

Mittskåne Vatten

Läkemedelsrening Ormanäs ARV i Höör Förstudierapport

08. november 2023

Framtagen till:
Mittskåne Vatten

Framtagen av:
Envidan AB
Rubén Juárez Cámara & Rita Marques
E-mail: rjc@envidan.se, rim@envidan.se
Telefonnr (direkt): +46 730 41 04 00
Projektnamn: Läkemedelsrening Ormanäs ARV i Höör
Projektnr.: 2210414-03
Kvalitetssäkring: Marcus Larsson
Sida 1 av 73



Innehållsförteckning

Förord.....	4
Sammanfattning.....	5
1. Bakgrund och syfte	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
1.3 Genomförande.....	8
Ramverk.....	8
Tekniskt ramverk	9
Teknikval.....	9
2. Ramverk.....	10
2.1 Målsättningar och utvärderingsmodell	10
2.1.1 Målsättningar för projektet	10
2.1.2 Utvärderingsmodell för teknikval	11
2.2 Gällande lagkrav och miljö kvalitetsnormer	11
2.2.1 Miljö kvalitetsnormer (MKN).....	11
2.2.2 Befintliga lagkrav.....	11
2.2.3 Kommande lagkrav	12
2.3 Beskrivning av nuvarande anläggning och parallella projekt	14
2.3.1 Nuvarande anläggning	14
2.3.2 Parallella och tidigare genomförda projekt	16
2.4 Provtagning och analysmetoder	16
2.4.1 Provtagningsplan	16
2.4.2 Analyserade ämnen och analysmetod	19
3. Teknisk Ramverk.....	21
3.1 Kartläggning av läkemedelsrester på reningsverket.....	21
3.1.1 Inkommande halter och belastning	21
3.1.2 Utgående halter och belastning	28
3.1.3 Koncentration i slam.....	33
3.1.4 Reduktion.....	35
3.2 Övergripande recipientutredning	41
3.2.1 Halter i recipient Ringsjön	41
3.2.2 Riskbedömning för recipient Ringsjön.....	43
3.3 Diskussion om behov av kvartär rening på Ormanäs ARV	45
4. Teknikval.....	46
4.1 Identifiering av relevanta tekniker och inledande utvärdering.....	46

4.2	Förutsättningar på Ormanäs ARV.....	47
4.2.1	Dimensionerande data.....	47
4.2.2	Lokala förutsättningar.....	49
4.3	Processutformning och dimensionering.....	50
4.3.1	#1 Ozonering + sandfilter (O ₃ +SF).....	50
4.3.2	#2 GAK-filter (GAK).....	54
4.3.3	#3 Ozonering + GAK-filter (O ₃ +GAK).....	57
4.4	Klimatberäkningar.....	61
4.5	Kostnadskalkyl.....	64
4.5.1	Investeringskostnader.....	64
4.5.2	Driftkostnader.....	65
5.	Utvärdering av tekniker.....	68
6.	Slutsatser.....	70
	Referenser.....	71

Förteckning över bilagor

Bilaga 1	Delrapport Ramverk
Bilaga 2	Analysresultat och reduktionsgrad
Bilaga 3	Känslighetsanalys-utvärdering

Förord

Ormanäs avloppsreningsverk (ARV) tar emot avloppsvatten från Höörs tätort och släpper ut det renade avloppsvattnet till Västra Ringsjön. Ormanäs är ett äldre avloppsreningsverk och är som andra avloppsreningsverk i Sverige inte anpassade för att rena läkemedelsrester och har heller inte krav i miljötillståndet att rena läkemedelsrester.

Kunskapen om läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i vattenmiljön ökar hela tiden och det finns indikationer på att lagstiftningen är på väg att förändras där krav på rening av läkemedelsrester kan komma i och med det nya förslaget till avloppsdirektiv från EU som kom under 2022. I förslaget pekas bland annat avloppsreningsverk i Ormanäs storlek ut som anläggningar där krav på införande av läkemedelsrening (avancerad rening) kan komma att ställas (baserat på riskbedömning). Det föreslagna avloppsdirektivet indikerar att reningsverken i Sverige kommer att behöva hantera läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i större omfattning i framtiden och många investeringar i ytterligare reningssteg kommer att genomföras under de kommande åren.

I Höör släpps det renade avloppsvattnet från Ormanäs ARV ut i Ringsjön, som är en speciell recipient ut olika aspekter - en grund insjö i jordbrukslandskapet med historiskt stora problem med övergödning, som omfattas av olika riksintressen och som utgör reservvattentäkt för dricksvattenförsörjningen till stora delar av Skåne. Ringsjön är också ett viktigt fiskevatten och omfattas av riksintresse för yrkesfiske.

I denna rapport redogörs för en förstudie gällande avancerad rening på Ormanäs. Dagens belastning av läkemedelsrester till Ormanäs och vidare utsläpp till Ringsjön har utretts. Vidare har recipientpåverkan övergripande bedömts samt förslag och kostnader för en framtida avancerad rening har tagits fram.

Ormanäs är ett avloppsreningsverk med stora behov av förnyelse, modernisering och kapacitetsökning för att kunna hantera den prognosticerade befolkningsökningen i Höör och eventuella nedläggningar av mindre avloppsreningsverk i kommunen. Inför ombyggnaden kommer verket behöva tillståndsprövas. Därför pågår en större förstudie för utformningen av ett framtida Ormanäs ARV och denna läkemedelstudie utgör en viktig pusselbit inför kommande beslut om investeringar vid anläggningen.

I denna rapport redovisas arbetet i förstudien läkemedelsrening som har utförts för Ormanäs ARV i Höör under perioden juli 2022 till och med oktober 2023. Kostnaden för förstudieprojektet är finansierat till 90 % av Naturvårdsverket. Rapporten är skriven av Envidan som huvudansvarig och har granskats av Mittskåne Vatten. Projektorganisationen har bestått av följande nyckelpersoner:

Namn	Organisation	Roll
Christina Jönsson	Mittskåne Vatten	Utredningsingenjör
Disa Sandström	Mittskåne Vatten	Utredningschef
Ola Svahn	Miljö & Media på Kivik	Specialist analyser
Rita Marques	Envidan AB	Uppdragsledare
Rubén Juárez Cámara	Envidan AB	Processingenjör
Marcus Larsson	Envidan AB	Kvalitetssäkring

Sammanfattning

En förstudie gällande läkemedelsrester och andra mikroföroreningar har genomförts på Ormanäs avloppsreningsverk (ARV) i Höör. Förstudien hade som syfte att göra en bedömning av miljönyttan och behovet av avancerad rening vid Ormanäs ARV, som leder renat avloppsvatten ut i Västra Ringsjön vilket är en grund sjö med riksintresse för yrkesfiske och vattenförsörjning. Förstudien delades i tre huvudmoment: ramverk, tekniskt ramverk och teknikval.

I ramverket definierades målsättningar och en utvärderingsmodell som omfattades av följande projektmål med olika viktningar: klimatsmart, energismart, kostnadseffektivt, resurseffektivt, skydd av yt- och grundvatten, utbyggnadsbart och flexibelt, driftsäkert med redundans och servicevänligt och säker arbetsplats. Vidare en sammanställning av befintligt och kommande lagkrav togs fram, med speciellt fokus på förslaget på nytt EU avlopps- och vattendirektiv som berör läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Detta kompletterades med en omvärldsbevakning av bäst möjliga teknik för rening från läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar i avloppsvatten.

I tekniska ramverket har en kartläggning av mikroföroreningar gjorts genom 12 provtagningar på inkommande och utgående vatten på Ormanäs ARV och 3 provtagningar före sandfilter, 2 provtagningar i slammet från Ormanäs ARV, 2 provtagningar på 3 mindre reningsverk (Norra Rörum ARV, Snogeröd ARV och Tjörnarps ARV) på inkommande och utgående vatten, samt 4 provtagningar i 4 olika punkter i recipient Ringsjön.

Utvärdering av analysresultaten visade att Ormanäs ARV i Höör belastas med $114,4 \pm 16,5$ kg mikroföroreningar/år, därav ibuprofen och paracetamol utgör 70-80 % av den totala inkommande belastningen. Reduktion av mikroföroreningar över Ormanäs ARV är begränsad och endast 11 av 36 ämnen uppvisade en reduktionsgrad högre än 80 %, samt nästan hälften av de analyserade ämnena uppnår endast 50 % reduktion. Sandfilter bidrar med ytterligare rening för vissa ämnen som atenolol, metoprolol, trimetoprim och imidaklopid. Reduktionen över verket resulterar i att $9,3 \pm 5,9$ kg mikroföroreningar/år släpps ut till Ringsjön och $2,9 \pm 1,1$ kg mikroföroreningar/år följer med slammet. Medelreduktion på Ormanäs ARV enligt förslag till nytt EU avloppsdirektivet ligger i nuvarande situation mellan 24-34%, beroende på vilka ämnen man väljer.

Provtagningar på de mindre reningsverken som i framtiden planeras kopplas till Ormanäs ARV visade en varierad bild när det gäller reduktion, där Norra Rörum ARV uppvisade sämre reningsresultat än Ormanäs och Snogeröd ARV uppvisade jämförbara reningsresultat med Ormanäs. Tjörnarps ARV uppvisade mycket högre reduktion än de övriga reningsverken, vilket kan förklaras med en stark utspädning av vattnet i utgående brunn med regnvatten och grundvatten. Nedläggning av de små reningsverken och ledning av spillvatten till Ormanäs skulle innebära en ytterligare belastning av mikroföroreningar till Ormanäs ARV på 15,2 kg mikroföroreningar/år i genomsnitt, vilket motsvarar en ökning på ca 13%.

Provtagningar i recipienten Ringsjön visade högsta koncentrationer på ämnena tramadol, paracetamol och karbamazepin. Särskilda förorenande ämnen som omfattas av HVMFS 2019:25 och miljökvalitetsnormer i förslaget för det nya vattendirektivet uppvisade koncentrationer lägre än respektive gränsvärde. Riskbedömningen resulterade dock i att oxazepam, ett svårnedbrytbart ämne, utgör måttlig risk för Ringsjön och övriga ämnen utgör en förhållandevis låg risk. Däremot kan kvartär rening innebära miljönytta och skydd av ytvatten genom minskad belastning av miljöfarliga ämne till Ringsjön, vilket är reservvattentäkt för dricksvattenproduktion.

Under teknikvalet utvärderades relevanta tekniker som är aktuella för en eventuell implementering av ett kvartärt reningssteg utifrån utvärderingsmodellen.

Efter en genomgång av bästa möjliga tekniker för rening av avloppsvatten från mikroföroreningar och en kvalitativ utvärdering valdes det att gå vidare med #1 O₃+SF (ozonering följt av sandfilter), #2 GAK

(GAK-filter) och #3 O₃+GAK (ozonering följt av GAK-filter). För varje processalternativ togs det fram en processutformning och dimensionering, klimatberäkningar samt drift- och investeringskostnader.

Utvärderingen visade att av de 3 teknikkombinationerna erhåller GAK-filter högst betyg på alla utvärderingsparametrar förutom flexibilitet och de andra två teknikerna erhåller jämförbara betyg. Processalternativ 2# GAK har relativt låg energiåtgång jämfört med ozoneringsprocesser som är mer energikrävande, vilket också påverkar ekvivalenta koldioxidutsläppen. En känslighetsanalys visade att vid användning av grönare el, blir poängsättningen mer jämförbar mellan alternativ 1# O₃+SF och 2# GAK. De två alternativen med ozonering (1# O₃+SF och 3# O₃+GAK) resulterade i högre investeringskostnader, kopplade till ytterligare utrustning och bassänger för ozoneringssteget. Trots att alternativen med ozon erhåller jämförbara betyg, har 3# O₃+GAK två reningssteg för rening av avloppsvatten från mikroföroreningar, vilket ger extra säkerhet i behandlingen. Driftkostnaderna vid alternativ 3# O₃+GAK är lägre än för 1# O₃+SF, och kan ytterligare minska vid optimering av dosering av ozon och bäddvolymerna för aktivt kol. Ifall något av de processalternativen som inkluderar ozonering blir aktuellt för Ormanäs ARV, rekommenderas en fortsatt uppföljning av bromidhalter i avloppsvattnet.

Ett parallellt projekt pågår om Ormanäs ARV där utbyggnad av befintligt reningsverk utreds och där processvalet kan påverka valet av teknik för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. I de flesta fall kan de tre föreslagna teknikkombinationerna kopplas till utgående vatten från vald process för huvudrening. Det är dock viktigt att säkerställa låga SS-halter in till det kvartära reningssteget, oavsett vad det blir för processalternativ för rening av mikroföroreningar. Om utbyggnadskonceptet för framtida Ormanäs ARV inkluderar sandfilter efter den biologiska reningen, kan dessa även fungera som förfiltrering för 2# GAK och 3# O₃+GAK. Även andra filtreringsteg kan vara fördelaktiga för dessa två processalternativ. Sandfilter kan också användas för efterbehandling av ozonerat vatten vid 1# O₃+SF, vilket kan minska den totala investeringen men ställer krav på partikelseparation efter det biologiska steget.

Denna förstudie utgör ett beslutsunderlag inför ett eventuellt införande av kvartär rening på Ormanäs ARV (18 800 pe, prognosår 2055). Ormanäs ARV släpper ut renat avloppsvatten till recipient Ringsjön, som har en hög utspädningsgrad men som är en reservvattentäkt för dricksvattenproduktion. Det finns ett förslag till ett nytt EU avloppsdirektiv som publicerades höst 2022 och är under förhandlingar i skrivande stund. I förslaget förespråkas för implementering av kvartär rening för avloppsreningsverk mellan 10 000 pe och 100 000 pe om utsläppet sker till känsliga områden. Enligt förslaget bör sådana känsliga områden inkludera recipient med låg utspädningsgrad eller som används för dricksvattenproduktion eller badvatten. För att undvika kvartär rening på reningsverket bör påvisas genom en standardiserad riskbedömning att det inte föreligger några risker för miljö eller folkhälsa. Hur denna standardiserade riskbedömning skall utföras är ännu inte fastställd. Beslutet om införandet av kvartär rening bör tas i relation till ett helhetsperspektiv för att prioritera investeringar för att skydda miljö och folkhälsa på ett effektivt sätt.

1. Bakgrund och syfte

1.1 Bakgrund

Mittskåne Vatten har ansökt om och blivit beviljade medel från Naturvårdsverket för att genomföra en förstudie angående lämpligt teknikval för rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar på Ormanäs avloppsreningsverk (ARV) i Höör.

Ormanäs ARV tar emot och renar avloppsvatten från Höörs tätort, Gamla Bo, Stanstorp, Sätofta och ett antal mindre områden med bebyggelse. Avskilt slam från Snogeröds ARV transporteras till Ormanäs ARV för behandling. Utöver detta tas även externslam från enskilda avloppsanläggningar emot och behandlas. På reningsverket behandlas avloppsvatten som härrör från både hushåll och industrier. Den enda större tillverkningsindustrin är CEPA Steeltech AB som gör olika produkter i plåt. CEPA har ett internt reningsverk där deras processavloppsvatten renas innan det släpps till det kommunala spillvattennätet.

Mittskåne Vatten har för avsikt att bygga nytt/bygga om Ormanäs ARV eftersom Höör växer och reningsverket inte klarar så mycket högre belastning än idag. I samband med den planerade ombyggnationen finns det också beslut på anslutning av fler abonnenter och nedläggning av ett antal mindre reningsverk i kommunen: Tjörnarps ARV, Norra Rörums ARV och Snogeröds ARV.

Utgående behandlat vatten från Ormanäs ARV leds ut i Västra Ringsjön som avvattnas via Rönne å till Skälderviken (se Figur 1.1). Västra Ringsjön är, tillsammans med Östra Ringsjön, Skånes näst största sjö och ligger mitt i Skåne. Västra Ringsjön är klassificerad som riksintresse för vattenförsörjning då den är en reservvattentäkt till Sydsvettens två huvudkällor Bolmen och Vombsjön. Vid de fall då användandet av vatten från huvudkällorna hindras används Ringsjön. Vattenomsättningen i Ringsjön är liten och för år 2018 har omsättningen beräknats till 1,4 år enligt rapporten Rönne å - Sammanfattning av vattenkontrollen 2018. Hela Ringsjön utgörs av riksintresse för yrkesfiske och det pågår bland annat reduktionsfiske för att komma till rätta med obalansen i fiskbeståndet i sjön (Ekologgruppen i Landskrona AB, 2012).

Stora delar av Ringsjöns närområde har höga naturvärden och är skyddade genom Natura 2000. Ringsjön har även pekats ut som nationellt särskilt värdefullt vatten (Ekologgruppen i Landskrona AB, 2012).

Västra Ringsjön är grund (medeldjup 2,7 m och maxdjup ca 5 m) och har en strandlängd på 2 mil. Sjöns utlopp mynnar i Rönne å. Västra Ringsjön ansluter till Östra Ringsjön via ett smalt sund. Omsättningstiden i Västra Ringsjön är snabbare (0,3 år) än i Östra Ringsjön (Ekologgruppen i Landskrona AB, 2012).



Figur 1.1 Recipienten Ringsjön. Ormanäs ARV samt ungefärlig placering av utsläppspunkten i Västra Ringsjön markeras i rött. Utloppet från Västra Ringsjön i Röne ån markeras med en lila pil. Bild hämtad från (Länsstyrelsen, 2023).

1.2 Syfte

Syftet med förstudien är att göra en bedömning av miljönyttan och behovet av kvartär rening vid Ormanäs ARV i Höör. Det renade avloppsvattnet leds ut i Västra Ringsjön, som är en grund sjö med riksintresse för yrkesfiske och vattenförsörjning. Det förväntas att resultaten från förstudien ska utgöra underlag för beslut om eventuell investering i utbyggnad med ett kvartärt steg för avloppsvattenrening.

1.3 Genomförande

Förstudien har delats in i tre faser - Ramverk, Tekniskt Ramverk och Teknikval - som beskrivs nedan.

Ramverk

Första faser av förstudien har omfattat följande moment:

- En provtagningsplan, som inkluderar fastställandet av relevanta analysparametrar för provtagningen utifrån Naturvårdsverkets rekommenderade lista, definierade provtagningsplatser, frekvens på provtagningen och tidpunkter för provtagning.
- En kartläggning av lagkrav, vattendirektiv (MKN) och parallella projekt på Ormanäs ARV som har en påverkan på denna förstudie.
- Fastställande av målsättningarna för projektet samt utvärderingsmodell för val av teknik för läkemedelsrening (kvartär rening).
- En omvärldsbevakning och kartläggning av tekniker för reduktion av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar som kan vara aktuella för Ormanäs ARV, baserat på etableringsnivån

i fullskala samt referenser. I samband med kartläggningen har en översiktlig bedömning av fördelar och nackdelar med varje teknik i förhållande till de fastställda målen för projektet gjorts.

Ramverket har redovisats i en separat delrapport, se Bilaga 1.

Tekniskt ramverk

Tekniskt ramverk används för att fastställa de tekniska ramarna för projektet och identifiera behovet för rening av mikroföroreningar. Denna fas omfattar sammanställning och utvärdering av analysresultaten från provtagningen. En bedömning av reningsverkets nuvarande förmåga att rena mikroföroreningar har gjorts, baserad på analysresultat på inkommande och utgående vatten samt efter sandfiltren.

En övergripande recipientutredning har också utförts för att bedöma hur läkemedelsrester påverkar recipientens status.

Samlade resultat har därefter använts för att fastställa fokusämnen för ett eventuellt dedikerat reningssteg för mikroföroreningar.

Teknikval

I fasen *Teknikval* genomförs en utvärdering utifrån prioriterade parametrar för att välja teknik för rening av mikroföroreningar. Tekniker som har tidigare kartlagts som intressanta utifrån mognadsgrad genomgår en första utvärdering i förhållande till kartlagda anläggningsspecifika behov. Teknikalternativen har sedan avgränsats till ett fåtal för att genomgå utvärdering enligt modellen fastställd i Ramverket. Urvalsparametrar och resultat har sammanställts i en utvärderingsmatris.

Som en del av utvärderingen har en översiktlig investerings- och driftkostnadskalkyl tagits fram för bästa möjliga teknik för rening av mikroföroreningar på Ormanäs ARV.

2. Ramverk

2.1 Målsättningar och utvärderingsmodell

Kvartär rening bidrar till ett minskat utsläpp av läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar till recipienten. Det finns ett antal beprövade och mogna tekniker som kan användas för detta ändamål. Valet av teknik kan göras utifrån olika utvärderingsparametrar så som reningseffektivitet, energiförbrukning, yta i anspråk, arbetsmiljö och investerings- och driftkostnader. Valet av reningsprocess för en eventuell framtida utbyggnad av läkemedelsrening på Ormanäs ARV bör inte bara grunda sig i teknikens lämplighet, utan också i Mittskåne Vattens målsättningar och kvalitetsparametrar för framtida Ormanäs ARV, för att säkerställa att rätt värden inkluderas i beslutet och bidrar till att Mittskåne Vatten uppnår sina projektmål.

2.1.1 Målsättningar för projektet

Inom ramen för förstudien om framtida Ormanäs ARV, har ett arbete gjorts för att ta fram projektmål och utforma en utvärderingsmodell för utbyggnadsprojektet. Projektmålen har sin utgångspunkt i gällande globala, nationella, regionala och kommunala mål. Mittskåne Vatten har med stöd från Envidan fastställt 8 projektmål för förstudien om det framtida Ormanäs ARV (Envidan AB, 2022 (1)), som presenteras nedan:

Projektmål	Utvärderingsparametrar
Klimatsmart	Kvantitativ - påverkan på klimatbalansen
Energismart	Kvantitativ - påverkan på energibalansen
Kostnadseffektivt	Kvantitativ - investering och driftkostnad
Resurseffektivt	Skallkrav, utvärderas ej
Skydd av yt- och grundvatten	Skallkrav, utvärderas ej
Utbyggnadsbart och flexibelt	Kvalitativ - utbyggnadsbart och flexibelt
Driftsäkert med redundans	Kvalitativ- driftsäker anläggning med redundans
Servicevänligt och säker arbetsplats	Kvalitativ, utvärderas utifrån olika arbetsriskmoment och servicebehov

En bedömning om relevansen av dessa mål för val av teknik för läkemedelsrening och hur de kommer utvärderas i detta projekt har gjorts. En mer detaljerad beskrivning finns i Bilaga 1. Följande projektmål har bedömts relevanta för detta projekt och kommer därför utvärderas för valda teknikalternativ:

- Klimatsmart
- Energismart
- Kostnadseffektivt
- Utbyggnadsbart och flexibelt
- Driftsäkert med redundans
- Servicevänligt och säker arbetsplats

2.1.2 Utvärderingsmodell för teknikval

En sammanställning av de målparametrar som bedömdes relevanta för teknikval för läkemedelsreningssprocessen samt respektive utvärderingskriterie redovisas i utvärderingsmatrisen i Tabell 2.1. Målparametrarna bedöms på olika sätt. Skallkrav är krav som måste uppfyllas för att tekniken ska vara relevant och utvärderas därför ej, medan det för utvärderade parametrar ges poäng på en skala från 1-5 beroende på hur tekniken presterar. Kvalitativa parametrar har poängsatts gemensamt under en workshop medan Envidan har genomfört beräkningar för de kvantitativa parametrarna.

Tabell 2.1 Utvärderingsmatris för teknikval.

Utvärderingsparameter	Värderingstyp	Mätmodell
Klimat	Kvantitativ	Beräkning av påverkan på klimatbalansen (CO ₂ e)
Energi	Kvantitativ	Beräkning av påverkan på energibalansen (kWh)
Kostnader	Kvantitativ	Beräkning av investeringskostnader - CAPEX (Mkr) Beräkning av driftkostnader - OPEX (Mkr/år)
Utbyggnadsbarhet och flexibilitet	Kvalitativ	Bedömning om alternativen är utbyggnadsbara och flexibla
Driftsäkerhet och redundans	Kvalitativ	Bedömning om alternativen är driftsäkra och har redundans
Servicevänlighet och arbets säkerhet	Kvalitativ	Bedömning om alternativen är servicevänliga och medför en säker arbetsplats

2.2 Gällande lagkrav och miljö kvalitetsnormer

2.2.1 Miljö kvalitetsnormer (MKN)

Enligt VISS (Länsstyrelsen, 2023) är Västra Ringsjön klassad med otillfredsställande ekologisk status samt ej god kemisk status. Den ekologiska statusen baseras på växtplankton och fisk som visar att sjön är näringspåverkad, samt på höga halter av fosfor och dåligt siktdjup. Den kemiska statusen baseras på höga halter kvicksilver samt bromerad difenyleter som finns i fisk (och som gäller för samtliga undersökta vattenförekomster i Sverige). Västra Ringsjön har enligt miljö kvalitetsnormer krav på att uppnå god ekologisk ytvattenstatus (2033) och god kemisk ytvattenstatus (2027) (Länsstyrelsen, 2023).

2.2.2 Befintliga lagkrav

Den Europeiska Kommissionen presenterar i Artikel 4 av Direktivet 2000/60/EC att medlemsländer ska implementera åtgärder för att minimera förorening av prioriterade substanser som presenteras i Direktivet 2008/105/EC. Även en bevakningslista (Watch List) upprättas i Kommissionens genomförande beslut (EU) 2022/1307, där övervakningsdata för ämnena ska samlas in i syfte att stödja framtida prioriteringar i enlighet med Direktivet 2000/60/EC. Följande ämne från Watch List analyseras i denna förstudie:

- Sulfametoxazol
- Trimetoprim

- Venlafaxin
- Flukonazol

I Sverige har ca 30-tal ämne definierats som särskilda förorenande ämne (SFÄ) som sammanfattas i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2019:25). Bedömningsgrunderna för SFÄ baseras bland annat på årsmedelvärden och maximal tillåten koncentration i vattnet för läkemedelsrester och andra mikroföroreningar, samt koncentrationen för sediment och biota. I Tabell 2.2 visas de ämnen som omfattas av bedömningsgrunderna för SFÄ och som också har analyserats i denna förstudie. Gränsvärde för kemisk ytvattenstatus i HVMFS 2019:25 finns på mer än 50 ämnen, dock analyseras av dessa endast PFOS i denna förstudie och PFOS har ett årsmedelvärde på 0,65 ng/L och en maximal tillåten koncentration på 36 000 ng/L för inlandsytvatten.

Tabell 2.2 Bedömningsgrunder för SFÄ i inlandsytvatten. Endast ämnen som analyseras i denna förstudie inkluderas. Koncentration anges i ng/L.

Ämne	Årsmedelvärde	Maximal tillåten koncentration
Bisfenol A	1 600	2 700
Ciprofloxacin	-	100
Diklofenak	100	-
Imidaklopid	-	-
Östradiol (E2)	0,4	-
Etinylestradiol (EE2)	0,35	-

2.2.3 Kommande lagkrav

Under oktober 2022 publicerade den Europeiska Kommissionen ett förslag till ett nytt EU-avloppsdirektiv. Förslaget är ute på remiss och är ännu inte beslutad, men innefattar nya riktlinjer kring rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar från avloppsvatten (som ska ske i en så kallad kvartär rening). Det nya EU-avloppsdirektivet föreslår en reduktion på 80% (över hela reningsverket), som genomsnitt, av ett antal utvalda mikroföroreningar (Tabell 2.3). Den genomsnittliga reduktionsgraden ska beräknas som ett medelvärde av minst sex ämnen och antalet ämnen i kategori 1 ska vara dubbelt så många som i kategori 2. Ämnena valdes ut först för en schweizisk lagstiftning som skulle uppfylla följande kriterier:

- Modersubstanser som förekommer i mätbara koncentrationer och kan enkelt och regelbundet analyseras med en metod.
- Ämnena reduceras till mindre än 50% i biologisk rening och visar jämförbar reduktion med olika tekniker för avancerad rening av mikroföroreningar.

