



MELLIFIQ



**Slutrapport  
Läkemedelsrening  
Hammargårds reningsverk**

Författare: Josephine Berg

Datum: 28.08.2023



# Innehåll

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Introduktion</b> .....                                   | <b>4</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Bakgrund</b> .....                                       | <b>4</b>  |
| 2.1.      | Läkemedelsrester i naturen .....                            | 4         |
| 2.2.      | Regleringar av läkemedelsutsläpp .....                      | 5         |
| 2.3.      | Tekniskt vatten .....                                       | 5         |
| 2.4.      | Hammargårds ARV .....                                       | 6         |
| 2.5.      | Recipientbeskrivning .....                                  | 7         |
| 2.6.      | Bidragsansökning och utförande .....                        | 7         |
| <b>3.</b> | <b>Förstudie</b> .....                                      | <b>8</b>  |
| 3.1.      | Metod .....   | 8         |
| 3.2.      | Resultat och diskussion .....                               | 8         |
| 3.2.1.    | Läkemedelshalter .....                                      | 8         |
| 3.2.2.    | Övriga parametrar .....                                     | 10        |
| <b>4.</b> | <b>Reningstekniker för avancerad läkemedelsrening</b> ..... | <b>10</b> |
| 4.1.      | Oxidation .....   | 10        |
| 4.2.      | Adsorption .....  | 11        |
| 4.3.      | Membranfiltrering .....                                     | 12        |
| <b>5.</b> | <b>Metod</b> .....  | <b>12</b> |
| 5.1.      | Pilotanläggning .....                                       | 12        |
| 5.2.      | Provtagning .....   | 13        |
| 5.3.      | Processparametrar .....                                     | 14        |
| 5.4.      | Laboratorisk analys av vattenprover .....                   | 15        |
| <b>6.</b> | <b>Resultat och diskussion</b> .....                        | <b>16</b> |
| 6.1.      | Utvärdering läkemedelsrening .....                          | 16        |
| 6.1.1.    | Totalhalt läkemedelsrester .....                            | 16        |
| 6.1.2.    | Miljöindikatorer och kommande regleringar .....             | 21        |
| 6.1.3.    | Verifiering och specifika läkemedel .....                   | 23        |
| 6.1.4.    | Övriga mätparametrar .....                                  | 27        |
| 6.2.      | Utvärdering tekniskt vatten .....                           | 29        |
| 6.2.1.    | Mikrobiologiska parametrar .....                            | 29        |
| 6.2.2.    | BOD och COD .....   | 31        |
| 6.2.3.    | PFAS .....  | 31        |
| 6.3.      | Energikonsumtion .....                                      | 32        |
| <b>7.</b> | <b>Slutsatser och rekommendationer</b> .....                | <b>33</b> |
| 7.1.      | Läkemedelsrening .....                                      | 33        |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 7.1.1. | Tekniskt vatten.....                                    | 33 |
| 7.2.   | Förutsättningar och behov inför fullskalig rening ..... | 34 |
| 8.     | Referenser.....   | 35 |
|        | Bilaga A - Läkemedelsrester förstudie.....              | 36 |
|        | Bilaga B – Läkemedelsrester pilot.....                  | 37 |
|        | Bilaga C – Utökat läkemedelspaket pilot .....           | 48 |
|        | Bilaga D – TSS, TOC och DOC .....                       | 52 |
|        | Bilaga E – PFAS.....                                    | 53 |



## 1. Introduktion

Kungsbacka kommun ansökte 2021 om Naturvårdsverkets anslag för att implementera läkemedelsrening vid Hammargårds avloppsreningsverk (ARV). Målsättningen med ansökningen var att implementera en pilotanläggning med tekniker för avancerad läkemedelsrening, för att rena ett delflöde av utloppsvattnet från reningsverket. Projektet genomförs genom ett partnerskap mellan Mellifiq och Kungsbacka kommun, som löper från ansökan till slutrapport.

I denna rapport presenteras utvärderingen av det avancerade läkemedelsreningssystemet i syfte att:

- (1) Optimera reningen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar från avloppsvattnet genom användning av ett containerbaserat pilotsystem,
- (2) Utvärdera om det reade vattnet har tillräcklig vattenkvalitet för återanvändning i form av tekniskt vatten, och
- (3) Dimensionera en fullskalig implementation av läkemedelsrening vid Hammargårds ARV.

## 2. Bakgrund

### 2.1. Läkemedelsrester i naturen

Genom att göra en livscykelanalys på läkemedelssubstanser kan det konstateras att läkemedelsresternas miljöpåverkan främst kan kopplas till produktionen, konsumtionen och avfallshanteringen. Inom EU är miljöpåverkan från produktionsanläggningarna normalt sett försumbar, men sporadiska förekomster av förhöjda halter av läkemedelsrester har påträffats nedströms från produktionsanläggningar. Den största bidragande faktorn till emissioner av läkemedelssubstanser till miljön är däremot genom konsumtion och inkorrekt hantering av överblivna läkemedel. För orala doser passerar mellan 30 och 90% av den aktiva läkemedelssubstansen människor och djur, och tar sig ut ur kroppen genom urinet. (BIO Intelligence Service, 2013) Läkemedelssubstanser som inkommer till konventionella reningsverk passerar ofta utan att degraderas, men vissa substanser bryts ned helt eller delvis under reningprocessen.

Många läkemedelssubstanser är bekräftade miljöhot. Ett exempel på det är det halvsyntetiska östrogenet etinylestradiol, som ingår i vissa preventivmedel och försvagar reproduktionsförmågan hos fiskar. Det finns även exempel på ekotoxikologiska effekter på bakterier och alger orsakade av antibiotika, och det antidepressiva läkemedlet oxazepam har bekräftats orsaka förändrade beteendemönster på den europeiska abborren. Ett annat känt exempel är den radikala populationsminskningen av gamar i Indien, orsakat av den smärtstillande substansen diklofenak. (BIO Intelligence Service, 2013)

I Sverige har Region Stockholm publicerat en förteckning över miljöbelastande läkemedelssubstanser, som består av 25 substanser vars miljöutsläpp bör följas upp. Listan är baserad på både data gällande koncentration i ytvattentäkter och i vissa fall även fiskar, samt vattenövervakning enligt EU:s vattenlagstiftning. Bland dessa ingår bland annat substanser som har detekterats i fisk nära eller vid terapeutiska nivåer för människa, har en toxicitet vid relevanta halter, och substanser som riskerar att selektera för antibiotikaresistenta bakterier. (Region Stockholm, 2022)



## 2.2. Regleringar av läkemedelsutsläpp

Europeiska unionens (EU:s) avloppsdirektiv (The Urban Waste Water Directive, UWWTD) reglerar miljöemissioner till vatten för att skydda vattenmiljön från avlopps oönskade effekter från urbana källor och industrier. Direktivet kräver att alla medlemsländer inom EU måste hantera avloppsvatten från agglomerationer över 2000 invånare till en minimumstandard. Avloppsdirektivet 91/271/EEC från 1991 omfattar rening av biokemisk syreförbrukning (BOD), kemisk syreförbrukning (COD) och suspenderade partiklar (total suspended solids, TSS), samt även totalt fosfor och totalt kväve där recipienten klassas som känslig för eutrofiering. (Council Directive 91/271/EEC, 1991)

Under hösten 2022 gick Europeiska Kommissionen ut med ett förslag för revision av avloppsdirektivet. I revideringen föreslås inte bara skärpta krav gällande näringämnen men även införande av kvartenär rening, det vill säga rening av mikroföroreningar i form av läkemedelsrester. I förslaget nämns en lista på ett antal indikatorsubstanser som kan förorena vatten vid förekomst i låga koncentrationer. Listan består två kategorier, se Tabell 1, där den första kategorin är substanser som enkelt kan behandlas och den andra kategorin är substanser som enkelt kan separeras bort. (Directorate-General for Environment, 2022)

Tabell 1. Lista på indikatorsubstanser aktuella för kvartenär rening i EU kommissionens förslag för revision avloppsdirektivet. (Directorate-General for Environment, 2022)

| Kategori 1          | Kategori 2            |
|---------------------|-----------------------|
| Amisulprid          | Benzotriazole         |
| Carbamazepine       | Candesartan           |
| Citalopram          | Irbesartan            |
| Clarithromycin      | 4-Methylbenzotriazole |
| Diclofenac          | 6-Methylbenzotriazole |
| Hydrochlorothiazide |                       |
| Metoprolol          |                       |
| Venlafaxine         |                       |

I kommissionens förslag föreslås en reningsgrad om minst 80% av indikatorsubstanserna, där procentsatsen ska baseras på minst sex substanser i listan och antalet substanser i kategori 1 är det dubbla antalet av substanser i kategori 2. Reningsgraden beräknas som ett medelvärde av totalkoncentrationen av läkemedelsämnen, där koncentrationen ingående till reningsverket jämförs med den utgående koncentrationen. (Directorate-General for Environment, 2022)

## 2.3. Tekniskt vatten

Idag finns ingen allmängiltig specifik definition med kvalitetskrav för tekniskt vatten, men med tekniskt vatten avses renat avloppsvatten eller dagvatten som inte har dricksvattenkvalitet.

EU antog en förordning om minimikrav för återanvändning av vatten i maj 2020, främst med fokus på bevattning inom jordbruket. I denna förordning specificeras ett antal kvalitetskrav för olika kvalitetsklasser av tekniskt vatten, vilka sammanfattas i Tabell 2. (Council Directive 2020/741, 2020)



Tabell 2. Kvalitetskrav för återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket. (Council Directive 2020/741, 2020)

| Kvalitetsklass | <i>E. coli</i> [antal/100 mL] | BOD <sub>5</sub> [mg/L] | TSS [mg/L] | Turbiditet [NTU] |
|----------------|-------------------------------|-------------------------|------------|------------------|
| A              | ≤ 10                          | ≤ 10                    | ≤ 10       | ≤ 5              |
| B              | ≤ 100                         | ≤ 25                    | ≤ 35       | -                |
| C              | ≤ 1 000                       | ≤ 25                    | ≤ 35       | -                |
| D              | ≤ 10 000                      | ≤ 25                    | ≤ 35       | -                |

Olika typer av kvalitetsklasser krävs för olika typer av grödor där olika bevattningsmetoder kan krävas. Exempelvis krävs kvalitetsklass A för grödor som konsumeras råa och där ätliga delar är i direkt kontakt med vattnet, medan lägsta kvalitetsklass D är tillräcklig för industri- och energigrödor samt sådda grödor. (Council Directive 2020/741, 2020)

## 2.4. Hammargårds ARV

Hammargårds ARV är ett reningsverk beläget i Kungsbacka kommun, som tar emot kommunalt och industriellt avloppsvatten från Kungsbacka stad, Onsalahalvön, Vallda, Älvsåker, Anneberg, Hjälms, Fjärås och Gällinge. Hammargårds ARV har idag miljötillstånd för 52 000 pe, men med den kraftiga befolkningstillväxten i kommunen så har kommunen nyligen ansökt och fått beviljat ett nytt miljötillstånd. I samband med detta kommer ett helt nytt reningsverk att byggas på samma plats som nuvarande reningsverk. En drönbild av Hammargårds ARV kan ses i Figur 1.



Figur 1. Drönbild av Hammargårds ARV.

Det nuvarande reningsverket omfattar mekanisk, biologisk och kemisk processrening. Den biologiska reningen sker genom processen Quattro Denipho, där organiskt material och kväve reduceras. Den kemiska reningen sker genom simultan- och efterfällning. Det producerade slammet förtjockas gravimetriskt, avvattnas, stabiliseras och hygieniseras slutligen. Slammet är REVAQ-certifierat och kan därför användas för näringstillförsel inom jordbruket.



## 2.5. Recipientbeskrivning

Det renade vattnet från Hammargårds ARV släpps ut i recipienten Kungsbackaån, som mynnar ut i Kungsbackafjorden. Kungsbackaån har en ekologisk status som klassas som måttlig och en kemisk ytvattenstatus klassificerad som uppnår ej god. Det finns tre typer av kemiska ämnen som är prioriterade att följa upp, eftersom vattenförekomsten inte bedöms uppnå god status med avseende på dessa. Dessa ämnen är bromerade difenyleter, kvicksilver och kvicksilverföreningar, samt tributyltenn föreningar. De två förstnämnda orsakas främst av utsläpp som skett både i Sverige och utomlands under en lång tid, vilket har resulterat i luftburen spridning och atmosfärisk deposition av ämnena. (Länsstyrelserna, n.d.)

Kungsbackafjorden är klassad som ett Natura 2000-område enligt Habitatdirektivet 92/43/EEG och har ett rikt bestånd av fågelliv, bland annat de rödlistade fågelarterna kärrsnäppa och gulärta. Delar av Kungsbackafjorden innehåller även ålgräs (*Zostera marina*), med rikliga bestånd av ål. Det finns även många fiskarter, både stationära och arter som temporärt invandrar, exempelvis makrill, sill, torsk, lax och havsöring. I de yttre delarna av fjorden förekommer bestånd av hummer och krabba. Det finns 16 olika habitattyper inom Kungsbackafjorden, enligt uppdelningen i nätverket Natura 2000. Av dessa är habitat-typen artrika stagg-gräsmarker på silikatsubstrat av särskild prioritet inom EU. (Broberg, 2005)

## 2.6. Bidragsansökning och utförande

För att belysa problemet med läkemedelsrester i naturen har Naturvårdsverket under ett antal år utfört utlysningar med syfte att sänka mängden läkemedelsrester som når svenska vattendrag från avloppsreningsverk. Kungsbacka kommun ansökte om ett bidrag för att utvärdera reduktionen av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar på pilotskala, där ett delflöde från reningsverket tas ut och leds genom ett avancerat vattenreningsystem.

I enlighet med Kungsbacka kommuns proaktiva approach för att minska vattenförbrukningen enligt "reduce, reuse, recycle", önskade kommunen även att utvärdera produktion av tekniskt vatten. Tekniskt vatten har ingen formell definition och krav på reningsgrad, men avser återvunnet renat avloppsvatten som inte är av dricksvattenkvalitet. Tekniskt vatten kan användas till ändamål som exempelvis bevattning, spolvatten och kylvatten.

Projektet påbörjades i juli 2022 och avslutades i oktober 2023. Projektet initierades med en förstudie med initiala provtagningar, för att analysera hur stor andel läkemedelsrester som renas bort i reningsverkets nuvarande utformning. Under samma period påbörjades projektering och konstruktion av det tekniska underlaget för pilotsystemet. Det genomfördes även platsbesök där befintlig anläggning och förutsättningar för installation diskuterades. Pilotsystemet, i form av en containerbaserad lösning, tillverkades i Hägersten och transporterades sedan till installationsplatsen vid Hammargårds ARV. I detta fall bestod systemet av en 20 ft. container innehållande reningsstegen ozonering och filtrering genom adsorptionsmaterialet granulerat aktivt kol (GAK), samt en 10 ft. container innehållande nanofiltermembran.

Projektet har genomförts av Kungsbacka kommun i samarbete med dedikerad partner Mellifiq, som besitter nödvändiga erfarenheter och specialistkunskaper inom läkemedelsrening på avloppsreningsverk.



### 3. Förstudie

Under hösten 2022 utfördes en förstudie bestående av en kartläggning av läkemedelshalter vid tre provtagningspunkter: ingående, efter den biologiska reningen och utgående från Hammargård ARV.

#### 3.1. Metod

I samband med den initiala förstudien gjordes provtagningar vid totalt tre olika platser i reningsverket. För ingående och utgående flöde användes automatiska provtagare, där ett dygnsmedelvärde analyserades. För provtagningspunkten efter det biologiska steget gjordes en manuell provtagning i rännan innan efterfällningsbassängen.

Läkemedelsrester analyserades vid alla tre provtagningspunkter genom att fylla tre 50 mL provrör med vatten från respektive provtagning. Proverna frystes innan de skickades för analys. Vid provtagningspunkten efter det biologiska steget analyserades suspenderade partiklar (total suspended solids, TSS) och vid utloppspunkten analyserades TSS, totalt organiskt kol (total organic carbon, TOC) samt löst organiskt kol (dissolved organic carbon, DOC). Dessa analyser gjordes genom att fylla 200 mL provtagningsflaskor som skickades med kylda till ett tredjepartslaboratorium för analys.

Provtagningarna gjordes direkt efter varandra och därav inte med avseende på den hydrauliska uppehållstiden. Detta eftersom reningsprocessen anses vara stabil över tid och eftersom uppehållstiderna i verket är långa.

#### 3.2. Resultat och diskussion

I följande sektion behandlas de kemiska analyser som gjorts under förstudien, vilket inkluderar läkemedelsrester, TSS, DOC och TOC.

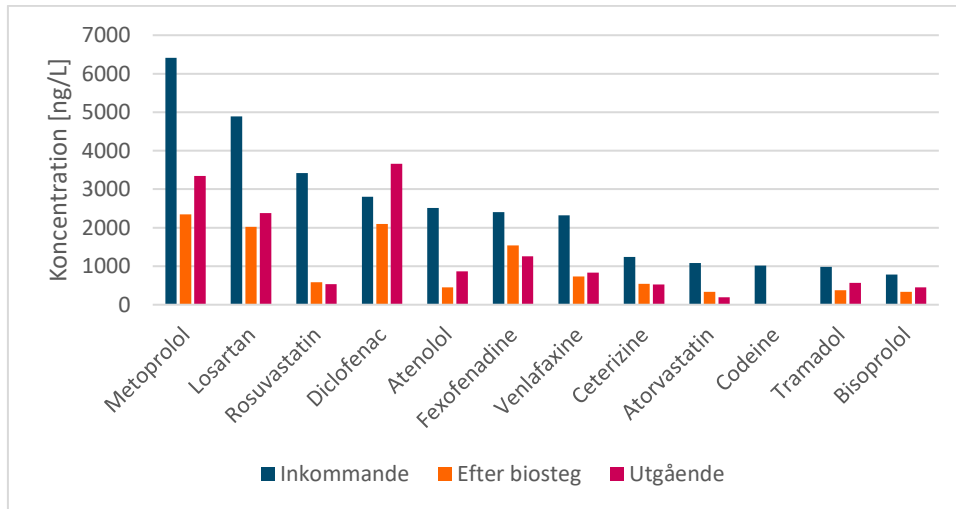
##### 3.2.1. Läkemedelshalter

Vid kartläggningen identifierades 35 av 98 analyserade substanser, varav 32 återfinns i reningsverkets utlopp. Med hänsyn till årsmedelbelastningen på 5.2 Mm<sup>3</sup>/år avseende 2015–2019, beräknas därav 97 kg detekterbara läkemedel lämna Hammargård ARV varje år.

