

# Slutrapport

## Pilotprojekt läkemedelsrening



## Klippans kommun i samarbete med Mellifiq

# Innehåll

<b>1.</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>3</b>
1.1.	Bakgrund.....	3
1.2.	Klippans reningsverk och rening i mindre pilotsystem.....	3
<b>2.</b>	<b>Reningstekniker för avancerad läkemedelsrening av avloppsvatten.....</b>	<b>5</b>
2.1.	Nedbrytning genom oxidation .....	5
2.2.	Avskiljning genom adsorption.....	6
2.3.	Avskiljning genom membranfiltrering.....	6
<b>3.</b>	<b>Metoder pilotprojekt.....</b>	<b>7</b>
3.1.	Utvärdering av driftsparametrar oxidation genom ozonering.....	7
3.2.	Utvärdering av driftsparametrar adsorption.....	8
3.3.	Utvärdering av driftsparametrar nanofiltrering.....	9
<b>4.</b>	<b>Resultat och diskussion.....</b>	<b>11</b>
4.1.	Läkemedelsrester ozonering och GAC.....	11
4.1.1.	Systemtestinställningar .....	11
4.1.2.	Rening under drift april och maj ozon och GAC.....	12
4.2.	Vattenkvalitetsparametrar .....	13
4.3.	Membranfiltrering .....	16
4.4.	Jämförelse effektbehov.....	19
<b>5.</b>	<b>Slutsatser och analys .....</b>	<b>20</b>
5.1.	Resultat .....	20
5.2.	Förutsättningar och behov inför fullskalig rening.....	21
<b>6.</b>	<b>Referenser.....</b>	<b>22</b>
<b>Bilaga A</b>	<b>23</b>	
<b>Bilaga B</b>	<b>24</b>	
<b>Bilaga C</b>	<b>25</b>	
<b>Bilaga D</b>	<b>26</b>	
<b>Bilaga E</b>	<b>27</b>	
<b>Bilaga F</b>	<b>28</b>	
<b>Bilaga G</b>	<b>29</b>	
<b>Bilaga H</b>	<b>30</b>	

# 1. Introduktion

## 1.1. Bakgrund

Klippans kommun sökte under våren bidrag för att genomföra pilotprojekt för avancerad rening av läkemedelsrester vid Klippans reningsverk. Bidrag söktes för att med flertalet tekniker utvärdera hur man så effektivt som möjligt med dessa reningsmetoder kan rena de läkemedelsrester som oundvikligen släpps ut från reningsverk generellt men på Klippans reningsverk i synnerhet. Projektet har genomförts i två huvuddelar tillsammans med Mellifiq, där en förstudierapport skrevs under hösten 2021 samt att implementation av ozonering, adsorption och membranfiltrering genomfördes och testades under våren 2022. Förstudierapporten omfattade bland annat mätningar för att utvärdera hur reningsverket idag avskiljer läkemedelsrester samt en plan för hur praktisk implementation av reningsteknikerna skulle göras. Förstudierapporten återfinnes i sin helhet som en bilaga till denna rapport: *"Delrapport – pilotanläggning för läkemedelsrening vid Klippans avloppsreningsverk"*. Mellifiq, 2021. Vissa delar av rapporten återfinnes i denna slutrapport (Mellifiq, 2021).

Akademiska studier visar att läkemedelssubstanser i naturen har en skadlig effekt på vattendrag och ekosystem. I Sverige används mer än 1000 olika substanser som används i mer än 7 600 olika läkemedel. Dagens reningsverk är inte utformade för att rena läkemedel och flertalet kartläggningar har identifierat olika substanser i miljön (Goralski, 2019).

Läkemedelsanvändning i samhället har ökat över tid och kommer att fortsätta att öka, därmed kommer även utsläpp att öka vilket påverkar närliggande naturområden och vattendrag (Hamrén, 2017). Varje år introduceras nya typer av mediciner och medicinska produkter och även inom nya områden. Bara under 2015 introducerades 68 nya substanser (Pontén, Rönnholm, & Skiöld, 2017). Det kan därför konstateras att av de 3000 läkemedel som är registrerade i EU kommer utsläppen att öka över tid och implementering av ny reningsteknik är mycket viktig för att minska nivåerna i svenska naturen.

Klippans reningsverk släpper ut sitt renade avloppsvatten i Bäljane å som är ett biflöde till en av Skånes största åar, Rönne å. Rönne å är viktig för många olika fiskarter – bland annat lax.

Bäljane Å och Rönne Å är klassade som fiskvatten enligt rådande normer för fisk- och musselvattenförordningen. Rönne Å har som helhet klassats som Skånes bästa laxförande vattendrag enligt Länsstyrelsen Skåne, där Bäljane Å är ett känt mål för lax- och havsöringsfiske. Fiskvårdsplanen för Rönne Å från 2010 presenterar mer än 30 fiskarter, där flertalet är rödlistade, exempelvis lake, havsnejonöga, ål och flodkräfta (Eklöv, 2010).

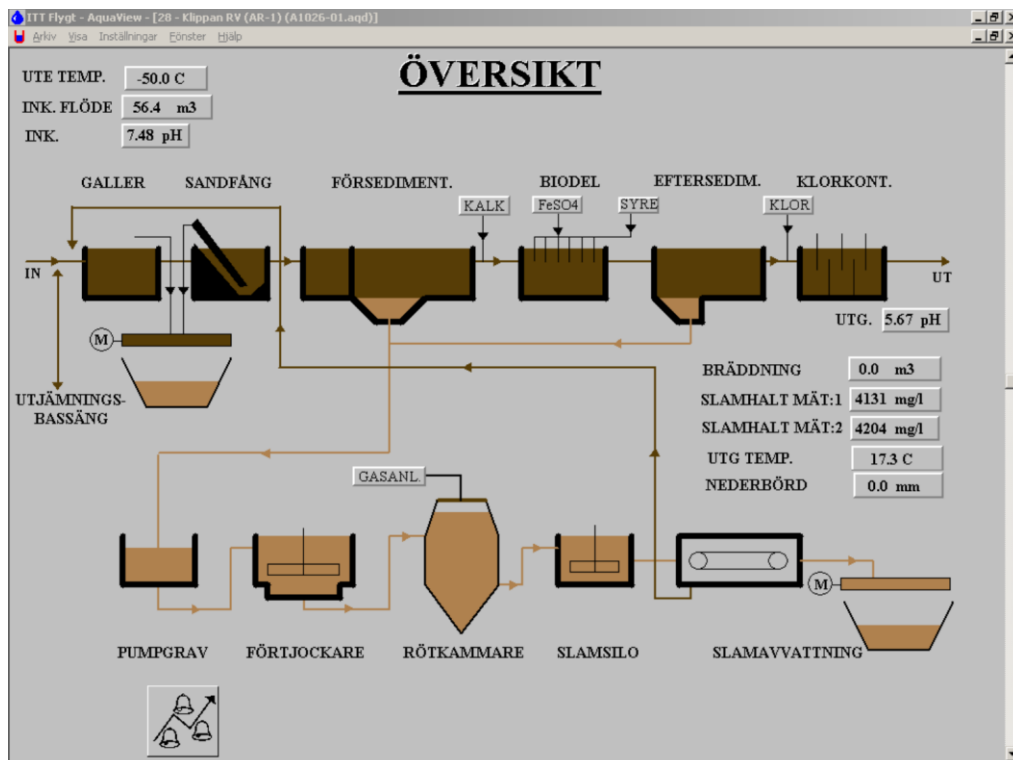
## 1.2. Klippans reningsverk och rening i mindre pilotsystem

Klippans avloppsreningsverk består av följande huvudsteg: gallerrening, försedimentering, hydrolysbehandling, biologisk rening samt eftersedimentering. Samtliga reningssteg illustreras i Figur 2 nedan. Klippans reningsverk har ett medelflöde på ca 160 m<sup>3</sup>/h och cirka 15 000 personer är anslutna till reningsverket.



Figur 1. Utlopp till Rönne Å från Klippansavloppsreningsverk.

Målet med projektet är att uppnå minst 80 % reduktion av läkemedelsrester som passerar reningsverket, och skapa underlag för dimensionering av ett fullskaligt läkemedelsreningssystem på reningsverket.

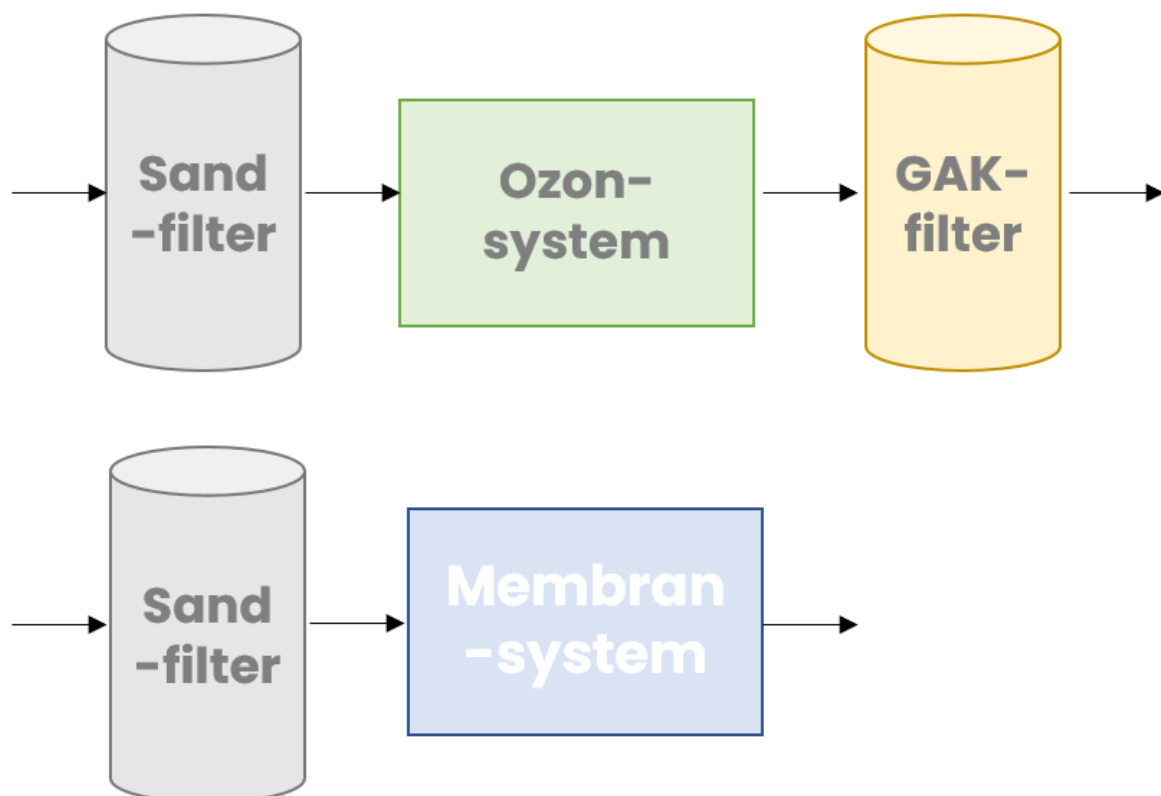


Figur 2. Klippans avloppsreningsverks reningsprocess.

Under förstudien genomförde Mellifiq rening av läkemedelsrester i en mindre pilotanläggning med ozonering och aktivt kol. Resultaten från dessa resultat återfinnes i sin helhet i förstudierapporten. Vid detta tillfälle uppmättes över 7 000 ng/L mätbara läkemedelsrester enligt Bilaga A. Med ozonering och aktivt granulerat kol kunde över 97 % av dessa renas. Venlafloxin, Losartan, Metoprolol, Fexofenadin samt Kodein var de enskilda substanser som uppmättes i höst halt (cirka 200-1000 ng/L variation med avseende på enskilda substanser). Av dessa kunde samtliga utom Venlafloxin renas till under detektionsgräns (se Bilaga A för respektive substans).

