Svenskt Vatten
UTVECKLING

Rapport
Nr 2023-2

Reduktion av läkemedelsrester och smittämnen i kommunala markbäddar

En fullskalestudie

Elin Ulinder
Johanna Wallström
Annika Nordin
Linda Almqvist
Malin Tuvesson
Hans Fridholm

Svenskt Vatten
UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

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

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma
BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma
TELEFON 08-506 002 00
E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten
UTVECKLING

Bibliografiska uppgifter
Nr 2023-2

RAPPORTENS TITEL	Reduktion av läkemedelsrester och smittämnen i kommunala markbäddar. En fullskalestudie
TITLE OF THE REPORT	Reduction of pharmaceutical residues and pathogens in municipal sand filters. A full-scale study
FÖRFATTARE	Elin Ulinder, RISE, Johanna Wallström, Sweco, Annika Nordin, SLU, Linda Almqvist och Malin Tuvesson, MSVA, Hans Fridholm, Sweco
RAPPORTNUMMER	2023-2
ANTAL SIDOR	97
SAMMANDRAG	Är markbäddar ett hållbart alternativ till konventionella avloppsreningsverk i landsbygdsområden med tanke på rening av läkemedelsrester och smittämnen? Den markbädd som undersöktes hade relativt hög reduktion av virus och vissa läkemedel jämfört med både ett reningsverk med en satsvis biologisk reaktor och med konventionella reningsverk.
SUMMARY	How well are pharmaceutical residues and pathogens reduced in sand filters? This project has compared against other types of WWTP. The examined sand filter had a relatively high reduction of viruses and some pharmaceuticals compared to a WWTP with SBR and a conventional WWTP.
SÖKORD	Markbädd, markbaserad, avloppsvattenrening, filtermaterial, naturgrus, bergkross, SBR, läkemedel, smittämnen, virus, hydraulisk konduktivitet
KEYWORDS	Sand filter, wastewater treatment, filter media, natural sand, crushed rock, SBR, pharmaceuticals, pathogens, virus, hydraulic conductivity
MÅLGRUPPER	VA-organisationer, kommunala miljökontor, tillverkare, länsstyrelser och myndigheter
RAPPORT	Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/
UTGIVNINGSÅR	2023
UTGIVARE	© Svenskt Vatten AB
REFERENS	Ulinder E., Wallström J., Nordin A., Almqvist L., Tuvesson M. och Fridholm H. (2022). Reduktion av läkemedelsrester och smittämnen i kommunala markbäddar. En fullskalestudie. SVU-rapport 2023-2. Stockholm, Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER	19-107
PROJEKTETS NAMN	Reduktion av läkemedelsrester och smittämnen i kommunala markbäddar – en fullskalestudie
PROJEKTETS FINANSIERING	Svenskt Vatten Utveckling, LOVA-bidrag via Länsstyrelsen Gävleborg, MittSverige Vatten & Avfall (MSVA) och Hudiksvalls kommun.

Förord

Detta projekt har jämfört reduktion av läkemedelsrester och patogener mellan Sörfjärden avloppsanläggning i Nordanstigs kommun och Skatan avloppsanläggning i Sundsvalls kommun. En jämförelse av reduktion mellan två olika bäddmaterial i Sörfjärden avloppsanläggning har också ingått. Projektet har finansierats av Svenskt Vatten Utveckling, LOVA-bidrag via Länsstyrelsen Gävleborg, MittSverige Vatten & Avfall (MSVA) och Hudiksvalls kommun.

Projektets styrgrupp har bestått av Malin Tuvesson (projektägare) och Linda Almqvist från MSVA samt Elin Ulinder (projektledare) från RISE. Referensgruppen har bestått av Johanna Wallström och Hans Fridholm från Sweco, David Eveborn från Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sven Wallman från NCC Construction Sverige AB, Magnus Döse från RISE, Erik Norin och Jessica Schröder från MSVA, Jakob Ottoson från Livsmedelsverket, Annika Nordin från Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Gudrun Magnusson från Lidköpings kommun och Stefan Blomqvist från Österlen VA.

Styrgruppen vill rikta ett stort tack till alla som bidragit till projektet! Vi vill även rikta ett extra tack till personal vid Nordanstig Vatten och Sundsvall Vatten som utfört provtagningen som ibland ägt rum på helgdagar och andra obekväma tider, till Johanna Wallström som utfört mätningen av hydraulisk konduktivitet samt till Ola Svahn vid MoLab och Annika Nordin vid SLU som utfört analyser av läkemedel respektive virus.

Malin Tuvesson, Linda Almqvist och Elin Ulinder

Innehåll

Förord 2
Sammanfattning 4
Summary 5

1 Inledning 7
1.1 Syfte och mål 8
1.2 Styrgrupp och referensgrupp 8
2 Metodbeskrivning 9
2.1 Provtagning av läkemedelsrester 9
2.2 Provtagning av patogener 11
2.3 Vattengenomsläpplighetsmätning 12
3 Litteraturstudie 16
3.1 Bakterier 16
3.2 Virus 19
3.3 Läkemedelsrester 19
3.4 Egenskaper hos filtermaterial 20
4 Anläggningarna i studien 21
4.1 Sörfjärden 21
4.2 Skatan 23
5 Resultat och diskussion 25
5.1 Vattengenomsläpplighet 25
5.2 Läkemedelsrester 28
5.3 Patogener 36
5.4 Begränsningar i jämförelsen 41
6 Slutsatser 42

Referenser 44
Bilaga A Analyserade läkemedel 47
Bilaga B Beräkning av hydraulisk konduktivitet 48
Bilaga C Mätningar hydraulisk konduktivitet 50
Bilaga D Analysresultat läkemedel Sörfjärden 55
Bilaga E Analysresultat läkemedel Skatan 80
Bilaga F Analysresultat bakterier Sörfjärden 94
Bilaga G Analysresultat bakterier Skatan 96
Bilaga H Analysresultat virus 97

Sammanfattning

Är markbäddar ett hållbart alternativ till konventionella avloppsreningsverk i landsbygdsområden med tanke på rening av läkemedelsrester och smittämnen? Den markbädd som undersöktes hade relativt hög reduktion av virus och vissa läkemedel jämfört med både ett reningsverk med en satsvis biologisk reaktor och med konventionella reningsverk.

Projektet jämförde reduktion av läkemedelsrester och smittämnen i Sörfjärdens avloppsreningsverk i Nordanstigs kommun och Skatans avloppsreningsverk i Sundsvalls kommun. I Sörfjärden finns mekanisk och kemisk rening i en reningsverksbyggnad följt av biologisk rening i två parallella öppna markbäddar. I Skatan finns en satsvis biologisk reaktor (SBR). I Sörfjärden jämfördes också två olika typer av bäddmaterial: naturgrus och bergkross. Provtagningen pågick våren 2020 till slutet av 2021. Av läkemedelssubstanser analyserades 30 stycken, inklusive hormoner och antibiotika. Provtagningen av patogener fokuserade på E. coli och intestinala enterokocker samt virus.

För många av läkemedelssubstanserna var resultatet likvärdigt för de undersökta anläggningarna och konventionella reningsverk. Som exempel kan nämnas att diklofenak, karbamazepin och metoprolol som brukar ha dålig reduktion i konventionella reningsverk även hade det i Sörfjärden och Skatan. Paracetamol brukar ha god reduktion i konventionella reningsverk (100 procent). I Skatan låg reduktionen av paracetamol nära 100 procent och i Sörfjärden på 92–99 procent. För ibuprofen var reduktionen sämre i Sörfjärden än i Skatan och konventionella reningsverk. Ämnena citalopram, sertralin, ketokonazol, furosemid, losartan och atenolol verkar ha bättre reduktion i Sörfjärden än i Skatan. Det finns inga tecken på att bergkross skulle fungera sämre än naturgrus vad gäller läkemedelsrening.

Hos inkommande vatten till både Sörfjärdens och Skatans avloppsreningsverk låg halterna av E. coli och intestinala enterokocker ofta över den övre kvantifieringsgränsen. Det är därför svårt att dra några slutsatser om reduktionen och att jämföra anläggningarna. Däremot kan reduktionen hos naturgrusbädden och bergkrossbädden jämföras, och mätdata tyder på att reduktionen ofta verkar vara högre och stabilare hos naturgrusbädden än hos bergkrossbädden.

Utgående vatten från konventionella reningsverk har ofta en halt på 10^4–10^5 cfu/100 ml av E. coli och intestinala enterokocker. Utgående värden på E. coli hos naturgrusbädden i Sörfjärden låg under 10^4 cfu/100 ml förutom i ett fall, och utgående värden på intestinala enterokocker låg under 10^4 cfu/100 ml i samtliga mätningar. Utgående vatten från bergkrossbädden låg antingen inom intervallet 10^4–10^5 cfu/100 ml eller en bra bit under för både E. coli och intestinala enterokocker. Detsamma gäller för utgående halter i Skatan. Utgående värden på virus i Sörfjärdens avloppsreningverk låg under detektionsgränsen i samtliga fall utom ett. Virusreduktionen i Sörfjärden var högre än i Skatan och i konventionella avloppsreningsverk. Vattengenomsläpplighetsmätningar kunde inte påvisa någon tydlig skillnad mellan bergkrossbädden och naturgrusbädden.

Exempel på frågor att studera vidare är hur resultatet påverkas av att inkommande avloppsvatten till reningsverken i Skatan och Sörfjärden har relativt låg andel tillskottsvatten jämfört med konventionella verk, och om bergkrossets ökade risk för skiktning kan leda till påverkan på vattengenomsläpplighet och därmed på reningsresultatet på lång sikt.

Summary

The aim of this project has been to produce a decision basis on whether soil treatment systems are a sustainable and robust alternative to conventional wastewater treatment plants (WWTPs) in rural areas, with a focus on the reduction of pharmaceutical residues and pathogens. This document is primarily aimed at municipal water and wastewater organizations, but also at municipal environmental organizations, manufacturers, county administrative boards and government agencies.

The project compared the reduction of pharmaceutical residues and pathogens at Sörfjärden WWTP and Skatan WWTP. Sörfjärden WWTP, located in Nordanstig municipality, Sweden, consists of mechanical and chemical treatment in a treatment plant building followed by biological treatment in two parallel soil beds. Skatan WWTP, located in Sundsvall municipality, Sweden, is a plant with a sequencing batch reactor. Two different types of bed material, namely natural sand and crushed rock, have also been compared at Sörfjärden WWTP. To evaluate differences in the two bed materials, field measurements of hydraulic conductivity have also been carried out.

Sampling was preformed from spring 2020 to the end of 2021. Sörfjärden WWTP has been sampled at four sampling points – at inlet, outlet from chemical treatment and outlet after the two soil beds. Skatan WWTP has been sampled at inlet and outlet. 30 pharmaceutical substances have been analyzed including hormones and antibiotics. The sampling of pathogens was focused on E. coli and intestinal enterococci and the measurement of viruses (somatic coliphages).

For many of the analyzed pharmaceutical substances, the results from the analyzed WWTPs were comparable to common numbers for conventional WWTPs. For example, diclofenac, carbamazepine and metoprolol, which usually have poor (between negative and up to 30 %) reduction in conventional WWTP, had likewise poor reduction at Sörfjärden and Skatan WWTP. The corresponding also applies to substances such as paracetamol and methotrexate, which usually have a good reduction (100 %) in conventional treatment plants. The reduction of paracetamol in Skatan WWTP was close to 100 % while the reduction in Sörfjärden ARV was 92–99 %. For methotrexate, it is difficult to assess the exact reduction since inlet concentrations were low and all outlet concentrations were not detectable. For ibuprofen, the reduction was lower in Sörfjärden WWTP (median reduction 75–80 %) than in Skatan WWTP (median reduction 100 %) and conventional WWTPs (the reduction is often 90–100 % but lower reduction may occur). Citalopram, sertraline, ketoconazole, furosemide, losartan, and atenolol seem to have a higher reduction in Sörfjärden WWTP than in Skatan WWTP. Especially, citalopram and sertraline have a high reduction in Sörfjärden WWTP but significantly lower reduction in many other treatment plants. Citalopram has a median reduction of 99–100 % at Sörfjärden WWTP and a median reduction of 10 % at Skatan WWTP. For sertraline, the corresponding figures are 95–98 % at Sörfjärden WWTP and 49 % at Skatan WWTP. There are no signs that use of crushed rock leads to a lower reduction of pharmaceuticals than natural sand.

The concentrations of E. coli and intestinal enterococci were over the upper limit of quantification in the inlet water of both Sörfjärden and Skatan WWTP. It is therefore difficult to draw any conclusions about their reduction at the two WWTP:s – and to make comparisons between them. At least, the reduction in the natural gravel bed and the crushed rock bed can be compared and measurement data indicate that the reduction often appears to be higher and more stable in the natural gravel bed than in the crushed rock bed. The reduction of E. coli in crushed rock was 95 % or higher in at least 24 out of 30 measurement occasions, while the corresponding figure for natural gravel was at least 26 out of 28 measurement occasions. For Intestinal enterococci, the reduction

in the crushed rock bed was 95 % or higher in at least 22 out of 30 measurement occasions, while the corresponding figure for the natural gravel bed was at least 24 out of 28 measurement occasions.

Effluent from conventional treatment plants often has a concentration of 4–5 $\log_{10}$ cfu/100 ml of E. coli and Intestinal enterococci. Effluent concentrations of E. coli in the natural gravel bed were below 4 $\log_{10}$ cfu/100 ml except in one case and output values of Intestinal enterococci were below 4 $\log_{10}$ cfu/100 ml in all measurements. Outgoing water from the crushed rock bed was either in the range of 4–5 $\log_{10}$ cfu/100 ml or well below for both E. coli and Intestinal enterococci. Effluent concentrations of virus in Sörfjärden WWTP were below the detection limit in all but one measurement. The virus reduction in Sörfjärden ARV (at least 1.7 $\log_{10}$ and in two cases the reduction was found to be at least 4.6 $\log_{10}$) was higher than the virus reduction in Skatan ARV (0.8–2.3 $\log_{10}$) and compared to what is common in conventional sewage treatment plants (1–2 $\log_{10}$). There was no clear difference in hydraulic conductivity between the crushed rock material and the natural sand material.

Two examples of questions to be studied further are a) how the result is affected by the fact that the influent to Skatan and Sörfjärden WWTPs has a relatively small proportion of in-leaking water compared to wastewater of conventional WWTPs, and b) whether the increased risk of layering of crushed rock can lead to long-term impact on water permeability and thus on the treatment result.

1 Inledning

I landsbygdsområden är det ofta en fördel om avloppssystemen har ett relativt litet behov av tillsyn och att driftskostnaderna är låga. Om säsongsvariationen av belastningen är stor blir det svårare att dimensionera och styra avloppssystemet så att det fungerar bra under både hög- och lågsäsong. Markbäddar och andra markbaserade system är exempel på system som har relativt god tålighet mot varierande belastning, begränsat behov av tillsyn och låga investeringskostnader (Palmér Rivera, 2006; Ridderstolpe, 2009; Palm m.fl., 2012; Jenssen m.fl., 2006). Generellt sett är markbaserade system förknippande med hög och stabil avskiljning av BOD och patogener (Norin m.fl., 2005; Ljung m.fl., 2013) medan fosforreningen är mer osäker och variabel (Eveborn m.fl., 2009; Eveborn m.fl., 2012). Ett sätt att säkra upp fosforreningen är dock att komplettera det markbaserade systemet med ytterligare fosforrening, exempelvis genom att utföra kemisk fällning i ett reningssteg före den markbaserade anläggningen.

En viktig fråga kring framtida hållbarhet för markbäddar som avloppslösning är om det finns något lämpligt alternativ till att använda naturgrus som filtermaterial. Naturgrus är en ändlig resurs med stor betydelse för vattenförsörjningen, och bevarande av naturgrusavlagringar ingår som en precisering av miljökvalitetsmålet ”Grundvatten av god kvalitet”. Markbädden i Sörfjärden, Nordanstigs kommun, har utrustats med två parallella bäddar av naturgrus respektive bergkross för att kunna jämföra reduktion av olika ämnen mellan de två materialen. En tidigare studie som jämfört de två bäddmaterialen i markbädden i Sörfjärden tyder på att det generellt inte finns några stora skillnader mellan bergkross och naturgrus vad gäller reduktion av olika ämnen, men att det finns en tendens till att reningen av patogener ibland verkar vara något sämre för bergkross än för naturgrus. Ett mål med detta projekt har därför varit att få ytterligare underlag kring smittämnesrening hos bergkross och naturgrus.

Risker med läkemedelsrester i akvatiska miljöer är ett område som har blivit alltmer uppmärksammat på den senaste tiden. Den huvudsakliga källan till läkemedel och läkemedelsrester i miljön i Sverige är utsöndring av substanser med urin och avföring (Naturvårdsverket, 2017). För många typer av läkemedel saknas idag kunskap om påverkan på den akvatiska miljön. Däremot finns det studier som tyder på att negativa effekter kan uppstå redan vid låga halter, däribland att hormoner kan ha stor negativ effekt på fortplantningen hos fisk, att diklofenak och vissa andra smärtstillande substanser kan orsaka cellförändringar i fisk och att antidepressiva medel kan leda till förändrat beteende hos fisk (Naturvårdsverket, 2017). Antibiotika i miljön riskerar att öka risken för att multiresistenta patogener utvecklas och sprids (Naturvårdsverket, 2017).

För miljökvalitetsmålet ”Giftfri miljö” ingår ett etappmål om att minimera läkemedelsrester i miljön (Kemikalieinspektionen, 2022). Inom ramen för detta görs satsningar på hur läkemedelsrester ska kunna renas från avloppsvatten på ett så effektivt sätt som möjligt. I forskningsprojektet RedMic finns indikationer på att läkemedelsreduktionen är högre i markbaserade anläggningar för enskilda avlopp än hos avloppsreningsverk och enskilda avloppslösningar med biologisk rening (Gros m.fl., 2017). Skillnaderna i resultat i RedMic-projektet var dock inte statistiskt signifikanta. Med bakgrund av dessa resultat ansågs det vara relevant att utvärdera hur läkemedelsreduktionen fungerar i en kommunal markbädd jämfört med ett konventionellt avloppsreningsverk.

Ytterligare ett mål med detta projekt var därmed att jämföra reduktion av läkemedel och patogener i en kommunal markbädd i Sörfjärden, Nordanstigs kommun med läkemedelsreduktion i ett reningsverk med satsvis biologisk rening i Skatan, Sundsvalls kommun. De två orterna har båda stor säsongsvariation på belastningen med belastningstoppar under sommaren. Markbädden i Sörfjärden består av mekanisk och kemisk rening i en reningsverksbyggnad följt av en kompletterande biologisk rening i parallella

markbäddar. Den kemiska reningen i reningsverksbyggnaden står för huvuddelen av fosforreduktionen, vilket tar bort den osäkerhet med fosforrening som annars är förknippad med markbaserade system.

1.1 Syfte och mål

Projektets syfte har varit att få ett bättre underlag för att bedöma om markbäddar är ett hållbart och robust alternativ till konventionella avloppsreningsverk i landsbygdsområden, med avseende på miljö- och hälsoskydd med fokus på rening av läkemedel och patogener.

Projektets mål var att:

1. Via mätningar i fullskala utvärdera reduktion av läkemedel och patogener i en kommunal markbädd jämfört med ett avloppsreningsverk med satsvis biologisk rening.
2. Via mätningar i fullskala utvärdera skillnad i rening av läkemedel och patogener hos bergkross jämfört med naturgrus i en kommunal markbädd.
3. Via mätningar i fullskala bedöma eventuella förändringar över tid i vattengenomsläpplighet hos bergkross jämfört med naturgrus i en kommunal markbädd.
4. Via litteraturstudie sammanställa kunskap om hur rening av läkemedel och patogener påverkas av valet av avloppslösning (markbädd/konventionellt avloppsreningsverk) och säsongvariationer av belastningen.
5. Dra generella slutsatser kring markbäddens styrkor och svagheter som kommunal avloppslösning i landsbygdsområden med avseende på rening av läkemedel, patogener, organiskt material, kväve och fosfor.

1.2 Styrgrupp och referensgrupp

Projektets styrgrupp har bestått av Malin Tuvesson (projektägare) och Linda Almqvist från MittSverige Vatten och Avfall (MSVA) samt Elin Ulinder (projektledare) från RISE. I referensgruppen ingick Johanna Wallström och Hans Fridholm från Sweco, David Eveborn från Sveriges Geologiska Undersökning, Sven Wallman från NCC Construction Sverige AB, Magnus Döse från RISE, Erik Norin och Jessica Schröder från MSVA, Jakob Ottoson från Livsmedelsverket, Annika Nordin från Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Gudrun Magnusson från Lidköpings kommun och Stefan Blomqvist från Österlen VA.

2 Metodbeskrivning

Projektet genomfördes från juni 2019 till oktober 2022 genom provtagning och analys av läkemedelsrester och patogener, vattengenomsläpplighetsmätning och en litteraturstudie där lämpliga studier söktes via Google och via tips från projektgruppen. Rapporten från ett tidigare projekt i Sörfjärden har också använts som underlag till litteraturstudien.

2.1 Provtagning av läkemedelsrester

Ett mål vid provtagningen av läkemedel var att analysera så många ämnen som möjligt från tre läkemedelslistor bestående av:

1. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling 2019:25 om särskilt förorenande ämnen (4 läkemedel)
2. Läkemedelsverkets rekommendation för analys av substanser (22 läkemedel)
3. Naturvårdsverkets rekommendation för analys i samband med införande av avancerad rening på ARV (28 läkemedel).

Det laboratorium som kunde analysera flest av dessa ämnen var Miljöanalytiskt MoLab som därför valdes som laboratorium. I bilaga A finns en lista över vilka ämnen som kunde analyseras ur de tre läkemedelslistorna. Samtliga 38 organiska mikroföroreningar som analyserades under studien listas i tabell 2.1 nedan.

Tabell 2.1
Lista över de 38 organiska miljöförstörande substanser som ingick studien.

Ämne	Ämnestyp	Beskrivning
Atenolol	Läkemedel	Betablockerare
Citalopram	Läkemedel	Antidepressiv, SSRI
Diklofenak	Läkemedel	Antiinflammatorisk
Flukonazol	Läkemedel	Svampdödande
Furosemid	Läkemedel	Vätskedrivande
Hydroklortiazid	Läkemedel	Vätskedrivande
Ibuprofen	Läkemedel	Antiinflammatorisk
Irbesartan	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Karbamazepin	Läkemedel	Antiepileptiskt
Ketokonazol	Läkemedel	Svampdödande
Losartan	Läkemedel	Blodtrycksmedicin
Metoprolol	Läkemedel	Betablockerare
Metotrexat	Läkemedel	Cytostatika
Naproxen	Läkemedel	Antiinflammatorisk
Oxazepam	Läkemedel	Lugnande
Paracetamol	Läkemedel	Smärtstillande och febernedsättande
Propranolol	Läkemedel	Betablockerare
Sertralin	Läkemedel	Antidepressiv, SSRI
Tramadol	Läkemedel	Smärtstillande
Venlafaxin	Läkemedel	Antidepressiv, SNRI
Zolpidem	Läkemedel	Sömnmedel
Estradiol/17-beta-östradiol	Hormon	

Ämne	Ämnestyp	Beskrivning
Estron	Hormon	
Etinylestradiol/17-alfaetinylöstradiol	Hormon	
Azitromycin	Antibiotika	
Ciprofloxacin	Antibiotika	
Erytromycin	Antibiotika	
Klaritromycin	Antibiotika	
Sulfametoxazol	Antibiotika	
Trimetoprim	Antibiotika	
Acetamiprid	Andra organiska mikroföroreningar	Insekticid
Bensotriazol	Andra organiska mikroföroreningar	Korrosionshämmande
Bisfenol A	Andra organiska mikroföroreningar	Industrikemikalie
Imidakloprid	Andra organiska mikroföroreningar	Insekticid
PFOA	Andra organiska mikroföroreningar	PFAS
PFOS	Andra organiska mikroföroreningar	PFAS
Tiakloprid	Andra organiska mikroföroreningar	Insekticid
Tiametoxam	Andra organiska mikroföroreningar	Insekticid

Provtagningsplanen för Sörfjärden och Skatan ARV har baserats på 16 provtagningstillfällen per reningsverk som fördelats enligt tabell 2.2. Avsikten med provtagningsplanen var att genomföra tätare provtagning under sommaren, då Sörfjärdens och Skatans ARV mottar en högre belastning på grund av många säsongsboende. Ett prov per månad planerades därför under perioderna maj–september 2020 och 2021. Ett extra prov under midsommar planerades också båda åren. Förutom detta planerades två provtagningar under påsken 2021 som skulle representera provtagning under kallare klimat men med relativt hög belastning samt två provtagningar i december 2020 respektive februari 2021 som skulle representera provtagning under kallare klimat med låg belastning.

Tre provtagningstillfällen föll bort vid Sörfjärden ARV: september 2020, december 2020 och augusti 2021. I september 2021 kunde inte naturgrusbädden provtas. Ett extraprov togs i oktober 2021. Vid Skatan följdes provtagningsplanen som planerat bortsett från ett provtagningstillfälle som föll bort i juli 2021. Dessutom togs två extra prov i oktober 2020 och oktober 2021.

Tagna prov har frysts ner och skickats i två omgångar till Molab. Den första omgången skickades in under hösten 2020 och den andra efter att provtagningen avslutats hösten 2021.

Tabell 2.2
Planerat antal provtagningstillfällen av läkemedelsrester och utfall hos Sörfjärden och Skatan ARV.

Period	Planerat antal prov	Utfall antal prov Sörfjärden ARV	Utfall antal prov Skatan ARV
Maj–september 2020	6	5	6
Oktober 2020	0	0	1
December 2020	1	0	1
Februari 2021	1	1	1
Påsk 2021	2	2	2
Maj-september 2021	6	Bergkrossbädden: 5 Naturgrusbädden: 4	5
Oktober 2021	0	1	1

2.2 Provtagning av patogener

Projektet har använt sig av Escherichia coli och Intestinala enterokocker som indikatorer för sjukdomsalstrande bakterier. Under projektets gång tillkom också analyser av virus.

I Sörfjärden togs ett prov per månad under perioden maj 2020–december 2021, se tabell 2.3. Dessutom utfördes två provtagningskampanjer under midsommar 2020 och 2021. Provtagningskampanjerna under midsommar gjordes med anledning av att tillfälliga belastningstoppar kan förekomma då. Ett provtagningstillfälle föll bort i november 2020. Vid ett provtagningstillfälle 2 juli 2020 saknas prov på inkommande och vid två tillfällen, 22 september 2020 och 13 oktober 2021, saknas prov från naturgrusbädden.

Tabell 2.3
Planerad provtagning av E. coli och Intestinala enterokocker och utfall för Sörfjärden ARV.

Period	Planerat antal prov Sörfjärden ARV	Utfall antal prov Sörfjärden ARV
Maj 2020	1	1
Juni 2020	1	0
Provtagningskampanj 17 juni–9 juli 2020	7	7 (inkommande saknas 2 juli)
Juli 2020–juni 2021	12	Bergkrossbädden: 10 Naturgrusbädden: 9
Provtagningskampanj 23 juni–15 juli 2021	7	7
Juli-december 2021	6	Bergkrossbädden: 6 Naturgrusbädden: 5

I Skatan togs ett prov i månaden under perioden maj–december 2020 och ett prov varannan månad under perioden januari–december 2021 (februari, april, o.s.v.), se tabell 2.4. Ett provtagningstillfälle föll bort i november 2020. Två extra provtagningstillfällen tillkom varav ett i juni 2020 och ett i september 2021.

Tabell 2.4
Planerad provtagning av E. coli och Intestinala enterokocker och utfall för Skatan ARV.

Period	Planerat antal prov Skatan ARV	Utfall antal prov Skatan ARV
Maj–december 2020	8	8
Januari–december 2021	6	7

Prov för analys av E. coli och Intestinala enterokocker har kylts ner för att därefter skickas direkt till SGS Analytics Sweden som har utfört analyserna (SGS= Société Générale de Surveillance).

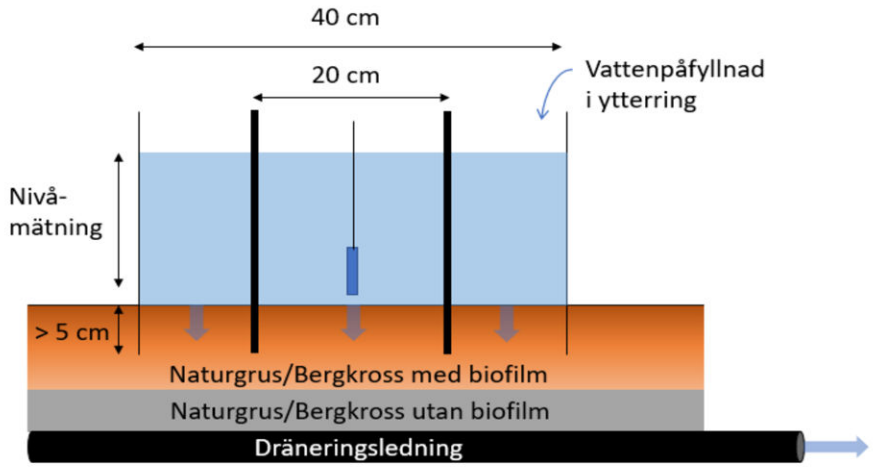
För att bedöma risk för virusförekomst togs prov för analys av somatiska kolifager med *E. coli* ATCC13706 som bakteriell värdstam och bakteriofag ΦX174 som positiv kontroll. Proverna späddes 0–1 000 gånger för att få analyserbara resultat. Prov av somatiska kolifager togs vid tio tillfällen i Sörfjärden och fem tillfällen i Skatan under perioden juni–oktober 2021. Proverna frystes och skickades därefter i en omgång till Sveriges Lantbruksuniversitet där de analyserades. Ett antal prov för faganalys från Sörfjärden hade påverkats, vilket redovisas i tabell 2.5.

Datum	Inkommande	Utgående kemverk	Markbädd 1	Markbädd 2
2021-06-28				
2021-07-01				
2021-07-05	skadat prov		skadat prov	skadat prov
2021-07-08	skadat prov	skadat prov	skadat prov	
2021-07-12			skadat prov	
2021-07-15	skadat prov			skadat prov
2021-07-27		skadat prov	skadat prov	
2021-08-10				skadat prov
2021-09-22				skadat prov
2021-10-13				

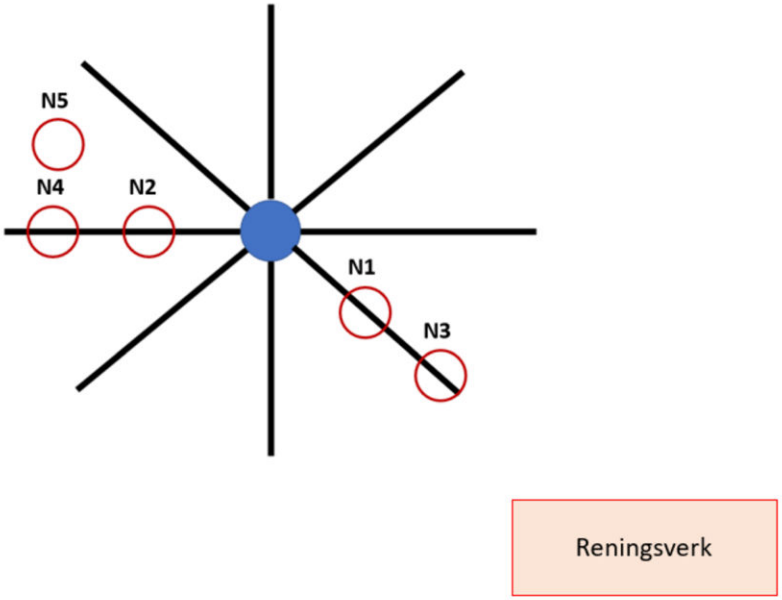
Tabell 2.5
Provernas status vid analystillfället. ”Skadat prov” innebär här att provrörets kork hade lossnat från röret.

2.3 Vattengenomsläpplighetsmätning

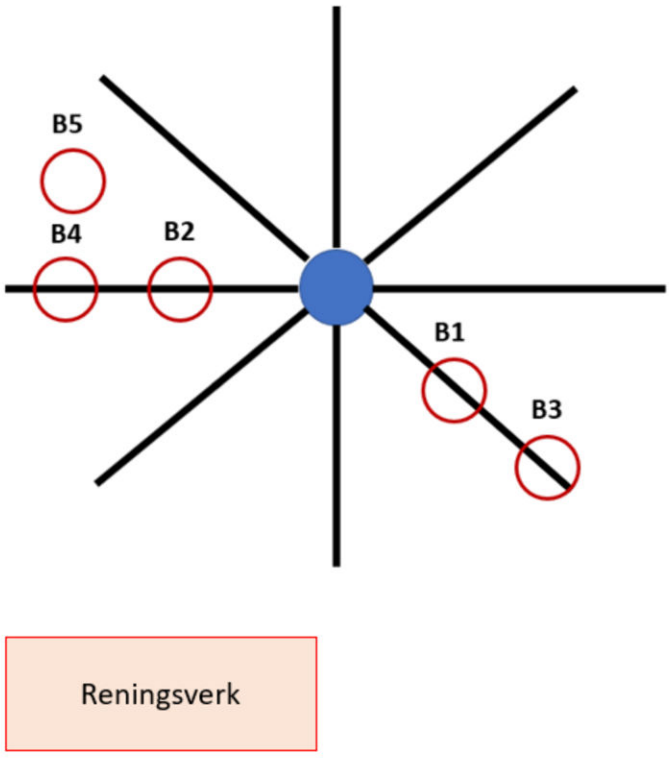
Infiltrationsförsök utfördes med hjälp av en dubbelringsinfiltrometer. Försöket utformades utifrån SS-EN ISO 22282-5:2012. Mätutrustningen bestod av två ringar och en registrerande nivågivare. Den inre ringen hade en diameter på 0,20 m och den yttre hade en diameter på 0,40 m. Vattennivån i den inre ringen mättes med en nivågivare med en noggrannhet motsvarande 1 cm. Vid varje försök installerades ringarna minst 5 cm ner i filterbädden. Försöksuppställningen illustreras i figur 2.1. Mätpunkternas placering illustreras i figur 2.2 och figur 2.3 och bilder från fältförsöken visas i figur 2.4 och 2.5. Tidpunkt för respektive mättillfälle visas i tabell 2.6. I tabell 2.6 redovisas även tidpunkter för tidigare utförda infiltrationsmätningar.