Tabell 2.3 Indikatorämnen för utvärdering av den kvartära reningen.

Kategori 1	Kategori 2
(i) Amisulprid (CAS No 71675-85-9)	(i) Bensotriazol (CAS No 95-14-7)
(ii) Karbamazepin (CAS No 298-46-4)	(ii) Kandesartan (CAS No 139481-59-7)
(iii) Citalopram (CAS No 59729-33-8)	(iii) Irbesartan (CAS No 138402-11-6)
(iv) Klaritromycin (CAS No 81103-11-9)	(iv) Blandning av 4-Metylbensotriazol (CAS No 29878-31-7) och 6-metyl- bensotriazol (CAS No 136-85-6)
(v) Diklofenak (CAS No 15307-86-5)	
(vi) Hydroklortiazid (CAS No 58-93-5)	
(vii) Metoprolol (CAS No 37350-58-6)	
(viii) Venlafaxin (CAS No 93413-69-5)	

I detta förslag ska avloppsreningsverk som är belastade med mer än 100 000 personekvivalenter (pe) införa kvartär rening senast 2035. För avloppsreningsverk som är belastade mellan 10 000 och 100 000 pe ska en riskbedömning utföras. Om riskbedömningen visar att det finns risk för miljö och/eller folkhälsa ska reningsverket införa kvartär rening, senast 2040.

Även ett förslag på ett nytt vattendirektiv (gamla Direktivet 200/60/EC) publicerades under oktober 2022, där miljökvalitetsnormer ses över för mer än 70 ämnen som inkluderar läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Ett av syftena i detta förslag är att regelbundet uppdatera vilka föroreningar som ska övervakas, genom en modifierad lista för prioriterade ämnen och Watch List samt att uppdatera befintliga kvalitetsnormer. I Tabell 2.4 redovisas de ämnen i förslaget som har analyserats i detta projekt.

Tabell 2.4 Miljö kvalitetsnormer för prioriterade ämnen i förslaget på nytt vattendirektiv för ytvatten. Koncentration anges i ng/L. I tabellen inkluderas endast ämnena som har analyserats i detta projekt.

Ämne	Årsmedelvärde	Maximal tillåten koncentration
Acetamiprid	37	160
Karbamazepin	2 500	1 600 000
Klaritromycin	130	130
Diklofenak	40	250 000
Erytromycin	500	1000
Imidaklopid	6,8	57
Azitromycin	19	180
Tiaclopid	10	50
Bisfenol A	0,034	130 000
Östron (E1)	0,36	-
Östradiol (E2)	0,18	-
Etinylestradiol (EE2)	0,017	-
Ibuprofen	220	-
Tiametoxam	40	770
ΣPFAS-24 (PFOA-ekvivalenter) *	4,4	-

*Inkluderar PFOA som har analyserats i detta projekt.

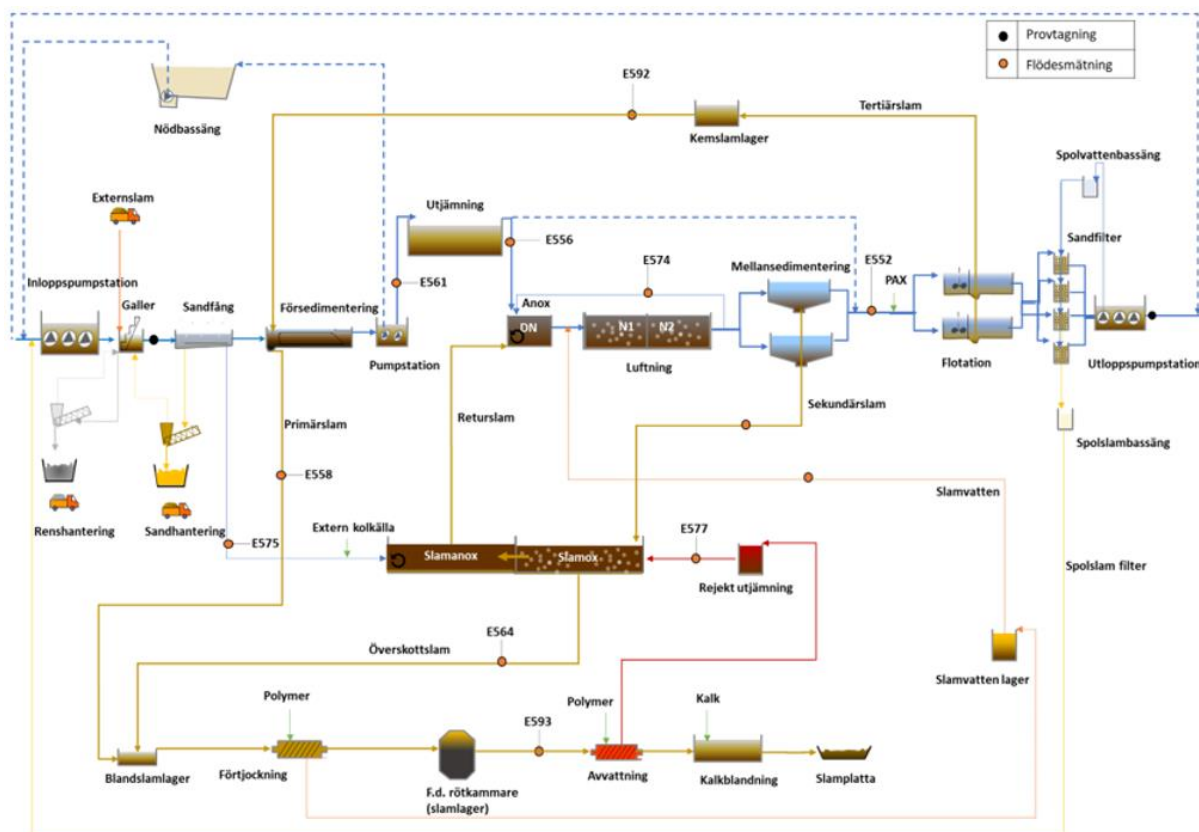
2.3 Beskrivning av nuvarande anläggning och parallella projekt

2.3.1 Nuvarande anläggning

Ormanäs ARV innefattar mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen (primära reningen) består av galler följt av ett luftat sandfång och därefter försedimentering. Den biologiska reningen (sekundära reningen) består av denitrifikation i oluftade bassänger och nitrifikation i luftade bassänger. Biologisk rening kompletteras med så kallade slamox och slamanox som är avsedda för framförallt rejektvattenrening. Det sekundära slammet avskiljs i mellansedimenteringsbassänger. Som poleringssteg (tertiära reningen) finns flotation där fosforfällning och avskiljning sker. Sista steget i vattnets reningsprocess består av fyra sandfilter (Envidan AB, 2022 (2)).

Allt avloppsslam som tas ut från processen leds till ett blandslamlager. Slammet genomgår förtjockning och leds vidare till röttkammaren som idag används som slamlager. Slammet avvattnas vidare i ett avvattningssteg innan kalkinblandning, som idag används för stabilisering och hygienisering.

Ett förenklat flödesschema på nuvarande Ormanäs ARV visas i Figur 2.1.



Figur 2.1 Förenklat flödesschema över Ormanäs ARV. Flödesschema framtaget av Envidan.

2.3.2 Parallella och tidigare genomförda projekt

Nedan listas de projekten som påverkar och/eller har använts som underlag till denna förstudie, de två första är tidigare utförda projekt som handlar om läkemedelsrester och det sista projektet är en pågående förstudie om framtida Ormanäs ARV:

- LUSKA- Läkemedelsutsläpp från Skånska Avloppsreningsverk (2017): läkemedelsrester analyserades för Ormanäs ARV och andra skånska avloppsreningsverk. I rapporten redovisas det utgående koncentrationer och reduktion av 21 läkemedel över reningsverken samt deras recipient.
- KARSK- Kartläggning av årstidsrelaterade utsläpp av läkemedelsrester i Skåne (2019): fortsättningsprojekt till LUSKA. I rapporten redovisades inkommande och utgående koncentrationer, reduktion över reningsverket och koncentration i recipient.
- Förstudie Framtida Ormanäs ARV (pågående): i förstudien utreds de förutsättningarna för utbyggnad av Ormanäs ARV, hur det framtida reningsverket kan utformas och dimensioneras för samt vilken processlösning lämpar sig bäst för framtida förhållanden. I förstudien har projektmål och en utvärderingsmodell fastställts samt en framtida flödes- och föroreningsbelastningprognos utförts, vilka har använts som underlag i denna förstudie. Hur framtida Ormanäs ARV utformas kommer också påverka placeringen av det kvartära reningssteget till viss grad.

2.4 Provtagning och analysmetoder

2.4.1 Provtagningsplan

Avloppsreningsverk

Prover för analys av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar har tagits för Ormanäs ARV, Norra Rörum ARV, Snogeröd ARV och Tjörnarps ARV. Provtagningspunkterna och frekvensen för respektive reningsverk presenteras i Tabell 2.5. Provtagningar på Ormanäs ARV har utförts för att utvärdera belastningen på reningsverket, reduktionsgraden genom verket, vilka halter som finns i slammet samt påverkan på Västra Ringsjön. Provtagningar har också gjorts på de yttre reningsverken Norra Rörum ARV, Snogeröd ARV och Tjörnarps ARV, detta för att kunna ta reda på belastningen från respektive samhälle som vid nedläggning av reningsverket i framtiden kan påverka Ormanäs ARV.

Provtagningen på Ormanäs ARV utfördes månadsvis för inkommande och utgående vatten under perioden mellan augusti 2022 och juli 2023. Under samma period togs det tre prover (oktober 2022, februari 2023 och april 2023) på avloppsvatten före sandfilter och två prover (oktober 2022 och april 2023) på avvattnat slam före kalkning. Prover av inkommande och utgående vatten på de yttre reningsverken togs vid två tillfällen, oktober 2022 och april 2023. Utöver provtagningar för analys av mikroföroreningar, togs 5 dygnsprover under april och maj 2023 för analys av bromid som är ett relevant ämne vid ozonering av vatten.

Tabell 2.5 Provtagningspunkter på avloppsreningsverken.

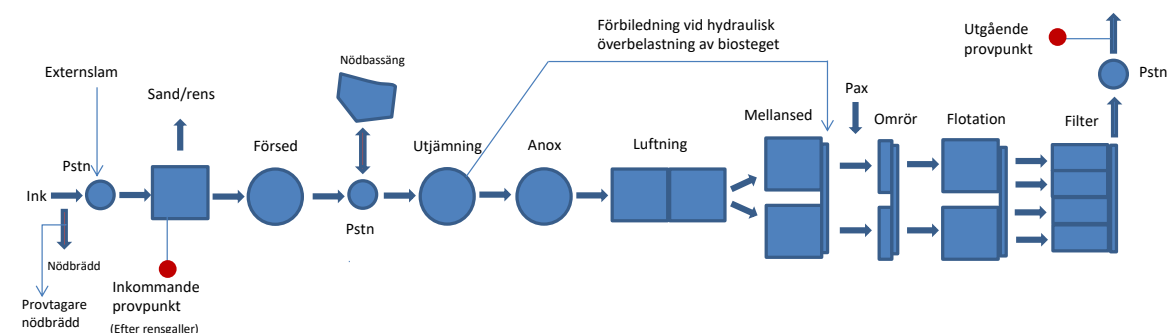
Avloppsreningsverk	Inkommande vatten	Utgående vatten	Före sandfilter	Slam
Ormanäs ARV	12 (dpf)	12 (dpf)	3 (dpt)	2 (sp)
Norra Rörum ARV	2 (sp)	2 (sp)	-	-
Snogeröd ARV	2 (dpt)	2 (dpt)	-	-
Tjörnarps ARV	2 (sp)	2 (sp)	-	-

sp: stickprov

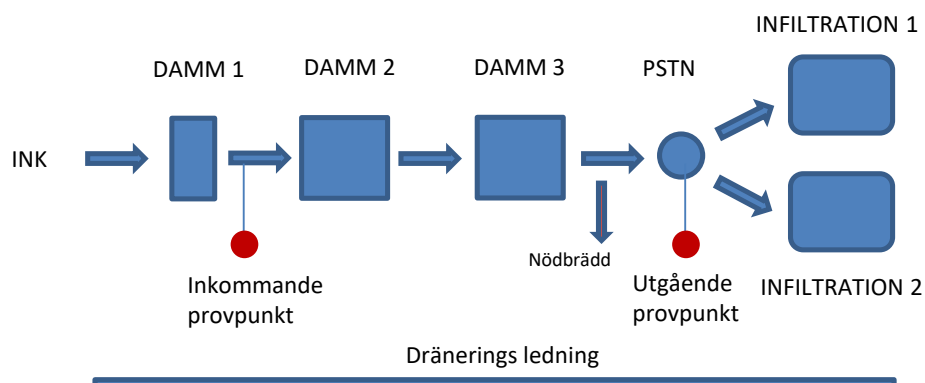
dpf: dygnsprov, flödesproportionellt

dpt: dygnsprov, tidsstyrt

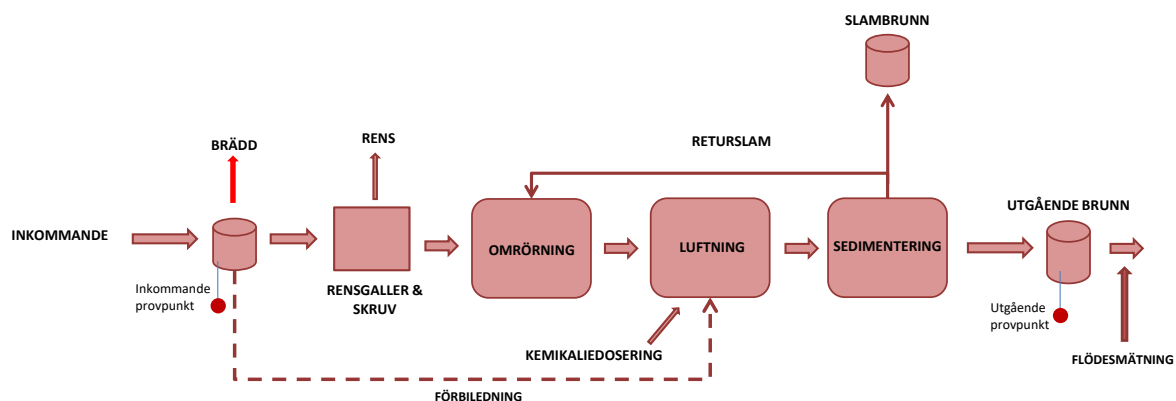
Flödesschema med provtagningspunkter för respektive reningsverk visas i Figur 2.2, Figur 2.3, Figur 2.4 och Figur 2.5. Provtagning på inkommande vatten på Norra Rörums ARV för april 2023 skedde i första dammen (Damm 1).



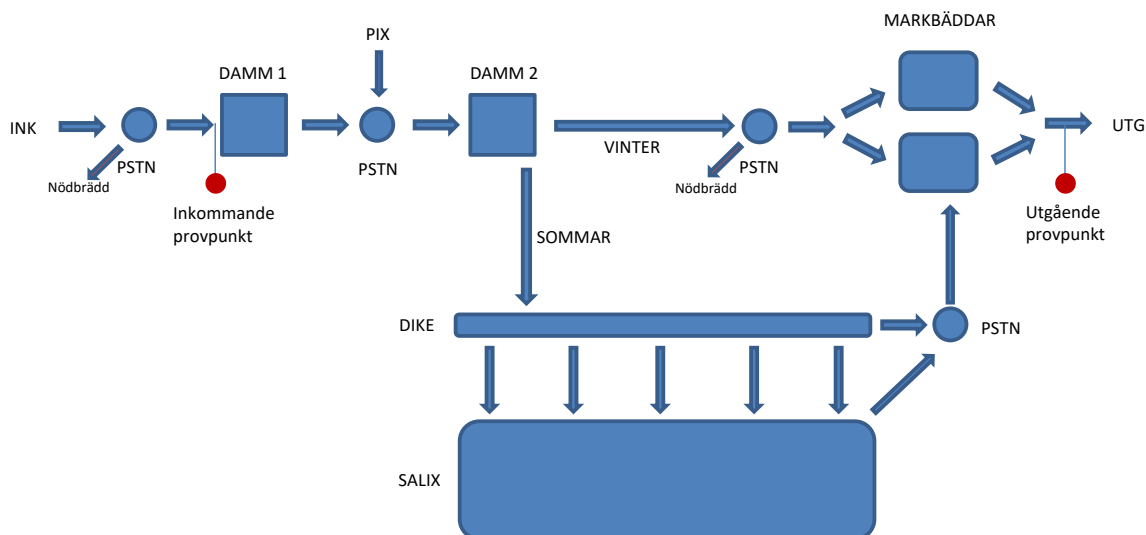
Figur 2.2 Flödesschema Ormanäs ARV med provtagningspunkter.



Figur 2.3 Flödesschema Norra Rörums ARV med provtagningspunkter.



Figur 2.4 Flödesschema Snogeröds ARV med provtagningspunkter.



Figur 2.5 Flödesschema Tjörnarps ARV med provtagningspunkter.

Recipient

Fyra provtagningspunkter valdes ut för recipienten Västra Ringsjön (se Figur 2.6). Provtagningspunkt 1 utgör en referenspunkt för opåverkad recipient i Sätoftasjöns utlopp (Tödels näbbe). Provtagningspunkt 2 har använts för att kvantifiera bakgrundshalter i inloppet till Västra Ringsjön (Östra Ringsjöns utlopp, Gamla Bo). Provtagningspunkt 3 syftar till att mäta upp påverkan från Ormanäs ARV till recipienten nära utsläppspunkten och provtagningspunkt 4 syftar till att mäta upp total påverkan från Ringsjön till Rönne å. Proverna togs kvartalsvis som stickprover (oktober 2022, januari 2023, april 2023 och juli 2023) vid samtliga provtagningspunkter i recipienten förutom provtagningspunkt 1, där endast första provtagningen utfördes.



Figur 2.6 Provtagningspunkter i recipienten Ringsjön.

2.4.2 Analyserade ämnen och analysmetod

Läkemedelsrester och andra mikroföroreningar

Upptinade vattenprover upparbetades med "solid phase extraction" (SPE) och slutanalys utfördes genom kromatografi i kombination med masspektrometri (UPLC-MS/MS). Analysmetoden finns i detalj beskriven och publicerad (Svahn & Björklund, 2019; Svahn & Björklund, 2016) och validerad mot standardmetod 1694 (EPA, 2007). Slamprover upparbetades med en teknik som baseras på ultraljud. Metoden har validerats mot den tekniken som tidigare använts på MoLab för extraktion av mikroföroreningar - SHWE (Super Heated Water Extraction) (Svahn & Björklund, 2019).

Ämnena som har undersökts i projektet och dess användning redovisas i Tabell 2.6. De flesta analyserade mikroföroreningarna var läkemedel med olika typer av användning men även insekticider tillhörande gruppen neonikotinoider, benzotriazol som bland annat används som korrosionshämmare, samt två per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS), perfluoroktansulfonsyra (PFOA) och perfluoroktansyra (PFOS) har analyserats. Den stora majoriteten av dessa ämne finns i rekommenderade ämnen för analys från Naturvårdsverket, som kan ge upphov till oönskade effekter på det akvatiska ekosystemet. Ytterligare ämnen inkluderar insekticider, hormonstörande ämnen (bisfenol A), ämnena som kan omfattas av kommande lagkrav och inte finns med i Naturvårdsverkets lista (amisulprid, hydroklortiazid, bensotriazol och irbesartan), steroidhormoner (östron och östradiol) och syntetisk östrogen (etinylestradiol) samt andra miljöfarliga läkemedel som sertralin. Analyspaketet baseras i stor del på EU Watch List och Läkemedelsverket föreslagna lista på ämnen.

Tabell 2.6 Analyserade mikroföroreningar och dess användning.

Ämne	Användning	Ämne	Användning
Acetamidrid	Bekämpningsmedel	Bensotriazol	Korrosionshämmare, disktabletter, biocider
Amisulprid	Antidepressivt	Ciprofloxacina	Antibiotikum
Atenolol	Hjärtmedicin	Citalopram	Antidepressivt
Karbamazepin	Epilepsi	Irbesartan	Hjärtmedicin
Klaritromycin	Antibiotikum	Ketokonazol	Svampmedel
Diklofenak	Antiinflammatoriskt	Paracetamol	Smärtstillande
Erytromycin	Antibiotikum	Propranolol	Hjärtmedicin
Flukonazol	Svampmedel	Sulfametoxazol	Antibiotikum
Hydroklortiazid	Vätskedrivande	Tiakloprid	Bekämpningsmedel
Imidakloprid	Bekämpningsmedel	Tramadol	Smärtstillande
Losartan	Hjärtmedicin	Venlafaxin	Antidepressivt
Metotrexat	Cancerbehandling	Zolpidem	Kroniskt sömnbesvär
Metoprolol	Hjärtmedicin	Bisfenol A	Tillverkning av plast
Naproxen	Smärtstillande	Östron	Steroidhormon
Oxazepam	Ångstdämpande	Östradiol (E2)	Steroidhormon
Sertralin	Antidepressivt	Etinylestradiol (EE2)	Steroidhormon
Tiametoxam	Bekämpningsmedel	Furosemid	Vätskedrivande
Trimetoprim	Antibiotikum	Ibuprofen	Antiinflammatoriskt
Azitromycin	Antibiotikum	PFOS och PFOA	Ytaktiva ämnen

Bromid

Bromidprover analyserades av Eurofins (ICP-MS-metod) med en detektionsgräns på 0,001 mg Br-/L.

3. Teknisk Ramverk

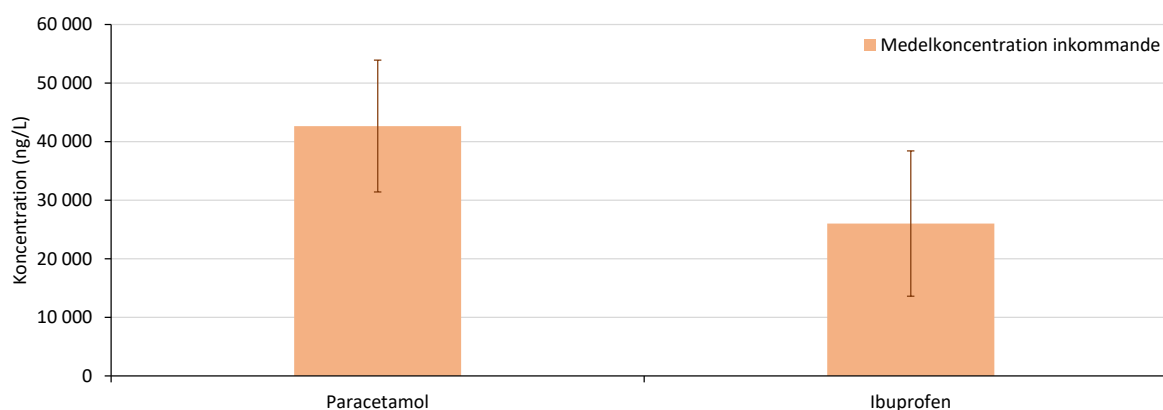
3.1 Kartläggning av läkemedelsrester på reningsverket

3.1.1 Inkommande halter och belastning

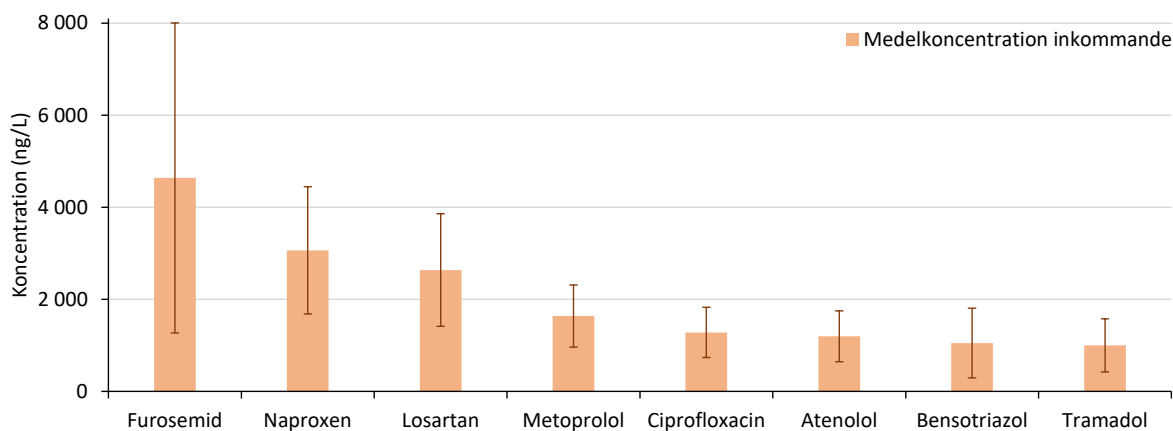
Ormanäs ARV

Koncentrationen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i inkommande vatten till Ormanäs ARV uppvisade märkbara skillnader mellan ämnena, från några ng/L upp till 50 000 ng/L. Under provtagningsperioden, augusti 2022 till och med juli 2023, har följande ämnen ej detekterats: tiametoxam, tiaclopid och etinylestradiol (EE2). Vid de flesta provtagningsstillfällena, uppvisade acetaminiprid inte detekterbara halter (10 provtagningsstillfällen) och amisulprid befann sig under kvantifieringsgränsen vid 4 provtagningsstillfällen. I figurerna i detta avsnitt visas medelkoncentration och standardavvikelse för respektive ämne, där de flesta ämnena uppvisar koncentrationer i samma intervall som andra svenska avloppsreningsverk. För koncentration av respektive ämne vid varje provtagningsstillfälle hänvisas till Bilaga 2.