Som komplement till oxidation och adsorption projekterades även en pilotanläggning för nanofiltrering.

Under förstudien planerades följande flödesschema för läkemedelsrening, där förfiltrering med sandfilter för eventuellt grövre partiklar (cirka 3 mm) används för både ozon-GAC-linjerna och membranfiltrering parallellt, se Figur 3 nedan.



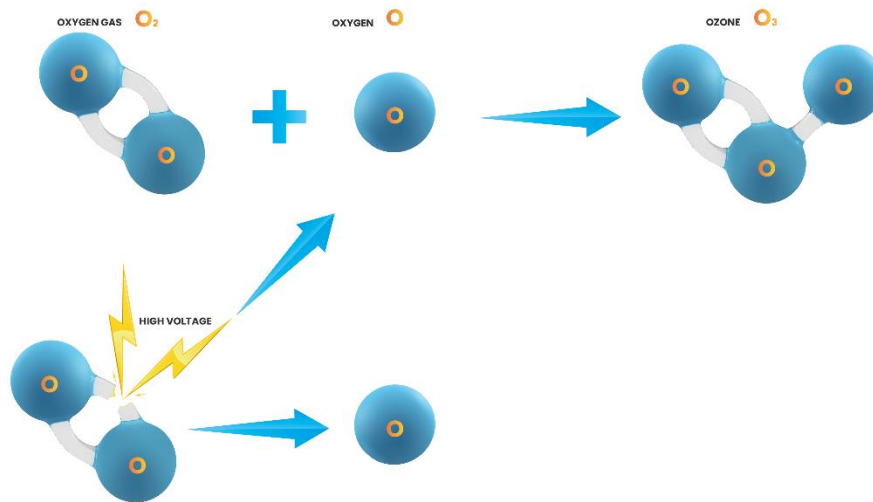
Figur 3. Schematisk översikt av pilotanläggning på plats inklusive ozonering, GAC och nanofiltrering.

## 2. Reningstekniker för avancerad läkemedelsrening av avloppsvatten

### 2.1. Nedbrytning genom oxidation

Läkemedelsrester i avloppsvatten kan bland annat behandlas genom aktiv oxidation, där ozonering är en fördelaktig metod då inga kemikalier eller övriga konsumtionsmaterial erfordras. Processen sker genom framställande av ozongas av minst en koncentration av 130 g/Nm<sup>3</sup> som sedan löses in i en vätskefas i en kontrollerad process som kräver tryckreglering och flödesreglering från en

ozongenerator. Inlöst ozon har en hög oxidationspotential och reagerar med kontaminanter (dessa kan generellt mätas genom DOC, TOC) i avloppsvattnet, däribland läkemedelsrester. Ozongas behöver framställas genom ren och torr syrgas från en syrgasgenerator eller flytande syrgas. Processen kan i enkelhet beskrivas i enlighet med Figur 4 nedan.



Figur 4. Framställande av ozongas genom högspänningsurladdning där syrgas sönderdelas för att sedan skapa en ozonmolekyl med förhöjd oxidationspotential och hög mättnadsgrad i vatten.

Rening av läkemedelsrester genom ozonering inaktiverar de aktiva läkemedelssubstanserna och driver en kemisk reaktion mot koldioxid och vatten. Graden av oxidativ nedbrytning genom ozonering beror på flertal faktorer såsom reaktionstid, hydrauliskt tryck över reaktionstank som påverkar inlösningsgrad, samt den generella vattenkvaliteten i avloppsvattnet, det vill säga halterna av organiskt och icke-organiskt material som kan påverka läkemedelsnedbrytningens reaktionskinetik. (Johansson & Engberg, 2018)

## 2.2. Avskiljning genom adsorption

Olika filtreringsmetoder kan även avskilja läkemedelsrester från avloppsvatten, bland annat adsorption, där aktivt kol kan utnyttjas. Denna reningsmetod, till skillnad från ozonering, avskiljer substanser genom fysisk vidhäftning till en mycket stor adsorptionsyta i filtermediaporererna. Under adsorptionsprocessen kan främst icke polära substanser interagera med och adsorberas till filterbäddens yta. Detta innebär att rening med adsorption kan påverkas av flertalet faktorer såsom mättnadsgrad (hur stor del av aktiv adsorptionsyta som är mättad med adsorberade substanser), linjär flödes hastighet under filtrering, partikeligensättning och målsubstansernas polaritet och storlek.

## 2.3. Avskiljning genom membranfiltrering

Membranseparation skiljer sig från adsorption då avskiljning av substanser sker över trycksatta membran där olika substanser avskiljs (Lidén, 2020) med avseende på molekylstorlek. Membranfiltrering är en potentiellt energiintensiv process så transport av substanser som ska avskiljas till ett filtrat i lägre volymer än inflödet kräver hydrauliskt tryck. För nanofiltrering är detta tryck mellan cirka 3–15 bar. Faktorer som kan påverka avskiljningsgrad är membranflux, tryck, graden av partikeligensättning samt pH och salinitet. En viktig faktor med nanofiltrering i denna applikation är att maximera recovery rate (den andel permeat, renat vatten, som erhålls från flödet till

membransystemet). En hög recovery rate innebär ett lågt filtrat/koncentrat vilket minskar hanteringsbehovet av koncentrerad vätska som, i detta fall, innehåller läkemedelsrester. Ett membransystems koncentrat kan antingen behandlas vidare med andra tekniker (till exempel ozonering eller adsorption) eller återföras till reningsverkets inlopp för ytterligare avskiljning/nedbrytning av läkemedelsrester.

### 3. Metoder pilotprojekt

Pilotprojektet omfattade utvärdering av reningsgrad under stora variationer av flöde och flertalet andra driftsparametrar under två månader under våren 2022. Projektet omfattade tre reningstekniker: ozonering och adsorption med aktivt kol (GAC) samt membranfiltrering. Huvudsyftet var att på ett praktiskt vis vinna erfarenheter kring bästa möjliga tillvägagångssätt gällande storskalig implementation av läkemedelsrening vid Klippans reningsverk, samt att göra lämpligt teknikal för detta tillsammans med estimerade driftskostnader. Två containerbaserade reningsanläggningar utvärderades parallellt under projektets gång, det ena med GAC och ozon, och det andra med membranfiltrering. Se containeruppställningen i Figur 5 nedan.



Figur 5. Installation av containerbaserad nanofilteranläggning och ozon-GAC-process inkl. sandfilter från Mellifiq.

#### 3.1. Utvärdering av driftsparametrar oxidation genom ozonering

I projektets första fas genomfördes en faktorörsökuppställning för att på ett systematiskt statistiskt vis utvärdera påverkan av ozonreaktionstid och ozongasinlösningstryck mot graden av total reduktionsgrad av läkemedelsrester. Dessa aspekter är mycket viktiga då en fullskalig anläggning ska projekteras, då processutrustningens dimensionering påverkas. Reaktionstid kan utvärderas genom

att justera processvattenflöde genom reningssystemet och hydrauliskt tryck reglerades genom strypventil nedströms från reaktionstank. Tabell 1 visar faktorförsogets randvillkor. Cirka 5 ppm inlöst ozon upprätthölls vid alla provtillfällen för att isolera reaktionstid och tryck. Notera att 5 ppm är ett cirkavärde som delvis påverkas av bland annat hydrauliskt tryck.

Tabell 1. Faktorförsoök för att utvärdera statistisk signifikans avseende reduktionsgrad över ozonering med hjälp av Design of Experiments (DoE), (Eriksson, Johansson, Kettaneh-Wold, Wold, & Wilkström, 2001).

Faktor	Min	Mittpunkt	Max
Flöde in (m <sup>3</sup> /hr)	2	3	4
Ozoninlösningstryck (bar)	0,5	1	1,5

Faktorförsoöket resulterar i 12 provtagningar och processregleringar för att skapa ett faktorförsoök som har förmåga att visa påverkan av enskild parameter samt eventuella interaktionseffekter, inklusive tre repetitionsförsoök i faktorförsoökens mittpunkt för att säkerställa metodens robusthet.

Vid varje provtagning analyserades även TOC, COD-Cr och DOC där DOC och TOC mäter halterna organiskt material och där COD-Cr påvisar ändringen av mängd organiskt och icke-organiskt oxidationsbehov före och efter ozonering.

Under ozonförsoöken togs kompositprover före och efter sandfilter för att mäta en medelbelastning av läkemedelsrester i inflödet till reningssystemet. Sandfilter som användes var FlexKarb 10-S av märket Water Maid™.

Efter systematisk utvärdering genom DoE övergick projektet till nästa fas där en högre hydraulisk belastning applicerades, med ett flöde på 10 m<sup>3</sup>/hr. Prover togs med cirka fyra veckors mellanrum under april och maj 2022.

Ozonering genomfördes med nyckelfärdigt ozonsystem, containerbaserat, av märke Ozonotech modell RENA Tellus X80 med slutet kylsystem.

### 3.2. Utvärdering av driftsparametrar adsorption

Vid varje processinställning för utvärdering av ozonering enligt kapitel 2.1 ovan, togs även läkemedelsprover efter adsorption genom aktivt kol. TOC-, DOC- och COD-Cr-prover togs även och skickades på analys hos Eurofins.

Under driftsfasen togs prover före och efter aktivt kolsteg för att kunna utvärdera eventuell mätnadsgrad och prestanda.

Aktiv kolfiltersystem som användes var FlexKarb10-C märke Water Maid™ med COC-L1000 media. Den linjära flödeshastigheten (flöde per vertikal tvärsnittsarea över filterbädden) finns redovisat i Tabell 2 nedan för de planerade test- och driftsflödena.

Tabell 2. Linjär flödeshastighet över sand- och kolfilterbädd under pilotprojektet.

Flöde (m <sup>3</sup> /hr)	Linjär flödeshastighet (m/h)
2	1,8
3	2,6
4	3,5
10	8,8



### 3.3. Utvärdering av driftsparametrar nanofiltrering

Figur 6 visar containerbaserat nanofiltersystem inkl. processvattenbufferttank som användes för att kunna reglera flöde och tryck över filtermembranen.

Huvudsakliga ingående komponenter:

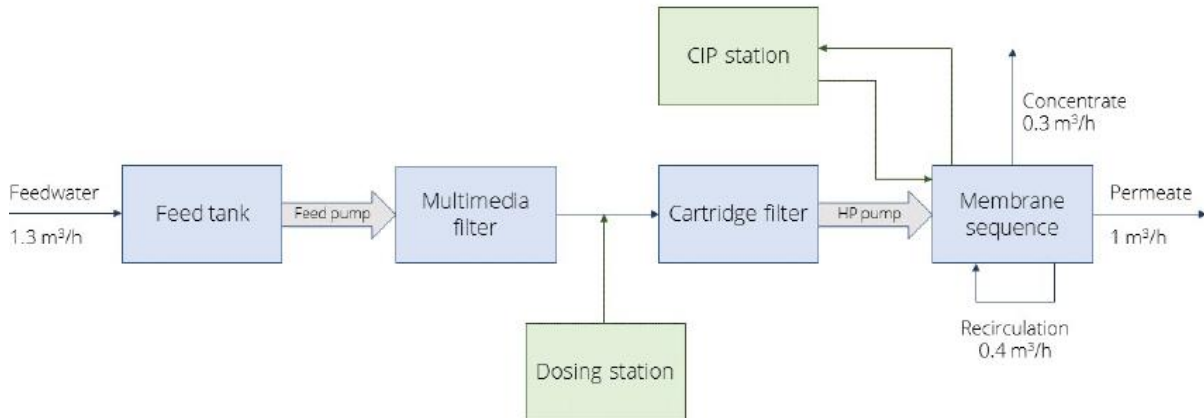
- Bufferttank 530 L
- Grundfos VFD-styrd pump
- Water Maid Multimediafilter sand och antracit 10 µm
- Patronfilter 5 µm
- Anti-scaling dosersystem
- 4st nanofiltermoduler



Figur 6. Nanofiltersystem Water Maid™ NF1 för att rena upp till 1,8 m<sup>3</sup>/hr processvatten, installerad parallellt med ozon-GAC-linje.

