon typ av filter.	Nej
<i>Känner ni till någon leverantör med gott rykte?</i>			
Nej, oftast har rörfirmorna avtal med någon leverantör så då blir det den	Nej	Nej, inte någon specifik.	Värnamo rör har en person som är bra och kunnig

reningstekniken som de enskilda köper.			generellt för reningsteknik
<i>Känner ni till några förutsättningar för att jonbytarfilter eller nanofilter ska fungera väl för enskild vattenförsörjning?</i>			
Vet ej	Ja (<i>se svar nedan</i>)	Nej	Vet ej
<i>Vilka är dessa förutsättningar?</i>			
-	Regelbunden backspolning och byte av filtermassa/jonbytar massa. Bra om grundvattnet som går in är relativt rent från andra joner som annars kan konkurrera om jonreserven i jonbytarfilter	-	-
<i>Finns lägen där leverantörer avböjer att installera sin reningsteknik för att det är osannolikt att den kommer fungera under givna förutsättningar?</i>			
Ej hört om något sådant	Vet ej.	Känner ej till men tror att det finns, till exempel om brunnen är för gammal så det är bättre att borra en ny.	Vet inte.
Vad tycker ni skulle behövas för att säkerställa att enskilda brunnsägare har god vattenkvalitet?			
Lättillgänglig provtagning (upphandla avtal med labb och ev. ha flaskutlämning på skolor/annan kommunal verksamhet),	Enskilda bör provta sitt vatten och se efter sin brunn (hålla den hel och ren). Förebygga så att inte föroreningskällor förekommer i	Ansvar bör tas av de som säljer fastigheter (både fastighetsägare och mäklare) att informera köparen om vattnets kvalitet. Krav bör	De enskilda bör testa sitt vatten regelbundet och se till att brunnen är tät så att inga föroreningar (fåglar, grodor och

opartisk VA-rådgivning, en gemensam kunskapsbank om enskilt dricksvatten där man kan lära sig om reningstekniker och som kommunerna kan hänvisa de enskilda till för att få professionellt stöd/hjälp.	närheten av brunnen (enskilda avlopp, gödselstackar etc.). Kommunen kan förebygga genom att ha tillsyn på miljöfarlig verksamhet, jobba med grundvattenbildande åtgärder och ha prövning av enskilda avlopp.	ställas liknande energiberäkningar men på att vattenkvalitén är godkänd.	andra smådjur) hamnar i brunnen.
<i>Vilka aktörer måste ta ansvar eller agera på ett särskilt sätt?</i>			
Kommunen kan ta mer ansvar och upphandla avtal med labb. Kommunen kan dela på en VA-rådgivare med andra kommuner för att ha möjlighet rent ekonomiskt att hålla den kompetensen.	Enskilda brunnsägare, kommunen.	Fastighetsägare och mäklare.	Enskilda brunnsägare.
<i>Påverkas kommunens utveckling på något sätt av att enskilda brunnar har dålig vattenkvalitet?</i>			
Nej, det är snarare de enskilda avloppen som kan begränsa.	Nej, inte hittills.	Nej, finns tekniska lösningar för problemen.	Nej.
<i>Ser du ett behov av reglering eller certifiering av reningsteknik avsett för enskilda brunnar?</i>			

Känner ej till hur det ser ut idag men upplever att många enskilda är osäkra på vad dom får för sina pengar vid investeringar i reningsteknik.	Ja, skulle medföra att kommuner kan rekommendera folk att vända sig till ackrediterade företag och ändå inte ta ställning till något särskilt företag eller teknik.	Vet ej.	Ja, det vore bra så att seriösa aktörer kan häva sig fram på marknaden.
--	---	---------	---

APPENDIX D. ENKÄTUNDERSÖKNINGENS FRÅGOR

Fråga 1: Vilken roll har du som svarar inom kommunen och vilken avdelning arbetar du på?

(Öppen fråga)

Fråga 2: Hur många enskilda brunnar/enskilda dricksvattenanläggningar uppskattar ni att finns i er kommun?

Svarsalternativ:

- 0–500
- 501–1000
- 1001–5000
- 5001–10 000
- 10 000 eller fler
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 3: På vilket sätt stöttar ni enskilda brunnsägare/ägare av mindre dricksvattenanläggning? (det går att markera flera alternativ, kommentera gärna)

Svarsalternativ:

- Vi har ingen kontakt eller kunskap om enskilda brunnar
- Tillsyn på mindre anläggningar ej inkluderade i "10/50 regeln"
- VA-rådgivning
- Kampanjer (kommentera gärna innehåll)
- Rabatt på vattenprovtagning
- Flaskutlämning för vattenprov
- Flaskinlämning för vattenprov
- Information kring vattenbesparing
- Rådgivning kring reningsteknik
- Projekt
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 4: Har ni upplevt vattenbrist som berört enskilt dricksvatten i er kommun?

Svarsalternativ:

- Ja - regelbundet
- Ja - sällan
- Nej
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 5: Har ni upplevt kvalitetsproblem i enskilt dricksvatten i er kommun?

Svarsalternativ:

- Nej
- Ja (kommentera gärna)
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 6: Om ni upplevt vattenbrist/kvalitetsproblem, hur har dessa hanterats?

Svarsalternativ:

- Inte alls (brunnsägarens ansvar)
- Information och rådgivning
- Provtagningskampanjer
- Vattenkiosker
- Tappställen för att hämta dricksvatten
- Tankbilar
- Införlivande i kommunalt VA-verksamhetsområde
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 7: Vilka frågor får ni vanligen svara på gällande enskild dricksvattenförsörjning?

Svarsalternativ:

- Hjälp för att tolka analysresultat
- Hjälp med vattenbrist
- Problem med lukt, smak eller färg
- Höga metallhalter i dricksvattnet
- Radon i dricksvattnet
- Frågor om avsaltning
- Frågor om rening av dricksvattnet
- Problem med bakteriehalter/mikrobiologiska föroreningar
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 8: Vilka är vanliga frågor kring reningsteknik för dricksvatten?

(Öppen fråga)

Fråga 9: Vad skulle ni i kommunen behöva stöd med eller ha mer kunskap kring?