Figur 2.1
Illustration av försöksuppställning.



Figur 2.2
Mätpunkter på markbädden med naturgrus, tagna 4 respektive 7 meter från fördelningsbrunnen.



Figur 2.3
Mätpunkter på markbädden med bergkross, tagna 4 respektive 7 meter från fördelningsbrunnen.

	2017 november	2018 maj-juni	2018 november	2019 maj-juni	2021 oktober
N1	x	x	x	x	x
B1	x	x	x	x	x
N2		x		x	x
B2		x	x	x	x
N3		x	x	x	x
B3		x	x	x	x
N4			x	x	x
B4			x	x	x
N5		x		x	x
B5		x		x	x

Tabell 2.6
Försökstillfällen för respektive punkt.

Figur 2.4
Bild på markbädden med naturgrus tagen i oktober 2021. Foto: Johanna Wahlström, Sweco.

Figur 2.5
Bild på markbädden med bergkross tagen i oktober 2021. Foto: Johanna Wahlström, Sweco.

Ett antal infiltrationsförsök genomfördes vid varje mätpunkt vid respektive försökstillfälle. Alla försöken genomfördes enligt följande sekvens:

- Infiltrationsringar och nivågivare installerades
- Inner- och ytterringarna fylldes med vatten
- Ytterringen fylldes på med vatten efterhand så att nivån motsvarade nivån i innerringen
- När vattnet i innerringen hade infiltrerat helt i filterbädden var försöket klart.

Vid de mätningar som genomfördes under åren 2017 till 2019 togs prover mellan fyra och nio upprepningar i respektive mätpunkt. Vid dessa mätningar visade sig infiltrationshastigheten ha stabiliserat sig relativt väl efter fyra till fem upprepningar, vilket då indikerade att mättade förhållanden hade uppnåtts. Mot denna bakgrund utfördes mätningarna i oktober 2021 med fyra till fem upprepningar i de flesta mätpunkterna. Endast ett försök utfördes i de mätpunkter som hade väldigt låg hydraulisk konduktivitet (Tabell 5.1). I bilaga B beskrivs hur den hydrauliska konduktiviteten har beräknats.

3 Litteraturstudie

Under detta stycke återges resultat från litteraturstudien om reduktion av bakterier, virus och läkemedelsrester i markbaserade avloppsanläggningar. Det finns även ett kort stycke om vilka egenskaper hos filtermaterial som kan påverka reduktionen i markbaserade anläggningar.

3.1 Bakterier

Reduktion av patogener i markbaserade anläggningar sker främst genom adsorption och fysikalisk fastläggning (Siegrist m.fl., 2000). Reduktionen anses vara som mest effektiv i översta lagren av filtermaterialet (Nilsson, 1990). Hela bäddmaterialet har dock betydelse för att reducera patogener. Enligt Naturvårdsverket (1991) ligger reduktionen av mikroorganismer på 95–99 % (1,3 log reduktion–2 log reduktion) för täckta markbäddar. Enligt Norin m.fl. (2005) uppnåddes normalt en reduktion på 99 % (2 log reduktion) av patogener i fem öppna filterbäddar.

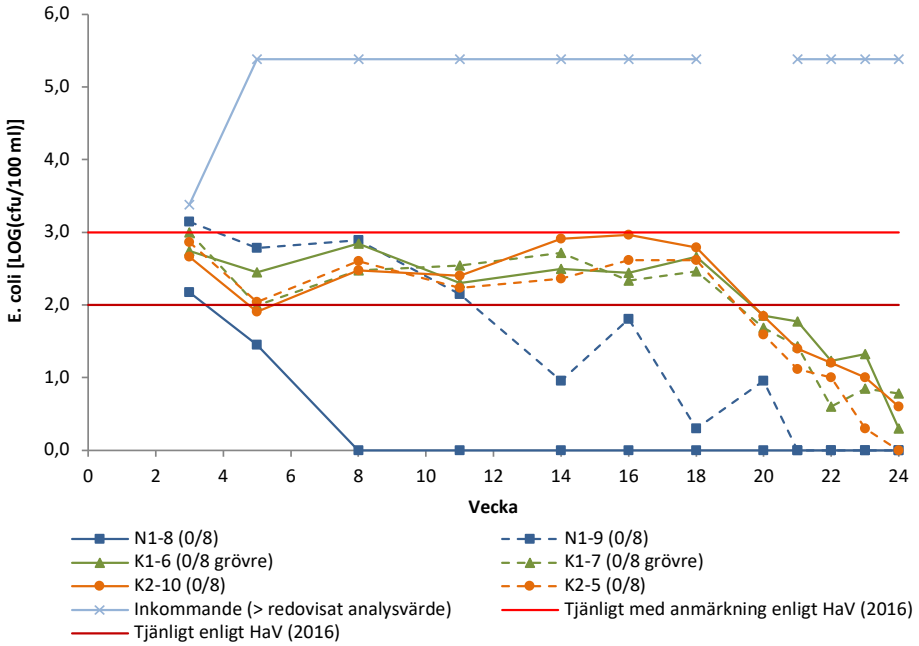
E. coli är en vanlig indikatororganism för fekal förorening i form av bakterier. För att få en bättre helhetsbild av bakteriereduktionen kan det dock också vara bra att komplettera med andra indikatororganismer som bättre representerar reduktionen av mer tåliga bakterier (Ottoson, 2013). Ett exempel på sådana organismer är Intestinala enterokocker. I en studie av fyra reningsverk fann Ottoson m.fl. (2006) att medelreduktionen av E. coli låg på en log-reduktion på 2,25–2,84 medan medelreduktionen för Intestinala enterokocker låg på en log-reduktion på 1,78–2,43.

Idag finns inga krav på reduktion av patogener för avloppsanläggningar. För att kunna sätta mätvärden i relation till något kan gränsvärden för nulägesbedömning av EU-bad enligt Havs- och vattenmyndigheten (2021) användas, se tabell 3.1. Att jämföra mot gränsvärden för badvatten kan dock bli missvisande eftersom det inte är meningen att någon ska bada direkt i utgående vatten från ett avloppsreningsverk. Enligt Ottoson (2022, pers. komm.) ligger halten E. coli och Intestinala enterokocker vanligen på 10^4–10^5 CFU/100 ml.

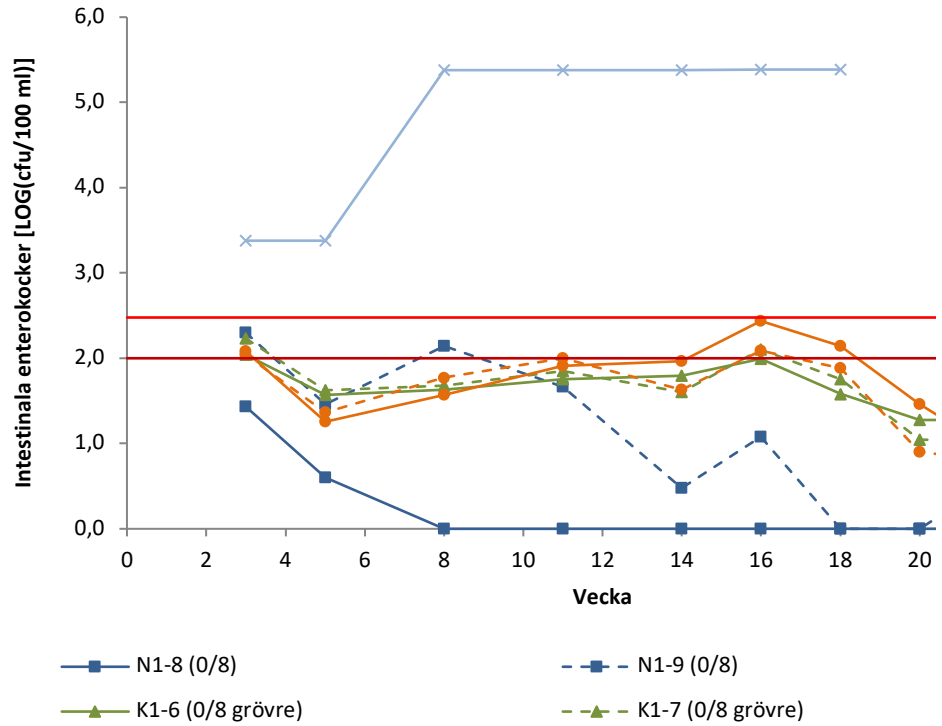
Parameter	Tjänligt (cfu/100 ml)	Tjänligt med anmärkning (cfu/100 ml)	Otjänligt (cfu/100 ml)
E. coli	≤100	>100–1 000	>1 000
Intestinala enterokocker	≤100	>100–300	>300

Tabell 3.1
Halter i cfu/100 ml av E. coli respektive Intestinala enterokocker för bedömning av enskilda prov för nulägesbedömning av EU-bad enligt Havs- och vattenmyndigheten (2021).

En kolonnstudie av Ljung m.fl. (2013) kom fram till att reduktionen av E. coli verkade gå emot höga och stabila nivåer för samtliga material. För såväl bergkross som naturgrus låg halterna av E. coli och Intestinala enterokocker från och med vecka 5 under gränsen för bedömningen ”tjänligt med anmärkning” enligt Havs- och vattenmyndigheten (2021), se figur 3.1 och figur 3.2. Reduktionen låg enligt detta över 99,5 % (2,3 log reduktion) för E. coli från och med vecka 5 och över 99,8 % (2,7 log reduktion) för Intestinala enterokocker från och med vecka 8. (Alla analysvärden hos inkommande vatten ligger över detektionsgränsen för E. coli och Intestinala enterokocker. Andra detektionsgränser användes vid mätningarna innan vecka 5 för E. coli och innan vecka 8 för Intestinala enterokocker.) Hos naturgrus uppnåddes klassen ”tjänligt” (utan anmärkning) för E. coli inom 5–14 veckor. För bergkrossmaterialet uppnåddes detta efter 20 veckor. Detta motsvarar en reduktion på över 99,95 % (3,3 log reduktion). För Intestinala enterokocker var mönstret liknande.



Figur 3.1
Halt E. coli i ett kolonnförsök med naturgrus och bergkross (Ljung m.fl., 2013). N1-8 och N1-9 är kolonner fyllda med samma naturgrus. K2-10 och K2-5 är på motsvarande sätt två replikat fyllda med ett visst bergkross. Kolonnerna K1-6 och K1-7 är två replikat med samma typ av bergkross som K2-10 och K2-5, dock med en annan kornstorleksfördelning.

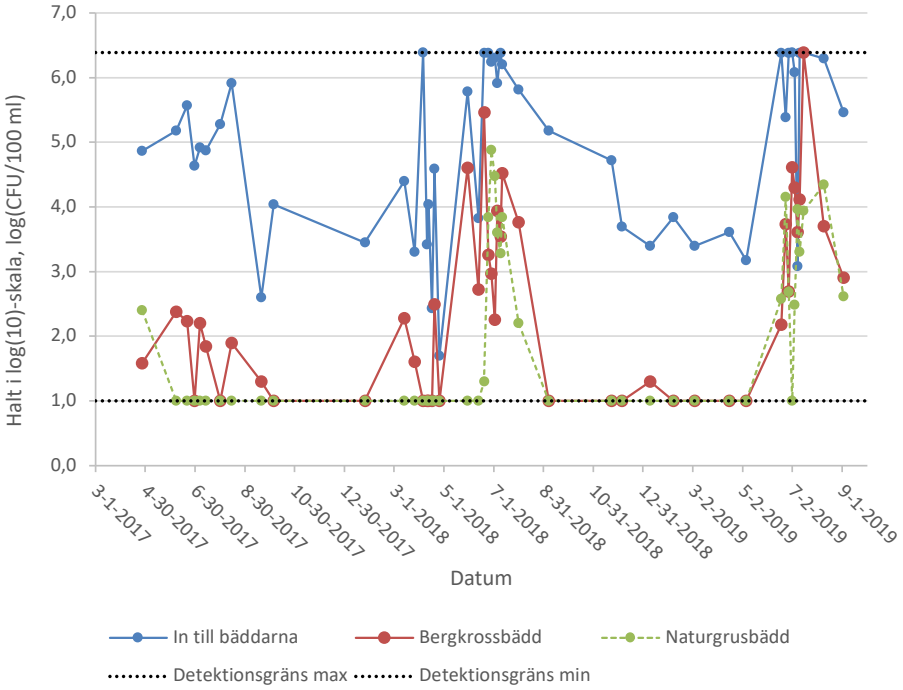


Figur 3.2
Halt Intestinala enterokocker i ett kolonnförsök med naturgrus och bergkross (Ljung m.fl., 2013). N1-8 och N1-9 är kolonner fyllda med samma naturgrus. K2-10 och K2-5 är på motsvarande sätt två replikat fyllda med ett visst bergkross. Kolonnerna K1-6 och K1-7 är två replikat med samma typ av bergkross som K2-10 och K2-5, dock med en annan kornstorleksfördelning.

Tidigare mätningar av E. coli och Intestinala enterokocker har utförts vid anläggningen i Sörfjärden under perioden april 2017 till september 2019 (Ulinder m.fl., 2021). Ett problem med ventilerna som fördelar avloppsvattnet mellan de två bäddarna (av naturgrus respektive bergkross) åtgärdades 27 juni 2018. Innan detta datum är jämförelsen mellan naturgrus och bergkross osäker eftersom bergkrossbädden tog emot mer flöde än naturgrusbädden vilket kan påverka resultatet. Detta bör tas i åtanke när resultatet från perioden studeras.

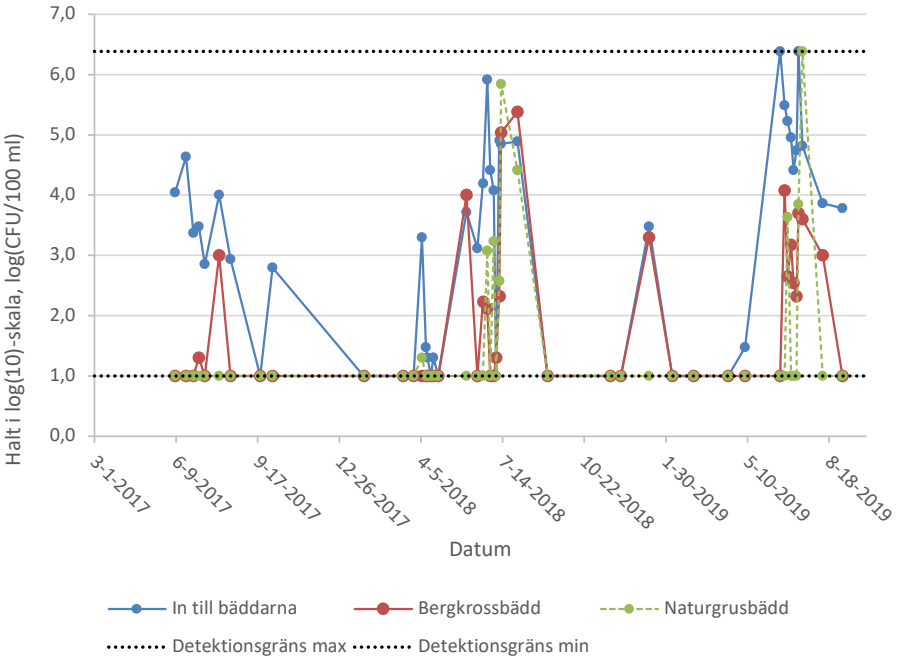
Halten E. coli ut från markbäddarna låg vanligtvis en bit under inkommande halter till markbäddarna med något undantag, se figur 3.3. Efter att ventilerna justerades låg reduktionen av E. coli över 99 % (2 log reduktion) för alla prov som tagits under vår,

vinter eller höst. Över hälften av mättillfällena hade en reduktion på över 99,8 % (2,7 log reduktion). Dessa värden gäller för både naturgrus och bergkross. Under sommaren förekom några lägre värden på reduktion, runt 98 % (1,7 log reduktion) hos bergkross och ett värde på 94 % (1,2 log reduktion) för naturgrus. Dessutom förekom ett varsitt värde där utgående halt E. coli var högre än inkommande halt för båda materialen.



Figur 3.3
Halter Escherichia coli in till markbäddarna samt ut från bergkrossbädden respektive naturgrusbädden från tidigare mätningar i Sörfjärden (Ulinder m.fl., 2021).

Inkommande halter Intestinala enterokocker varierade mycket och låg i flera fall under detektionsgränsen, 10 CFU/100 ml, se figur 3.4. Det var därför svårt att dra några direkta slutsatser om reduktionen.



Figur 3.4
Halter Intestinala enterokocker in till markbäddarna samt ut från bergkrossbädden respektive naturgrusbädden från tidigare mätningar i Sörfjärden (Ulinder m.fl., 2021).

3.2 Virus

Medan bakterier har en storlek på 0,5–5 mikrometer så är virus 10–100 gånger mindre än bakterierna. Troligen har ofta ren filtrering av vatten liten betydelse för avskiljningen av både bakterier och virus, med tanke på storleken på filtermaterialets korn- och porstorlek. Däremot spelar adsorption till filtermaterialets partiklar en större roll, och ytegenskaperna hos mikroorganismer blir viktigare. Förenklat har en mikroorganism med låg ytladdning och låg hydrofobitet en sämre avskiljning. (Naturvårdsverket, 1985)

Kolifager, som är ett virus som infekterar vissa E. coli-stammar, kan användas som en indikator för virusförekomst. Kolifager har generellt en log-reduktion på 1–2 i sekundär rening i avloppsreningsverk (reningen bestod i dessa fall antingen av kemfällning och aktivslamprocess eller bioreaktor) och därmed generellt en sämre reduktion än bakterier i avloppsreningsverk, se avsnitt 2.1. (Ottoson, 2013)

3.3 Läkemedelsrester

Läkemedelsrester kan medföra skador hos vattenlevande organismer. I en screeningstudie – där halter av flera in- och utgående vatten från avloppsreningsverk, slam, ytvatten, dricksvatten och biota analyserades – uppmättes så pass höga halter av 15 av 101 läkemedelssubstanser att fisk förväntas påverkas av effekten av läkemedlen (Naturvårdsverket 2017). Bland exemplen på detta kan nämnas att etinylestradiol – ett syntetiskt hormon med östrogen effekt som exempelvis förekommer i p-piller – kan leda till att hanfiskar börjar producera ett protein som bara ska finnas hos fertila honfiskar (Larsson m.fl, 1999). Även de naturliga östrogena hormonerna estron (det naturliga könshormonet estron är även en metabolit av det naturliga könshormonet estradiol (Schröder, 2018)) och estradiol hittades i gallan hos fisk efter två och fyra veckors exponering av vatten nedströms ett reningsverk (Larsson m.fl. 1999). Diklofenak, karbamazepin och metoprolol kan enligt Triebskorn m.fl. (2004) leda till cellförändringar i flera organ i regnbåge vid koncentrationer på 1 µg/l och högre. Ibuprofen påverkar enligt De Lange m.fl (2006) simaktiviteten hos märlkräfta vid en koncentration på 10–100 ng/l. Antidepressiva läkemedel har i labbförsök ändrat fiskars beteende, exempelvis genom att minska abborrars tendens att gömma sig för rovfisk (Naturvårdsverket, 2017). Antibiotikarester kan bidra till att multiresistenta bakterier utvecklas och sprids (Naturvårdsverket, 2017). Antibiotikan ciprofloxacin, det antiinflammatoriska läkemedlet diklofenak och hormonerna etinylestradiol (17-alfa-etinylöstradiol) och estradiol (17-beta-östradiol) finns med på listan med särskilt förorenande ämnen enligt HVMFS 2019:25.

Naturvårdsverket fick i december 2015 uppdraget att utreda förutsättningarna för att använda avancerad rening för att avskilja läkemedelsrester från avloppsvatten för att skydda vattenmiljön (Naturvårdsverket, 2017). Uppdraget har inriktats på avloppsreningsverk ”med en anslutning på över 2 000 personer eller som tar emot avloppsvatten med en föroreningsmängd som motsvarar mer än 2 000 personekvivalenter” (Naturvårdsverket, 2017).

Baresel m.fl. (2021) har undersökt påverkan av läkemedelsrester i recipienterna från de tre största reningsverken i Sundsvall – Tivoli ARV, Fillan ARV och Essvik ARV. Vid bedömning av reningseffektivitet hade antibiotikan ciprofloxacin en hög reduktion hos de tre reningsverken, hos Tivoli och Fillan ARV låg reduktionen på över 88 % medan den hos Essvik ARV låg på 68–86 %. För de övriga antibiotika som detekteras i studien var dock reduktionen generellt sett låg. Etinylestradiol hade negativ reduktion hos Tivoli ARV medan reduktionen inte hade kunnat beräknas hos Fillan och Essvik ARV. Reduktion av estradiol har inte kunnat beräknas för någon av de tre avloppsreningsverken. I övrigt varierade reduktionen för läkemedelssubstanser liksom för andra

svenska avloppsreningsverk, exempelvis hade ibuprofen en hög reduktion hos de tre reningsverken medan diklofenak hade låg eller negativ reduktion.

Svahn och Björklund (2017) har undersökt reduktion av läkemedelsrester från sex skånska avloppsreningsverk, närmare bestämt avloppsreningsverken i Gärds Köpinge, Svedala, Klippan, Ormanäs, Simrishamn, Höganäs och Kristianstad. Majoriteten av läkemedelssubstanserna hade en reduktion under 50 %, men högre reduktion förekom också. Antibiotikan ciprofloxacin hade exempelvis mycket hög reduktion på ca 100 % vid samtliga sju reningsverk, och detsamma gäller substansen metotrexat. Diklofenak hade låg reduktion vid samtliga reningsverk (2 %).

Dahlqvist m.fl. (2020) har undersökt reduktion för 32 läkemedelssubstanser vid Borlänge avloppsreningsverk. 17 av ämnena hade en reduktionsgrad på över 20 %. Åtta ämnen hade en reduktionsgrad på över 80 %, däribland ciprofloxacin, metotrexat, paracetamol och ibuprofen. Diklofenak hade en negativ reduktion.

Wahlberg m.fl. (2010) har mätt reduktion hos Henriksdals och Brommas reningsverk. Bland ämnena med mycket god reduktion finns paracetamol, ibuprofen och estradiol. Citalopram och Furosemid fanns ibland de ämnen som renades sämre. Etinylestradiol detekterades knappt i inkommande vatten och inte alls i utgående vatten.

3.4 Egenskaper hos filtermaterial

Ett filtermaterial i en markbaserad anläggning behöver ha vissa egenskaper för att kunna säkerställa förväntad reduktion av olika föroreningar. Filtermaterial reducerar föroreningar genom biologiska, kemiska och fysikaliska processer. En viktig faktor för att alla dessa processer ska fungera tillfredsställande är att materialet har en lagom stor vattengenomsläpplighet och att det råder omättade förhållanden så att luft (syre) kan ta plats i filtermaterialets porvolym. En för hög vattengenomsläpplighet kan leda till att uppehållstiden blir för kort för att reningsprocesserna ska hinna verka i tillräcklig omfattning. En för låg vattengenomsläpplighet kan leda till att avloppsvatten bräddas från infiltrationsytan, eller att syrebrist uppstår i bäddmaterialet. Vattengenomsläppligheten storlek påverkas till stor del av storlek och fördelning av filtermaterialets porer, vilket i sin tur exempelvis påverkas av materialets kornstorleksfördelning och kornens form. Andra faktorer som påverkar filtermaterialets egenskaper är kornens kemiska egenskaper, vittringsbenägenhet och pH samt total tillgänglig yta hos materialet.

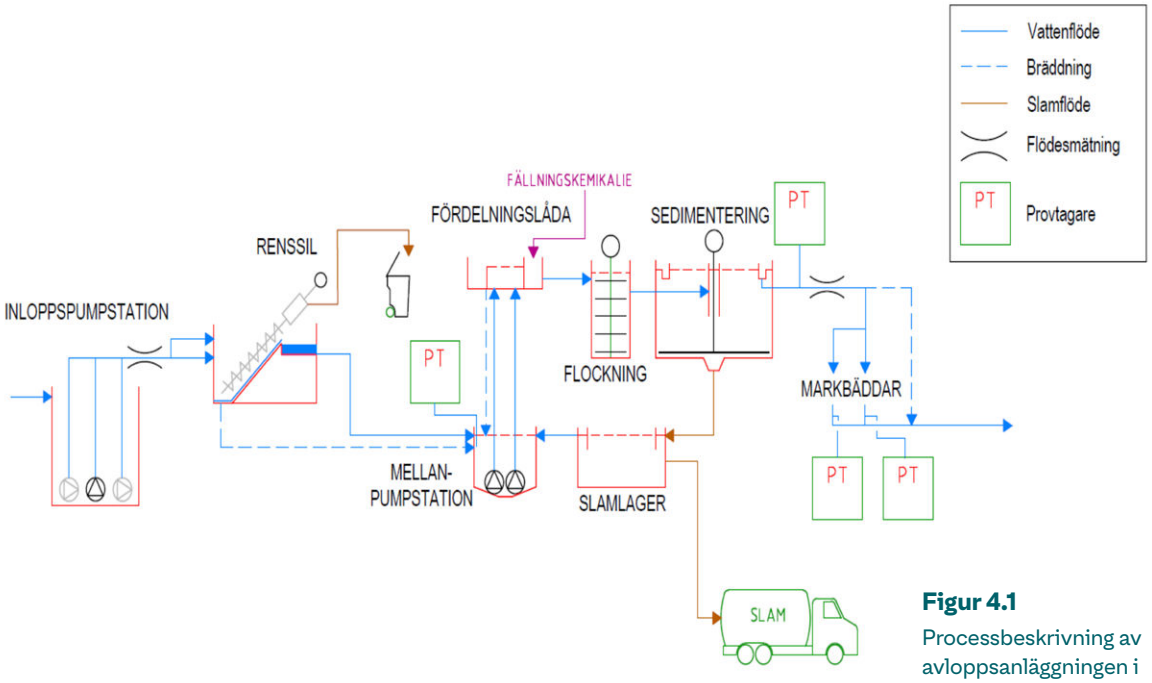
Det finns vissa skillnader mellan naturgrus och bergkross som kan påverka materialens filteregenskaper. Olika typer av bergkross har oftare en större variation på kornstorleksfördelning och kornform jämfört med olika naturgrusfyndigheter vilket beror på skillnader i bergartsinnehåll och krossteknik (Lagerblad m.fl., 2011). Förutom den större variationen hos bergkross finns även generella skillnader på kornform och kornstorleksfördelning. Vad gäller kornform är naturgruskornen oftast rundare medan bergkrosskornen kan beskrivas som mer flakiga. Flakigare korn anses generellt leda till att materialet får högre porositet vid lös packning jämfört med runda korn. Om materialet packas hårt ger flisigare korn däremot snarare upphov till lägre porositet (Lagerblad m.fl., 2011).

Mer om egenskaper hos filtermaterial och skillnader mellan naturgrus och bergkross finns att läsa i Ulinder m.fl. (2021).

4 Anläggningarna i studien

4.1 Sörfjärden

Anläggningen i Sörfjärden består av tre reningssteg. Först sker mekanisk och kemisk rening inom en reningsverksbyggnad och därefter biologisk rening/polering i ett markfilter, se figur 4.1. Markfiltret består av två parallella markbäddar som har utrustats med naturgrus respektive bergkross som filtermaterial.



Figur 4.1
Processbeskrivning av avloppsanläggningen i Sörfjärden.

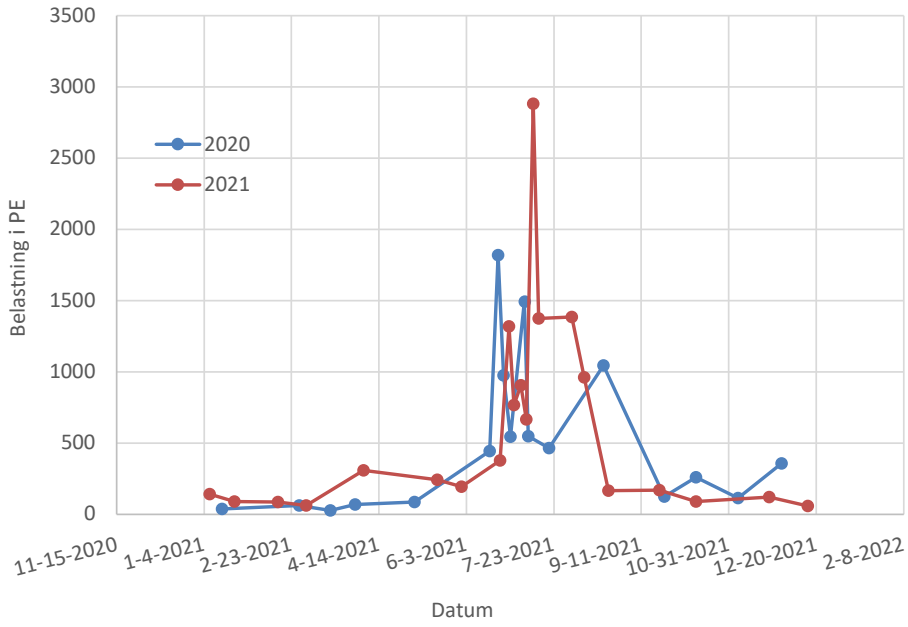
Reningsverket har ett Qdim på 12 m³/h (288 m³/d), men kemsteget kan belastas med 2 Qdim. Markbäddarna är dimensionerade för ett flöde på 180 m³/dygn. De två markbäddarna har en area på 400 m² vardera och ett filterdjup på ca 1 meter. Bäddarna har tätats i botten och på sidorna med en plastduk. Spridarsystemet består av åtta spridarrör (så kallade bläckfiskarmar) hos respektive bädd, se figur 4.2. Bäddarna är placerade intill en å och utloppen leds direkt ner i ån. Sörfjärden har stor andel säsongsboende. Detta ger stor variation i hur många pe som belastar anläggningen över året, med högre belastning över sommaren samt belastningstoppar över midsommar och ibland även över påsk, se figur 4.3. Under perioder med låg belastning späds avloppsvattnet med dricksvatten för att få tillräcklig omsättning i ledningssystemet och därigenom undvika svavelväteproblematik.

De två markbäddarna beskickas växelvis i syfte att uppnå jämn belastning. Beskickningen sker i pulser genom pumpningar. Varannan pumpning går till naturgrusbädden och varannan till bergkrossbädden. Under 2020 och 2021 har det uppskattningsvis skett mellan 6 och 10 pumpningar per dygn under lågsäsong och mellan 30 och 40 pumpningar per dygn under högsäsong. Det har alltså varit minst ett par pumpningar per bädd och dygn under lågsäsong. Under lågsäsong var flödet i reningsverket 18–100 m³/dygn (varav ca 9–12 m³/dygn var dricksvatten) med medelvärde 30 m³/dygn. Under högsäsongerna 2020 och 2021 (mitten på juni till mitten på augusti) var flödet mellan 35–300 m³/dygn (utan dricksvattenspolning) med medelvärde på 80 m³/dygn. Tidvis har således markbäddarna varit överbelastade under högsäsong. I samband med

beskickning har det ibland bildats större pölar under spridarrören och under högsäsong har det vid tillfällen med mycket växlighet blivit en vattenspegel på markbäddarna.

Under vår-sommar-höst växer ogräset på bäddarna och bäddytan rensas 1–3 gånger per år, både för hand och maskinellt med jordfräs.

Figur 4.2
Avloppsvattnet sprids till varje bädd med hjälp av spridarrör (så kallade bläckfiskarmar). Foto: Erik Norin, MSVA.



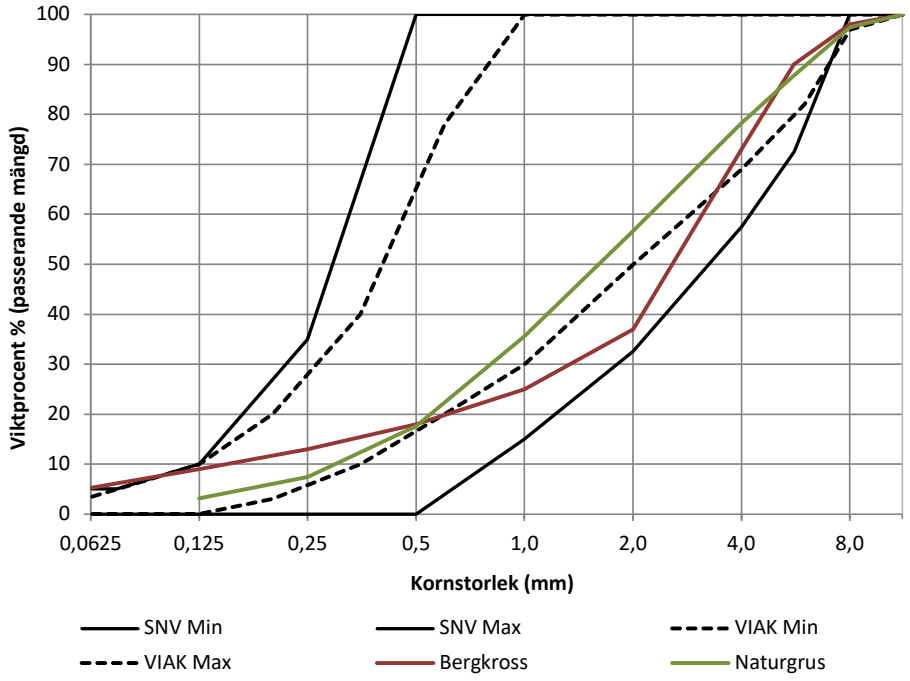
Figur 4.3
Belastning i Sörfjärden i PE under projektets mätperiod. Belastningen har beräknats genom att dividera uppmätt belastning BOD_7 med belastning BOD_7 per person (70 g/pe, d).