Membrananläggningens flödesschema beskrivs i Figur 7. Membranmodulkonfigurationen valdes så att matarflödet kunde varieras 3–15 bar för att undersöka påverkan på avskiljningsgraden av läkemedelsrester. Systemet hade en retentionsgrad på cirka 30 %. Doseringsstation för membranrengöring inkluderades. Mellan varje försök genomfördes CIP (Clean-in-Place) för att nollställa prestandan och tillse att membranerna var rena.

För att på ett kontrollerat vis kunna göra en utvärdering av naturliga variationer i avloppsvattnets kvalitet och eventuell korrelation till avskiljningsgrad läkemedel, doserades myrsyra för att simulera NOM (Natural Organic Matter) i olika koncentrationer,



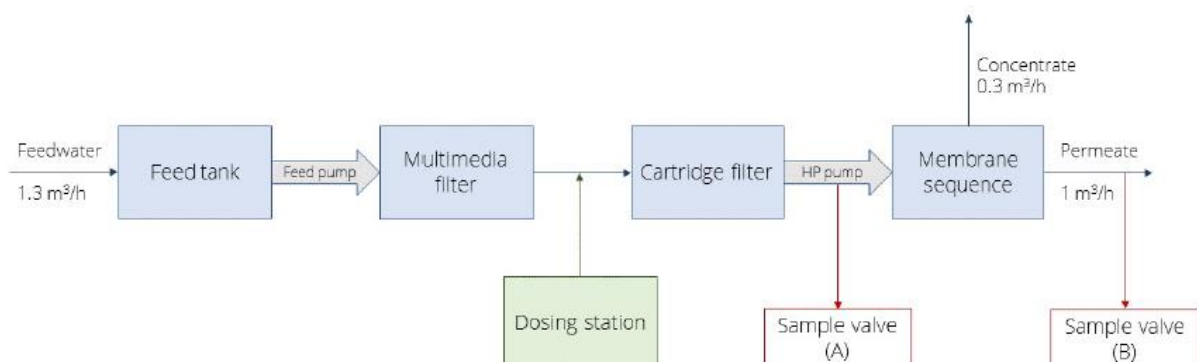
Figur 7. Uppställning för membranläggning för flöde upp till 1,8 m<sup>3</sup>/hr och max 18 bar membrantryck. En bufferttank användes för att kunna reglera flöde och tryck över fyra membranfilter. Ett multimediafilter (sand) användes tillsammans med ett patronfilter för att säkerställa låga partikelnivåer. Två provtagningspunkter installerades på var sida om membranmodulerna.

Design Experiments (DoE) användes för att genomföra faktorförsök med avseende på avskiljningsgrad av läkemedelsrester där myrsyra samt natriumklorid tillsattes för att simulera variationer i den naturliga vattenkvaliteten. Systemuppställningens gränser visas i Tabell 3 nedan.

Tabell 3. DoE faktorförsök genomfördes med fyra variabler med en respons: relativ avskiljning av läkemedelsrester.

Faktor	Min	Medel	Max
Flöde in (m <sup>3</sup> /hr)	0,8	1,3	1,8
Matartryck (bar)	3	8	13
Myrsyra (mg/L)	0	10	20
Natriumklorid (%)	0	0,125	0,25

Dessa faktorer varierades systematiskt via en så kallad CCF-design (vilket i detta fall genererade 22 analyser totalt) och genomfördes under två dagar. Koncentrat återcirkulerades ej och återfördes inte heller till den parallella ozon-GAC-processlinjen. Prover togs i punkt A och B enligt Figur 8 nedan. Prover analyserades även för COD-Cr samt DOC. En översikt över provtagningsplanens olika försök med de olika variablerna återfinnes i Bilaga A.



Figur 8. Provtagningspunkter under CCF faktorförsök i nanofiltersystemet.

## 4. Resultat och diskussion

### 4.1. Läkemedelsrester ozonering och GAC

I avsnitt 4.1.1 samt 4.1.2 nedan visas resultaten av läkemedelsrening under faktorförsöken samt under två månaders drift i april och maj 2022.

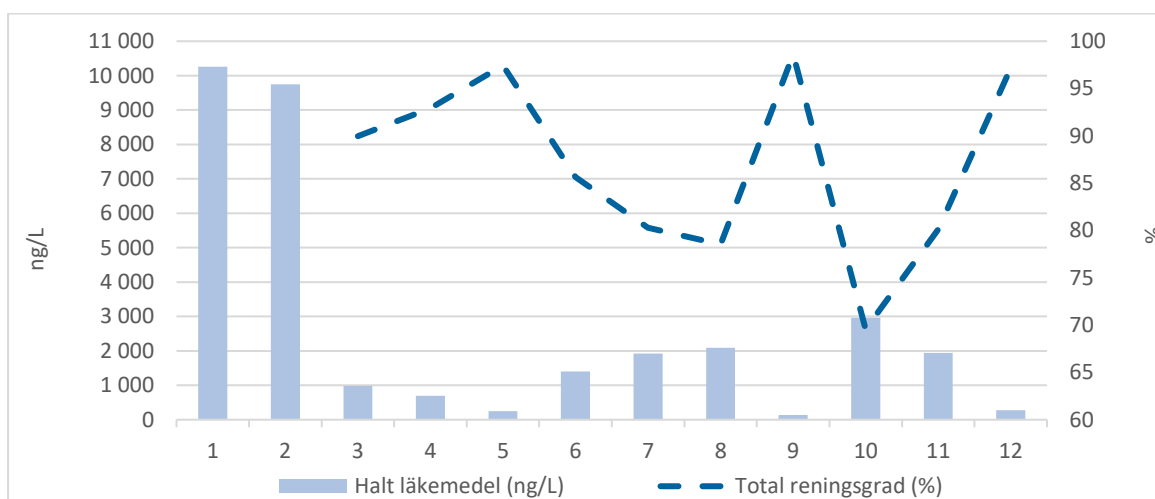
#### 4.1.1. Systemtestinställningar

Tabell 4 nedan visar resultaten från de första systemtesterna (faktorförsök) och prover som genomfördes i samband med driftsättning och uppstart i april 2022. Rådata finns i Bilaga B.

Tabell 4. Översikt över avskiljningsgrad av läkemedel för systemparametertester för system med sandfilter, ozon och kolfilter. Systemvariation med avseende på ozon mellan 2–4 m<sup>3</sup>/hr och tryck 0,5–1,5 bar. Kompositprover över sandfilter, vilket innebär att läkemedelshalt in till samtliga ozoneringsförsök reflekterar ett medelvärde. Avskiljning beräknat för provpunkt D avser återstående läkemedelshalter efter ozonering.

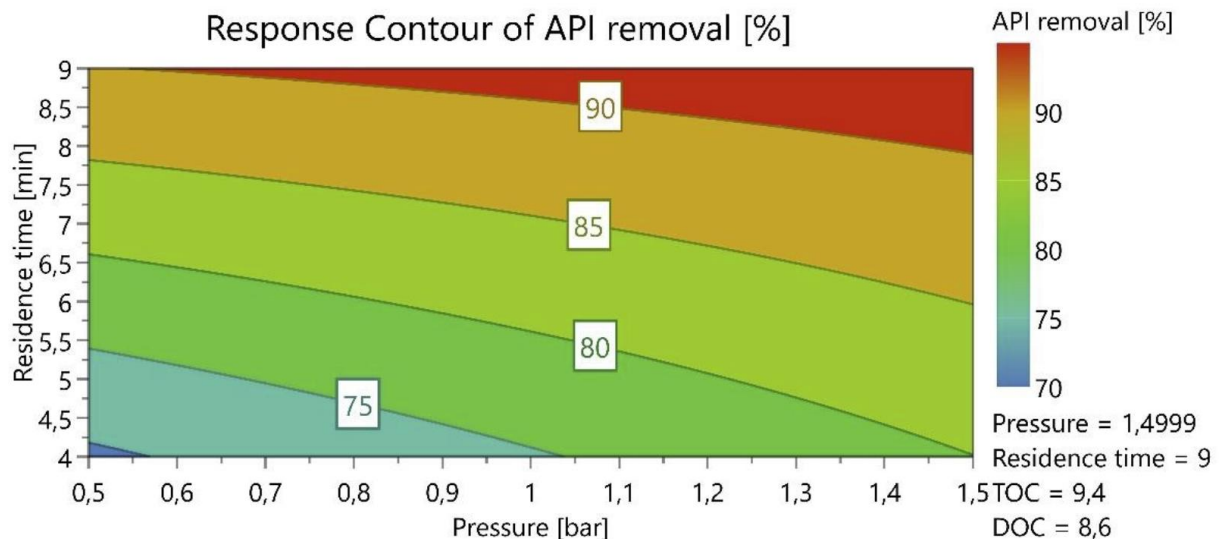
Prov (#)	Provtagningspunkt	Avskiljning (%)	Halt in (ng/L)	Halt ut (ng/L)	Flöde (m <sup>3</sup> /hr)	Tryck (bar)
1	A (reningsverk ut)	-	-	10 255	-	-
2	B (efter sandfilter)	5	10 255	9 747	-	-
3	C (ozon)	90	9 747	979	2	0,5
4	C (ozon)	93	9 747	691	2	1,5
5	D (GAC)	64	691	249	2	-
6	C (ozon)	86	9 747	1 401	3	1
7	C (ozon)	80	9 747	1 920	3	1
8	C (ozon)	79	9 747	2 091	3	1
9	D (GAC)	93	2 091	136	3	-
10	C (ozon)	70	9 747	2 968	4	0,5
11	C (ozon)	80	9 747	1 938	4	1,5
12	D (GAC)	85	1 938	276	4	-

Figur 9 nedan visualiserar resultaten med avseende på total reningsgrad av läkemedelsrester vid olika systeminställningar samt relativa reduktionsgrader baserat på kompositprover efter sandfiltrering.



Figur 9. Total uppnådd reningsgrad med ozonering och aktivt kol i pilotanläggning med sandfilter som förfilter. Reningsgrad avser relativ skillnad från läkemedelshalter efter sandfilter enligt Tabell 4. För de prover i provpunkt D (GAC) avser reningsgraden avskiljning från samtliga steg.