(Öppen fråga)

Fråga 10: Finns enskilt dricksvatten med i kommunens dokument eller arbete? Till exempel i (kommentera gärna):

Svarsalternativ:

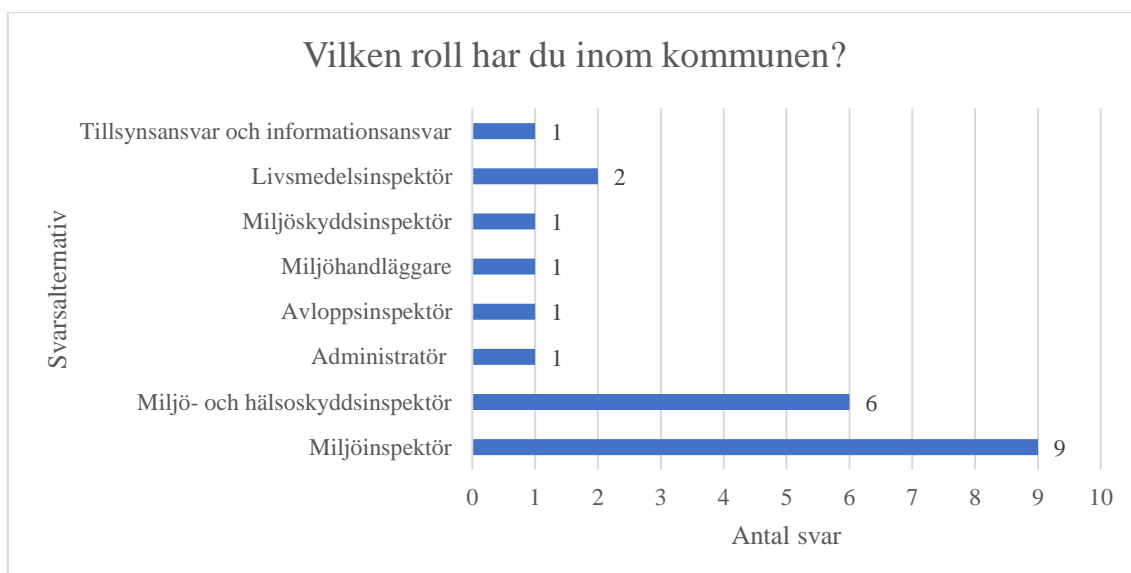
- Översiktsplan
- VA-översikt
- VA-plan
- Klimatanpassningsplan
- Hållbarhetsstrategi
- Övrigt: *(möjlighet att lämna egen kommentar)*

Fråga 11: Har ni något bra exempel kopplat till ert arbete med enskilt dricksvatten som ni vill dela med er av?

(Öppen fråga)

APPENDIX E. SAMMANSTÄLLNING AV SVAR FRÅN ENKÄTUNDERSÖKNING

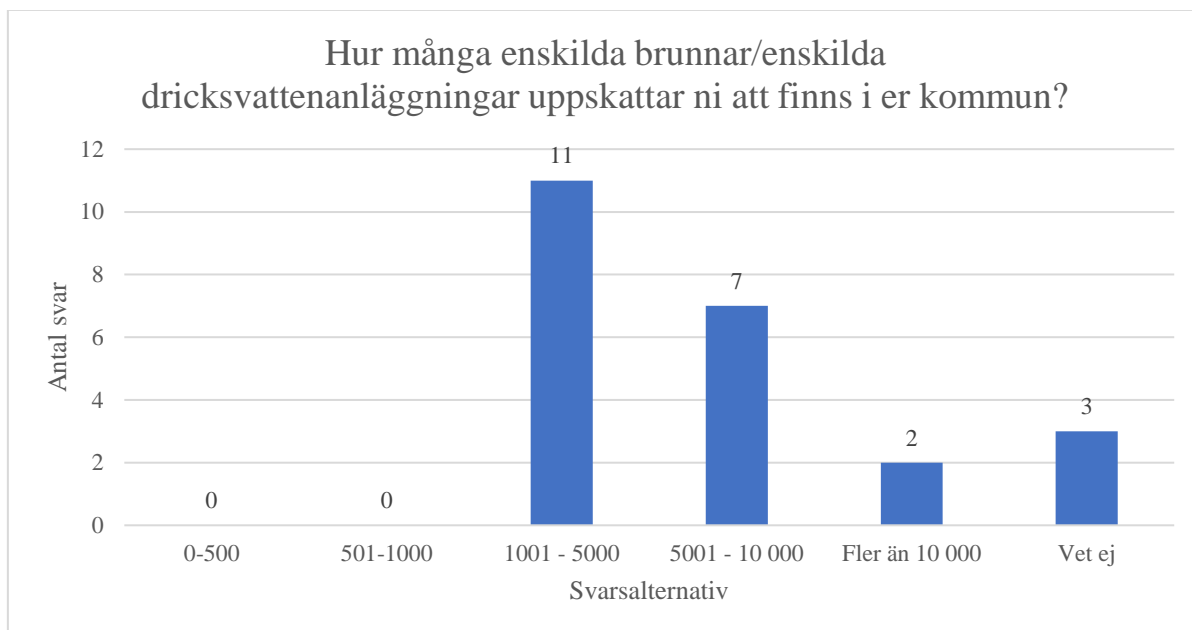
Fråga 1: Vilken roll har du som svarar inom kommunen och vilken avdelning arbetar du på? Öppen fråga där de själva skriver in sina svar. Vissa svarade endast på ena delfrågan och vissa endast på andra delfrågan. Svaren presenteras därför i två grafer där den ena visar vilken roll de har och den andra vilken avdelning de arbetar på.



Fråga 2: Hur många enskilda brunnar/enskilda dricksvattenanläggningar uppskattar ni att finns i er kommun?