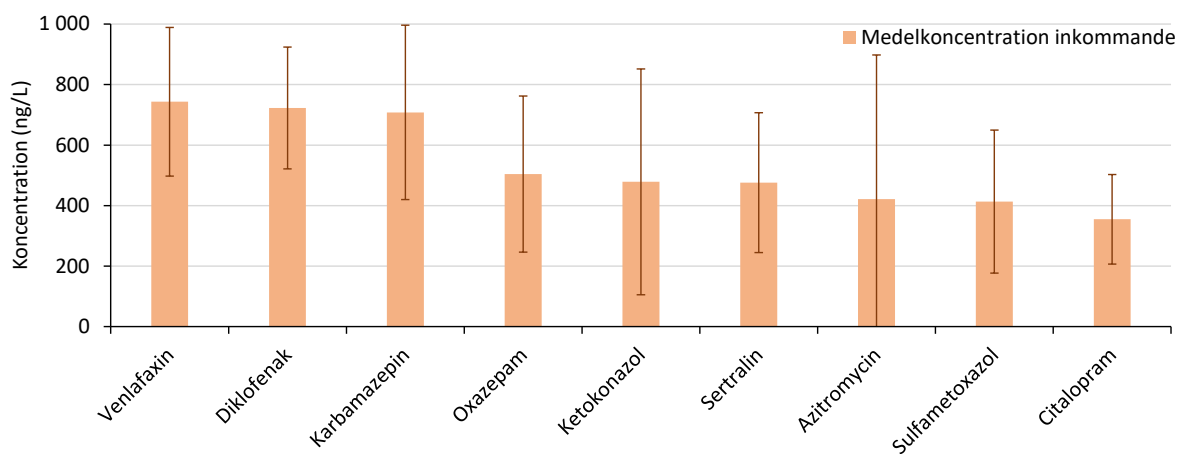
Paracetamol och ibuprofen förekom med högst koncentrationer (Figur 3.1), såsom tidigare har rapporterats i andra kartläggningar på läkemedelsrester som har gjorts i Sverige. Paracetamol presenterade en maximal kvantifieringsgräns på 50 000 ng/L, vilket betyder att resultat för paracetamol bör tolkas som "större än". I nästa valda koncentrationsintervall var furosemid, naproxen, losartan och metoprolol de ämnena som visade högsta koncentrationer, >2 000 ng/L, och furosemid presenterade också högst variation (Figur 3.2). De resterande 26 ämnen uppvisade koncentrationer lägre än 1 000 ng/L, där 9 ämnen befann sig i koncentrationsintervallet 400 till 1 000 ng/L (Figur 3.3), 10 ämnen i koncentrationsintervallet 50 till 300 ng/L (Figur 3.4) och en sista ämnesgrupp som presenterade koncentrationer lägre än 50 ng/L (Figur 3.5). I denna grupp tillhör PFAS-ämnen, PFOA och PFOAS som uppvisade jämförbara koncentrationer med tidigare studier i avloppsvatten (Baresel, o.a., 2022).



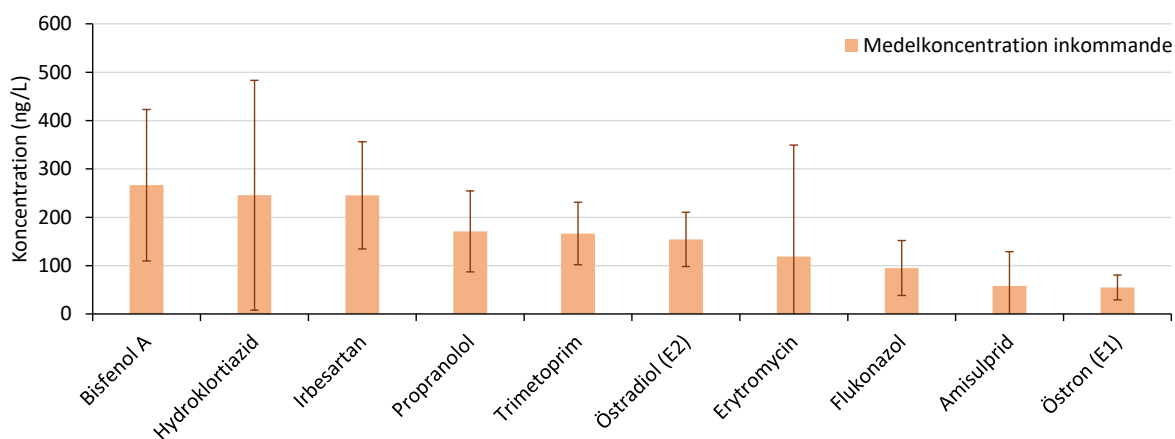
Figur 3.1 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar till Ormanäs ARV (>10 000 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



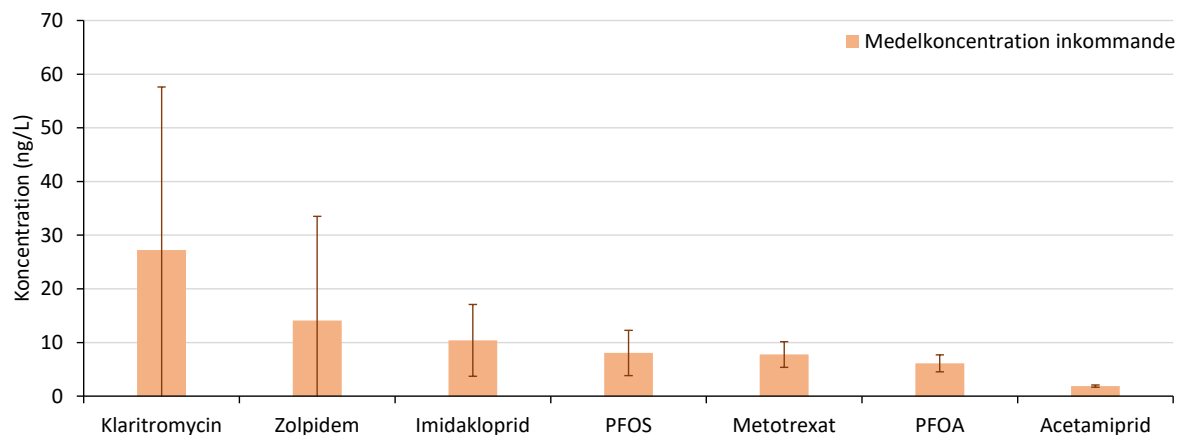
Figur 3.2 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar till Ormanäs ARV (1 000-10 000 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.3 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar till Ormanäs ARV (400-1 000 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.4 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar till Ormanäs ARV (50-300 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.5 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar till Ormanäs ARV (<50 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).

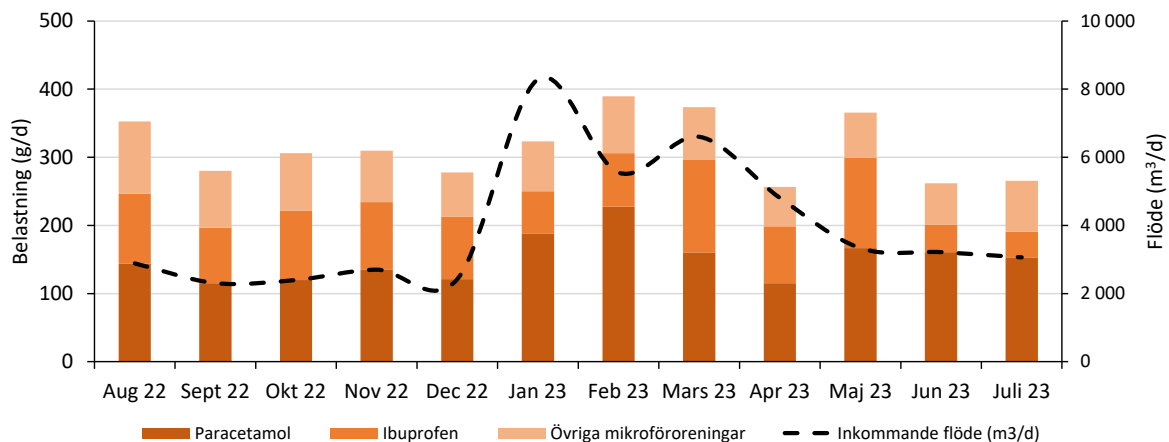
Koncentrationen på de flesta mikroföroreningar som undersökts i denna utredning är jämförbara med resultaten från andra provtagningar som har gjorts på Ormanäs ARV i tidigare projekt (Svahn & Björklund, 2017; Svahn & Björklund, 2019) och som visas i Tabell 3.1. Ämnen som förekommer i hjärtmedicin, antidepressiva, antiepilepsi, smärtstillande, antibiotikum, svampmedel och sömntabletter har uppvisat ökade koncentrationer i avloppsvatten till Ormanäs ARV de senaste åren. Oavsett ökningen ligger koncentrationerna av olika mikroföroreningar i det intervallet som i vanliga fall mäts upp på kommunala reningsverk i Sverige. En viss ökning kan förklaras med en förbättring av analystekniken efter 2017. Nu görs helprovsanalys vilket innebär att man nu även får med den partikelbundna fraktionen (t. ex sertralin och ketokonazol). Det är viktigt att ha i åtanke att de olika proverna har tagits under olika flödesförhållanden (normalflödet ca 4 000 m³/d), vilket kan leda till en viss variation. Proverna från april 2017 togs vid ca 4 000 m³/d, februari 2018 vid ca 6 000 m³/d, juni 2018 vid ca 3 100 m³/d, september 2018 vid ca 2 600 m³/d och december 2018 vid ca 3 100 m³/d.

Tabell 3.1 Jämförelse av inkommande koncentrationer (ng/L) av mikroföroreningar på Ormanäs ARV mellan denna förstudie (medelkoncentration ± standardavvikelse) och tidigare projekt.

Ämne	April 2017 ¹	Feb 2018 ²	Juni 2018 ²	Sept 2018 ²	Dec 2018 ²	Aug 2022-Juli 2023 ³
Atenolol	-	792	1 175	1 534	1 620	1 199 ± 552
Metoprolol	790	1070	1 950	1 921	1 871	1 638 ± 676
Propranolol	-	65	72	60	90	171 ± 84
Losartan	80	448	568	1 153	1 042	2 637 ± 1 224
Diklofenak	490	415	465	624	821	723 ± 201
Naproxen	1 900	2 391	2 703	3 164	4 775	3 064 ± 1 382
Oxazepam	300	356	307	634	800	505 ± 258
Citalopram	250	350	198	289	380	355 ± 148
Tramadol	130	-	-	-	-	999 ± 577
Karbamazepin	475	-	-	-	-	708 ± 288
Ibuprofen	38 000	-	-	-	-	26 012 ± 12 410
Sertralin	100	-	-	-	-	476 ± 231
Flukonazol	45	-	-	-	-	95 ± 57
Trimetoprim	60	-	-	-	-	167 ± 64
Ketokonazol	45	-	-	-	-	479 ± 373
Klaritromycin	17	-	-	-	-	27 ± 30
Zolpidem	1,8	-	-	-	-	14 ± 19

¹Uppskattad inkommande koncentration utifrån utgående koncentration och reduktion (Svahn & Björklund, 2017).²Från rapporten (Svahn & Björklund, 2019).³Detta projekt.

Den totala koncentrationen av alla analyserade ämnen (n=39) i kombination med dygnsflöden från provtagningsdagen användes för att uppskatta månadsbelastningen till Ormanäs ARV (Figur 3.6). Mikroföroreningsbelastningen är relativt oberoende av flödet, vilket beror på att lägre koncentrationer uppmättes vid höglödesförhållanden. Den genomsnittliga årliga mikroföroreningsbelastningen uppskattas till 114,4 ± 16,5 kg/år, där paracetamol och ibuprofen utgör 70-80% av den totala belastningen.



Figur 3.6 Inkommande belastning av mikroföroreningar till Ormanäs ARV vid olika flöde över året.

Norra Rörums, Snogeröds och Tjörnarps ARV

Politiska beslut finns sedan tidigare på avveckling av de mindre avloppsreningsverken i kommunen Norra Rörums ARV, Snogeröd ARV och Tjörnarps ARV. Därför är det intressant att analysera koncentrationen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar på inkommande vatten till dessa avloppsreningsverk för att uppskatta mikroföroreningsbelastningen till Ormanäs ARV om spillvattnet från dessa verksamhetsområden skulle i stället ledas dit. Koncentrationerna redovisas i jämförelse med uppmätta koncentrationer på inkommande vatten till Ormanäs ARV (Figur 3.7 – Figur 3.11). I figurerna i detta avsnitt redovisas medelkoncentration, för koncentration av respektive ämne vid varje provtagningstillfälle hänvisas till Bilaga 2.

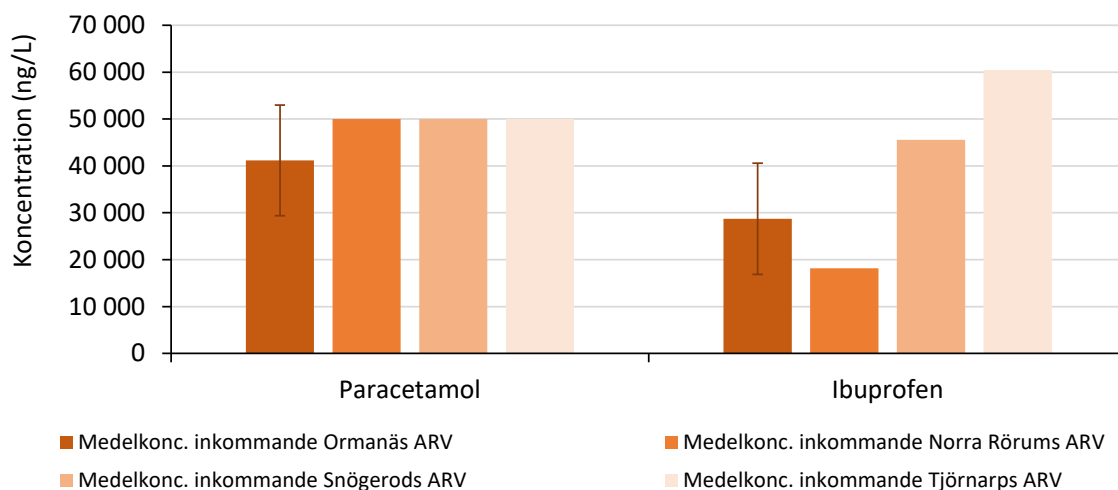
Inkommande vatten på Norra Rörums ARV uppvisade lägre eller liknande koncentrationer jämfört med Ormanäs ARV för de flesta analyserade ämnen, vilket kan förklaras med att provtagningspunkten för inkommande ligger i eller efter första reningsdammen. Norra Rörum belastas också med stor andel tillskottsvatten, vilket ger utspädning av spillvattnet. Däremot uppvisade ämnena karbamazepin, azytromycin, irbesartan, sulfametoxazol, imidaklopid betydligt högre koncentrationer på Norra Rörums ARV än på Ormanäs ARV.

På samma sätt uppvisade följande ämnen högre koncentrationer i inkommande vatten på Snogeröds ARV jämfört med Ormanäs ARV: losartan, metoprolol, naproxen, bensotriazol, ciprofloxacin, venlafaxin, zolpidem och ibuprofen.

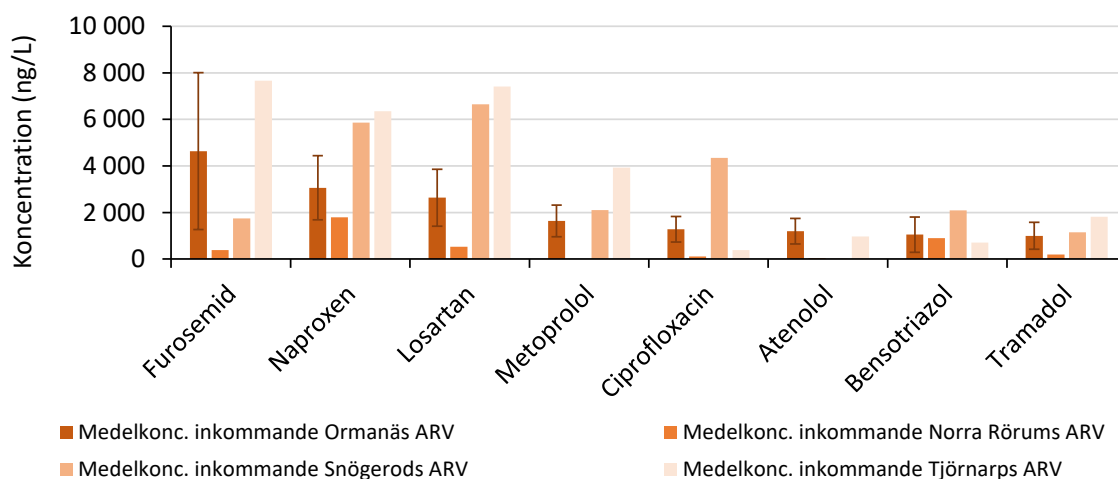
På Tjörnarps ARV uppvisades en motsatt trend då de flesta analyserade ämnen fanns i högre eller liknande koncentrationer på inkommande vatten i förhållande till Ormanäs ARV, vilket kan förklaras med att Tjörnarps ARV är det reningsverk av de mindre som belastas med minst andel tillskottsvatten och har därför lägre utspädningsgrad. Följande ämnen uppvisade lägre koncentrationer på Tjörnarps ARV jämfört med Ormanäs ARV: karbamazepin, erytromycin, hydroklortiazid, trimetoprim, bensotriazol, ciprofloxacin, sulfametoxazol och östradiol (E2). Eftersom vattenproverna har tagits som dygnsprov för Snogeröd ARV och som stickprov för Norra Rörums ARV och Tjörnarps ARV, variationerna på inkommande koncentrationer kan verka större än vad de verkligen är. En annan faktor som påverkar koncentrationen av mikroföroreningar är att mindre reningsverken påverkas av tillskottsvatten i olika grad.

Förekomsten av läkemedel i små samhällen som Norra Rörum, Snogeröd och Tjörnarps kan se mycket olika ut, beroende på hur konsumtionsmönster av enstaka läkemedel ser ut i respektive samhälle. Detta, i kombination med att endast två provtagningar gjordes samt att provtagningspunkterna har olika förutsättningar, skapar osäkerhet i resultaten och därför bör dessa tolkas med försiktighet.

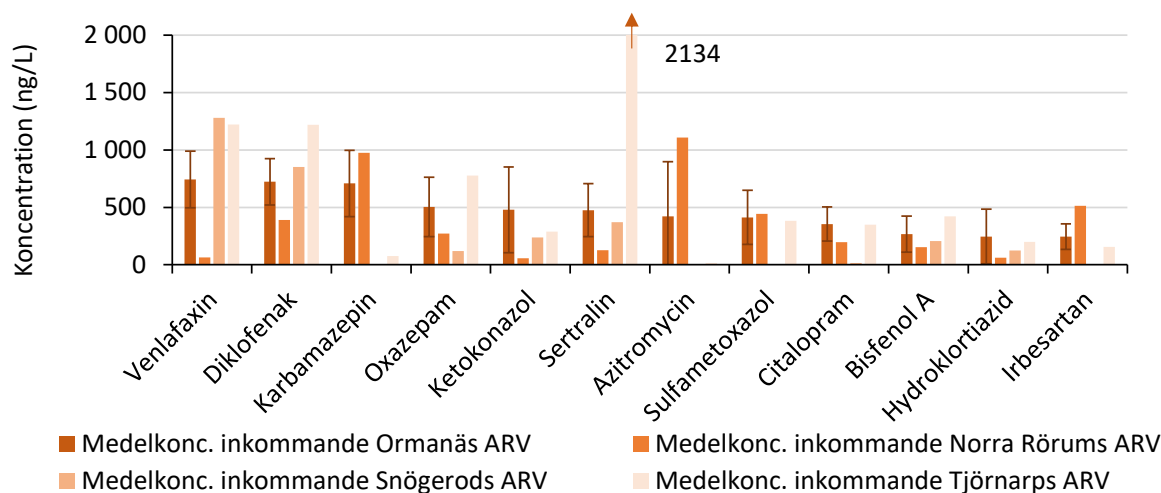
Årlig genomsnittlig mikroföroreningsbelastning uppskattades för Norra Rörums ARV (2,8 kg/år), Snogeröd ARV (2,8 kg/år) och Tjörnarps ARV (9,5 kg/år). Skillnaden mellan dem beror främst på att Tjörnarps ARV uppvisade högst sammanlagd medelkoncentration av mikroföroreningar i samband med störst behandlat flöde. Om allt avloppsvatten från dessa verksamhetsområden skulle istället ledas till Ormanäs ARV, skulle det innebära en ökning i belastningen på Ormanäs ARV på ca 13% (som motsvarar 15,2 kg/år), jämfört med nuvarande belastning.



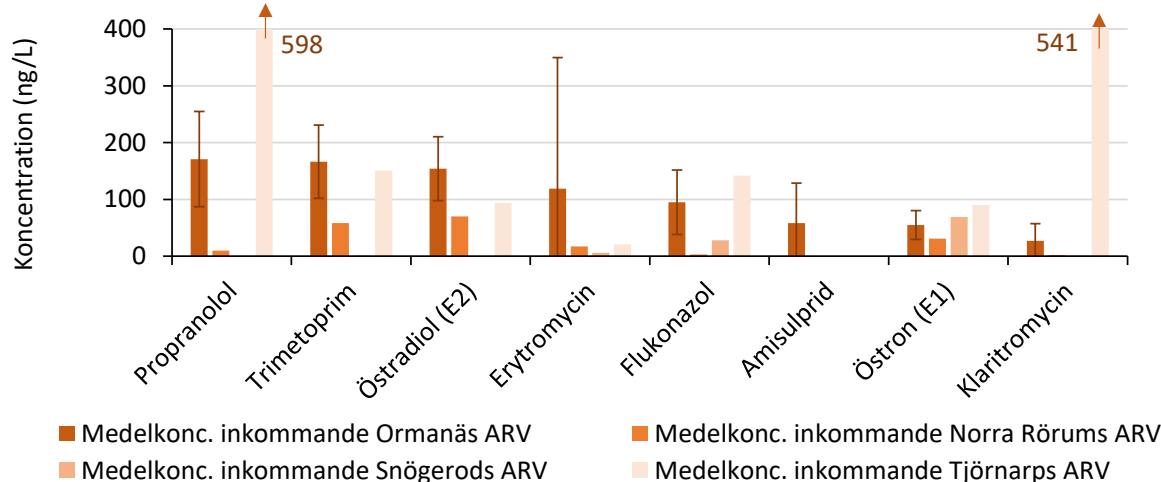
Figur 3.7 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar (> 10 000 ng/L) till Ormanäs ARV (n=12), Norra Rörums ARV (n=2), Snogeröds ARV (n=2) och Tjörnarps ARV (n=2), felstaplarna visar standardavvikelse.



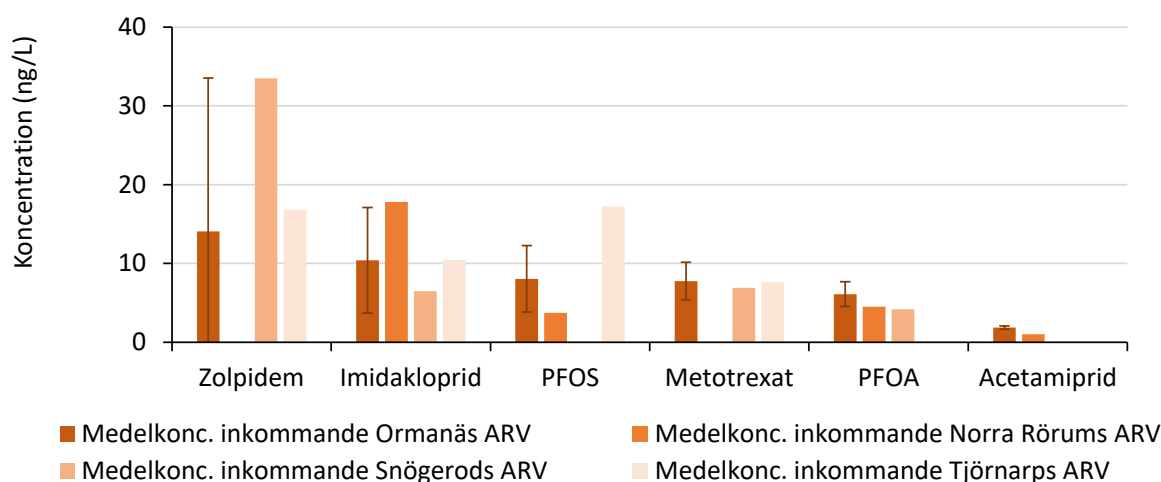
Figur 3.8 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar (1 000- 10 000 ng/L) till Ormanäs ARV (n=12), Norra Rörums ARV (n=2), Snogeröds ARV (n=2) och Tjörnarps ARV (n=2), felstaplarna visar standardavvikelse.



Figur 3.9 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar (200-2 000 ng/L) till Ormanäs ARV (n=12), Norra Rörums ARV (n=2), Snögerods ARV (n=2) och Tjörnarps ARV (n=2), felstaplarna visar standardavvikelse.



Figur 3.10 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar (50-400 ng/L) till Ormanäs ARV (n=12), Norra Rörums ARV (n=2), Snögerods ARV (n=2) och Tjörnarps ARV (n=2), felstaplarna visar standardavvikelse.



Figur 3.11 Inkommande medelkoncentration av mikroföroreningar (<40 ng/L) till Ormanäs ARV (n=12), Norra Rörums ARV (n=2), Snögerods ARV (n=2) och Tjörnarps ARV (n=2), felstaplarna visar standardavvikelse.

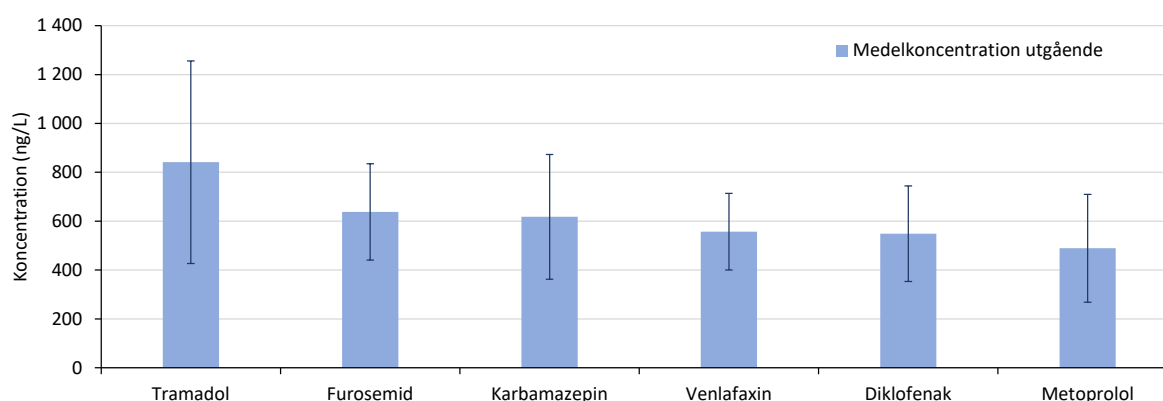
3.1.2 Utgående halter och belastning

Ormanäs ARV

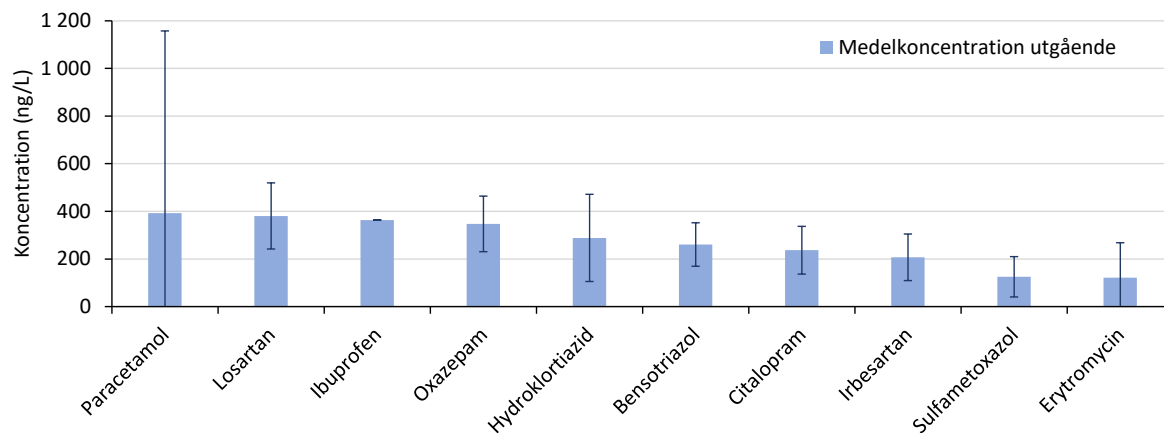
Koncentrationen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i utgående vatten från Ormanäs ARV uppvisade skillnader mellan ämnena, från några ng/L upp till 1 000 ng/L. Skillnaden är inte lika märkbar som i inkommande vatten eftersom ett fåtal ämnen som uppvisade väldigt höga koncentrationer i inkommande vatten reducerades kraftigt genom verket. Reduktionsgraden för olika ämnen diskuteras djupare i avsnitt 3.1.4.