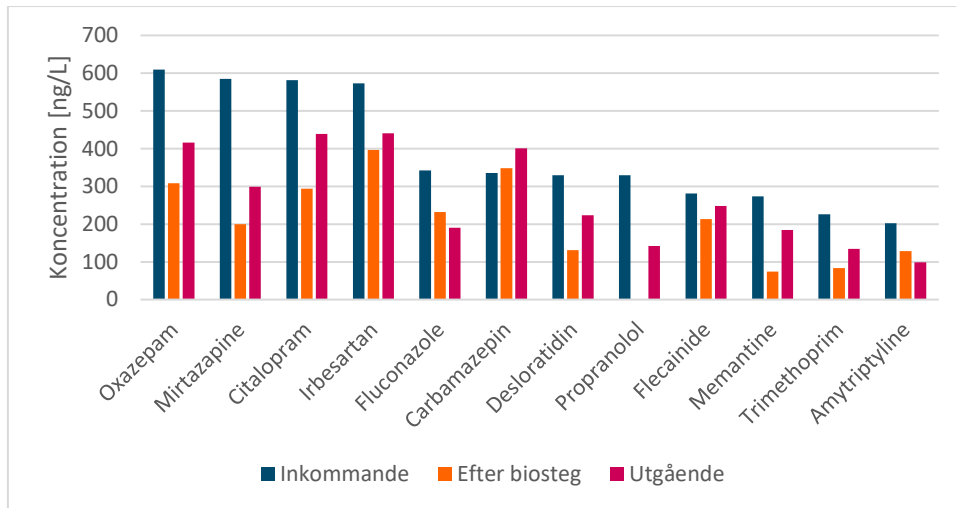
De läkemedel som uppmättes till högst koncentration vid inflödet till reningsverket är koffein (362 107 ng/L), paracetamol (116 051 ng/L), metoprolol (6 412 ng/L) och losartan (4 891 ng/L). Genom nuvarande reningssystem reduceras koffein till en nivå under detektionsgränsen och paracetamol reduceras till koncentrationen 268 ng/L. Även substanserna kodein och sulfametoxazol reduceras till en koncentration under detektionsnivån genom nuvarande reningssystem.

En sammanställning av samtliga substanser vid provtagningspunkterna kan ses i Figurerna 2–4, exkluderande koffein och paracetamol. Det fullständiga resultaten från läkemedelsanalyserna finns tillgängligt i *Bilaga A - Läkemedelsrester förstudie*.

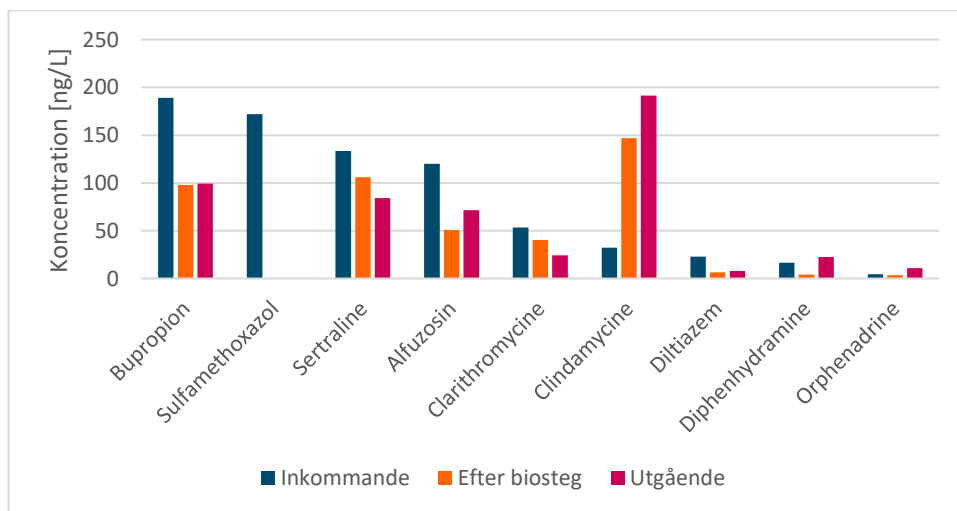




Figur 2. Koncentrationen av läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna med halt vid inflöde på 700 – 6 500 ng/L.



Figur 3. Koncentrationen av läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna med halt vid inflöde på 200 – 610 ng/L.



Figur 4. Koncentrationen av läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna med halt vid inflöde på 4 – 190 ng/L.



I Figur 2–4 kan det observeras att ett antal ämnen (carbamazepin, clindamycine, diphenhydramine, diclofenac och orphenadrine) uppmättes vid en högre koncentration i utloppet i jämförelse med inloppet. Det finns två möjliga orsaker till detta. Vissa läkemedel kan ha varit bundna till partiklar vid analysen av inflödesvattnet. Detta resulterar i att substanserna inte är tillgängliga för analysmetoden och därav inte kan uppmätas korrekt. En annan förklaring till fenomenet är att provtagningen inte gjordes med avseende på uppehållstiden, och därav analyserades inte samma vattenmassa. I detta fall är det troligt att tids- och dygnsvariationerna vara höga, vilket gör att en korrekt analys av reduktionsgraden inte kan göras för vissa specifika läkemedel.

Sammanfattningsvis kan det ses att majoriteten av de detekterbara substanserna inte reduceras fullständigt med nuvarande reningsprocess. För flera av substanserna återstår >65% av den initiala koncentrationen vid reningsverkets utlopp (flecainide, irbesartan, citalopram, desloratidin, memantine och oxazepam).

Den totala reduktionsgraden av läkemedelsrester i nuvarande reningsystem beräknades till 48%, exkluderande substanserna koffein och paracetamol.

### 3.2.2. Övriga parametrar

Förutom analysen av läkemedelsrester gjordes även ett antal analyser av parametrarna suspenderade partiklar (TSS), löst organiskt material (DOC) och totalt organiskt material (TOC). Resultatet av analyserna kan ses i Tabell 3.

Tabell 3. Resultat från analyserna av TSS, DOC och TOC.

| Provtagningspunkt | TSS [mg/L] | DOC [mg/L] | TOC [mg/L] |
|-------------------|------------|------------|------------|
| Efter biosteget   | 8.2        |            |            |
| Utgående flöde    | 2.2        | 9.3        | 11         |

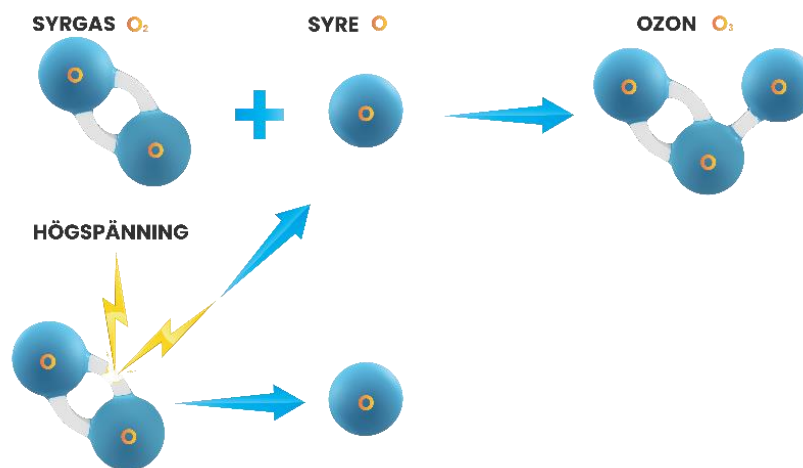
Resultaten från analyserna används för att ge en uppfattning om vattenkvaliteten för det utgående vattnet. Detta är viktig information för inställning av initiala driftsparametrar, exempelvis backspolningsintervall för multimediafiltrena.

## 4. Reningstekniker för avancerad läkemedelsrening

Sektionerna nedan beskriver de vanligaste teknikerna för läkemedelsrening, där samtliga tekniker har utvärderats under detta projekt.

### 4.1. Oxidation

Mikroföroreningar som läkemedelsrester i avloppsvatten kan brytas ned genom aktiv oxidation av molekylerna. Ozon är ett starkt oxidationsmedel och kan fördelaktigt användas som oxidationsteknik, där inga konsumtionsmaterial som kemikalier krävs. Processen sker genom framställning av högkoncentrerad ozongas (> 130 g/Nm<sup>3</sup>) som löses in i vätskefasen under en kontrollerad process som kräver flödes- och tryckreglering. Den högkoncentrerade ozongasen framställs i en ozogenerator, och kräver torr syrgas från en syrgasgenerator eller flytande syrgas från tub(er). Det inlösta ozonet har en hög oxidationspotential och reagerar med kontaminanter i vattnet, däribland läkemedelsrester. Processen kan illustreras enligt Figur 5.



Figur 5. Framställande av ozongas genom högspänningsurladdning där syrgas (O<sub>2</sub>) sönderdelas för att skapa en ozonmolekyl, O<sub>3</sub>.

För en väl fungerande ozoneringsprocess krävs följande komponenter:

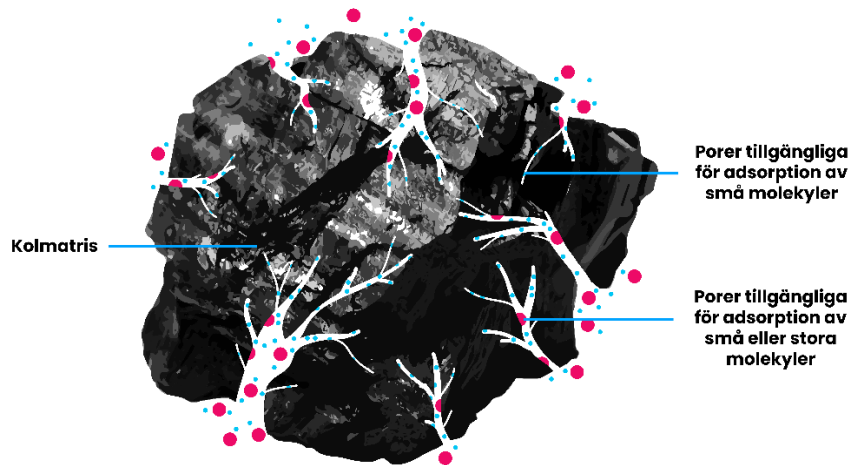
- Användning av syrgasmatade ozongeneratorer för att förlänga livslängden och reducera miljöpåverkan av ozonproduktionen,
- Reglering av flöde och tryck för optimal inlösning av ozongas i vattnet,
- Tillräcklig avblödningsfunktion från inlösningsprocessen, där avblödningsgasen innehållande ozon leds till katalytiska ozondestrukturer, och
- Fullständiga säkerhetsfunktioner med automatiska avstängningsfunktioner vid detektion av ozongas.

Rening av mikroföroreningar med ozon inaktiverar de aktiva läkemedelssubstanserna och driver kemiska reaktioner mot slutprodukten vatten och koldioxid. Ozonet angriper primärt kovalenta dubbel- och trippelbindningar i molekylstrukturer, och reagerar så att de bryts ned till mindre molekyler. Nedbrytningsgraden genom ozonering beror på faktorer som reaktionstid, hydrauliskt tryck över reaktionstanken som påverkar inlösningsgraden och massöverföringen, samt den generella vattenkvaliteten i avloppsvattnet.

## 4.2. Adsorption

Ett alternativt sätt att rena bort läkemedelssubstanser från vatten är genom adsorptionsteknik, där granulerat aktivt kol (GAK) eller pulveriserat aktivt kol (PAK) kan användas för att binda upp organiska molekyler. Tekniken är utbredd och allmänt använd för att reducera olika typer av föroreningar i vattenreningsprocesser. Adsorptionsprocessen sker normalt i filterbäddar fyllda med adsorptionsmaterial. (FORMAS, 2022)

Det finns många olika typer av adsorptionsmedia med varierande egenskaper, som selekterar för specifika typer av kontaminanter. Egenskaperna kan variera avseende exempelvis partikelstorlek, porstorlek och katalytisk impregnering. Förutom detta kan kolet framställas på olika sätt, där de vanligaste sorterna är kokosnötskol, stenkol och träkol. Även de olika framställningssätten resulterar i varierande fysikaliska egenskaper hos kolet. En konceptuell bild av funktionen hos adsorptionsmedia illustreras i Figur 6.



Figur 6. Konceptuell sketch av funktionen hos adsorptionsmedia, exempelvis granulerat aktiverat kol (GAK).

Under reningsprocessens gång mätas det aktiverade kolet med föroreningar och förbrukas på så sätt, och måste därefter regenereras för återanvändning eller energiåtervinnas genom förbränning. GAK kan regenereras till >95% upp till fem gånger, medan PAC endast kan användas en gång. I dagsläget är det vanligaste hanteringssättet förbränning redan efter det första användningstillfället, men forskning pågår för att utföra reaktivering på plats hos reningsverken. (FORMAS, 2022)

### 4.3. Membranfiltrering

Membranfiltrering är process där substanser avskiljs baserat på molekylstorlek, genom användning av trycksatta membran. Processen separerar effektivt mikroföroreningar som exempelvis läkemedelsrester, men är potentiellt energiintensiv. Nanofiltermembran definieras ha en porstorlek mellan 0.2 och 2 nm och således en molekylavskiljning (molecular weight cut-off, MWCO) mellan 200 och 1 000 Da. (Panupong Chuntanalog, 2019)

Resultatet från rening genom membranfiltrering är två flöden ut ur processen, det renade vattnet i form av ett permeat och ett retentat eller koncentrat innehållande kontaminanter. En viktig faktor i optimeringen av reningen är att maximera recovery rate, det vill säga den andel permeat i förhållande till andelen retentat. Retentatet innehållande kontaminanter behöver antingen behandlas vidare, exempelvis genom ozonering eller adsorption, eller destrueras.

## 5. Metod

Sektionerna nedan beskriver metoden för pilotprojektet som utförts vid Hammargårds ARV.

### 5.1. Pilotanläggning

Mellifiq har levererat ett komplett avancerat vattenreningssystem i syfte att reducera mikroföroreningar i form av läkemedelsrester i avloppsvattnet och utvärdera möjligheterna för produktion av tekniskt vatten med samma metoder. Reningssystemet är containerbaserat och består av en 20 ft. Container (container 1) innehållande ozonering och en adsorptionsprocess med GAK, samt en 10 ft. container (container 2) med ett sandfilter och ett membransystem med nanofilter (NF). Genom att installera ozoneringssteget innan adsorptionssteget med GAK kan kolets livslängd förlängas.



Hela det avancerade vattenreningssystemet är helautomatiserat med syrgasgenerering, säkerhetsfunktioner, optimerad inlösning av ozon, integrerat kylsystem, och backspolningssekvenser av filter och membran. Ozonsystemet är av märket Ozonetech RENA Tellus X160, adsorptionsfiltret med GAK är av märket FlexKarb 10-C tillsammans med Mellifigs O-GAK™ filtermedia, och membransystemet är ett WaterMaid™ NF-system. Sandfiltret i container 2 renar inte aktivt bort läkemedelssubstanser eller mikroföroreningar, men skyddar membranfiltret från oönskade partiklar vid eventuella driftproblem uppströms.

Containrarna är installerade seriellt och flödet genom container 1 varierar mellan 5 och 15 m<sup>3</sup>/h under projektets gång. Kapaciteten för container 2 är 1 m<sup>3</sup>/h, och därav renas endast ett delflöde genom membranfiltrering.

De installerade containrarna på plats vid Hammargårds ARV kan ses i Figur 7.



Figur 7. Det containerbaserade avancerade vattenreningssystemet installerat vid Hammargårds ARV.

Mellifiq har ansvarat för samtliga projektfaser:

- Förstudiearbete och pilotprojekt,
- Dimensionering och flödessimulering,
- CAD och systemdesign,
- Leverans och installation,
- Provtagning,
- Utvärdering och driftsättning.

## 5.2. Provtagning

I Figur 8 presenteras en schematisk bild av reningsanläggningen vid Hammargårds ARV, inkluderande provtagningspunkterna 1–6.





Figur 8. Schematisk bild av det containerbaserade avancerade vattenreningssystemet innehållande ozonering, adsorption med granulerat aktivt kol (GAK), sandfiltrering och nanofiltrering (NF), samt provtagningspunkterna 1–6.

Provtagningspunkt 1, ingående till det avancerade vattenreningssystemet, var placerad efter reningsverkets sandfilter intill matarpumpen för det avancerade reningssystemet. Övriga provtagningspunkter var placerade i det containerbaserade reningssystemet. En sammanfattning av provtagningspunkterna kan ses i Tabell 4.

Tabell 4. Provtagningspunkter som användes under projektets gång.

| Numrering | Benämning                   |
|-----------|-----------------------------|
| 1         | Ingående (IN)               |
| 2         | Efter ozon (O3)             |
| 3         | Efter GAK (GAK)             |
| 4         | Efter sandfilter (SAND)     |
| 5         | Permeat från membran (PERM) |
| 6         | Retentat från membran (RET) |

Vid samtliga provtagningsstillfällen togs vattenprover på två olika sätt. Provtagningsbägare fylldes med vatten för analys av de fysiska och kemiska parametrarna, som lämnades kylda till tredjeparts laboratorium. Ytterligare fylldes 50 mL provrör med vatten för analys av läkemedelsrester, som frystes in för konservering fram tills analystillfället.

Vattenmassan inkommande till det avancerade reningssystemet antogs vara relativt homogen till följd av det stora flödet som passerar verket. Det var inte heller praktiskt möjligt att göra provtagningsarna med avseende på den hydrauliska uppehållstiden i systemet, men provtagningsarna gjordes systematiskt i ordningen som numrerats i Tabell 4.