Flervalsfråga med möjlighet att lägga till egna kommentarer. De tre som valde att skriva något eget svarade att de inte vet hur många brunnar som finns i kommunen. Notera att

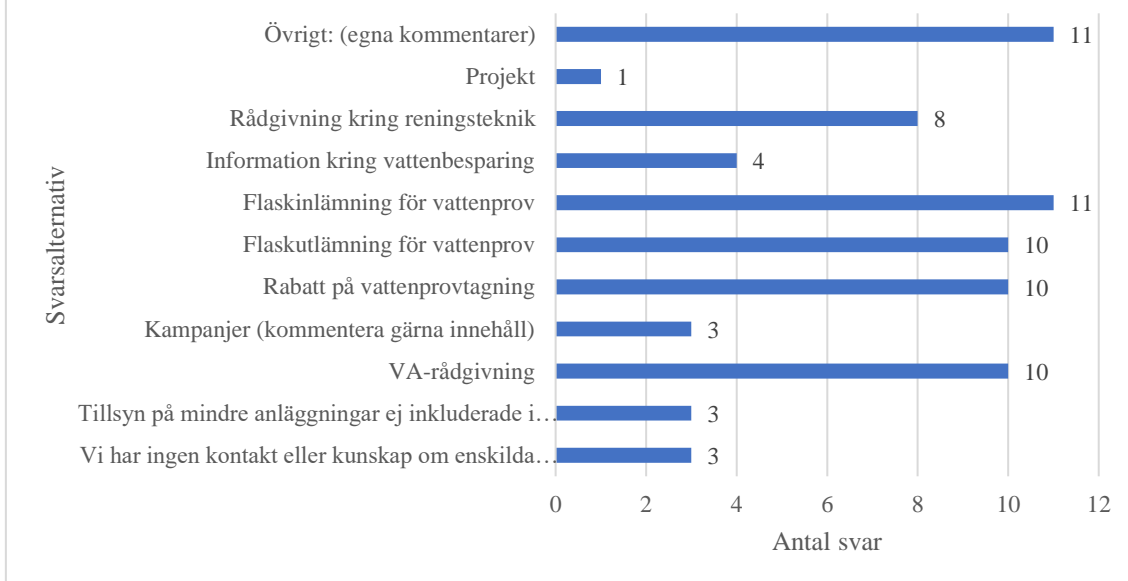
nästan hälften av svaren är i spannet 1001–5000 enskilda brunnar och nästan en tredjedel är i spannet 5001 – 10 000 enskilda brunnar.



Fråga 3: På vilket sätt stöttar ni enskilda brunnsägare/ägare av mindre dricksvattenanläggning? (det går att markera flera alternativ, kommentera gärna)

Flervalsfråga med möjlighet att lägga till egen text också. Nästan hälften (11 av 23 svar) har valt att skriva något eget. Enstaka av dessa kommentarer är i stil med ”vi har dålig koll medan de flesta beskriver någon form av åtgärd eller kampanj som dom har i sin kommun för att stötta enskilda brunnar, se punktlistan under grafen nedan för exempel på vad de skrivit.

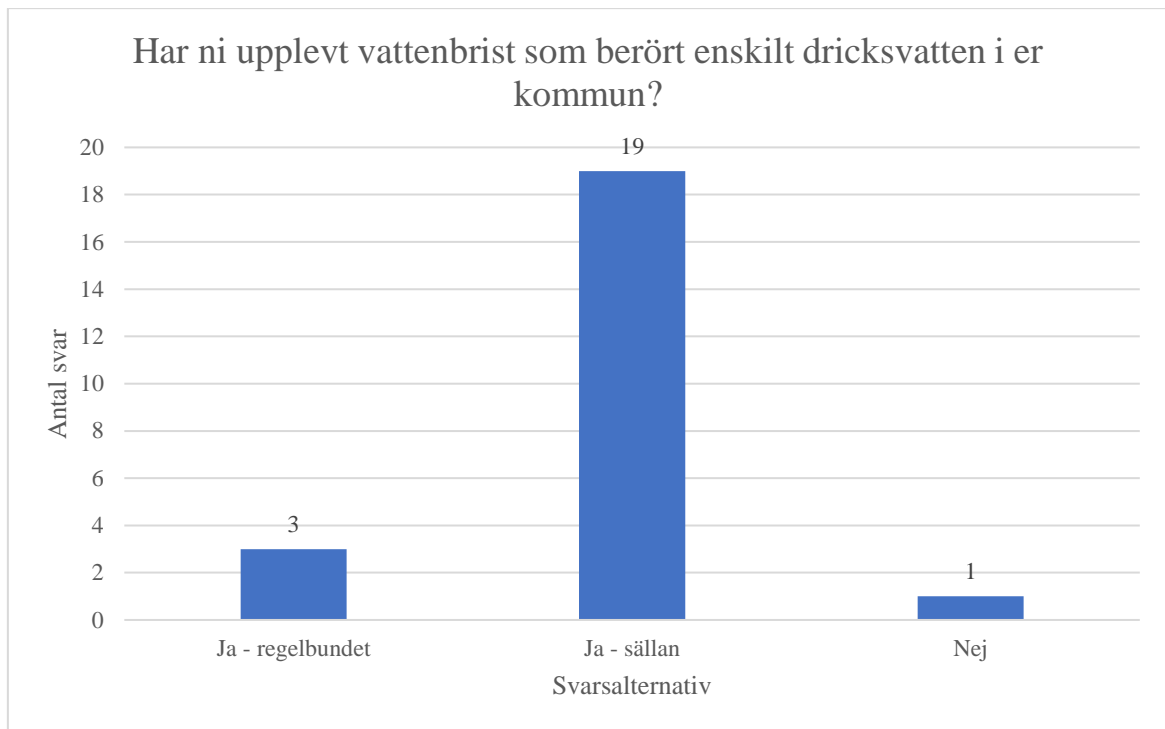
På vilket sätt stöttar ni enskilda brunnsägare/ägare av mindre dricksvattenanläggning? (det går att markera flera alternativ, kommentera gärna)



- Gratis provtagning för hushåll med barn under en viss ålder (1–3 år) eller som väntar barn
- Ringer upp de som fått provsvaret ”otjänligt”.
- Beviljar bidrag för surt vatten
- Var 5:e år undersökts 100 enskilda vattentäkter
- Vägleder enskilda brunnsägare som har frågor dricksvattenkvalitet