Spillvattennätet till Sörfjärdens avloppsreningsverk (ARV) utgörs till största delen av LTA-system vilket innebär att endast väldigt små mängder ovidkommande vatten belastar systemet. Till följd av detta är inkommande vatten koncentrerat och halterna kan ligga 4–5 ggr högre än i normalt avloppsvatten.

Under sommaren 2020 var det problem med växtlighet på bäddarna som gjorde att vatten blev stående på ytan, utgående BOD blev under dessa perioder höga. I september

samma år ställdes bäddarna av en i taget för att kunna gräva bort det översta lagret på båda bäddarna för att bli av med ogräs. Under hösten 2020 gick även en av de två fördelningsventilerna till markbäddarna sönder (motorstyrda ventiler placerade i en brunn utanför reningsverksbyggnaden) och båda ställdes manuellt öppna för att få fördelning till bäddarna (något ojämn på grund av att bergkrossbädden har kortare ledning ut). Först i slutet på april 2021 var problemet med ventilerna löst efter att de hade flyttats in i byggnaden. Under sommaren 2021 rensades bäddarna mer frekvent och inga större problem med vattenspeglar uppkom.

Såväl Naturvårdsverket (1991) som det tidigare konsultbolaget VIAK har tagit fram riktlinjer för vilka gränser filtermaterial i markbaserade avloppsanläggningar bör hålla sig inom vad gäller kornstorleksfördelning. VIAK:s gränser är generellt snävare än Naturvårdsverket (1991). Det bergkross som valdes ut till anläggningen i Sörfjärden har tagits fram genom sortering och blandning under dialog med bergmaterialproducenten. Bergkrossets kornfördelningskurva låg innanför rekommenderade fält enligt Naturvårdsverket (1991) men delvis utanför det fält som VIAK rekommenderade, se figur 4.4. Detta kan jämföras med naturgruset som låg innanför rekommenderade fält enligt både Naturvårdsverket (1991) och VIAK men med en kornfördelning mot det grövre hållet. De två materialen hade liknande resultat vid mätning av vattengenomsläpplighet.



Figur 4.4
Kornstorleksfördelning hos det bergkross och naturgrus som valdes ut som filtermaterial till de två markbäddarna i Sörfjärden i relation till rekommenderade fält enligt Naturvårdsverket 1991 (heldragna linjer) och VIAK (streckade linjer).

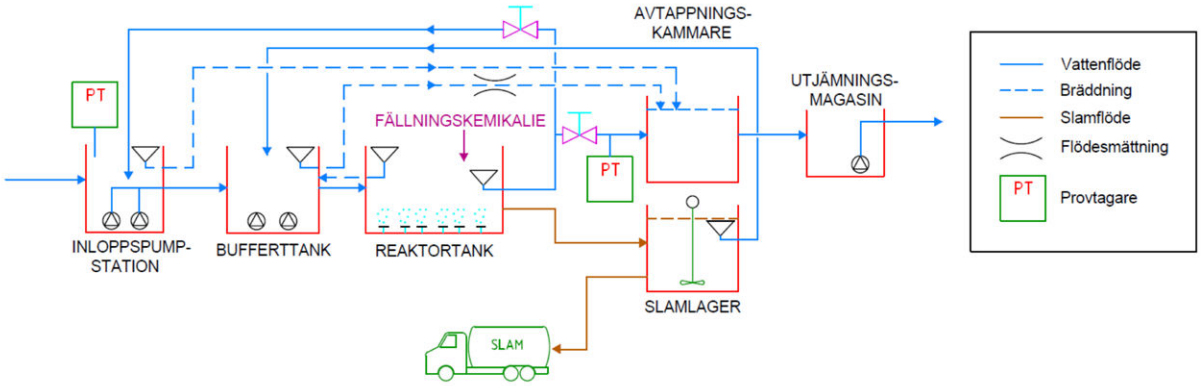
4.2 Skatan

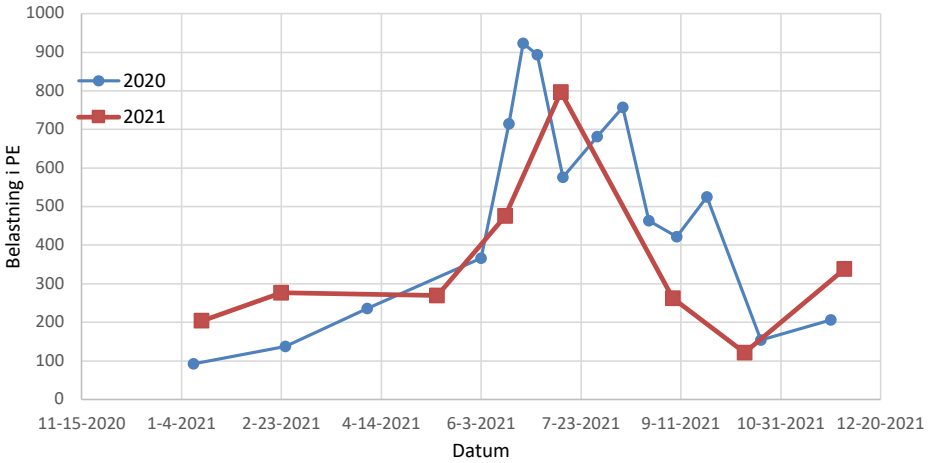
Reningsverket i Skatan är ett så kallat SBR-verk (SBR=Satsvis Biologisk Reaktor) vilket innebär att den biologiska och kemiska reningen sker satsvis. Samma bassäng används för luftning och sedimentering, och även den kemiska reningen sker i samma steg.

Inkommande avloppsvatten till Skatan ARV pumpas till en bufferttank med så kallade tuggerpumpar som sönderdelar inkommande rens, se figur 4.5. Vid en bestämd nivå pumpas vattnet in till reaktortanken där den biologiska och kemiska reningen sker genom syresättning, kemikalietillsats och sedimentering. Det renade vattnet tappas av, och går till ett utjämningsmagasin varifrån det pumpas ut till recipienten. En viss mängd slam töms ut ur reaktorn innan nytt inkommande avloppsvatten fylls på i reaktortanken. Under tiden en reningssats pågår samlas inkommande vatten i bufferttanken.

Spillvattennätet till Skatan ARV utgörs till stor del av LTA-system vilket innebär att endast en liten del ovidkommande vatten belastar systemet. Inkommande vatten är koncentrerat och halterna kan ligga 3–4 ggr högre än i normalt avloppsvatten. I figur 4.6 visas belastningen under försöksperioden.

Figur 4.5
Processbeskrivning av avloppsanläggningen i Skatan.





Figur 4.6
Belastning i Skatan i PE under projektets mätperiod. Belastningen har beräknats genom att dividera uppmätt belastning BOD_7 med belastning BOD_7 per person (70 g/pe, d).

5 Resultat och diskussion

I detta avsnitt redovisas resultat från vattengenomsläpplighetsmätningar från detta projekt och från ett tidigare projekt (Ulinder m.fl., 2021) samt mätningar från detta projekt av läkemedelsrester, E. coli, Intestinala enterokocker och virus för de två markbäddsmaterialen.

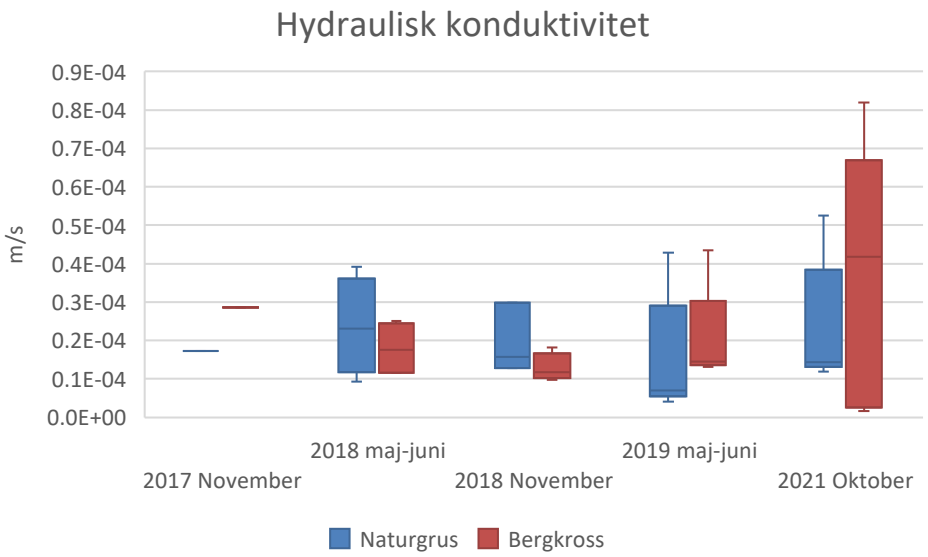
5.1 Vattengenomsläpplighet

Utvärderad mättad hydraulisk konduktivitet vid sista mätningen för respektive infiltrationsförsök visas i tabell 5.1 och redovisas i diagram i figur 5.1 och figur 5.2. Uppmätt spann av mättad hydraulisk konduktivitet för respektive markbäddsmaterial redovisas i tabell 5.2. En sammanställning över beräknad mättad hydraulisk konduktivitet för de utvärderade mätningarna i samtliga mätpunkter redovisas i bilaga C.

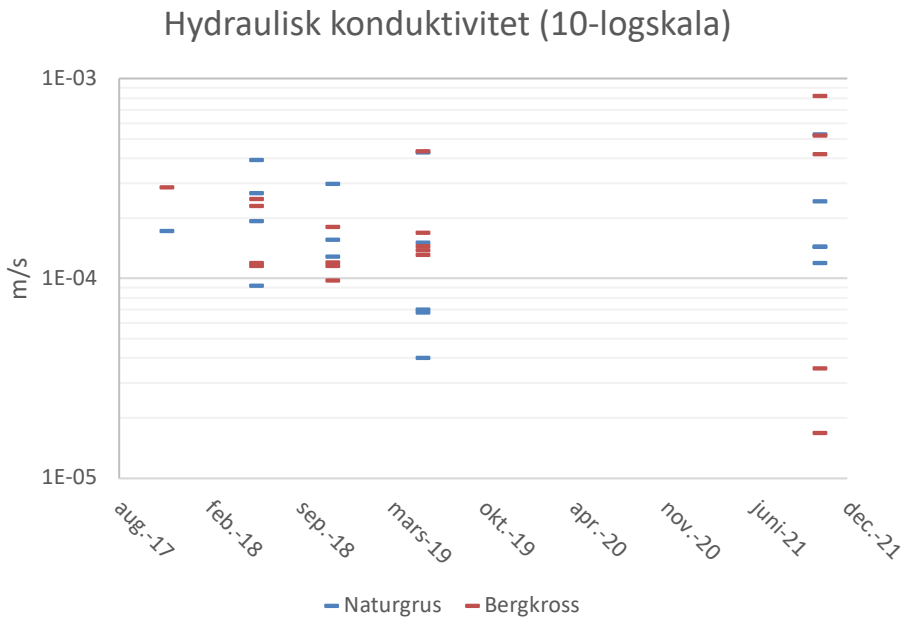
Mättillfälle Försök	2017 november (m/s)	2018 maj-juni (m/s)	2018 november (m/s)	2019 maj-juni (m/s)	2021 oktober (m/s)
N1	$2{\cdot}10^{-4}$	$2{\cdot}10^{-4}$	$2{\cdot}10^{-4}$	$2{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$
B1	$3{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$4{\cdot}10^{-5*}$
N2		$4{\cdot}10^{-4}$		$4{\cdot}10^{-5}$	$1{\cdot}10^{-4}$
B2		$2{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$2{\cdot}10^{-4}$	$5{\cdot}10^{-4}$
N3		$9{\cdot}10^{-5}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$7{\cdot}10^{-5}$	$1{\cdot}10^{-4}$
B3		$3{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$2{\cdot}10^{-5*}$
N4			$3{\cdot}10^{-4}$	$7{\cdot}10^{-5}$	$2{\cdot}10^{-4}$
B4			$2{\cdot}10^{-4}$	$1{\cdot}10^{-4}$	$4{\cdot}10^{-4}$
N5		$3{\cdot}10^{-4}$		$4{\cdot}10^{-4}$	$5{\cdot}10^{-4}$
B5		$1{\cdot}10^{-4}$		$4{\cdot}10^{-4}$	$8{\cdot}10^{-4}$

* Endast ett försök utfördes

Tabell 5.1
Utvärderad mättad hydraulisk konduktivitet (m/s) vid respektive mättillfälle.



Figur 5.1
Boxplot över hydraulisk konduktivitet för markbädden av naturgrus respektive bergkross. Streck i boxen avser medianvärde.



Figur 5.2
Beräknad hydraulisk konduktivitet i logaritmisk (10-log) skala för respektive mättillfälle och punkt för markbädden av naturgrus respektive bergkross.

	Enhet	November 2017 – oktober 2021
Naturgrus	m/s	$4{\cdot}10^{-5}$ - $5{\cdot}10^{-4}$
Bergkross	m/s	$2{\cdot}10^{-5}$ - $8{\cdot}10^{-4}$

Tabell 5.2
Intervall för utvärderad mättad hydraulisk konduktivitet för hela mätserien för respektive bädd.

Den mättade hydrauliska konduktiviteten har efter mätningar i Sörfjärdens avloppsreningsverk utvärderats till mellan $1{\cdot}10^{-4}$ m/s och $5{\cdot}10^{-4}$ m/s för naturgrusbädden och mellan $2{\cdot}10^{-5}$ m/s och $8{\cdot}10^{-4}$ m/s för bergkrossbädden. Den utvärderade mättade hydrauliska konduktiviteten har varierat något mellan de olika mätomgångarna, men generellt bedöms ingen betydande minskning ha uppstått. Skillnaden i utvärderad mättad konduktivitet mellan mätpunkterna inom respektive markbädd bedöms vara större än skillnaden mellan de olika markbäddarna över tid. Skillnaderna mellan mätpunkterna inom respektive markbädd är dock inte större än vad som kan anses vara rimligt med tanke på mätmetod och skillnader i driften av markbäddarna, t.ex. tidigare belastning innan försöken, spridararmarnas lägen och eventuell rensning. Följande slutsatser kan dras:

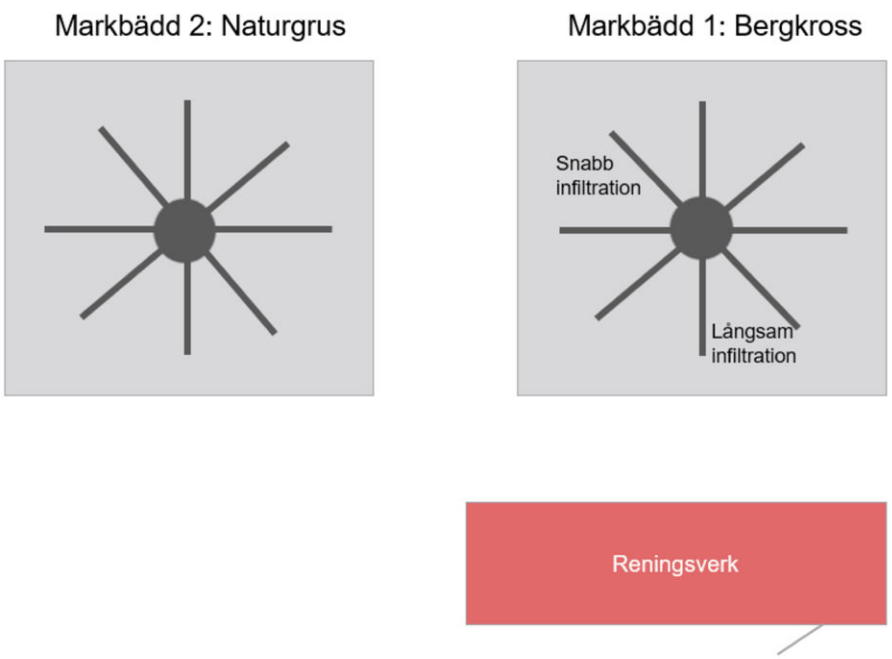
1. Den hydrauliska konduktiviteten verkar förändras relativt lite över tid hos bäddarna.
2. Funktionen hos bergkrossmaterialet och naturgrusmaterialet i markbäddarna vid Sörfjärdens avloppsreningsverk är relativt lika vad gäller mättad hydraulisk konduktivitet.

Under försökens gång har ett antal möjliga felkällor noterats:

1. Då avloppsanläggningen var för stor för att möjliggöra test av hela infiltrationsbädden testades den hydrauliska konduktiviteten endast lokalt i form av stickprover. De olika mätpunkterna var geometriskt sett lika placerade i respektive markbädd, men det är inte möjligt att säkert säga att varje par av mätpunkter är helt jämförbara då förhållandena kan variera mellan bäddarna. Ledningsarmarna på markbäddarna flyttas även regelbundet. Därmed varierar platsen för provpunkterna något mellan de olika årens mätningar eftersom mätpunkterna är relaterade till ledningsarmarnas läge vid tiden för försökens genomförande.
2. Nivågivaren som användes vid mätningarna gav en referensnivå ca en centimeter ovanför markytan och inte vid markytan.
3. Nivågivarens noggrannhet, ca 1 cm vattenpelare, medförde en relativt stor osäkerhet i mätningarna i förhållande till storleken på det intervall där avsänkningen mättes vid infiltrationsförsöken.
4. Under försöken var det svårt att hålla en jämn vattennivå mellan inner- och ytterringen då påfyllnaden skedde manuellt.
5. Inga markprover för utvärdering av $\Delta\theta$ (skillnad i vattenhalt före och efter infiltrationstest) togs ut efter testerna, vilket egentligen ska ske för att uppfylla ISO-standard.
6. Inga temperaturkorrektioner har utförts för viskositeten.
7. Delar av markbäddarna hade stående vatten, vilket kan vara en konsekvens av ojämn distribution av vatten från ledningsarmarna. Fördelningsbrunnen och markbäddsytan är troligen inte helt horisontell, vilket leder till att bäddarna belastas ojämnt (figur 5.3). Denna felkälla var extra tydlig vid 2021 års infiltrationstester i bergkrossbädden, där mätvärdena varierade kraftigt mellan olika mätpunkter (figur 5.1).
8. Växtlighet på markbäddarna kan ha en påverkan på infiltrationen vid markytan, t.ex. genom att växternas rötter påverkar porstrukturen. Denna växtlighet är mest förekommande i anslutning till spridarledningarna. Bäddarna rensas från växtlighet rutinmässigt.
9. Infiltrationsförsöken år 2021 utfördes under en vecka med kalla nattemperaturer. Detta innebar att marken var delvis frusen och täcktes av frost under natten och morgonen.

Då testerna genomfördes på en fullskaleanläggning som var i drift var det inte möjligt att hantera felkälla 1 på annat sätt än att fördela ut mätpunkterna över bädden. Rörande osäkerheterna kopplade till referensnivån enligt felkälla 2 är detta inte ett problem när utvärderingen av den mättade hydrauliska konduktiviteten utvärderas enligt ekvation (3) i Bilaga B, då det i den ekvationen är skillnaden mellan nivåer som används för utvärderingen. Felkällorna kopplade till användandet av en nivågivare enligt den tredje punkten kompenseras till viss del av möjligheten att ta mätvärden med hög tidsupplösning (var 5:e sekund), vilket jämnar ut osäkerheterna över tid. Svårigheterna i att hålla en jämn vattennivå (felkälla 4) gällde i samtliga försök och då samma metod nyttjades på båda filterbäddarna bedöms det inte innebära någon större inverkan på möjligheten att dra slutsatser avseende skillnaderna mellan materialen och över tid. Den första avvikelsen från ISO-standarden som redovisas (felkälla 5) bedöms vara liten då varje mätning som har utvärderats bedöms vara utförd vid i stort sett mättade förhållanden. Avvikelsen från ISO-standarden (felkälla 6) bedöms vara av liten betydelse då temperaturen på vattnet som infiltrerades var samma i båda bäddarna vid respektive mättillfälle och målet med mätningarna var att utvärdera skillnaden mellan materialen. Mängden växtlighet

(felkälla 8) varierade både mellan de två bäddarna och inom respektive markbädd. Vid försökstillfället 2021 täcktes en större del av markbädd 1 (bergkross) av växtlighet jämfört med markbädd 2 (naturgrus). Detta kan vara en följd av olika grad av rensning. Frost och isbildning i markbädden (felkälla 9) kan ha påverkat infiltrationshastigheten i det första försöket för dagen i respektive mätpunkt, men bedöms inte ha en effekt på resultatet vid upprepade försök.



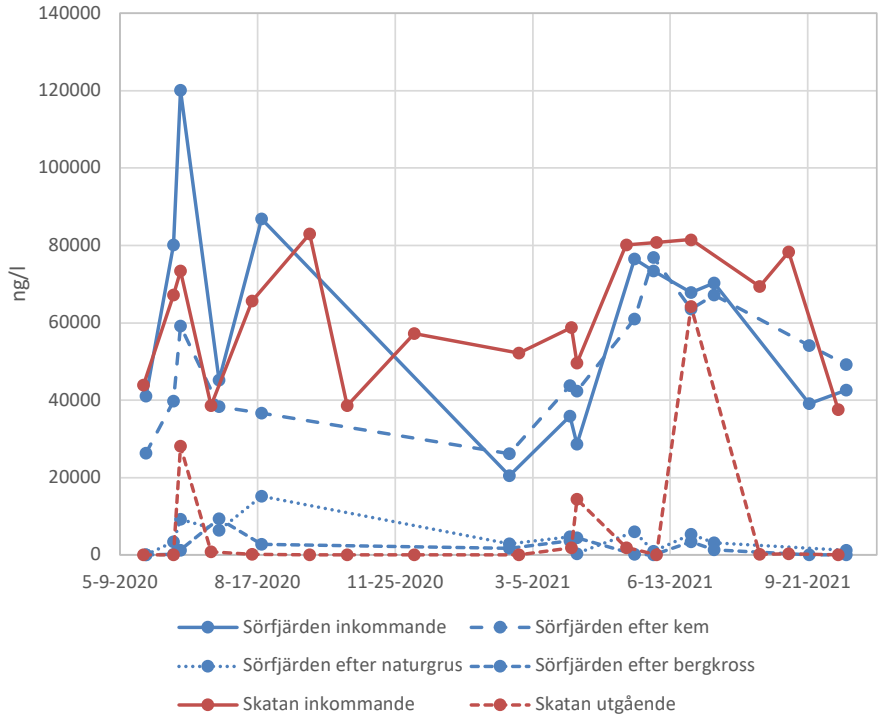
Figur 5.3
Skillnader i infiltrationen förekom inom båda markbäddarna, men förekom framför allt i markbädd 1 med bergkross.

5.2 Läkemedelsrester

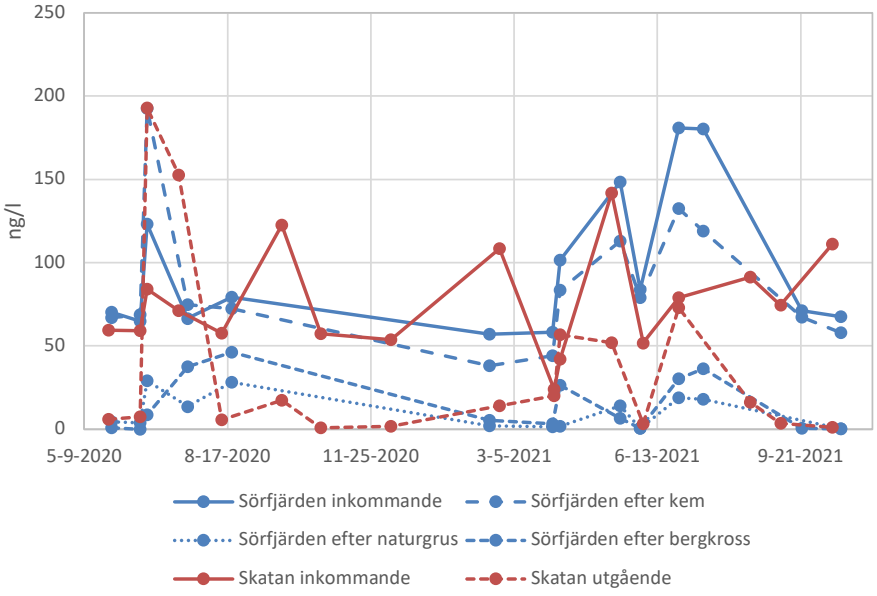
I detta avsnitt presenteras resultat och diskussion om läkemedelsrester. Läkemedelsresterna har för redovisning av resultat delats i fem olika kategorier baserat på resultaten från analyserna. Figurer med exempel på reduktion ges för varje läkemedel. De fem kategorierna utgörs av: 1) läkemedel (inklusive hormoner) med bra reduktion hos båda anläggningarna, 2) läkemedel (inklusive hormoner) med dålig reduktion hos båda anläggningarna, 3) läkemedel (inklusive hormoner) med bättre reduktion hos Skatans ARV än hos Sörfjärdens ARV, 4) läkemedel (inklusive hormoner) med bättre reduktion hos Sörfjärdens ARV än hos Skatans ARV och 5) antibiotika. Data från samtliga läkemedelsanalyser finns i bilaga D och E. I bilaga D och E finns även resultat från andra typer av organiska miljöförstörande ämnen som exempelvis PFOS, PFOA, bisfenol A och bensotriazol.

5.2.1 Läkemedel med bra reduktion i båda anläggningarna

Paracetamol, metotrexat och estron har identifierats som läkemedel som generellt hade bra reduktion i såväl anläggningen i Sörfjärden som anläggningen i Skatan. I figur 5.4 och 5.5 visas ett exempel med mätningar av paracetamol och estron.



Figur 5.4
Halter av paracetamol vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.



Figur 5.5
Halter av estron vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.

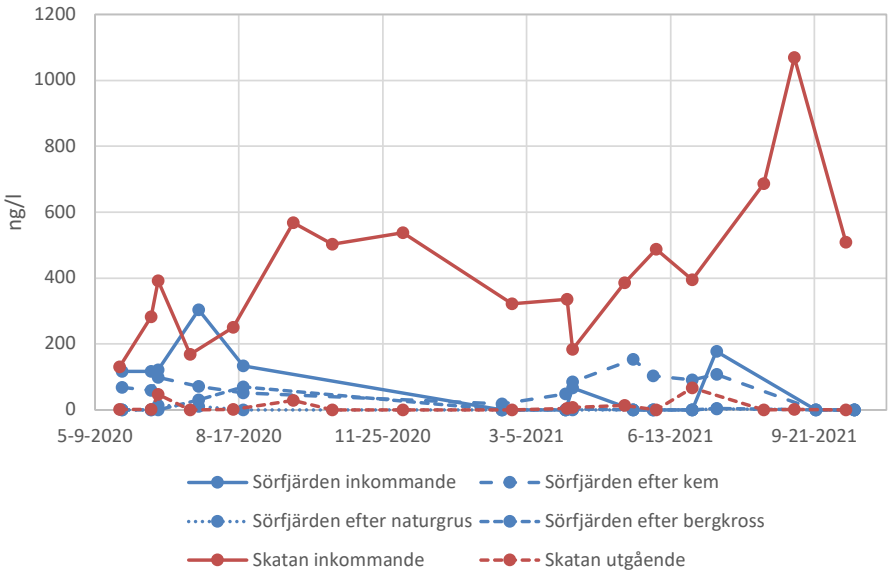
Reduktionen av paracetamol låg nära 100 % hos Henriksdals och Bromma reningsverk (Wahlberg m.fl., 2010) samt hos Borlänge ARV (Dahlqvist m.fl., 2020). Hos Tivoli, Fillan och Essvik reningsverk gick det inte att bedöma reduktion på grund av låga inkommande värden (Baresel m.fl., 2021). Hos Skatan låg medianreduktionen nära 100 %, medan medianreduktionen hos Sörfjärden låg på 99 % respektive 92 % över hela systemet i Sörfjärden mätt från bergkrossbädden respektive naturgrusbädden jämfört med inkommande. Reduktionen var alltså något lägre för Sörfjärden än för Skatan, men fortfarande hög.

För metotrexat kan noteras att inkommande halter till både Sörfjärden och Skatan varit låga, men att reduktionen ändå lyfts som god eftersom samtliga utgående värden från anläggningen inte varit detekterbara. Hos Borlänge ARV låg reduktionen på 100 %

enligt Dahlqvist m.fl. (2020). Detsamma gällde för samtliga skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017).

Estron hade en medianreduktion på 93–94 % hos Sörfjärden och en medianreduktion på 87 % hos Skatan. Estron hade en reduktion nära 100 % hos Henriksdals och Brommas reningsverk (Wahlberg m.fl., 2010). Hos Essvik ARV låg reduktionen över 62 %, hos Tivoli ARV låg reduktionen mellan negativ reduktion och 68 % reduktion och hos Fillan ARV var reduktionen negativ (Baresel m.fl., 2021). För de skånska reningsverken som utvärderats i Svahn och Björklund (2017) låg reduktionen mellan negativ reduktion och 48 % reduktion. Borlänge ARV hade enligt studien av Dahlqvist m.fl. (2020) en reduktion på mellan 50 % och 60 %.

Estradiol, som finns med som särskilt förorenande ämne (SFÄ) enligt HVMFS 2019:25, har identifierats som ett ämne som har bra reduktion för Skatan. För Sörfjärden är det svårt att säga hur bra reduktionen är eftersom många värden på inkommande var låga, se figur 5.6. Det finns dock tecken på att reduktionen oftast var hög, om än kanske inte lika hög som i Skatan.



Figur 5.6
Halter av estradiol vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan. Miljökvalitetsnormvärdet för estradiol ligger på 0,4 ng/l i årsmedelsvärde enligt HVMFS 2019:25.

5.2.2 Läkemedel med dålig reduktion hos båda anläggningarna

Följande läkemedel har identifierats ha låg medianreduktion (mellan negativ reduktion och upp till 30 % reduktion) hos såväl anläggningen i Sörfjärden som anläggningen i Skatan:

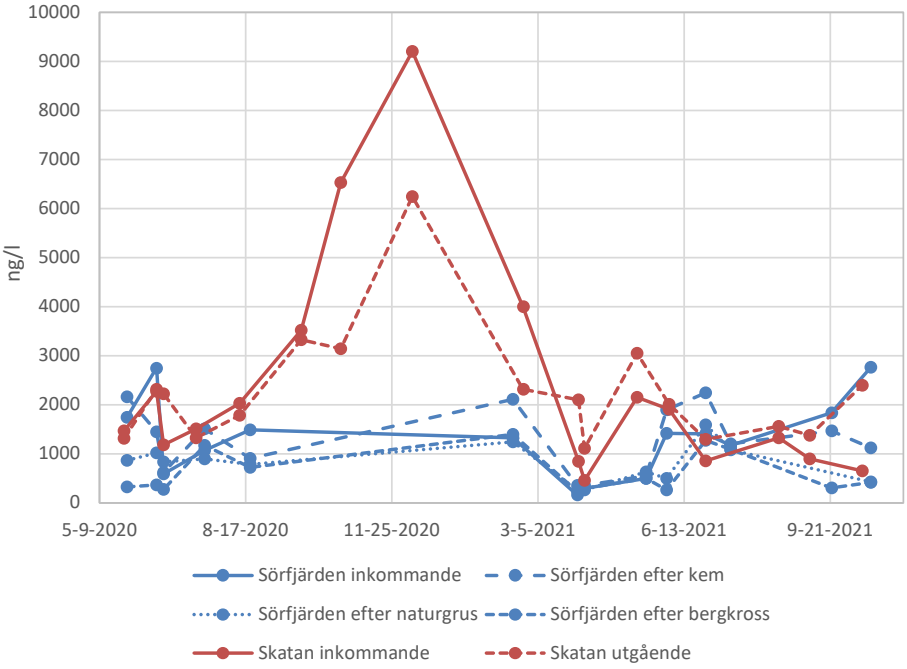
- Diklofenak
- Flukonazol
- Hydroklorotiazid
- Karbamazepin
- Metoprolol
- Oxazepam
- Tramadol

Motsvarande gäller även *venlafaxin* som hade en medianreduktion mellan negativ reduktion och upp till 55 %. Substansen *naproxen* hade hyfsad medianreduktion hos Sörfjärden ARV (48–52 %) och Skatan ARV (67 %) medan substansen *propranolol* hade hyfsad medianreduktion hos Sörfjärden ARV (60–82 %) men lägre medianreduktion hos Skatan ARV. För både Sörfjärden ARV och Skatan ARV förekom dock negativa värden för både naproxen och propranolol varför dessa substanser har klassats som substanser med sämre reduktion hos Sörfjärden och Skatan.