Följande ämnen har inte detekterats på utgående vatten under hela provtagningsperioden: metotrexat, tiaclopid, östradiol, etinylestradiol och PFOS. Acetamipirid, erytromycin, tiametoxam, ketokonazol (under kvantifieringsgränsen) östron, ibuprofen och PFOA har endast visat detekterbara halter i enstaka eller fåtal provtagningsstillfällen.

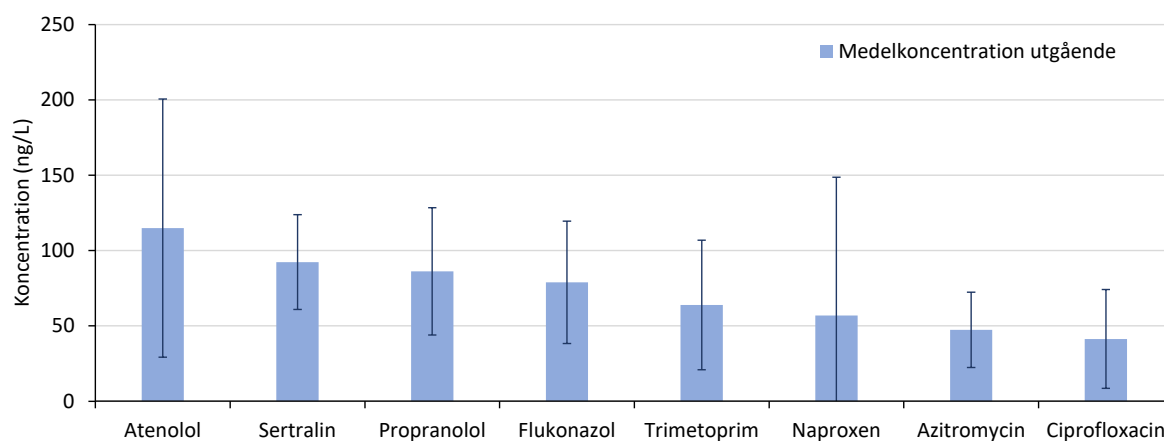
Ämnena med de högsta koncentrationerna i utgående vatten från Ormanäs uppvisade koncentrationer mellan 500 och 800 ng/L i genomsnitt (Figur 3.12). Tramadol uppvisade den högsta koncentrationen av alla analyserade ämnen. Furosemid och metoprolol uppvisade redan relevanta koncentrationer i inkommande vatten. Karbamazepin, venlafaxin och diklofenak har inte förekommit med höga koncentrationer i inkommande vatten, dock var reduktionsgraden genom reningsverket låg och koncentrationerna i utgående vattnet ligger därför i den höga koncentrationsintervallen. Nästa grupp av ämnen förekom i ett koncentrationsintervall mellan 100 och 400 ng/L i genomsnitt (Figur 3.13). Paracetamol visar något högre medelvärde än förväntat, vilket beror på en provtagning vid höglödesförhållanden, där paracetamol kvantifierades upp till ca 2 800 ng/L. Utan den provtagningen är medelkoncentration av paracetamol ca 160 ng/l. Resterande 18 ämnen uppvisade koncentrationer lägre än 100 ng/L i genomsnitt (Figur 3.14 och Figur 3.15). PFOS återfanns inte i något provtagningsstillfälle i utgående avloppsvatten i detekterbara koncentrationer medan PFOA kunde detekteras i drygt hälften av provtagningsstillfällena med en medelkoncentration på 3,7 ng/L.



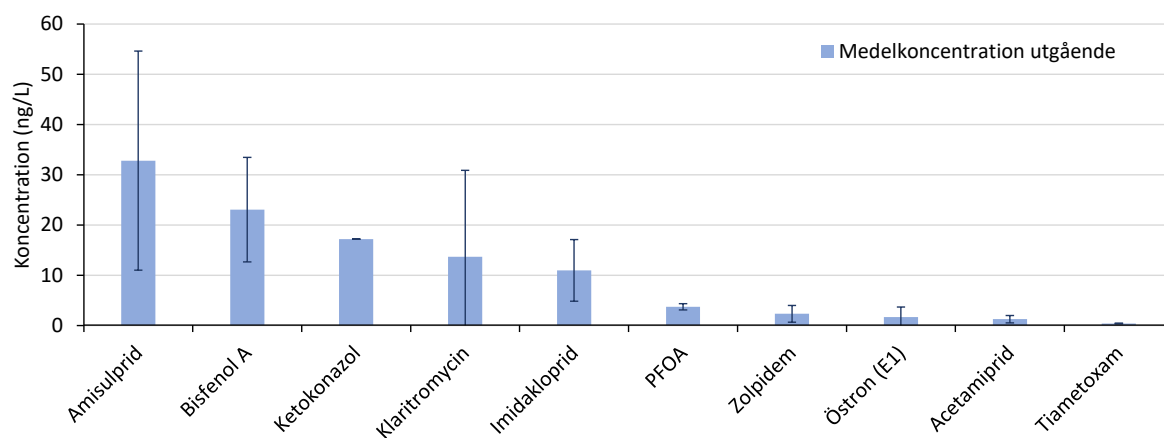
Figur 3.12 Utgående medelkoncentration av mikroföroreningar från Ormanäs ARV till Ringsjön (> 500 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.13 Utgående medelkoncentration av mikroföroreningar från Ormanäs ARV till Ringsjön (100-400 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.14 Utgående medelkoncentration av mikroföroreningar från Ormanäs ARV till Ringsjön (50- 100 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).



Figur 3.15 Utgående medelkoncentration av mikroföroreningar från Ormanäs ARV till Ringsjön (<40 ng/L), felstaplarna visar standardavvikelse (n=12).

Koncentrationen av vissa mikroföroreningar som har detekterats i utgående vatten har jämförts med resultaten från tidigare projekt med provtagning på Ormanäs ARV (Svahn & Björklund, 2017; Svahn & Björklund, 2019) och visas i Tabell 3.2. De flesta ämnena som har analyserats vid både tidigare projekt och i denna förstudie ligger i liknande koncentrationsintervall, främst vad gäller svårnedbrytbara ämnen som till exempel diklofenak, karbamazepin, oxazepam och citalopram. Metoprolol har exempelvis visat lägre utgående halter i denna förstudie, vilket inte kan kopplas direkt med lägre inkommande koncentrationer. Tramadol har i denna förstudie uppvisat mycket högre koncentration än i 2017, dock är det svårt att dra tydliga slutsatser då endast ett prov har tagits 2017. Östron som påpekades som ett problematiskt ämne vid LUSKA-projekt har i denna förstudie visat mycket lägre utsläppshalter. På samma sätt som vid inkommande vatten är det viktigt att ha i åtanke att de olika proverna har tagits under olika flödesförhållanden som kan leda till en viss variation. Proverna från april 2017 togs vid ca 4 000 m³/d, februari 2018 vid ca 6 000 m³/d, juni 2018 vid ca 3 100 m³/d, september 2018 vid ca 2 600 m³/d och december 2018 vid ca 3 100 m³/d.

Tabell 3.2 Jämförelse av utgående koncentrationer (ng/L) av mikroföroreningar på Ormanäs ARV mellan denna förstudie (medelkoncentration ± standardavvikelse) och tidigare projekt.

Ämne	April 2017 ¹	Feb 2018 ²	Juni 2018 ²	Sept 2018 ²	Dec 2018 ²	Aug 2022-Juli 2023 ³
Atenolol	-	480	700	165	205	115 ± 86
Metoprolol	843	1 250	1 419	776	930	489 ± 221
Propranolol	-	82	70	69	81	86 ± 42
Losartan	83	400	360	98	315	410 ± 129
Diklofenak	442	442	440	479	748	549 ± 195
Naproxen	266	39	1 836	9	119	57 ± 92
Oxazepam	349	397	359	805	749	347 ± 117
Citalopram	164	240	235	222	225	237 ± 100
Tramadol	83	-	-	-	-	841 ± 414
Karbamazepin	529	-	-	-	-	618 ± 255
Ibuprofen	1 158	-	-	-	-	364 ± 0*
Sertralin	47	-	-	-	-	92 ± 31
Flukonazol	71	-	-	-	-	79 ± 41
Trimetoprim	64	-	-	-	-	64 ± 43
Ketokonazol	4	-	-	-	-	17 ± 0*
Klaritromycin	82	-	-	-	-	14 ± 17
Zolpidem	1	-	-	-	-	2,3 ± 1,7
Östron	63	-	-	-	-	1,7 ± 2

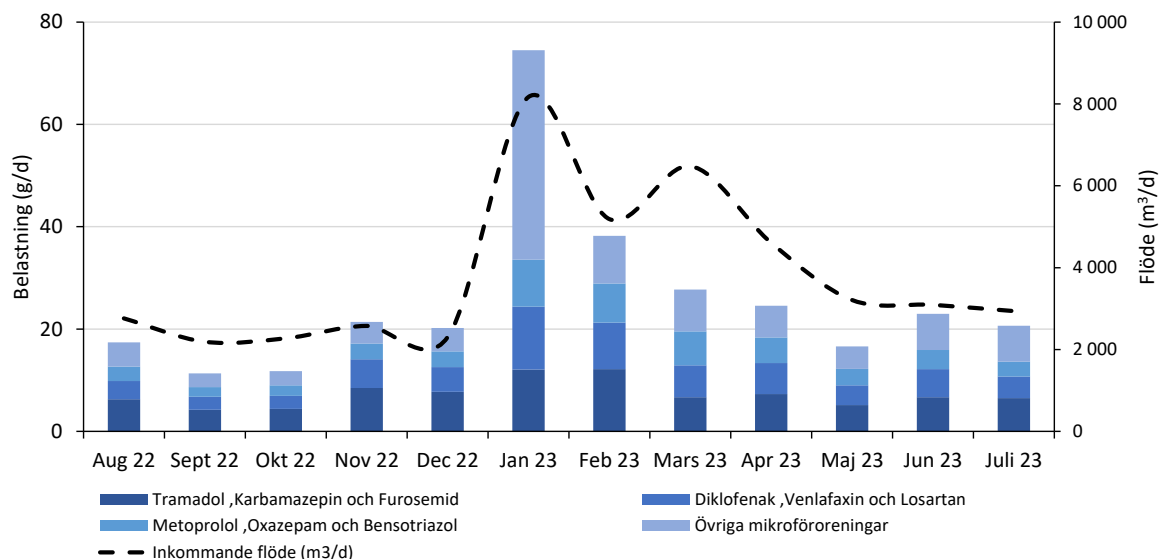
¹Från (Svahn & Björklund, 2017). ²Från (Svahn & Björklund, 2019). ³Detta projekt.

*Endast 1 prov av 12 uppvisade detekterbara halter

Den totala koncentrationen på samtliga analyserade ämnen (n=39) i kombination med dygnsflöden från provtagningsdagen användes för att uppskatta månadsbelastningen från Ormanäs ARV till Ringsjön. Till skillnad från mikroföroreningsbelastningen i inkommande vatten, varierar belastningen från utgående vatten i linje med flödesvariationerna (Figur 3.16).

I januari månad ökade mikroföroreningsbelastningen betydligt jämfört med de andra månaderna, och framförallt vad gäller andelen "övriga mikroföroreningar". Vid närmare utvärdering av resultaten

identifierades att paracetamol, som ingår i gruppen "övriga mikroföroreningar", hade en koncentration i utgående vatten som var betydligt högre än vid andra tillfällen. Detta indikerar att vissa ämnen renas i en lägre grad vid högflödesförhållanden. Den genomsnittliga årliga mikroföroreningsbelastningen uppskattas till $9,3 \pm 5,9$ kg/år. I utgående vatten är belastningen mer fördelat mellan olika ämnen, detta jämfört med i inkommande vatten, där paracetamol och ibuprofen utgör 70-80 % av den totala mikroföroreningsbelastningen. I utgående avloppsvatten utgörs däremot 16-40 % av belastningen av tramadol, karbamazepin och furosemid och 17-26 % av belastningen utgörs av diklofenak, venlafaxin och losartan. Den uppskattade genomsnittliga årsbelastningen är något högre jämfört med det som uppskattades i LUSKA-projektet (6,2 kg/år) dock inom samma intervall om man tar hänsyn till den visade variationen i denna studie. Skillnaden kan också bero på att i denna förstudie har 39 ämnen analyserats jämfört med 21 ämnen i LUSKA-projektet (varav 2 inte har inkluderats i denna förstudie). De ytterligare analyserade ämnena i denna förstudie jämfört med LUSKA-projektet bidrar med 4-10 kg/år vid normalflödesförhållanden och kan uppgå till 15-40 kg/år vid högflödesförhållanden.



Figur 3.16 Utgående belastning av mikroföroreningar från Ormanäs ARV till Ringsjön vid olika flöde över året.

Bromidhalter

Höga bromidhalter är mest problematiska vid ozonering av avloppsvatten, där risk för bildning av bromat finns. Bromat har klassificerats som sannolikt cancerframkallande för människor (WHO, 2005). Bildning av bromat beror framförallt på den initiala bromidhalten och det finns olika riktlinjer från Tyskland och Schweiz som kan användas som referens.

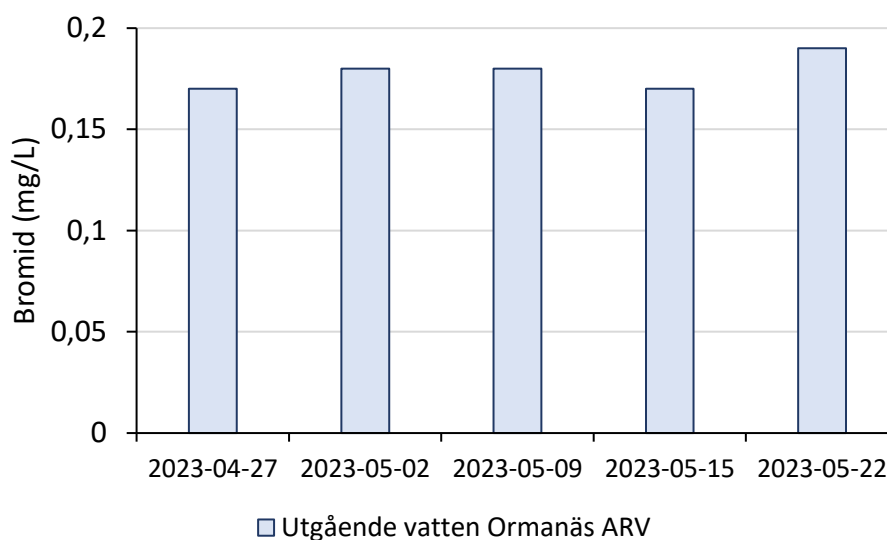
I riktlinjerna från Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe NRW, anses ozonering som oproblematisk vid bromidkoncentrationer lägre än 0,1 mg/L (vid ozondoser upp till 0,7 mg O₃/mg DOC¹) eller lägre än 0,15 mg/L (vid ozondoser upp till 0,5 mg O₃/mg DOC). Vid bromidkoncentrationer >0,15 mg/L alternativt vid koncentrationer >0,1 mg/L i kombination med ozondoser högre än 0,5 mg O₃/mg DOC bör en bedömning göras (Antaklyali, o.a., 2016).

¹ DOC - Dissolved Organic Carbon, på engelska.

I riktlinjerna från det schweiziska avloppsvattenförbundet (VSA) anses ozonering oproblematiske för bromidkoncentrationer lägre än 0,1 mg/L, vid bromidkoncentrationer mellan 0,1-0,4 mg/L bör bromatbildning studeras under olika ozondoser och ozonering avråds vid koncentrationer högre än 0,4 mg/L (Wunderlin, 2017).

Riktlinjerna baseras på tyska och schweiziska förhållanden, oftast med känsliga recipienter som används till dricksvattenproduktion (framför allt i Schweiz) och därför används dricksvattengränsen på 10 µg/L (EU, 2020) som referens. Det finns även ett förslag på miljögränsvärde på 50 µg/L (Oekotoxzentrum, 2015).

Analyserna på utgående vatten visade bromidkoncentrationer på $0,18 \pm 0,01$ mg/L under våren 2023 (Figur 3.17). Bromidkoncentrationer för Ormanäs ARV ligger något högre i jämförelse med andra inlandsverk i Sverige ($<0,2$ mg/L) som har analyserats för bromid i en annan studie (Falås, o.a., 2022).



Figur 3.17 Koncentration av bromid i utgående vatten från Ormanäs ARV.

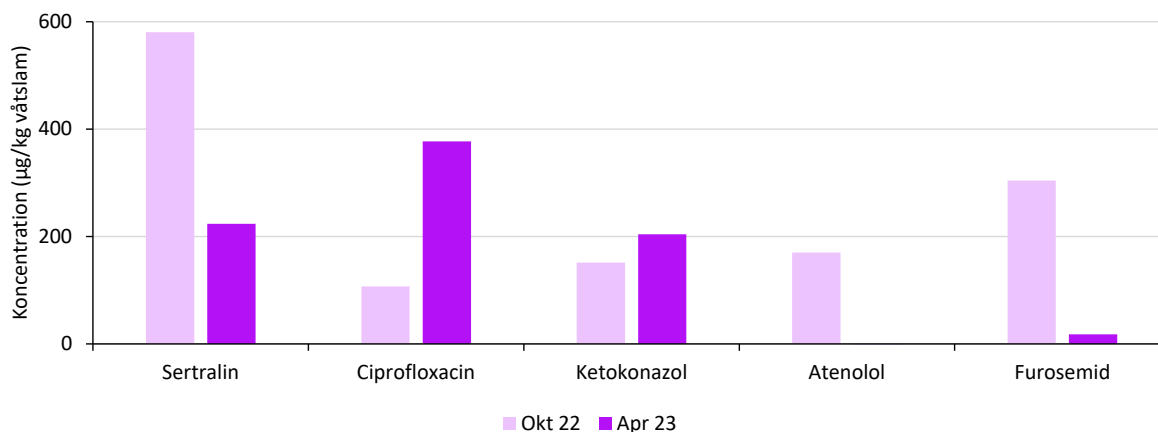
3.1.3 Koncentration i slam

De två huvudsakliga mekanismer för reduktion av läkemedelsrester över reningsverken i vattenfasen är främst biologisk nedbrytning och avskiljning i slammet. Analyser av läkemedelshalterna i slammet tillhandahåller viktig information för att kunna urskilja om ämnen bryts ned eller adsorberas i slammet. Koncentrationen av läkemedelsrester i avvattnat slam före kalkning från Ormanäs ARV analyserades vid två tillfällen och resultaten presenteras i olika koncentrationsintervall (Figur 3.18-Figur 3.21). Sertralin, ciprofloxacin och ketokonazol uppvisade de högsta koncentrationerna i slammet och stora skillnader mellan de 2 provtagningstillfällen kunde konstateras för de flesta analyserade ämnen.

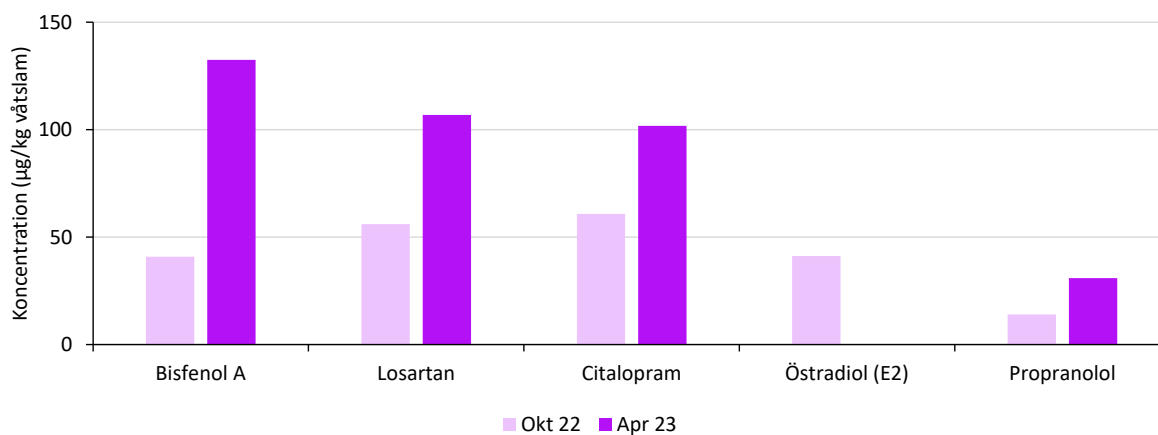
Koncentrationerna i slammet kan jämföras med koncentrationerna i inkommande avloppsvatten med hjälp av en kvot. Detta resulterade i att PFOS är det ämnet som visat högst kvot, följt av sertralin och ketokonazol.

Den totala koncentrationen på samtliga analyserade ämnen ($n=39$) i kombination med medel slammängd för perioden 2021-2022 (1 773 ton/år) användes för att uppskatta mikroföroreningsbelastning i slammet från Ormanäs ARV. Den genomsnittliga årliga mikroföroreningsbelastningen som följer med slammet uppskattas till ca $2,9 \pm 1,1$ kg/år, därav

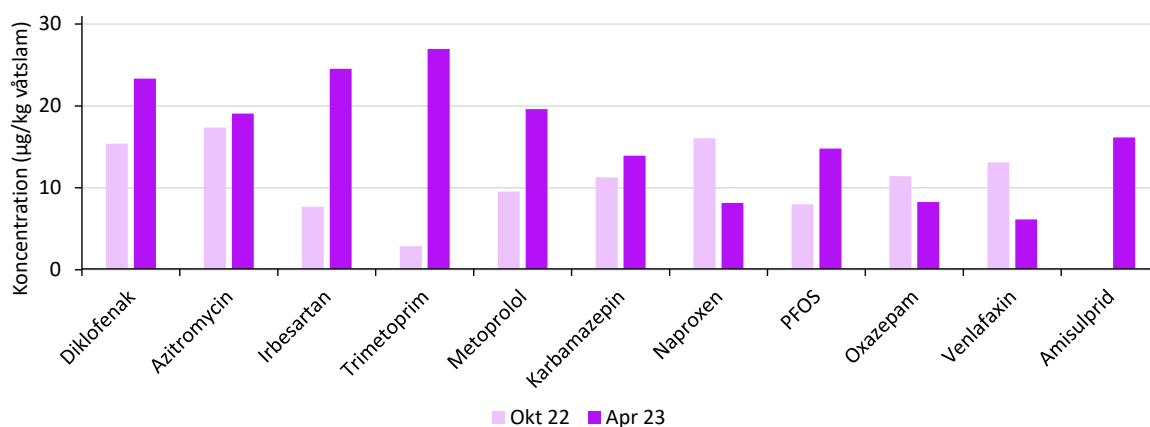
sertralin, ciprofloxacin och ketokonazol utgör ca 50% av den totala mikroföroreningsbelastningen som följer med slammet. Detta resulterar i att mikroföroreningar sprids på åkermark med slammet och hur detta kan långsiktigt påverka grödorna är fortfarande okänt.



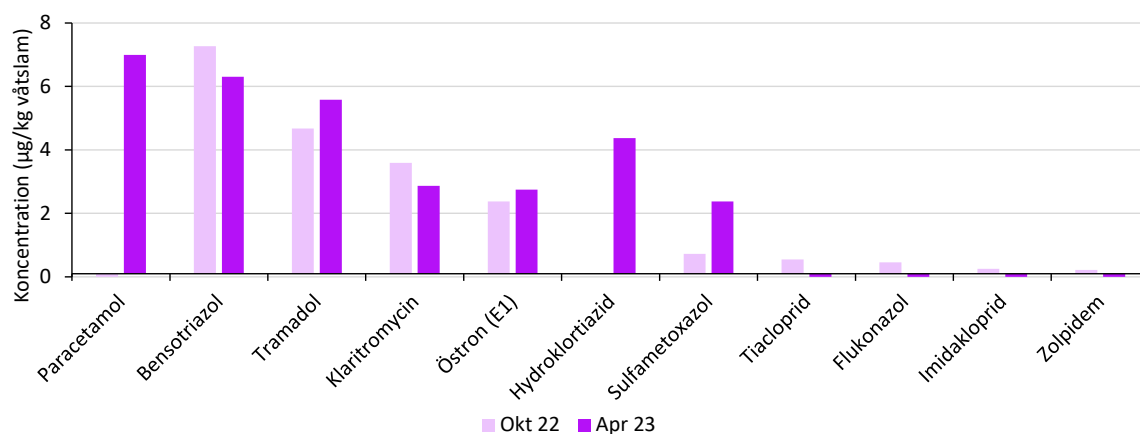
Figur 3.18 Koncentration av mikroföroreningar i slammet (> 150 µg/kg våtvikt).



Figur 3.19 Koncentration av mikroföroreningar i slammet (30-150 µg/kg våtvikt).



Figur 3.20 Koncentration av mikroföroreningar i slammet (8-30 µg/kg våtvikt).



Figur 3.21 Koncentration av mikroföroreningar i slammet (<8 µg/kg våtvikt).

3.1.4 Reduktion

Ormanäs ARV

Reduktionsgrad i procent beräknades utifrån inkommande och utgående koncentrationer, sedan utvärderades medelreduktionen genom att jämföra den med de olika analyserade mikroföroreningarna. För koncentration av respektive ämne vid varje provtagningstillfälle hänvisas till Bilaga 2. Ingen reduktion beräknades för tiametoxam, tiacloprid, eller etinyilestradiol eftersom både analyser på inkommande och utgående vatten uppvisade ej detekterbara halter. I januari och mars har sandfilter ej varit i funktion under dygnet provtagningarna togs, detta på grund av mycket höga flöden in som satt igen sandfiltren. Detta har potentiellt, i kombination med de höga flödena, minskat den totala reduktionen jämfört med tidigare provtagningar (se reduktion för enskilda provtagningstillfälle i Bilaga 2).