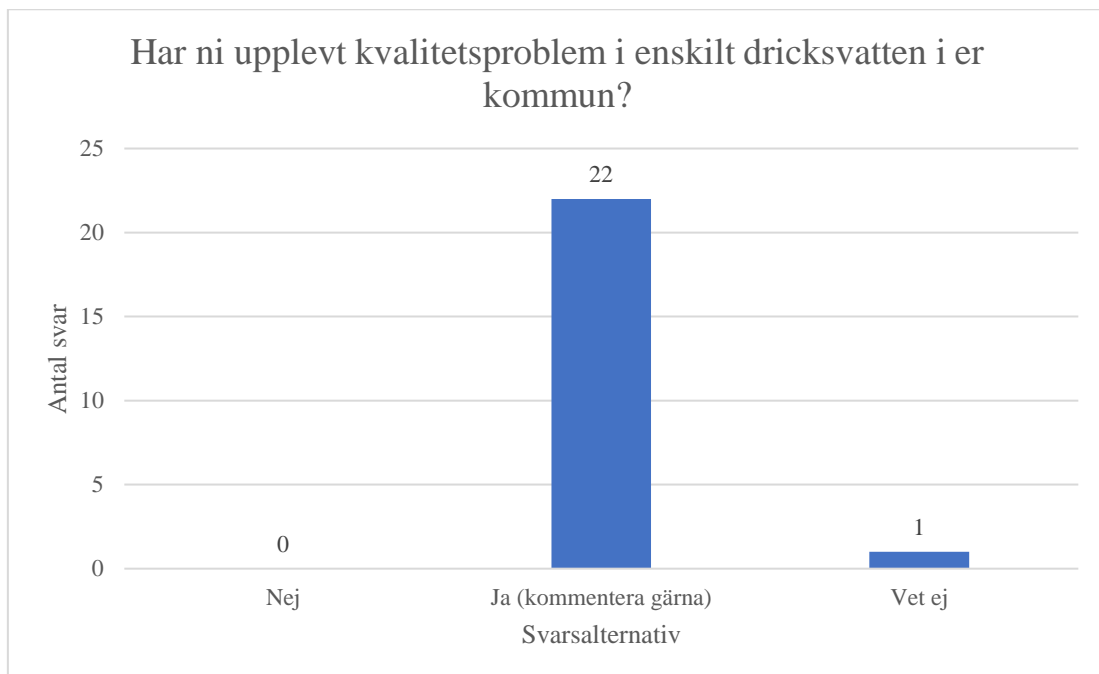
Fråga 4: Har ni upplevt vattenbrist som berört enskilt dricksvatten i er kommun?

Majoriteten har upplevt vattenbrist som berör enskilt dricksvatten, de allra flesta har valt alternativet Ja – sällan. Fyra personer valde att lämna egna kommentarer utöver deras svar ”Ja – sällan” där två av dessa poängterade att de upplevt vattenbrist under sommaren 2018 (som var en väldigt varm och torr sommar) och de andra två nyanserade sitt ikryssade ”Ja – sällan” till att betyda ”Ja - mycket/extremt sällan”.



Fråga 5: Har ni upplevt kvalitetsproblem i enskilt dricksvatten i er kommun?

Majoriteten har upplevt kvalitetsproblem, den som svarat vet ej antyder att det förmodligen förekommer men att den inte känner till hur läget är. Nedanför grafen listas kommentarer om kvalitetsproblemen.

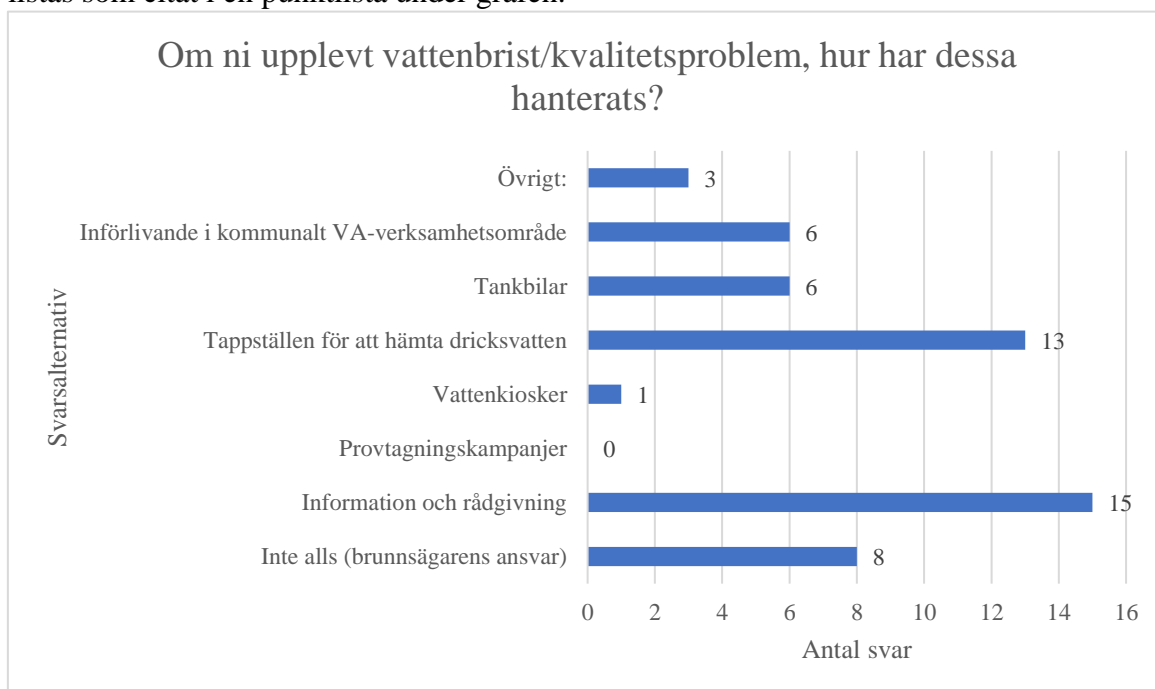


- ”Vi har blivit medvetna om område med höga As-halter. Sen finns brunnar med förhöjda radonhalter.”
- ”Vi är en ö-kommun, så ofta saltvatteninträngningar, mangan, järn men även mikrobiologiska problem”
- ”mera bakterier vid mycket regn eller torka”

- ”mkt nitrat i många enskilda brunnar och bakterier”
- ”Mikrobiologiskt, järn, mangan, flourid”
- ”Väldigt vanligt med förhöjda fluoridhalter. Enstaka fall med förhöjda blyhalter.”
- ”Det finns områden med kvalitetsproblem”
- ”Vanligast är kvalitetsproblem av mikrobiologisk karaktär och järn.”
- ”21 % har otj, 59 % har tjänl. m. anm och cirka 20 % har tjänligt dricksvatten. Parametrarna, Koliforma bakterier, E.coli och nitrat står för över 90 % av alla överskridande av otjänligt.”
- ”salt, ytvattenbakterier , till viss del e-coli, en del bor”
- ”Det är inte helt ovanligt att det är problem med bakteriehalter. Måna brunnar ligger på gårdar där det funnits många olika gödselhanteringar genom tiderna.”
- ”Bakterier, kemproblem som uran, järn etc. Äldre brunnar med dåligt skydd mot ytvatten är överrepresenterade.”
- ” Vid borrning av nya brunnar, vid grävda brunnar och efter kraftiga regn. Salt vatten och mikrobiell förorening”

Fråga 6: Om ni upplevt vattenbrist/kvalitetsproblem, hur har dessa hanterats?