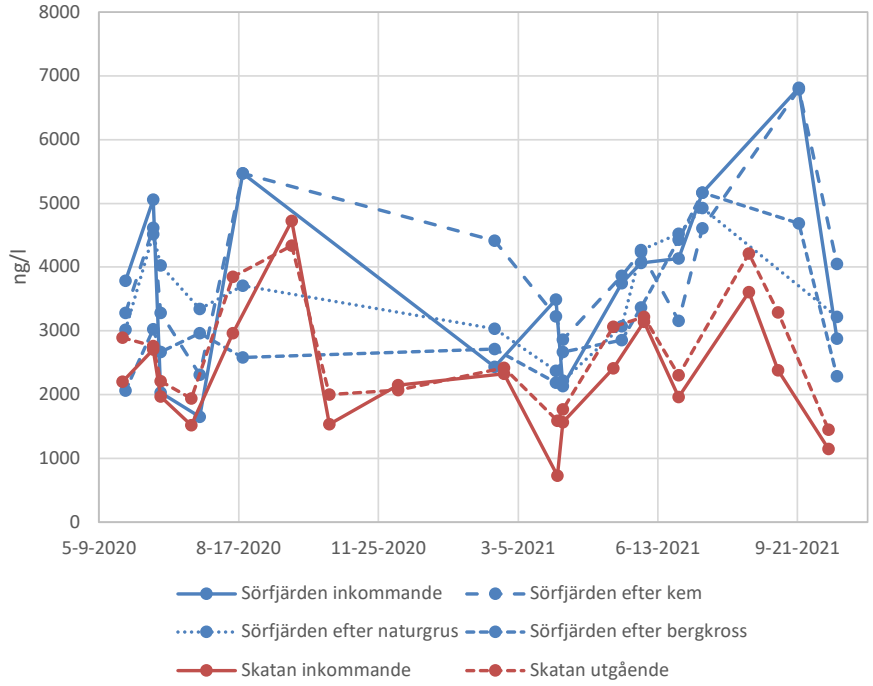
Substanserna zolpidem och irbesartan är svårbedömda p.g.a. låga inkommande halter, men reduktionen bedöms ha tendenser till att se spretig ut i de fall det går att avgöra.

I figur 5.7 och 5.8 visas exempel med mätningar på diklofenak och metoprolol. Ur figurerna framgår att utgående halter ibland var högre än inkommande halter.

Diklofenak är känt för att vara ett svårnedbrytbart ämne och hade en reduktion på 10–20 % hos Henriksdals och Brommas reningsverk (Wahlberg m.fl., 2010), en reduktion på 3–18 % hos Tivoli ARV och en låg eller negativ reduktion hos Fillan och Essvik ARV (Baresel m.fl. 2021). Även de skånska reningsverk som utvärderades i Svahn och Björklund (2017) och Borlänge ARV (Dahlqvist m.fl., 2020) hade en låg eller negativ reduktion. Resultaten i Sörfjärden och Skatan överensstämmer med detta. I Skatan låg medianreduktionen på -6 % medan Sörfjärden hade en något mindre dålig medianreduktion på 10–30 %.



Figur 5.7
Halter av diklofenak vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan. Miljökvalitetsnormvärdet för diklofenak ligger på 10 ng/l i årsmedelsvärde enligt HVMFS 2019:25.



Figur 5.8
Halter av metoprolol vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.

Substanserna hydroklorotiazid, karbamazepin, metoprolol, propanolol och tramadol hade antingen låg eller negativ reduktion hos anläggningarna som utvärderats i Wahlberg m.fl. (2010). (I några fall har alla substanser inte utvärderats för alla anläggningar. Resultatet gäller i så fall de utvärderade anläggningarna.) I studien från Baresel m.fl. (2017) hade hydroklorotiazid, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och Propanolol antingen låg eller negativ reduktion hos de utvärderade anläggningarna. Karbamazepin, metoprolol, oxazepam, propranolol och tramadol hade antingen låg eller negativ reduktion hos Borlänge ARV enligt studien från Dahlqvist m.fl. (2020). Substanserna tramadol och oxazepam hade låg eller negativ reduktion hos de skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017). Detsamma gällde generellt för karbamazepin och metoprolol förutom för enstaka avloppsreningsverk där reduktionen var högre – karbamazepin renades till 80 % i Simrishamns reningsverk och metoprolol renades till 57 % hos Höganäs reningsverk och 36 % hos Kristianstad reningsverk.

Naproxen hade god reduktion hos Henriksdals och Brommas reningsverk (Wahlberg m.fl., 2010) samt hos de skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017) och måttlig till god reduktion hos de största reningsverken i Sundsvall (Baresel m.fl. 2021). I Sörfjärden och Skatan var variationen på reduktionen av naproxen väldigt stor, från negativ reduktion till reduktion på 97–100 %. Jämfört med detta verkade naproxen ha stabilare reduktion hos de konventionella reningsverken (där reduktionen ligger mellan 34–97 % hos reningsverk som ingått i Baresel m.fl. (2021), Dahlqvist m.fl. (2020), Svahn & Björklund (2017) och Wahlberg m.fl. (2010)) än hos Sörfjärden och Skatan.

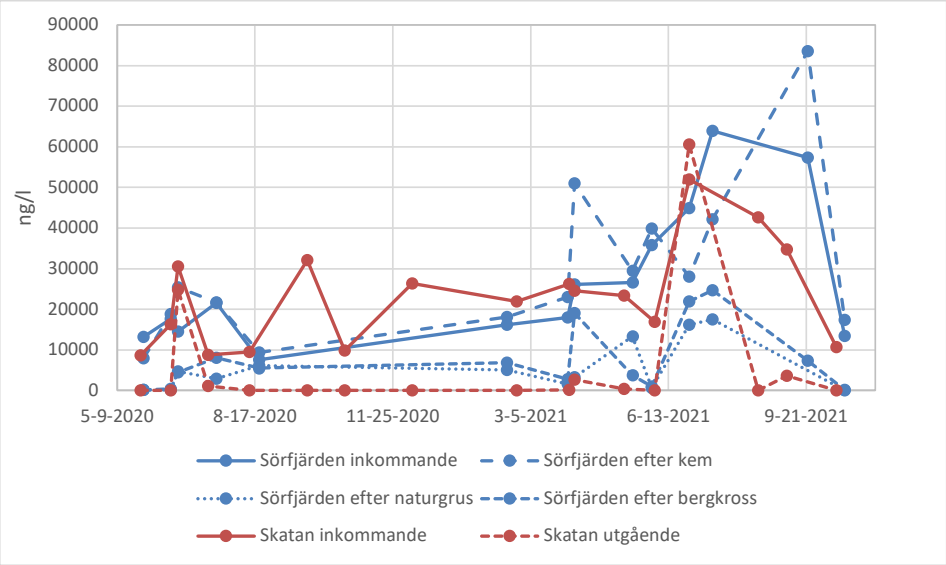
Irbesartan kan noteras ha negativ reduktion i Sörfjärden. Hos Skatan var inkommande värden så låga att jämförelse inte är möjligt. Analys av irbesartan har inte ingått i någon av studierna från Baresel m.fl. (2021), Dahlqvist m.fl. (2020), Svahn & Björklund (2017) och Wahlberg m.fl. (2010).

Att negativ reduktion förekommer bland analysresultaten skulle kunna bero på (från diskussionsmötet 2022-04-05 samt Svahn (pers. komm.)):

1. Vissa ämnen omvandlas i kroppens metabolism till nya ämnen. Efter rening i reningsverket kan de återta ursprungsformen, vilket gör att ämnet åter kan detekteras (Baresel m.fl. (2021).
2. Inkommande avloppsvatten innehåller störande bakgrundsämnen jämfört med utgående, vilket bidrar till att ämnen blir svårare att analysera.
3. Vissa ämnen kan vara partikelbundna i inkommande vatten, men frigörs i reningsverket och förekommer därmed i frigjord form i utgående vatten.
4. Varierande halter i inkommande avloppsvatten kan bidra till att reduktionen ser mindre ut om uppehållstiden i avloppsreningsanläggningen inte har kompenserats för i tillräcklig utsträckning.

5.2.3 Läkemedel med bättre reduktion hos Skatan än hos Sörfjärden

Ibuprofen har identifierats som ett ämne som hade bättre reduktion hos anläggningen i Skatan än hos anläggningen i Sörfjärden. I figur 5.9 visas exempel med mätningar av ibuprofen. Ur figuren framgår att Skatan vid de flesta mätpunkter hade högre reduktion än Sörfjärden. Ibuprofen brukar också reduceras bra i konventionella reningsverk och hade generellt en hög reduktion hos Tivoli, Essvik och Fillan ARV (Baresel m.fl., 2021). Henriksdals och Brommas reningsverk hade en hög reduktion på nära 100 % enligt Wahlberg m.fl. (2010) och detsamma gällde för de skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017) där medelreduktionen var 99 % samt för Borlänge ARV (Dahlqvist m.fl., 2020). På motsvarande sätt var reduktionen inte dålig i Sörfjärden, medianreduktionen låg på 75–80 % över hela anläggningen, men den var inte lika hög, d.v.s. nära 100 %, som i Skatan och hos de flesta konventionella anläggningarna.



Figur 5.9
Halter av ibuprofen vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.

5.2.4 Läkemedel med bättre reduktion hos Sörfjärden än hos Skatan

Följande läkemedel har identifierats ha bättre reduktion hos anläggningen i Sörfjärden än hos anläggningen i Skatan:

- Citalopram
- Sertralin
- Ketokonazol
- Furosemid
- Losartan
- Atenolol

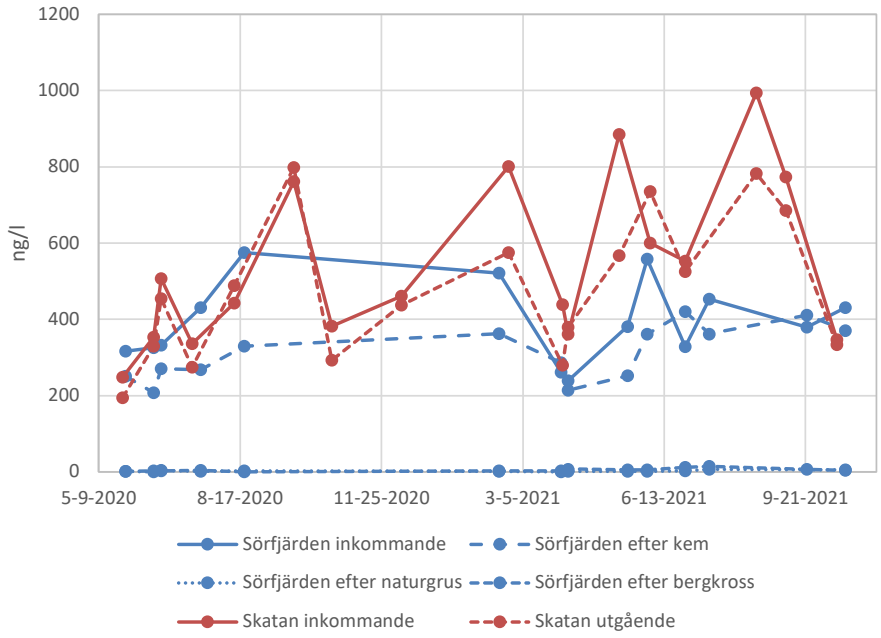
Exempel på analysresultat för citalopram, sertralin, Furosemid och atenolol visas i figur 5.10–5.13. Citalopram och sertralin är antidepressiva läkemedel av typen SSRI, ketokonazol är ett svampdödande medel, Furosemid är vätskedrivande och losartan är en blodtrycksmedicin.

Citalopram hade en medianreduktion på 99–100 % i Sörfjärden och en medianreduktion på 10 % i Skatan. Sertralin hade en medianreduktion på 95–98 % i Sörfjärden och en medianreduktion på 49 % i Skatan. I Henriksdals respektive Brommas reningsverk var reduktionen för citalopram negativ respektive bara några få procent medan reduktionen för sertralin ligger på ca 30 % respektive ca 40 %. Hos Tivoli och Fillan ARV var reduktionen av citalopram antingen negativ eller låg upp emot 13 % och hos Essvik ARV låg reduktionen på 0–21 % (Baresel m.fl., 2021). Citalopram hade en reduktion på 87 % hos Kristianstad reningsverk, 61 % hos Höganäs reningsverk och en reduktion på 41 % eller lägre för de övriga skånska reningsverk som undersökts av Svahn och Björklund (2017). Hos Borlänge ARV låg reduktionen någonstans mellan 30 % och 40 % enligt Dahlqvist m.fl. (2020). Reduktionen av sertralin låg som högst på 23 % hos Tivoli ARV, 31 % hos Fillan ARV och 53 % hos Essvik ARV. Hos de skånska reningsverken låg reduktionen av sertralin på 26–98 %. Hos Borlänge ARV låg reduktionen av sertralin på någonstans mellan 60 % och 70 %.

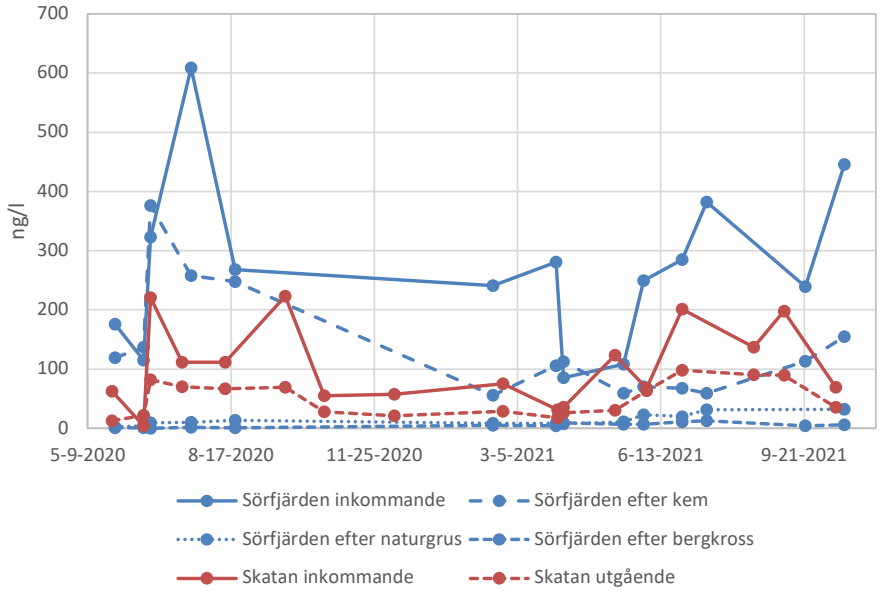
Samtliga utgående värden på ketokonazol från markbäddar i Sörfjärden låg under detektionsgränsen. Reduktionen för Skatan var också bra med ett medianvärde på 82 %. Ketokonazol hade också hög reduktion i Henriksdals respektive Brommas reningsverk (Wahlberg m.fl., 2010) samt i de skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017). Även i Borlänge ARV var reduktionen god, strax över 80 % enligt Dahlqvist m.fl. (2020).

Furosemid hade en medianreduktion på 86–93 % i Sörfjärden och en medianreduktion på 40 % i Skatan. Reduktionen i Henriksdals och Brommas reningsverk var låg, runt 10 %. Enligt Baresel m.fl. (2021) låg reduktionen som högst på 17 % hos Tivoli ARV, 32 % hos Fillan ARV och 8 % hos Essvik ARV.

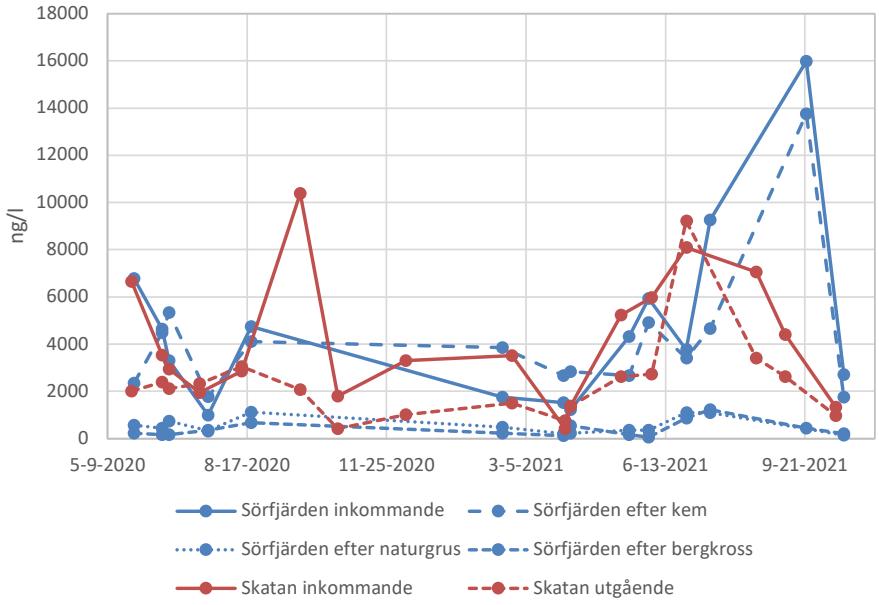
Reduktionen av losartan var inte så hög i Sörfjärden, utan medianvärdet låg på 45–74 %. Detta var dock tydligt bättre än i Skatan, där medianreduktionen låg på 9 %. Losartan hade en reduktion på runt 60 % i Henriksdals reningsverk och en reduktion på runt 50 % i Brommas reningsverk vilket alltså är jämförbart med reduktionen i Sörfjärden. Tre av den skånska reningsverk som utvärderats av Svahn och Björklund (2017) hade en reduktion på 37–59 % medan övriga fyra reningsverk hade nollreduktion eller negativ reduktion. Borlänge ARV hade en negativ reduktion av losartan enligt Dahlqvist m.fl. (2020).



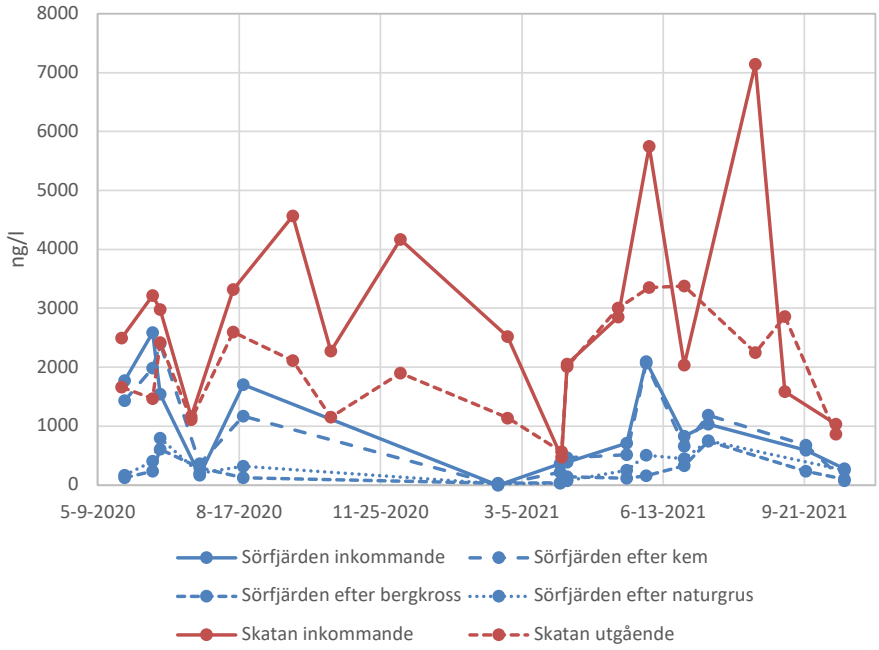
Figur 5.10
Halter av citalopram vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.



Figur 5.11
Halter av sertralin vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.



Figur 5.12
Halter av Furosemid vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.



Figur 5.13
Halter av atenolol vid olika mätpunkter hos avloppsanläggningarna i Sörfjärden och Skatan.

Mätningar av atenolol i Tivoli, Fillan och Essvik avloppsreningsverk visade att reduktionen var låg eller negativ (Baresel m.fl., 2021). För atenolol låg medianreduktionen för Sörfjärden på 65–70 % jämfört med Skatan där medianreduktionen låg på 22 %. Hos Henriksdals respektive Brommas reningsverk låg reduktionen runt 55 % respektive 35 % (Wahlberg m.fl., 2010). Borlänge ARV hade en negativ reduktion av atenolol enligt Dahlqvist m.fl. (2020).

Det är inte utrett om ovan nämnda ämnen bryts ner eller fastläggs i bäddmaterialet i Sörfjärdens anläggning, eller varför reningen är bättre än i mer konventionella reningsverk. Det kunde dock vara intressant att studera detta vidare – särskilt för citalopram och sertralin eftersom dessa ämnen har relativt hög reduktion i Sörfjärden ARV jämfört med andra avloppsreningsverk.

5.2.5 Antibiotika

Från resultaten av analyserna av antibiotika har det varit svårt att dra några slutsatser om reduktion på grund av att inkommande halter varit låga. För azitromycin och ciprofloxacin fanns några tillfälliga toppar på inkommande halter hos anläggningarna i Sörfjärden och Skatan. För klaritromycin hade anläggningen i Skatan några tillfälliga toppar på inkommande halter. I övrigt var inkommande halter låga för både Sörfjärden och Skatan. Utgående värden från markbäddarna var ofta högre än inkommande värden, se diskussion om detta fenomen i avsnitt 3.2.2. För erytromycin låg samtliga mätvärden under kvantifieringsgränsen eller detektionsgränsen. För sulfametoxazol och trimetoprim fanns några tillfälliga toppar på inkommande halter från Sörfjärden men i övrigt var inkommande halter från Sörfjärden och Skatan låga. Vid de tillfälliga topparna för inkommande vatten var reduktionen bra i anläggningen i Sörfjärden, men i övrigt var reduktionen varierande.

Under diskussionsmötet lyftes frågeställningen om antibiotika och antimyotika kan påverka markbäddarna negativt.

5.2.6 Skillnader mellan bäddarna

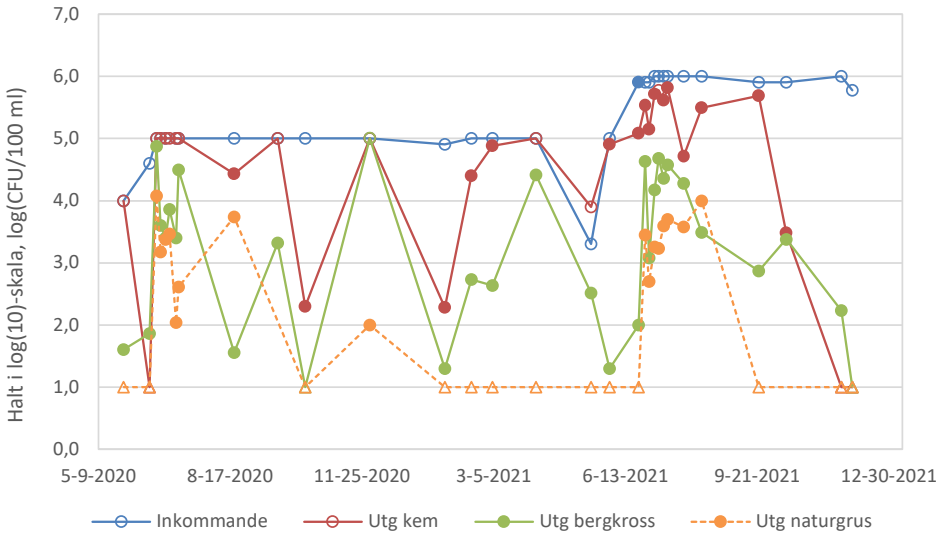
Den allmänna slutsatsen från styr- och referensgruppen har varit att det inte säkert går att se någon skillnad mellan bäddmaterialen bergkross och naturgrus vad gäller läkemedelsrening. Ur resurshushållningsperspektiv finns det således inte några tecken på att bergkross skulle fungera sämre än naturgrus vad gäller läkemedelsrening.

5.3 Patogener

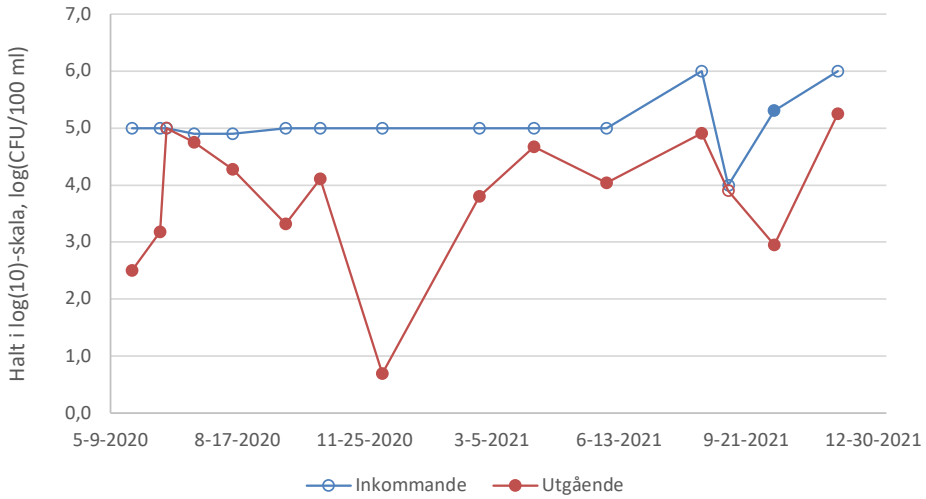
I detta avsnitt redovisas resultat från mätning av de två bakterieindikatorerna E. coli och Intestinala enterokocker och resultat från virusindikatorn somatiska kolifager.

5.3.1 E. coli

Vid analys av E. coli låg majoriteten av mätpunkter på inkommande halter över den övre kvantifieringsgränsen hos både Sörfjärden (figur 5.14) och Skatan (figur 5.15). Detta trots att extra resurser i projektet lades på att få en högre kvantifieringsgräns inför provtagningskampanjen sommaren 2021. Med anledning av att halterna ofta låg över kvantifieringsgränsen är det svårt att dra några slutsatser om reduktionen för respektive anläggning vilket också gör det svårt att göra jämförelser anläggningarna emellan. Däremot kan reduktionen hos naturgrusbädden och bergkrossbädden jämföras och mätdata tyda på att reduktionen ofta var högre och stabilare hos naturgrus än hos bergkross, men att bergkrossbädden också oftast bidrog med en reduktion av E. coli jämfört med utgående vatten efter kemverket. Det går också att säga att reduktionen hos bergkross låg på 95 % eller högre i minst 24 av 30 mättillfällen och att motsvarande siffra för naturgrus var minst 26 av 28 mättillfällen. För övriga mättillfällen går det dock inte att säga om reduktionen låg under 95 % eller inte. På motsvarande sätt går det att säga att reduktionen hos bergkross låg på 99 % eller högre i minst 15 av 30 mättillfällen medan siffran för naturgrus låg på minst 24 av 28 mättillfällen. Fullständiga analysdata för E. coli finns i bilaga F och G.



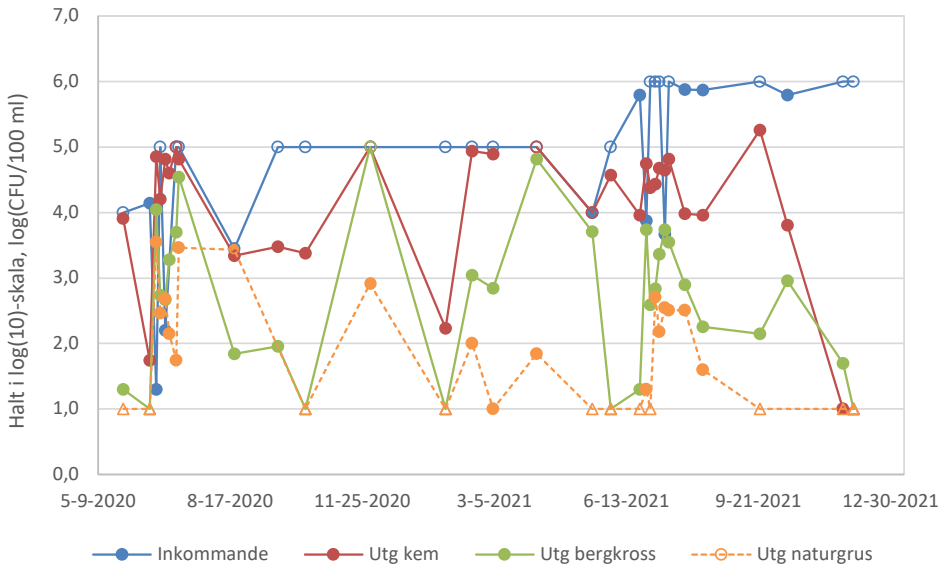
Figur 5.14
Halter av E. coli vid olika mättillfällen hos anläggningen i Sörfjärden. Cirkel utan fyllning betecknar att värdet är ett ”större än”-värde (det vill säga att värdet ligger över övre kvantifieringsgränsen) medan fylld cirkel innebär att värdet är ett faktiskt värde. Triangel utan fyllning betyder att värdet är ett ”mindre än”-värde.



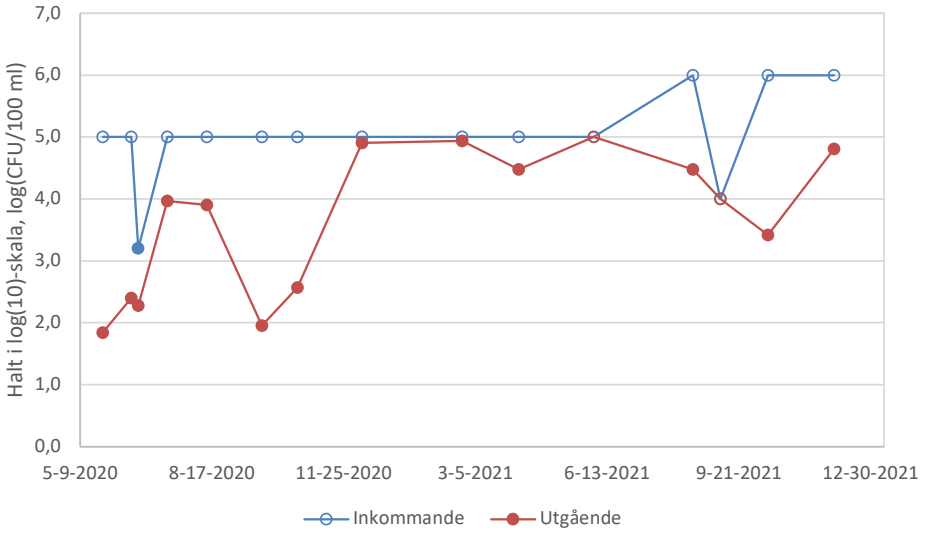
Figur 5.15
Halter av E. coli vid olika mättillfällen hos anläggningen i Skatan. Cirkel utan fyllning betecknar att värdet är ett ”större än”-värde (det vill säga att värdet ligger över övre kvantifieringsgränsen) medan fylld cirkel innebär att värdet är ett faktiskt värde.

5.3.2 Intestinala enterokocker

Inkommande halter låg för det mesta över den övre kvantifieringsgränsen även för Intestinala enterokocker hos både anläggningen i Sörfjärden (figur 5.16) och Skatan (figur 5.17). Liksom för E. coli är det svårt att dra några slutsatser om reduktionen för respektive anläggning vilket också gör det svårt att göra jämförelser anläggningarna emellan. Reduktionen av Intestinala enterokocker verka dock ha samma tendens som reduktionen av E. coli till att generellt sett vara stabilare och bättre hos naturgrus än hos bergkross. Reduktionen hos bergkross låg på 95 % eller högre i minst 22 av 30 mättillfällen medan motsvarande siffra för naturgrus var minst 24 av 28 mättillfällen. För övriga mättillfällen går det dock inte att säga om reduktionen låg under 95 % eller inte. På motsvarande sätt går det att säga att reduktionen hos bergkross låg på 99 % eller högre i minst 19 av 30 mättillfällen medan siffran för naturgrus låg på minst 23 av 28 mättillfällen. Fullständiga analysdata för Intestinala enterokocker finns i bilaga F och G.



Figur 5.16
Halter av Intestinala enterokocker vid olika mättillfällen hos anläggningen i Sörfjärden. Cirkel utan fyllning betecknar att värdet är ett ”större än”-värde (det vill säga att värdet ligger över övre kvantifieringsgränsen) medan fylld cirkel innebär att värdet är ett faktiskt värde. Triangel utan fyllning betyder att värdet är ett ”mindre än”-värde.



Figur 5.17
Halter av Intestinala enterokocker vid olika mättillfällen hos anläggningen i Skatan. Cirkel utan fyllning betecknar att värdet är ett ”större än”-värde (det vill säga att värdet ligger över övre kvantifieringsgränsen) medan fylld cirkel innebär att värdet är ett faktiskt värde.

5.3.3 Bakteriereduktion

Om mätningarna i Sörfjärden jämförs med studierna från Ljung m.fl. (2013) och Ulinder m.fl. (2021), se avsnitt 2.1., kan konstateras att de nuvarande mätningarna pekar i samma riktning som resultaten från Ljung m.fl. (2013) – det vill säga att naturgruset oftare hade en hög och stabil reduktion. I studien från Ljung m.fl. (2013) uppnåddes även stabil och hög reduktion av E. coli och Intestinala enterokocker hos bergkross, men det tog längre tid än för naturgrus. Det är möjligt att detta tyder på att reduktionen av bakterier har en högre uppstartstid för bergkross än för naturgrus och att detta medför att bergkross blir känsligare för stora säsongsvariationer än naturgrus eftersom stora skillnader i belastning kan innebära att bädden behöver tid att anpassa reduktionen vid kraftigare toppar.

Är då skillnaderna mellan bäddmaterialen ett problem för resultatet och hur bra fungerar reduktionen i Sörfjärden generellt? Och hur ser resultatet ut jämfört med Skatan? På grund av att inkommande vatten ofta låg över den övre kvantifieringsgränsen är det som nämnt svårt att beräkna reduktionsgrader och att jämföra reduktion mellan Skatan och Sörfjärden. Det finns inte heller några krav på utgående värden för patogener. Däremot finns gränsvärden för nulägesbedömning av EU-bad att jämföra mot för att ha något att förhålla sig till, se tabell 3.1. Vid jämförelse av utgående värden från naturgrusbädden

och bergkrossbädden från figur 5.14 med gränsvärdet för tjänligt med anmärkning, 1 000 cfu/100 ml för E. coli, motsvarande 3 $\log_{10}$ cfu/100 ml, kan konstateras att såväl utgående vatten från naturgrusbädden som utgående vatten från bergkrossbädden ofta låg över gränsvärdet under belastningstopparna under sommaren. Under resten av året verkar utgående vatten från naturgrusbädden stabilt ha legat under gränsvärdet (och generellt även under gränsvärdet för tjänligt utan anmärkning) medan bergkrossbädden hade halter över gränsvärdet vid några tillfällen även under denna period. För Skatan låg de flesta mätvärdena över gränsvärdet. För Intestinala enterokocker ligger gränsvärdet för tjänligt med anmärkning på 300 cfu/100 ml, motsvarande ca 2,48 $\log_{10}$ cfu/100 ml. Om värdena i figur 5.16 studeras kan det konstateras att mönstret för Intestinala enterokocker liknar det för E. coli., om än med större variationer. Gränsvärdet för tjänligt med anmärkning överskreds ofta under sommaren för båda bäddarna, även om naturgrusbädden hade lägre utgående värden än tidigare sommar och än bergkrossbädden under sommaren 2021. Under resten av året låg naturgrusbädden under gränsvärdet förutom vid ett tillfälle medan bergkrossbädden låg över gränsvärdet vid flera tillfällen. Även i Skatan överskreds gränsvärdet vid flera tillfällen för utgående vatten.