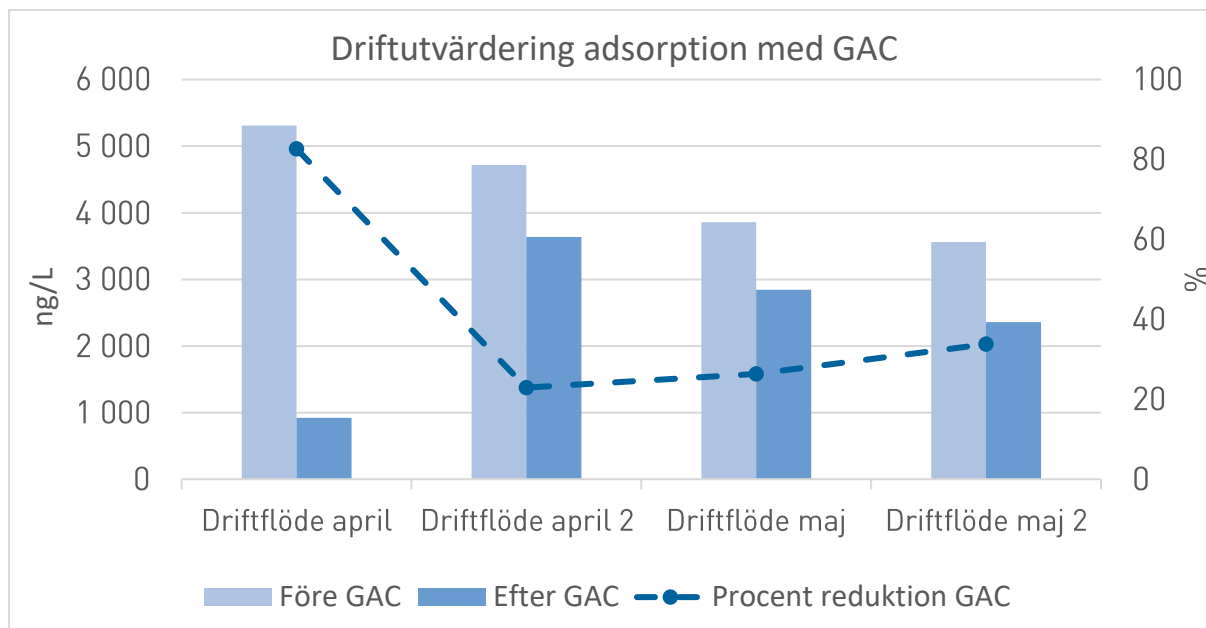
Det finns observerbara variationer i såväl total reningsgrad som över ozonering. Dessa variationer utvärderades statistiskt med bakgrund mot faktorförsöksupställningen avseende reningsgrad över ozonreningen och visade att reaktionstid med 95 % konfidens, som är ett direkt resultat av flöde då reaktionsvolym är konstant, ökar reningsgraden över ozonering. Modellen visade ingen statistisk signifikans avseende hydrauliskt tryck. Se Figur 10 och 16 för koefficient-graf samt responsyta för hur reaktionstid driver upp reningsgraden i ozonprocessen inom faktorförsökens applicerade systemgränser.



Figur 10. Baserat på statistisk försöksupställning för ozonering, kan nedbrytningsgrad av läkemedelsrester drivas mot cirka 90 % inom de gränsdragningar som försöken grundar sig på: 2–4 m<sup>3</sup>/hr och en reaktionsvolym på 300 L. Optimal reaktionstid är således cirka 9 min specifikt för Klippans reningsverk med en inlöst ozonkoncentration på cirka 5 ppm.

#### 4.1.2. Rening under drift april och maj ozon och GAC

Figur 11 visar både faktiska halter och relativ avskiljning över GAC-filter med uppströms sandfiltrering och ozonering under de två månader som pilotanläggningen var i drift med flöde cirka 10 m<sup>3</sup>/hr. Det är noterbart att avskiljning i GAC sjunker med cirka 50–55 % jämfört med vid uppstart, troligen på grund av ökad linjär flödes hastighet jämfört med de första DoE-försöken. Det finns dock inget som tyder på att kolfilterbädden mätas under denna tidperiod med adsorberat organiskt material då inte avskiljningsgraden inte är avtagande under de två driftmånaderna. Rådata återfinns i Bilaga C.



Figur 11. Utvärdering av polering med GAC efter ozonering med cirka 10 m<sup>3</sup>/hr processflöde.

Tabell 5. Resultat driftsutvärdering läkemedelsrening. Halt in är estimerat baserat på läkemedelshalt under systemparameterförsök, därav har inga avskiljningsgrader presenterats i tabellen.

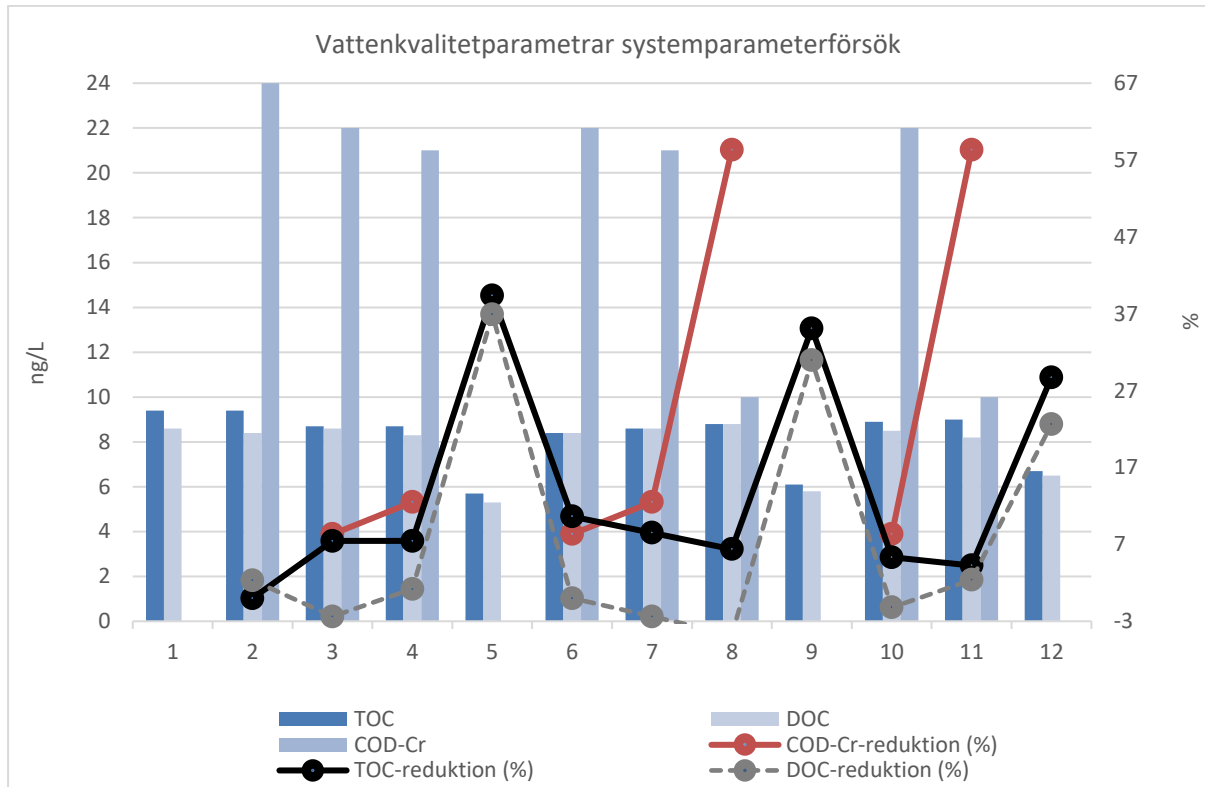
Prov (#)	Provtagningspunkt (efter teknik, mån)	Avskiljning (%)	Halt in (ng/L)*	Halt ut (ng/L)	Flöde (m <sup>3</sup> /hr)	Tryck (bar)
13	C (ozon)	-	9 747	5 312	10	0,5
14	D (GAC)	83	5 312	922	10	0,5
15	C (ozon)	-	691	249	10	0,5
16	D (GAC)	23	4 721	3 639	10	0,5
17	C (ozon)	-	9 747	1 920	10	0,5
18	D (GAC)	26	3 860	2 844	10	0,5
19	C (ozon)	-	9 747	3 559	10	0,5
20	D (GAC)	34	3 559	2 358	10	0,5

Detta kan dock indikera att filterbäddarna är i behov av mer frekvent backspolning för att nå en tillräckligt låg partikelmängdnivå för att inte blockera granulernas porer i GAC-filtret. De konkreta slutsatserna som kan göras baserat på detta projekt är att avskiljning av aktiva läkemedelssubstanser stabiliserar sig vid cirka 30–40 % med två backspolningar per dag vid ett flöde på 10 m<sup>3</sup>/hr.

## 4.2. Vattenkvalitetsparametrar

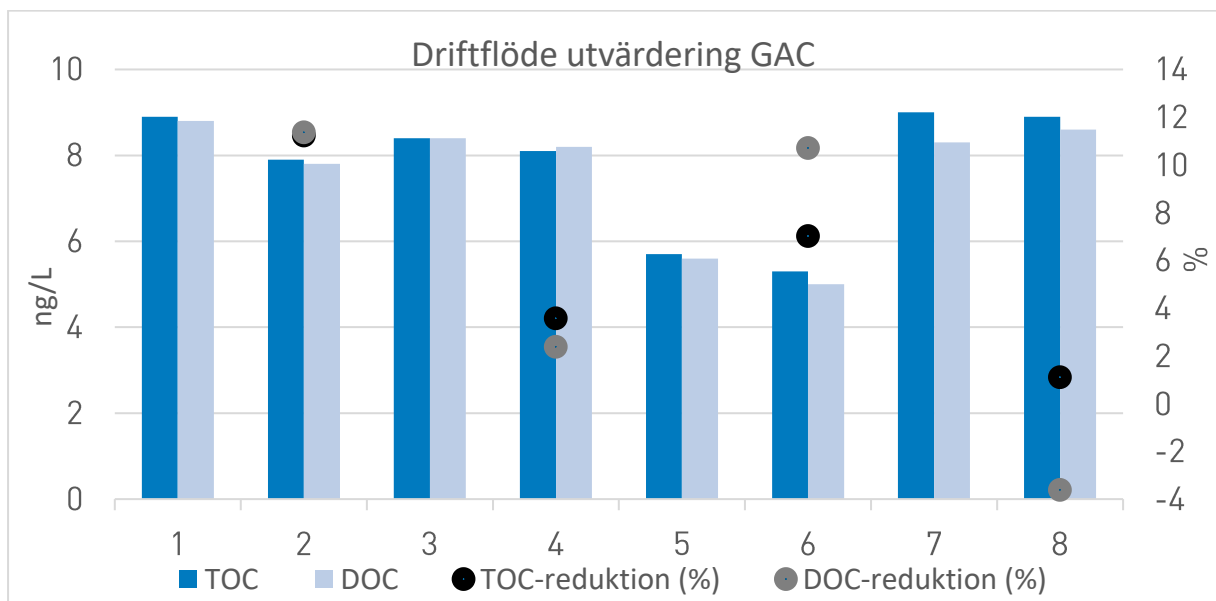
Resultaten över hur de olika mätvärdena på organiskt material samt COD-Cr påverkades under pilotprojektet delas upp i Figur 12 och Figur 13 nedan.

Resultaten från systemförsöken i samband med projektets initiala fas visar en reduktion av TOC och DOC på cirka 2–10 % över ozonering och upp till cirka 40 % över GAC. Den varierande graden av reningsgrad skulle kunna tillskrivas att avloppsvattnets sammansättning av organiskt material varierar och därmed även oxidationsförmåga och adsorptionsgrad av enskilda substanser. Vid några mättillfällen registreras dock negativ reningsgrad, men kan tillskrivas mätosäkerheten i analysmetoden. För rådata, se Bilaga D.



Figur 12. TOC, DOC och COD-Cr som ett resultat av ozonering och GAC. Trots att samtliga av dessa vattenkvalitetsparametrar varierar, visar proverna att en generell nedbrytning av organiskt material över ozonering sker samt adsorption över GAC. Jämfört med aktiva läkemedelssubstanser är dock graden av rening lägre, vilket påvisar att reningsteknikerna har en markant högre specificitet mot dessa typer av mikroföroreningar.

Liknande observationer, se Figur 13, finns även för samma vattenparametrar under driftsfasen där främst GAC-prestandan testades. Resultaten återfinns även i Tabell 6.



Figur 13. Reduktion av TOC och DOC över driftsutvärdering av ozon-GAC-processen under cirka två månader. Mätningarna uppvisar samma storleksordning av organiskt material och minskning i reductionsgrad är jämförbar med reductionsgrad av läkemedelsrester enligt Figur 11.

Huvudsyftet med driftsproverna var att utvärdera GAC-prestanda under högre flödesbelastning, därav har främst reduktion av TOC och DOC utvärderats och inte COD-Cr. Då processflödet höjdes genom anläggningen kunde en avsevärd minskning i reningsgrad observeras, vilket även läkemedelsproverna visar.