Flervalsfråga med möjlighet att lägga till egna kommentarer, de egna kommentarerna listas som citat i en punktlista under grafen.

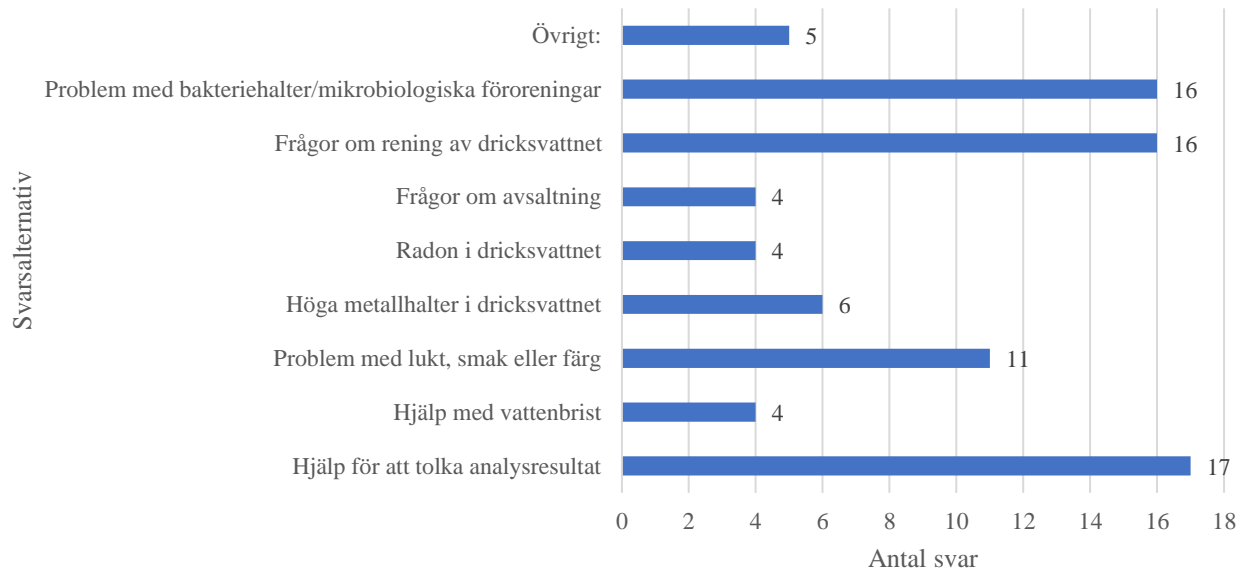


- ”Under torrsommaren 2018 fått enstaka samtal om brunnar som sinat tillfälligt”
- ”Ringer upp vid otjänligt prov. Tappställen vid vattenbrist (år 2018).”
- ”många lever med vattenbrist o flaskvatten, särskilt fritidshusägare”

Fråga 7: Vilka frågor får ni vanligen svara på gällande enskild dricksvattenförsörjning?

Flervalsfråga med möjligheten att skriva egna svar under ”Övrigt”.

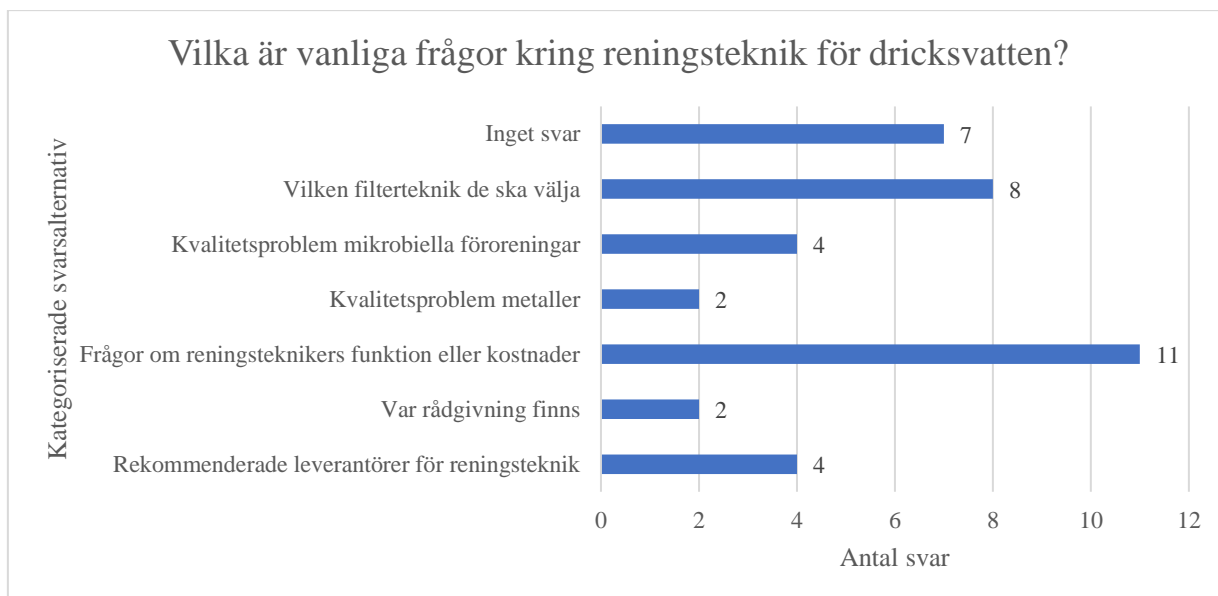
Vilka frågor får ni vanligen svara på gällande enskild dricksvattenförsörjning?



- ”Barnvattenprov och vad som ingår (och att ett större vattenprov är bra att göra)”
- ”Väldigt lite frågor”
- ”De som ringer/mejlar vill först och främst veta om vi har provflaskor de kan ”hämta”. När de har provtagit så är det sällan de ringer/mejlar oss, utan vi ringer dem vid otjänligt prov.”
- ”järn o mangan(estetiskt problem)”
- ” Uran”

Fråga 8: Vilka är vanliga frågor kring reningsteknik för dricksvatten?

Öppen fråga där svaren i efterhand har delats in i kategorier för att kunna visa vilka ämnen som de brukar få frågor på.



Fråga 9: Vad skulle ni i kommunen behöva stöd med eller ha mer kunskap kring?