### 5.3. Processparametrar

Vattenreningssystemet utvärderades genom att variera två processparametrar: vattenflöde genom systemet och ozoneffekten i ozongeneratorerna. Ozoneffekten är uttryckt som en procentandel av den maximala ozoneffekten i ozonsystemet installerat i containern. En sammanfattning av de sju olika driftscenarion, och således utförda provtagningsstillfällen, som utfördes inom ramen av projektet är sammanställt i Tabell 5. Respektive driftscenario kördes i ca fyra veckor under tidsperioden januari till juni 2023. Notera att P1-P6 var provtagningsarna med fokus på läkemedelsrening, medan PX var en provtagningsarna som gjordes med fokus på produktion av tekniskt vatten tillsammans med ett utökad paket för analys av specifika läkemedelssubstanser.



Tabell 5. De sju olika driftscenarion som utvärderades under projektets gång.

| Provtagningsstillfälle | Vattenflöde [m <sup>3</sup> /h] | Ozoneffekt [%] |
|------------------------|---------------------------------|----------------|
| P1                     | 5                               | 75             |
| P2                     | 10                              | 75             |
| P3                     | 15                              | 75             |
| P4                     | 5                               | 50             |
| P5                     | 10                              | 50             |
| P6                     | 15                              | 50             |
| PX                     | 10                              | 100            |

För att utvärdera respektive driftscenarion och skala upp pilotskaleförsöken till full skala krävs beräkningar av både ozonets effektivitet och adsorptionsfiltrets egenskaper. För att utvärdera ozoneringssteget har den hydrauliska uppehållstiden i reaktionstanken beräknats, vilket kan ses sammanfattat i Tabell 6.

Tabell 6. Den beräknade hydrauliska uppehållstiden i ozoneringstanken för respektive vattenflöde.

| Vattenflöde [m <sup>3</sup> /h] | Hydraulisk uppehållstid, O <sub>3</sub> reaktionstank [min] |
|---------------------------------|---|
| 5                               | 1.8   |
| 10                              | 0.9   |
| 15                              | 0.6   |

Upphållstiden i adsorptionsfiltret (empty bed contact time, EBCT), och flöde per vertikal tvärsnittsarea över filterbädden (linjära flödeshastigheten), är två parametrar som kan beräknas för att utvärdera ett filters egenskaper. Dessa parametrar finns redovisade i Tabell 7 för de vattenflöden som användes under projektet.

Tabell 7. Den beräknade empty bed contact time (EBCT) och linjära flödeshastigheten för kolfiltret.

| Vattenflöde [m <sup>3</sup> /h] | EBCT [min] | Linjär flödeshastighet [m/h] |
|---------------------------------|------------|------------------------------|
| 5                               | 7.8        | 8.1                          |
| 10                              | 3.9        | 16.1                         |
| 15                              | 2.6        | 24.2                         |

#### 5.4. Laboratorisk analys av vattenprover

Vattenproverna skickades till en extern tredje parts laboratorium för analys av alla vattenparametrar:

- Totalt organiskt material (TOC),
- Löst organiskt material (DOC),
- Suspenderade partiklar (TSS) och
- Läkemedelssubstanser.

Det tredjepartslaboratorium som användes för analys av läkemedelsrester fick problem med känsligheten i sitt instrument, som därför behövde tas ur bruk. Detta laboratorium hade redan hunnit analysera proverna från det första provtagningsstillfallet, P1, när instrumentet fortfarande var i funktion. Som en konsekvens av detta har ett annat tredjeparts laboratorium utfört analys av läkemedelssubstanser från provtagningsstillfälle P2-P6. Det finns därför en diskrepans mellan



läkemedelssubstanserna som analyserades vid det första tillfället, i jämförelse med läkemedelsanalyser från övriga provtagningar.

Ytterligare gjordes enstaka provtagningar och analys av följande parametrar:

- Utökad paket för analys av läkemedelssubstanser och hormoner,
- Biologisk syreförbrukning (BOD),
- Kemisk syreförbrukning (COD),
- Mikrobiologiska parametrar (koliforma bakterier, *Escherichia coli*, somatiska kolifager) och
- Per- och polyfluorerade alkaliska substanser (PFAS).

## 6. Resultat och diskussion

Sektionerna nedan sammanfattar resultatet från provtagningarna och analyserna som gjordes i syfte att utvärdera både läkemedelsreningen och produktionen av tekniskt vatten.

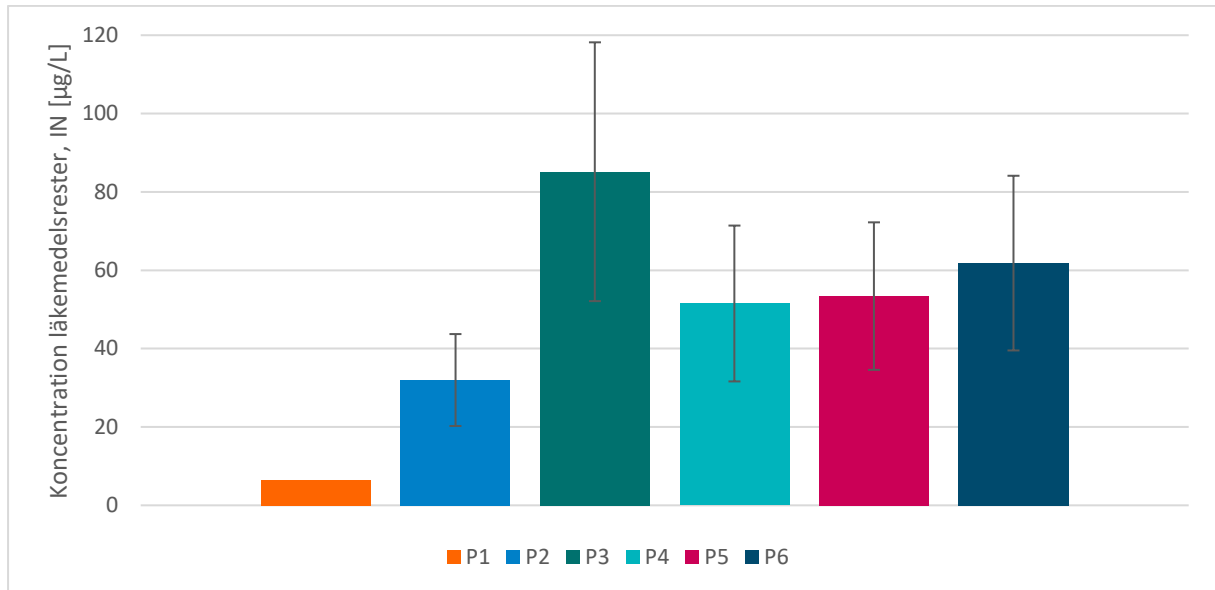
### 6.1. Utvärdering läkemedelsrening

Sammanfattningsvis visade resultaten att den avancerade vattenreningsanläggningen renade och avskiljde mellan 91.3% och 100% av de detekterbara läkemedelsresterna vid alla varierande systeminställningar som utvärderades. Totalkoncentrationen av aktiva läkemedelssubstanser inkommande till reningsanläggningen varierande mellan 6.56  $\mu\text{g/L}$  och 85.2  $\mu\text{g/L}$ , med ett genomsnitt på 48.4  $\mu\text{g/L}$ .

#### 6.1.1. Totalhalt läkemedelsrester

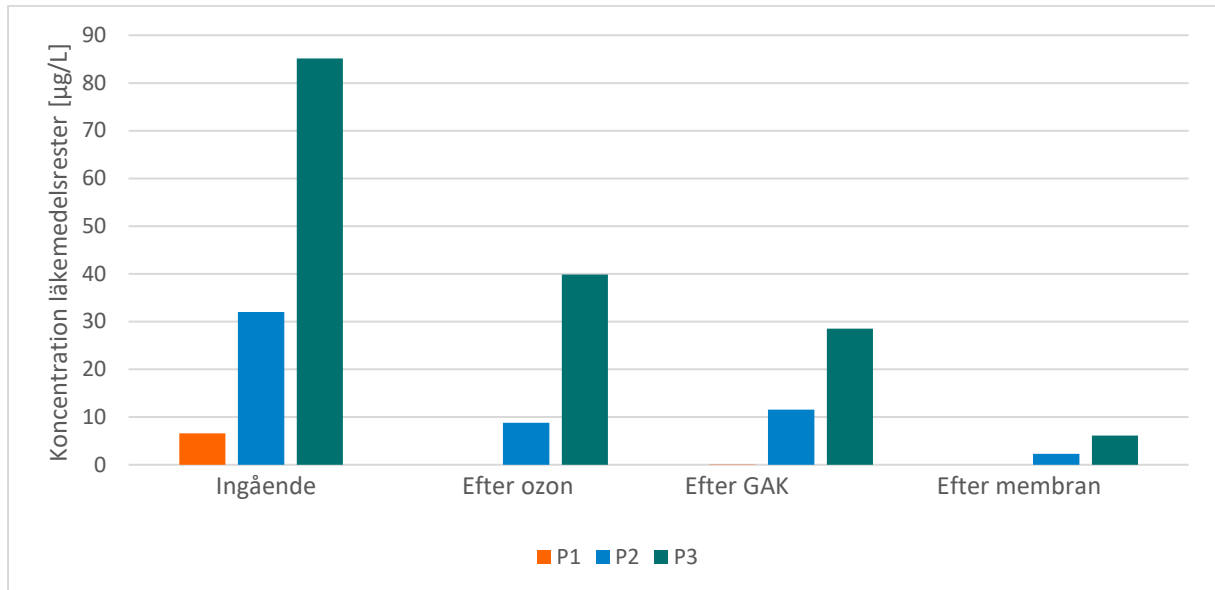
Utifrån 99 analyserade substanser vid provtagning P2-P6 kunde 29 olika aktiva läkemedelssubstanser detekteras vid avloppsreningsverkets utlopp, och inkommande till det avancerade reningssystemet. Medelvärdet av koncentrationerna på det inkommande vattnet var 48.4  $\mu\text{g/L}$ , och baserat på årsmedelbelastningen avseende 2015–2019, 5.2 Mm<sup>3</sup> per år, kan det beräknas att Hammargårds reningsverk släpper ut minst 252 kg aktiva läkemedelssubstanser per år. Notera att denna beräkning är konservativt gjord, eftersom det troligen finns ett stort antal aktiva läkemedelssubstanser som förekommer i koncentrationer understigande detektionsgränsen (level of quantification, LOQ).

Det kan noteras att den ingående belastningen av aktiva läkemedelssubstanser varierar kraftigt under de olika provtagningstillfällena, med koncentrationer varierande mellan 6.56 och 85.2  $\mu\text{g/L}$ . Detta illustreras i Figur 9, som visar totalkoncentrationen av läkemedelssubstanser utgående från Hammargårds ARV och inkommande till det avancerade vattenreningssystemet.



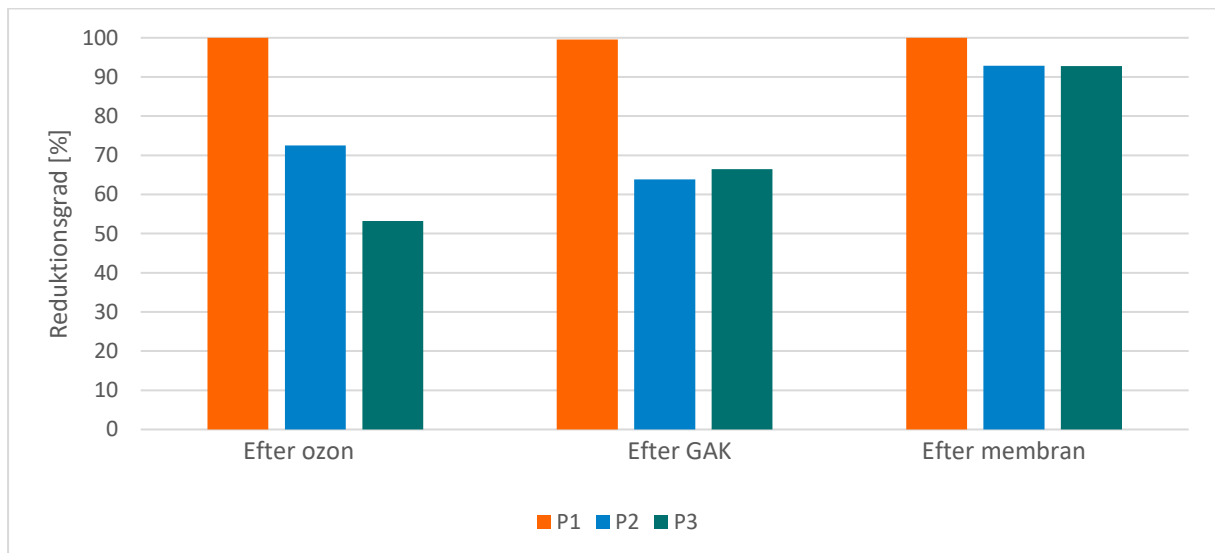
Figur 9. Totalkoncentrationen av läkemedelsrester inkommande till i det avancerade vattenreningsystemet vid de sex olika provtagningsstillfällena. Grafen inkluderar felmarginaler för mätosäkerhet vid alla provtagningsstillfällena förutom P1, då detta inte kunde beräknas utifrån givna data. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

Under de första tre driftscenariona bestämdes ozoneffekten till 75% av den maximala effekten och processflödet varierades mellan 5 och 15 m<sup>3</sup>/h. Ett ökat flöde genom systemet resulterar i en kortare uppehållstid och därav kortare reaktionstid för ozonet i reaktionstanken. Som en konsekvens av detta kommer reningseffekten att minska med flödet, eftersom kontaminanterna inte hinner oxideras fullständigt. Dessutom kommer processflödet att påverka adsorptionsfiltrets förmåga att adsorbera de lösta kontaminanterna på kolgranulaten. Studier har visat att en för kort EBCT resulterar i att kolets sorptionsförmåga inte utnyttjas fullständigt, medan en för lång EBCT ökar kolanvändningen utan att öka reningseffekten. (T. Fundneider, 2021) Dessa effekter studerades i praktiken genom att göra tre provtagningar, P1-P3, vid samtliga provtagningspunkter. Resultatet för den totala mängden läkemedelsrester som återfanns vid respektive provtagningspunkt, inkommande till det avancerade reningssystemet, efter ozoneringssteget, efter adsorptionssteget och efter membranfiltreringen, kan ses i Figur 10.



Figur 10. Totalkoncentrationen av läkemedelsrester vid respektive provtagningspunkt och provtagningsstillfälle P1-P3. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

I Figur 10 kan det ses att reningseffekten ökar efter vardera reningssteg, som förväntat. Detta illustreras även i Figur 11, som visar reduktionsgraden av aktiva läkemedelssubstanser efter respektive reningssteg, ozonering, adsorption med GAK och membranfiltrering för de tre första tre provtagningsarna P1-P3.



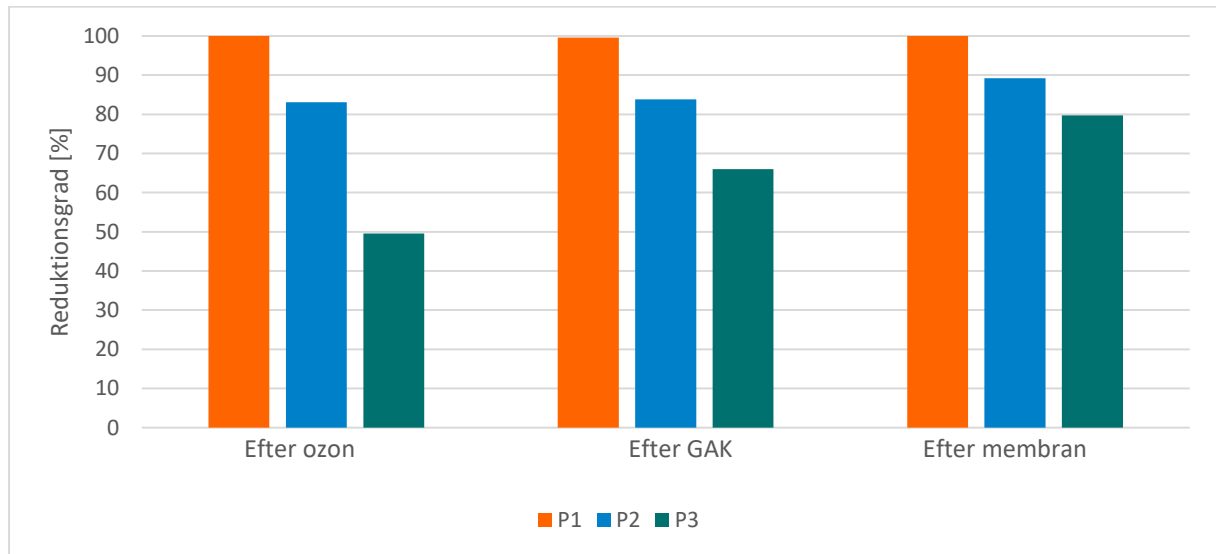
Figur 11. Total reduktionsgrad av de aktiva läkemedelssubstanserna efter respektive reningssteg och provtagningsstillfälle P1-P3. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

Det kan observeras att reningseffekten som förväntat minskar linjärt med den ökande flödes hastigheten genom systemet, vilket bland annat kan förklaras med en kortare reaktionstid för ozonet. Det kan dock noteras att reduktionsgraden inte minskar linjärt med ett ökande flöde efter processteget adsorption med GAK. Genom att studera de enskilda läkemedelssubstanserna noggrannare, kan det ses att en substans stod ut från övriga och förekom i märkbart högre koncentrationer än övriga, iohexol. Eftersom iohexol förekom i höga koncentrationer resulterar det i





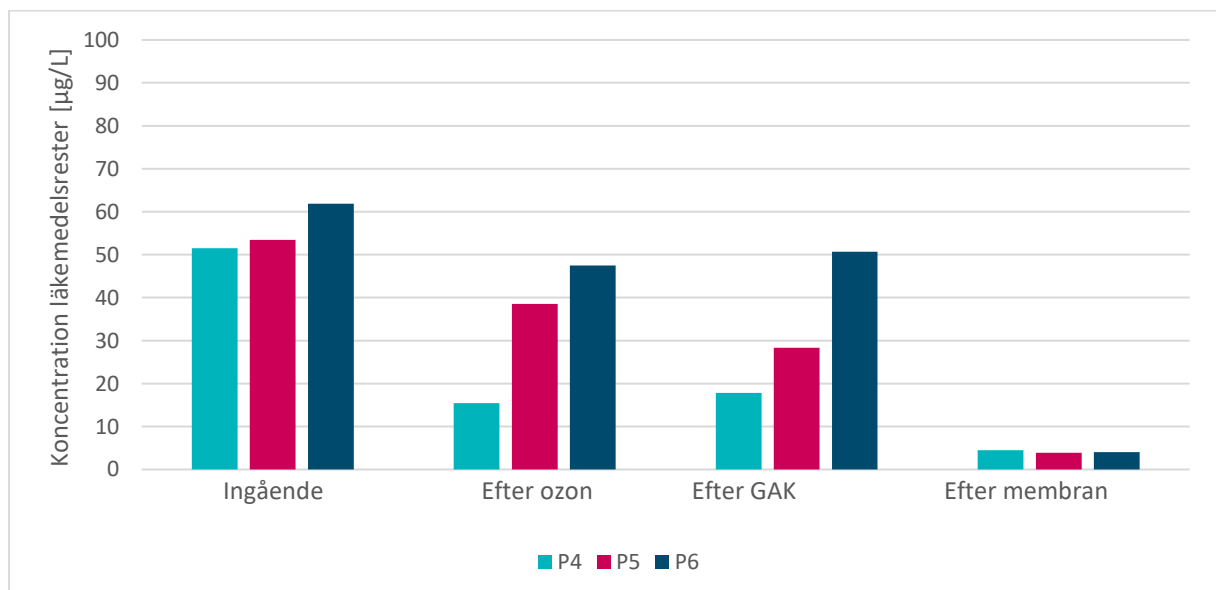
en hög mätosäkerhet för den specifika substansen, och den totala reduktionsgraden av läkemedelssubstanserna plottades därför även exklusive iohexol, se Figur 12.