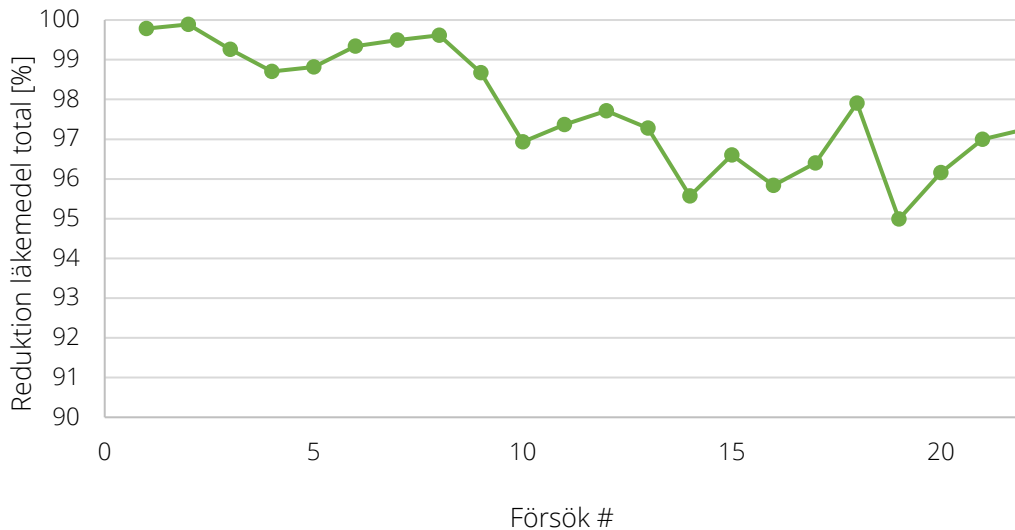
Tabell 6. Resultat över vattenkvalitetsparametrar under pilotprojekt. Från och med prov nr. 13 avses prover under driftstester apr-jun 2022. COD-Cr-reduktion visas ej då detta är ett mått på minskad kemisk oxidation. Driftsprover avsåg GAC-utvärdering.

Prov (#)	Provtagningspunkt (efter teknik)	Avskiljning COD-Cr (%)	Reduktion TOC (%)	Reduktion DOC (%)
1	A (reningsverk ut)	-	-	-
2	B (efter sandfilter)	-	0	2,3
3	C (ozon)	8,3	7,4	-2,4
4	C (ozon)	12,5	7,4	1,2
5	D (GAC)	-	39	37
6	C (ozon)	8,3	11	0
7	C (ozon)	12,5	8,5	-2,4
8	C (ozon)	58,3	6,4	-4,8
9	D (GAC)	-	35	31
10	C (ozon)	8,3	5,3	-1,2
11	C (ozon)	58,3	4,3	2,4
12	D (GAC)	-	28,7	22,6
13	C (ozon)	-	-	-
14	D (GAC)	-	11,2	11,4
15	C (ozon)	-	-	-
16	D (GAC)	-	3,6	2,4
17	C (ozon)	-	-	-
18	D (GAC)	-	7	10,7
19	C (ozon)	-	-	-
20	D (GAC)	-	1,1	-3,6

En viktig aspekt ur långsiktig driftsynpunkt är byte av filtermedia om GAC-filtrering avses för en fullskalig anläggning. Pilotprojektet visade att organiskt material adsorberas över filterbädden, både inlöst (DOC) samt ej inlöst (= TOC – DOC), vilket tyder både på adsorption av både läkemedelsrester (del av DOC) samt övriga humusämnen. Pilottesterna påvisar dock även reduktion av samtliga uppmätta vattenkvalitetsparametrar över ozonsteget, vilket indikerar att ozonering kan förlänga en kolfilterbädds livslängd, troligen i storleksordningen 2–8 %, vilket var de nivåer som uppnåddes under delar av pilotförsöken avseende TOC och DOC.

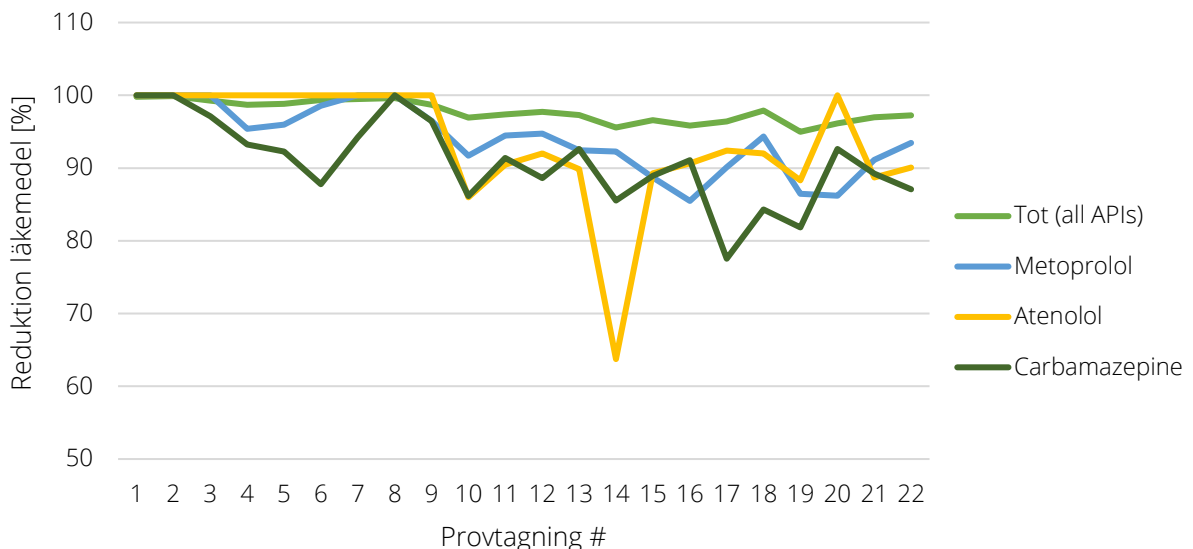
### 4.3. Membranfiltrering

Resultat från de 22 membranfilterförsöken avseende relativ reduktion presenteras i Figur 14 nedan. Se Bilaga E för rådata avseende läkemedelsreduktion med nanofiltrering. Rådata finns i Bilaga G och H.



Figur 14. Relativ reduktion av den total halten mätbara läkemedel under de olika DoE-faktorörsöken. Minst 95 % avskiljning uppnåddes under försöken. Notera att försöken genomfördes slumpmässigt i enligt med DoE-principer för att undvika eventuell systematisk felhantering som kan ge upphov till falsk signifikans.

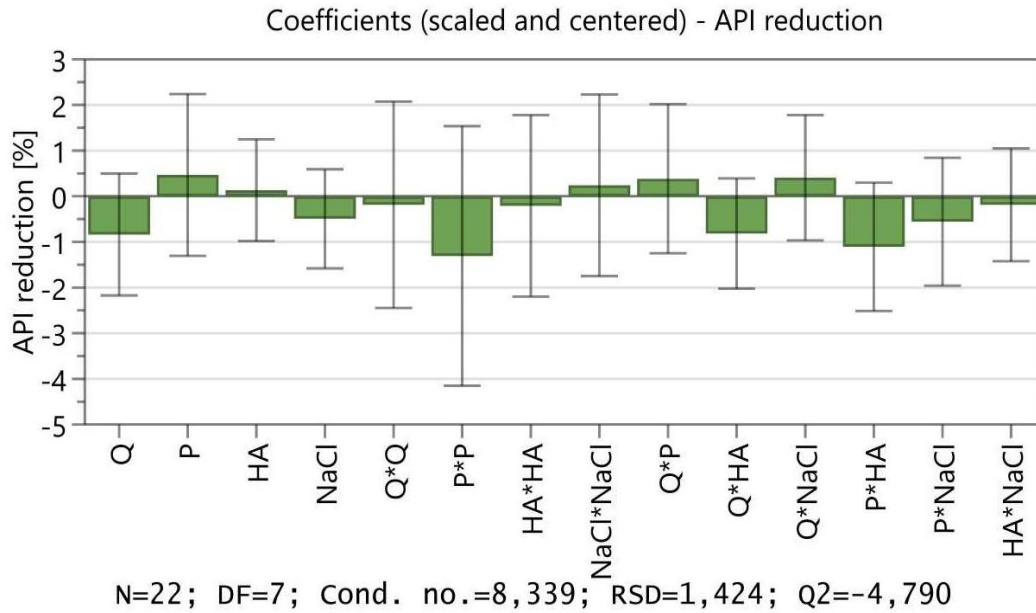
De tre mest förekommande uppmätta läkemedlen och dess reduktionsgrad återfinns i Figur 15 nedan.



Figur 15. Reningsgrad med nanofiltrering för de tre läkemedelsresterna som förekom i högst koncentration.

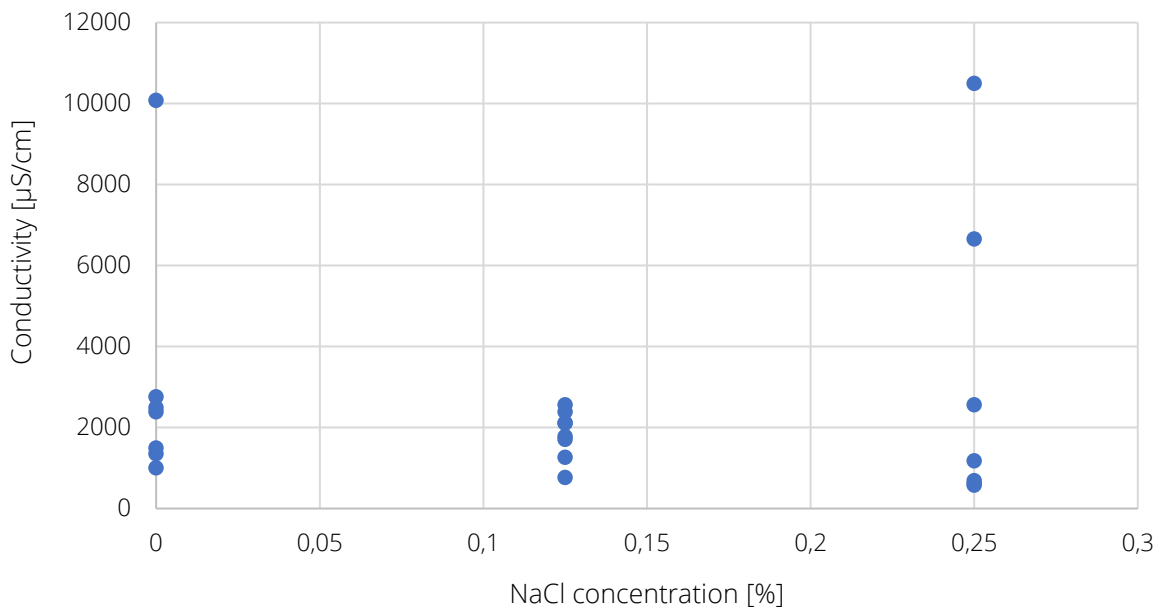
Vid utvärdering av de fyra variablerna visade ingen av dessa statistisk signifikans gällande reningsgrad, det vill säga att variansen i reningsgrad inte kan bevisas bero på något annat än naturlig variation eller andra okontrollerade faktorer eller mätosäkerheter. Figur 16 nedan visar signifikansdiagram avseende dessa faktorer.