Öppen fråga där svaren i efterhand kategoriserats för att kunna visas i en graf. Exempel på några enkätsvar listas som citat under grafen.



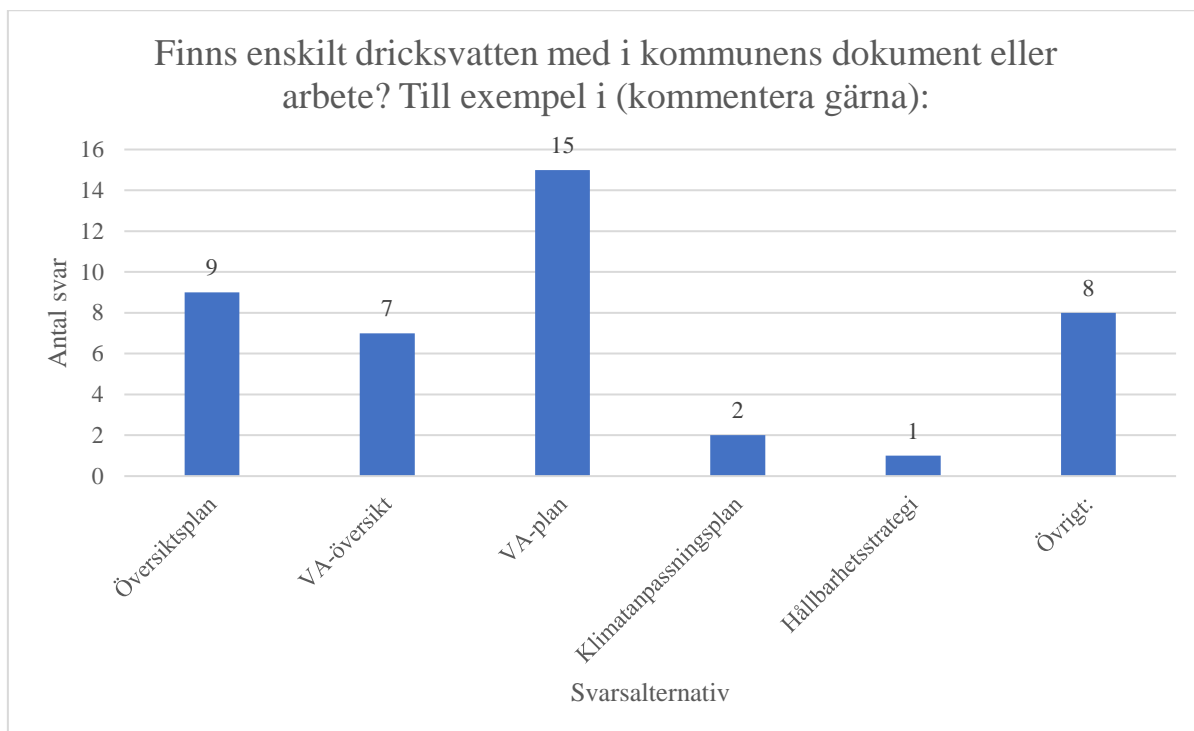
- ”Vi har ju ingen tillsyn så lite allt möjligt vore bra att få hjälp med”
- ”Vi ser enskilt vatten som den enskildes problem. Men vi är inne i diskussioner om var gränsen går utifrån 6§ LAV. Skulle den kunna bli tillämplig och när i så fall?”
- ”mer kunskap om olika reningstekniker (vilka som är meningsfulla och kostnadseffektiva) men främst vart fastighetsägaren kan vända sig för att få seriös hjälp”

- ”Det skulle vara fint med en kunskapsbank där olika reningstekniker för att hantera kvalitetsproblem beskrevs. På en enkel teknisk nivå, vilka för- och nackdelar tekniken har och ungefärlig prispbild. Skulle kunna vara ett bra stöd för tillsynsmyndigheten men även för den som vill lära sig mer om sitt vatten.”

Fråga 10: Finns enskilt dricksvatten med i kommunens dokument eller arbete?

Till exempel i (kommentera gärna):

Flervalsfråga med möjlighet att skriva egna svar. Exempel på egna svar som kommit in listas nedanför grafen.



- ”förslag finns att införa anmälningsskyldighet för nya vattentäkter (ej beslutat än), Gotland fortsätter att bygga med stor andel enskilt VA, man är inte proaktiv och löser kommunalt innan man bygger.”
- ”Mycket dåligt representerat eller inte alls i alla dessa. Handlar nästan bara om allmänt vatten och tätorter. Dåligt med det handlar mest om verksamhetsområden”

Fråga 11: Har ni något bra exempel kopplat till ert arbete med enskilt dricksvatten som ni vill dela med er av?

Öppen fråga, många lämnade blankt eller skrev att dom inte vet något bra exempel. I listan nedan citeras de svar som var utförligare:

- ”Nära samarbete med bygglovsprövningen, för att säkerställa att vattenförsörjningen verkligen utreds i samband med förhandsbesked och bygglov”

- ”Kalmarregionens vattenbesparingskampanj under 2016 "Den vattensmarta kamelen Törsten””
- ”Nej, tyvärr inget som sticker ut, en utmaning är att hitta finansiering till att jobba med dessa frågor och då blir det bara den mest basala servicen.”
- ”Vi har tagit fram broschyr(<https://www.gotland.se/94272>) som förhoppningsvis lyft frågan kring enskilt dricksvatten, 100-undersökningen (<https://www.gotland.se/100undersokningen>) har lyft problematiken och fått medial uppmärksamhet.”

Fråga 12: Har ni någon avslutande reflektion kring vattenanvändning, enskilt dricksvatten eller vattenrening som inte enkäten tog upp?

- ”Vi har dålig koll på vattentillgång- och kvalitet för enskilt dricksvatten.”
- ”Gratis vattenprover ges endast till barnfamiljer.”
- ”Det är viktigt att focus läggs på råvattenkvalitet, dvs att anlägga en brunn på rätt sätt, alltså rätt placerad och rätt anlagd. Ofta borrar de för djupt eller anläggs för nära föroreningskälla som t ex åker el avlopp. En rätt anlagd brunn minskar risk för problem och behov av rening. Det går ju också att åtgärda exempelvis en saltpåverkad brunn genom att plugga nedre delen samt höja pumpen. Eller förstås åtgärda ett dåligt avlopp.”
- ” Detta är och kommer över lång tid att vara en viktig informationsuppgift för tillsynsmyndigheten (läs miljökontoren) till enskilda brunnsägare. Viktigt också med ett samarbete mellan miljökontoren över kommungränserna.”
- ” Rådgivning vid dålig vattenkvalité. Prövning av tillstånd och vid anmälan om bergbördad dricksvattentäkt enligt Lokala hälsoskyddsföreskrifter. Var finns det rådgivning att få för handläggare? SGU svarar inte på frågor längre.”