Det är egentligen inte meningen att någon ska bada direkt i utgående vatten från ett reningsverk, vilket gör att jämförelsen mot gränsvärden för badvattenkvalitet kan vara missvisande. Utgående vatten från konventionella reningsverk har ofta en halt på 4–5 $\log_{10}$ cfu/100 ml (Ottoson, pres. medd.). Utgående värden på E.coli hos naturgrusbädden låg under 4 $\log_{10}$ cfu/100 ml förutom i ett fall och utgående värden på Intestinala enterokocker låg under 4 $\log_{10}$ cfu/100 ml hos samtliga mätningar. Utgående vatten från bergkrossbädden låg antingen inom intervallet 4–5 $\log_{10}$ cfu/100 ml eller en bra bit under för både E. coli och Intestinala enterokocker. Detsamma gäller för utgående halter från Skatan.

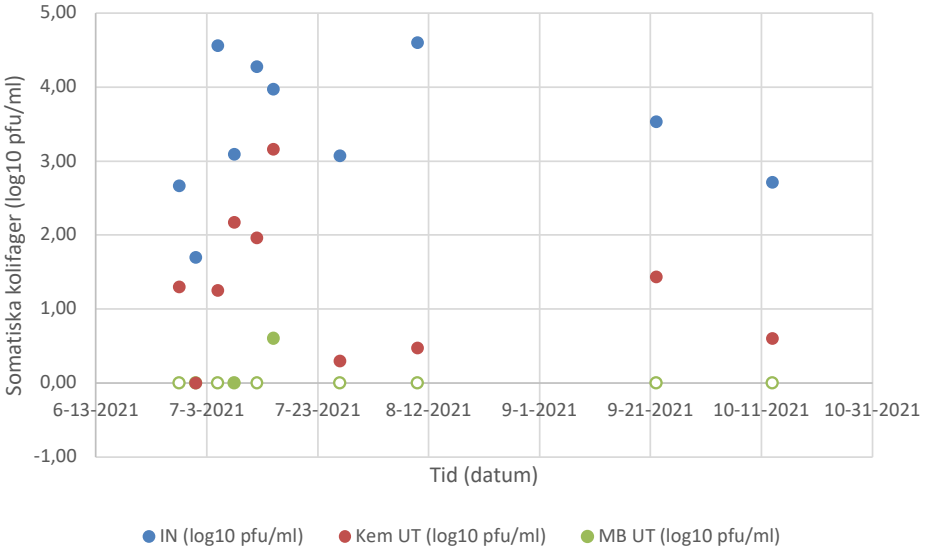
Vid jämförelse mellan utgående värden bör man dock generellt ha i åtanke att vi inte känner till hur höga inkommande halter var för de två anläggningarna. Exempelvis skulle man kunna misstänka att Sörfjärden under sommaren har relativt höga inkommande halter på grund av LTA-system och att det inte sker någon utspädning.

Orsaken till bättre reduktion i naturgrusbädden än i bergkrossbädden är okänt, men bland de skillnader som skulle kunna ha betydelse kan nämnas skillnader i hydraulisk konduktivitet, kornform, skillnader i kemiska egenskaper hos kornens ytor och skillnader i pH i markvätskan på grund av olika kemiska egenskaper hos materialen. Bergkross har teoretiskt sätt större tillgänglig yta än naturgrus, men samtidigt har sekundära beläggningar haft mer tid att bildas hos naturgrus vilket kan påverka ytkemiska egenskaper och därmed reduktionsförmåga. Det skulle kanske också kunna vara möjligt att naturgrus har större mikrobiologisk flora/förutsättningar för bildande av biohud före belastning av avloppsvatten. Vattengenomsläpplighetsmätningarna visar ingen större skillnad i hydraulisk konduktivitet mellan de två materialen. Däremot har det noterats vid den senaste mätningen att genomsläppligheten varierade relativt mycket mellan olika punkter och att det var stående vatten i punkten med lägst vattengenomsläpplighet vid mättillfället. Eventuellt kan detta tyda både på extra snabb vattengenomsläpplighet i den del av bädden – vilket ger sämre reduktion – medan det vid tillfällen med stående vatten i den andra delen också kan bidra till sämre rening på grund av sämre syretillförsel.

5.3.4 Somatiska kolifager

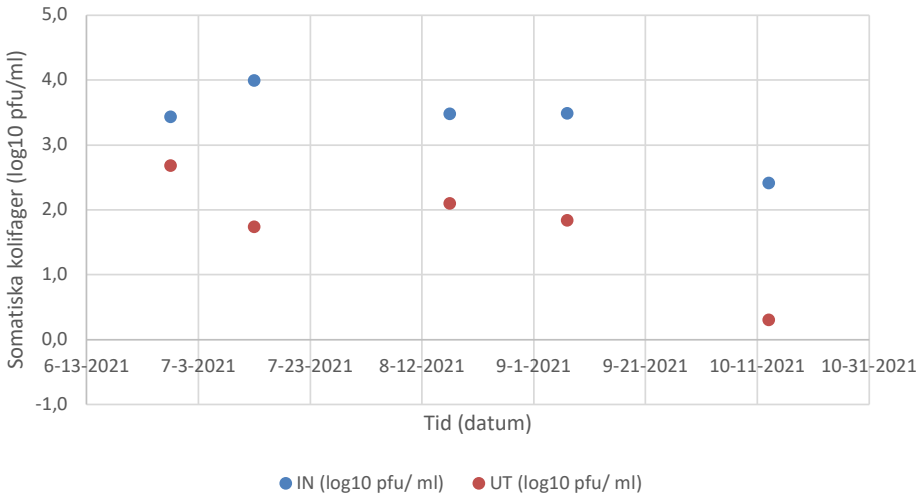
Somatiska kolifager är en indikator för virushalten i ett prov. Bakteriofager uppmättes i alla ingående prover i koncentrationer 1,7–4,6 $\log_{10}$ pfu ml^{-1} (figur 5.18-5.20). Kembehandlingen i Sörfjärden reducerade koncentrationerna mellan 0,8–4,2 $\log_{10}$ pfu (medel 2,2). I utgående vatten från markbäddarna i Sörfjärden var fager bara detekterbara i ett prov för vardera markbädd och då i låga koncentrationer, 1 och 4 pfu ml^{-1} prov (detektionsgräns 1 pfu ml^{-1}). Den mätbara reduktionen över markbäddarna i Sörfjärden

var 2,2 och 2,6 $\log_{10}$ pfu. Den högsta totala reduktionen över systemet var högre än 4,6 $\log_{10}$ pfu men kunde inte exakt fastställas med metodens detektionsgräns. Vid högre ingående koncentration kunde en större reduktion fastställas.

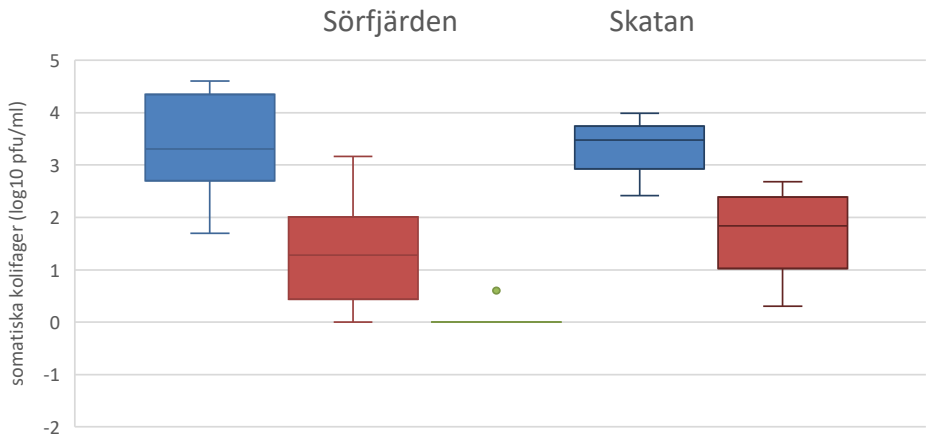


Figur 5.18
Koncentration (log10 pfu/ml) av bakteriofager i vatten från Sörfjärden vid olika provtagningstillfällen i ingående vatten (blå) och efter kemverk (röd) och efter rening i markbädd (grön - med prover under detektionsgräns utan fyllning).

Prover från Skatan hade mätbara koncentrationer i alla utgående vattenprover och reduktionen var i medeltal 1,6 $\log_{10}$ pfu (0.8–2.2).



Figur 5.19
Koncentration (log10 pfu/ml) av bakteriofager i vatten från Skatan vid olika provtagningstillfällen i ingående vatten (blå) och efter rening (röd).



Figur 5.20
Koncentration (log10 pfu/ml) av bakteriofager som medianvärde ± 25% av prover för vatten från Sörfjärden (Blå-IN, Röd-KEM, grön- UT MB) i vatten från Skatan (Blå-IN, Röd-UT). Då bara ett mätvärde ut från markbäddarna låg över den nedre detektionsgränsen visas detta värde som en ”outlier”.

Reduktionen i Sörfjärden var högre och stabilare än reduktionen i Skatan när reduktionen över hela systemet beräknas (figur 5.18–5.20). Detta gäller både för bergkrossbädden och naturgrusbädden. Vid två tillfällen var reduktionen i Sörfjärden minst 4,6 $\log_{10}$, se bilaga H, vilket är en högre virusreduktion än 1–2 $\log_{10}$ vilket är vanligt i konventionella ARV enligt Ottoson (2013). När reduktionen i Sörfjärden studeras kan man konstatera att reduktionen är god både över kemverket och över markbäddarna vilket gör att kombinationen av dessa steg ger en mycket god reduktion. Tabeller över mätdata och beräknade reduktioner finns i bilaga H.

5.4 Begränsningar i jämförelsen

En faktor som kan vara relevant att ha i åtanke vid jämförelse mellan Sörfjärden och Skatan samt jämförelse med konventionella anläggningar är belastningsskillnader mellan anläggningarna. Såväl Sörfjärden som Skatan har stor andel LTA-anslutning. Detta gör att inkommande vatten blir mer koncentrerat och halterna i Sörfjärden kan ligga 4–5 ggr högre och i Skatan 3–4 ggr högre än i normalt avloppsvatten. Högre koncentration hos inkommande vatten kan misstänkas dels skapa förutsättningar för bättre reduktion, dels leda till högre utgående halter – vilket skulle kunna påverka resultaten för såväl patogener som organiska föroreningar.

6 Slutsatser

Följande slutsatser kunde dras från studien:

Hydraulisk konduktivitet

1. Baserat på de utförda mätningarna är det inte möjligt att identifiera någon tydlig förändring av den hydrauliska konduktiviteten under perioden 2017–2021 då mätningarna utförts. Utförda mätningar kan inte heller påvisa någon tydlig skillnad i hydraulisk konduktivitet mellan det bergkross och naturgrus som används i markbäddarna vid Sörfjärdens avloppsreningsverk.
2. Det finns dock tendenser till större variation av genomsläpplighet vid olika punkter i bergkrossbädden än hos naturgrusbädden vid mätningen som utfördes hösten 2021. Detta skulle kunna påverka reningseffektiviteten. Här kan nämnas att det kan vara mer utmanande att hantera bergkrossmaterial utan att det skiktar sig jämfört med naturgrusmaterial, vilket bör tas hänsyn till vid framblandning av material och vid anläggandet.

Läkemedelsrester

3. För de tre substanserna paracetamol, metotrexat och estron verkar reningen fungera bra i både Skatan ARV och Sörfjärden ARV. Medianreduktionen för paracetamol låg på 100 % hos Skatan ARV och hos Sörfjärden på 92–99 %. För metotrexat kan noteras att inkommande halter till både Sörfjärden och Skatan ARV varit låga, men att reduktionen ändå lyfts som god eftersom samtliga utgående värden från anläggningen inte varit detekterbara. Estron hade en medianreduktion på 93–94 % hos Sörfjärden ARV och en medianreduktion på 87 % hos Skatan ARV. Reduktionen av paracetamol och metotextrat verkar ofta vara hög även hos konventionella reningsverk (100 %) medan reduktionen av estron kan variera mycket (från negativ reduktion till nära 100 %).
4. För substanserna diklofenak (SFÄ enligt HVMFS 2019:25), flukonazol, hydroklorotiazid, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och tramadol verkar reduktionen vara låg (mellan negativ reduktion till reduktion upp till 30 %) hos både anläggningen i Skatan och i Sörfjärden. Dessa substanser verkar också ofta ha låg reduktion i konventionella avloppsreningsverk (mellan negativ reduktion upp till 30 % reduktion är vanligt). Substansen naproxen hade en hyfsad medianreduktion i Sörfjärden ARV (48–52 %) och Skatan ARV (67 %) men mätpunkter med negativ reduktion förekom och reduktionen i Skatan och Sörfjärden ARV har därför klassats som mindre stabil än hos konventionella avloppsreningsverk (där reduktionen ligger mellan 34–97 % hos reningsverk som ingått i jämförelsen).
5. Ibuprofen verkar ha bättre reduktion i Skatan ARV (medianreduktion 100 %) än i Sörfjärden ARV (medianreduktion 75–80 %). Ibuprofen renas också generellt bra i konventionella reningsverk (ofta 90–100 % även om lägre värden förekommer).
6. Ämnena citalopram, sertralin, ketokonazol, furosemid, losartan och atenolol verkar ha bättre reduktion i Sörfjärden än i Skatan. Ämnena citalopram och sertralin utmärker sig genom att ha hög reduktion i Sörfjärden men betydligt lägre reduktion hos många andra avloppsreningsverk. Citalopram hade en medianreduktion på 99–100 % och sertralin en medianreduktion 95–98 % hos Sörfjärden ARV. Det är inte utrett vad den relativt höga reduktionen av dessa ämnen beror på men frågan vore intressant att studera vidare.
7. Från resultaten av analyserna av antibiotika har det varit svårt att dra några slutsatser om reduktion på grund av att inkommande halter varit låga.
8. Det finns inte några tecken på att bergkross skulle fungera sämre än naturgrus vad gäller läkemedelsrening.

Bakterier

9. Eftersom inkommande halter på E. coli och Intestinala enterokocker ofta ligger över övre detektionsgränsen hos Sörfjärden och Skatan så blir det svårt att:
   - Uttala sig om faktiska reduktionsgrader för de två anläggningarna
   - Jämföra reduktionen mellan Sörfjärden och Skatan.
   - Det går dock att jämföra reduktionen över bäddarna eftersom de nås av samma inkommande vatten.
10. Naturgrusbädden verkar över lag ha en mer stabilt hög reduktion av E. coli och Intestinala enterokocker än bergkrossbädden.
11. Utgående halter E.coli och Intestinala enterokocker låg oftare över gränsvärden för badvattenkvalitet för bergkrossbädden än för naturgrusbädden. Bergkrossbädden har i sin tur ett likvärdigt eller något bättre resultat jämfört med utgående halter från Skatan. Vid jämförelse med utgående halter för konventionella avloppsreningsverk har anläggningarna i Sörfjärden och Skatan liknande eller lägre utgående värden.

Virus

12. Virusreduktionen i Sörfjärden ARV är högre än virusreduktionen i Skatan ARV. När reduktionen i Sörfjärden studeras kan man konstatera att reduktionen är god både över kemverket och över markbäddarna vilket gör att kombinationen av dessa steg ger en mycket god reduktion.
13. Virusreduktionen i Sörfjärden ARV är också generellt hög jämfört med vad som är vanligt i konventionella avloppsreningsverk.

Begränsningar i jämförelsen

14. Inkommande vatten till Sörfjärden och Skatan ARV har en relativt låg andel ovidkommande vatten jämfört med inkommande vatten till konventionella reningsverk på grund av stor andel LTA-anslutningar. Detta kan leda till högre koncentrationer av exempelvis läkemedelsrester och smittämnen i inkommande vatten vilket kan misstänkas dels skapa förutsättningar för bättre reduktion, dels leda till högre utgående halter vilket kan påverka jämförelsen.

Referenser

Litteratur

Baresel, C., Malovanyy, A., Tuvesson, M., Schröder, J., Roos, M., Holmlund, P. (2021). *Förstudie läkemedelsrening Sundsvall – Recipient, behov av avancerad rening och integrering i Sundsvalls framtida avloppsvattenrening*. IVL Svenska Miljöinstitutet.

Dahlqvist, K., Holm, G., Karlsson, L., Molin, H., Morling, S., Robertson, S., Svahn, O., Ashour Mahmoud, R., Lilliestråle, M. (2020). *Förstudie och pilotförsök av läkemedelsrening vid Borlänge ARV*. Sweco Environment.

De Lange, H.J., Noordoven, W., Murk, A.J., Lürling, M., Peeters, E.T. (2006). Behavioral responses of Gammarus pulex (Crustacea, Amphipoda) to low concentrations of pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*. Volume 78, Issue 3, pp. 209–216.

Eveborn, D., Gustafsson, J.P., Elmefors, E., Ljung, E., Yu, L., Renman, G. (2012). *Kvantifiering av fosforläckage från markbaserade avloppssystem*. Uppdragsrapport. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala.

Eveborn, D., Holm, C., Gustafsson, J. P. (2009). *Fosfor i infiltrationsbäddar fastläggning, rörlighet och bedömningsmetoder*. Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm.

Gros, M., Blum, K.M., Jernstedt, H., Renman, G., Rodríguez-Mozaz, S., Haglund, P., Andersson, P.L., Wiberg, K., Ahrens, L. (2017). *Screening and prioritization of micropollutants in wastewaters from on-site sewage treatment facilities*. Journal of Hazardous Materials, 328 (2017) 37–45.

Havs- och vattenmyndigheten (2021). *Vägledning kring EU-bad*. Version 11. Rapport 2021:17.

Jenssen P. D., Jonasson S. A., Heistad A. (2006). *Naturbasert rensing av avløppsvann, en kunskapssammenstilling med hovedvekt på norske erfaringer*. Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm, Sweden.

Lagerblad, B., Westerholm, M. & Gram, H.-E., 2011. *Bergkrossmaterial som ballast i Betong*. CBI Betonginstitutet AB.

Larsson, D.G.J., Adolfsson Erici, M., Parkkonen, J., Pettersson, M., Berg, H., Olsson, P.-E., Förlin, L. (1999). Ethinyloestradiol – An undesired fish contraceptive? *Aquatic Toxicology*. Volume 45, Issues 2–3, pp. 91–97.

Ljung E., Elmefors E., Palm O. (2013). *Markbäddars uppstartstid och krossmaterials påverkan på bäddens funktion under uppstartsfas* (Kretslopp & Avfall). JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Naturvårdsverket (2017). *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen – Behov, teknik och konsekvenser*. Naturvårdsverket rapport 6766.

Naturvårdsverket (1991). *Rening av hushållsspillvatten – Infiltrationsanläggningar och markbäddar för fler än 25 personer*. Naturvårdsverkets allmänna råd 91:2.

Naturvårdsverket (1985). Avloppsvatteninfiltration – förutsättningar, funktion och miljökonsekvenser. Nordisk samrapport.

Nilsson, P. (1990). *Infiltration of Wastewater. An Applied Study on Treatment of Wastewater by Soil Infiltration*. Lunds Tekniska Högskola, VA-Teknik. Rapport nr 1002. Lund.

Norin, E., Bellander, F., Johansson, L. (2005). *Uppföljning av funktionen hos öppna filterbäddar*. VA-Forsk rapport, nr 2005-16. Svenskt Vatten, Stockholm.

Ottoson, J. (2013). *Funktionskrav för Små Avlopp – underlag för beslut om krav på reduktion- och utsläppsnivåer av fekala mikroorganismer från små avloppsanläggningar*. Uppsala.

Ottoson, J., Hansen, A., Westrell, T., Johansen, K., Norder, H., Stenström, T. A. (2006). Removal of Noro- and Enteroviruses, Giardia Cysts, Cryptosporidium Oocysts, and Fecal Indicators at Four Secondary Wastewater Treatment Plants in Sweden. *Water Environment Research* 78(8):828–834.

Palm O., Elmefors E., Moraeus P., Nilsson P., Persson L., Ridderstolpe P., Eveborn D. (2012). *Läget inom markbaserad avloppsvattenrening: samlad kunskap*.

Palmér Rivera, M. (2006). *Avloppsanläggningar för 25–2000 pe – En nationell översikt*. VA-Forsk rapport, nr 2006-21. Svenskt Vatten, Stockholm.

Ridderstolpe P. (2009). *Markbaserad rening: en förstudie för bedömning av kunskapsläge och utvecklingsbehov*. Länsstyrelsen Västra Götalands län, Gothenburg, Sweden.

Schröder, J. (2018). *Läkemedelsrester och SFÄ i utgående vatten – Tivoli, Fillan och Näs ARV 2017*. MittSverige Vatten & Avfall.

Siegrist, R.L., Tyler, E.J. & Jenssen, P.D., (2000). *Design and Performance of Onsite Wastewater Soil Absorption Systems*. 1001446 USEPA.

Svahn, O., & Björklund, E. (2017). *Läkemedelsutsläpp från Skånska avloppsreningsverk 2017: ett utvecklings- och samarbetsprojekt på Högskolan Kristianstad i samarbete med Region Skåne och 6 skånska reningsverksaktörer*. Högskolan Kristianstad.

Triebskorn, R., Casper, H., Heid, A., Eikemper, R., Kohler, H.-R. och Schwaiger, J. (2004). Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part II. Cytological effects in liver, kidney, gills, and intestine of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Aquatic Toxicology* 68, Issue 2, pp. 151–166.

Ulinder, E., Sönegård, E. Fridholm, H., Tuvesson, M., Norin, E. (2021). *Bergkross och naturgrus som filtermaterial i markbäddar – En fullskalestudie av reningseffekt och vattengenomsläpplighet*. SVU Rapport 2021-6, Svenskt Vatten Utveckling.

Wahlberg, C., Björlenius, B., Paxéus, N. (2010). *Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö – Förekomst, förebyggande åtgärder och rening av avloppsvatten*. Stockholm Vatten.

Webbsidor

Kemikalieinspektionen (2022). Etappmål för farliga ämnen [digital]. https://www.kemi.se/om-kemikalieinspektionen/vart-uppdrag/giftfri-miljo/etappmal-for-farliga-amnen, publicerad 2022-08-10, hämtad 2022-08-17.

Personlig kommunikation

Ottoson, Jakob, riskvärderare vid Livsmedelsverket, 2022-10-17.

Svahn, Ola, forskare på Högskolan Kristianstad, 2022-09-20.

Bilagor

Bilaga A Analyserade läkemedel

Alla substanser i svart text har ingått bland de läkemedel som analyserats. Röda och överstrukna substanser betyder att ämnet inte analyserats. Att PFAS-11 satts inom parentes innebär att endast två PFAS-substanser har analyserats, PFOA och PFOS, men inte övriga PFAS-substanser i gruppen.

SFÄ enligt HVMFS 2019:25	Läkemedelsverkets rekommendation	Naturvårdsverkets rekommendation
Ciprofloxacin	Ciprofloxacin	Atenolol
Diklofenak	Citalopram	Karbamazepin
17-alfa-etinylöstradiol	Klaritromycin	Ciprofloxacin
17-beta-östradiol	Diklofenak	Citalopram
	Erytromycin	Klaritromycin
	Estradiol	Diklofenak
	Etinylestradiol	Erytromycin
	Flukonazol	~~Fenolära ämnen~~
	Ibuprofen	Flukonazol
	Karbamazepin	Ibuprofen
	Ketokonazol	Ketokonazol
	~~Levonorgestrel~~	Losartan
	Losartan	Metotrexat
	Metoprolol	~~Etotrexat~~
	Metotrexat	Metoprolol
	Naproxen	~~Mutagenicitet~~
	Oxazepam	Naproxen
	Sertralin	Oxazepam
	Sulfametoxazol	Paracetamol
	Tramadol	(PFAS-11)
	Trimetoprim	Propranolol
	Zolpidem	Sertralin
		Sulfametoxazol
		Tramadol
		Trimetoprim
		Venlafaxin
		Zolpidem
		~~Östrogena effekter~~

Bilaga B Beräkning av hydraulisk konduktivitet

Fältmätning av hydraulisk konduktivitet utfördes med dubbelringsinfiltrometer. I enlighet med ISO 22282-5:2012 användes sedan ekvation (1) för beräkning av den hydrauliska konduktiviteten, k.

$$\boldsymbol{t = \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{h_0 - h(t)}{k\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)} + \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{\Delta\theta\left(\Psi_f - h_0\right)}{k\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)^2} \cdot \ln\left(\frac{\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)\left(h_0 - h(t)\right)}{\Delta\theta\left(h_0 - \Psi_f\right)} + 1\right)} \quad (1)$$

där:

h(t)	Vattennivån vid tiden t
h_o	Vattennivån vid start av test
S_s	Sektionen av röret där vattennivån varierar
S_I	Basen av infiltrometern
k	Den hydrauliska konduktiviteten vid mättade förhållanden
Ψ_f	Undertrycket vid infiltrationsfronten
Δθ	Skillnaden mellan mättat vatteninnehåll och initialt vatteninnehåll i den undersökta marken.

Givet försökets utformning kan ekvation (1) förenklas givet ett antal antaganden:

- Uttrycket $S_s/S_I = 1$ då basen och toppen av innerringen hade samma diameter.
- Undertrycket Ψ_f ansätts till noll (Ψ_f=0), vilket resulterar i en liten överskattning av den hydrauliska konduktiviteten enligt ISO-standarden.

Under ovanstående förutsättningar kan ekvation (1) skrivas om enligt (där $\Delta h(t) = h_o - h(t)$).

$$\boldsymbol{t = f(\Delta h(t), \Delta\theta) + g(\Delta h(t), \Delta\theta)} \quad (2)$$

där

$$f(\Delta h(t), \Delta\theta) = \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{\Delta h(t)}{k\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)} = 1 \cdot \frac{\Delta h(t)}{k(1 - \Delta\theta)}$$

$$g(\Delta h(t), \Delta\theta) = \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{\Delta\theta\left(\Psi_f - h_0\right)}{k\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)^2} \cdot \ln\left(\frac{\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)\Delta h(t)}{\Delta\theta\left(h_0 - \Psi_f\right)} + 1\right) =$$

$$= 1 \cdot \frac{\Delta\theta(0 - h_0)}{k(1 - \Delta\theta)^2} * \ln\left(\frac{(1 - \Delta\theta)\Delta h(t)}{\Delta\theta(h_0 - 0)} + 1\right)$$

Då ingen grävning fick utföras i markbäddarna, och därmed inga jordprover tas ur markbäddarna, har parametern Δθ inte kunnat utvärderas. Vid varje infiltrationsförsök utfördes ett antal upprepade mätningar före den mätning som användes vid utvärdering av den hydrauliska konduktiviteten. Mot denna bakgrund gjordes antagandet att skillnaden i vatteninnehåll före och efter mätning, , var noll (eller nära noll) vid utförandet av den sista mätningen.

Lösningen till Ekvation 1 när Δθ→0 har utvärderats numeriskt genom att studera vad som händer med funktionerna f(Δh(*t*),Δθ) respektive *g*(Δh(*t*),Δθ) från ekvation 2 under försöket som utfördes 2017-11-03 i position N1 när Δh(*t*)=5 och den hydrauliska konduktiviteten, k, ansatts till $1{,}7 \cdot 10^{-4}$ m/s, se Tabell.

Δθ	0,1	0,01	0,001	0,0001	10^{-10}
f(Δh(t),Δθ)	320	291	289	288	288
g(Δh(t),Δθ)	-115	-28	-5	-1	0

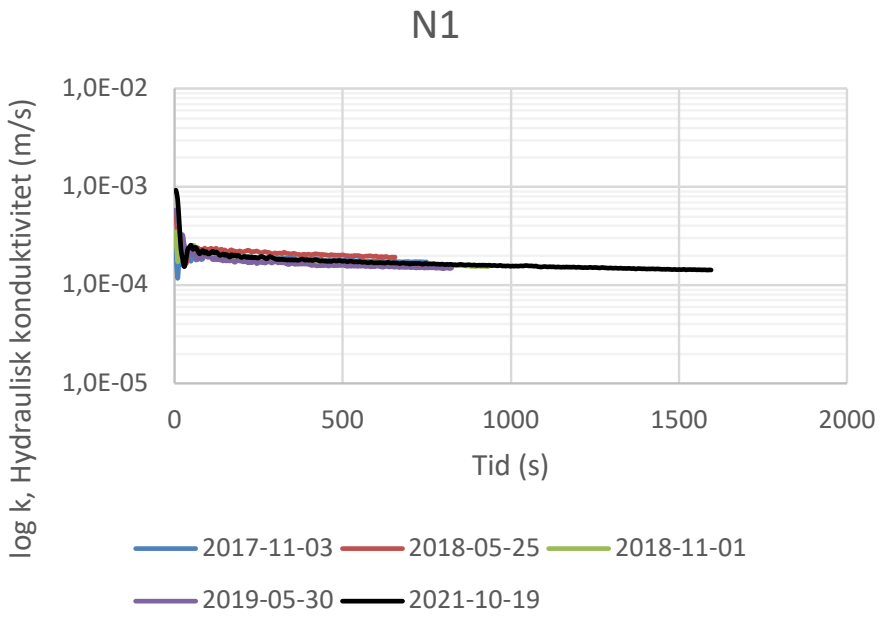
Tabell B.1
Beskrivning av funktion *f*(Δh(*t*),Δθ) och *g*(Δh(*t*),Δθ) när Δθ→0 under försöket som utfördes 2017-11-03 i position N1 när Δ*h*(*t*)=5 och k ansatts till $1{,}7 \cdot 10^{-4}$ m/s n.

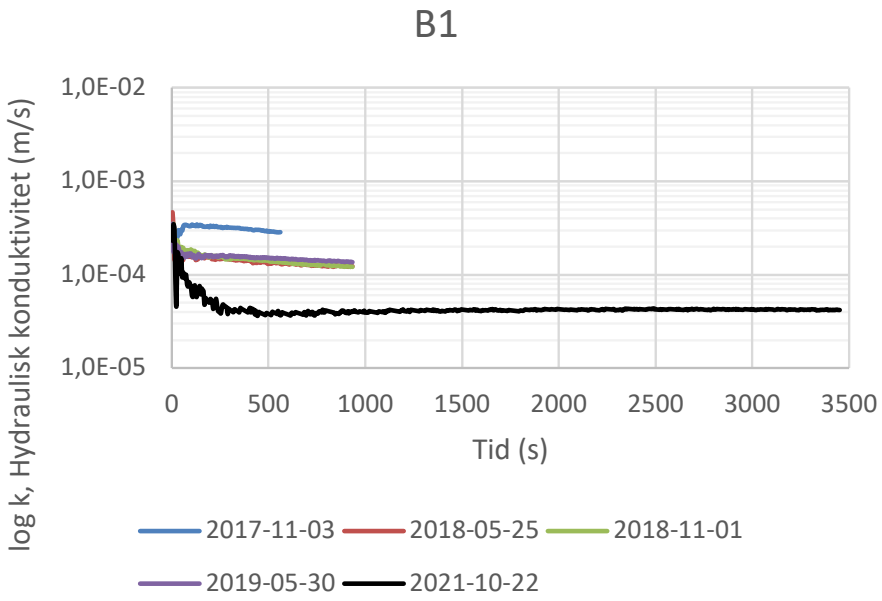
Givet att *g*(Δ*h*(t),Δ*θ*)→*o* när Δθ→0 kan den hydrauliska konduktiviteten beräknas genom att finna lösningen till Ekvation 3.