Figur 12. Total reduktiongrad av de aktiva läkemedelssubstanserna exklusive substansen iohexol, efter respektive reningssteg och provtagningsstillfälle P1-P3. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

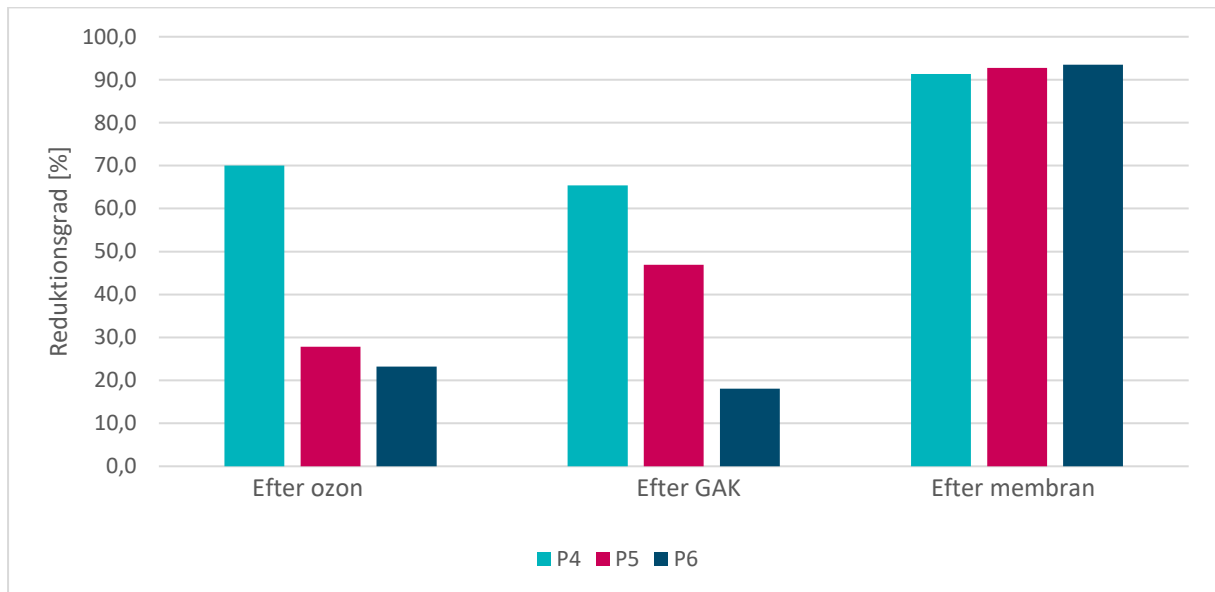
I Figur 12 kan det observeras att reduktionsgraden följer det förväntade mönstret med en ökande reduktionsgrad efter respektive seriellt reningssteg, och en minskande reningsgrad med ett ökande flöde.

För att utvärdera energioptimeringen av det avancerade vattenreningssystemet sänktes ozoneffekten till 50% av den maximala effekten, och sedan gjordes samma jämförelse med varierande processflöden mellan 5 och 15 m<sup>3</sup>/h för provtagning P4-P6. Resultatet för den totala koncentrationen av läkemedelsrester vid respektive provtagningspunkt för provtagningsstillfällena P4-P6 kan ses i Figur 13. Motsvarande plot för reduktionsgraden av aktiva läkemedelssubstanser kan ses i Figur 14.



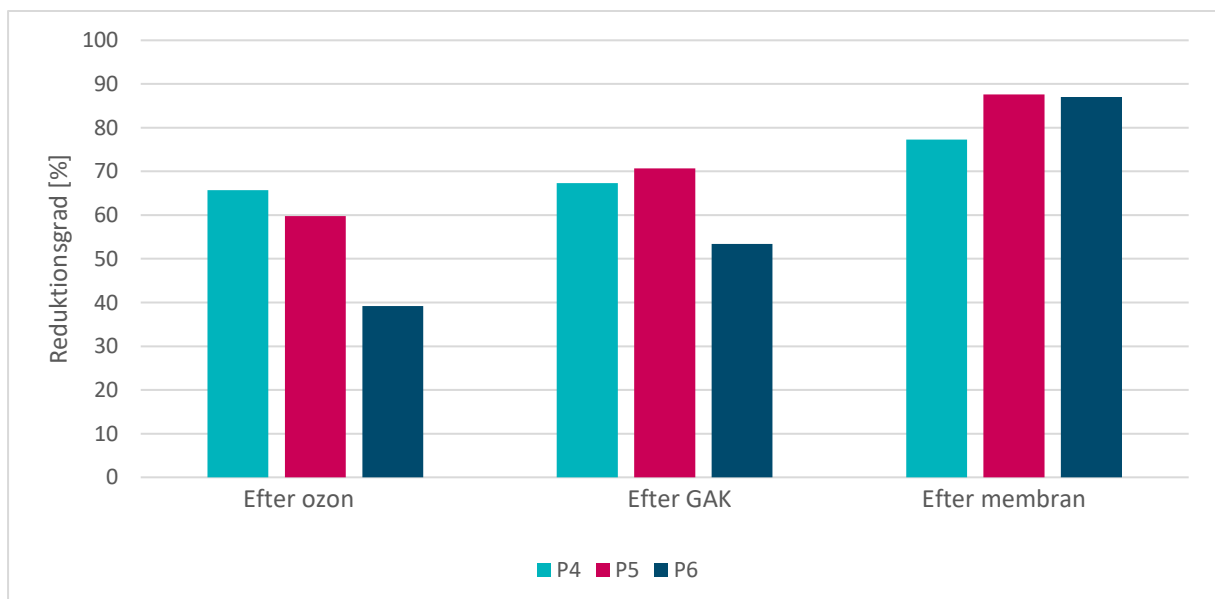


Figur 13. Totalkoncentrationen av läkemedelsrester vid respektive provtagningspunkt och provtagningsstillfälle P4-P6. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.



Figur 14. Total reduktiongrad av de aktiva läkemedelssubstanserna efter respektive reningssteg och provtagningsstillfälle P4-P6. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

I Figur 13 och 14 kan det ses att koncentrationen av läkemedelsrester minskar och reduktionsgraden ökar efter respektive reningssteg, med några undantag. Precis som tidigare utmärkte sig substansen iohexol i höga koncentrationer även vid dessa provtagningar, och därav plottades den totala reduktionsgraden av läkemedelssubstanser även exklusive iohexol, se Figur 15.

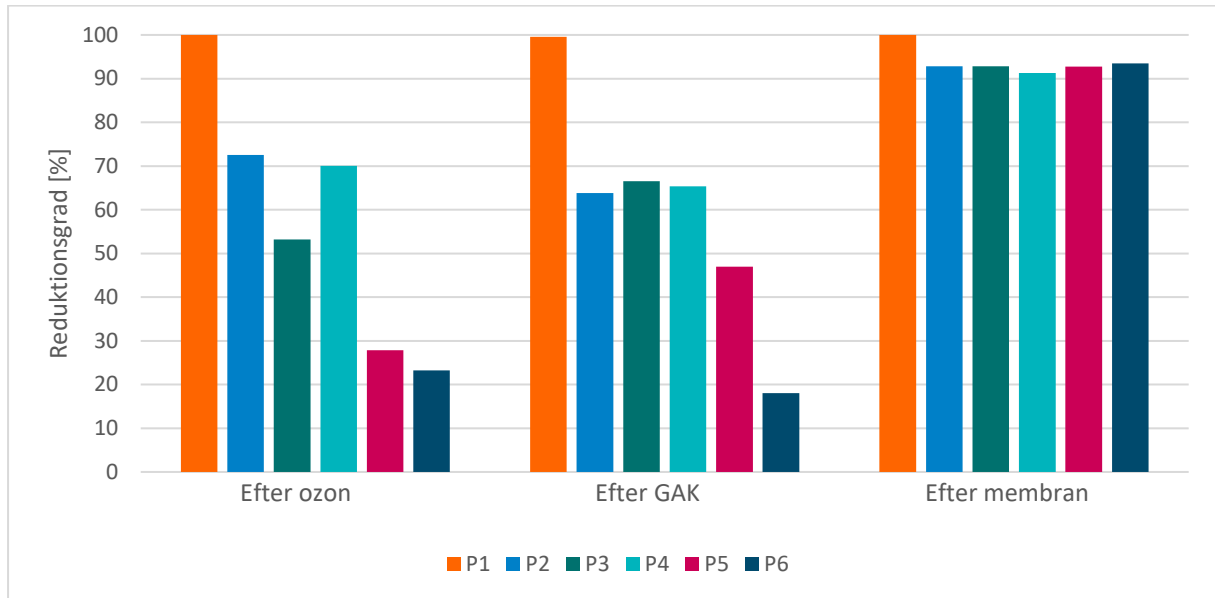


Figur 15. Total reduktiongrad av de aktiva läkemedelssubstanserna exklusive substansen iohexol, efter respektive reningssteg och provtagningsstillfälle P4-P6. Detta motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.



I Figur 15 kan det ses att reduktionsgraden ökar efter respektive reningssteg. Det kan även observeras att reduktionsgraden efter ozoneringssteget minskar med ett ökande processflöde, som förväntat.

En sammanfattning av den totala reduktionsgraden vid alla olika driftscenarion och provtagning P1-P6 kan ses i Figur 16.

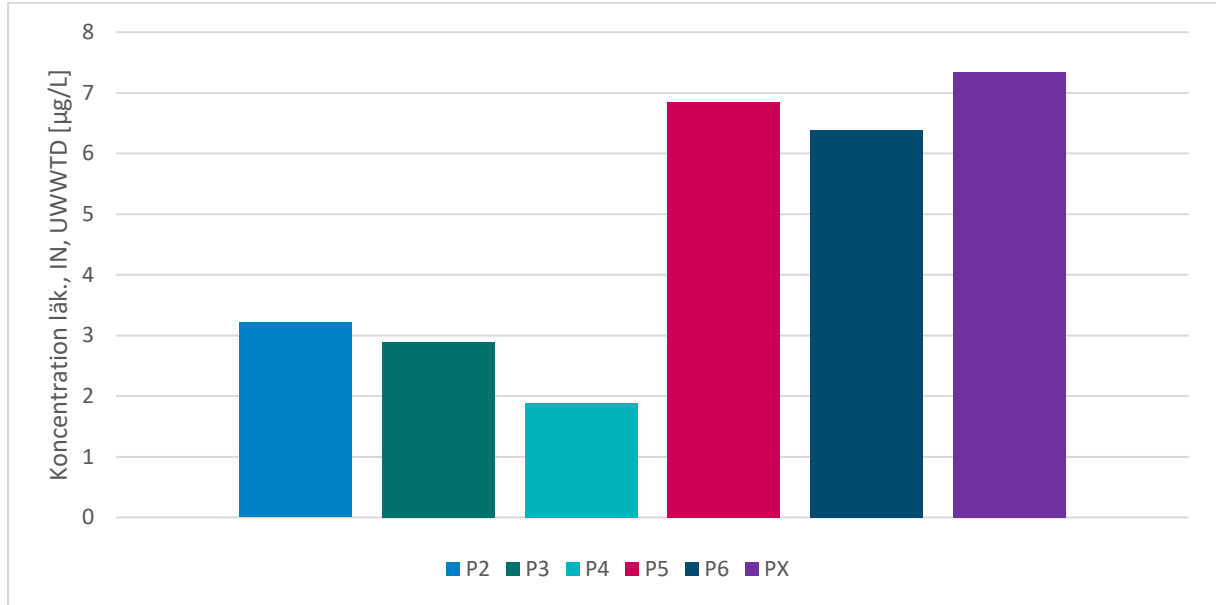


Figur 16. Total reduktiongrad av de aktiva läkemedelssubstanserna efter respektive reningssteg och provtagningstillfälle. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

Sammanfattningsvis kan det sägas att de praktiskt observerade reduktionerna av läkemedelsrester vid olika driftscenarion följde de teoretiskt förväntade. En sammanställning av all data från provtagningar P1-P6 finns tillgängligt i *Bilaga B - Läkemedelsrester pilot*.

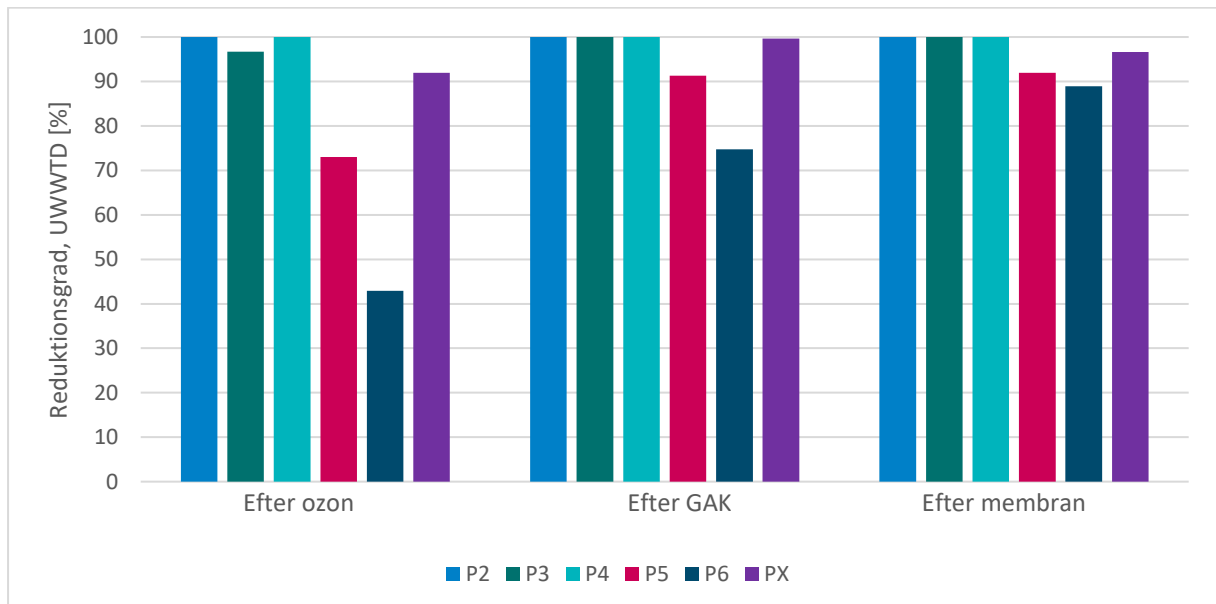
### 6.1.2. Miljöindikatorer och kommande regleringar

EU kommissionen publicerade ett förslag på en revision av avloppsdirektivet under hösten 2022. Av denna anledning har analys även gjorts med fokus på de specifika indikatorsubstanser som potentiellt kommer att regleras inom ramen av det nya avloppsdirektivet. Totalkoncentrationen av indikatorsubstanserna som kunde återfinnas i vattenproverna P2-P6 och PX ingående till det avancerade reningssystemet kan ses i Figur 17. Från figuren kan det observeras att den totala halten indikatorsubstanser varierar kraftigt mellan provtagningarna.



Figur 17. Totalkoncentrationen utgående från Hammargårds ARV för P2-P6 och PX avseende indikatorsubstanser som omfattas av det föreslagna reviderade avloppsdirektivet. Notera att skilda analyspaket gjordes för P2-P6 respektive PX. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.

Även reningsgraden av dessa indikatorsubstanser analyserades över respektive reningssteg i den avancerade vattenreningsanläggningen med ozonering, adsorption med GAK och membranfiltrering. Denna sammanställning kan ses i Figur 18.



Figur 18. Reduktionsgraden i det avancerade reningsystemet för P2-P6 och PX avseende indikatorsubstanser som omfattas av det föreslagna reviderade avloppsdirektivet. Notera att skilda analyspaket gjordes för P2-P6 respektive PX. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.



I Figur 18 kan det ses att reningsgraden överstiger 90% redan efter ozoneringssteget vid alla provtagningar förutom driftscenario och provtagning P5 och P6. Detta var de två driftscenarion när ozoneffekten var som lägst på 50% och flödena 10 respektive 15 m<sup>3</sup>/h. Det kan även observeras att reduktionen i reningsgrad efter ozoneringssteget minskar linjärt med ett ökande flöde, vilket följer det förväntade mönstret.