APPENDIX F. INFORMATION OM BRUNNARNA I FALLSTUDIERN

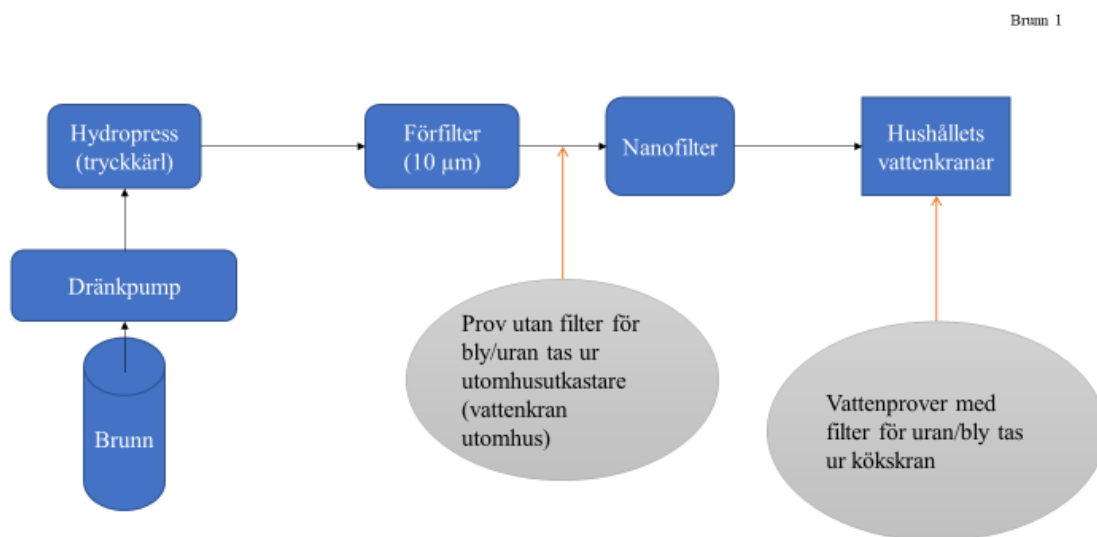
I Tabell 27 nedan finns information som beskriver dricksvattensystemen hos de fem brunnarna som är med i fallstudierna.

Tabell 27: Information om brunnarna i fallstudier, brunn 4 har två kolumner där 4a svarar för det första jonbytarfiltret som installerats och 4b för det andra jonbytarfiltret som ersatte det första.

Brunn 1	Brunn 2	Brunn 3	Brunn 4a	Brunn 4b	Brunn 5
<i>Huvudsaklig förorening och halt vid första provtagningstillfälle</i>					
Bly 157 µg/l	Uran 58,6 µg/l	Uran 110 µg/l	Uran 103 µg/l	Uran 184 µg/l	Uran 130 µg/l
<i>Installerad teknik</i>					
Membranfilter	Jonbytarfilter	Membranfilter	Jonbytarfilter	Jonbytarfilter vid kran	Jonbytarfilter
<i>Filtrets placering</i>					
Huvudbyggnad, under diskbänk	Uthus/komplementbyggnad	Jordkällare	Källare	Vid kran	Uthus/komplementbyggnad
<i>Effektiv rening m.a.p. huvudsaklig förorening?)</i>					
Nej	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja
<i>Ökad vattenförbrukning efter installation av reningsteknik?</i>					
Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
<i>Backspolande filter?</i>					
Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja
<i>Ökad kloridhalt till följd av filterinstallation?</i>					
Nej	Ja	Nej	Ja	Ja (dock inte senaste provtagningstillfället)	Nej
<i>Ökad bakteriehalt efter filterinstallation?</i>					
Nej	-	Nej	Ja	Ja, vid ett tillfälle.	Nej
<i>Borrad eller grävd brunn?</i>					
Borrad	Borrad	Borrad	Borrad	Borrad	Borrad
<i>Permanentboende?</i>					

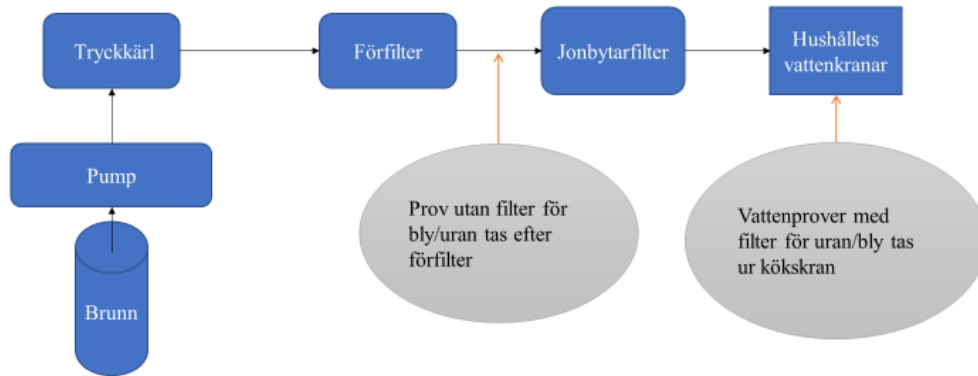
Nej	Ja	50%	Nej	Nej	Förskola
<i>Labbar som analyserat vattenprover</i>					
ALS Scandinavia AB	ALS Scandinavia AB	ALS Scandinavia AB	ALS Scandinavia AB	ALS Scandinavia AB	ALS Scandinavia AB
<i>Komponenter i anläggning för dricksvatten</i>					
Brunn, dränkpump, hydropress, förfilter 10 µm, nanofilter	Brunn, pump, tryckkärl, förfilter, uranfilter	Brunn, sugpump, hydrofor, spolbart grovfilter 100 µm, kolfilter, 5 µm, nanofilter	Brunn, pump, tryckkärl, uranfilter i källare	Brunn, pump, tryckkärl, uranfilter under diskbänk (separat kran för filtrerat)	Brunn, hydropress, uranfilter, tryckvakt, smutsfilter, magnetventil, radonfälla, tryckvakt, manometer, hydropress
<i>Övriga information:</i>					
Filtertechnik blev installerat under diskbänken i huvudbyggnaden för att säkerställa att temperaturen inte blir för hög under sommaren.	Backspolande filter vilket lett till ökad vattenförbrukning. Kemisk smak inledningsvis (första veckorna).	Filtret har inte lyckats rena uran på ett effektivt sätt enligt de första tre provtagningarna. Blyhalten hade ökat betydligt vid de två första provtagningarna efter att filtret installerats.	Ej permanentboende, missförstånd med första filtret som installerats – leverantör trodde det var permanentboende. Behövde installera ett annat filter för att slippa kemisk smak. Båda filtren uppvisade effektiv rening av uran.	Kort efter installation sjönk pH markant (8,4 till 4,4) vilket visar att det är viktigt att den här sortens filter spolas igenom noggrant efter installation innan vattnet brukas till mat och dryck.	