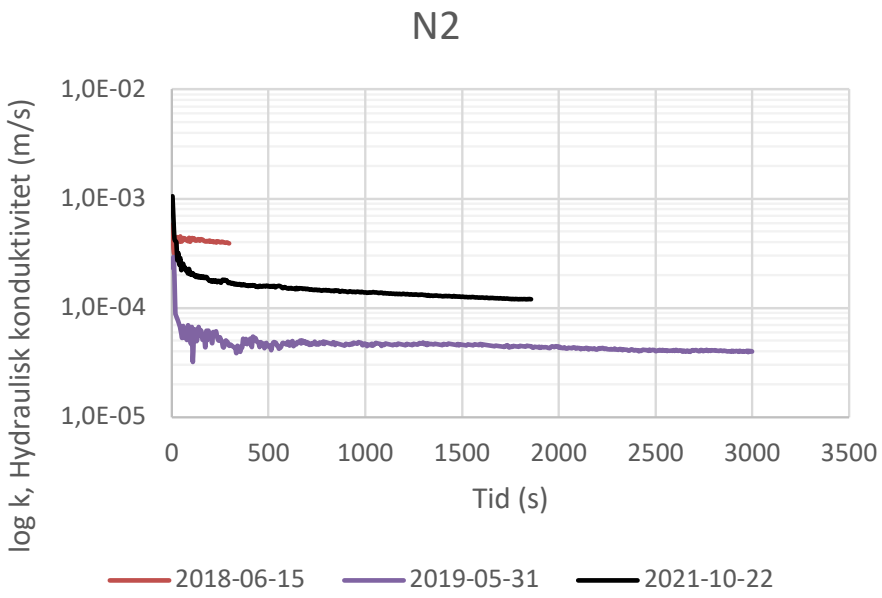
$$
\begin{aligned}
t &= \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{h_0 - h(t)}{k\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)} \\
&\leftrightarrow \\
k &= \left(\frac{S_s}{S_I}\right)^2 \frac{h_0 - h(t)}{t\left(\frac{S_s}{S_I} - \Delta\theta\right)} \\
&\leftrightarrow \\
k &= (1)^2 \frac{h_0 - h(t)}{t(1-0)} \\
&\leftrightarrow \\
k &= \frac{h_0 - h(t)}{t}
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

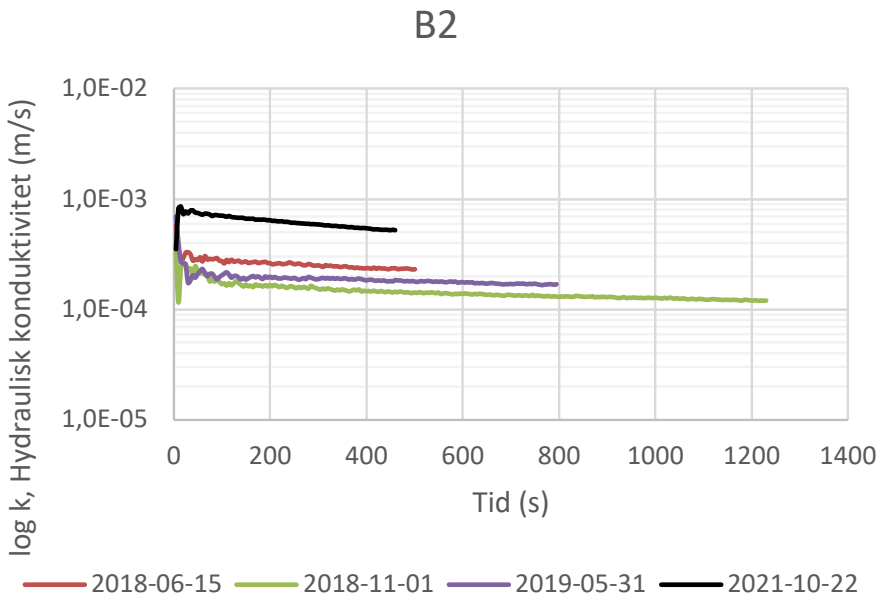
Värdet på den mättade hydrauliska konduktiviteten k beräknades sedan för alla *h*(*t*) för den mätning som utvärderades, varvid det beräknade värdet vid *h*(*max*(*t*)) valdes som representativt värde för den utvärderade mätningen.

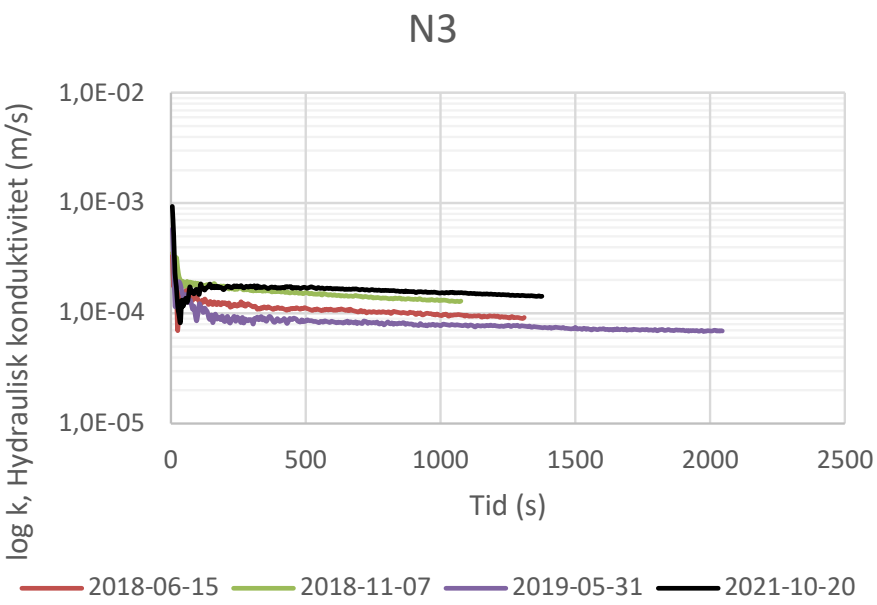
Bilaga C Mätningar hydraulisk konduktivitet

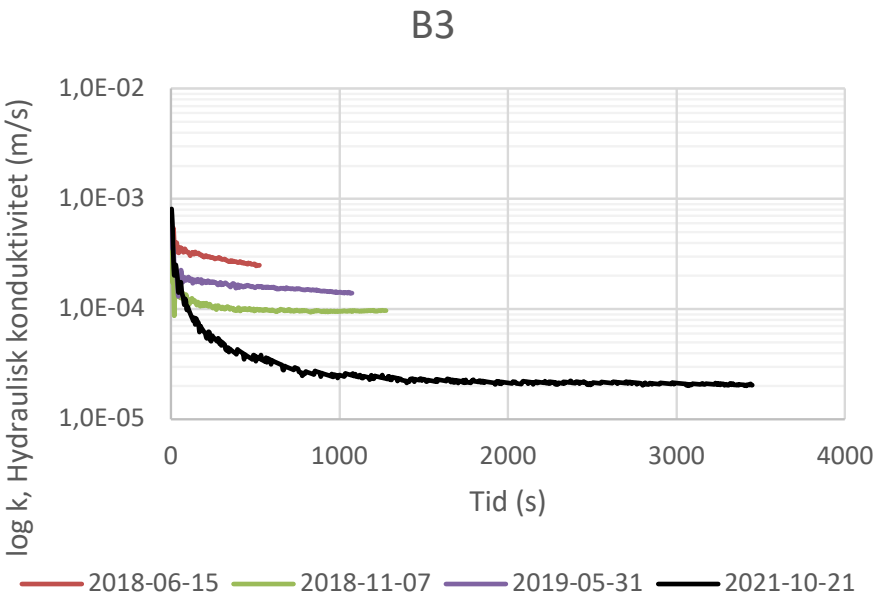


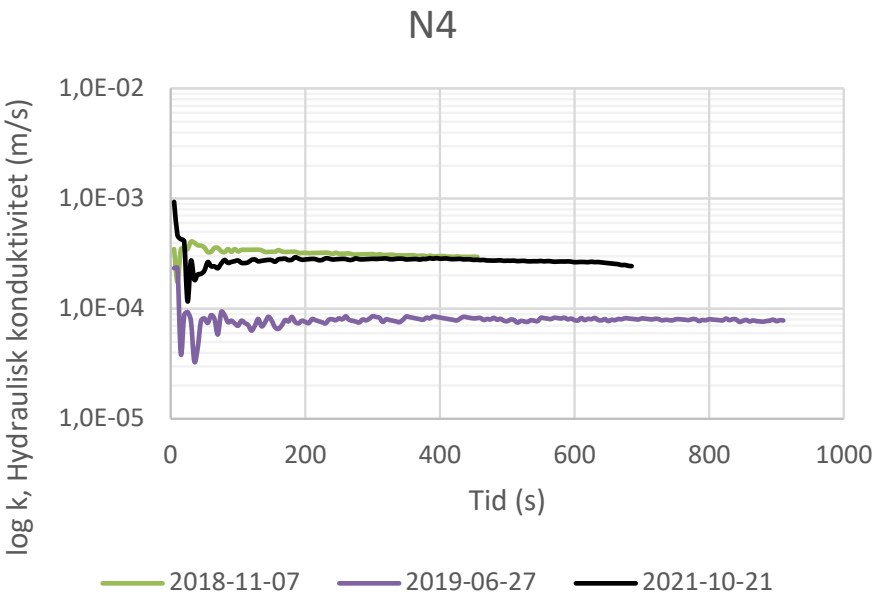


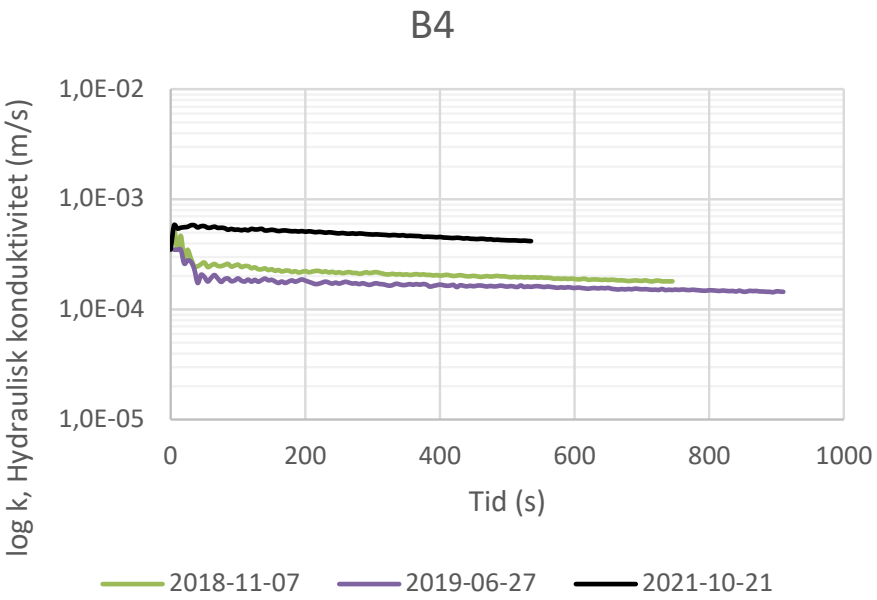

N2
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Tid (s)
2018-06-15
2019-05-31
2021-10-22

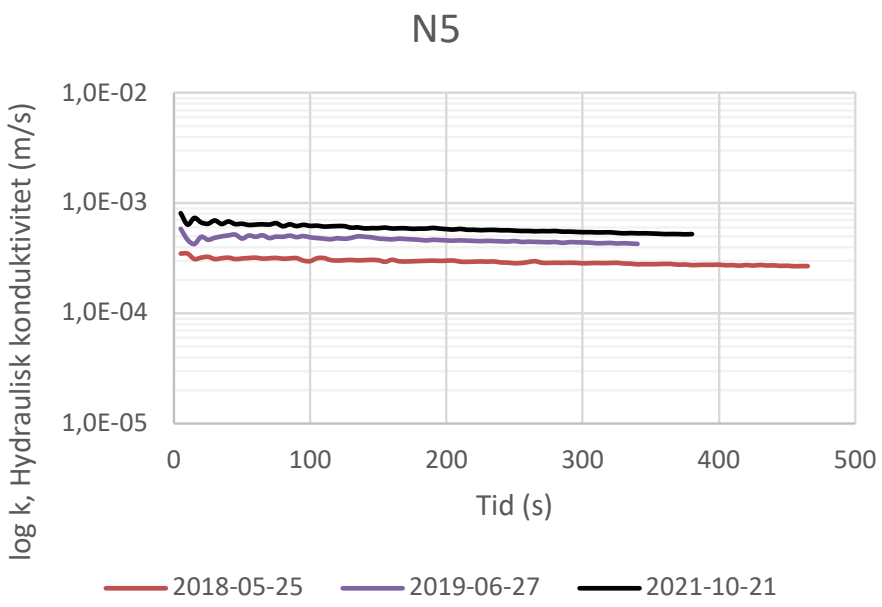

B2
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Tid (s)
2018-06-15
2018-11-01
2019-05-31
2021-10-22

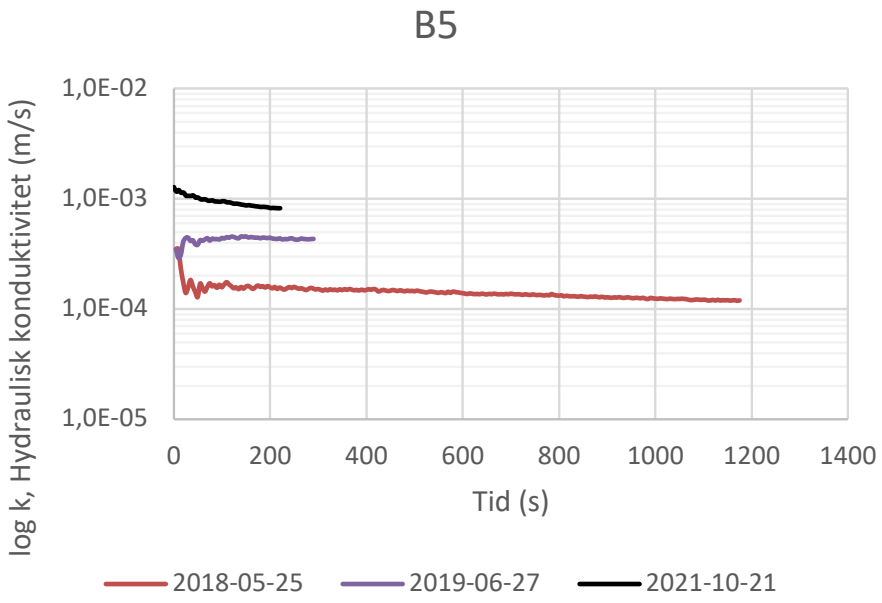

N3
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
500
1000
1500
2000
2500
Tid (s)
2018-06-15
2018-11-07
2019-05-31
2021-10-20


B3
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
1000
2000
3000
4000
Tid (s)
2018-06-15
2018-11-07
2019-05-31
2021-10-21


N4
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
200
400
600
800
1000
Tid (s)
2018-11-07
2019-06-27
2021-10-21


B4
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
200
400
600
800
1000
Tid (s)
2018-11-07
2019-06-27
2021-10-21


N5
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
100
200
300
400
500
Tid (s)
2018-05-25
2019-06-27
2021-10-21


B5
log k, Hydraulisk konduktivitet (m/s)
1,0E-02
1,0E-03
1,0E-04
1,0E-05
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Tid (s)
2018-05-25
2019-06-27
2021-10-21

Bilaga D Analysresultat läkemedel Sörfjärden

Analysresultat, inklusive reduktion mellan de olika provpunkterna, för Söfjärden redovisas i tabellform per ämnestyp, enligt nedan uppdelning:

- Läkemedel del 1: tabell D.1
- Läkemedel del 2: tabell D.2
- Antibiotika och hormoner: tabell D.3
- Andra organiska mikroföroreningar: tabell D.4

För samtliga tabeller i bilagan gäller följande:

- n.d = ej detekterad
- LOQ = metodens kvantifieringsgräns
- * = reduktion ej beräknad pga. analysresultatet har angett n.d. alt. LOQ

Tabell D.1 Läkemedel del 1 Sörfjärden

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2020-05-28											
Sörfjärden INK	1 775	961	316	1 743	30,3	6 773	215	13 209	4,60	169	7 267
Sörfjärden UTG kem.	1 429	957	251	2 169	41,3	2 347	363	7 939	5,38	25,4	4 881
Sörfjärden UTG mb1	121	1 590	1,59	331	134	227	450	123	55	n.d	277
Sörfjärden UTG mb2	170	1 564	1,21	874	129	559	468	134	202	n.d	1 734
Reduktion INK-kem.	*19%*	*0%*	*21%*	*-24%*	*-36%*	*65%*	*-68%*	*40%*	*-17%*	*85%*	*33%*
Reduktion kem.-mb1	*92%*	*-66%*	*99%*	*85%*	*-225%*	*90%*	*-24%*	*98%*	*-930%*	*	*94%*
Reduktion kem.-mb2	*88%*	*-63%*	*100%*	*60%*	*-211%*	*76%*	*-29%*	*98%*	*-3 650%*	*	*64%*
Reduktion INK-mb1	*93%*	*-65%*	*99%*	*81%*	*-343%*	*97%*	*-109%*	*99%*	*-1 105%*	*	*96%*
Reduktion INK-mb2	*90%*	*-63%*	*100%*	*50%*	*-325%*	*92%*	*-118%*	*99%*	*-4 287%*	*	*76%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2020-06-17											
Sörfjärden INK	2 590	942	325	2 753	1,40	4 645	1 025	17 646	6 418	235	11 962
Sörfjärden UTG kem.	1 987	229	207	1 456	1,20	4 487	715	18 866	944	59,7	6 881
Sörfjärden UTG mb1	232	1 010	2,16	368	10,1	156	869	379	357	n.d	542
Sörfjärden UTG mb2	401	887	0,59	1 026	9,08	433	842	144	464	n.d	2 763
Reduktion INK-kem.	*23%*	*76%*	*36%*	*47%*	*14%*	*3%*	*30%*	*-7%*	*85%*	*75%*	*42%*
Reduktion kem.-mb1	*88%*	*-340%*	*99%*	*75%*	*-746%*	*97%*	*-22%*	*98%*	*62%*	*	*92%*
Reduktion kem.-mb2	*80%*	*-287%*	*100%*	*30%*	*-658%*	*90%*	*-18%*	*99%*	*51%*	*	*60%*
Reduktion INK-mb1	*91%*	*-7%*	*99%*	*87%*	*-624%*	*97%*	*15%*	*98%*	*94%*	*	*95%*
Reduktion INK-mb2	*85%*	*6%*	*100%*	*63%*	*-550%*	*91%*	*18%*	*99%*	*93%*	*	*77%*
2020-06-22											
Sörfjärden INK	1 543	1 302	332	592	33,2	3312	1241	14 490	419	241	17 167
Sörfjärden UTG kem.	2 401	1 122	271	621	45,6	5342	1941	25 439	757	76,5	15 446
Sörfjärden UTG mb1	610	1 273	2,75	283	21,3	161	360	4523	207	n.d	1722
Sörfjärden UTG mb2	791	1 118	3,45	836	28,8	729	327	4715	360	n.d	4512
Reduktion INK-kem.	*-56%*	*14%*	*18%*	*-5%*	*-37%*	*-61%*	*-56%*	*-76%*	*-81%*	*68%*	*10%*
Reduktion kem.-mb1	*75%*	*-13%*	*99%*	*54%*	*53%*	*97%*	*81%*	*82%*	*73%*	*	*89%*
Reduktion kem.-mb2	*67%*	*0%*	*99%*	*-35%*	*37%*	*86%*	*83%*	*81%*	*52%*	*	*71%*
Reduktion INK-mb1	*60%*	*2%*	*99%*	*52%*	*36%*	*95%*	*71%*	*69%*	*51%*	*	*90%*
Reduktion INK-mb2	*49%*	*14%*	*99%*	*-41%*	*13%*	*78%*	*74%*	*67%*	*14%*	*	*74%*
2020-07-20											
Sörfjärden INK	169	107	431	1 072	<LOQ	997	343	21 590	124	83,6	4 440
Sörfjärden UTG kem.	359	158	268	1 517	<LOQ	1 768	537	21 720	57,4	38,2	4 158
Sörfjärden UTG mb1	290	432	3,81	1 174	3,25	362	269	8 114	208	n.d	2 447

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
Sörfjärden UTG mb2	197	487	1,65	904	8,00	323	238	2 937	197	n.d	2 439
Reduktion INK-kem.	*-113%*	*-48%*	*38%*	*-42%*	*	*-77%*	*-57%*	*-1%*	*54%*	*54%*	*6%*
Reduktion kem.-mb1	*19%*	*-173%*	*99%*	*23%*	*	*80%*	*50%*	*63%*	*-262%*	*	*41%*
Reduktion kem.-mb2	*45%*	*-208%*	*99%*	*40%*	*	*82%*	*56%*	*86%*	*-243%*	*	*41%*
Reduktion INK-mb1	*-72%*	*-304%*	*99%*	*-10%*	*	*64%*	*22%*	*62%*	*-68%*	*	*45%*
Reduktion INK-mb2	*-17%*	*-355%*	*100%*	*16%*	*	*68%*	*30%*	*86%*	*-59%*	*	*45%*
2020-08-20											
Sörfjärden INK	1 701	1 341	575	1 489	9,00	4 753	611	7 559	260	308	14 316
Sörfjärden UTG kem.	1 165	2 404	330	913	15,1	4 117	570	9 417	82,4	52,6	6 654
Sörfjärden UTG mb1	126	514	n.d	724	37,6	671	302	5 488	246	n.d	3 622
Sörfjärden UTG mb2	316	1 070	2,65	792	20,4	1 123	384	6 115	265	n.d	4 887
Reduktion INK-kem.	*32%*	*-79%*	*43%*	*39%*	*-68%*	*13%*	*7%*	*-25%*	*68%*	*83%*	*54%*
Reduktion kem.-mb1	*89%*	*79%*	*	*21%*	*-148%*	*84%*	*47%*	*42%*	*-198%*	*	*46%*
Reduktion kem.-mb2	*73%*	*55%*	*99%*	*13%*	*-35%*	*73%*	*33%*	*35%*	*-222%*	*	*27%*
Reduktion INK-mb1	*93%*	*62%*	*	*51%*	*-317%*	*86%*	*51%*	*27%*	*5%*	*	*75%*
Reduktion INK-mb2	*81%*	*20%*	*100%*	*47%*	*-126%*	*76%*	*37%*	*19%*	*-2%*	*	*66%*
2021-02-16											
Sörfjärden INK	n.d	1 382	521	1 331	0,78	1 760	<LOQ	16 206	<LOQ	24,6	4 100
Sörfjärden UTG kem.	2,20	389	363	2 116	<LOQ	3 862	40,2	18 065	2,12	<LOQ	4 697
Sörfjärden UTG mb1	28,1	584	3,10	1 404	3,40	233	42,6	6 902	17,6	n.d	1 892
Sörfjärden UTG mb2	21,0	564	1,06	1 251	3,40	488	38,3	5 117	54,5	n.d	2 256
Reduktion INK-kem.	*	*72%*	*30%*	*-59%*	*	*-119%*	*	*-11%*	*	*	*-15%*
Reduktion kem.-mb1	*-1176%*	*-50%*	*99%*	*34%*	*	*94%*	*-6%*	*62%*	*-734%*	*	*60%*
Reduktion kem.-mb2	*-853%*	*-45%*	*100%*	*41%*	*	*87%*	*5%*	*72%*	*-2475%*	*	*52%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
Reduktion INK-mb1	*	*58%*	*99%*	*-5%*	*-336%*	*87%*	*	*57%*	*	*	*54%*
Reduktion INK-mb2	*	*59%*	*100%*	*6%*	*-336%*	*72%*	*	*68%*	*	*	*45%*
2021-04-02											
Sörfjärden INK	363	319	261	166	1,01	1520	36,3	17 945	152	204	3 596
Sörfjärden UTG kem.	218	375	286	361	0,72	2671	74,6	23 029	168	71,5	3 194
Sörfjärden UTG mb1	36,5	532	3,11	236	5,70	114	120	2 854	54,6	n.d	1 479
Sörfjärden UTG mb2	33,3	438	<LOQ	264	5,63	205	104	1 638	79,7	n.d	1 966
Reduktion INK-kem.	*40%*	*-17%*	*-9%*	*-118%*	*28%*	*-76%*	*-105%*	*-28%*	*-10%*	*65%*	*11%*
Reduktion kem.-mb1	*83%*	*-42%*	*99%*	*35%*	*-689%*	*96%*	*-61%*	*88%*	*67%*	*	*54%*
Reduktion kem.-mb2	*85%*	*-17%*	*	*27%*	*-679%*	*92%*	*-39%*	*93%*	*52%*	*	*38%*
Reduktion INK-mb1	*90%*	*-67%*	*99%*	*-43%*	*-464%*	*92%*	*-231%*	*84%*	*64%*	*	*59%*
Reduktion INK-mb2	*91%*	*-37%*	*	*-59%*	*-457%*	*86%*	*-186%*	*91%*	*48%*	*	*45%*
2021-04-06											
Sörfjärden INK	389	272	239	303	1,04	1 231	57,2	26 113	37,5	259	5 121
Sörfjärden UTG kem.	464	551	214	356	<LOQ	2 832	141	51 038	43,2	161	5 927
Sörfjärden UTG mb1	139	575	7,26	298	6,20	554	70,6	19 024	152	n.d	3 865
Sörfjärden UTG mb2	73,6	510	0,89	270	7,58	237	112	3 250	105	n.d	2 033
Reduktion INK-kem.	*-19%*	*-102%*	*10%*	*-17%*	*	*-130%*	*-147%*	*-95%*	*-15%*	*38%*	*-16%*
Reduktion kem.-mb1	*70%*	*-4%*	*97%*	*16%*	*	*80%*	*50%*	*63%*	*-252%*	*	*35%*
Reduktion kem.-mb2	*84%*	*7%*	*100%*	*24%*	*	*92%*	*21%*	*94%*	*-144%*	*	*66%*
Reduktion INK-mb1	*64%*	*-111%*	*97%*	*2%*	*-499%*	*55%*	*-24%*	*27%*	*-305%*	*	*25%*
Reduktion INK-mb2	*81%*	*-88%*	*100%*	*11%*	*-632%*	*81%*	*-96%*	*88%*	*-181%*	*	*60%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2021-05-18											
Sörfjärden INK	710	2 505	381	503	nd	4 317	92,9	26 593	6,12	71,3	5 972
Sörfjärden UTG kem.	513	2 073	252	556	6,53	2 667	161	29 468	8,56	30,0	4 704
Sörfjärden UTG mb1	111	1 341	5,37	505	9,46	163	123	3 775	39,4	n.d	952
Sörfjärden UTG mb2	253	1 454	1,74	637	7,58	355	86,9	13 310	51,3	n.d	2 482
Reduktion INK-kem.	*28%*	*17%*	*34%*	*-10%*	*	*38%*	*-73%*	*-11%*	*-40%*	*58%*	*21%*
Reduktion kem.-mb1	*78%*	*35%*	*98%*	*9%*	*-45%*	*94%*	*24%*	*87%*	*-360%*	*	*80%*
Reduktion kem.-mb2	*51%*	*30%*	*99%*	*-15%*	*-16%*	*87%*	*46%*	*55%*	*-499%*	*	*47%*
Reduktion INK-mb1	*84%*	*46%*	*99%*	*0%*	*	*96%*	*-32%*	*86%*	*-544%*	*	*84%*
Reduktion INK-mb2	*64%*	*42%*	*100%*	*-27%*	*	*92%*	*6%*	*50%*	*-738%*	*	*58%*
2021-06-01											
Sörfjärden INK	2 092	2 385	558	1 425	6,74	5 939	188	35 759	17,1	139	4 743
Sörfjärden UTG kem.	2 073	777	361	1 900	6,14	4 914	232	39 834	6,47	36,2	5 690
Sörfjärden UTG mb1	156	1 302	4,79	268	4,70	51,3	268	986	36,0	n.d	630
Sörfjärden UTG mb2	510	1 029	1,77	499	6,68	355	204	695	61,2	n.d	2 620
Reduktion INK-kem.	*1%*	*67%*	*35%*	*-33%*	*9%*	*17%*	*-23%*	*-11%*	*62%*	*74%*	*-20%*
Reduktion kem.-mb1	*92%*	*-68%*	*99%*	*86%*	*23%*	*99%*	*-15%*	*98%*	*-456%*	*	*89%*
Reduktion kem.-mb2	*75%*	*-33%*	*100%*	*74%*	*-9%*	*93%*	*12%*	*98%*	*-846%*	*	*54%*
Reduktion INK-mb1	*93%*	*45%*	*99%*	*81%*	*30%*	*99%*	*-42%*	*97%*	*-110%*	*	*87%*
Reduktion INK-mb2	*76%*	*57%*	*100%*	*65%*	*1%*	*94%*	*-8%*	*98%*	*-258%*	*	*45%*
2021-06-28											
Sörfjärden INK	825	3 082	329	1 410	nd	3 761	140	44 941	52,0	261	6 222
Sörfjärden UTG kem.	661	1 151	421	2 252	5,32	3 405	241	28 016	45,7	180	5 582
Sörfjärden UTG mb1	331	1 405	11,7	1 280	15,8	857	125	21 967	261	n.d	3 731

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
Sörfjärden UTG mb2	450	1 480	2,51	1 593	10,1	1 099	86,8	16 172	262	n.d	4 820
Reduktion INK-kem.	*20%*	*63%*	*-28%*	*-60%*	*	*9%*	*-72%*	*38%*	*12%*	*31%*	*10%*
Reduktion kem.-mb1	*50%*	*-22%*	*97%*	*43%*	*-197%*	*75%*	*48%*	*22%*	*-471%*	*	*33%*
Reduktion kem.-mb2	*32%*	*-29%*	*99%*	*29%*	*-90%*	*68%*	*64%*	*42%*	*-474%*	*	*14%*
Reduktion INK-mb1	*60%*	*54%*	*96%*	*9%*	*	*77%*	*11%*	*51%*	*-402%*	*	*40%*
Reduktion INK-mb2	*46%*	*52%*	*99%*	*-13%*	*	*71%*	*38%*	*64%*	*-404%*	*	*23%*
2021-07-15											
Sörfjärden INK	1 034	2 275	453	1 181	65,1	9 257	79,2	63 911	863	147	6 092
Sörfjärden UTG kem.	1 184	2 194	362	1 210	52,5	4 658	148	42 202	448	42,4	4 631
Sörfjärden UTG mb1	740	2 586	14,1	1 098	50,6	1 219	86,7	24 654	310	n.d	3 698
Sörfjärden UTG mb2	753	2 450	6,76	1 081	46,8	1 089	59,2	17 479	381	n.d	4 032
Reduktion INK-kem.	*-14%*	*4%*	*20%*	*-2%*	*19%*	*50%*	*-87%*	*34%*	*48%*	*71%*	*24%*
Reduktion kem.-mb1	*38%*	*-18%*	*96%*	*9%*	*4%*	*74%*	*41%*	*42%*	*31%*	*	*20%*
Reduktion kem.-mb2	*36%*	*-12%*	*98%*	*11%*	*11%*	*77%*	*60%*	*59%*	*15%*	*	*13%*
Reduktion INK-mb1	*28%*	*-14%*	*97%*	*7%*	*22%*	*87%*	*-9%*	*61%*	*64%*	*	*39%*
Reduktion INK-mb2	*27%*	*-8%*	*99%*	*8%*	*28%*	*88%*	*25%*	*73%*	*56%*	*	*34%*
2021-09-22											
Sörfjärden INK	587	1 165	379	1 836	1,47	15 979	79,8	57 331	173	614	5 572
Sörfjärden UTG kem.	676	2 300	411	1 473	3,23	13 764	157	83 566	510	220	4 772
Sörfjärden UTG mb1	234	1 262	6,01	313	5,40	449	212	7 342	303	n.d	1 309
Reduktion INK-kem.	*-15%*	*-97%*	*-9%*	*20%*	*-121%*	*14%*	*-97%*	*-46%*	*-195%*	*64%*	*14%*
Reduktion kem.-mb1	*65%*	*45%*	*99%*	*79%*	*-67%*	*97%*	*-35%*	*91%*	*41%*	*	*73%*
Reduktion INK-mb1	*60%*	*-8%*	*98%*	*83%*	*-269%*	*97%*	*-165%*	*87%*	*-76%*	*	*77%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carbamazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)v	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2021-10-19											
Sörfjärden INK	273	7 156	431	2 765	3,85	2 712	9,96	13 429	2,35	582	2 847
Sörfjärden UTG kem.	75,4	5 804	371	1 124	4,71	1 752	12,2	17 408	4,80	79,0	2 786
Sörfjärden UTG mb1	98,5	1 650	3,97	419	6,61	199	57,7	126	58,5	n.d	726
Sörfjärden UTG mb2	248	1 870	5,80	433	8,17	142	66,4	<LOQ	51,4	n.d	1 623
Reduktion INK-kem.	*72%*	*19%*	*14%*	*59%*	*-22%*	*35%*	*-22%*	*-30%*	*-105%*	*86%*	*2%*
Reduktion kem.-mb1	*-31%*	*72%*	*99%*	*63%*	*-40%*	*89%*	*-373%*	*99%*	*-1 119%*	*	*74%*
Reduktion kem.-mb2	*-229%*	*68%*	*98%*	*61%*	*-74%*	*92%*	*-445%*	*	*-971%*	*	*42%*
Reduktion INK-mb1	*64%*	*77%*	*99%*	*85%*	*-72%*	*93%*	*-479%*	*99%*	*-2 393%*	*	*75%*
Reduktion INK-mb2	*9%*	*74%*	*99%*	*84%*	*-112%*	*95%*	*-567%*	*	*-2 091%*	*	*43%*

Tabell D.2 Läkemedel del 2 Sörfjärden

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
2020-05-28										
Sörfjärden INK	10,8	3 782	19 817	161	41 081	112	176	1 206	437	9,78
Sörfjärden UTG kem.	9,58	3 282	23 572	192	26 375	75,3	120	1 351	461	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 066	1 198	224	65,0	13,1	0,88	1 505	52,8	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	3 020	1 855	213	115	35,7	2,46	2 009	273	n.d
Reduktion INK-kem.	*11%*	*13%*	*-19%*	*-19%*	*36%*	*33%*	*32%*	*-12%*	*-6%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*37%*	*95%*	*-17%*	*100%*	*83%*	*99%*	*-11%*	*89%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*8%*	*92%*	*-11%*	*100%*	*53%*	*98%*	*-49%*	*41%*	*
Reduktion INK-mb1	*	*45%*	*94%*	*-39%*	*100%*	*88%*	*100%*	*-25%*	*88%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*20%*	*91%*	*-33%*	*100%*	*68%*	*99%*	*-67%*	*38%*	*
2020-06-17										
Sörfjärden INK	12,4	5 055	14 946	60,5	80 072	97,8	115	717	699	17,1
Sörfjärden UTG kem.	8,71	4 619	24 419	151	39 750	79,9	137	952	619	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	3 022	1 710	313	218	18,2	0,66	1 724	95,8	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	4 515	2 212	330	3 403	65,6	4,64	2 019	432	1,70
Reduktion INK-kem.	*30%*	*9%*	*-63%*	*-149%*	*50%*	*18%*	*-20%*	*-33%*	*11%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*35%*	*93%*	*-107%*	*99%*	*77%*	*100%*	*-81%*	*85%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*2%*	*91%*	*-119%*	*91%*	*18%*	*97%*	*-112%*	*30%*	*
Reduktion INK-mb1	*	*40%*	*89%*	*-417%*	*100%*	*81%*	*99%*	*-141%*	*86%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*11%*	*85%*	*-445%*	*96%*	*33%*	*96%*	*-182%*	*38%*	*90%*
2020-06-22										
Sörfjärden INK	31,6	2032	14 237	114	12 0119	58,3	323	225	572	12,3
Sörfjärden UTG kem.	12,5	3285	25 249	96,3	59 212	60,3	376	311	625	7,89