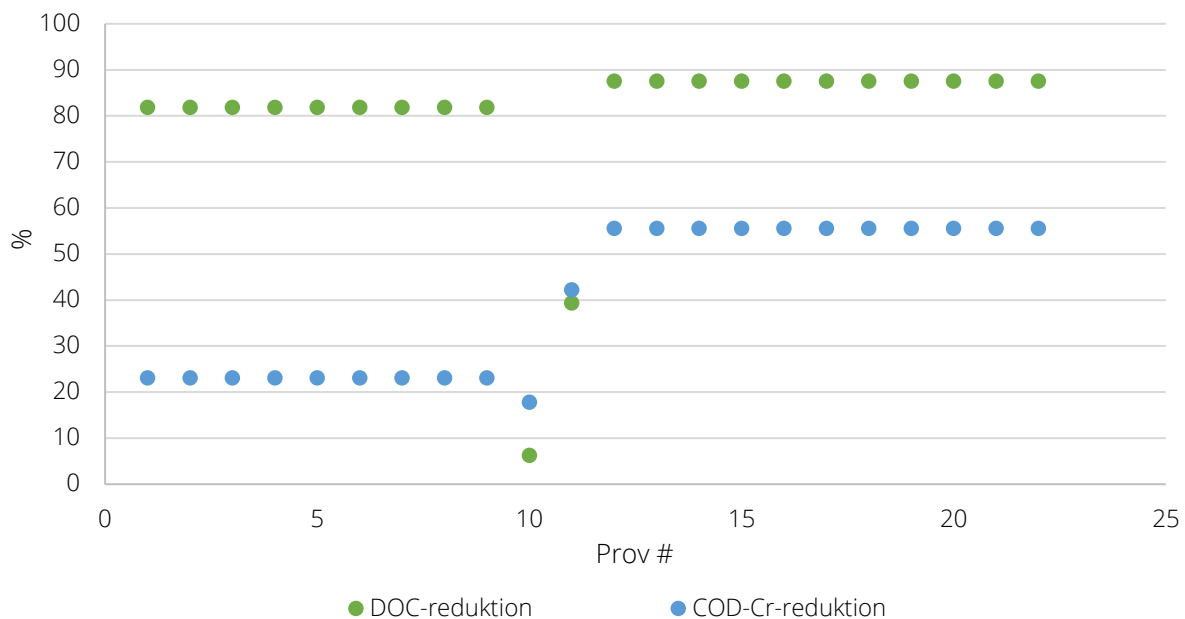


Figur 16. Signifikanskoefficienter med avseende på reningsgrad med nanofiltrering för de fyra variablerna flöde (Q), tryck (P), myrsyra (HA) och koncentration natriumklorid tillsatt (NaCl), samt eventuella samverkansfaktorer mellan dessa variabler. Ingen av de utvärderade variablerna har en signifikant påverkan på reningsgraden.

Figur 17 nedan visar den uppmätta konduktiviteten under försöken som ett resultat av tillsatt natriumklorid. Figur 18 visar reduktion av COD-Cr och DOC vid de olika försöken. För rådata på samtliga mätvärden avseende konduktivitet, vattenkvalitetsparametrar, erforderlig effekt och reningsgrader, se Bilaga E och F.



Figur 17. Konduktivitet som en funktion av tillsatt NaCl för att simulera de möjliga naturliga variationerna som ett membransystem kan utsättas för under drift i både pilotskala och full skala.



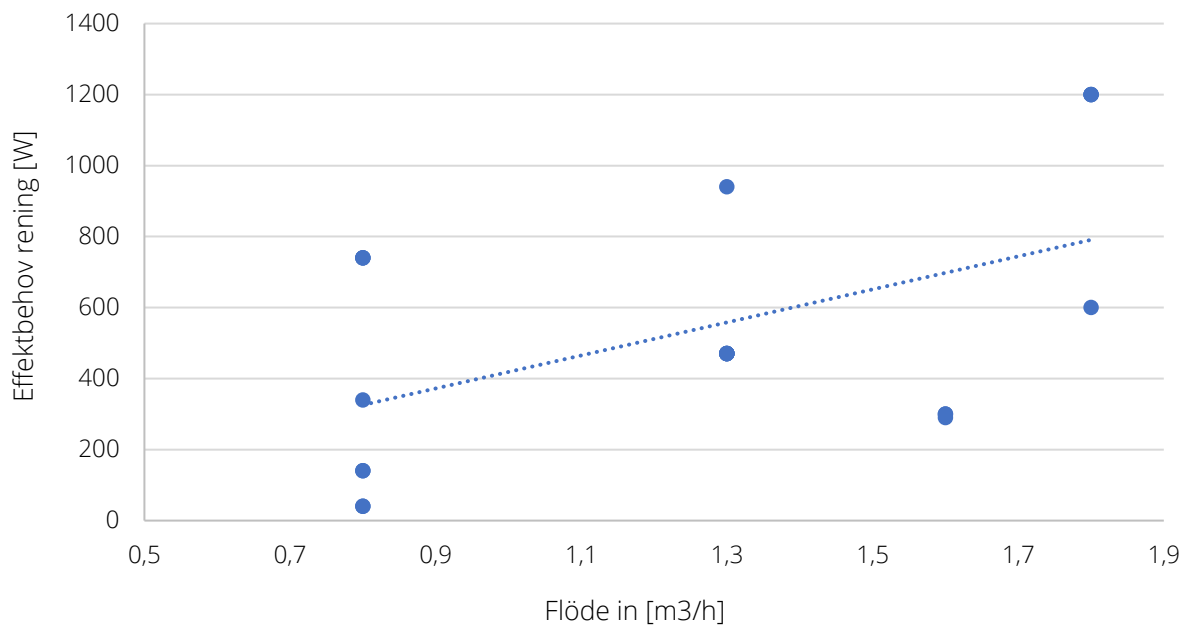
Figur 18. COD-Cr och DOC och dess relativa reduktion över försöken. Notera att reduktionsgrad har beräknats på mätdetekteringsgränserna 2 mg/L (DOC) och 20 mg/L (COD-Cr), det vill säga de beräknade relativa reduktionerna är konservativa.

Liksom för läkemedelsrester i avloppsvattnet har nanofiltersystemet en hög avskiljningsgrad avseende samtligt inlöst organiskt material, DOC, som även resulterar i hög reduktion av COD-Cr. Nanofiltrering har således en högre allmän avskiljning av organiskt material, inklusive läkemedelsrester. Då reduktionsgraden är i samma nivå som läkemedelsrester indikerar detta att tekniken är generell snarare än specifik mot mikroföroreningar.

Resultaten innebär praktiskt att minst 95 % reningsgrad kan uppnås för Klippans reningsverk för den vattenmatris som förväntas förekomma i reningsverkets utlopp samt att de tryck- och flödesvariationer som membransystemet användes under pilotstudien ej påverkar reningsgraden. Detta är positivt ur ett driftsperspektiv i en fullskalig anläggning då tryck, och därmed energibehov kan minimeras.

Vid de tre olika processvattentryck som nanofiltreringen genomfördes vid erhöles recovery rate mellan 56–77 %, där högst recovery rate erhöles vid 3 bar och lägst vid 13 bar. Då ingen mätbar, signifikant förbättring av läkemedelsavskiljningsgraden kunde fastställas bör ett nanofiltersystem i full skala drivas vid 3 bar (eller lägre om tekniskt möjligt och utan att kompromissa på reningsgrad). Rådata för nanofiltermätningarna samt samtliga resultat finns i Bilaga F.

Figur 19 visar effektbehovet för nanofilteranläggningen som ett resultat av inflöde. De olika mätpunkterna motsvarar olika membrantryck. Notera att effektbehovet inte reflekterar ytterligare effektbehov för att destruera eller ytterligare behandla koncentratet.



Figur 19. Effektbehov för läkemedelsrening i pilotskala med nanofiltrering som en funktion av processflöde.

Även vid lägst membrantryck (3 bar) resulterar detta i cirka 25 % koncentrat som måste hanteras i ytterligare steg. Detta pilotprojekt omfattade ej ytterligare behandling, men skulle kunna lösas på följande två vis:

- Ytterligare behandling av koncentrat med ozon och aktivt kol. Baserat på resultaten av dessa tekniker i detta projekt är det möjligt att behandla dessa med minst 95 % ytterligare avskiljning.
- Återföring av koncentrat till reningsverkets inlopp, varefter reningsverkets naturliga avskiljningsförmåga kan uppnå cirka 50 % ytterligare avskiljning. Dock behöver det tas i beaktande ett ökat behov av hydraulisk kapacitet på 25 % (reningsverk), förutsatt att nanofiltrering används som enda läkemedelsreningsmetod. Ett cirkulärt reningssteg skulle i detta scenario skapas där läkemedelsresterna i koncentratet renas i flertalet iterativa steg i både reningsverkets processer samt membranläggningen.

#### 4.4. Jämförelse effektbehov

Om reningsprocessen med ozonering och aktivt kol jämförs med nanofiltersystemet varierar den specifika energin, det vill säga det energibehov för att rena varje kubikmeter vatten, mellan 0,35 och 0,6 kWh/m<sup>3</sup> för ozon-aktivt kol och 0,08–0,29 kWh/m<sup>3</sup> för nanofiltrering. Jämförelsesiffror finns i Tabell 7 nedan.

Notera att dessa beräkningar ej omfattar effektbehov för processvattenmatning till en reningsanläggning, och inte heller energibehov för att ytterligare behandla koncentrat från nanofilteranläggningen. Då recovery för nanofiltrering kan uppmätas till cirka 77 % innebär detta att för varje kubik avloppsvatten som renas med nanofiltrering behövs minst ytterligare 23 % energi eller cirka ytterligare 0,1 kWh/m<sup>3</sup> om koncentrat behandlas ytterligare med ozon-aktivt kol. Energitillbehov för membranrengöring, kemikalier eller ytbyte av filtermedia i ett sandfilter eller aktivt kolsystem har inte inkluderats.

Tabell 7. Beräknade energibehov, reningsgrader vid olika flöden som jämför resultaten från ett ozon-aktivt kolsystem samt nanofiltreringssteg. Jämförelseberäkningar för nanofiltret har gjorts från försök med 3 bar tryck.

Teknik	Flöde (m <sup>3</sup> /hr)	Permat NF (m <sup>3</sup> /hr)	Reningsgrad (%)	Effekt (kW)	Specifik energi (kWh/m <sup>3</sup> )
Ozon/GAC	2	-	98	1,2	0,6
Ozon/GAC	3	-	99	1,3	0,43
Ozon/GAC	4	-	98	1,4	0,35
Ozon/GAC	10	-	76	2,1	0,21
NF (#9)	0,8	0,5	99	0,04	0,08
NF (#20)	1,6	1	96	0,29	0,29

Processvattenpumpens effekt kan fastställas till cirka 0,4 kWh/m<sup>3</sup>, vilket är en betydande del av det totala energibehovet vid en läkemedelsreningsanläggning i pilotskala, och utgör cirka hälften av det totala energibehovet. Om dessa energibehov inkluderas innebär detta att en ozon-GAC-process inklusive sandfilter är cirka 0,6–1 kWh/m<sup>3</sup> och 0,8 kWh/m<sup>3</sup> med en nanofiltersystem.

## 5. Slutsatser och analys

### 5.1. Resultat

Pilotprojektet visar att de båda utvärderade teknikerna kan rena minst 95 % av de mätbara läkemedelsrester som normalt finns i Klippans reningsverks utlopp. Halterna som uppmättes vid utloppet, både under förstudien hösten 2021 och under genomförandet av pilotrening våren 2022 visar att de läkemedelsrester som kan analyseras i analyspaketet varierar mellan 7 000 och 10 000 ng/L i totalkoncentration. Detta innebär att det idag släpps ut minst 7–11 kg läkemedelsrester årligen baserat på ett medelflöde över ett år på 124 m<sup>3</sup>/hr. Detta är en konservativ siffra då enbart en bråkdel av de läkemedelssubstanser som förekommer i avloppsvattnet analyserades.

Av denna mängd läkemedelsrester kan minst 95 % renas (minst 6,5–10,5 kg/år), både med en ozon-aktiv kolprocess och med nanofiltrering med jämförbara energibehov för båda processalternativen på max 1 kWh/m<sup>3</sup> i pilotskala. Om en ozon-aktiv kolprocess skulle appliceras i full skala görs bedömningen att både dessa tekniker är viktiga för att erhålla hög driftsredundans samt att ozonrening uppströms från ett aktivt kolsteg minskar kolfilterbäddens belastning av övriga humusämnen, och bedöms öka kolfilterbäddens livstid med cirka 10 %, vilket motsvarar TOC- och DOC-reduktionen över ozonsteget.