I Figur 14, Figur 15, Figur 16, Figur 17 och Figur 18 nedan visas konceptuella ritningar över de dricksvattensystem som de olika brunnarna har i skrivande stund. Det är även markerat var i systemen som vattenprover tagits vilket visas med pilar i orange färg.



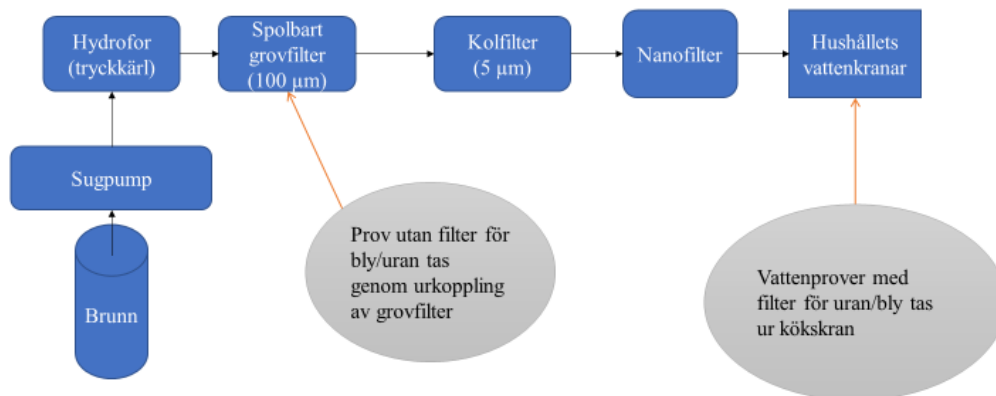
Figur 14: Konceptuell skiss över dricksvattenanläggning vid brunn 1 samt var prover tagits med och utan filter.

Brunn 2

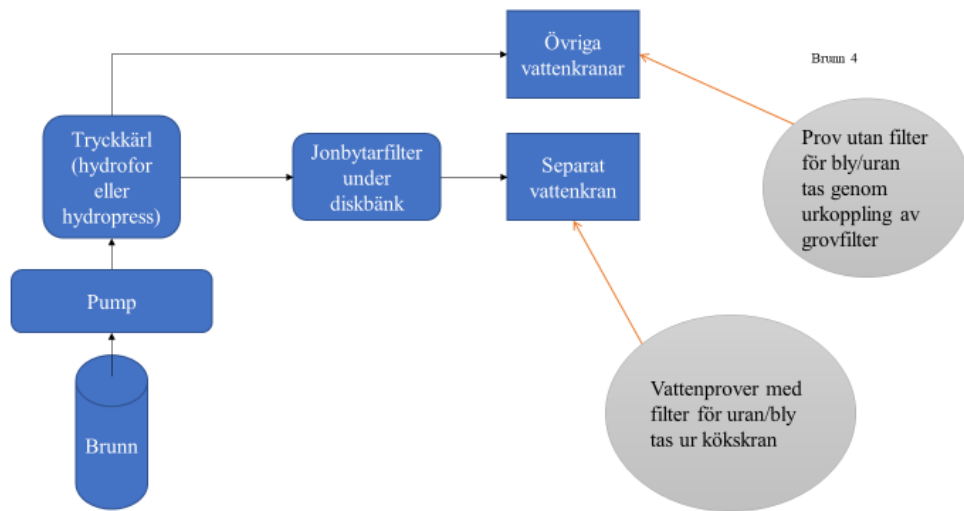


Figur 15: Konceptuell skiss över dricksvattenanläggning vid brunn 2 samt var prover tagits med och utan filter

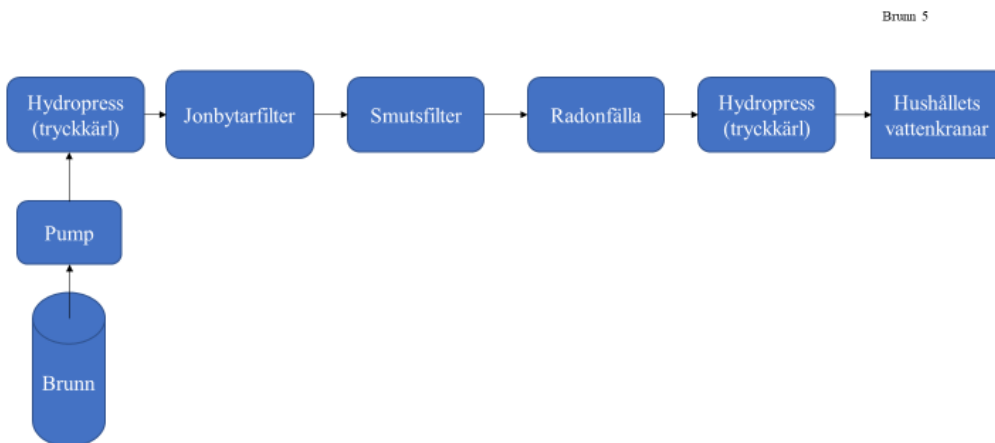
Brunn 3



Figur 16: Konceptuell skiss över dricksvattenanläggning vid brunn 3 samt var prover tagits med och utan filter



Figur 17: Konceptuell skiss över dricksvattenanläggning vid brunn 4, nuvarande filterteknik, samt var prover tagits med och utan filter.



Figur 18: Konceptuell skiss över dricksvattenanläggning vid brunn 5, information om var i systemet prover tagits innan och efter filter saknas.