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 672	9 315	123	1 292	16,6	n.d	1 122	94,5	<LOQ
Sörfjärden UTG mb2	n.d	4 027	8 791	110	9 206	80,1	9,46	1 112	633	3,20
Reduktion INK-kem.	*60%*	*-62%*	*-77%*	*16%*	*51%*	*-3%*	*-16%*	*-38%*	*-9%*	*36%*
Reduktion kem.-mb1	*	*19%*	*63%*	*-28%*	*98%*	*72%*	*	*-261%*	*85%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*-23%*	*65%*	*-15%*	*84%*	*-33%*	*97%*	*-258%*	*-1%*	*59%*
Reduktion INK-mb1	*	*-31%*	*35%*	*-8%*	*99%*	*71%*	*	*-399%*	*83%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*-98%*	*38%*	*3%*	*92%*	*-37%*	*97%*	*-394%*	*-11%*	*74%*
2020-07-20										
Sörfjärden INK	6,54	1 650	18 246	92,7	45 149	36,2	609	77,2	622	11,1
Sörfjärden UTG kem.	14,0	2 310	17 442	170	38 384	36,5	258	107	206	5,21
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 965	7 965	268	9 413	11,9	1,78	460	137	1,85
Sörfjärden UTG mb2	n.d	3 344	4 688	250	6 343	68,5	10,2	544	593	2,53
Reduktion INK-kem.	*-115%*	*-40%*	*4%*	*-83%*	*15%*	*-1%*	*58%*	*-38%*	*67%*	*53%*
Reduktion kem.-mb1	*	*-28%*	*54%*	*-58%*	*75%*	*67%*	*99%*	*-330%*	*33%*	*64%*
Reduktion kem.-mb2	*	*-45%*	*73%*	*-48%*	*83%*	*-88%*	*96%*	*-409%*	*-188%*	*51%*
Reduktion INK-mb1	*	*-80%*	*56%*	*-189%*	*79%*	*67%*	*100%*	*-495%*	*78%*	*83%*
Reduktion INK-mb2	*	*-103%*	*74%*	*-170%*	*86%*	*-89%*	*98%*	*-604%*	*5%*	*77%*
2020-08-20										
Sörfjärden INK	18,8	5 473	10 206	83,3	86 867	111	268	255	988	<LOQ
Sörfjärden UTG kem.	12,3	5 472	23 944	161	36 708	75,5	247	100	878	8,07
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 583	3 406	205	2 801	10,1	1,11	1 036	151	1,00
Sörfjärden UTG mb2	n.d	3 709	8 211	175	15 199	61,6	13,9	324	680	3,34
Reduktion INK-kem.	*35%*	*0%*	*-135%*	*-93%*	*58%*	*32%*	*8%*	*61%*	*11%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*53%*	*86%*	*-27%*	*92%*	*87%*	*100%*	*-940%*	*83%*	*88%*
Reduktion kem.-mb2	*	*32%*	*66%*	*-9%*	*59%*	*18%*	*94%*	*-226%*	*23%*	*59%*

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
Reduktion INK-mb1	*	*53%*	*67%*	*-146%*	*97%*	*91%*	*100%*	*-306%*	*85%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*32%*	*20%*	*-110%*	*83%*	*45%*	*95%*	*-27%*	*31%*	*
2021-02-16										
Sörfjärden INK	13,1	2 434	5 467	302	20 467	106	241	454	957	3,00
Sörfjärden UTG kem.	66,4	4 415	12 266	491	26 164	116	56,2	309	1 551	3,20
Sörfjärden UTG mb1	<LOQ	2 712	7 539	429	1 692	9,63	5,31	229	265	<LOQ
Sörfjärden UTG mb2	<LOQ	3 030	7 419	410	2 849	21,3	8,17	252	495	1,12
Reduktion INK-kem.	*-408%*	*-81%*	*-124%*	*-63%*	*-28%*	*-10%*	*77%*	*32%*	*-62%*	*-7%*
Reduktion kem.-mb1	*	*39%*	*39%*	*13%*	*94%*	*92%*	*91%*	*26%*	*83%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*31%*	*40%*	*17%*	*89%*	*82%*	*85%*	*19%*	*68%*	*65%*
Reduktion INK-mb1	*	*-11%*	*-38%*	*-42%*	*92%*	*91%*	*98%*	*50%*	*72%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*-24%*	*-36%*	*-36%*	*86%*	*80%*	*97%*	*45%*	*48%*	*63%*
2021-04-02										
Sörfjärden INK	15,0	3 492	4 044	127	35 839	111	281	169	45,1	4,27
Sörfjärden UTG kem.	39,5	3 227	5 811	230	43 810	96,7	106	188	83,4	5,48
Sörfjärden UTG mb1	<LOQ	2 186	2 379	274	3 665	9,44	4,65	270	144	<LOQ
Sörfjärden UTG mb2	n.d	2 375	2 087	246	4 692	16,0	8,59	220	326	1,26
Reduktion INK-kem.	*-164%*	*8%*	*-44%*	*-81%*	*-22%*	*13%*	*62%*	*-11%*	*-85%*	*-29%*
Reduktion kem.-mb1	*	*32%*	*59%*	*-19%*	*92%*	*90%*	*96%*	*-44%*	*-72%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*26%*	*64%*	*-7%*	*89%*	*83%*	*92%*	*-17%*	*-291%*	*77%*
Reduktion INK-mb1	*	*37%*	*41%*	*-116%*	*90%*	*91%*	*98%*	*-60%*	*-219%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*32%*	*48%*	*-94%*	*87%*	*86%*	*97%*	*-30%*	*-622%*	*71%*
2021-04-06										
Sörfjärden INK	3,28	2 133	12 505	17,7	28 658	99,9	85,7	464	40,8	1,68

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
Sörfjärden UTG kem.	14,6	2 866	14 770	48,5	42 355	84,7	112	280	31,1	5,18
Sörfjärden UTG mb1	<LOQ	2 670	7 737	199	4 435	17,0	9,42	294	211	1,54
Sörfjärden UTG mb2	n.d	2 216	3 437	174	384	19,3	7,95	275	299	<LOQ
Reduktion INK-kem.	*-346%*	*-34%*	*-18%*	*-173%*	*-48%*	*15%*	*-31%*	*40%*	*24%*	*-208%*
Reduktion kem.-mb1	*	*7%*	*48%*	*-311%*	*90%*	*80%*	*92%*	*-5%*	*-580%*	*70%*
Reduktion kem.-mb2	*	*23%*	*77%*	*-259%*	*99%*	*77%*	*93%*	*2%*	*-861%*	*
Reduktion INK-mb1	*	*-25%*	*38%*	*-1 023%*	*85%*	*83%*	*89%*	*37%*	*-418%*	*8%*
Reduktion INK-mb2	*	*-4%*	*73%*	*-880%*	*99%*	*81%*	*91%*	*41%*	*-632%*	*
2021-05-18										
Sörfjärden INK	2,70	3 744	8 282	515	76 550	64,5	108	379	328	4,34
Sörfjärden UTG kem.	36,2	3 860	12 640	250	61 001	61,3	59,5	431	281	6,92
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 858	4 369	245	253	17,4	6,57	385	177	<LOQ
Sörfjärden UTG mb2	2,62	3 073	8 649	177	6 062	26,0	10,8	281	243	1,05
Reduktion INK-kem.	*-1240%*	*-3%*	*-53%*	*51%*	*20%*	*5%*	*45%*	*-14%*	*14%*	*-60%*
Reduktion kem.-mb1	*	*26%*	*65%*	*2%*	*100%*	*72%*	*89%*	*11%*	*37%*	*
Reduktion kem.-mb2	*93%*	*20%*	*32%*	*29%*	*90%*	*58%*	*82%*	*35%*	*14%*	*85%*
Reduktion INK-mb1	*	*24%*	*47%*	*52%*	*100%*	*73%*	*94%*	*-2%*	*46%*	*
Reduktion INK-mb2	*3%*	*18%*	*-4%*	*66%*	*92%*	*60%*	*90%*	*26%*	*26%*	*76%*
2021-06-01										
Sörfjärden INK	3,50	4 067	27 615	2 504	73 344	128	249	1 178	36,5	29,23
Sörfjärden UTG kem.	24,1	4 238	27 797	1 312	76 878	160	70,6	4 498	115	18,97
Sörfjärden UTG mb1	n.d	3 365	2 426	315	27,1	15,5	6,64	378	177	<LOQ
Sörfjärden UTG mb2	<LOQ	4 268	4 332	412	922	40,7	22,8	462	384	2,19
Reduktion INK-kem.	*-588%*	*-4%*	*-1%*	*48%*	*-5%*	*-25%*	*72%*	*-282%*	*-215%*	*35%*
Reduktion kem.-mb1	*	*21%*	*91%*	*76%*	*100%*	*90%*	*91%*	*92%*	*-54%*	*

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
Reduktion kem.-mb2	*	*-1%*	*84%*	*69%*	*99%*	*75%*	*68%*	*90%*	*-234%*	*88%*
Reduktion INK-mb1	*	*17%*	*91%*	*87%*	*100%*	*88%*	*97%*	*68%*	*-385%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*-5%*	*84%*	*84%*	*99%*	*68%*	*91%*	*61%*	*-952%*	*93%*
2021-06-28										
Sörfjärden INK	16,1	4 135	18 298	86,3	67 779	186	285	280	164	12,6
Sörfjärden UTG kem.	34,2	3 160	26 594	58,1	63 528	110	67,7	287	358	8,22
Sörfjärden UTG mb1	<LOQ	4 430	18 037	228	3 411	38,6	10,7	766	340	2,65
Sörfjärden UTG mb2	<LOQ	4 523	18 852	200	5 373	68,3	20,0	869	636	4,11
Reduktion INK-kem.	*-112%*	*24%*	*-45%*	*33%*	*6%*	*41%*	*76%*	*-2%*	*-118%*	*35%*
Reduktion kem.-mb1	*	*-40%*	*32%*	*-292%*	*95%*	*65%*	*84%*	*-167%*	*5%*	*68%*
Reduktion kem.-mb2	*	*-43%*	*29%*	*-243%*	*92%*	*38%*	*71%*	*-203%*	*-78%*	*50%*
Reduktion INK-mb1	*	*-7%*	*1%*	*-164%*	*95%*	*79%*	*96%*	*-173%*	*-108%*	*79%*
Reduktion INK-mb2	*	*-9%*	*-3%*	*-131%*	*92%*	*63%*	*93%*	*-210%*	*-289%*	*67%*
2021-07-15										
Sörfjärden INK	430	5 169	16 510	347	70 253	99,7	382	346	245	11,7
Sörfjärden UTG kem.	488	4 609	16 746	297	67 143	79,5	58,9	282	224	8,54
Sörfjärden UTG mb1	9,08	5 166	9 692	140	1 337	43,4	12,6	444	515	6,35
Sörfjärden UTG mb2	7,91	4 930	8 537	177	3 164	101	31,3	336	798	<LOQ
Reduktion INK-kem.	*-14%*	*11%*	*-1%*	*14%*	*4%*	*20%*	*85%*	*19%*	*9%*	*27%*
Reduktion kem.-mb1	*98%*	*-12%*	*42%*	*53%*	*98%*	*45%*	*79%*	*-57%*	*-130%*	*26%*
Reduktion kem.-mb2	*98%*	*-7%*	*49%*	*41%*	*95%*	*-26%*	*47%*	*-19%*	*-256%*	*
Reduktion INK-mb1	*98%*	*0%*	*41%*	*60%*	*98%*	*56%*	*97%*	*-28%*	*-110%*	*46%*
Reduktion INK-mb2	*98%*	*5%*	*48%*	*49%*	*95%*	*-1%*	*92%*	*3%*	*-225%*	*

Beteckning	Methotrexate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
2021-09-22										
Sörfjärden INK	13,79	6 809	20 659	330	39 122	114	239	173	1 363	7,90
Sörfjärden UTG kem.	30,03	6 793	18 699	413	54 127	115	113	85,9	945	8,69
Sörfjärden UTG mb1	n.d	4 683	8 109	226	61,5	19,4	4,01	532	335	1,84
Reduktion INK-kem.	*-118%*	*0%*	*9%*	*-25%*	*-38%*	*-1%*	*53%*	*50%*	*31%*	*-10%*
Reduktion kem.-mb1	*	*31%*	*57%*	*45%*	*100%*	*83%*	*96%*	*-519%*	*65%*	*79%*
Reduktion INK-mb1	*	*31%*	*61%*	*32%*	*100%*	*83%*	*98%*	*-208%*	*75%*	*77%*
2021-10-19										
Sörfjärden INK	<LOQ	2 875	16 889	62,7	42 625	10,9	445	334	6,18	7,98
Sörfjärden UTG kem.	27,1	4 047	11 597	314	49 217	20,7	155	352	13,1	8,44
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 285	553	271	33,4	34,4	5,8	258	245	1,42
Sörfjärden UTG mb2	n.d	3 218	181	302	1 198	43,7	31,9	375	288	2,62
Reduktion INK-kem.	*	*-41%*	*31%*	*-401%*	*-15%*	*-90%*	*65%*	*-5%*	*-113%*	*-6%*
Reduktion kem.-mb1	*	*44%*	*95%*	*14%*	*100%*	*-66%*	*96%*	*26%*	*-1762%*	*83%*
Reduktion kem.-mb2	*	*20%*	*98%*	*4%*	*98%*	*-111%*	*79%*	*-7%*	*-2089%*	*69%*
Reduktion INK-mb1	*	*21%*	*97%*	*-333%*	*100%*	*-216%*	*99%*	*23%*	*-3857%*	*82%*
Reduktion INK-mb2	*	*-12%*	*99%*	*-381%*	*97%*	*-301%*	*93%*	*-12%*	*-4553%*	*67%*

Tabell D.3 Antibiotika och hormon Sörfjärden

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
	Antibiotika						Hormoner		
2020-05-28									
Sörfjärden INK	n.d	1 990	<LOQ	n.d	11 901	2 861	70,3	118	n.d
Sörfjärden UTG kem.	n.d	197	<LOQ	n.d	9 257	3 012	66,8	68,5	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	<LOQ	<LOQ	n.d	1 313	88,5	0,82	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	4,20	n.d	3 785	367	4,28	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*90%*	*	*	*22%*	*-5%*	*5%*	*42%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*86%*	*97%*	*99%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*59%*	*88%*	*94%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*89%*	*97%*	*99%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*68%*	*87%*	*94%*	*	*
2020-06-17									
Sörfjärden INK	n.d	143	<LOQ	n.d	19 006	3 680	64,7	117	n.d
Sörfjärden UTG kem.	n.d	28,0	<LOQ	n.d	10 478	3 777	68,7	59,3	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	<LOQ	1,40	n.d	1163	191	n.d	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	6,98	3,70	n.d	2725	722	3,689	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*80%*	*	*	*45%*	*-3%*	*-6%*	*49%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*89%*	*95%*	*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*75%*	*	*	*74%*	*81%*	*95%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*94%*	*95%*	*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*95%*	*	*	*86%*	*80%*	*94%*	*	*
2020-06-22									
Sörfjärden INK	8,77	77,4	1,20	n.d	3 831	476	123	121	n.d

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
Sörfjärden UTG kem.	n.d	154	<LOQ	n.d	3 447	450	192	98,6	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	2,90	n.d	357	171	8,68	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	7,90	n.d	853	702	28,9	13,7	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*-99%*	*	*	*10%*	*6%*	*-56%*	*19%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*90%*	*62%*	*95%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*75%*	*-56%*	*85%*	*86%*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*-142%*	*	*91%*	*64%*	*93%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*-558%*	*	*78%*	*-48%*	*77%*	*89%*	*
2020-07-20									
Sörfjärden INK	45,9	8,90	<LOQ	n.d	770	184	66,4	303	n.d
Sörfjärden UTG kem.	n.d	<LOQ	<LOQ	n.d	1 037	440	74,8	71,7	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	4,70	n.d	575	103	37,5	30,5	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	5,80	n.d	293	490	13,5	11,1	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*	*	*	*-35%*	*-139%*	*-13%*	*76%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*45%*	*77%*	*50%*	*58%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*72%*	*-11%*	*82%*	*85%*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*25%*	*44%*	*44%*	*90%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*62%*	*-166%*	*80%*	*96%*	*
2020-08-20									
Sörfjärden INK	243	1 122	<LOQ	n.d	126	60,6	79,1	134	n.d
Sörfjärden UTG kem.	48,3	40,8	<LOQ	n.d	416	161	72,2	51,4	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	8,70	n.d	19,5	48,2	46,1	70,0	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	9,40	n.d	76,2	211	28,1	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*80%*	*96%*	*	*	*-229%*	*-165%*	*9%*	*62%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*95%*	*70%*	*36%*	*-36%*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*82%*	*-32%*	*61%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*85%*	*21%*	*42%*	*48%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*40%*	*-249%*	*64%*	*	*
2021-02-16									
Sörfjärden INK	18,4	50,7	<LOQ	n.d	1 167	158	57,0	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	31,1	6,06	<LOQ	n.d	3 061	513	38,0	19,0	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	478	38,2	5,28	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	581	96,3	1,90	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*-68%*	*88%*	*	*	*-162%*	*-224%*	*33%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*84%*	*93%*	*86%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*81%*	*81%*	*95%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*59%*	*76%*	*91%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*50%*	*39%*	*97%*	*	*
2021-04-02									
Sörfjärden INK	95,9	42,9	<LOQ	n.d	14,2	4,98	58,1	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	79,0	<LOQ	<LOQ	n.d	7,92	4,63	44,0	48,7	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	16,3	24,8	3,20	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	20,2	73,0	1,26	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*18%*	*	*	*	*44%*	*7%*	*24%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-106%*	*-435%*	*93%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-155%*	*-1 477%*	*97%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*-15%*	*-398%*	*94%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*-42%*	*-1 366%*	*98%*	*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
2021-04-06									
Sörfjärden INK	25,5	40,4	<LOQ	n.d	n.d	3,84	101	66,8	n.d
Sörfjärden UTG kem.	101	11,8	<LOQ	n.d	3,48	4,42	83,3	85,8	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	26,5	33,7	26,3	2,57	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	24,5	83,8	1,69	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*-297%*	*71%*	*	*	*	*-15%*	*18%*	*-28%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-662%*	*-663%*	*68%*	*97%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-606%*	*-1798%*	*98%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*	*-778%*	*74%*	*96%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*	*-2 086%*	*98%*	*	*
2021-05-18									
Sörfjärden INK	n.d	3 416	<LOQ	n.d	0,19	<LOQ	148	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	5,17	421	<LOQ	n.d	4,72	n.d	113	153	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	13,7	54,4	6,56	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	10,6	72,0	14,1	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*88%*	*	*	*-2 381%*	*	*24%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-190%*	*	*94%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-124%*	*	*87%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*-7 106%*	*	*96%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*-5 461%*	*	*90%*	*	*
2021-06-01									
Sörfjärden INK	n.d	594	<LOQ	n.d	n.d	<LOQ	83,6	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	9,96	38,5	<LOQ	n.d	2,32	n.d	78,8	103	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	8,47	68,7	0,34	n.d	n.d

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	4,08	175	0,55	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*94%*	*	*	*	*	*6%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-264%*	*	*100%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-76%*	*	*99%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*	*	*100%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*	*	*99%*	*	*
2021-06-28									
Sörfjärden INK	n.d	6 564	<LOQ	n.d	n.d	n.d	181	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	76,4	300	<LOQ	n.d	2,27	1,26	133	92,0	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	1,33	n.d	7,29	83,1	30,3	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	10,1	169	18,9	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*95%*	*	*	*	*	*27%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-221%*	*-6 489%*	*77%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-345%*	*-13 337%*	*86%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*	*	*83%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*	*	*90%*	*	*
2021-07-15									
Sörfjärden INK	n.d	680	<LOQ	n.d	2 500	376	180	177	n.d
Sörfjärden UTG kem.	n.d	42,6	<LOQ	n.d	1 530	278	119	108	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	4,46	n.d	234	142	36,1	4,30	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	1,08	n.d	282	202	17,9	3,20	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*94%*	*	*	*39%*	*26%*	*34%*	*39%*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*85%*	*49%*	*70%*	*96%*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*82%*	*27%*	*85%*	*97%*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*91%*	*62%*	*80%*	*98%*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*89%*	*46%*	*90%*	*98%*	*
2021-09-22									
Sörfjärden INK	12,7	83,6	<LOQ	n.d	721	111	71,2	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	11,7	<LOQ	<LOQ	n.d	362	69,9	67,3	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb1	<LOQ	n.d	1,2	n.d	75,9	72,6	0,53	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*8%*	*	*	*	*50%*	*37%*	*5%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*79%*	*-4%*	*99%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*89%*	*34%*	*99%*	*	*
2021-10-19									
Sörfjärden INK	22,3	207	<LOQ	n.d	n.d	1,39	67,4	n.d	n.d
Sörfjärden UTG kem.	18,0	<LOQ	<LOQ	n.d	0,78	2,68	57,8	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	n.d	<LOQ	n.d	3,47	35,7	0,25	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb2	n.d	n.d	<LOQ	n.d	14,8	85,8	0,15	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*19%*	*	*	*	*	*-93%*	*14%*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*	*	*	*-348%*	*-1234%*	*100%*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*	*	*	*-1809%*	*-3102%*	*100%*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*	*	*	*	*-2475%*	*100%*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*	*	*	*	*-6079%*	*100%*	*	*

Tabell D.4 Andra organiska mikroföroreningar Sörfjärden

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2020-05-28								
Sörfjärden INK	n.d	2 161	3 241	2,70	6,56	8,56	n.d	2,37
Sörfjärden UTG kem.	n.d	2 186	161	1,71	<LOQ	<LOQ	n.d	<LOQ
Sörfjärden UTG mb1	n.d	754	<LOQ	6,98	<LOQ	<LOQ	n.d	0,72
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 417	140	8,63	<LOQ	<LOQ	n.d	1,11
Reduktion INK-kem.	*	*-1%*	*95%*	*37%*	*	*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*66%*	*	*-308%*	*	*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*35%*	*13%*	*-404%*	*	*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*65%*	*	*-158%*	*	*	*	*70%*
Reduktion INK-mb2	*	*34%*	*96%*	*-219%*	*	*	*	*53%*
2020-06-17								
Sörfjärden INK	n.d	2 250	214	19,7	<LOQ	3,61	n.d	5,54
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 387	114	4,38	<LOQ	<LOQ	n.d	3,01
Sörfjärden UTG mb1	n.d	572	11,0	5,35	n.d	n.d	n.d	0,71
Sörfjärden UTG mb2	n.d	716	159	4,53	<LOQ	n.d	n.d	1,14
Reduktion INK-kem.	*	*38%*	*47%*	*78%*	*	*	*	*46%*
Reduktion kem.-mb1	*	*59%*	*90%*	*-22%*	*	*	*	*76%*
Reduktion kem.-mb2	*	*48%*	*-39%*	*-3%*	*	*	*	*62%*
Reduktion INK-mb1	*	*75%*	*95%*	*73%*	*	*	*	*87%*
Reduktion INK-mb2	*	*68%*	*26%*	*77%*	*	*	*	*79%*
2020-06-22								
Sörfjärden INK	n.d	2 706	62,5	26,2	n.d	8,07	n.d	8,50
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 673	153	43,4	n.d	<LOQ	n.d	6,18

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
Sörfjärden UTG mb1	n.d	861	84,4	29,1	<LOQ	<LOQ	n.d	1,16
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1171	300	26,9	<LOQ	<LOQ	n.d	1,47
Reduktion INK-kem.	*	*38%*	*-146%*	*-65%*	*	*	*	*27%*
Reduktion kem.-mb1	*	*49%*	*45%*	*33%*	*	*	*	*81%*
Reduktion kem.-mb2	*	*30%*	*-96%*	*38%*	*	*	*	*76%*
Reduktion INK-mb1	*	*68%*	*-35%*	*-11%*	*	*	*	*86%*
Reduktion INK-mb2	*	*57%*	*-381%*	*-3%*	*	*	*	*83%*
2020-07-20								
Sörfjärden INK	n.d	880	85,2	3,80	n.d	<LOQ	n.d	2,77
Sörfjärden UTG kem.	n.d	742	62,9	5,05	n.d	<LOQ	n.d	2,75
Sörfjärden UTG mb1	n.d	500	275	3,37	<LOQ	n.d	n.d	0,93
Sörfjärden UTG mb2	n.d	303	262	3,61	<LOQ	n.d	n.d	0,77
Reduktion INK-kem.	*	*16%*	*26%*	*-33%*	*	*	*	*1%*
Reduktion kem.-mb1	*	*33%*	*-338%*	*33%*	*	*	*	*66%*
Reduktion kem.-mb2	*	*59%*	*-316%*	*29%*	*	*	*	*72%*
Reduktion INK-mb1	*	*43%*	*-223%*	*11%*	*	*	*	*66%*
Reduktion INK-mb2	*	*66%*	*-207%*	*5%*	*	*	*	*72%*
2020-08-20								
Sörfjärden INK	n.d	988	5 114	12,4	n.d	7,42	n.d	6,97
Sörfjärden UTG kem.	n.d	881	268	34,2	<LOQ	n.d	n.d	n.d
Sörfjärden UTG mb1	n.d	781	359	14,0	3,00	<LOQ	n.d	0,64
Sörfjärden UTG mb2	n.d	726	361	42,2	<LOQ	<LOQ	n.d	n.d
Reduktion INK-kem.	*	*11%*	*95%*	*-174%*	*	*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*11%*	*-34%*	*59%*	*	*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*18%*	*-35%*	*-23%*	*	*	*	*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
Reduktion INK-mb1	*	*21%*	*93%*	*-12%*	*	*	*	*91%*
Reduktion INK-mb2	*	*27%*	*93%*	*-239%*	*	*	*	*
2021-02-16								
Sörfjärden INK	n.d	1 372	147	1,47	3,55	n.d	n.d	1,08
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 306	77,9	1,82	6,94	n.d	n.d	0,30
Sörfjärden UTG mb1	n.d	982	68,6	1,28	<LOQ	<LOQ	n.d	0,16
Sörfjärden UTG mb2	n.d	965	107	0,66	<LOQ	n.d	n.d	0,25
Reduktion INK-kem.	*	*5%*	*47%*	*-23%*	*-96%*	*	*	*72%*
Reduktion kem.-mb1	*	*25%*	*12%*	*29%*	*	*	*	*47%*
Reduktion kem.-mb2	*	*26%*	*-38%*	*64%*	*	*	*	*15%*
Reduktion INK-mb1	*	*28%*	*53%*	*13%*	*	*	*	*85%*
Reduktion INK-mb2	*	*30%*	*27%*	*55%*	*	*	*	*77%*
2021-04-02								
Sörfjärden INK	n.d	1 789	298	4,70	<LOQ	n.d	n.d	0,70
Sörfjärden UTG kem.	n.d	2 812	92,1	7,22	<LOQ	n.d	n.d	0,14
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 322	47,3	3,86	<LOQ	<LOQ	n.d	0,42
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 732	67,2	3,39	<LOQ	n.d	n.d	0,35
Reduktion INK-kem.	*	*-57%*	*69%*	*-54%*	*	*	*	*79%*
Reduktion kem.-mb1	*	*17%*	*49%*	*47%*	*	*	*	*-191%*
Reduktion kem.-mb2	*	*38%*	*27%*	*53%*	*	*	*	*-146%*
Reduktion INK-mb1	*	*-30%*	*84%*	*18%*	*	*	*	*40%*
Reduktion INK-mb2	*	*3%*	*77%*	*28%*	*	*	*	*49%*
2021-04-06								
Sörfjärden INK	n.d	1 507	355	5,56	<LOQ	n.d	n.d	n.d.

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
Sörfjärden UTG kem.	n.d	3 448	167	3,73	n.d	n.d	n.d	0,46
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 684	109	2,41	3,66	n.d	n.d	0,40
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 599	72,0	1,67	<LOQ	n.d	n.d	0,40
Reduktion INK-kem.	*	*-129%*	*53%*	*33%*	*	*	*	*
Reduktion kem.-mb1	*	*22%*	*34%*	*36%*	*	*	*	*13%*
Reduktion kem.-mb2	*	*54%*	*57%*	*55%*	*	*	*	*13%*
Reduktion INK-mb1	*	*-78%*	*69%*	*57%*	*	*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*-6%*	*80%*	*70%*	*	*	*	*
2021-05-18								
Sörfjärden INK	n.d	1 852	1 047	7,04	3,15	n.d	n.d	0,60
Sörfjärden UTG kem.	n.d	3 142	76,9	7,17	10,5	<LOQ	n.d	0,31
Sörfjärden UTG mb1	n.d	2 239	56,2	12,0	4,07	n.d	n.d	n.d.
Sörfjärden UTG mb2	n.d	2 432	149	6,81	5,09	n.d	n.d	0,53
Reduktion INK-kem.	*	*-70%*	*93%*	*-2%*	*-235%*	*	*	*49%*
Reduktion kem.-mb1	*	*29%*	*27%*	*-67%*	*61%*	*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*23%*	*-93%*	*5%*	*52%*	*	*	*-73%*
Reduktion INK-mb1	*	*-21%*	*95%*	*-71%*	*-29%*	*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*-31%*	*86%*	*3%*	*-62%*	*	*	*12%*
2021-06-01								
Sörfjärden INK	n.d	2 355	803	3,25	4,56	n.d	n.d	1,01
Sörfjärden UTG kem.	n.d	3 572	89,2	4,52	<LOQ	n.d	n.d	n.d.
Sörfjärden UTG mb1	n.d	1 104	15,7	5,49	<LOQ	n.d	n.d	0,47
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 800	127	4,04	<LOQ	n.d	n.d	0,34
Reduktion INK-kem.	*	*-52%*	*89%*	*-39%*	*	*	*	*100%*
Reduktion kem.-mb1	*	*69%*	*82%*	*-21%*	*	*	*	*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
Reduktion kem.-mb2	*	*50%*	*-42%*	*11%*	*	*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*53%*	*98%*	*-69%*	*	*	*	*53%*
Reduktion INK-mb2	*	*24%*	*84%*	*-24%*	*	*	*	*66%*
2021-06-28								
Sörfjärden INK	n.d	2 269	262	8,00	<LOQ	n.d	n.d	1,46
Sörfjärden UTG kem.	n.d	2 348	78,2	6,08	<LOQ	n.d	n.d	0,81
Sörfjärden UTG mb1	n.d	1 754	285	4,89	4,21	n.d	n.d	0,82
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 690	364	3,55	5,07	n.d	n.d	1,58
Reduktion INK-kem.	*	*-4%*	*70%*	*24%*	*	*	*	*44%*
Reduktion kem.-mb1	*	*25%*	*-264%*	*20%*	*	*	*	*-1%*
Reduktion kem.-mb2	*	*28%*	*-365%*	*42%*	*	*	*	*-95%*
Reduktion INK-mb1	*	*23%*	*-9%*	*39%*	*	*	*	*44%*
Reduktion INK-mb2	*	*26%*	*-39%*	*56%*	*	*	*	*-8%*
2021-07-15								
Sörfjärden INK	n.d	1 566	424	6,33	3,60	n.d	n.d	0,78
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 207	88,1	6,12	<LOQ	n.d	n.d	1,56
Sörfjärden UTG mb1	n.d	1 321	329	18,3	<LOQ	n.d	n.d	1,01
Sörfjärden UTG mb2	n.d	1 111	398	13,7	4,96	n.d	n.d	0,45
Reduktion INK-kem.	*	*23%*	*79%*	*3%*	*	*	*	*-100%*
Reduktion kem.-mb1	*	*-9%*	*-273%*	*-200%*	*	*	*	*35%*
Reduktion kem.-mb2	*	*8%*	*-352%*	*-124%*	*	*	*	*71%*
Reduktion INK-mb1	*	*16%*	*22%*	*-190%*	*	*	*	*-30%*
Reduktion INK-mb2	*	*29%*	*6%*	*-117%*	*-38%*	*	*	*43%*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOA (ng/L)	PFOS (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2021-09-22								
Sörfjärden INK	n.d	1 200	8 092	4,69	5,67	n.d	n.d	0,49
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 376	104	4,64	4,01	n.d	n.d	n.d.
Sörfjärden UTG mb1	n.d	465	14,6	3,69	2,56	n.d	n.d	0,54
Reduktion INK-kem.	*	*-15%*	*99%*	*1%*	*29%*	*	*	*100%*
Reduktion kem.-mb1	*	*66%*	*86%*	*20%*	*36%*	*	*	*
Reduktion INK-mb1	*	*61%*	*100%*	*21%*	*55%*	*	*	*-11%*
2021-10-19								
Sörfjärden INK	n.d	5 818	230	4,50	3,02	n.d	n.d	0,56
Sörfjärden UTG kem.	n.d	1 982	96,2	4,83	6,55	n.d	n.d	0,47
Sörfjärden UTG mb1	n.d	979	22,4	0,90	2,46	n.d	n.d	n.d.
Sörfjärden UTG mb2	n.d	728	93,5	1,27	<LOQ	n.d	n.d	0,31
Reduktion INK-kem.	*	*66%*	*58%*	*-7%*	*-117%*	*	*	*16%*
Reduktion kem.-mb1	*	*51%*	*77%*	*81%*	*62%*	*	*	*
Reduktion kem.-mb2	*	*63%*	*3%*	*74%*	*	*	*	*34%*
Reduktion INK-mb1	*	*83%*	*90%*	*80%*	*19%*	*	*	*
Reduktion INK-mb2	*	*87%*	*59%*	*72%*	*	*	*	*45%*