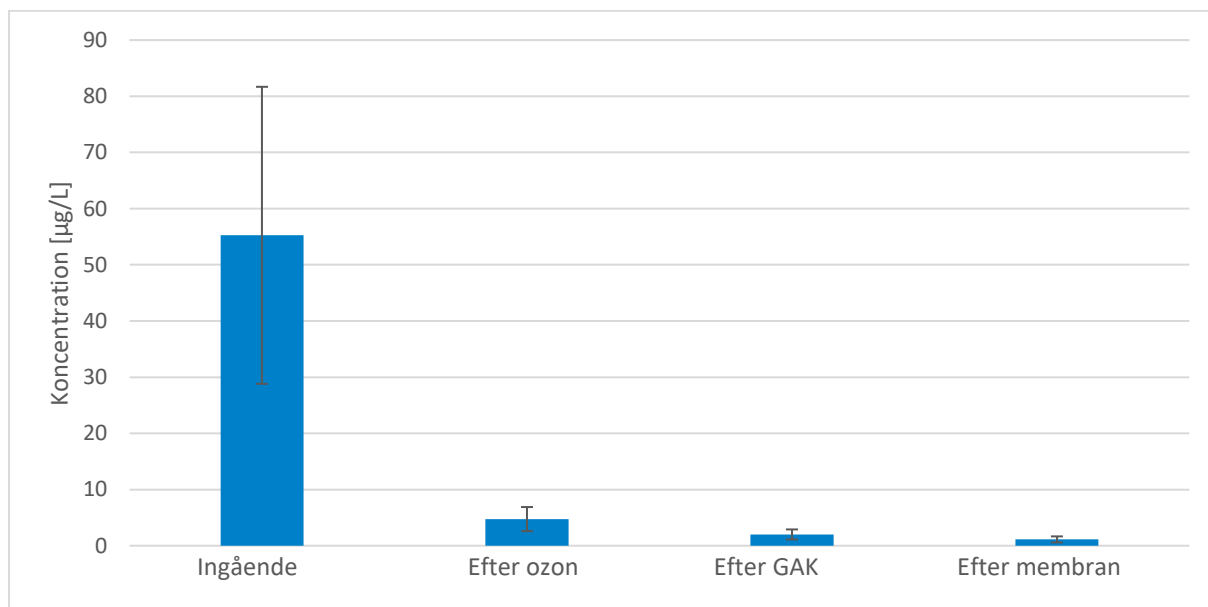
Utifrån analysresultatet gjordes en utvärdering av den ytterligare reningseffekten hos adsorptionsmedia. Från läkemedelsanalyserna avseende substanser som omfattas av det urbana avloppsdirektivet kan det ses att reningsgraden uppnår till 73.0% vid P5 (10 m<sup>3</sup>/h, 50% ozoneffekt) och ytterligare till 91.3% efter adsorptionssteget. Detta motsvarar en ytterligare reningsgrad på 67.7% över adsorptionssteget. Motsvarande utvärdering gjordes för P6 (15 m<sup>3</sup>/h, 50% ozoneffekt) där reningsgraden uppgick till 42.9% efter ozoneringssteget och motsvarande 74.7% efter adsorptionssteget. Detta motsvarar en reningsgrad på 55.8% över adsorptionssteget.

Utifrån denna information utformades en verifieringskörning, provtagning PX, där ytterligare utökade läkemedelsanalyser gjordes.

### 6.1.3. Verifiering och specifika läkemedel

Ytterligare en provtagning, PX, utfördes med ett utökat läkemedelspaket som analyserar för totalt 160 st olika läkemedelssubstanser och hormoner. Denna provtagning utfördes med driftparametrarna 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h, vilket enligt resultaten borde generera en god reningseffekt avseende de läkemedelssubstanser som omfattas av det reviderade avloppsdirektivet.

Den resulterande totalkoncentrationen av läkemedelsrester från respektive provtagningspunkt kan ses i Figur 19.



Figur 19. Totalkoncentrationen av läkemedelsrester inkommande till den avancerade reningsanläggningen och efter respektive reningssteg; ozon, adsorption med granulerat aktivt kol (GAK) och membranfiltrering. Grafen inkluderar även felmarginaler för mätosäkerhet. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h

Utifrån provtagningarna kunde totalt 61 st läkemedelssubstanser detekteras utgående från ARV och inkommande till det avancerade läkemedelsreningsystemet, varav 47 av dessa reducerades





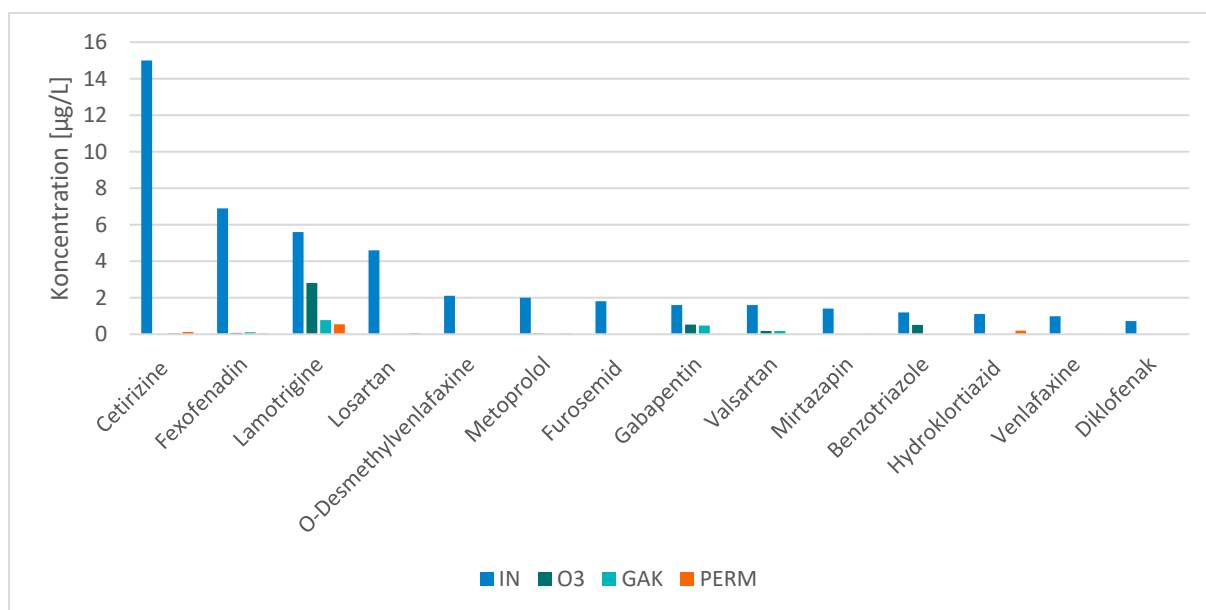
fullständigt till icke-detekterbara nivåer. En sammanställning av den totala koncentrationen detekterade läkemedelssubstanser och resulterande reduktionsgrad kan ses i Tabell 8.

Tabell 8. Antal detekterade substanser, totalkoncentrationen, och reduktionsgraden av den totala mängden läkemedelssubstanser som detekterades vid respektive provtagningspunkt. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h

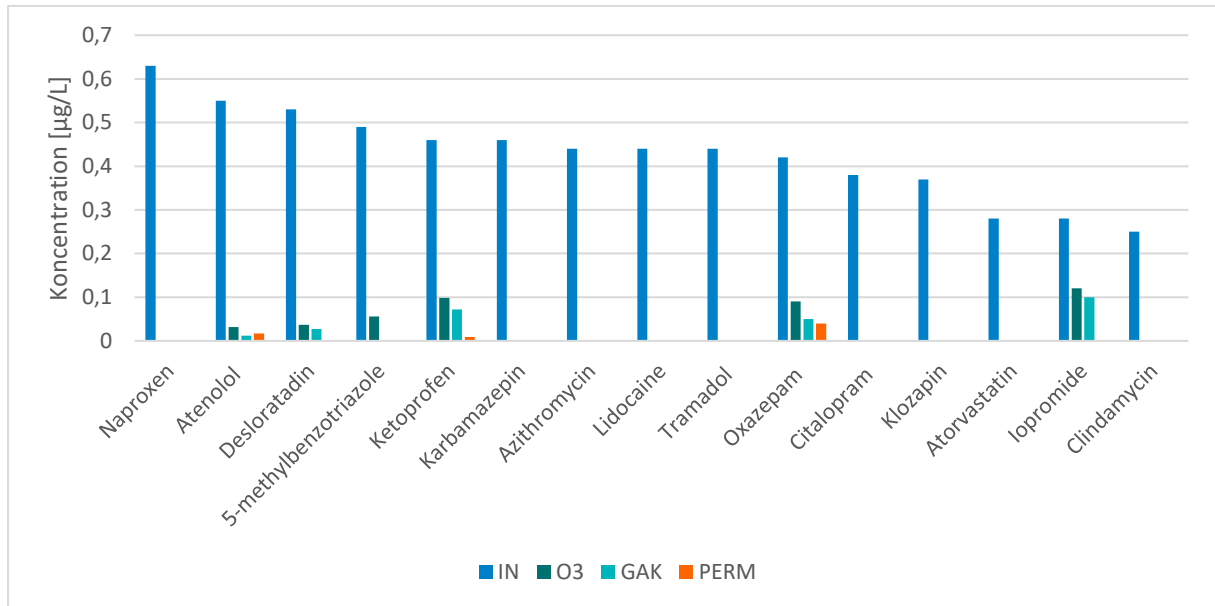
|              | Antal detekterade substanser [st] | Totalkoncentration [µg/L] | Reduktionsgrad [%] |
|--------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Utgående ARV | 61                                | 55.3 (± 26.4)             |                    |
| Efter ozon   | 17                                | 4.74 (± 2.15)             | 91.4               |
| Efter GAK    | 18                                | 2.01 (± 0.896)            | 96.4               |
| Permeat      | 14                                | 1.12 (± 0.539)            | 98.0               |

Sammanfattningsvis kan det ses att reduktionsgraden av läkemedelssubstanser är hög, 91%, redan efter ozoneringssteget. Ytterligare reningsprocesser med adsorptionsmedia i form av GAK följt av nanofiltrering resulterar i en reduktionsgrad på 98%.

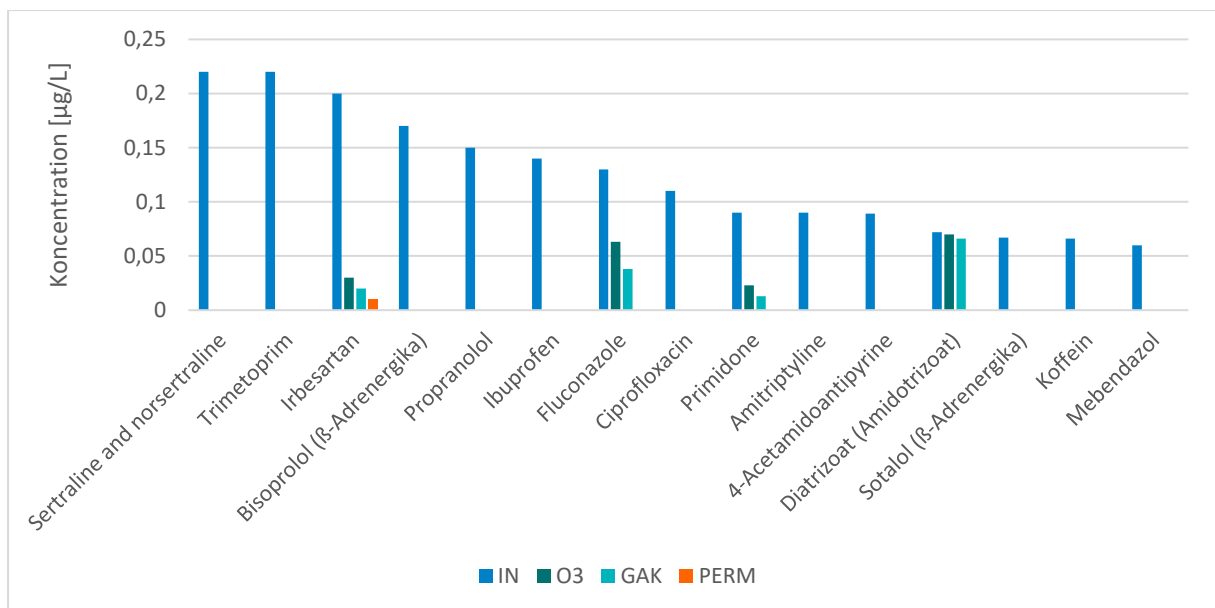
En sammanställning av samtliga detekterade läkemedelssubstanser kan ses i Figur 20-23, tillsammans med koncentrationen av substanserna vid respektive provtagningspunkt.



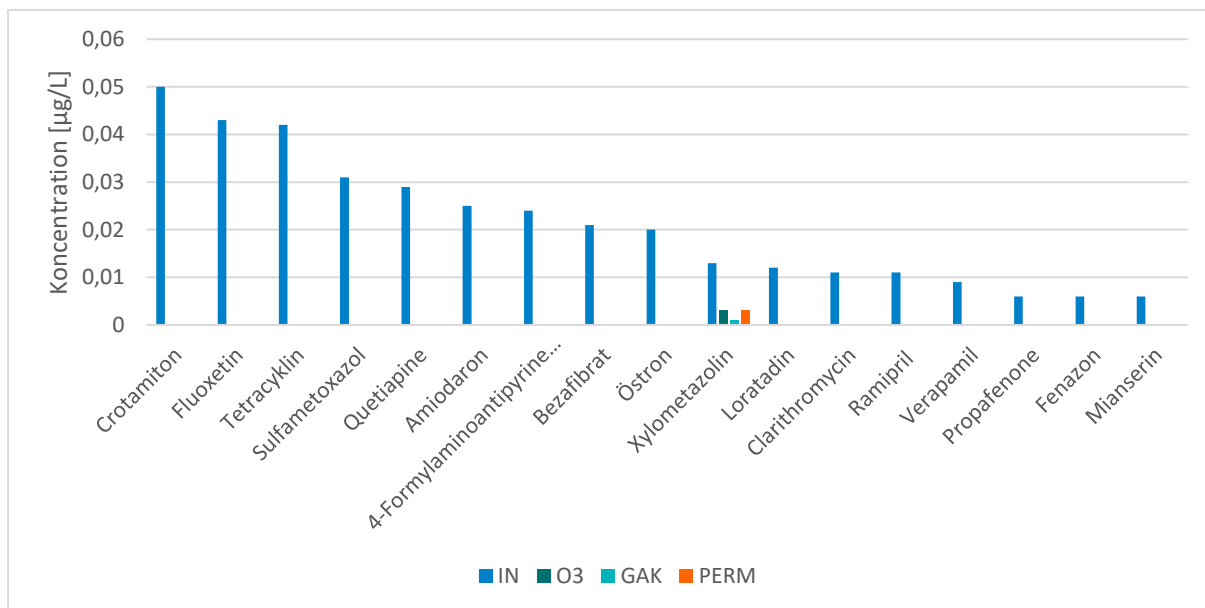
Figur 20. Koncentrationen av specifika läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna inkommande till det avancerade reningsystemet, efter ozoneringssteget, efter adsorption med granulerat aktivt kol (GAK), och permeat efter membranfiltrering (PERM). I figuren visas läkemedelssubstanser med en inkommande halt >0.7 µg/L. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h



Figur 21. Koncentrationen av specifika läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna inkommande till det avancerade reningssystemet, efter ozoneringssteget, efter adsorption med granulerat aktivt kol (GAK), och permeat efter membranfiltrering (PERM). I figuren visas läkemedelssubstanser med en inkommande halt mellan 0.25 och 0.69 µg/L. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h



Figur 22. Koncentrationen av specifika läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna inkommande till det avancerade reningssystemet, efter ozoneringssteget, efter adsorption med granulerat aktivt kol (GAK), och permeat efter membranfiltrering (PERM). I figuren visas läkemedelssubstanser med en inkommande halt mellan 0.06 och 0.24 µg/L. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h



Figur 23. Koncentrationen av specifika läkemedelssubstanser vid provtagningspunkterna inkommande till det avancerade reningssystemet, efter ozoneringssteget, efter adsorption med granulerat aktivt kol (GAK), och permeat efter membranfiltrering (PERM). I figuren visas läkemedelssubstanser med en inkommande halt <0.06 µg/L. Provtagningen gjordes vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h

Från Figur 20-23 kan det observeras att alla substanser som detekterades i det inkommande vattnet reducerades med minst 75% och att majoriteten reducerades fullständigt. Det kan även ses att det första reningssteget, ozonering, resulterade i en effektiv reduktion av alla läkemedelssubstanser förutom diatrizoat. En sammanställning av analysresultaten för det utökade läkemedelspaketet från provtagning PX finns tillgängligt i *Bilaga C – Utökat läkemedelspaket pilot*.

De läkemedelssubstanser som har uppmätts i höga koncentrationer vid något provtagningstillfälle, överstigande 1 µg/L, har sammanställts i Tabell 9.