Reduktionen av de olika mikroföroreningarna varierade både mellan ämnen och mellan tillfällena (Figur 3.22). Av de analyserade ämnen, endast 11 reducerades med mer än 80 %, där paracetamol, ibuprofen och naproxen är exempel på ämnen som reduceras via biologisk nedbrytning. Ketokonazol, ciprofloxacin och bisfenol A är exempel på ämnen som reduceras via adsorption i slammet. Endast 7 ämnen reducerades till 50-80 % i genomsnitt och 18 ämnen reducerades till mindre än 50 %. För att bibehålla en bra upplösning i diagrammet för övriga ämnen (Figur 3.22) har minimal reduktionen

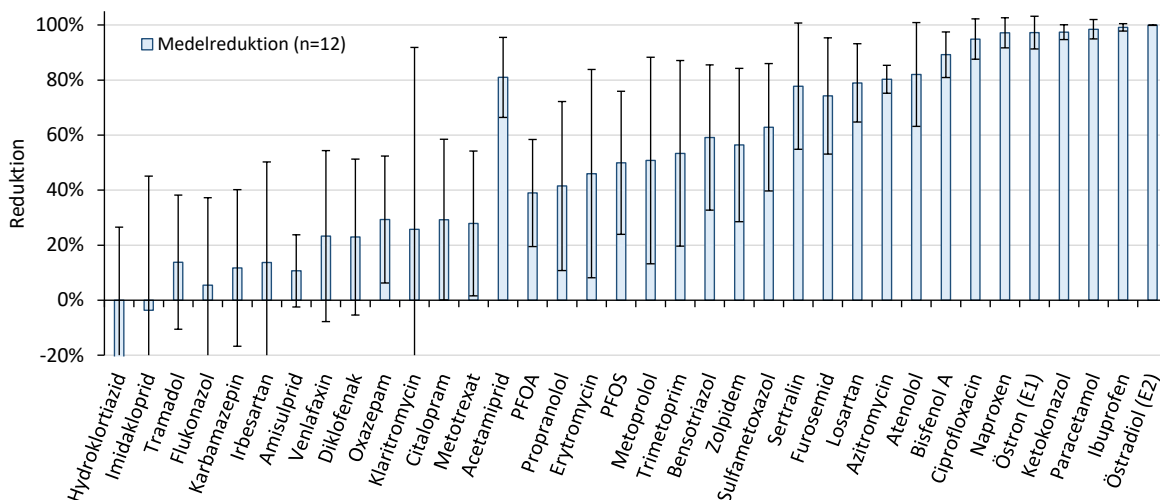
begränsats till -20 %. Lägre reduktionsgrader har mätts upp i genomsnitt för imidaklopid (-31 %) och hydroklortiazid (-191 %). Det finns olika aspekter som kan orsaka negativa reduktioner. En förklaring är matriseffekter, som gör att analysen påverkas av andra ämnen som förekommer i vattnet. Eftersom inkommande vatten har en mer koncentrerad och komplex sammansättning kan det leda till att halterna på inkommande vatten underskattas jämfört med de uppmätta halterna i utgående vatten. En annan förklaring är att ämnen kan återbildas från metaboliter i reningsverken, det vill säga att ämnet kommer in till reningsverket i en viss struktur (metabolit som har bildats från modersubstansen genom nedbrytning i kroppen) och genom reningsverket återbildas till modersubstansen, som leder till högre halter i utgående vatten än i inkommande vatten.

Reduktionsgraderna över Ormanäs ARV registrerade i denna förstudie har visat sig vara i samma eller högre grad för majoriteten av ämnena, jämfört med reduktionsgraderna som redovisades i LUSKA- och KARSK-projekt. Klaritromycin hade högre reduktion i LUSKA-projektet, medan koncentrationer på inkommande vatten var jämförbara mellan projekten (Tabell 3.1). Metotrexat har inte varit detekterbar i något av projekten.

Jämfört med resultat från andra projekt i andra avloppsreningsverk i Sverige, visade ämnena paracetamol, ketokonazol, ibuprofen och ciprofloxacin en högre reduktionsgrad (Laholmsbukten VA, 2022; Borås Energi och Miljö AB, 2023; VA SYD, 2018; Svahn & Björklund, 2017; Åberg, o.a., 2022; Baresel, o.a., 2022).

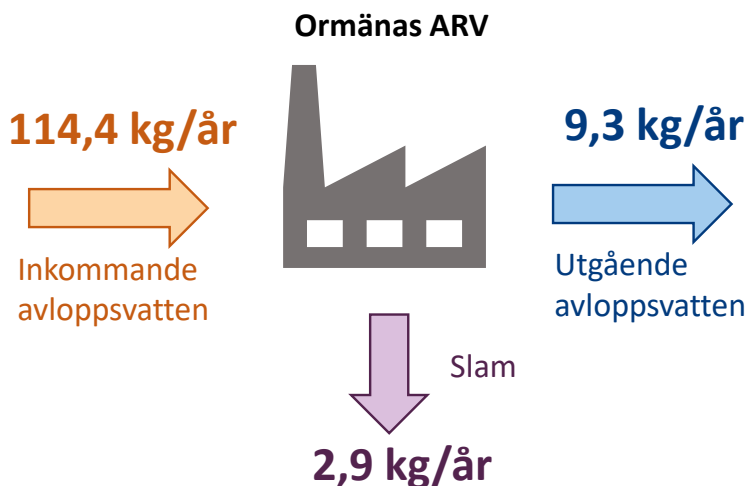
Hydroklortiazid, flukonazol och irbersartan har uppvisat negativ reduktion även i dessa citerade förstudieprojekt. I denna förstudie har något högre medelreduktion erhållits på svårnedbrytbara ämnen som diklofenak, oxazepam och karbamazepin, jämfört med LUSKA-projektet. Ingen orsak till dessa resultat har identifierades, dock är medelreduktionen på dessa ämnen låga och därför ej relevanta. Reduktionen av PFOS och PFOA har kvantifierats i liknande intervall (20 till 50 %) som i övriga undersökta avloppsreningsverk i Sverige. Reduktion av PFOS kopplas till en viss grad till adsorption i slammet, i linje med resultaten från ett annat förstudieprojekt som gjordes för Västra Strandens ARV (Laholmsbukten VA, 2022). Vid utvärdering av reduktionen på de ämnen som omfattas av förslaget på nytt EU avloppsdirektiv, och som har analyserats i denna förstudie, är metoprolol och bensotriazol som reduceras i högst grad, 50-60 % i genomsnitt. Medan resterande ämnen som omfattas av förslaget (hydroklortiazid, karbamazepin, irbesartan, amisulprid venlafaxin, diklofenak, klaritromycin och citalopram) reduceras som max upp till ca 30 % i genomsnitt.

Reduktionsgraden varierade mellan provtagningstillfällena och en tydligt negativ påverkan av höglödesförhållanden på reduktionsgraden uppmärksammades för samtliga ämnen (Bilaga 2). Tydliga exempel på detta är ämnena paracetamol, metoprolol, atenolol, diklofenak och karbamazepin, bland andra.



Figur 3.22 Reduktion av mikroföroreningar över Ormanäs ARV.

Den totala mikroföroreningsbelastningen in till Ormanäs ARV och mikroföroreningsbelastning som följer med slammet och det reade avloppsvatten presenteras i Figur 3.23. Reduktionen av den sammanlagda mikroföroreningsbelastningen är ca 89%. Om man exkluderar ibuprofen och paracetamol, vilka utgör den största andel av mikroföroreningsbelastning till Ormanäs ARV och är biologiskt nedbrytbara, blir reduktionen ca 59%. Mikroföroreningsbelastningen visar att majoriteten av de mikroföroreningarna som inte bryts ned, släpps ut till recipienten med utgående avloppsvatten och en mindre andel följer med slammet.

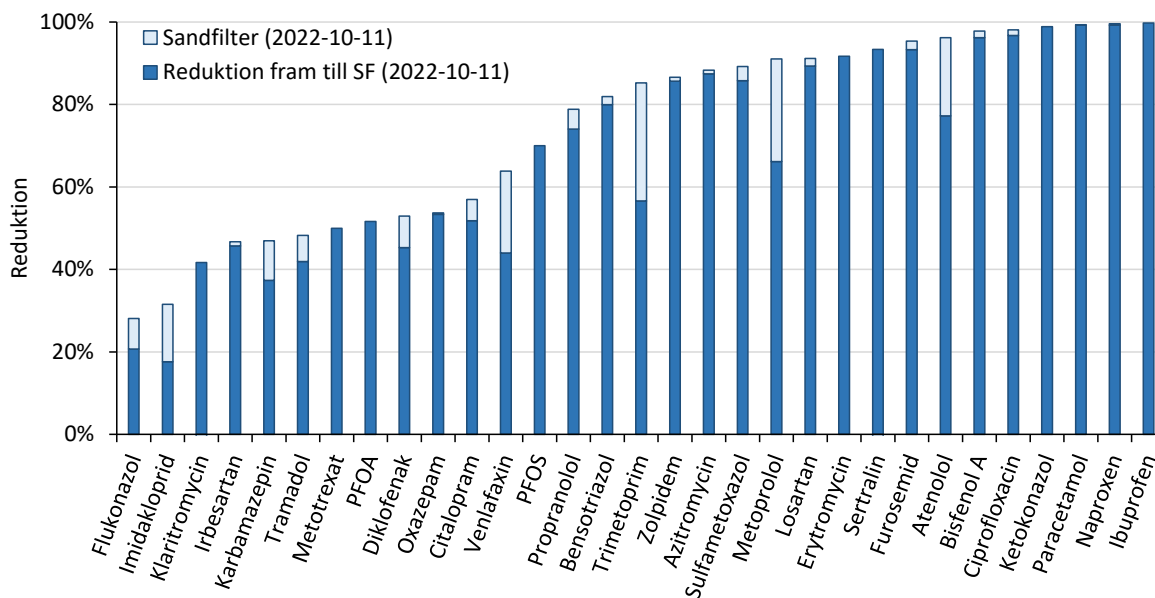


Figur 3.23 Genomsnittliga flöden av mikroföroreningar vid Ormanäs ARV.

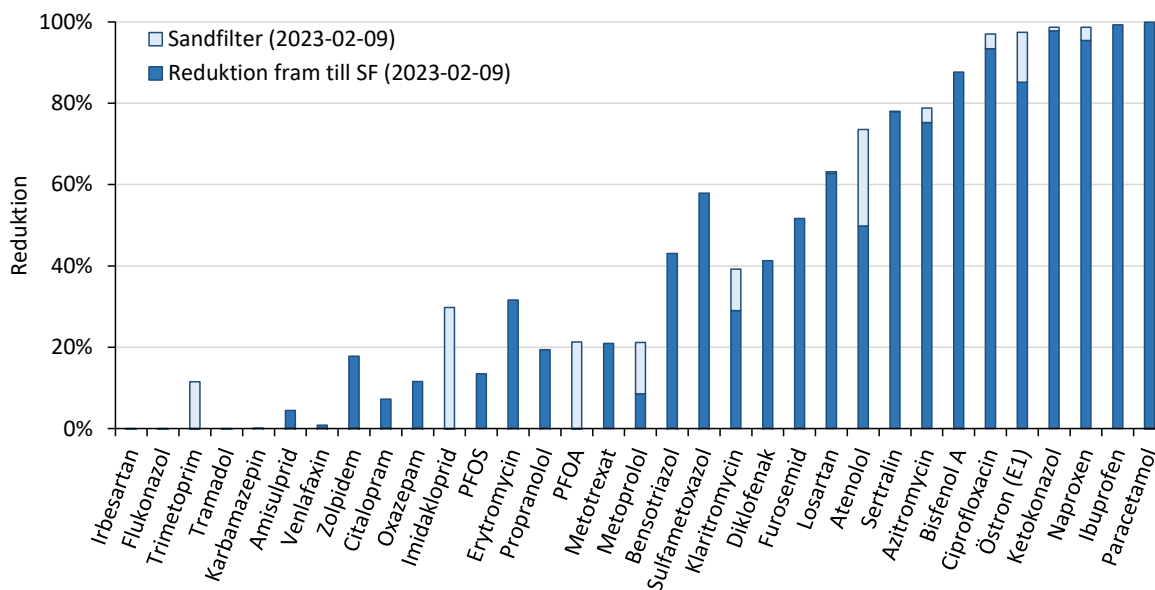
Reduktion över sandfilter på Ormanäs ARV

Hur befintliga sandfiltren på Ormanäs ARV, kemiskt poleringssteg, påverkar reduktionen av mikroföroreningar undersöktes också i denna förstudie. Detta gjordes genom 3 provtagningar innan sandfiltren i samband med övriga provtagningar på utgående vatten från Ormanäs ARV. Reduktionsgrad beräknades fram till sandfiltret och presenteras tillsammans med reduktion genom

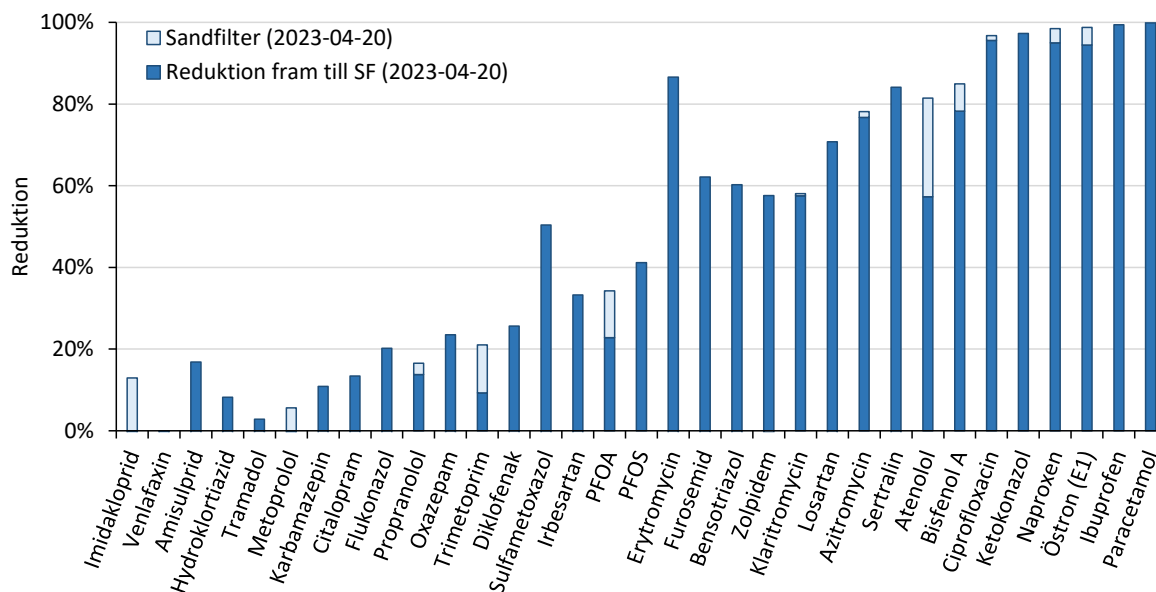
hela reningsverket i Figur 3.24, Figur 3.25 och Figur 3.26. Några ämnen uppvisade ytterligare rening efter sandfiltret jämfört med endast biologisk rening i det aktiva slammet. Reduktionen av ämnena atenolol, metoprolol, trimetoprim kan förklaras av potentiell ytterligare biologisk nedbrytning i sandfiltret, medan andra ämnen som imidakloprid och PFOA inte visar reduceras ytterligare över sandfiltret på grund av biologisk aktivitet.



Figur 3.24 Reduktion över reningsverket fram till sandfilter summerat med reduktion över sandfilter på Ormanäs ARV (Oktober 2022).



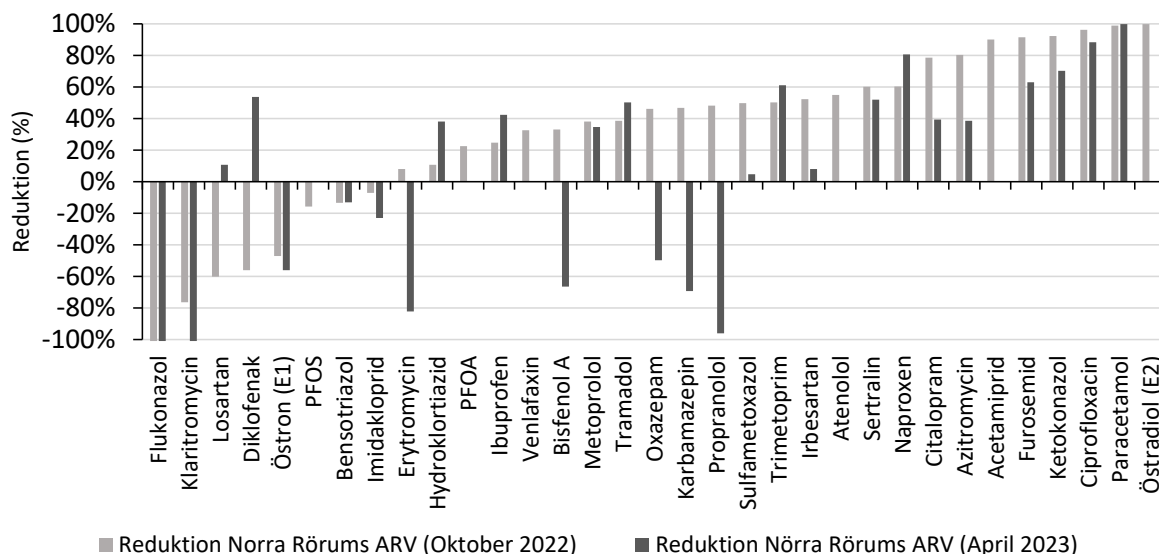
Figur 3.25 Reduktion över reningsverket fram till sandfilter summerat med reduktion över sandfilter på Ormanäs ARV (Februari 2023).



Figur 3.26 Reduktion över reningsverket fram till sandfilter summerat med reduktion över sandfilter på Ormanäs ARV (April 2023).

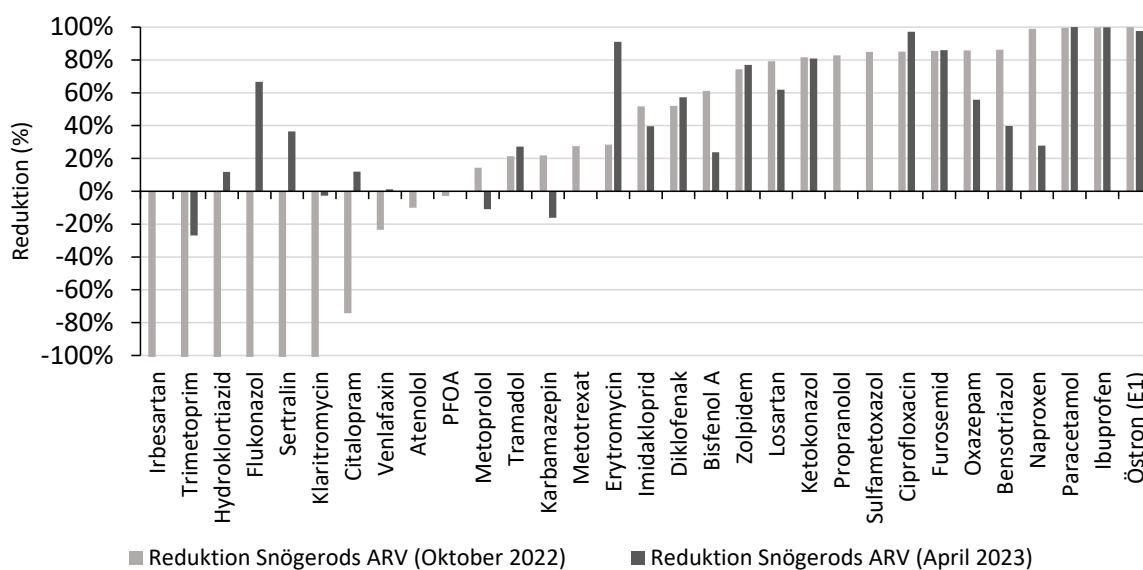
Reduktion små reningsverk: Norra Rörums ARV, Snogeröds ARV och Tjörnarps ARV

Reduktion över Norra Rörums ARV var generellt lägst av de 3 små reningsverken, vilket kan bero på att inkommande provtagningspunkten här ligger i eller efter första reningsdammen. Dessutom leds avloppsvattnet till infiltration efter utgående provtagningspunkten vilket medför ytterligare rening (Figur 3.27). I diagrammet i Figur 3.27 har axeln med reduktionen kapats något, då flukonazol uppnådde negativa reduktioner ner till -350 % och klaritromycin ner till -151 %. De stora variationerna mellan båda tillfällena kan bero på att provtagningen på Norra Rörums ARV utfördes genom stickprov. En tydlig skillnad observeras mellan reduktioner i oktober 2022 och i april 2023, där reduktionen under oktober var betydligt högre på samtliga ämnen. Det kan dock inte dras några tydliga slutsatser eftersom analysen baseras endast på ett fåtal resultat. Dels kan det bero på att provtagningspunkten under april 2023, i första dammen, inte var exakt samma provtagningspunkt som i oktober, avslammat vatten efter första dammen. Den totala koncentrationen av mikroföroreningar var högre under oktober 2022 än april 2023, vilket inte är förvånande med tanke på att avloppsvattnet var mer koncentrerat i oktober 2023 (15 m³/d) än i april (209 m³/d). En möjlig förklaring till de högre reduktioner i oktober 2023 är att lägre flöde ger längre uppehållstid i dammarna vilket kan förväntas ge högre reningsgrad på de mikroföroreningarna som är biologiskt nedbrytbara.



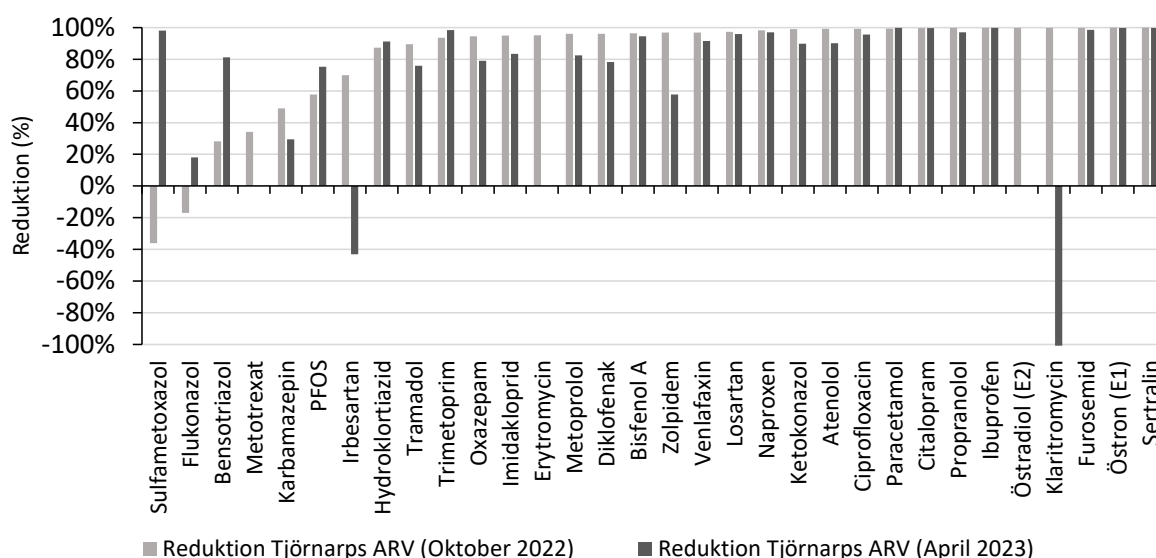
Figur 3.27 Reduktion över Norra Rörums ARV vid 2 provtagningstillfällen.

Reduktionsgraden över Snögeröds ARV (Figur 3.28) var något högre för flera ämnen jämfört med Norra Rörums ARV. Mindre antal ämnen uppvisade negativa reduktioner, fast de som gjorde det visade lite kraftigare negativ reduktion. I diagrammet har axeln med reduktionen kapats något, då irbesartan uppnådde negativa reduktioner så låga som -979%, trimetoprim -462%, hydroklortiazid -390%, flukonazol -180%, sertralin -122% och klaritromycin -110%. Något större reduktionsgrad observeras under oktober vilket kan potentiellt förklaras på grund av det lägre flödet i oktober 2022 (48 m³/d) jämfört med april 2023 (88 m³/d). Lägre flöden ger längre hydrauliska uppehållstider genom reningsverket, vilket kan eventuellt ge högre reduktionsgrader för biologisk nedbrytbara ämnena.



Figur 3.28 Reduktion över Snögeröds ARV vid 2 provtagningstillfällen.

Tjörnarps ARV uppvisade högst reduktion bland de små reningsverken, där reduktionsgraden under oktober 2022 var något högre än under april 2023 (Figur 3.29). I diagrammet har axeln med reduktionen kapats något på grund av att klaritromycin hade en reduktionsgrad på -948 %. Stora variationer i resultaten kan, som på Norra Rörums ARV, bero på att stickprov har tagits. Skillnaden på processen mellan provtagningstillfällena är att vid provtagning i oktober 2022 leddes avloppsvattnet till diket för bevattning av salix och endast ett överskott pumpades upp till markbäddarna från diket (som inte leds till salixen). En liten pumpstation lyfter detta överskottsvatten till markbäddarna där det infiltrerar till utloppet, och som leds vidare till provtagningsbrunnen. Å andra sidan, vid provtagning i april 2023 leddes avloppsvattnet till markbäddarna, varifrån det sedan avleds till provtagningsbrunnen. En möjlig förklaring till den högre reduktionen i oktober 2023 är att utgående vatten vid båda provtagningstillfällena var mycket utspädd med regnvatten och grundvatten, alternativt att markbäddar bidrar med en viss reningseffekt på mikroföroreningar.



Figur 3.29 Reduktion över Tjörnarps ARV vid 2 provtagningstillfällena.

3.2 Övergripande recipientutredning

3.2.1 Halter i recipient Ringsjön

Resultaten från provtagningarna i recipienten Ringsjön redovisas i Tabell 3.3, för resultat vid varje provtagningstillfälle hänvisas till Bilaga 2. Mikroföroreningarna som uppvisade högsta koncentrationer var paracetamol, bensotriazol och karbamazepin och tramadol. Nära dessa ämnen i koncentrationsintervall, uppvisade oxazepam 3-4 ng/L i närheten av Ormanäs ARV utsläppspunkt (Punkt 3 och 4 i Ringsjön). Inga av de analyserade mikroföroreningarna översteg bedömningsgrunderna för särskilda förorenande ämnen i HVMFS 2019:25. Däremot skulle gränsvärdet för kemisk ytvattenstatus (HVMFS 2019:25) överskridas för PFOS om årsmedelvärde (0,65 ng/L) togs i beaktande för punkt 1 och 2. Å andra sidan var PFOS i provpunkterna 3 och 4 under kvantifieringsgräns. Det är dock viktigt att komma ihåg att kvantifieringsgränsen är 3 ng/L och ligger långt över gränsvärdet för årsmedelvärde.

Vid jämförelse av koncentrationerna i Ringsjön med miljökvalitetsnormerna som föreslås i det nya vattendirektivet (Tabell 2.4), kan inga potentiella problematiska ämnen identifieras. Från resultaten

ser man dock en viss indikation på att summering av PFAS-24 (summering av PFOA-ekvivalenter), som föreslås på det nya vattendirektivet, kan bli problematisk. PFOA kvantifierades i ett av provtagningsstillfällena på 3,1 ng/L som ligger relativt nära värdet som föreslås till summering av PFAS-24 på 4,4 ng/L. Ringsjön är en reservvattentäkt och kan i framtiden omfattas av gränsvärden för olika mikroföroreningar.

Inga tydliga årstidsvariationer kunde identifieras i någon av provtagningspunkterna som analyserades vid 4 tillfällena (punkt 2, 3 och 4). Vid provtagningspunkt 3, som ligger närmast utsläppspunkten från Ormanäs ARV, kan man dock se att de flesta ämnena registrerade högsta koncentrationer i januari och juli. De höga koncentrationerna i januari kan vara kopplad till de högre flöden kombinerad med de högre koncentrationerna ut från reningsverket.

Koncentration av mikroföroreningar i denna förstudie jämfördes med provtagningar utförda i LUSKA-projektet, där provtagningspunkten var nära utsläppet och är därför jämförbar med provtagningspunkt 3 i denna förstudie. Karbamazepin visade både på LUSKA-projekt (12,4 ng/L) och i denna förstudie högsta och liknande halter. Även diklofenak, oxazepam och metoprolol uppvisade jämförbara halter mellan studierna.