Bilaga E Analysresultat läkemedel Skatan

Analysresultat, inklusive reduktion mellan de olika provpunkterna, för Skatan redovisas i tabellform per ämnestyp, enligt nedan uppdelning:

- Läkemedel del 1: tabell E.1
- Läkemedel del 2: tabell E.2
- Antibiotika och hormoner: tabell E.3
- Andra organiska mikroföroreningar: tabell E.4

För samtliga tabeller i bilagan gäller följande:

- n.d = ej detekterad
- LOQ = metodens kvantifieringsgräns
- * = reduktion ej beräknad pga. analysresultatet har angett n.d alt. LOQ

Tabell E.1 Läkemedel del 1 Skatan

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carba-mazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2020-05-26											
Skatan INK	2 491	1,38	249	1 476	<LOQ	6 660	379	8 621	4,95	249	6 159
Skatan UTG	1 663	1,55	194	1 323	<LOQ	2 012	676	n.d	4,08	5,01	5 614
Reduktion	*33%*	*-13%*	*22%*	*10%*	*	*70%*	*-78%*	*	*18%*	*98%*	*9%*
2020-06-17											
Skatan INK	3 216	3,06	353	2 275	1,01	3 539	737	16 302	<LOQ	57,8	17 735
Skatan UTG	1 464	4,24	329	2 323	10,0	2 397	676	n.d	<LOQ	23,8	6 177
Reduktion	*54%*	*-39%*	*7%*	*-2%*	*-894%*	*32%*	*8%*	*	*	*59%*	*65%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carba-mazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2020-06-22											
Skatan INK	2 975	6,24	507	1 184	1,67	2 939	1 094	30 536	<LOQ	91,7	13 344
Skatan UTG	2 419	18,0	455	2 230	33,0	2 122	488	24 794	<LOQ	40,2	5 924
Reduktion	*19%*	*-188%*	*10%*	*-88%*	*-1873%*	*28%*	*55%*	*19%*	*	*56%*	*56%*
2020-07-14											
Skatan INK	1 158	2,81	336	1 518	20,4	1 937	298	8 756	138	16,5	6 281
Skatan UTG	1 111	2,28	274	1 330	23,6	2 321	436	1 131	158	5,53	5 177
Reduktion	*4%*	*19%*	*18%*	*12%*	*-16%*	*-20%*	*-46%*	*87%*	*-14%*	*67%*	*18%*
2020-08-13											
Skatan INK	3 320	256	442	2 035	13,1	2 863	504	9 502	12,4	29,9	10 440
Skatan UTG	2 595	1 298	489	1 791	189	3 054	598	n.d	35,0	5,08	6 483
Reduktion	*22%*	*-406%*	*-10%*	*12%*	*-1347%*	*-7%*	*-19%*	*	*-183%*	*83%*	*38%*
2020-09-24											
Skatan INK	4 565	7,74	762	3 526	n.d	10 386	444	32 147	<LOQ	119	8 924
Skatan UTG	2 110	22,5	799	3 331	nd	2 078	561	<LOQ	<LOQ	25,0	4 590
Reduktion	*54%*	*-191%*	*-5%*	*6%*	*	*80%*	*-26%*	*	*	*79%*	*49%*
2020-10-21											
Skatan INK	2 274,8	2,54	382	6 529	n.d	1 796	136	9 843	<LOQ	35,2	1 597
Skatan UTG	1 152,8	3,24	293	3 145	nd	424	413	n.d.	<LOQ	<LOQ	1 925
Reduktion	*49%*	*-28%*	*23%*	*52%*	*	*76%*	*-203%*	*	*	*	*-21%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carba-mazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2020-12-09											
Skatan INK	4 165	3,79	461	9 211	n.d	3 306	290	26 412	<LOQ	24,8	3 877
Skatan UTG	1 898	2,17	438	6 248	52,1	1 004	360	<LOQ	n.d	<LOQ	3 742
Reduktion	*54%*	*43%*	*5%*	*32%*	*	*70%*	*-24%*	*	*	*	*3%*
2021-02-23											
Skatan INK	2 523,42	0,45	800,49	4 001,86	n.d	3 524,05	249,36	21 943,46	<LOQ	135,64	3 446,28
Skatan UTG	1 138,94	2,75	574,86	2 322,61	n.d	1 497,06	406,09	<LOQ	n.d	25,46	3 905,11
Reduktion	*55%*	*-510%*	*28%*	*42%*	*	*58%*	*-63%*	*	*	*81%*	*-13%*
2021-04-02											
Skatan INK	472	1,23	439	854	n.d	409	127	26 184	<LOQ	248	1 175
Skatan UTG	563	2,13	279	2 104	0,85	763	336	121	n.d	36,1	1 727
Reduktion	*-19%*	*-73%*	*36%*	*-146%*	*	*-86%*	*-165%*	*100%*	*	*85%*	*-47%*
2021-04-06											
Skatan INK	2 053	65,3	360	466	36,1	1 378	112	24 579	<LOQ	131	1 892
Skatan UTG	2 008	22,3	379	1 117	53,2	1 366	274	2 728	n.d	58,4	2 804
Reduktion	*2%*	*66%*	*-5%*	*-140%*	*-47%*	*1%*	*-146%*	*89%*	*	*55%*	*-48%*
2021-05-12											
Skatan INK	2 854	55,7	885	2 155	1,35	5 241	261	23 374	<LOQ	349	5 227
Skatan UTG	3 001	62,9	568	3 052	5,96	2 617	447	428	n.d	50,0	3 985
Reduktion	*-5%*	*-13%*	*36%*	*-42%*	*-342%*	*50%*	*-71%*	*98%*	*	*86%*	*24%*

Beteckning	Atenolol (ng/L)	Carba-mazepine (ng/L)	Citalopram (ng/L)	Diclofenac (ng/L)	Fluconazole (ng/L)	Furosemide (ng/L)	Hydrochlo-rothiazide (ng/L)	Ibuprofen (ng/L)	Irbesartan (ng/L)	Ketocona-zole (ng/L)	Losartan (ng/L)
2021-06-03											
Skatan INK	5 750	970	600	1 909	23,4	5 978	306	16 961	<LOQ	328	5 914
Skatan UTG	3 350	305	736	2 016	34,7	2 735	422	n.d.	<LOQ	74,6	3 973
Reduktion	*42%*	*69%*	*-23%*	*-6%*	*-48%*	*54%*	*-38%*	*	*	*77%*	*33%*
2021-06-28											
Skatan INK	2 035	58,5	553	856	n.d	8 085	221	51 924	<LOQ	275	5 189
Skatan UTG	3 374	175	525	1 298	1,65	9 224	499	60 617	<LOQ	<LOQ	5 176
Reduktion	*-66%*	*-199%*	*5%*	*-52%*	*	*-14%*	*-126%*	*-17%*	*	*	*0%*
2021-08-17											
Skatan INK	7 139	208	994	1 326	n.d	7 046	247	42 576	14,4	1 181	5 449
Skatan UTG	2 250	345	783	1 563	n.d	3 417	396	<LOQ	52,8	91,4	4 741
Reduktion	*68%*	*-65%*	*21%*	*-18%*	*	*51%*	*-60%*	*	*-268%*	*92%*	*13%*
2021-09-07											
Skatan INK	1 583	128	773	897	1,23	4 396	134	34 746	<LOQ	836	3 722
Skatan UTG	2 857	285	685	1 380	n.d	2 619	340	3 588	16,2	45,5	3 847
Reduktion	*-81%*	*-122%*	*11%*	*-54%*	*	*40%*	*-153%*	*90%*	*	*95%*	*-3%*
2021-10-13											
Skatan INK	1 033	13,3	347	653	n.d	1 320	96,2	10 671	n.d	580	1 992
Skatan UTG	865	21,6	333	2 404	n.d	977	297	<LOQ	<LOQ	59,1	2 341
Reduktion	*16%*	*-62%*	*4%*	*-268%*	*	*26%*	*-209%*	*	*	*90%*	*-18%*

Tabell E.2 Läkemedel del 2 Skatan

Beteckning	Methtextrate (ng/L)	Metoprolol (ng/L)	Naproxen (ng/L)	Oxazepame (ng/L)	Paracetamol (ng/L)	Propranolol (ng/L)	Sertraline (ng/L)	Tramadol (ng/L)	Venlafaxine (ng/L)	Zolpidem (ng/L)
2020-05-26										
Skatan INK	2,15	2 204	15 617	13,9	43 868	187	62,9	240	132	14,0
Skatan UTG	n.d	2 891	36,3	16,5	51,2	227	13,1	45,6	82,0	4,80
Reduktion	*	*-31%*	*100%*	*-19%*	*100%*	*-22%*	*79%*	*81%*	*38%*	*66%*
2020-06-17										
Skatan INK	47,2	2 707	15 569	30,0	67 206	87,4	4,58	14,7	291	15,0
Skatan UTG	n.d	2 763	42,2	119	47,3	84,5	21,9	29,3	150	8,96
Reduktion	*	*-2%*	*100%*	*-296%*	*100%*	*3%*	*-378%*	*-100%*	*49%*	*40%*
2020-06-22										
Skatan INK	n.d	1 969	12 533	41,2	73 354	354	221	324	185	10,67
Skatan UTG	n.d	2 212	13 868	70,6	28 151	262	81,8	704	124	6,55
Reduktion	*	*-12%*	*-11%*	*-71%*	*62%*	*26%*	*63%*	*-117%*	*33%*	*39%*
2020-07-14										
Skatan INK	n.d	1 517	5 566	36,6	38 540	165	112	263	94,1	5,78
Skatan UTG	n.d	1 942	7 851	48,1	810	177	70,6	652	117	4,25
Reduktion	*	*-28%*	*-41%*	*-31%*	*98%*	*-7%*	*37%*	*-148%*	*-25%*	*26%*
2020-08-13										
Skatan INK	30,4	2 965	8 437	49,3	65 649	365	111	278	57,2	16,6
Skatan UTG	n.d	3 845	9 561	107	201	365	67,2	756	77,8	10,7
Reduktion	*	*-30%*	*-13%*	*-118%*	*100%*	*0%*	*40%*	*-172%*	*-36%*	*35%*

2020-09-24										
Skatan INK	33,6	4 727	17 590	10,8	82 897	713	223	724	159	16,7
Skatan UTG	n.d	4 334	476	60,6	67,3	271	69,6	589	119	7,41
Reduktion	*	*8%*	*97%*	*-461%*	*100%*	*62%*	*69%*	*19%*	*25%*	*56%*
2020-10-21										
Skatan INK	<LOQ	1 537	12 020	3,70	38 656	245	54,7	66,7	32,5	<LOQ
Skatan UTG	n.d	1 999	623	12,5	97,3	108	27,8	165	39,7	<LOQ
Reduktion	*	*-30%*	*95%*	*-237%*	*100%*	*56%*	*49%*	*-148%*	*-22%*	*
2020-12-09										
Skatan INK	8,83	2 148	14 887	6,60	57 199	28,0	57,16	165	77,4	3,09
Skatan UTG	n.d	2 070	113	19,3	22,3	132	21,40	310	79,8	1,24
Reduktion	*	*4%*	*99%*	*-193%*	*100%*	*-372%*	*63%*	*-88%*	*-3%*	*60%*
2021-02-23										
Skatan INK	n.d	2 326,72	16 175,16	32,35	52 132,37	130,34	75,58	417,60	45,22	1,48
Skatan UTG	n.d	2 418,98	1 530,90	26,10	33,15	309,10	28,96	329,20	62,58	<LOQ
Reduktion	*	*-4%*	*91%*	*19%*	*100%*	*-137%*	*62%*	*21%*	*-38%*	*
2021-04-02										
Skatan INK	19,7	728	19 270	5,51	58 722	557	31,0	14,8	35,3	<LOQ
Skatan UTG	n.d	1 593	6 449	20,3	1 889	78,9	18,0	67,9	38,7	<LOQ
Reduktion	*	*-119%*	*67%*	*-269%*	*97%*	*86%*	*42%*	*-359%*	*-10%*	*
2021-04-06										
Skatan INK	n.d	1 569	16 425	5,51	49 648	32,2	35,4	24,8	54,3	<LOQ
Skatan UTG	n.d	1 772	12 866	24,9	14 439	98,9	26,2	118	132	2,40
Reduktion	*	*-13%*	*22%*	*-352%*	*71%*	*-207%*	*26%*	*-375%*	*-143%*	*

2021-05-12										
Skatan INK	79,1	2 415	13 492	140	80 072	239	124	641	160	6,74
Skatan UTG	n.d	3 066	16 666	101	1 938	197	30,2	525	186	3,13
Reduktion	*	*-27%*	*-24%*	*28%*	*98%*	*18%*	*76%*	*18%*	*-16%*	*54%*
2021-06-03										
Skatan INK	54,85	3 146	16 119	98,8	80 698	234	67,7	897	109	3,03
Skatan UTG	n.d	3 223	4 107	18,0	122	167	63,5	626	283	4,51
Reduktion	*	*-2%*	*75%*	*82%*	*100%*	*29%*	*6%*	*30%*	*-160%*	*-49%*
2021-06-28										
Skatan INK	n.d	1 961	9 498	26,9	81 470	237	201	448	224	3,35
Skatan UTG	10,8	2 306	9 625	30,6	64 209	203	97,8	380	377	<LOQ
Reduktion	*	*-18%*	*-1%*	*-14%*	*21%*	*14%*	*51%*	*15%*	*-68%*	*
2021-08-17										
Skatan INK	n.d	3 610	11 857	6,11	69 435	332	137	576	116	2,83
Skatan UTG	n.d	4 209	7 892	13,9	159	109	90,3	286	199	2,76
Reduktion	*	*-17%*	*33%*	*-127%*	*100%*	*67%*	*34%*	*50%*	*-71%*	*3%*
2021-09-07										
Skatan INK	n.d	2 385	10 890	24,0	78 299	143	198	1 778	365	7,99
Skatan UTG	n.d	3 286	11 067	10,9	317	150	89,8	687	282	4,09
Reduktion	*	*-38%*	*-2%*	*55%*	*100%*	*-5%*	*55%*	*61%*	*23%*	*49%*
2021-10-13										
Skatan INK	13,5	1 150	7 066	28,9	37 523	232	69,5	36,7	17,0	<LOQ
Skatan UTG	n.d	1 453	337	38,9	35,7	98,9	35,7	61,0	19,2	<LOQ
Reduktion	*	*-26%*	*95%*	*-35%*	*100%*	*57%*	*49%*	*-66%*	*-13%*	*

Tabell E.3 Antibiotika och hormoner Skatan

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
	Antibiotika						Hormoner		
2020-05-26									
Skatan INK	10,57	17,04	<LOQ	n.d	0,75	0,99	59,3	131,3	n.d
Skatan UTG	5,08	n.d	<LOQ	n.d	0,32	<LOQ	5,79	2,01	n.d
Reduktion	*52%*	*	*	*	*57%*	*	*90%*	*98%*	*
2020-06-17									
Skatan INK	n.d	37,8	<LOQ	n.d	n.d	<LOQ	59,1	282	n.d
Skatan UTG	8,06	n.d	<LOQ	n.d	n.d	<LOQ	7,28	1,23	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*	*	*88%*	*100%*	*
2020-06-22									
Skatan INK	3,68	923,21	<LOQ	n.d	n.d	2,86	84,2	392	n.d
Skatan UTG	51,8	n.d	<LOQ	n.d	n.d	<LOQ	193	47,1	n.d
Reduktion	*-1 309%*	*	*	*	*	*	*-129%*	*88%*	*
2020-07-14									
Skatan INK	n.d	153	<LOQ	n.d	0,18	<LOQ	71,2	169	n.d
Skatan UTG	n.d	26,6	<LOQ	n.d	n.d	<LOQ	153	n.d	n.d
Reduktion	*	*83%*	*	*	*	*	*-114%*	*	*
2020-08-13									
Skatan INK	n.d	60,7	<LOQ	n.d	n.d	1,69	57,6	250	n.d
Skatan UTG	n.d	n.d	<LOQ	n.d	n.d	4,45	5,49	2,18	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*	*-163%*	*90%*	*99%*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
2020-09-24									
Skatan INK	1 133	5 067	n.d	n.d	n.d	n.d	122	568	n.d
Skatan UTG	241	19,8	<LOQ	n.d	0,27	n.d	17,2	29,2	n.d
Reduktion	*79%*	*100%*	*	*	*	*	*86%*	*95%*	*
2020-10-21									
Skatan INK	11,3	5,95	n.d	n.d	629	71,8	57,2	503	n.d
Skatan UTG	3,61	<LOQ	n.d	n.d	72,7	8,84	0,78	n.d	n.d
Reduktion	*68%*	*	*	*	*88%*	*88%*	*99%*	*	*
2020-12-09									
Skatan INK	7,62	<LOQ	n.d	n.d	2,96	<LOQ	53,5	537	n.d
Skatan UTG	17,6	n.d	<LOQ	n.d	0,88	<LOQ	1,79	n.d	n.d
Reduktion	*-130%*	*	*	*	*70%*	*	*97%*	*	*
2021-02-23									
Skatan INK	3,68	<LOQ	n.d	n.d	1,15	n.d	108	322	n.d
Skatan UTG	3,39	n.d	<LOQ	n.d	n.d	n.d	13,9	n.d	n.d
Reduktion	*8%*	*	*	*	*	*	*87%*	*	*
2021-04-02									
Skatan INK	n.d	5,47	n.d	n.d	1,21	3,34	23,9	335	n.d
Skatan UTG	n.d	<LOQ	n.d	n.d	n.d	<LOQ	19,9	4,91	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*	*	*17%*	*99%*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
2021-04-06									
Skatan INK	n.d	<LOQ	n.d	n.d	2,16	<LOQ	42,0	184	n.d
Skatan UTG	n.d	<LOQ	n.n	n.d	0,90	<LOQ	56,6	7,57	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*58%*	*	*-35%*	*96%*	*
2021-05-12									
Skatan INK	n.d	<LOQ	n.d	n.d	n.d	<LOQ	142	386	n.d
Skatan UTG	n.d	n.d	<LOQ	n.d	0,41	<LOQ	52,0	13,7	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*	*	*63%*	*96%*	*
2021-06-03									
Skatan INK	n.d	<LOQ	<LOQ	n.d	n.d	17,7	51,7	488	n.d
Skatan UTG	3,20	n.d	<LOQ	n.d	n.d	3,39	3,28	n.d	n.d
Reduktion	*	*	*	*	*	*81%*	*94%*	*	*
2021-06-28									
Skatan INK	145	209	39,5	n.d	0,15	24,9	79,0	395	n.d
Skatan UTG	110	37,6	28,2	n.d	n.d	44,4	72,8	67,0	n.d
Reduktion	*24%*	*82%*	*29%*	*	*	*-78%*	*8%*	*83%*	*
2021-08-17									
Skatan INK	17,0	370	3,21	n.d	85,4	76,0	91,1	687	n.d
Skatan UTG	6,17	30,8	2,53	n.d	2 107	1 362	16,0	n.d	n.d
Reduktion	*64%*	*92%*	*21%*	*	*-2 367%*	*-1 692%*	*82%*	*	*

Beteckning	Azithromycin (ng/L)	Ciprofloxacin (ng/L)	Clarithromycin (ng/L)	Erythromycin (ng/L)	Sulfameth-oxazole (ng/L)	Trimethoprim (ng/L)	Estrone (ng/L)	Estradiol (E2) (ng/L)	Etinyestardiol (EE2) (ng/L)
2021-09-07									
Skatan INK	n.d	84,2	2,68	n.d	71,1	113	74,4	1 069	n.d
Skatan UTG	4,23	<LOQ	1,32	<LOQ	1,14	264	3,39	1,78	n.d
Reduktion	*	*	*51%*	*	*98%*	*-133%*	*95%*	*100%*	*
2021-10-13									
Skatan INK	88,9	120	3,55	n.d	n.d	13,2	111	509	n.d
Skatan UTG	34,2	<LQQ	<LOQ	n.d	n.d	5,82	1,20	n.d	n.d
Reduktion	*61%*	*	*	*	*	*56%*	*99%*	*	*

Tabell E.4 Andra organiska mikroföroreningar Skatan

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOS (ng/L)	PFOA (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2020-05-26								
Skatan INK	n.d	1 006	290	1,85	n.d	3,06	n.d	n.d
Skatan UTG	n.d	689	76,5	1,44	n.d	<LOQ	n.d	0,43
Reduktion	*	*31%*	*74%*	*22%*	*	*	*	*
2020-06-17								
Skatan INK	1,33	1 344	199	1,70	n.d	<LOQ	n.d	3,09
Skatan UTG	n.d	397	397	3,70	n.d	<lOQ	n.d	0,84
Reduktion	*	*70%*	*-100%*	*-117%*	*	*	*	*73%*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOS (ng/L)	PFOA (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2020-06-22								
Skatan INK	1,57	1 279	365	5,67	n.d	3,92	n.d	5,22
Skatan UTG	n.d	1 195	1 777	3,42	<LOQ	4,36	n.d	2,75
Reduktion	*	*7%*	*-387%*	*40%*	*	*-11%*	*	*47%*
2020-07-14								
Skatan INK	1,36	723	146	0,73	<LOQ	n.d	n.d	1,54
Skatan UTG	n.d	432	533	2,67	<LOQ	<LOQ	n.d	1,29
Reduktion	*	*40%*	*-265%*	*-267%*	*	*	*	*16%*
2020-08-13								
Skatan INK	n.d	1 300	145	7,10	<LOQ	n.d	n.d	3,00
Skatan UTG	n.d	179	598	12,4	n.d	<LOQ	n.d	n.d
Reduktion	*	*86%*	*-312%*	*-74%*	*	*	*	*
2020-09-24								
Skatan INK	n.d	146	241	4,37	11,2	n.d	n.d	n.d
Skatan UTG	n.d	749	405	14,8	6,20	n.d	n.d	0,77
Reduktion	*	*-411%*	*-68%*	*-239%*	*45%*	*	*	*
2020-10-21								
Skatan INK	n.d	646	377	1,97	42,2	n.d	n.d	n.d
Skatan UTG	n.d	598	75,0	2,40	9,40	n.d	n.d	0,22
Reduktion	*	*8%*	*80%*	*-22%*	*78%*	*	*	*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOS (ng/L)	PFOA (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2020-12-09								
Skatan INK	n.d	62,1	218	3,73	12,8	n.d	n.d	n.d
Skatan UTG	n.d	503	168	2,82	8,60	n.d	n.d	n.d
Reduktion	*	*-710%*	*23%*	*24%*	*33%*	*	*	*
2021-02-23								
Skatan INK	n.d	58,4	294	2,65	4,30	n.d	n.d	n.d
Skatan UTG	0,53	953	216	3,35	<LOQ	n.d	n.d	0,20
Reduktion	*	*-1533%*	*27%*	*-26%*	*	*	*	*
2021-04-02								
Skatan INK	n.d	512	116	1,61	19,0	n.d	n.d	0,19
Skatan UTG	n.d	31,3	84,9	1,78	<LOQ	n.d	n.d	0,10
Reduktion	*	*94%*	*27%*	*-11%*	*	*	*	*50%*
2021-04-06								
Skatan INK	n.d	369	132	1,58	6,50	n.d	n.d	0,30
Skatan UTG	n.d	62,4	128	2,16	16,5	n.d	n.d	0,40
Reduktion	*	*83%*	*3%*	*-37%*	*-154%*	*	*	*-33%*
2021-05-12								
Skatan INK	n.d	2 500	295	3,19	11,3	n.d	n.d	0,62
Skatan UTG	n.d	61,7	287	3,27	21,9	n.d	n.d	1,30
Reduktion	*	*98%*	*3%*	*-2%*	*-94%*	*	*	*-110%*

Beteckning	Acetamiprid (ng/L)	Benzotriazole (ng/L)	Bisphenol A (ng/L)	Imidacloprid (ng/L)	PFOS (ng/L)	PFOA (ng/L)	Thiacloprid (ng/L)	Thiamethoxam (ng/L)
2021-06-03								
Skatan INK	n.d	1 566	211	3,09	6,60	n.d	n.d	0,39
Skatan UTG	28,8	61,3	269	4,39	4,60	n.d	n.d	n.d
Reduktion	*	*96%*	*-28%*	*-42%*	*30%*	*	*	*
2021-06-28								
Skatan INK	n.d	113	132	5,01	6,20	4,63	n.d	1,21
Skatan UTG	n.d	118	192	4,79	6,70	n.d	n.d	0,91
Reduktion	*	*-5%*	*-45%*	*4%*	*-8%*	*	*	*25%*
2021-08-17								
Skatan INK	n.d	119	289	4,29	5,50	n.d	n.d	0,66
Skatan UTG	n.d	80,9	126	6,83	4,70	n.d	n.d	n.d
Reduktion	*	*32%*	*57%*	*-59%*	*15%*	*	*	*
2021-09-07								
Skatan INK	4,93	88,2	317	6,74	142	94,9	n.d	n.d
Skatan UTG	33,2	77,2	213	6,08	151	n.d	n.d	0,41
Reduktion	*-575%*	*12%*	*33%*	*10%*	*-7%*	*	*	*
2021-10-13								
Skatan INK	n.d	35,0	230	1,81	12,9	n.d	n.d	n.d
Skatan UTG	n.d	421	115	1,90	9,50	n.d	n.d	n.d
Reduktion	*	*-1103%*	*50%*	*-5%*	*26%*	*	*	*

Bilaga F Analysresultat bakterier Sörfjärden

I tabell F.1 och F.2 redovisas analysdata från mätningar av E.coli och Intestinala enterokocker i Sörfjärden.

Tabell F.1
Analysdata för E. coli hos Sörfjärden.

Datum	Inkommande	Utg kem	Utg bergkross	Utg naturgrus
2020-05-28	>10 000	>10 000	40	<10
2020-06-17	>40 000	<10	73	<10
2020-06-22	>100 000	>100 000	75 000	12 000
2020-06-25	>100 000	>100 000	4 000	1 500
2020-06-29	>100 000	>100 000	2 500	2 400
2020-07-02		>100 000	7 200	2 900
2020-07-07	>100 000	>100 000	2 500	110
2020-07-09	>100 000	>100 000	31 000	410
2020-08-20	>100 000	27 000	36	5 500
2020-09-22	>100 000	>100 000	2 100	
2020-10-13	>100 000	200	<10	<10
2020-12-01	>100 000	>100 000	>100 000	100
2021-01-27	>80 000	190	20	<10
2021-02-16	>100 000	25 000	540	<10
2021-03-04	>100 000	76 000	430	<10
2021-04-06	>100 000	>100 000	26 000	<10
2021-05-18	>2 000	>8 000	330	<10
2021-06-01	>100 000	80 000	20	<10
2021-06-23	800 000	120 000	100	<10
2021-06-28	>800 000	340 000	43 000	2 800
2021-07-01	>800 000	140 000	1 200	500
2021-07-05	>1 000 000	520 000	15 000	1 800
2021-07-08	>1 000 000	>600 000	48 000	1 700
2021-07-12	>1 000 000	410 000	23 000	3 900
2021-07-15	>1 000 000	660 000	38 000	5 000
2021-07-27	>1 000 000	52 000	19 000	3 800
2021-08-10	>1 000 000	310 000	3 100	10 000
2021-09-22	>800 000	490 000	740	<10
2021-10-13	>800 000	3 000	2 400	
2021-11-24	>1 000 000	<10	170	<10
2021-12-02	>600 000	<10	<10	<10

Datum	Inkommande	Utg kem	Utg bergkross	Utg naturgrus
2020-05-28	>10 000	8 000	20	<10
2020-06-17	14 000	55	<10	<10
2020-06-22	20	71 000	11 000	3 500
2020-06-25	>10 0000	16 000	550	290
2020-06-29	160	65 000	470	480
2020-07-02		40 000	1 900	140
2020-07-07	>10 0000	>10 0000	5 000	55
2020-07-09	>10 0000	65 000	35 000	2 900
2020-08-20	2 800	2 200	70	2 700
2020-09-22	>10 0000	3 000	91	
2020-10-13	>10 0000	2 400	<10	<10
2020-12-01	>10 0000	>10 0000	>10 0000	820
2021-01-27	>10 0000	170	<10	<10
2021-02-16	>10 0000	87 000	1 100	100
2021-03-04	>10 0000	78 000	700	10
2021-04-06	>10 0000	>10 0000	65 000	70
2021-05-18	>10 000	>10 000	5 100	<10
2021-06-01	>10 0000	37 000	<10	<10
2021-06-23	620 000	9 100	20	<10
2021-06-28	7 500	56 000	5 500	20
2021-07-01	>1 000 000	24 000	390	<10
2021-07-05	>1 000 000	27 000	690	510
2021-07-08	>1 000 000	48 000	2 300	150
2021-07-12	4 700	44 000	5 500	350
2021-07-15	>1 000 000	65 000	3 500	320
2021-07-27	750 000	9 600	790	320
2021-08-10	740 000	9 100	180	40
2021-09-22	>1 000 000	180 000	140	<10
2021-10-13	620 000	6 400	910	
2021-11-24	>1 000 000	10	50	<10
2021-12-02	>1 000 000	<10	<10	<10

Tabell F.2
Analysdata för Intestinala enterokocker hos Sörfjärden.

Bilaga G Analysresultat bakterier Skatan

I tabell G.1 och G.2 redovisas analysdata från mätningar av E.coli och Intestinala enterokocker i Sörfjärden.

Datum	Inkommande	Utgående
2020-05-26	>100 000	320
2020-06-17	>100 000	1 500
2020-06-22	>100 000	>100 000
2020-07-14	>80 000	56 000
2020-08-13	>80 000	19 000
2020-09-24	>100 000	2 100
2020-10-21	>100 000	13 000
2020-12-09	>100 000	5
2021-02-23	>100 000	6 300
2021-04-07	>100 000	47 000
2021-06-03	>100 000	11 000
2021-08-17	>1 000 000	82 000
2021-09-07	>10 000	>8 000
2021-10-13	200 000	900
2021-12-02	>1 000 000	180 000

Tabell G.1
Analysdata för E. coli hos Skatan.

Datum	Inkommande	Utgående
2020-05-26	>100 000	70
2020-06-17	>100 000	250
2020-06-22	1 600	190
2020-07-14	>100 000	9 300
2020-08-13	>100 000	8 000
2020-09-24	>100 000	91
2020-10-21	>100 000	370
2020-12-09	>100 000	80 000
2021-02-23	>100 000	87 000
2021-04-07	>100 000	30 000
2021-06-03	>100 000	>100 000
2021-08-17	>1 000 000	30 000
2021-09-07	>10 000	>10 000
2021-10-13	>1 000 000	2 600
2021-12-02	>1 000 000	64 000

Tabell G.2
Analysdata för Intestinala enterokocker hos Skatan.

Bilaga H Analysresultat virus

I tabell H.1 och H.2 redovisas mätvärden på koncentrationen av bakteriofager som pfu/ml, koncentrationen som log10 pfu/l och logreduktion över systemet för systemet för anläggningen i Sörfjärden. I tabell H.3 redovisas motsvarande information för anläggningen i Skatan.

	Inkommande (SFin)	Utgående kemverk (SFkut)	Markbädd 1 (SFmb1)	Markbädd 2 (SFmb2)
2021-06-28	460	20	1	1
2021-07-01	50	1	1	1
2021-07-05	36 030	18	1	1
2021-07-08	1230	148	1	1
2021-07-12	18 900	91	1	1
2021-07-15	9 400	1 455	4	1
2021-07-27	1 170	2	1	1
2021-08-10	40 000	3	1	1
2021-09-22	3 375	27	1	1
2021-10-13	520	4	1	1

Tabell H.1
Koncentration bakteriofager som pfu/ ml i vattenprover från Sörfjärden. Röda värden ger detektionsvärdet för metoden, då inga fager detekterades i prov.

	SFin	SFkut	SFmb1	SFmb2	kem verk red	MB red	Red system
2021-06-28	2.66	1.30	0	0	-1.36	-1.3	-2.7
2021-07-01	1.70	0.00	0	0	-1.70	0.0	-1.7
2021-07-05	4.56	1.26	0	0	-3.30	-1.3	-4.6
2021-07-08	3.09	2.17	0	0	-0.92	-2.2	-3.1
2021-07-12	4.28	1.96	0	0	-2.32	-2.0	-4.3
2021-07-15	3.97	3.16	0.602	0	-0.81	-2.6	-3.4
2021-07-27	3.07	0.30	0	0	-2.77	-0.3	-3.1
2021-08-10	4.60	0.48	0	0	-4.12	-0.5	-4.6
2021-09-22	3.53	1.43	0	0	-2.10	-1.4	-3.5
2021-10-13	2.72	0.60	0	0	-2.11	-0.6	-2.7

Tabell H.2
Koncentration bakteriofager som log10 pfu/ ml, samt logreduktion över systemet i vattenprover från Sörfjärden. Röda värden ger detektionsvärdet för metoden, då inga fager detekterades i prov och motsvarande reduktion var minst det angivna värdet men kan vara större.

	Inkommande (SKin) pfu/ml	Utgående (SKut)	IN log10 pfu/ml	UT log10 pfu/ml	Log10 red
2021-06-28	2 740	480	3.4	2.7	-0.8
2021-07-13	9 800	55	4.0	1.7	-2.3
2021-08-17	3 000	125	3.5	2.1	-1.4
2021-09-07	3 080	69	3.5	1.8	-1.6
2021-10-13	259	2	2.4	0.3	-2.1

Tabell H.3
Koncentration bakteriofager som pfu/ml och som log10 pfu/ ml, samt logreduktion över systemet i vattenprover från Skatan.

Svenskt Vatten
UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma
BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma
TELEFON 08-506 002 00
E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se