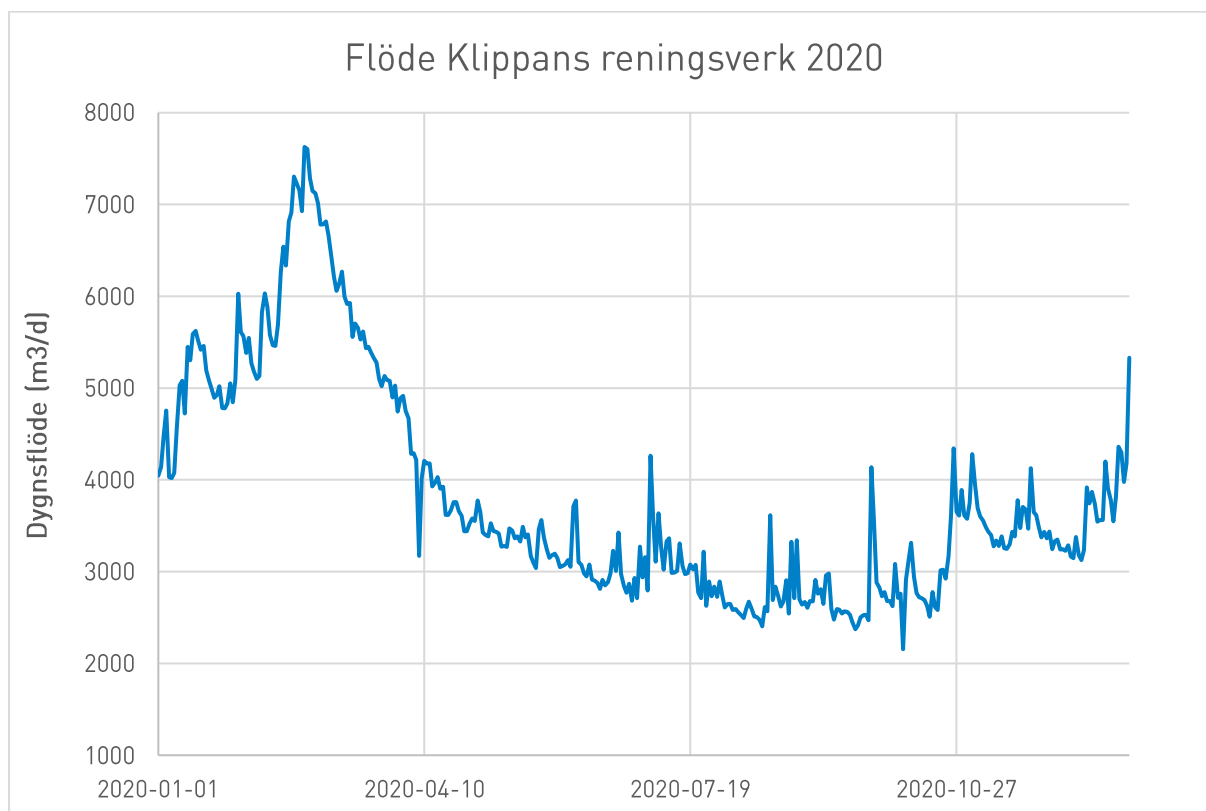
Hydraulisk belastning över ett aktivt kolfiltersteg behöver tas i beaktande om reningsgraden över detta steg ska uppnå minst 80 %, där linjär flödes hastighet inte bör överstiga 4 - 5 m/hr. Dock kan en total reningsgrad över ett ozon-aktivt kolfiltersteg i enlighet med projektets målsättning på 80 % uppnås även vid högre hydrauliska belastningar på 8–9 m/hr. Denna totalreningsgrad inkluderar även ozonering där minst 9 min reaktionstid erfordras för att uppnå minst 90 % reningsgrad genom ozonoxidation. En rekommendation för en fullskalig anläggning, om målet är att uppnå minst 95 %, reningsgrad är därför att uppnå både adekvat ozonreaktionstid samt att dimensionera en kolfilterprocess med minst 8–9 m/h linjär flödes hastighet.

Om en nanofilteranläggning ska användas, behöver denna drivas med minst 3 bar tryck, men kräver inga särskilda förreningssteg förutom sandfiltrering för att skydda systemet mot partiklar. Vid detta scenario behöver ett koncentrat på cirka 28 m<sup>3</sup>/hr hanteras (medel), antingen genom ozonrening och/eller aktivt kol, alternativt återföring av koncentrat till reningsverkets inlopp. Ytterligare

energibehov för denna återföring behöver tas i beaktande, oavsett om ytterligare koncentratrening sker med exempelvis ozonrening eller genom recirkulation till reningsverkets inlopp.

## 5.2. Förutsättningar och behov inför fullskalig rening

Design av en fullskalig anläggning kräver en detaljprojektering, men slutsatser kring totalt effektbehov och underhåll kan dras från pilotprojektets resultat, för båda reningsteknikerna som utvärderats. Reningsverket hade år 2020 ett medeldygnsflyde på 3819 m<sup>3</sup>/d vilket motsvarar 159 m<sup>3</sup>/h. Se Figur 20 för flödesprofil.



Figur 20. Dygnsflyde Klippans reningsverk år 2020. Medeldygnsflyde 3819 m<sup>3</sup>/d och 159 m<sup>3</sup>/h.

En fullskalig anläggning bör ej dimensioneras för maxflöden då detta innebär stora investeringar för att hantera dagvattenflöden som inte innehåller betydande halter läkemedelsrester eller inga alls. Vid en uppskalning kan exempelvis medelflödet eller 80–90% av maxflöde användas som underlag. Om år 2020 används som primärt dimensionerande flödesunderlag skulle storleksbestämning baserat på medelflödet täcka 87 % av den årsvolymer renat vatten. Det breddade vattnet skulle innehålla cirka en tredjedel av de uppmätta 7 000–10 000 ng/L läkemedelsrester i avloppsvattnet och därav skulle bara 4 % av den totala mängd läkemedelsrester breddas förbi reningssteget.

Om den specifika energin som beräknades från pilotprojektets resultat skalas linjärt från 4 m<sup>3</sup>/hr till ett fullskaligt medelflöde på 159 m<sup>3</sup>/hr, innebär detta ett totalt energibehov på 1 392 840 kWh/år med en ozon-aktiv kolanläggning med samma utformning och konfiguration som användes i pilotskala, med en installerad effekt på cirka 56 kW. Om även processvattenpump inkluderas i beräkningen krävs cirka dubbla effekten. Exakt effektbehov behöver dock fastställas genom detaljprojektering då processutrustning i stor skala kan optimeras jämfört med liten skala.

En storskalig anläggning med nanofiltrering estimeras till liknande installerat effektbehov samt årligt energibehov, dock tillkommer cirka 5 kW pumpeffekt för att återföra koncentrat till reningsverkets

inlopp eller till en kompletterande reningsanläggning som behöver behandla cirka 28 m<sup>3</sup>/h med förhöjda halter läkemedelssubstanser.

Både teknikvalen skulle kräva en utbyggnad eller separat byggnad om cirka 200 m<sup>2</sup> för att tillgodose behovet av processutrustning, rör och pumpstation från reningsverket till läkemedelsanläggningen.

## 6. Referenser

Eklöv, A. (2010). *Fiskevårdsplanen för Rönne å 2010*. Lund: Länsstyrelsen i Skåne län.

Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wold, S., & Wikström, C. (2001). *Design of Experiments - Principles and Applications*. Stockholm: Umetrics.

Goralski, A. (2019). *Removal of Pharmaceutical Residues from Wastewater*. Stockholm: KTH.

Hamrén, H. (den 13 10 2017). *Advanced waste water treatment medicine for increased drug emissions*. Hämtat från Baltic Eye: <https://balticeye.org/en/pollutants/increased-need-for-advanced-waste-water-treatment/>

Johansson, E., & Engberg, E. (2018). *Ozonation of pharmaceutical residues in a wastewater - Modeling the ozone demand based on multivariate analysis of influential parameters*. Linköping: Linköping University: Department of Physics, Chemistry and Biology.

Lidén, A. (2020). *Membranfiltrering för dricksvattenberedning*. Bromma: Svenskt Vatten och Utveckling.

Mellifiq. (2021). *Delrapport - pilotanläggning för läkemedelsrening vid Klippans avloppsreningsverk*. Klippan: Klippans kommun.

Pontén, J., Rönholm, G., & Skiöld, P. (2017). *PPRI Pharma Profile Sweden*. Stockholm: Dental and Pharmaceutical Benefits Agency.

## Bilaga A

### Experimentplan DoE nanofilterutvärdering

Exp No	Exp Name	Run Order	Incl/Excl	Flow rate	Feed pressure	Humic acid concentration	NaCl concentration
1	N1	8	Incl ▼	0,8	5	0	0
2	N2	10	Incl ▼	1,6	5	0	0
3	N3	5	Incl ▼	0,8	13	0	0
4	N4	1	Incl ▼	1,6	5	20	0
5	N5	13	Incl ▼	0,8	13	20	0
6	N6	11	Incl ▼	1,8	13	20	0
7	N7	17	Incl ▼	0,8	5	0	0,25
8	N8	22	Incl ▼	0,8	13	0	0,25
9	N9	14	Incl ▼	1,8	13	0	0,25
10	N10	18	Incl ▼	0,8	3	20	0,25
11	N11	2	Incl ▼	1,6	5	20	0,25
12	N12	12	Incl ▼	1,8	13	20	0,25
13	N13	20	Incl ▼	0,8	8	10	0,125
14	N14	4	Incl ▼	1,8	8	10	0,125
15	N15	21	Incl ▼	0,8	3	10	0,125
16	N16	15	Incl ▼	1,3	13	10	0,125
17	N17	7	Incl ▼	1,3	8	0	0,125
18	N18	3	Incl ▼	1,3	8	20	0,125
19	N19	16	Incl ▼	1,3	8	10	0
20	N20	19	Incl ▼	1,3	8	10	0,25
21	N21	6	Incl ▼	1,3	8	10	0,125
22	N22	9	Incl ▼	1,3	8	10	0,125





## Bilaga C

### Läkemedelsanalyser ozon, aktivt kol driftfas

ng/L	LOQ	13	14	15	16	17	18	19	20
Alfuzosin	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Alprazolam	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amiodaron	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amytriptylin	10	<LOQ	25	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	42	18
Atenolol	15	337	<LOQ	441	208	359	181	235	125
Atorvastatin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Atracurium	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azelastin	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Biperiden	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bisoprolol	3	118	22	130	80	125	81	<LOQ	<LOQ
Bromocriptin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Budesonid	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Buprenorphin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bupropion	3	51	15	77	32	79	29	39	39
Carbamazepin	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	17	<LOQ	40	42
Chlorpromazin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Chlorprothixen	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cilazapril	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ciprofloxacin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Citalopram	15	63	<LOQ	56	63	45	52	27	23
Clarithromycin	3	<LOQ	<LOQ	9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	8	5
Clemastin	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2
Clindamycin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3	<LOQ
Clomipramin	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clonazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clotrimazol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Codein	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cyproheptadin	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desloratidin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	58	50	17	<LOQ
Diclofenac	10	<LOQ	32	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dicycloverin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dihydroergotamin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diltiazem	1,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diphenhydramin	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Donepezil	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Duloxetine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Eprosartan	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fenofibrat	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fexofenadin	10	941	424	683	611	625	514	678	525
Finasterid	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flecainid	1,5	44	14	69	46	44	48	40	45
Fluconazol	7,5	44	19	41	39	39	41	83	101
Flunitrazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluoxetine	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flupentixol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluphenazin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glibenclamid	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glimepirid	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Haloperidol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Hydroxyzin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	3	144	73	121	104	56	90	38	39
Ketoconazol	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Levomopromazin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Loperamid	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Maprotilin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Meclozin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Memantin	3	128	11	121	69	77	83	62	43
Metoprolol	15	2070	125	1515	1175	1412	659	898	517
Mianserin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Miconazol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Mirtazapin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Naloxon	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Nefazodon	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Norfloxacin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ofloxacin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Orphenadrin	3	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Oxazepam	10	184	19	281	176	199	207	369	245
Paracetamol	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Paroxetin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perphenazin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pizotifen	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Promethazin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ranitidin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Repaglinid	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Risperidon	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Rosuvastatin	20	87	<LOQ	55	100	48	82	82	61
Roxithromycin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sertraline	10	94	<LOQ	97	36	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sotalol	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sulfamethoxazol	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tamoxifen	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Telmisartan	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Terbutaline	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tramadol	15	503	119	405	285	209	154	281	182
Trihexyphenidyl	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Trimethoprim	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Venlafaxin	20	461	<LOQ	545	547	468	573	312	169
Verapamil	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zolpidem	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azithromycin	40	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dipyridamol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Erythromycin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Felodipin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Caffein	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Propranolol	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ceterizin	15	39	24	22	35	<LOQ	<LOQ	118	72
Losartan	10	<LOQ	<LOQ	53	33	<LOQ	<LOQ	187	105
Metronidazol	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