Tabell 3.3 Koncentration av mikroföroreningar i Ringsjön, medelkoncentration och standardavvikelse (n=4) i ng/L. Punkt 1 utgörs endast av ett prov. Några ämnen var antingen ej detekterbara (nd) eller under kvantifieringsgränsen (<LOQ)

Ämne	Punkt 1 Ringsjön	Punkt 2 Ringsjön	Punkt 3 Ringsjön	Punkt 4 Ringsjön
Amisulprid	nd	0,1 ± 0	nd och <LOQ	0,03 ± 0
Atenolol	nd	0,26 ± 0	1,5 ± 1	1,2 ± 0,2
Karbamazepin	2,2	2,9 ± 0,8	9,5 ± 3,2	8,6 ± 1,7
Klaritromycin	nd	nd och <LOQ	0,17 ± 0	0,1 ± 0
Diklofenak	nd	nd och <LOQ	2,8 ± 1,9	1,6 ± 1,1
Flukonazol	0,5	0,69 ± 0,02	1,6 ± 0,7	1,3 ± 0,3
Hydroklortiazid	nd	nd och <LOQ	5,6 ± 4,2	0,94 ± 0,05
Imidakloprid	0,2	0,13 ± 0,05	0,09 ± 0,03	0,12 ± 0,02
Losartan	0,2	0,54 ± 0,21	2,7 ± 2,1	2,5 ± 1,3
Metoprolol	nd	0,41 ± 0,22	2,6 ± 2	2,3 ± 1,4
Oxazepam	0,6	1,4 ± 0,2	4,1 ± 1,3	3,4 ± 0,4
Sertralin	nd	nd	0,89 ± 0,46	1,2 ± 0,6
Trimetoprim	nd	nd och <LOQ	1,4 ± 0,4	nd och <LOQ

Bensotriazol	5	5,3 ± 3,2	9,3 ± 7,3	7,4 ± 5
Citalopram	nd	nd och <LOQ	1,8 ± 1	0,47 ± 0
Irbesartan	nd	nd och <LOQ	7,1 ± 0	<LOQ
Paracetamol	13	10,2 ± 5,4	8,5 ± 5,1	5,5 ± 4,1
Propranolol	nd	0,11 ± 0	0,72 ± 0,73	0,29 ± 0,11
Sulfametoxazol	0,2	0,47 ± 0,37	1,5 ± 1,5	0,82 ± 0,36
Tramadol	nd	3,2 ± 0,3	9,9 ± 4,9	8,1 ± 3,2
Venlafaxin	nd	nd och <LOQ	3,4 ± 1,8	2 ± 1
Östron (E1)	0,10	0,12 ± 0,04	0,26 ± 0,15	0,25 ± 0,16
Furosemid	nd	nd och <LOQ	8,8 ± 0	nd
PFOS	3,4	4,2 ± 0,2	<LOQ	<LOQ
PFOA	<LOQ	3,1 ± 0	<LOQ	<LOQ

*Endast ett provtagningstillfälle, därför ingen standardavvikelse visas.

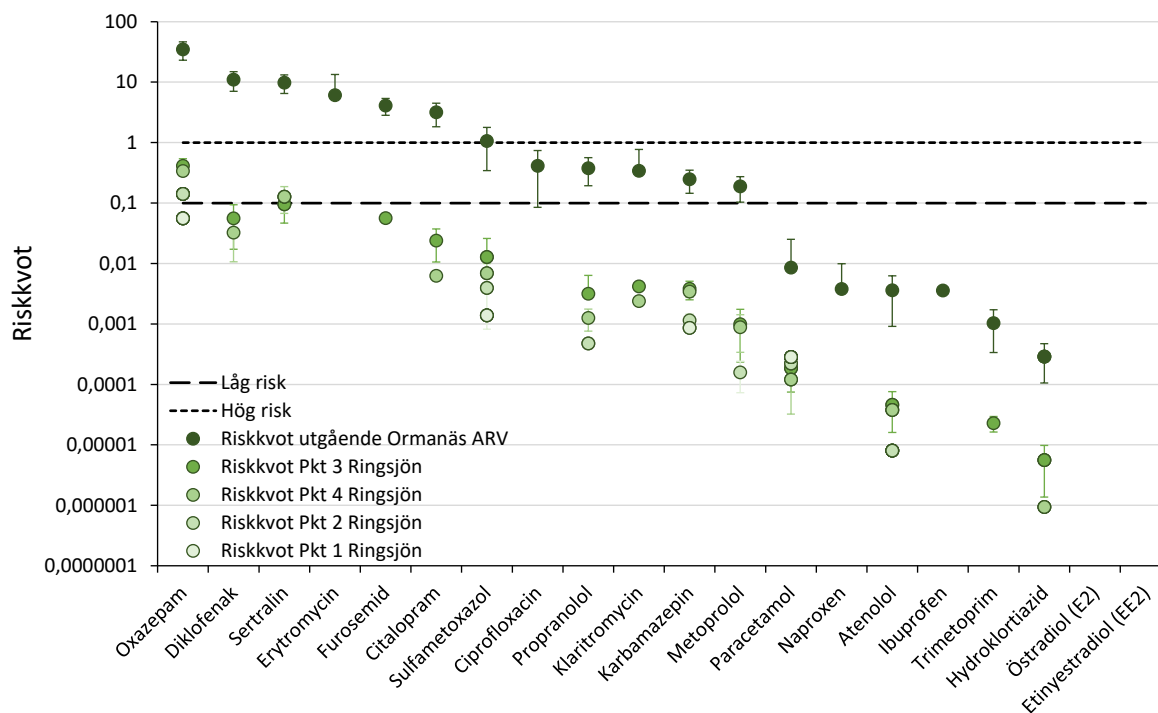
3.2.2 Riskbedömning för recipient Ringsjön

En riskbedömning för vattenlevande organismer gjordes genom att utvärdera riskkvoter mellan koncentrationer i recipienten Ringssjön och ”predicted no effect concentration” (PNEC)-värden. PNEC-värden för sötvattenrecipient hämtades från litteratur (Ågerstrand, 2019) och ett uppdaterat värde för citalopram i saltvatten hämtades från en förstudie utförd av VA SYD (Hoyer, o.a., 2022). Eftersom detta värde är från en saltvattenrecipient, har en omräkningsfaktor på 10 lagts på sötvattens PNEC-värden (generellt förhållningssätt vid tillämpandet av säkerhetsfaktorer på PNEC-värden från saltvattenstestning jämfört med sötvattenstestning). Det vill säga att $PNEC_{saltvatten}$ blir således 10 gånger lägre än det $PNEC_{sötvatten}$ som är angivet i (Ågerstrand, 2019). Här gjordes det en omvänd övning och $PNEC_{saltvatten}$ för citalopram ökades med en faktor på 10. I ekvation 1 visas beräkningen av riskkvot för utsläpp i sötvatten med uppmätt koncentration i recipienten. Riskkvoter högre än 1 utgör hög risk, riskkvoter mellan 0,1 och 1 utgör måttlig risk och mindre än 0,1 utgör låg risk.

$$Riskkvot = \frac{\text{Uppmät koncentration i recipient}}{PNEC} \quad (\text{Ekvation 1})$$

Risken för vattenlevande organismer i utgående vatten från Ormanäs ARV och i recipienten Ringsjön kunde utvärderas för 20 ämnen, de som har analyserats och har ett tillgängligt PNEC-värde i litteratur. Av alla 20 ämnen som utvärderades i utgående vatten från Ormanäs ARV, uppvisade 5 ämnen måttlig risk och 7 ämnen hög risk (Figur 3.30). Efter det renade avloppsvattnet från Ormanäs ARV släpps ut i recipienten är risken för de flesta ämnena låg, på grund av en hög utspädning i recipient Ringsjön.

Ringsjön har en omsättningstid på 1,01 år för en volym på 184,2 Mm³, vilket är mycket högre än Ormanäs ARV medeflöde ut, som ligger på ca 4 000 m³/d (Ringsjöns vattenråd, 2023). Ett undantag är oxazepam, som fortfarande utgjorde måttlig risk efter utspädning i recipient.



Figur 3.30 Riskkvoter för uppmätta koncentrationer i utgående vatten från Ormanäs ARV och i Ringsjön, felstaplarna visar standardavvikelse (n=12 för utgående vatten, n=4 för recipientpunkt 2,3 och 4).

7 ämnen uppvisar hög risk i Ormanäs ARV utgående avloppsvatten: oxazepam, diklofenak, sertralin, erytromycin, furosemid, citalopram och sulfametoxazol. Av dessa ämnen reduceras sulfametoxazol, sertralin och furosemid till en måttlig grad (60-75% i genomsnitt) medan de andra ämnen reduceras till mindre än 50%. Trots att reduktionen över Ormanäs ARV är begränsad för vissa ämnen, hamnar en del ämnen inom intervallet för låg risk. Detta förutom sertralin och oxazepam som befinner sig i intervallet för måttlig risk för provtagningspunkterna 1, 2 och 3. Inga ämnen som har analyserats i denna förstudie överskrider bedömningsgrunder för SFÄ.

Däremot kunde PFOS kvantifieras vid ett antal tillfällen i provtagningspunkt 1 och 2 vid betydligt högre koncentrationer (3-4 ng/L) än gränsvärdet för kemisk ytvattenstatus (HVMFS 2019:25), som ligger på 0,65 ng/L som årsmedelvärdet. PFOS koncentrationer i utgående vatten från Ormanäs ARV har under hela projektet antingen varit ej detekterbara eller under kvantifieringsgränsen (<3 ng/L). Detta kombinerad med den höga utspädningen tyder på att andra möjliga diffusa källor av PFOS kan finnas i Ringsjön.

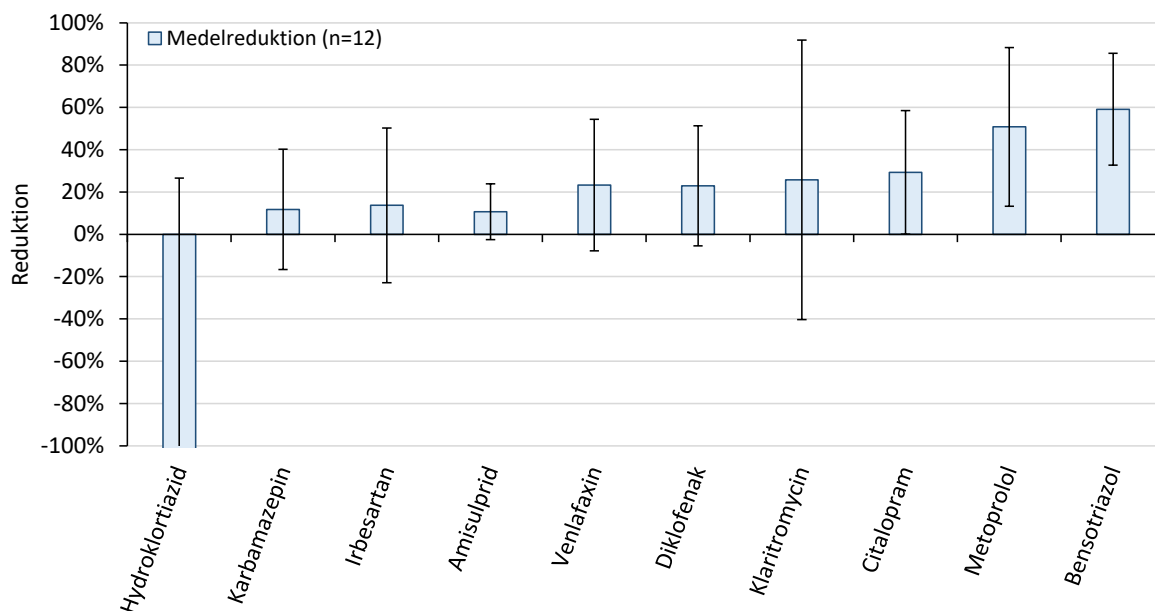
Med detta kan man dra slutsatsen att Ormanäs ARV inte har en särskild påverkan på recipient när det gäller läkemedelsrester tack vare den höga utspädningen. Däremot finns en risk att svårnedbrytbara ämnen som passerar oförändrade genom Ormanäs ARV kan ackumuleras över tid. Risken finns att vid höga belastningar, reduceras vissa ämnen (som under normala flödesförhållanden skulle renas i en hög grad, t. ex paracetamol) i mindre utsträckning och släpps ut till Ringsjön.

3.3 Diskussion om behov av kvartär rening på Ormanäs ARV

Utifrån kartläggningen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar över Ormanäs ARV, har konstaterats att befintligt reningsverk har en begränsad kapacitet för reduktion av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar, där endast 11 av 36 ämnen kunde reduceras till mer än 80%. Detta är vanligt för svårnedbrytbara ämnen i kommunala avloppsreningsverk som kan ackumuleras i recipienten och vattenlevande organismer över tiden.

Den översiktliga recipientutredningen och riskbedömningen angående läkemedelsrester och andra mikroföroreningar som gjordes i Ringsjön visar att det inte finns en tydlig påverkan från Ormanäs ARV på Ringsjön, för de flesta ämnen. Detta ger därför en indikation på att det inte finns ett tydligt behov av ett kvartärt reningssteg på Ormanäs ARV i nuvarande läge. Å andra sidan skulle en 80%-reduktion av svårnedbrytbara ämnen innebära miljönytta genom minskat utsläpp av svårnedbrytbara mikroföroreningar, och därmed en minskad risk för vattenlevande organismerna i Ringsjön. Miljönyttan är kopplat till projekt målet skydd av yt- och grundvatten, som är speciellt viktigt då Ringsjön är en reservvattentäkt.

Oxazepam är det enda ämnet som visade måttlig risk i recipienten. Dock är detta ett svårt ämne att rena, även med ozon eller aktivt kol och en värdering om det är kostnadseffektivt att dimensionera ett kvartärt reningssteg för 80% rening av oxazepam behöver längre fram bedömas. På grund av detta har ämnena som omfattas av förslaget för nytt EU avloppsdirektiv (Tabell 2.3) valts ut som fokusämnen i ett eventuellt dedikerat reningssteg för mikroföroreningar. 10 av ämnena som omfattas av direktivet kunde analyseras i denna förstudie och deras reduktion visas i Figur 3.31. Beräkning av medelreduktion som föreslås för det nya EU direktivet (dubbel så många ämnen från Kategori 1 som i Kategori 2), resulterar i 24-34% reduktion beroende på vilka ämnen som väljs ut. Hydroklortiazid har valts bort från beräkningen eftersom det uppvisar en medelreduktion på -127%, vilket försvårar utvärdering av den genomsnittliga medelreduktionen.



Figur 3.31. Reduktion över Ormanäs ARV för fokusämnen.

4. Teknikval

4.1 Identifiering av relevanta tekniker och inledande utvärdering

En första teknikscreening genomfördes för att kartlägga olika tekniker för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester och andra organiska mikroföroreningar. De identifierade teknikerna inkluderar oxidationsprocesser, aktivt kol- och membranbaserade processer, som beskrivs närmare i Bilaga 1. I denna förstudie har samtliga reningsprocesser antagits kunna uppnå samma reduktionsgrad på läkemedel och andra mikroföroreningar. Efter denna initiala teknikscreening initierades en urvalsprocess av tekniker med hjälp av en utvärderingsmodell (se 2.1), som även beskrivs mer i detalj i Bilaga 1. De olika teknikerna presenterades då med fördelar och nackdelar i hänsyn till Ormanäs ARV samt de relevanta målen för förstudien, vidare diskuterades teknikerna i ett projektmöte tillsammans med projektgruppen från Mittskåne Vatten.

Målet på resurseffektivitet sätter skallkrav på att teknikerna ska möjliggöra spridning av slam på åkermark. Detta gjorde att de tekniker som baseras på pulveriserat aktivt kol (PAK) avfärdades, eftersom det producerade slammet vid dessa processer innehåller PAK med mikroföroreningar och är därför inte lämpligt för spridning på åkermark. Målet på skydd av yt- och grundvatten bedömdes likvärdigt för samtliga alternativ förutom membranlösningar som producerar ett mycket renare vatten, nära dricksvattenkvalitet. Eftersom det inte är rimligt att rena vatten till dricksvattenkvalitet för att sedan släppa till recipienten utan någon definierad användning, samt att dessa tekniker är väldigt energi- och resurskrävande, valdes också dessa bort.

Under ett följande projektmöte diskuterades de olika teknikalternativen djupare med hänsyn till utvärderingsmodellen (2.1). En utvärderingsmatris användes för att poängsätta de olika processalternativen för följande utvärderingsparametrar: klimatsmart, energismart, flexibilitet, driftsäkerhet, arbetsmiljö, investerings- och driftkostnad (Tabell 4.1). Arbetsmiljö har lagts till i utvärderingsmodellen för kvartär rening eftersom de olika teknikerna innebär olika arbetsmiljöaspekter. Parametrarna kring skydd av yt- och grundvatten samt resurseffektivitet utvärderades inte eftersom de anses vara likvärdiga för samtliga processalternativ. Följande resonemang användes för utvärdering av de olika parametrarna:

- Klimatsmart: tekniker som använder sig ut av aktivt kol erhåller lägre betyg på grund av utsläpp relaterade till tillverkning och regenerering av kol.
- Energismart: oxidationsprocesserna med ozon och UV erhåller lägre betyg än GAK-filter och fluidiserad bädd på grund av högre energiförbrukning för ozongeneratoren och UV-lampor. Ozon följt av GAK-filter erhåller ett mellanbetyg eftersom det används en lägre ozondos i denna kombination jämfört med ozonering följt av sandfilter (SF).
- Flexibilitet: ozonerings- och UV-processer erhåller högre betyg eftersom de kan byggas på ett mer modulärt sätt än GAK-filter eller fluidiserade bäddar. Fluidiserad bädd erhåller mellanbetyg eftersom periodisk förnyelse av kolet är möjligt och då är flexibiliteten högre än vid GAK-filter.
- Driftsäkerhet: GAK-filter erhåller högre betyg eftersom det innehåller mindre processutrustning och är en enklare process. Fluidiserad bädd och UV-väteperoxid (UV/H₂O₂) erhåller lägst betyg eftersom teknikerna inte är lika beprövade som de andra.
- Arbetsmiljö: ozonering och UV/H₂O₂ erhåller lägre betyg på grund av hantering av farliga kemikalier som flytande syre, ozon och väteperoxid.
- Investeringskostnad: Ozon följt av GAK-filter erhåller lägst betyg eftersom två anläggningsdelar krävs. Processalternativ med aktivt kol erhåller mellanbetyg på grund av kostnaden av initialt aktivt kol. Ozonering följt av sandfilter och UV/H₂O₂ erhåller högst betyg.

- Driftkostnad: Ozonering följt av sandfilter erhåller högst betyg. GAK-filter och fluidiserade bädd erhåller lägst betyg på grund av kostnader för det aktiva kolet och UV/H₂O₂ på grund av den höga energiförbrukningen från UV-lamporna.

Tabell 4.1 Kvalitativ utvärderingsmatris efter processvalmöte. Grön (+): högst, gul (0): mellan och röd (-): lägst.

	Ozonering + SF	UV/H ₂ O ₂	GAK-filter	Fluidiserad bädd aktivt kol	Ozon + GAK-filter
Klimatsmart	0	0	-	-	-
Energismart	-	-	+	+	0
Flexibilitet	0	+	-	0	+
Driftsäkerhet	0	-	+	-	0
Arbetsmiljö	0	0	+	+	0
Investeringskostnad	+	+	0	0	-
Driftkostnad	+	-	-	-	0

Den här utvärderingen resulterade i att processutformning och dimensionering samt kvantitativa utvärderingsparametrar (investerings- och driftkostnader, energi- och klimatberäkningar) togs fram för följande processalternativ:

- Ozonering + sandfilter
- GAK-filter
- Ozonering + GAK-filter

4.2 Förutsättningar på Ormanäs ARV

4.2.1 Dimensionerande data

För dimensionering av ett eventuellt steg för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester och andra mikroföroreningar har uppskattade framtida flöden år 2055 använts (Tabell 4.2). Max regnvädersflöde inklusive interna flöden (Q_{pwwf}) för året 2055 har satts som dimensionerande flöde för anläggningen för läkemedelsrening. En viss hänsyn till flödena för året 2075 har även beaktats. I den parallella förstudien om teknikval för framtida Ormanäs ARV dimensioneras den biologiska reningen för max torrvädersflöde (Q_{pdwf}), samt också för att klara ett flöde upp till max regnvädersflöde Q_{pwwf} . Ett biologiskt och eventuellt kemiskt behandlat avloppsvatten är förutsättning för ett kvartärt steg för läkemedelsrening. Detta är på grund av att behandlingen vid ännu högre flödesförhållanden för icke biologiskt behandlat avloppsvatten inte anses som kostnadseffektiv när det gäller läkemedelsrening. Därför kommer den kvartära reningen att behandla maximalt Q_{pwwf} . För mer redundans och robusthet har anläggningen designats med 3 parallella linjer där varje linje har kapacitet för en tredje del av Q_{pwwf} . Vid en linje ur drift kan den kvartära behandlingen fortfarande behandla max torrvädersflödet (Q_{pdwf}).

Tabell 4.2 Flöden på Ormanäs ARV för prognosår 2055.

Benämning	Flöde år 2055
Q_{adwf} , medeltorrvädersflöde (60%-fraktil)	270 m ³ /h
Q_{pdwf} , max torrvädersflöde(80%-fraktil)	347 m ³ /h
Q_{pwwf} , max regnvädersflöde (95%-fraktil)	520 m ³ /h
Q_{dim} , max regnväderflöde inklusive interna flöden	600 m ³ /h

DOC är en viktig parameter vid bedömning av ozon- och aktivt kolbehov. Designen är baserad på en framtida anläggning som ännu inte är beslutad och ingen datahistorik för DOC finns på Ormanäs ARV. DOC-koncentrationen har därför uppskattats genom att likställa DOC till TOC² och sedan översätta COD (antaget värde i framtida anläggning 30 g/m³) till DOC genom en COD/DOC-kvot på 3, enligt uppgifterna i litteratur (Balmér, 2015).

Suspenderade ämnen (SS) bedöms inte påverka den kvartära reningen eftersom det renade avloppsvattnet i den framtida anläggningen inte förväntas innehålla mer än 20 g SS/m³, vilket har rekommenderats som indikativt värde (Pistocchi, o.a., 2022). Processalternativen som utreds för det sekundära reningssteget på framtida reningsverk är konventionellt aktivt slam (CAS) och biofilmsprocess med rörliga bärare (MBBR). CAS-alternativet har ett sista poleringssteg med sandfilter och MBBR-alternativet har en mikrofiltrering, vilka båda ger en bra förbehandling för den kvartära reningen avseende partiklar.

Nitrit är en kvävefraktion som bör tas hänsyn till vid ozonering eftersom den förbrukar 3,43 g O₃/g NO₂-N. En nitritkoncentration lägre än 1 g NO₂-N/m³ har rekommenderats som referensvärde (Pistocchi, o.a., 2022). Det värdet bedöms för högt som designbasis och ett antaget värde på 0,2 g NO₂-N/m³ har använts.

Bromid (Br⁻) i avloppsvatten kan leda till det misstänkta karcinogena ämnet bromat (BrO₃⁻) under oxidering med hjälp av ozon. I denna förstudie har bromidkoncentrationer kvantifierats till 0,18 ± 0,01 mg/L under perioden 2022-04-27 och 2022-05-22, vilket ligger i ett mellanliggande intervall jämfört med tidigare mätningar på andra avloppsreningsverk i Sverige (Falås, o.a., 2022). Vid denna bromidkoncentration (0,18 mg/L) bör bromatbildning bedömas enligt indikationer i de schweiziska och tyska riktlinjerna, som tidigare förklarats i rapporten.

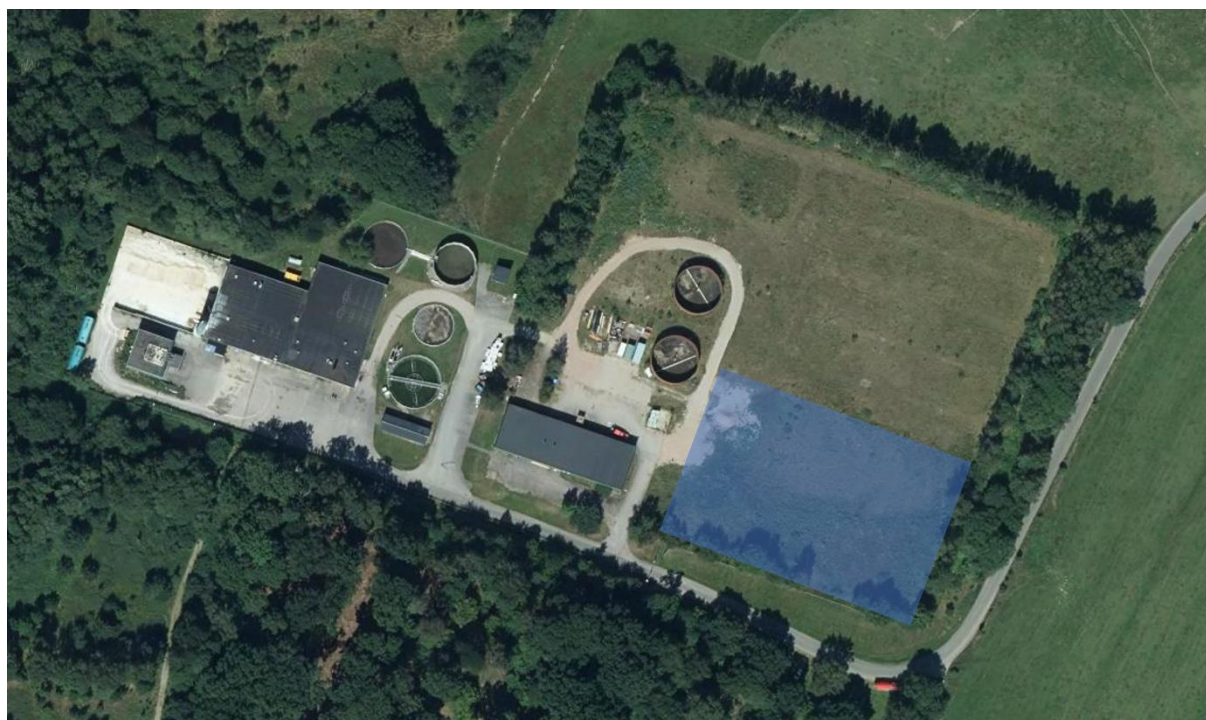
² TOC - Total Organic Carbon, på engelska.

Tabell 4.3 Sammanställning dimensionerande föroreningskoncentrationer för den kvartära reningen.

Förorening	Koncentration
DOC	10 g/m ³
SS	<20 g/m ³
Nitrit	0,2 g NO ₂ -N/m ³
Bromid	0,18 g/m ³

4.2.2 Lokala förutsättningar

Parallellt till denna förstudie pågår en förstudie om teknikval för huvudprocess på Ormanäs ARV, där konventionellt aktivslam (CAS³) och biofilmsprocess med rörliga bärare (MBBR⁴) utreds. Alternativen för huvudprocess påverkar inte direkt valet av kvartär rening, men kan påverka andra aspekter som placering. Till exempel, de olika huvudprocesserna kan ta olika mycket ytor i anspråk, dock anses inte något av alternativen som begränsande för placering av det kvartära steget för läkemedelsrening. Den exakta processkonfigurationen kan variera något beroende på vilka reningssteg inkluderas i huvudprocess som kan utnyttjas som förbehandling inför den kvartära reningen. Byggnader för kvartär rening placeras preliminärt på fastighetens östra sida (Figur 4.1).