Tabell 9. Läkemedelssubstanser som har uppmätts i halter överstigande 1 µg/L vid provtagningspunkten utgående från ARV och inkommande till det avancerade reningssystemet, vid något av provtagningstillfällena. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.

| Läkemedelssubstans     | Uppmätt koncentration [µg/L] | Provtagningsstillfälle |
|------------------------|------------------------------|------------------------|
| Iohexol                | 55.7                         | P3                     |
| Metformin              | 17.4                         | P3                     |
| Cetirizine             | 15                           | PX                     |
| Fexofenadin            | 6.9                          | PX                     |
| Lamotrigine            | 5.6                          | PX                     |
| Losartan               | 4.6                          | PX                     |
| Gabapentin             | 2.64                         | P3                     |
| Hydroklortiazid        | 2.47                         | P5                     |
| Furosemid              | 2.37                         | P5                     |
| Valsartan              | 2.24                         | P6                     |
| O-Desmethylvenlafaxine | 2.1                          | PX                     |



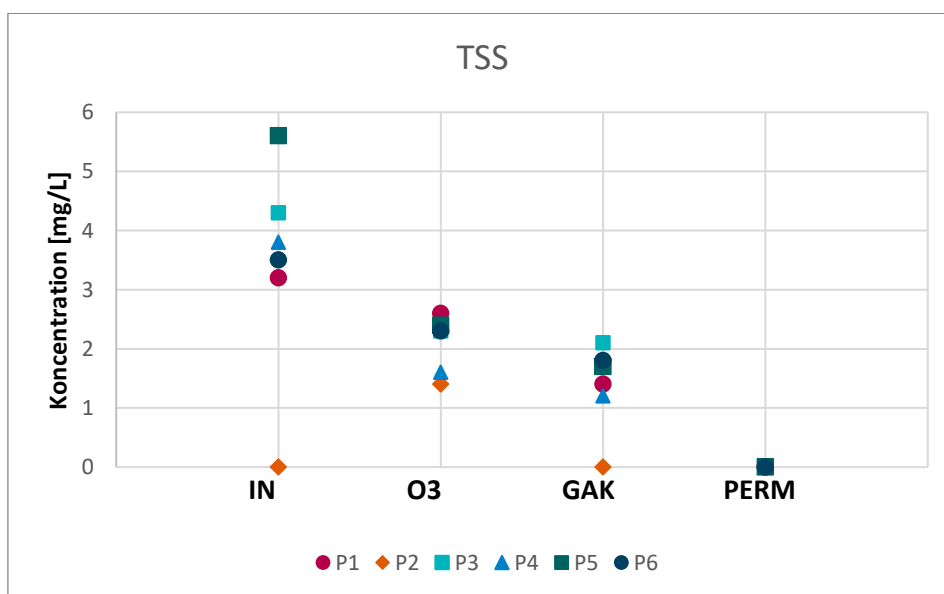
|                             |      |    |
|-----------------------------|------|----|
| Metoprolol                  | 2    | PX |
| Furosemid                   | 1.8  | PX |
| 10,11-dihydroxykarbamazepin | 1.62 | P5 |
| 2-hydroxikarbamazepin       | 1.44 | P5 |
| Mirtazapin                  | 1.4  | PX |
| Benzotriazole               | 1.2  | PX |
| Diklofenak                  | 1.13 | P5 |

Av dessa ämnen är iohexol ett kontrastmedel som används för röntgen inom sjukvården, metformin är en biguanid som används för att behandla diabetes typ 2 och cetirizine samt fexofenadin är antihistaminer som används för att minska symptom på allergier.

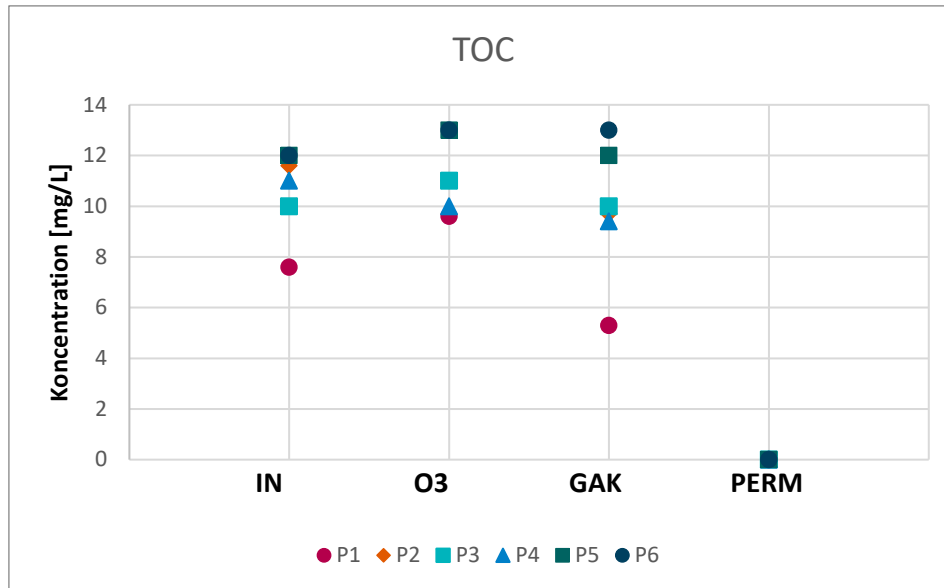
Europeiska kommissionen har tagit fram en miljöstandard (environmental quality standard, EQS) för ämnen av intresse, där diklofenak är inkluderat baserat på dess toxicitet och förekomst i både ytvatten och avloppsvatten. I detta dokument har EU definierat ett årsmedelvärde för kronisk toxicitet samt en maximalt tillåten koncentration vid utsläpp baserad på akut toxicitet. Dessa värden är 0.1-0.01  $\mu\text{g/L}$  och 75-7.5  $\mu\text{g/L}$ , respektive. (Alessandretti, Rigueto, Nazari, Rosseto, & Dettmer, 2021) Från provtagningarna som gjorts under projektets gång överskrider gränsvärdet för kronisk toxicitet vid alla sju provtagningstillfällen, men understiger gränsvärdet för akut toxicitet.

#### 6.1.4. Övriga mätparametrar

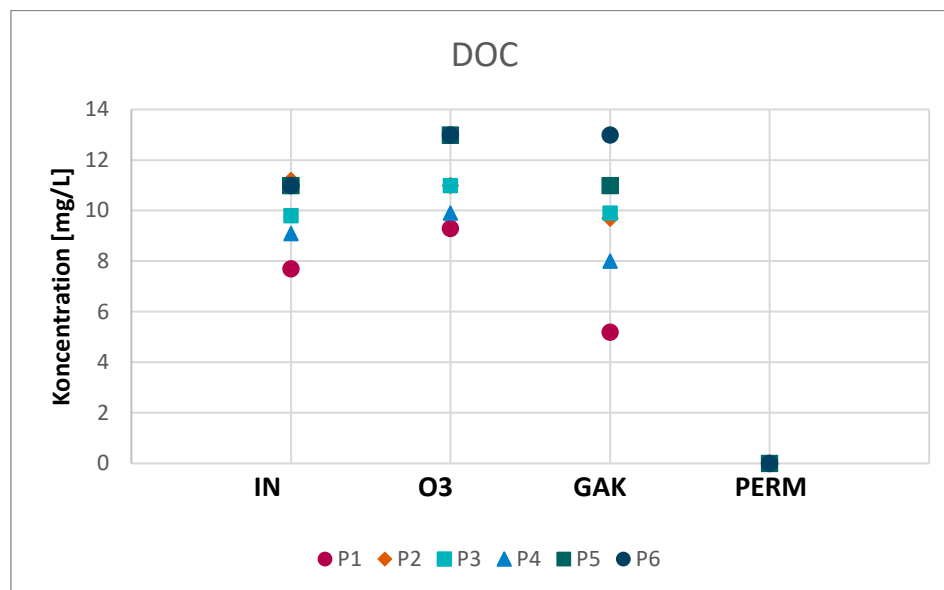
Förutom analyser av specifika läkemedelsrester analyserades vattnet även för parametrarna TSS, TOC och DOC, för att se hur dessa påverkas av reningsstegen och korrelerar till nedbrytningen av läkemedelsresterna. Analyserna gjordes av ett tredjeparts laboratorium och har en mätosäkerhet motsvarande 30% av mätvärdet. Resultaten från analyserna från samtliga provtagningstillfällen P1-P6 kan ses i Figur 24–26. De fullständiga resultaten för analyserna kan se i *Bilaga D – TSS, TOC och DOC*.



Figur 24. Koncentrationen av suspenderade partiklar (TSS) vid respektive provtagningspunkt för samtliga provtagningstillfällen P1-P6. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15  $\text{m}^3/\text{h}$ . P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15  $\text{m}^3/\text{h}$ .



Figur 25. Koncentrationen av totalt organiskt material (TOC) vid respektive provtagningspunkt för samtliga provtagningsstillfällen P1-P6. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.



Figur 26. Koncentrationen av löst organiskt material (DOC) vid respektive provtagningspunkt för samtliga provtagningsstillfällen P1-P6. P1, P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4, P5 och P6 motsvarar drift vid ozoneffekten 50% och processflödet 5, 10, respektive 15 m<sup>3</sup>/h.

Det kan konstateras att partikelhalten i det ingående vattnet till det avancerade reningssystemet varierade kraftigt mellan provtagningsstillfällena. Om mätvärdet vid provtagning P2 exkluderas, (TSS under detektionsgränsen, LOQ), kan det beräknas att partikelhalten minskar i genomsnitt med 42.9% över ozoneringssteget, och ytterligare 26.2% över adsorptionssteget med GAK. Membranfiltreringen resulterade i icke-detekterbara nivåer av TSS vid alla provtagningsstillfällena.

Koncentrationen av TOC och DOC ökade i genomsnitt 6.45% respektive 12.7% över ozoneringssteget, och reducerades sedan i genomsnitt 13.2% respektive 16.7% över adsorptionssteget. En möjlig



förklaring till detta är att organiskt material tidigare uppbundet i partiklar bryts ned till detekterbara nivåer under ozoneringssteget. Adsorptionssteget kan sedan adsorbera en del av det organiska materialet, vilket resulterar i en sänkt halt efter GAK-filtret. Membranfiltreringen resulterade slutligen i icke-detekterbara koncentrationer av TOC och DOC.

## 6.2. Utvärdering tekniskt vatten

Under projektets gång har inte bara läkemedelsrening utvärderats, utan även produktion av tekniskt vatten. Ett potentiellt användningsområde som identifierats är inom reningsverkets befintliga verksamhet, där dricksvatten idag används för att lösa upp flockningskemikalier. Andra möjliga användningsområden är bevattning av grönområden, inom jordbruket, samt spolbilars vattenanvändning för exempelvis spolning av gator.

För att utvärdera möjligheten för att använda tekniskt vatten har vattnet analyserats för ytterligare mikroföroreningar som per- och polyfluorerade alkaliska substanser (PFAS) och olika typer av mikrobiologiska parametrar. Slutsatsen från provtagningarna och analyserna är att ett avancerat vattenreningsystem kan dimensioneras för att uppfylla de rekommendationer och riktlinjer som finns för vattenåteranvändning i form av tekniskt vatten, baserad på förordning (EU) 2020/741 om minimikrav för återanvändning av vatten.

### 6.2.1. Mikrobiologiska parametrar

Ett antal mikrobiologiska parametrar analyserades vid tre utvalda provtagningspunkter: utloppet från reningsverket, efter adsorptionssteget med GAK, och permeat från membranfiltreringen. Dessa provtagningar gjordes tre gånger under projektets gång, i samband med driftscenario och provtagning P1, P3 och PX. Det sammanställda resultatet kan ses i Tabell 10.

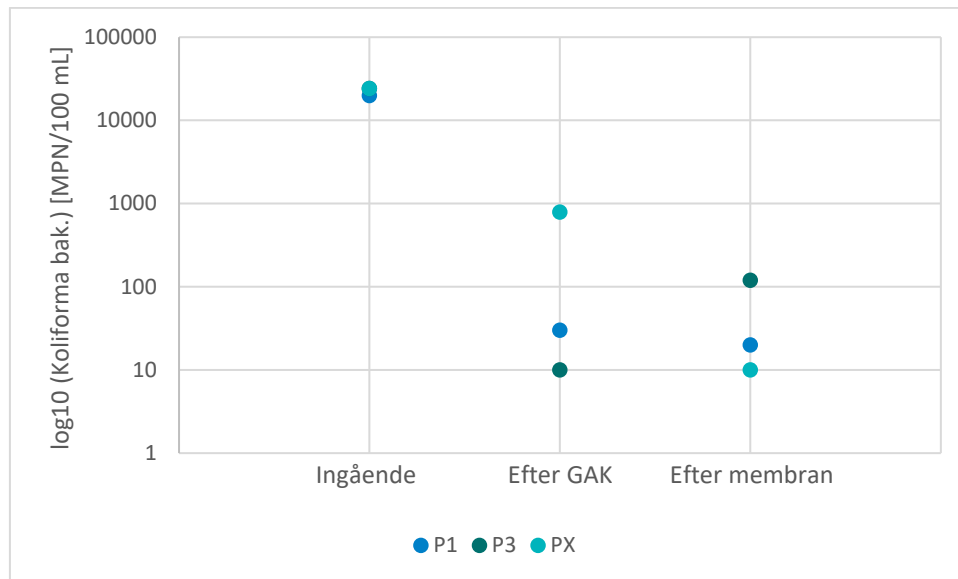
Tabell 10. Resultatet från provtagningar för mikrobiologiska parametrar i form av koliforma bakterier, *Escherichia coli* och somatiska kolifager.

|                                       | Utlopp ARV | Efter ozon och GAK | Permeat |
|---------------------------------------|------------|--------------------|---------|
| <b>P1</b>                             |            |                    |         |
| Koliforma bakterier 35°C [MPN/100 mL] | 19 860     | 30                 | 20      |
| <i>Escherichia coli</i> [MPN/100 mL]  | 4 610      | <10                | <10     |
|                                       |            |                    |         |
| <b>P3</b>                             |            |                    |         |
| Koliforma bakterier 35°C [MPN/100 mL] | 24 200     | 10                 | 120     |
| <i>Escherichia coli</i> [MPN/100 mL]  | 7 700      | <10                | <10     |
|                                       |            |                    |         |
| <b>PX</b>                             |            |                    |         |
| Koliforma bakterier 35°C [MPN/100 mL] | >24 200    | 790                | <10     |
| <i>Escherichia coli</i> [MPN/100 mL]  | >24 200    | 110                | <10     |
| Somatiska kolifager [PFU/mL]          | 500        | <1                 | <1      |

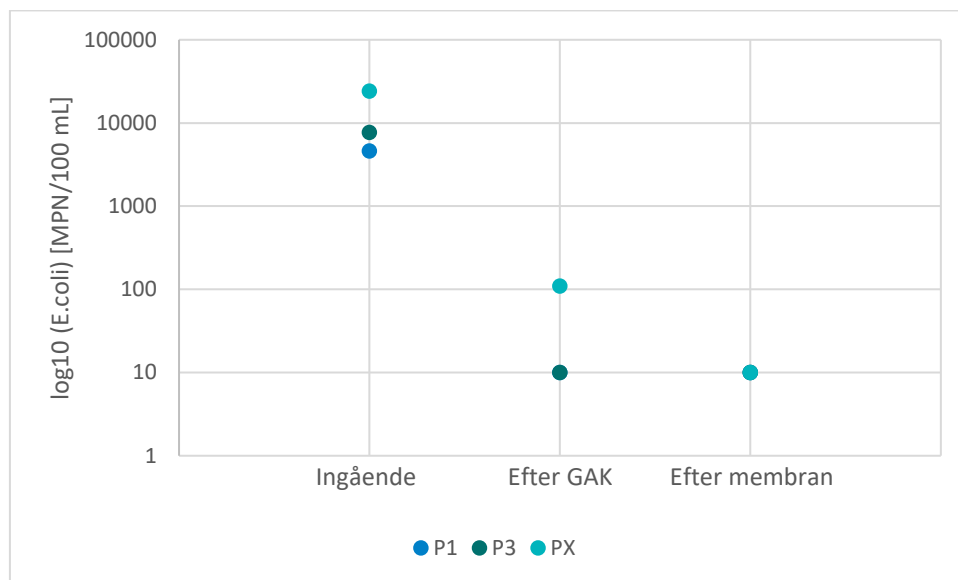
Enligt de riktlinjer som ges i EU:s förordning om minimikrav för återanvändning, behöver förekomsten av *Escherichia coli* understiga 10 MPN/100 mL för att uppnå vattenkvalitetsklass A. Detta uppnåddes vid provtagning P1 och P3 redan efter ozoneringen. Vid provtagning PX var mängden *E.coli* högre än den kvantifierbara gränsen och översteg därtill gränsvärdet med en log<sub>10</sub>-faktor efter ozoneringssteget, men riktvärdet uppnåddes efter membranfiltreringen.



För att illustrera reduktionen av de mikrobiologiska parametrarna koliforma bakterier och *E.coli* har dessa även plottats mot en  $\log_{10}$ -funktion, vilket kan ses i Figur 27 och 28. Notera att vattnet vid provtagningspunkten "efter GAK" är behandlat med både ozonering och adsorption med GAK.



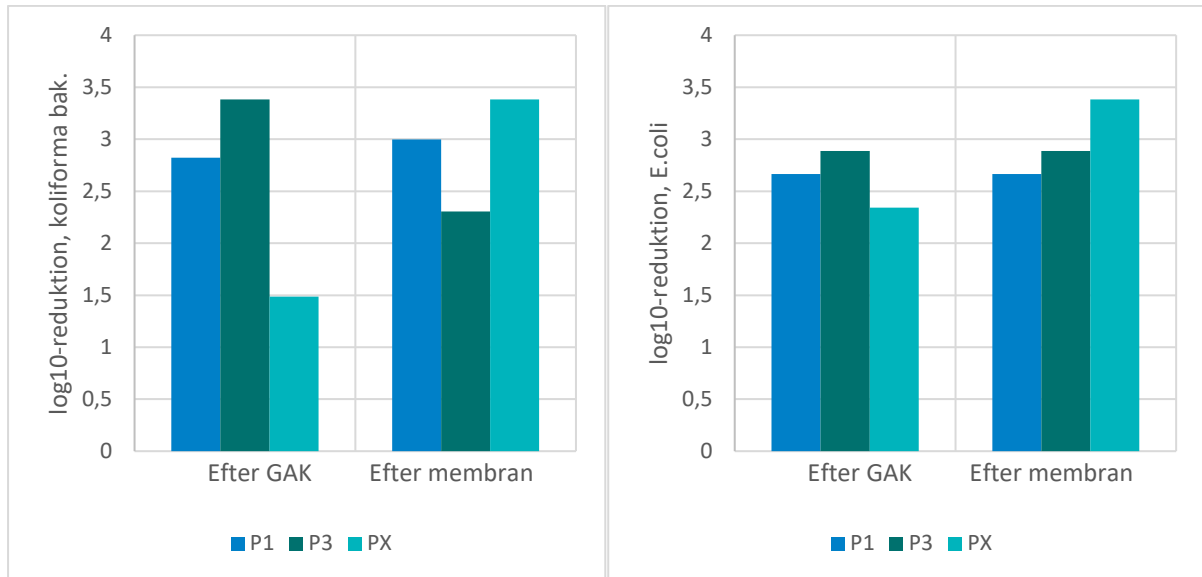
Figur 27. Log<sub>10</sub> förekomst av koliforma bakterier vid respektive provtagningspunkt, ingående till det avancerade reningssystemet, efter ozon och adsorptionssteget (efter GAK), samt i permeatet från membranfiltreringen (efter membran). P1 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5 respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.