## Bilaga D

Analys av vattenkvalitetsparametrar ozon, aktivt kol systemparametrar/faktor försök prov 1-20

eurofins		Ämne				TOC	DOC	Kemisk syreförbrukning, COD-Cr
Provnnummer	Provtagningsdag	Provpunkt	Ankomstdag	Provets märkning	Ämnes-ID	mg/l	mg/l	mg/l
					Ämnes-ID			
					Enhet			
					Djup			
177-2022-04120041	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	1-Klippan-A	3120000115220	9,4	8,6	65570000531843
177-2022-04120042	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	2-Klippan-B	3120000115220	9,4	8,4	65570000531843
177-2022-04120043	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	3-Klippan-f2t0,5-C	3120000115220	8,7	8,6	65570000531843
177-2022-04120044	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	4-Klippan-f2t1,5-C	3120000115220	8,7	8,3	65570000531843
177-2022-04120045	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	5-Klippan-f2t1,5-D	3120000115220	5,7	5,3	65570000531843
177-2022-04120046	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	6-Klippan-f3t1-C	3120000115220	8,4	8,4	65570000531843
177-2022-04120047	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	7-Klippan-f3t1-C	3120000115220	8,6	8,6	65570000531843
177-2022-04120048	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	8-Klippan-f3t1-C	3120000115220	8,8	8,8	65570000531843
177-2022-04120049	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	9-Klippan-f3t1-D	3120000115220	6,1	5,8	65570000531843
177-2022-04120050	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	10-Klippan-f4t0,5-C	3120000115220	8,9	8,5	65570000531843
177-2022-04120051	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	11-Klippan-f4t1,5-D	3120000115220	9	8,2	65570000531843
177-2022-04120052	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	12-Klippan-f4t1,5-D	3120000115220	6,7	6,5	65570000531843
eurofins		Ämne				TOC	DOC	Kemisk syreförbrukning, COD-Cr
Provnnummer	Provtagningsdag	Provpunkt	Ankomstdag	Provets märkning	Ämnes-ID	mg/l	mg/l	mg/l
					Ämnes-ID			
					Enhet			
					Djup			
177-2022-04120053	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	13-Klippan-f10t0,5-C	3120000115220	8,9	8,8	65570000531843
177-2022-04120054	1899-12-30	Läkemedel Klippan	2022-04-11	14-Klippan-f10t0,5-D	3120000115220	7,9	7,8	65570000531843
177-2022-04190264	2022-04-12	Läkemedel Klippan	2022-04-19	15-Klippan-C	3120000115220	8,4	8,4	10 halva 20
177-2022-04190265	2022-04-12	Läkemedel Klippan	2022-04-19	16-Klippan-D	3120000115220	8,1	8,2	10 halva 20
177-2022-05130013	2022-05-10	Läkemedel Klippan	2022-05-12	17-Klippan-C	3120000115220	5,7	5,6	10 halva 20
177-2022-05130014	2022-05-10	Läkemedel Klippan	2022-05-12	18-Klippan-D	3120000115220	5,3	5	10 halva 20
177-2022-05270502	2022-05-25	Läkemedel Klippan	2022-05-27	19-Klippan-C	3120000115220	9	8,3	10 halva 20
177-2022-05270503	2022-05-25	Läkemedel Klippan	2022-05-27	20-Klippan-D	3120000115220	8,9	8,6	10 halva 20

## Bilaga E

DOC- och COD-Cr-mätningar nanofiltrering

	DOC [mg/l]	COD [mg/l]	DOC reduktion [%]	COD reduktion [%]
NF-REF-1		11	26	
NF-1	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-2	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-3	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-4	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-5	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-6	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-7	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-8	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-9	<2.0	<20	81,8	23,1
NF-REF-2		16	45	
NF-10		15	37	6,3
NF-11		9,7	26	39,4
NF-12	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-13	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-14	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-15	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-16	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-17	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-18	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-19	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-20	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-21	<2.0	<20	87,5	55,6
NF-22	<2.0	<20	87,5	55,6

## Bilaga F

### Beräkningar nanofiltrering

Provmärkning	Run order	Tryckt [bar]	Fibbe [m <sup>3</sup> /h]	HA-konc. [mg/L]	NaCl-konc. [%]	TMP [bar]	Fibbe permeat	Fibbe koncentrat	Konduktivitet [mS/cm]	Konduktivitet [µS/cm]	Effekt [W]	Recovery [%]	DOC reduktion [%]	COD reduktion [%]	Läkemedelsreduktion [%]
Klippans NF-1	7	8	1,3	0	0,125	5,95	1	0,3	1,71	1710	470	76,9	81,8	23,1	99,8
Klippans NF-2	6	8	1,3	10	0,125	6,35	1	0,3	1,78	1780	470	76,9	81,8	23,1	99,9
Klippans NF-3	16	8	1,3	10	0	6,25	1	0,3	1,35	1350	470	76,9	81,8	23,1	99,3
Klippans NF-4	19	8	1,3	10	0,25	6,15	1	0,3	0,61	610	470	76,9	81,8	23,1	98,7
Klippans NF-5	20	8	0,8	10	0,125	3,35	0,5	0,3	2,56	2560	340	62,5	81,8	23,1	98,8
Klippans NF-6	18	3	0,8	20	0,25	3	0,45	0,35	2,56	2560	40	56,3	81,8	23,1	99,3
Klippans NF-7	5	13	0,8	0	0	6,75	0,5	0,3	2,49	2490	740	62,5	81,8	23,1	99,5
Klippans NF-8	13	13	0,8	20	0	6,75	0,5	0,3	1,01	1010	740	62,5	81,8	23,1	99,6
Klippans NF-9	21	3	0,8	10	0,125	3	0,5	0,3	0,77	770	40	62,5	81,8	23,1	98,7
Klippans NF-10	2	5	1,6	20	0,25	5	1	0,6	0,58	580	300	62,5	6,3	17,8	96,9
Klippans NF-11	1	5	1,6	20	0	5	1	0,6	10,08	10080	300	62,5	39,4	42,2	97,4
Klippans NF-12	9	8	1,3	10	0,125	4,75	1	0,3	2,11	2110	470	76,9	87,5	55,6	97,7
Klippans NF-13	3	8	1,3	20	0,125	4,75	1	0,3	2,11	2110	470	76,9	87,5	55,6	97,3
Klippans NF-14	17	5	0,8	0	0,25	3	0,5	0,3	10,5	10500	140	62,5	87,5	55,6	95,6
Klippans NF-15	8	5	0,8	0	0	3	0,5	0,3	2,39	2390	140	62,5	87,5	55,6	96,6
Klippans NF-16	15	13	1,3	10	0,125	6,5	0,9	0,4	2,39	2390	940	69,2	87,5	55,6	95,8
Klippans NF-17	11	13	1,8	20	0	6,5	1,2	0,6	1,5	1500	1200	66,7	87,5	55,6	96,4
Klippans NF-18	14	13	1,8	0	0,25	6,5	1,2	0,6	0,69	690	1200	66,7	87,5	55,6	97,9
Klippans NF-19	12	13	1,8	20	0,25	6,5	1,2	0,6	6,66	6660	1200	66,7	87,5	55,6	95,0
Klippans NF-20	10	5	1,6	0	0	5	1	0,6	2,76	2760	290	62,5	87,5	55,6	96,2
Klippans NF-21	4	8	1,8	10	0,125	6,5	1,3	0,5	1,27	1270	600	72,2	87,5	55,6	97,0
Klippans NF-22	22	13	0,8	0	0,25	6,75	0,5	0,3	1,18	1180	740	62,5	87,5	55,6	97,2
<b>Max</b>					<6,75					10500	1200	76,92	87,5	55,6	99,9
<b>Min</b>						3				580	40	56,25	6,3	17,8	95,0

< 2500 (drinking water limit)  
 < 5000 (municipal wastewater limit)  
 > 5000



## Bilaga H

### Rådata läkemedelsanalyser nanofiltrering prov 12-20

ng/L	LOQ	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Alfuzosin	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Alprazolam	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amiodarone	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Amytriptyliline	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Atenolol	15	41	52	186	55	48	39	41	60	<LOQ	58	51
Atorvastatin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Atracurium	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azelastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Biperiden	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bisoprolol	3	7	<LOQ	8	5	7	<LOQ	3	<LOQ	5	8	<LOQ
Bromocriptine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Budesonide	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Buprenorphine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Bupropion	3	3	5	4	7	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	5
Carbamazepin	7,5	37	24	47	36	29	73	51	59	24	35	42
Chlorpromazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Chlorprothixene	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cilazapril	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ciprofloxacin	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Citalopram	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clarithromycine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clemastine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clindamycine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clomipramine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clonazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Clotrimazol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Codeine	15	<LOQ	<LOQ	47	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	34	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cyproheptadine	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Desloratidin	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diclofenac	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	59	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dicycloverine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dihydroergotamine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diltiazem	1,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Diphenhydramine	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Donepezil	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Duloxetine	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Eprosartan	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fenofibrate	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fexofenadine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Finasteride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flecainide	1,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluconazole	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flunitrazepam	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluoxetine	7,5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Flupentixol	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Fluphenazine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glibenclamide	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Glimepiride	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Haloperidol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Hydroxyzine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Irbesartan	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	11	<LOQ
Ketoconazole	45	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Levomopromazine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Loperamide	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Maprotiline	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Medozone	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Memantine	3	18	<LOQ	6	4	17	11	<LOQ	11	<LOQ	9	<LOQ
Metoprolol	15	146	210	215	314	404	275	157	377	384	247	182
Mianserin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Miconazole	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Mirtazapine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Naloxone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Nefazodone	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Norfloxacin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ofloxacin	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Orphenadrine	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Oxazepam	10	21	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Paracetamol	30	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Paroxetine	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Perphenazine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Pizotifen	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Promethazine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ranitidine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Repaglinide	2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Risperidone	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Rosuvastatin	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Roxithromycine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sertraline	10	<LOQ	<LOQ	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	15	<LOQ
Sotalol	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sulfamethoxazol	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tamoxifen	5	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Telmisartan	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Terbutaline	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Tramadol	15	17	24	30	18	23	23	17	30	20	<LOQ	<LOQ
Trihexyphenidyl	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Trimethoprim	3	7	5	14	4	4	<LOQ	4	6	9	7	15
Venlafaxine	20	<LOQ	36	<LOQ	<LOQ	<LOQ	49	<LOQ	52	<LOQ	<LOQ	65
Verapamil	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Zolpidem	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Azithromycine	40	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Dipyridamol	3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Erythromycine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Felodipine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Caffeine	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Propranolol	20	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ceterizine	15	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Losartan	10	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	23	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Metronidazole	4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