Figur 4.1 Flygbild över Ormanäs ARV och avsedd yta (blåmarkerad) för placering av den kvartära reningen.

³ CAS - *Conventional Activated Sludge*, på engelska.

⁴ MBBR - *Moving Bed Biological Reactor*, på engelska.

4.3 Processutformning och dimensionering

4.3.1 #1 Ozonering + sandfilter (O₃+SF)

Processbeskrivning

Utgående vatten från det tertiära reningssteget i framtida Ormanäs ARV samlas i en ny pumpstation för att därefter pumpas till den kvartära reningen. Den nya pumpstationen har totalt 4 pumpar, 1 pump förser varje linje med vatten och 1 extra pump för redundans. Processen består av ozonering följt av biologisk efterbehandling i form av sandfilter. Ozonet oxiderar både mikroförroeningarna och övriga oorganiska och organiska ämnen i avloppsvatten. Biologin i sandfiltren tar hand om eventuella toxiska biprodukter som bildas under ozonering som aldehyder, ketoner och syror. Bromat kan inte brytas ned biologiskt under aeroba förhållanden och bör därför kontrolleras genom att minska ozondos. Detta kan även göras med dosering av väteperoxid (H₂O₂) men har inte utretts vidare i denna förstudie.

Ozon tillverkas från flytande syre (LOX, *liquid oxygen* på engelska), som förångas innan den leds in i ozongeneratoren. LOX lagras i en cistern (ca 25 m³) placerad utomhus på en betongplatta och två par förångare. Ozongeneratoren omvandlar syre till ozon och en gasblandning av syre och ozon produceras, med en ozonkoncentration på ca 13%. Ozonproduktion genererar värme och därför måste ozongeneratoren kylas, vilket i det här systemvalet har baserats på kylning med dricksvatten och med en blandning av dricksvatten och etylenglykol på ozongeneratorns sida. Möjlighet för kylning med hjälp av renat utgående vatten finns också men kan kräva mer underhållsarbete.

Den kvartära reningen består av 3 ozoneringslinjer, där 3 separata pumpar i den nya pumpstationen förser med avloppsvatten vardera ozoneringslinje. Avloppsvattnet leds först till en maskinbyggnad där injektion av ozon sker genom sidoströmsinjektion. Det innebär att ozon injiceras i avloppsvattnet i en delström som sedan blandas in i huvudströmmen igen med hjälp av en speciell inblandningsreaktor som monteras på röret (*pipeline flash reactor*). Varje linje förser med en *pipeline flash reactor*. En *pipeline flash reactor* är en speciell inblandningsreaktor som monteras på röret och som säkerställer en effektiv inblandning av sidoströmmen. Varje linje (200 m³/h) utrustas med 3 sidoströmslinjer (2 i drift och 1 för redundans). Vardera sidoströmmen utgörs av 1 boosterpump och 1 Venturi-injektor. Ozongenerator, injektionssystem och värmeväxlare placeras i samma maskinbyggnad. Det ozonerade avloppsvattnet i varje linje leds till vardera kontaktbassängen som är utformad med ett antal skiljeväggar för att säkerställa omblandningen och att ozon reagerar fullständigt med avloppsvattnet.

Det rekommenderas att installera UV-sensorer på ozoneringsanläggningen för att kunna beräkna reduktionen av UV-absorption vid 254 nm. Detta på grund av att UV-reduktionen har en bra korrelation med reduktion av mikroförroeningar och därför kan användas för styrning av ozondosen. Restgas från kontaktbassängerna kan, vid ofullständig reaktion med avloppsvatten, eventuellt innehålla ozon som inte får släppas till luften. Därför leds restgas till en ozondestrukturerad placerad på taket av kontaktbassängerna som ombildar ozon tillbaka till syre. Syrgasflödet kan antingen släppas ut till luft eller användas i den befintliga reningsprocessen.

Uppmätta bromidhalter i utgående vatten från Ormanäs ARV (0,18 ± 0,01 mg/L) indikerar en viss risk för bromatbildning. En uppskattning av bromatbildning med data baserat på litteratur (Soltermann, Abegglen, Götz, & von Gunten, 2016; Falås, o.a., 2022; Hoyer, o.a., 2022) indikerar en bromatkoncentration på ca 25 µg/L vid den avsedda ozondosen i detta processalternativ (0,75 mg O₃/mg DOC). Den uppskattade bromathalten i utgående avloppsvatten är lägre än miljögränsvärde föreslagen av Schweiz (50 µg/L) och kan förväntas ligga under dricksvattengränsen (10 µg/L) vid utspädning i Ringsjön.

Det ozonbehandlade vattnet leds till 3 parallella sandfilterlinjer där vattnet i varje linje fördelas till 5 parallella filterceller per linje. Vattnet rinner med självfall genom sandbädden där eventuella toxiska biprodukter som bildas under ozonering som aldehyder, ketoner och syror kan brytas ned. Det sandfiltrerade vattnet samlas i botten av filtren och leds vidare till en spolvattenbassäng varifrån det rinner vidare till utloppet. Efter en viss SS-belastning eller behandlad vattenvolym, backspolas sandfiltret. Detta görs med luft med hjälp av blåsmaskiner, följt av backspolning med vatten. Det backspolade vattnet samlas i en bassäng för backspolat vatten för att sedan pumpas tillbaka till reningsverkets inlopp (efter inkommande provtagning). Inledningsvis uppskattas det att 2 filterceller per linje kommer behövas backspolas per dag (vid antagen medelkoncentration in till sandfilter på 10 mg/L). Spolvattenbassäng och bassäng för backspolat vatten har designats för en volym motsvarande 3 backspolningar med en viss säkerhetsmarginal.

Processdimensionering

Ozonering har designats för en ozondos på 8,2 g/m³ med hänsyn till koncentrationer av DOC och nitrit, tidigare presenterade i 4.2.1. Denna dos anses som tillräcklig för att kunna klara det föreslagna målet om 80% reduktionsgrad av utvalda ämnen enligt förslaget i det nya EU avloppsdirektivet. En säkerhetsmarginal på installerad ozonkapacitet har inkluderats för att ozongeneratorer ska arbeta på 90% av maximal kapacitet vid Q_{dim} och maximal dos, vilket ger en väldigt god säkerhetsmarginal. Spolvattenbassäng och bassäng för backspolat vatten är dimensionerade för att leverera och ta emot vatten till backspolning av 3 filterceller under ett dygn. För att hålla nere volymbehovet för backspolning, förutsätter denna design att bassängen för backspolat vatten töms under 3 h efter varje tredje backspolning. Dimensioneringstal visas i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 Dimensioneringstal #1 O₃+SF.

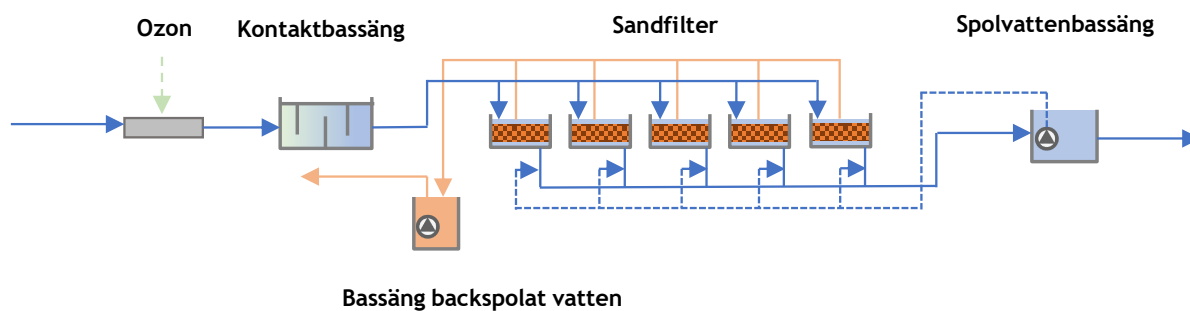
Ozonering		
Pumpstation kvartär rening	m ³	17
Ozonbehov vid Q _{adwf} , totalt	kg O ₃ /d	53
Ozonbehov vid Q _{pwwf} , totalt	kg O ₃ /d	118
Installerad ozonkapacitet, totalt	kg O ₃ /d	130
Antal linjer	st.	3
Volym kontaktbassäng, per linje	m ³	50
Uppehållstid vid Q _{dim} (Q _{pwwf})	min	15
Volym kontaktbassänger, totalt	m ³	50
Vattennivå	m	5
Sandfilter		
Bäddjup	m	2,5
Ytbehov filterceller, per linje	m ²	25
Antal linjer	st.	3
Ytbehov, total	m ²	75
Antal filterceller, per linje	st.	5
Antal filterceller, total	st.	15
Yta per filtercell	m ²	5
Filter i drift vid Q _{adwf} , per linje	st.	3
Filter i drift vid Q _{dim} , per linje	st.	5
Ytbelastning vid Q _{adwf} , per linje	m/h	6,9
Ytbelastning vid Q _{dim} , per linje	m/h	10
Spolvattenbassäng, per linje	m ³	110
Bassäng backspolatvatten, per linje	m ³	110

Denna design leder till förbrukningstal som presenteras i Tabell 4.5. Elanvändning för ozonering inkluderar ozonproduktion, boosterpumpning för sidoströmsinjektion, pumpning av kylvatten och ozondestruktion.

Tabell 4.5 Energianvändning och resursförbrukning vid #1 O₃+SF.

Resurs	Enhet	Förbrukningstal
El, lyftpump och backspolning	MWh/år	37
El, ozonering	MWh/år	359
LOX	ton/år	96

Flödesschema och layout



Figur 4.2 Flödesschema processalternativ #1 O₃+SF för 1 linje.



Figur 4.3 Layoutskiss på processalternativ #1 O₃+SF.

4.3.2 #2 GAK-filter (GAK)

Processbeskrivning

Utgående vatten från det tertiära reningssteget i framtida Ormanäs ARV samlas i en ny pumpstation för att därefter pumpas till den kvartära reningen som består av GAK-filtrering. Den nya pumpstationen har totalt 4 pumpar, 1 pump förser varje linje med vatten och 1 extra pump för redundans. GAK-filter består av 3 parallella linjer där vattnet fördelas i varje linje till 5 parallella filterceller per linje. I denna process avskiljs mikroföroreningarna genom adsorption till det aktiva kolets yta. Adsorptionskapacitet minskar efter hand och efter en viss behandlad volym, som ofta beräknas som bäddvolym (m³ behandlat vatten/ m³ bäddvolym), måste kolet skickas till regenerering. För att undvika byte av kolet från samtliga filterceller samtidigt rekommenderas det att starta upp filtercellerna stegvis för att ha en jämn fördelning av adsorptionskapacitet över hela anläggningen. Anläggningen måste utrustas för tömning av GAK från filterceller och lagring innan lastbil från leverantör hämtar det aktiva kolet för transport till regenerering (vanligtvis Tyskland eller Belgien). De olika GAK-filtercellerna bör utrustas för tömning av förbrukat kol, exempelvis med skjutspällventil på väggen av GAK-filterbyggnaden vid varje filtercell och med en bassäng för förbrukat aktivt kol. Utrustning för påfyllning av nytt kol krävs också med en hydroejektor, alternativt möjlighet att använda lyftkran för att tömma bigbags ovanifrån GAK-filtret. Tömning av förbrukat aktivt kol inkluderas i beställningen av lastbil från leverantör av kolet när det skickas till regenerering. GAK-filter kan kräva backspolning mer eller mindre ofta beroende på SS-belastning, inledningsvis har det antagits en backspolning per vecka per linje. Backspolningssekvensen består av backspolning med luft följt av backspolning med GAK-filtrerat vatten. Det backspolade vattnet lagras i en bassäng för att sedan pumpas vidare tillbaka till reningsverkets inlopp, efter inkommande provtagning. Pumpar och blåsmaskin för backspolning av GAK-filter är placerade i en separat maskinbyggnad. Det renade avloppsvattnet släpps ut till Västra Ringsjön via utloppsledningen.

Processdimensionering

GAK-filter har dimensionerats med 5 filterceller per linje, där 3 filterceller är i drift vid Q_{adwf} . Förbrukning av det aktiva kolet har bestämts genom att fastställa bäddvolym innan regenerering och en typ av aktivt kol som rekommenderades av leverantör. Bäddvolym innan regenerering är baserade på indikationer från grundliga undersökningar i Schweiz (Böhler, Joss, & McArdell, 2022) i kombination med erfarenheter från fullskaleanläggningar med GAK-filter i Sverige. Liknande reningsmål för mikroföroreningar föreslås i det nya EU avloppsdirektivet som den befintliga lagstiftningen i Schweiz. GAK-filter har designats med redundans så att en kritisk EBCT (Empty bed contact time på engelska) på mer än 20 min uppnås även vid Q_{dim} och ett filter ur bruk. Bassängerna för renat och backspolat vatten har även dimensionerats med redundans för att klara mer än en backspolning per dag vid behov. Dimensioneringstal visas i Tabell 4.6.

Tabell 4.6 Dimensioneringstal #2 GAK.

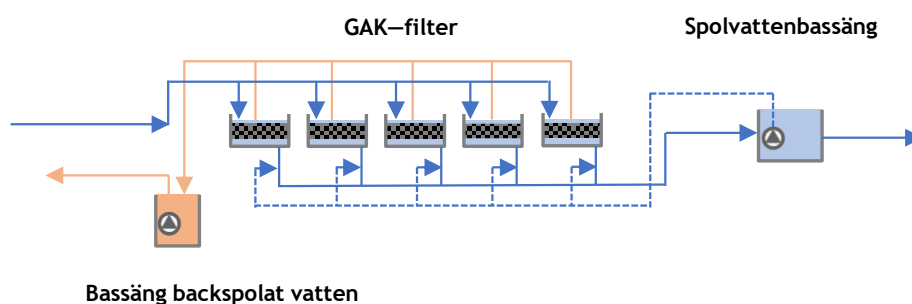
GAK-filter		
Pumpstation kvartär rening	m ³	17
Bäddjup	m	2
Ytbehov filterceller, per linje	m ²	42,5
Antal linjer	st.	3
Ytbehov, total	m ²	127,5
Antal filterceller, per linje	st.	5
Antal filterceller, total	st.	15
Yta per filtercell	m ²	8,5
Filter i drift vid Q_{adwf} , per linje	st.	3
Filter i drift vid Q_{dim} , per linje	st.	5
Ytbelastning vid Q_{adwf} , per linje	m/h	3,5
Ytbelastning vid Q_{dim} , per linje	m/h	5,9
EBCT vid Q_{adwf} , per linje	min	34
EBCT vid Q_{dim} , per linje	min	25
Spolvattenbassäng, per linje	m ³	70
Bassäng backspolatvatten, per linje	m ³	70
Bäddvolym innan regenerering	m ³ kolbädd/m ³ behandlat vatten	25 000
Kolbehov vid Q_{adwf}	ton/år	42
Bassäng förbrukat kol, per linje	m ³	20

Denna design leder till energianvändning och förbrukningstal som presenteras i Tabell 4.7. Elanvändning inkluderar lyft av vattnet och backspolning av GAK-filtret. För regenerering av kolet har 10% förluster antagits, dessa måste kompenseras med inköp av nytt kol.

Tabell 4.7 Energianvändning och resursförbrukning vid #2 GAK.

Resurs	Enhet	Förbrukningstal
El	MWh/år	30
Total aktivt kol	ton/år	42,1
Ny aktivt kol, 10 %	ton/år	4,2
Regenererat aktivt kol	ton/år	37,9

Flödesschema och layout



Figur 4.4 Flödesschema processalternativ #2 GAK för 1 linje.



Figur 4.5 Layoutskiss på processalternativ #2 GAK.

4.3.3 #3 Ozonering + GAK-filter (O_3 +GAK)

Processbeskrivning

Utgående vatten från det tertiära reningssteget i framtida Ormanäs ARV samlas i en ny pumpstation för att därefter pumpas till den kvartära reningen. Den nya pumpstationen har totalt 4 pumpar, 1 pump förser varje linje med vatten och 1 extra pump för redundans. Processalternativet består av ozonering följt av GAK-filter. Huvudfördelen med ozonering före GAK-filter är att oxidering av organiskt material i vattenmatrisen minskar konkurrensen om adsorptionsplatser i det aktiva kolet. Detta gör att längre gångtid på GAK-filtret kan uppnås innan kolet behöver regenereras, vilket kan minska driftkostnaderna. Gångtiden för GAK-filter kvantifieras i antal bäddvolym (volym behandlat vatten/volym kolbädd). Med tiden kan en biofilm utvecklas på kolets yta som bidrar med en biologisk rening av adsorberade ämnen, detta kallas ofta för biologiskt aktivt kol (BAK). Biofilmen kan även ha nackdelar såsom ökade tryckförluster genom GAK-filtret vilket kan betyda högre pumpningskostnader.

Ozon tillverkas och doseras i avloppsvattnet på samma sätt som i alternativet #1 O_3 +SF. Det ozonbehandlade vattnet leds vidare till GAK-filtrering med självfall, där vattnet fördelas till 3 parallella linjer. Processen fungerar på samma sätt som på alternativet #2 GAK. Skillnaden med processalternativ 1# O_3 +SF är att ozonbehovet är lägre på grund av att reduktion av mikroföroreningar också sker i det efterföljande GAK-filtret. Detta gör att mindre ozonkapacitet kan installeras. Skillnaden med processalternativ 2# GAK är att högre antal bäddvolym kan uppnås innan regenerering, vilket beskrivs närmare under processdimensionering.

Processdimensionering

Ozonering har designats för en ozondos på $3,7 \text{ g/m}^3$ med hänsyn till koncentrationer av DOC och nitrit, tidigare presenterade i 4.2.1. Denna ozondos anses som tillräcklig för att, i kombination med GAK-filter, kunna klara det föreslagna målet om 80% reduktionsgrad av utvalda ämnen som finns i det föreslagna nya EU avloppsdirektivet. Med denna ozondos renar man till hög grad ämnen som till exempel diklofenak och karbamazepin. På samma sätt som vid processalternativ #1 O_3 +SF har säkerhetsmarginal på installerad ozonkapacitet inkluderats för att ozongeneratorer ska arbeta på drygt 90% av maximal kapacitet vid Q_{dim} . Bäddvolym innan regenerering har, som på processalternativ #2 GAK, baserats på indikationer från grundliga undersökningar i Schweiz (Böhler, Joss, & Mc Ardell, 2022) kombinerad med erfarenheter från fullskaleanläggningar i Sverige. I detta processalternativ är dock bäddvolym högre än på processalternativ #2 GAK, på grund av förlängd gångtid av GAK-filtret på grund av föregående ozonering. Dimensioneringstal visas i Tabell 4.8.

Tabell 4.8 Dimensioneringstal Process #3 O₃+GAK.

Ozonering		
Pumpstation kvartär rening	m ³	17
Ozonbehov vid Q _{adwf} , totalt	kg O ₃ /d	24
Ozonbehov vid Q _{pwwf} , totalt	kg O ₃ /d	53
Installerad ozonkapacitet, totalt	kg O ₃ /d	86
Antal linjer	st.	3
Volym kontaktbassäng, per linje	m ³	50
Uppehållstid vid Q _{dim} (Q _{pwwf})	min	15
Volym kontaktbassänger, totalt	m ³	50
Vattennivå	m	5
GAK-filter		
Bäddjup	m	2
Ytbehov filterceller, per linje	m ²	42,5
Antal linjer	st.	3
Ytbehov, total	m ²	127,5
Antal filterceller, per linje	st.	5
Antal filterceller, total	st.	15
Yta per filtercell	m ²	8,5
Filter i drift vid Q _{adwf} , per linje	st.	3
Filter i drift vid Q _{dim} , per linje	st.	5
Ytbelastning vid Q _{adwf} , per linje	m/h	3,5
Ytbelastning vid Q _{dim} , per linje	m/h	5,9
EBCT vid Q _{adwf} , per linje	min	34
EBCT vid Q _{dim} , per linje	min	25
Spolvattenbassäng, per linje	m ³	70

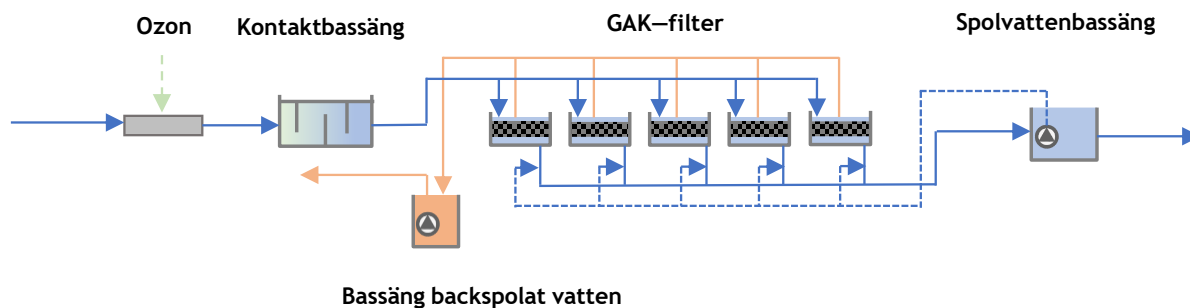
Bassäng backspolatvatten, per linje	m ³	70
Bäddvolymen innan regenerering	m ³ kolbädd/m ³ behandlat vatten	35 000
Kolbehov vid Q _{adwf}	ton/år	30

Denna design leder till energianvändning och förbrukningstal som presenteras i Tabell 4.9. Elanvändning för lyft av vattnet inkluderar även energi för backspolning av GAK-filtret. Elanvändning för ozonering inkluderar ozonproduktion, boosterpumpning för sidoströmsinjektion, pumpning av kylvatten och ozondestruktorn. För regenerering av kolet har, som i processalternativ #2 GAK, 10% förluster antagits, som måste kompenseras med inköp. I detta processalternativ har även förbrukningstal beräknats vid driftoptimerad version som består av driftförhållanden som har redovisats säkerställa 80% rening (medelvärde utvalda ämne enligt schweizisk lagstiftning) med en ozondos på 0,2 mg O₃/mg DOC (nitritkompenserad) och 50 000 bäddvolymen (McArdell & Böehler, 2020).

Tabell 4.9 Energianvändning och resursförbrukning vid #3 Ozonering + GAK-filter. #3.1 är standardversionen och #3.2 är en version med optimerad drift.

Resurs	Enhet	Förbrukningstal	
		#3.1	#3.2
El, lyftpump	MWh/år	37	37
El, ozonering	MWh/år	205	177
LOX	ton/år	62	45
Total aktivt kol	ton/år	30,1	21,0
Ny aktivt kol, 10 %	ton/år	3,0	2,1
Regenererat aktivt kol	ton/år	27,1	18,9

Flödesschema och layout

Figur 4.6 Flödesschema processalternativ #3 O₃+GAK för 1 linje.Figur 4.7 Layoutskiss på processalternativ #3 O₃+GAK.

4.4 Klimatberäkningar

Klimatberäkningar har gjorts och omfattade elanvändning samt kemikalier, består av produktion av LOX, nytt aktivt kol och regenerering av aktivt kol. Emissionsfaktorerna har i stort sett hämtats från Svenskt Vattens klimatberäkningsmodell för dricksvatten- och avloppsreningsverk för standardisering och en bättre jämförelse med andra beräkningar som görs i Sverige (Tabell 4.10). Resultatet av klimatberäkningarna påverkas kraftigt av vilket tillvägagångssätt som används och mer konkret av vilken emissionsfaktor som används för elförbrukningen. För att ta hänsyn till ett helhetsperspektiv där produktion, import och export av el mellan de olika nordiska länderna tas med, har den nordiska residualmixen använts, vilket utgör det värsta möjliga scenariot.

Tabell 4.10 Emissionsfaktorer för klimatberäkningar.

Emissionsfaktorer	Enhet	Värde
Nordisk residualmix el ¹	kg CO _{2e} /MWh	372
LOX produktion ²	kg CO _{2e} /kg LOX	0,53
Produktion ny aktiv kol ³	kg CO _{2e} /kg aktivt kol	7,76
Regenerering aktiv kol ³	kg CO _{2e} /kg aktivt kol	0,83

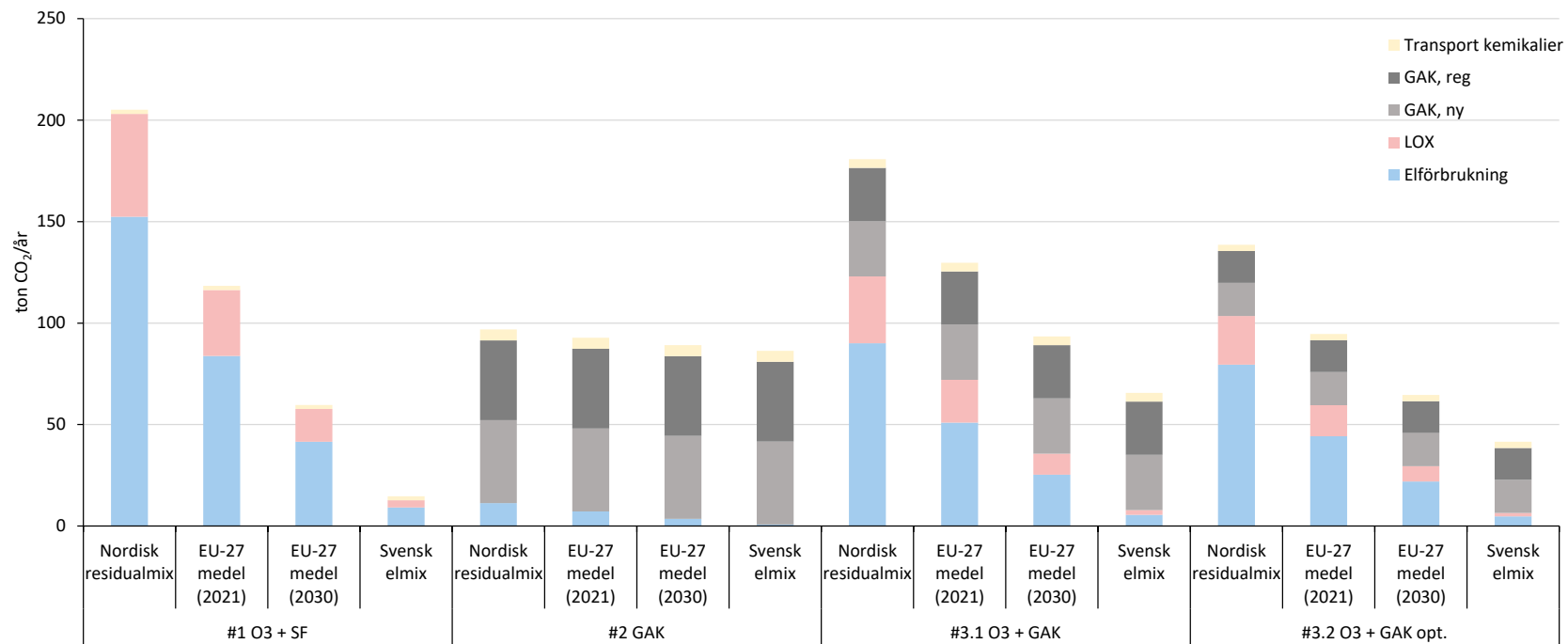
¹ (Energimarknadsinspektionen, 2022).² Uppskattad från 1,42 kWh/kg LOX (Äystö & Stapf, 2020).³ Aktivt kol från stenkol och reaktivering av aktivt kol, europeiskt medelvärde från Ecoinvent (2021).