Figur 28. Log<sub>10</sub> förekomst av *Escherichia coli* vid respektive provtagningspunkt, ingående till det avancerade reningssystemet, efter ozon och adsorptionssteget (efter GAK), samt i permeatet från membranfiltreringen (efter membran). P1 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5 respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.

Reduktionen av koliforma bakterier och *Escherichia coli* har även illustrerats genom att plotta en  $\log_{10}$ -reduktion av respektive organism efter respektive reningssteg, vilket kan ses i Figur 29.





Figur 29. Log10-reduktion av koliforma bakterier (vänster) och *Escherichia coli* (höger) vid provtagning P1, P3 och PX. P1 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 5 respektive 15 m<sup>3</sup>/h. PX motsvarar drift vid 100% ozoneffekt och processflödet 10 m<sup>3</sup>/h.

Sammanfattningsvis visar resultaten att det avancerade reningssystemet effektivt reducerar även de mikrobiologiska parametrarna koliforma bakterier, *Escherichia coli* och somatiska kolifager. Förekomsten av *E.coli* uppfyller även vattenkvalitetskravet för den högsta klass A, efter att ha passerat det avancerade reningssystemet.

### 6.2.2. BOD och COD

Vid den ytterligare provtagningen, PX, analyserades vattnet även för biokemisk syreförbrukning (BOD) och kemisk syreförbrukning (COD). En sammanställning av resultatet från analyserna av dessa prover kan ses i Tabell 11, där mätosäkerheten för båda parametrar är 30% av mätvärdet.

Tabell 11. Resultat från provtagningen PX med analyser för biokemisk syreförbrukning (BOD) och kemisk syreförbrukning (COD) vid provtagningspunkterna ingående till den avancerade reningsanläggningen, efter ozonering, efter adsorption med GAK och permeat från membranfiltrering.

|                         | Ingående | Ozon | GAK | Permeat |
|-------------------------|----------|------|-----|---------|
| BOD <sub>7</sub> [mg/L] | 3        | 7    | 4   | <3.0    |
| COD-Cr [mg/L]           | 40       | 35   | 36  | <20     |

Från Tabell 11 kan det ses att alla uppmätta mätvärden för biokemisk syreförbrukning är inom riktvärdena för den högsta vattenkvalitetsklassen, A, vilket indikerar att vattnet är lämpligt för återanvändning inom jordbruk. Halten COD reduceras något med ozonering men inte märkbart ytterligare efter adsorptionssteget, men efter membranfiltrering reduceras understiger koncentrationen av COD detektionsgränsen.

### 6.2.3. PFAS

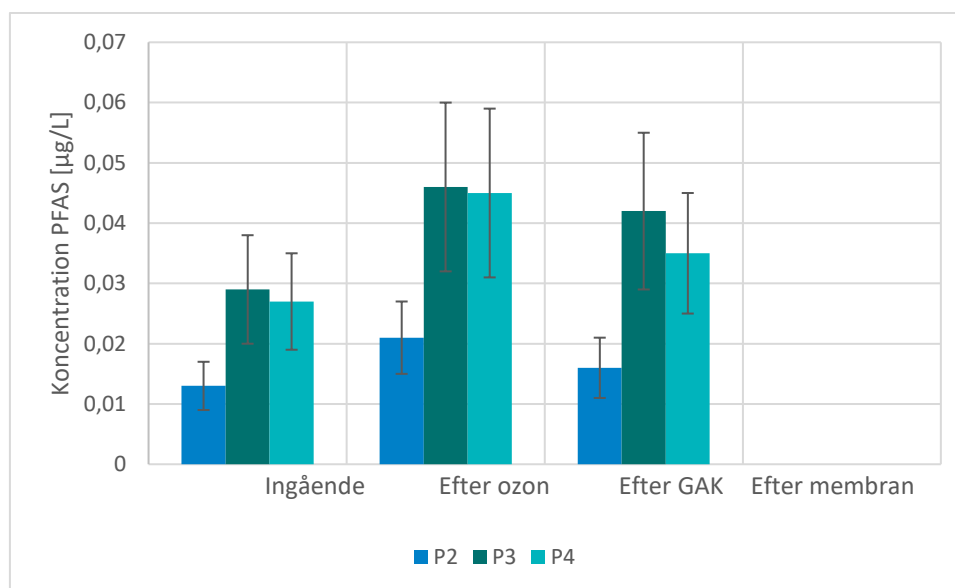
Kungsbacka kommun önskade även utvärdera förekomsten av per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) i utloppet från Hammargårds reningsverk, samt en eventuell reduktion av dessa i det avancerade reningssystemet. Sammanfattningsvis analyserades vattnet för 34 st olika PFAS-substanser, varav tre olika kunde detekteras i något av proven, inklusive retentatet från



membranfiltreringen. Ingen PFAS kunde detekteras i permeatet efter membranfiltreringen. Provtagningarna för PFAS gjordes vid tre olika tillfällen, i samband med provtagning P2, P3 och P4.

I vattenproverna inkommande till det avancerade reningssystemet, efter ozoneringssteget, och efter adsorptionssteget med GAK kunde endast det perfluorerade ämnet perfluorhexansyra (PFHxA) detekteras i varierande koncentrationer. I retentatet vid provtagning P3 och P4 kunde förutom PFHxA även perfluoropentansyra (PFPeA) och perfluoroktansyra (PFOA) detekteras. Detta tyder på att flera olika PFAS finns i vattnet utgående från Hammargårds ARV, men att en del av substanserna förekommer i så låga koncentrationer att de inte kan detekteras.

En sammanfattning av den uppmätta totalhalten PFAS kan ses i Figur 30. Det fullständiga analysresultatet finns tillgängligt i *Bilaga E – PFAS*.



Figur 30. Totalhalten per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) uppmätt vid respektive provtagningsspunkt vid provtagningstillfälle P2, P3 och P4. P2 och P3 motsvarar drift vid ozoneffekten 75% och processflödet 10 respektive 15 m<sup>3</sup>/h. P4 motsvarar drift vid 50% ozoneffekt och processflödet 5 m<sup>3</sup>/h.

Från Figur 30 kan det ses indikationer på att koncentrationerna av PFAS är högre efter ozoneringssteget än ingående i det avancerade reningssystemet, men ingen statistisk signifikans kunde fastställas för detta. Ingen per- eller polyfluorerad alkylsubstans kunde detekteras i permeatet utgående från nanofiltersystemet, vilket innebär att det avancerade reningssystemet reducerade dessa substanser fullständigt till icke-detekterbara nivåer.

Enligt livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (LIVSFS 2022:12) finns ett antal gränsvärden för PFAS. Gränsvärdena refererar till PFAS 4 och PFAS 21, där gränsvärdeskoncentrationen är 4 ng/L respektive 100 ng/L. PFAS 4 inkluderar ämnena PFOA, PFNA, PFOS och PFHxA. I provresultaten kan det observeras att gränsvärdet för dricksvattenkvalitet avseende PFAS 4 överstigs vid provtagningsspunkterna ingående, efter ozonering och efter GAK vid samtliga provtagningstillfällen.

### 6.3. Energikonsumtion

Energikonsumtionen för reningsanläggningen har beräknats baserat på reningprocessen ozonering i kombination med adsorption av aktivt kol, medan membranfiltreringsanläggningen har exkluderats från beräkningen. Detta eftersom nanofilteranläggningen endast kördes med kapaciteten 1 m<sup>3</sup>/h, medan övriga reningssystemet renade ett flöde mellan 5 och 15 m<sup>3</sup>/h.



Det som har inkluderats i beräkningarna av systemets effekt är syregeneratorer, ozongeneratorer, injektionspump och kylsystem. Det som däremot inte har inkluderats är matarpumpen som används för att förse reningsanläggningen med vattenflödet från avloppsreningsverket, eftersom effektbehovet för denna är starkt beroende på förutsättningar vid en uppskalning av processen. Inte heller en eventuell regenerering av adsorptionsmaterialet har inkluderats i beräkningarna.

En sammanställning av beräknade nyckelvärden för energiförbrukningen kan ses i Tabell 12.

Tabell 12. Beräknade nyckelvärden för avancerad rening med ozon kombinerat med aktivt kol.

|    | Flöde<br>[m <sup>3</sup> /h] | Reningsgrad<br>[%] | Reningsgrad<br>UWWD [%] | Effekt<br>[kW] | Specifik energi<br>[kW/m <sup>3</sup> ] | Specifik energi<br>[kW/mg red. läk.] |
|----|------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|---|--------------------------------------|
| P1 | 5                            | 100                | -                       | 4.8            | 0.95                                    | 0.15                                 |
| P2 | 10                           | 64                 | 100                     | 4.8            | 0.48                                    | 0.023                                |
| P3 | 15                           | 67                 | 97                      | 4.8            | 0.32                                    | 0.0056                               |
| P4 | 5                            | 65                 | 100                     | 3.8            | 0.76                                    | 0.022                                |
| P5 | 10                           | 47                 | 73                      | 3.8            | 0.38                                    | 0.015                                |
| P6 | 15                           | 18                 | 43                      | 3.8            | 0.25                                    | 0.023                                |
| PX | 10                           | 96                 | 100                     | 5.8            | 0.58                                    | 0.011                                |

Sammanfattningsvis kan det beräknas att reningssystemet avseende ozonering och adsorption med GAK har ett totalt effektbehov om 52.6 MWh/år, förutsatt att ozoneffekten som används i systemet är maximal (100%).

## 7. Slutsatser och rekommendationer

### 7.1. Läkemedelsrening

Resultaten visade att den avancerade reningsanläggningen presterade enligt förväntan, där olika driftscenarion har använts för att optimera energianvändningen och samtidigt utvärdera reningsgrad av läkemedelsrester. Den totala reningsgraden i systemet varierade mellan 91.3% och 100% vid alla provtagningstillfällen.

Fokus har även legat på den kommande revisionen av avloppsdirektivet, där den föreslagna kravställningen för läkemedelsrening är en 80% reningsgrad av ett antal indikatorsubstanser. Resultaten från projektet har visat att dessa indikatorsubstanser effektivt renas med pilotsystemet, och att många av indikatorsubstanserna reduceras till icke-detekterbara nivåer med endast ozonering. Av denna anledning kan det konstateras att de indikatorsubstanser som föreslås inkluderas i det reviderade avloppsdirektivet är lättare att oxidera med ozon än många övriga läkemedelsubstanser som utvärderades i projektet.

#### 7.1.1. Tekniskt vatten

Möjligheten att använda det reade vattnet för internt behov eller för andra användningsområden inom kommunen har utvärderats, genom att analysera för mikrobiologiska parametrar. Det finns idag inget generellt vattenkvalitetskrav för produktion av tekniskt vatten, men enligt EU:s förordning om minimikrav för återanvändning av vatten med fokus på bevattning inom jordbruket finns ett antal vattenkvalitetsparametrar som använts som riktlinje. För att uppnå den högsta vattenkvalitetsklassen, A, krävs BOD <10 mg/L, *E.coli* <10 NTU/100 mL, TSS <10 mg/L, samt turbiditet < 5 NTU. Av dessa har förekomst av BOD, *E.coli* och TSS analyserats, där samtliga parametrar uppfyller kraven efter att



vattnet passerat det avancerade reningssystemet. Utifrån resultaten kan det även ses att det är möjligt att dimensionera ett reningssystem för produktion av tekniskt vatten med endast ozonering och adsorption av aktivt kol.

## 7.2. Förutsättningar och behov inför fullskalig rening

Pilotanläggningen som utvärderats har använt en kombination av tre tekniker för att reducera läkemedelsrester: ozonering, adsorption med GAK och membranfiltrering. Ozoneringssteget har visats effektivt reducera de allra flesta typer av läkemedelsrester. Adsorptionssteget med GAK reducerar en ytterligare mängd läkemedelsrester, och bidrar även till en redundans vid eventuella driftstörningar. Membranfiltreringen har visats effektivt för att reducera bort eventuella kvarvarande läkemedelsrester, men resulterar i ett retentat innehållande kontaminanterna som behöver behandlas eller förbrännas.

Inför en fullskalig reningssystem rekommenderas en dimensionering baserat på främst ozonering, eftersom det är den metod som kemiskt bryter ned läkemedelssubstanserna utan tillförsel av konsumtionsmaterial, till skillnad från de andra två metoderna. Det rekommenderas dock att ett adsorptionssteg finns installerat i processen, för redundans vid systemunderhåll av ozonsystemet, samt ytterligare adsorption av eventuella kvarvarande läkemedelsrester och möjliga transformationsprodukter.

En fullskalig dimensionering har gjorts baserat på data för reduktion av de läkemedelsrester som omfattas av den föreslagna revisionen av avloppsdirektivet. I direktivet föreslås en reduktion av de specifika läkemedelsresterna omfattande minst 80%. För dimensionering av ett fullskaligt steg för läkemedelsrester enligt detta kan data mellan P4 och P5 interpoleras, se Figur 18. Detta skulle innebära en läkemedelsreduktion om minst 80% efter ozoneringssteget och ytterligare ca 50% rening över adsorptionssteget, resulterande i en total reduktionsgrad på 90% efter ozonering och adsorption.

Energiförbrukningen för fullskalig läkemedelsrening har gjorts genom att använda den beräknade specifika energin för läkemedelsrening, se Tabell 12, och det från Kungsbacka kommun angivna medelvärdet av flödet som läkemedelsanläggningen dimensioneras avseende,  $Q_{medel}$ . Den specifika energiförbrukningen som använts i beräkningarna är ett medelvärde avseende P1-P6 samt PX, beräknat till  $0.53 \text{ kW/m}^3$ . Den angivna dimensioneringen för medelflödet genom läkemedelsanläggningen år 2050 är  $917 \text{ m}^3/\text{h}$ , med ett maximalt flöde  $Q_{max}$  om totalt  $2\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Det är troligt att ett kvartals- eller årsmedelvärde kommer att användas för beräkning av tillräcklig reduktionsgrad av läkemedelsrester, och läkemedelsreningen har därför dimensionerats avseende  $Q_{medel}$  och inte  $Q_{max}$ . För den fullskaliga läkemedelsanläggningen har även positiva skalningseffekter inkluderats, motsvarande 20% av energiförbrukningen. Detta resulterade i en totalt beräknad energiförbrukning om totalt 389 kW.



## 8. Referenser

- Alessandretti, I., Riguetto, C., Nazari, M., Rosseto, M., & Dettmer, A. (2021). Removal of diclofenac from wastewater: A comprehensive review of detection, characteristics and tertiary treatment techniques. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6).  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106743>
- BIO Intelligence Service. (2013). *Study on the environmental risks of medicinal products, Final Report prepared for Executive Agency for Health and Consumers*.
- Broberg, M. (2005). *Bevarandeplan för Natura 2000-området Kungsbackaffjorden*. Halmstad: Länsstyrelsen Hallands län.
- Council Directive 2020/741. (den 5 Juni 2020). Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/741 av den 25 maj 2020 om minimikrav för återanvändning av vatten. *Europeiska unionens officiella tidning*, ss. 32-55.
- Council Directive 91/271/EEC. (den 30 Maj 1991). Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *EUROPEISKA GEMENSKAPERNAS OFFICIELLA TIDNING*, ss. 93-105. Hämtat från <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0271>
- Directorate-General for Environment. (den 26 October 2022). *Annexes to the proposal for a revised Urban Wastewater Treatment Directive*. Hämtat från European Commission: [https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive\\_en](https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en)
- FORMAS. (2022). *Svenskt kommunalt avloppsvarsatt och dess påverkan på vattenlevande organismer, en systematisk översikt*. Stockholm.
- Länsstyrelserna. (u.d.). *Inre Kungsbackaffjorden*. Hämtat från Vatteninformationssystem Sverige: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA21723833>
- Panupong Chuntanaler, S. B.-J. (2019). *Nanomaterial-incorporated nanofiltration membranes for organic solvent recovery*. Micro and Nano Technologies.
- Region Stockholm. (2022). *Förteckning över miljöbelastande läkemedel med åtgärdsförslag framtagen inom ramen för Region Stockholms miljöprogram 2017–2021*. Stockholm.



## Bilaga A – Läkemedelsrester förstudie

| Läkemedel       | LOQ [ng/L] | In [ng/L] | Ut [ng/L] | Sandfilter [ng/L] | Reduktionsgrad* [%] |
|-----------------|------------|-----------|-----------|-------------------|---------------------|
| Alfuzosin       | 4,00       | 120       | 72        | 51                | 40                  |
| Amytriptyline   | 10         | 203       | 99        | 128               | 51                  |
| Atenolol        | 15         | 2515      | 864       | 453               | 66                  |
| Atorvastatin    | 10         | 1083      | 196       | 336               | 82                  |
| Bisoprolol      | 3          | 781       | 452       | 337               | 42                  |
| Bupropion       | 3          | 189       | 99        | 98                | 48                  |
| Carbamazepin    | 7,5        | 335       | 401       | 348               | -20 **              |
| Citalopram      | 15         | 581       | 439       | 294               | 24                  |
| Clarithromycine | 3          | 53        | 24        | 40                | 54                  |
| Clindamycine    | 3          | 32        | 191       | 147               | -491 **             |
| Codeine         | 15         | 1018      | <LOQ      | <LOQ              | 100                 |
| Desloratidin    | 15         | 329       | 224       | 131               | 32                  |
| Diclofenac      | 10         | 2804      | 3665      | 2098              | -31 **              |
| Diltiazem       | 1,5        | 23        | 8         | 7                 | 65                  |
| Diphenhydramine | 4          | 16        | 23        | 4                 | -37 **              |
| Fexofenadine    | 10         | 2402      | 1261      | 1539              | 48                  |
| Flecainide      | 1,5        | 281       | 248       | 213               | 12                  |
| Fluconazole     | 7,5        | 342       | 190       | 232               | 44                  |
| Irbesartan      | 3          | 573       | 440       | 397               | 23                  |
| Memantine       | 3          | 273       | 185       | 74                | 32                  |
| Metoprolol      | 15         | 6412      | 3345      | 2346              | 48                  |
| Mirtazapine     | 15         | 585       | 299       | 200               | 49                  |
| Orphenadrine    | 3          | 4         | 11        | 3                 | -147 **             |
| Oxazepam        | 10         | 609       | 416       | 308               | 32                  |
| Paracetamol     | 30         | 116051    | 268       | <LOQ              | 100                 |
| Rosuvastatin    | 20         | 3421      | 538       | 586               | 84                  |
| Sertraline      | 10         | 134       | 84        | 106               | 37                  |
| Sulfamethoxazol | 15         | 172       | <LOQ      | <LOQ              | 100                 |
| Tramadol        | 15         | 981       | 568       | 376               | 42                  |
| Trimethoprim    | 3          | 226       | 135       | 83                | 40                  |
| Venlafaxine     | 20         | 2324      | 832       | 736               | 64                  |
| Caffeine        | 20         | 362107    | <LOQ      | <LOQ              | 100                 |
| Propranolol     | 20         | 329       | 142       | <LOQ              | 57                  |
| Ceterizine      | 15         | 1240      | 529       | 546               | 57                  |
| Losartan        | 10         | 4891      | 2380      | 2026              | 51                  |

\* Reduktionsgraden beräknas mellan skillnaden i koncentration mellan inkommande och utgående vatten från avloppsreningsverket.