Ekvivalenta koldioxidutsläpp för elförbrukning, tillverkning av kemikalier och deras transport i respektive processalternativ beräknades (Tabell 4.11). Det lägsta koldioxidutsläppet beräknades för processalternativ #2 GAK där majoriteten kommer från tillverkning och regenerering av det aktiva kolet. Å andra sidan, beräknades det högsta koldioxidutsläppet för processalternativ #1 O₃ + SF, där den största andelen kommer från elförbrukningen. Processalternativet #3 O₃ + GAK resulterade i liknande koldioxidutsläpp som #1 O₃ + SF, dock mer fördelat mellan elförbrukning, LOX och aktivt kol. Vid den optimerade versionen av processalternativet #3 O₃ + GAK kan ett lägre utsläpp uppnås på grund av minskad el- och GAK-förbrukning. För samtliga alternativ utgjorde transport av kemikalier endast en marginell andel av det totala koldioxidutsläppet. Ett specifikt koldioxidutsläpp har också tagits fram för eventuell jämförelse med andra reningsverk i olika storlekar.

Tabell 4.11 Ekvivalenta koldioxidutsläpp för samtliga processalternativ.

	#1 O ₃ + SF (ton CO ₂ /år)	#2 GAK (ton CO ₂ /år)	#3.1 O ₃ + GAK (ton CO ₂ /år)	#3.2 O ₃ + GAK (ton CO ₂ /år)
Elanvändning	152	11	90	80
LOX	51	0	33	24
GAK, ny	0	33	23	16
GAK, reg	0	31	22	16
Transport kemikalier	2	5	4	3
Total (ton CO ₂ /år)	205	81	173	139
Specifikt koldioxidutsläpp (g CO ₂ /m ³)	87	34	73	59

En känslighetsanalys på hur valet av emissionsfaktorn påverkar slutresultatet visas i (Figur 4.8), där 3 ytterligare scenarier har beräknats med EU-27 medel elmix för året 2021, 238 kg CO₂/MWh, och det högsta värdet på EU-27 medel för prognosåret 2030, 118 kg CO₂/MWh, (European Environment Agency, 2023) samt svensk elmix för året 2022, 26 kg CO₂/MWh (Energimyndigheten, 2023). Det blir tydligt att processalternativen där klimatpåverkan domineras av elförbrukningen genom ozonering får mycket lägre utsläpp om man använder svensk elmix. Man ser även en trend att elen blir desto grönare och att den faktiska elmixen på prognosåret för förstudie (2055) kan se mycket lägre ut än vad den gör i nuläget, även med tanke på målet om klimatneutralitet inom EU. Tillverkning och regenerering av aktivt kol kan också eventuellt påverkas om optimerade metoder utvecklas i framtiden som inte har en så hög klimatpåverkan.



Figur 4.8 Klimatberäkningar för samtliga procesalternativ vid olika scenario där olika emissionsfaktorer för elförbrukningen används.



4.5 Kostnadskalkyl

4.5.1 Investeringskostnader

Investeringskostnader för anläggningen består av entreprenadkostnaden och påslag för entreprenörsarvode, projektering och oförutsedda kostnader och har tagits fram med priser från leverantörer och erfarenhet (Tabell 4.12).

Bygg och mark inkluderar schakt, återfyllning med befintliga massor och betongkonstruktioner. Den initiala mängden av aktivt kol och sand har även inkluderats under bygg. Byggpriser är uppskattade efter schablonkostnader för liknande anläggningar erhållna från entreprenörer aktiva i VA-branschen. Eftersom projektet omfattar en förstudie och inte en detaljprojektering förekommer det osäkerheter som kan beröra bygganpassning och markförberedelser samt andra aspekter som kan påverka investeringskostnader.

Kostnader för förläggning av ledningar omfattas från pumpstationen till den kvartära reningen och andra väsentliga ledningar för respektive process. Vid ozonering inkluderas ledningar för sidoströmsinjektion av ozon och kylning av ozongeneratoren. Vid filteringssteg inkluderas det ledningar för backspolning av filtren. Ledningar för backspolatvatten som ska tillbaka till processen samt utloppsledningar har grovt uppskattats på grund av stor osäkerhet om hur placering kommer ske i huvudprocessen. Av samma anledning har ledningar mellan konventionellt renat avloppsvatten och den kvartära reningen inte inkluderats i kalkylen. Alla ledningar har antagits som markförlagda.

Maskin inkluderar väsentliga utrustningskomponenter, ventiler och instrument för ozonering, sandfilter och GAK-filter. Denna post omfattas även av filterbottnar för sandfilter och GAK-filter, pumpar och blåsmaskiner för backspolning av sandfilter och GAK-filter. Montage inkluderar svets och rörmaterial samt timmar för montage och byggledning. Tid för montage har uppskattats som en 5 man fulltidsarbete under ca 6 månader för processalternativ #1 O₃+SF och 3# O₃+GAK och under ca 5 månader för #2 GAK. Kostnaderna för el, styr och automation har tagits fram i förhållande till antalet installerade maskinkomponenter och instrument.

Entreprenörsarvode och projektering fastställdes på 15% av entreprenadkostnaden och oförutsedda kostnader på 20% av projektets kostnader. En osäkerhet på 20% anses som rimligt att utgå ifrån under detta tidiga skede. Reinvesteringar för maskin, el, styr och automation kommer behövas efter 20 år, för maskinbyggnader efter 33 år och för processbassänger efter 50 år. Inflationen är för närvarande hög, marknaden är fortsatt mycket rörlig och förändringar av prisbildningen av olika material och entreprenader är mycket sannolika även den kommande tiden.

Tabell 4.12 Investeringskostnader för samtliga processalternativ.

Typ av kostnad	#1 O ₃ +SF (MSEK)	#2 GAK (MSEK)	#3 O ₃ +GAK (MSEK)
Bygg & Mark	31	32	38
Ledningar	9	4	9
Maskin	27	14	26
Montage	5	4	13
El, styr och automation	11	6	11
Entreprenadkostnad	83	61	89
Entreprenörsarvode (15%)	12,5	9,1	13,4
Projektering (15%)	12,5	9,1	13,4
Oförutsett (20%)	21	15,8	23,2
Anläggningskostnad	129	95	139

4.5.2 Driftkostnader

Driftkostnaderna för en fullskaleanläggning på Ormanäs ARV har tagits fram för medelflödet för prognosår 2055 ($Q_{adwf}=270 \text{ m}^3/\text{h}$). Enhetspriserna angivna i Tabell 4.13 har använts för framtagning av driftkostnader och har hämtats från olika leverantörer. Elförbrukning och personalkostnad har föreslagits av Envidan och fastställts i samråd med Mittskåne Vatten. På grund av osäkerheter kring elpriset har en känslighetsanalys med ett scenario med minskat och ett med ökat elpris utförts (Bilaga 3).

Tabell 4.13 Enhetspriser för driftkostnader.

Typ av kostnad	Enhet	Pris
Elförbrukning	SEK/MWh	2 000
LOX, inköp	SEK/ton	3 000
LOX, hyra av tank	SEK/månad	20 000
Aktivt kol, ny	SEK/ton	41 000
Aktivt kol, regenererat	SEK/ton	24 000
Analys mikroföroreningar	SEK/analys	5 000
Personalkostnad	SEK/h	700

Förutsättningar och vilka processaspekter som omfattas av elförbrukning finns redan beskrivna för respektive processalternativ under 4.3. För analys av mikroföroreningar har antagits en provtagning per månad i enlighet med förslaget om nytt EU avloppsdirektiv för avloppsreningsverk mellan 10 000 och 50 000 pe. Personalkostnader i form av tillsyn av anläggning har bedömts enligt följande:

- #1 O₃+SF: 25 % av en fulltidstjänst för 3 medarbetare: 1 drifttekniker, 1 labbtekniker och 1 processingenjör.
- #2 GAK: 25 % av en fulltidstjänst för 2 medarbetare: 1 drifttekniker, och 1 processingenjör.
- #3 O₃+GAK: 30 % av en fulltidstjänst för 3 medarbetare: 1 drifttekniker, 1 labbtekniker och 1 processingenjör.

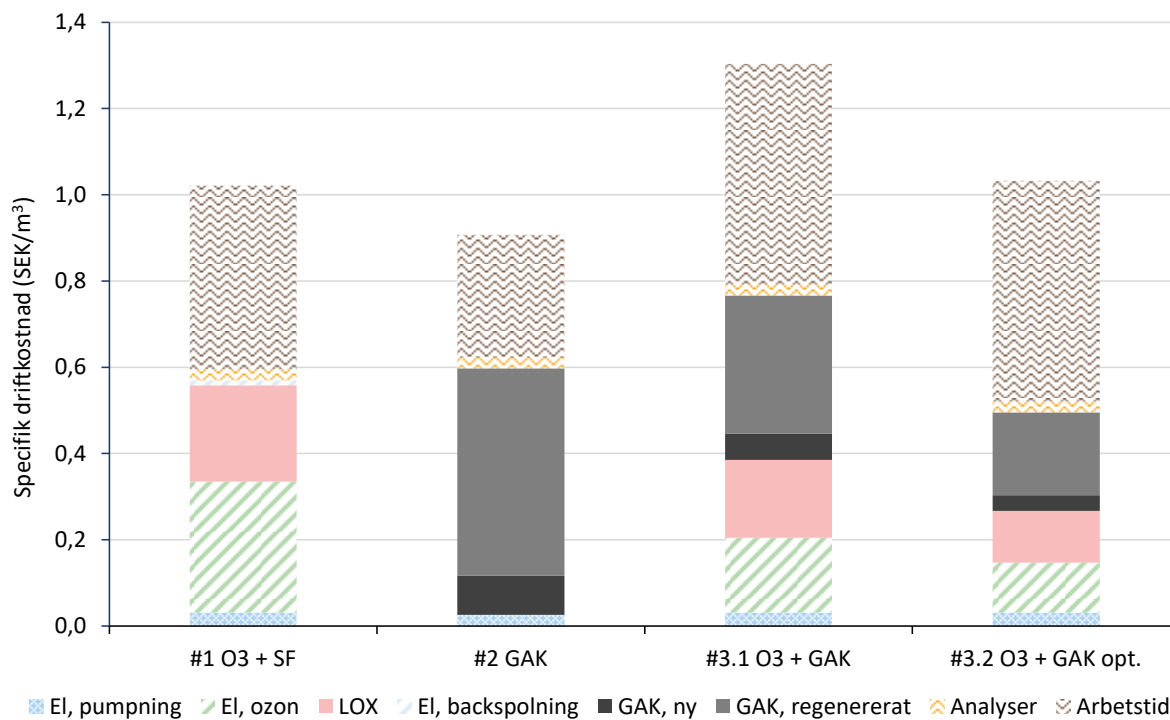
Anledningen att det i processalternativ #2 GAK endast föreslås 2 medarbetare istället för 3 är att GAK-filter är en mer enkel process att drifva än alternativen med ozonering som har fler utrustningsdelar. För processalternativ #3 O₃+GAK, har procentsatsen av fulltidstjänst ökat något på grund av att det är 2 processer för reduktion av mikroföroreningar som ska övervakas.

Resultaten visar att den lägsta driftkostnaden erhålls av #2 GAK. Den högsta driftkostnaden är för #3.1 O₃+GAK medan den optimerade varianten 3.2 O₃+GAK resulterar i jämförbara driftkostnader med #1 O₃+SF. Driftkostnader för samtliga processalternativ visas nedan i Tabell 4.14.

Tabell 4.14 Driftkostnader för samtliga processalternativ.

Typ av kostnad	#1 O ₃ +SF (MSEK/år)	#2 GAK (MSEK/år)	#3.1 O ₃ +GAK (MSEK/år)	#3.2 O ₃ +GAK (MSEK/år)
El	0,82	0,06	0,48	0,35
LOX, inköp + hyra	0,53	0,00	0,43	0,28
Aktivt kol, ny	0,00	0,17	0,12	0,09
Aktivt kol, regenererat	0,00	0,91	0,65	0,45
Analys mikroföroreningar	0,06	0,06	0,06	0,06
Personalkostnad	1,01	0,67	1,21	1,21
Totala driftkostnad	2,42	1,87	2,95	2,44
Specifika kostnader (SEK/m ³)	1,02	0,79	1,25	1,03

Specifika kostnader med fördelning av varje kategori visas i Figur 4.9. Antagna personalkostnader, som har antagits annorlunda för varje processalternativ, påverkar kraftigt den totala driftkostnaden.



Figur 4.9 Specifika driftkostnader per behandlat m3 för samtliga processalternativ.

5. Utvärdering av tekniker

Kvantitativa parametrar räknades fram för respektive alternativ (Tabell 5.1) och poängsattes sedan med en skala 1-5, där bäst processalternativ erhåller 5 poäng och resterande processalternativ poängsätts proportionellt mot bästa alternativet. Arbetsmiljö, som är skalkrav på förstudie för huvudprocess på Ormanäs ARV, inkluderades i driftsäkerhet som har den högsta viktningen. Detta är på grund av att arbetsmiljö skulle erhålla högst viktning och för att arbetsmiljö och driftsäkerhet erhöll samma poäng under den kvalitativa utvärderingen. Kvalitativa parametrar utvärderades och betygsattes i en färgskala (4.1), som omvandlades till en poängsättning i en skala 1-3 som sedan omvandlades till en skala 1-5 för att motsvara poängsättning för de kvantitativa parametrarna. En samlad utvärdering med kvalitativa och kvantitativa parametrar för de olika processalternativen utfördes och presenteras i Tabell 5.2. Viktning av olika parametrar bestämdes i den parallella förstudien om processval för huvudrening på Ormanäs ARV.

Tabell 5.1. Kvalitativa utvärderingsparametrar för samtliga processalternativ.

Kvantitativa parametrar	#1 O ₃ + SF	#2 GAK	#3.1 O ₃ + GAK	#3.2 O ₃ + GAK
Klimatsmart (ton CO ₂ /år)	205	81	173	139
Energismart (MWh/år)	410	30	242	214
Investeringskostnad (MSEK)	142	106	151	151
Driftkostnad (MSEK/år)	2,42	1,87	2,95	2,44

Tabell 5.2 Poängsättning av utvärderingsparametrar för samtliga processalternativ. Högst samladpoängsättning är blåmarkerad.

Parameter	Viktning	#1 O ₃ + SF	#2 GAK	#3.1 O ₃ + GAK	#3.2 O ₃ + GAK
Klimatsmart	20 %	2,0	5,0	2,3	2,9
Energismart	20 %	0,4	5,0	0,6	0,7
Flexibilitet	15 %	3,3	1,7	5,0	5,0
Driftsäkerhet och arbetsmiljö	30 %	3,3	5,0	3,3	3,3
Investeringskostnad	7,5 %	3,7	5,0	3,4	3,4
Driftkostnad	7,5 %	3,9	5,0	3,2	3,8
Genomsnitt (utan viktning)		2,8	4,4	3,0	3,2
Viktat genomsnitt		2,5	4,5	2,8	3,0

Den samlade utvärderingen resulterar i högst betyg för 2 #GAK som erhåller högst poängsättning för samtliga parametrar förutom flexibilitet och påverkas därför inte starkt av viktningen. En avgörande faktor är poängsättning för energismart, där ozonbaserade processer får mycket sämre betyg på grund av att ozon är en energikrävande reningsprocess. Energianvändning har stor betydelse och påverkar inte bara utvärderingsparametern "Energismart", utan även utvärderingsparametern "Klimatsmart" (på grund av koldioxidsemissionerna relaterade till elanvändningen) och driftkostnader. Utvärderingsparametern "Klimatsmart" påverkas även av ursprunget på elen då emissionsfaktorn varierar kraftigt beroende på vilket elursprung man använder.

Känslighetsanalys

En känslighetsanalys av den gemensamma utvärderingen genomfördes för 3 olika scenarion.

- Scenario 1: lägre emissionsfaktor för el (svensk elmix)
- Scenario 2: lägre elpris
- Scenario 3: högre elpris

De olika scenarion har inte påverkat slutresultat av utvärderingen på ett betydande sätt (Tabell 5.3). Endast för scenario 1 minskar skillnaden mellan #1 O₃+SF och #2 GAK. Ändringar i klimatberäkningar vid Scenario 1 och i driftkostnader vid Scenario 2 och 3 samt påverkan av respektive parametrar till den slutliga utvärderingen presenteras och diskuteras mer i detalj i Bilaga 3.

Tabell 5.3. Utvärderingsresultat för olika scenarier vid känslighetsanalys.

Parameter	#1 O ₃ + SF	#2 GAK	#3.1 O ₃ + GAK	#3.2 O ₃ + GAK
Scenario 1				
Genomsnitt (utan viktning)	3,3	3,8	2,8	3,1
Viktat genomsnitt	3,1	3,7	2,6	2,8
Scenario 2				
Genomsnitt (utan viktning)	3,0	4,7	2,7	3,0
Viktat genomsnitt	3,0	4,5	2,9	3,0
Scenario 3				
Genomsnitt (utan viktning)	2,8	4,7	2,7	2,9
Viktat genomsnitt	2,9	4,5	2,8	3,0

6. Slutsatser

Kartläggning av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar på Ormanäs ARV, mindre reningsverken Norra Rörums ARV, Tjörnarps ARV och Snogeröds ARV samt i recipient Ringsjön ledde till följande slutsatser:

- Koncentration av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i inkommande vatten på Ormanäs ARV är jämförbart med andra kommunala reningsverk i Sverige. På de mindre reningsverken varierade koncentrationerna mycket mellan verken, vilket är vanlig bland små samhällen där konsumtion av läkemedel kan variera.
- Reduktion av mikroföroreningar över Ormanäs ARV är begränsad, endast 11 av 36 ämnen reduceras till en grad högre än 80%. Den totala reduktionen av mikroföroreningar är dock ca 89%, vilket beror främst på reduktionen av de nedbrytbara ämnen ibuprofen och paracetamol.
- Sandfilter i Ormanäs ARV bidrar med ytterligare rening för vissa specifika ämnen som atenolol, metoprolol, trimetoprim och imidaklopid.
- Sertralin, ciprofloxacin och ketonazol förekommer i högst koncentration i slammet.
- Massbalansen visar att den viktigaste transportväg av mikroföroreningar till Ringsjön är utgående vatten, med $9,3 \pm 5,9$ kg mikroföroreningar/år medan $2,9 \pm 1,1$ kg mikroföroreningar/år följer med slammet.
- Utvärdering av koncentration av mikroföroreningar i recipient Ringsjön visar att inga ämnen överskrider gränsvärdena inom miljö kvalitetsnormer, både vad gäller nuvarande och kommande krav.
- Beräkning av riskkvoter i recipient visar att inga mikroföroreningar utgör en hög risk för vattenlevande organismerna, förutom oxazepam som visar måttlig risk.
- Utifrån framtagna riskkvoter i recipienten i nuvarande läge anses behovet av ett kvartärt reningssteg på Ormanäs ARV inte vara särskilt stort. Däremot kan kvartär rening motiveras utifrån den begränsade reduktionen av mikroföroreningar över Ormanäs ARV (24-34 % medelreduktion av ett urval av de ämnen som omfattas av förslaget på nytt EU avloppsdirektiv) samt med att Ringsjön är en reservvattentäkt. Miljönyttan av att minska utsläpp av svårnedbrytbara mikroföroreningar som riskerar att ackumuleras i vattenfas och vattenlevande organismer, kan också motivera behov av kvartär rening på Ormanäs ARV.

Utvärderingen av relevanta tekniker som är aktuella för rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar på Ormanäs ARV och utifrån fastställda projektmål, resulterade i följande slutsatser:

- Tre processalternativ anses aktuella för Ormanäs ARV: #1 Ozonering + sandfilter, #2 GAK-filter och #3 Ozonering + GAK-filter.
- Valet av huvudprocess kan påverka placeringen och den slutliga konfigurationen för processalternativ för kvartär rening.
- I förstudien har en låg halt av suspenderade ämnen antagits från den framtida Ormanäs ARV, vilket krävs för en kostnadseffektivt kvartär rening.
- Utvärderingen av de olika processalternativ enligt fastställd utvärderingsmodell resulterar i att #2 GAK-filter är den mest lämpliga tekniken för Ormanäs ARV.

Referenser

- Antakyali, D., Herbst, H., Boekels, A., Börgers, A., aus der Beek, T., & Türk, J. (2016). *Anleitung zur Planung und Dimensionierung von Anlagen zur Mikroschadstoffelimination*. Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW.
- Balmér, P. (2015). *Parametrar för organiskt material i avloppsvatten och sla och något om deras användning. Rapport Nr 2015-11*. Bromma: Svensk Vatten Utveckling (SVU).
- Baresel, C., Karlsson, L., Malovanyy, A., Thorsén, G., Goicoechea Feldtmann, M., Holmquist, H., . . . Winkens Pütz, K. (2022). *PFAS- hur kan svenska avloppsreningsverk möta utmaningen?. Rapport Nr 2022*. Svenskt Vatten Utveckling.
- Baresel, C., Malovanyy, A., Karlsson, L., Bornold, N., Habagil, M., & Keucken, A. (2021). *Förstudie - Läkemedelsrening vid Getteröverket i Varberg. Utredning om behov och möjligheter för en utökad rening av avloppsvatten från mikroföroreningar*. IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Borås Energi och Miljö AB. (2023). *BEM NVV-Förstudie. Pilotstudie ozonering + Opacarb® FL*.
- Büeler, A., Wunderlin, P., & Müller, E. (2018). *Energieffizienz in Anlagen zur MV-Elimination. Ergänzung des Leitfadens <Energie in ARA>*. Aqua & Gas Nr 11.
- Böhler, M., Joss, A., & McArdell, C. (2022). *GAK-Filter für die Spurenstoffentfernung. Erfahrungen und Betriebsergebnisse der Pilotstudien ARA Furt-Bülach und Glarnerland*. AQUA & GAS N° 1.
- Ekologgruppen i Landskrona AB. (2012). *Västra Ringsjön - Redovisning från Sjödatbasen*. Länsstyrelsen i Skåne län.
- Energimarknadsinspektionen. (2022). *Energimarknadsinspektionen*. Hämtat från <https://www.ei.se/bransch/ursprungsmarkning-av-el/residualmix> Oktober 2022
- Energimyndigheten. (2023). *Energimyndigheten*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/hallbarhetslagen/fragor-och-svar/vaxthusgasberakning/> den 3 Oktober 2022
- Envidan AB. (2022 (1)). *Ramverk - Förstudie Ormanäs ARV*. Malmö: Mitskåne Vatten.
- Envidan AB. (2022 (2)). *Tekniskt Ramverk - Förstudie Ormanäs ARV*. Malmö: Mittskåne Vatten.
- EPA. (2007). *Method 1694: Pharmaceuticals and Personal Care Products in Water, Soil, Sediment and Biosolids by HPLC/ MS/MS*. U.S. Environmental Protection Agency.
- EU. (2020). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2020/2184 av den 16 december 2020 om kvaliteten på dricksvatten*.
- European Environment Agency. (2023). *Greenhouse gas emission intensity of electricity generation*. Hämtat från https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-10/#tab-googlechartid_googlechartid_googlechartid_chart_1111 Oktober 2022
- Falås, P., Juárez, R., Dell, L. A., Fransson, S., Karlsson, S., & Cimbritz, M. (2022). Microbial bromate reduction following ozonation of bromide-rich wastewater in coastal areas. *Science of the Total Environment*, 156694.
- Hoyer, K., Höglind, L., Sjölin, A., Cimbritz, M., Juárez Cámara, R., Svahn, O., . . . Berg Olesen, C. (2022). *Kvartär rening vid Sjölunda ARV.Ozonering vid höga bromidhalter och regenerering av aktivt kol*. VA SYD.
- HVMFS. (2019). *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2019:25.

- Laholmsbukten VA. (2022). *Läkemedelsrening på Västra Stranden ARV. Förstudierapport.*
- Länsstyrelsen. (den 9 januari 2023). *Västra Ringsjön.* Hämtat från VISS - Vatteninformationssystem Sverige: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA55412723>
- McArdell, C. S., & Böhrer, M. (2020). *Pilotversuche zur erweiterten Abwasser-behandlung mit granulierter Aktivkohle (GAK) und kombiniert mit Teilozonung (O3/GAK) auf der ARA Glarnerland (AVG).* Eawag.
- Oekotoxzentrum. (2015). *Environmental Quality Standard (EQS). Vorschlag des Oekotoxzentrum für: Bromat.*
- Pistocchi, A., Andersen, H., Bertanza, G., Brander, A., Choubert, J., Cimbritz, M., . . . Thornberg, D. (2022). Treatment of micropollutants in wastewater: balancing effectiveness, costs and implications. *SSRN.*
- Ringsjöns vattenråd. (2023). *Ringsjöns vattenråd.* Hämtat från <https://www.ringsjon.se/ringsjofakta/om-ringsjon/> September 2023
- Soltermann, F., Abegglen, C., Götz, C., & von Gunten, U. (2016). Bromide Sources and Loads in Swiss Surface Waters and Their Relevance for Bromate Formation during Wastewater Ozonation. *Environmental Science & Technology*, ss. 9828-9834.
- Svahn, O., & Björklund, E. (2016). Increased electrospray ionization intensities and expanded chromatographic possibilities for emerging contaminants using mobile phases of different pH. *Journal of Chromatography B*, ss. 128-137.
- Svahn, O., & Björklund, E. (2017). *LUSKA Läkemedelsutsläpp från Skånska Avloppsreningsverk 2017.* Högskolan Kristianstad.
- Svahn, O., & Björklund, E. (2019). Extraction Efficiency of a Commercial Espresso Machine Compared to a Stainless-Steel Column Pressurized Hot Water Extraction (PHWE) System for the Determination of 23 Pharmaceuticals, Antibiotics and Hormones in Sewage Sludge. *1509*, s. 9(7).
- Svahn, O., & Björklund, E. (2019). High Flow-Rate Sample Loading in Large Volume Whole Water Organic Trace Analysis Using Positive Pressure and Finely Ground Sand as a SPE-Column In-Line Filter. *Molecules*, *24*(7), s. 1426.
- Svahn, O., & Björklund, E. (2019). *KARSK- Kartläggning av årstidsrelaterade utsläpp av läkemedelsrester i Skåne. Resultat i sammanfattning till Region Skåne 2019-06-14.* MoLab, Högskolan Kristianstad.
- VA SYD. (2018). *Avancerrad rening vid Sjölanda ARV.*
- WHO. (2005). Bromate in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality.
- Wunderlin, P. (2017). *Abklärungen Verfahrenseignung Ozonung.* VSA.
- Åberg, J., Björlenius, B., Örn, S., Carlsson, G., Ullman, A., & Gunnerblad, E. (2022). *Förstudie läkemedelsrening vid Lindholmens avloppsreningsverk i Norrtälje.* Norrtälje Vatten och Avfall AB. VA-avdelningen.
- Ågerstrand, M. (2019). *Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances, ACES report 36.* Stockholm: Department of Environmental Science (ACES), Stockholm University.
- Äystö, L., & Stapf, M. (2020). *Scenarios for reducing pharmaceutical emissions- Estimated load reductions, greenhouse emissions & costs.* Project CWPharma Activity 5.1+5.2 report.