\*\* Den negativa reduktionsgraden innebär att koncentrationen av ämnet i det utgående vattnet är högre än i det inkommande vattnet.



## Bilaga B – Läkemedelsrester pilot

| ng/L              | LOQ | P1 - in | P1 - O3 | P1 - GAK | P1 - PERM | P1 - RET | P1 - sand |
|-------------------|-----|---------|---------|----------|-----------|----------|-----------|
| Alfuzosin         | 4   | 67      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 10       | 22        |
| Alprazolam        | 20  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Amiodarone        | 30  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Amytriptyline     | 10  | 127     | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Atenolol          | 15  | 210     | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Atorvastatin      | 10  | 13      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Atracurium        | 4   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Azelastine        | 2   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Biperiden         | 3   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Bisoprolol        | 3   | 194     | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 11       | 16        |
| Bromocriptine     | 15  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Budesonide        | 20  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Buprenorphine     | 20  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Bupropion         | 3   | 25      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 6        | <LOQ      |
| Carbamazepin      | 7,5 | 56      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | 54        |
| Chlorpromazine    | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Chlorprothixene   | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Cilazapril        | 2   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Ciprofloxacin     | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Citalopram        | 15  | 148     | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 87       | 93        |
| Clarithromycine   | 3   | 15      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Clemastine        | 2   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Clindamycine      | 3   | 51      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 15       | <LOQ      |
| Clomipramine      | 2   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Clonazepam        | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Clotrimazol       | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Codeine           | 15  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Cyproheptadine    | 7,5 | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Desloratidin      | 15  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Diclofenac        | 10  | 162     | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Dicycloverine     | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Dihydroergotamine | 15  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Diltiazem         | 1,5 | 8       | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 3        | <LOQ      |
| Diphenhydramine   | 4   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Donepezil         | 7,5 | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Duloxetine        | 2   | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Eprosartan        | 15  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Fenofibrate       | 20  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Fexofenadine      | 10  | 1116    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 15       | 64        |
| Finasteride       | 20  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Flecainide        | 1,5 | 50      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | 6        | 5         |
| Fluconazole       | 7,5 | 80      | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Flunitrazepam     | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Fluoxetine        | 7,5 | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Flupentixol       | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |
| Fluphenazine      | 10  | <LOQ    | <LOQ    | <LOQ     | <LOQ      | <LOQ     | <LOQ      |





|                 |    |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|----|------|------|------|------|------|------|
| Glibenclamide   | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Glimepiride     | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Haloperidol     | 3  | 22   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Hydroxyzine     | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Irbesartan      | 3  | 220  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 5    | 29   |
| Ketoconazole    | 45 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Levomepromazine | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Loperamide      | 2  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Maprotiline     | 15 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Meclozine       | 10 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Memantine       | 3  | 44   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Metoprolol      | 15 | 1146 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Mianserin       | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Miconazole      | 10 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Mirtazapine     | 15 | 74   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 35   | <LOQ |
| Naloxone        | 2  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Nefazodone      | 2  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Norfloxacin     | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Ofloxacin       | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Orphenadrine    | 3  | 9    | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Oxazepam        | 10 | 46   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Paracetamol     | 30 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Paroxetine      | 10 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Perphenazine    | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Pizotifen       | 2  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Promethazine    | 15 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Ranitidine      | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Repaglinide     | 2  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Risperidone     | 4  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Rosuvastatin    | 20 | 429  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Roxithromycine  | 15 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Sertraline      | 10 | 158  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Sotalol         | 15 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Sulfamethoxazol | 15 | 195  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Tamoxifen       | 5  | 14   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Telmisartan     | 10 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Terbutaline     | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Tramadol        | 15 | 159  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Trihexyphenidyl | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Trimethoprim    | 3  | 99   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Venlafaxine     | 20 | 222  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 189  | 110  |
| Verapamil       | 10 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Zolpidem        | 3  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Azithromycine   | 40 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Dipyridamol     | 3  | 92   | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Erythromycine   | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Felodipine      | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Caffeine        | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |
| Propranolol     | 20 | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |



|               |    |      |      |      |      |      |      |
|---------------|----|------|------|------|------|------|------|
| Ceterizine    | 15 | 199  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | 15   | 47   |
| Losartan      | 10 | 1109 | <LOQ | 27   | <LOQ | 265  | 142  |
| Metronidazole | 4  | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ | <LOQ |

| ELEMENT                    | P2-in  | P2-03  | P2-kol | P2-PERM | P2-RET | P2-sand |
|----------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Anastrozol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Atenolol                   | 0,343  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Azatioprin                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Bezafibrat                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Buprenorfin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Butorfanol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| koffein                    | <0.100 | 0,298  | <0.100 | <0.100  | 0,287  | <0.100  |
| Capecitabin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| karbamazepin               | 0,197  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Kloramfenikol              | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ciprofloxacin              | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| Citalopram                 | 0,185  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | 0,054  | <0.050  |
| Clofibril Syra             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Cyklobensaprin             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Cyklofosfamid              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Diazepam                   | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| diklofenak                 | 0,596  | <0.250 | <0.250 | <0.250  | <0.250 | <0.250  |
| Enalapril                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Fluoxetin                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Flutamid                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Furosemid                  | 1,07   | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,209  | <0.100  |
| Gabapentin                 | 2,26   | 0,414  | 0,414  | <0.050  | 2,03   | 0,625   |
| Gemfibrozil                | 0,229  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Hydroklortiazid            | 1,07   | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,101  | <0.100  |
| Ifosfamid                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Indometacin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| lohexol                    | 15,5   | 6      | 8,9    | 0,508   | 26,7   | 9,36    |
| lomeprol                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopamidol                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopromid                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ketoprofen                 | 0,142  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | 0,098  | <0.050  |
| Lincomycin                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Loperamid                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Metoprolol                 | 0,765  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | 0,144  | 0,064   |
| Metronidazol               | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Mykofenolatmofetil         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Naproxen                   | 0,408  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Oxazepam                   | 0,267  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,132  | <0.100  |
| Paclitaxel                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Paracetamol (acetaminofen) | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Piroxicam                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Propranolol                | 0,09   | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Salbutamol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Sertralin                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |



|                                      |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Sotalol                              | 0,055  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfamethazin                        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfametoxazol                       | 0,06   | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Terbutalin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Thebain                              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Tramadol                             | 0,238  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | 0,056  | <0.050 |
| Trimetoprim                          | 0,086  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Valsartan                            | 1,1    | 0,098  | 0,16   | <0.050 | 0,855  | 0,266  |
| warfarin                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Zolpidem                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| 2-hydroxykarbamazepin                | 0,838  | 0,12   | <0.100 | <0.100 | 0,5    | 0,194  |
| 4-hydroxydiklofenak                  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| amoxicillin                          | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  |
| atorvastatin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| azitromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| benzylpenicillin                     | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| 10,11-dihydro-10-hydroxykarbamazepin | 0,447  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,25   | <0.100 |
| 10,11-dihydroxykarbamazepin          | 0,82   | 0,113  | <0.100 | <0.100 | 0,517  | 0,169  |
| karbamazepin 10,11-epoxid            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| klortetracyklin                      | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| klaritromycin                        | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clindamycin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clonazepam                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| kolkicin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| doxycyklin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| enoxacin                             | <0.500 |        |        |        |        |        |
| erytromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| fexofenadin                          | 0,684  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,218  | <0.100 |
| flumekin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| galantamin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| glimepirid                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| meloxicam                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| metacyklin                           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| metformin                            | 4,14   | 1,74   | 2,09   | 1,78   | 4,4    | 2,47   |
| metotrexat                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nalidixinsyra                        | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nimesulid                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| norfloxacin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| ofloxacin                            | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| omeprazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ormetoprim                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ornidazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| oxkarbazepin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| oxolinsyra                           | <0.100 | <0.200 | <0.100 | <0.200 | <0.100 | <0.100 |
| roxitromycin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfaklorpyridazin                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfadiazin                          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamerazin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfametizol                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |



|                      |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| sulfametoxypyridazin | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamonometoxin     | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfatiazol          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| tetracyklin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| vancomycin           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| venlafaxin           | 0,4    | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,104  | <0.100 |

| ELEMENT                    | P3-in  | P3-03  | P3-kol | P3-PERM | P3-RET | P3-sand |
|----------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Anastrozol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Atenolol                   | 0,376  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Azatioprin                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Bezafibrat                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Buprenorfin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Butorfanol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| koffein                    | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 1,41   | <0.100  |
| Capecitabin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| karbamazepin               | 0,131  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Kloramfenikol              | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ciprofloxacin              | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| Citalopram                 | 0,16   | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Clofibric Syra             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Cyklobensaprin             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Cyklofosamid               | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Diazepam                   | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| diklofenak                 | 0,568  | <0.250 | <0.250 | <0.250  | <0.250 | <0.250  |
| Enalapril                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Fluoxetin                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Flutamid                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Furosemid                  | 0,89   | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Gabapentin                 | 2,64   | 1,04   | 0,712  | <0.050  | 3,98   | 0,841   |
| Gemfibrozil                | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Hydroklortiazid            | 0,986  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ifosamid                   | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Indometacin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| lohexol                    | 55,7   | 25     | 18,5   | 0,152   | 211    | 30,2    |
| lomeprol                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopamidol                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopromid                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ketoprofen                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | 0,057  | <0.050  |
| Lincomycin                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Loperamid                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Metoprolol                 | 0,681  | 0,095  | <0.050 | <0.050  | 0,136  | <0.050  |
| Metronidazol               | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Mykofenolatmofetil         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Naproxen                   | 0,35   | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Oxazepam                   | 0,258  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,207  | <0.100  |
| Paclitaxel                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Paracetamol (acetaminofen) | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Piroxicam                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |



|                                      |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Propranolol                          | 0,081  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Salbutamol                           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Sertralin                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Sotalol                              | 0,052  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfamethazin                        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfametoxazol                       | 0,053  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Terbutalin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Thebain                              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Tramadol                             | 0,199  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Trimetoprim                          | 0,092  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Valsartan                            | 1,05   | 0,232  | 0,234  | <0.050 | 1,28   | 0,247  |
| warfarin                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Zolpidem                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| 2-hydroxykarbamazepin                | 0,716  | 0,249  | 0,142  | <0.100 | 0,706  | 0,15   |
| 4-hydroxydiklofenak                  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| amoxicillin                          | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  |
| atorvastatin                         | 0,105  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| azitromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| benzylpenicillin                     | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| 10,11-dihydro-10-hydroxykarbamazepin | 0,545  | 0,143  | <0.100 | <0.100 | 0,477  | 0,11   |
| 10,11-dihydroxykarbamazepin          | 0,736  | 0,186  | 0,138  | <0.100 | 0,766  | 0,163  |
| karbamazepin 10,11-epoxid            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| klortetracyklin                      | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| klaritromycin                        | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clindamycin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clonazepam                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| kolkicin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| doxycyklin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| enoxacin                             |        |        |        |        |        |        |
| erytromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| fexofenadin                          | 1,03   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,488  | 0,106  |
| flumekin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| galantamin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| glimepirid                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| meloxicam                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| metacyklin                           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| metformin                            | 17,4   | 12,9   | 8,8    | 5,97   | 17,8   | 10,2   |
| metotrexat                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nalidixinsyra                        | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nimesulid                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| norfloxacin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| ofloxacin                            | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| omeprazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ormetoprim                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ornidazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| oxkarbazepin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| oxolinsyra                           | <0.100 | <0.100 | <0.200 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| roxitromycin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfaklorpyridazin                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |



|                      |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| sulfadiazin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamerazin         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfametizol         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfametoxypyridazin | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamonometoxin     | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfatiazol          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| tetracyklin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| vancomycin           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| venlafaxin           | 0,361  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,113  | <0.100 |

| ELEMENT            | P4-in  | P4-03  | P4-kol | P4-PERM | P4-RET | P4-sand |
|--------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Anastrozol         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Atenolol           | 0,236  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Azatioprin         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Bezafibrat         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Buprenorfin        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Butorfanol         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| koffein            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,16   | <0.100  |
| Capecitabin        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| karbamazepin       | 0,11   | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Kloramfenikol      | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ciprofloxacilin    | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| Citalopram         | 0,084  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Clofibrat Syra     | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Cyklobensaprin     | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Cyklofosfamid      | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Diazepam           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| diklofenak         | 0,368  | <0.250 | <0.250 | <0.250  | <0.250 | <0.250  |
| Enalapril          | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Fluoxetin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Flutamid           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Furosemid          | 0,557  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Gabapentin         | 1,89   | 0,32   | 0,322  | <0.050  | 1,3    | 0,596   |
| Gemfibrozil        | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Hydroklortiazid    | 0,681  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ifosfamid          | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Indometacin        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| lohexol            | 31,8   | 8,68   | 11,4   | <0.100  | 33,5   | 12,8    |
| lomeprol           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopamidol          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| lopromid           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Ketoprofen         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Lincomycin         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Loperamid          | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Metoprolol         | 0,454  | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Metronidazol       | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Mykofenolatmofetil | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Naproxen           | 0,323  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Oxazepam           | 0,19   | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |



|                                      |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Paclitaxel                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Paracetamol (acetaminofen)           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Piroxicam                            | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Propranolol                          | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Salbutamol                           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Sertralin                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Sotalol                              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfamethazin                        | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfametoxazol                       | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Terbutalin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Thebain                              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Tramadol                             | 0,135  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Trimetoprim                          | 0,056  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Valsartan                            | 0,618  | <0.050 | 0,075  | <0.050 | 0,393  | 0,144  |
| warfarin                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Zolpidem                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| 2-hydroxykarbamazepin                | 0,456  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,206  | 0,1    |
| 4-hydroxydiklofenak                  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| amoxicillin                          | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0  |
| atorvastatin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| azitromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| benzylpenicillin                     | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| 10,11-dihydro-10-hydroxykarbamazepin | 0,377  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,147  | <0.100 |
| 10,11-dihydroxykarbamazepin          | 0,469  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,185  | <0.100 |
| karbamazepin 10,11-epoxid            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| klortetracyklin                      | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| klaritromycin                        | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clindamycin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| clonazepam                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| kolkicin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| doxycyklin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| enoxacin                             |        |        |        |        |        |        |
| erytromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| fexofenadin                          | 0,731  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,243  | <0.100 |
| flumekin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| galantamin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| glimepirid                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| meloxicam                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| metacyklin                           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| metformin                            | 11,8   | 6,44   | 6,05   | 4,48   | 5,41   | 6,28   |
| metotrexat                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nalidixinsyra                        | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| nimesulid                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| norfloxacin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| ofloxacin                            | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| omeprazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ormetoprim                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ornidazol                            | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| oxkarbazepin                         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |





|                      |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| oxolinsyra           | <0.200 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| roxitromycin         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfaklorpyridazin   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfadiazin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamerazin         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfametizol         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfametoxipyridazin | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamonometoxin     | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfatiazol          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| tetracyklin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| vancomycin           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| venlafaxin           | 0,188  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |

|                                      | P5-in  | P5-03  | P5-GAK | P5-PERM | P5-RET | P5-sand |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| 2-hydroxikarbamazepin                | 1,44   | 0,717  | 0,453  | <0.100  | 1,9    | 0,516   |
| 4-hydroxydiklofenak                  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| amoxicillin                          | <10.0  | <10.0  | <10.0  | <10.0   | <10.0  | <10.0   |
| Anastrozol                           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Atenolol                             | 0,679  | 0,307  | <0.100 | <0.100  | 0,235  | 0,11    |
| atorvastatin                         | 0,103  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,106  | <0.100  |
| Azatioprin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| azitromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| benzylpenicillin                     | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500  | <0.500 | <0.500  |
| Bezafibrat                           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Buprenorfin                          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Butorfanol                           | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| koffein                              | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | 0,226  | <0.100  |
| Capecitabin                          | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| 10,11-dihydro-10-hydroxykarbamazepin | 0,844  | 0,366  | 0,198  | <0.100  | 0,908  | 0,241   |
| 10,11-dihydroxykarbamazepin          | 1,62   | 0,738  | 0,456  | <0.100  | 2,08   | 0,544   |
| karbamazepin                         | 0,386  | <0.050 | <0.050 | 0,056   | 0,138  | <0.050  |
| karbamazepin 10,11-epoxid            | 0,159  | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Kloramfenikol                        | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| klortetracyklin                      | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| Ciprofloxacin                        | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| Citalopram                           | 0,32   | 0,075  | <0.050 | <0.050  | 0,256  | 0,071   |
| klaritromycin                        | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500  | <0.500 | <0.500  |
| clindamycin                          | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500  | <0.500 | <0.500  |
| Clofibril Syra                       | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| clonazepam                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| kolkicin                             | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Cyklobensaprin                       | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Cyklofosamid                         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| Diazepam                             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| diklofenak                           | 1,13   | <0.050 | <0.050 | 0,103   | 1,03   | 0,335   |
| doxycyklin                           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100  | <0.100 | <0.100  |
| Enalapril                            | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050  | <0.050 | <0.050  |
| erytromycin                          | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00   | <1.00  | <1.00   |
| fexofenadin                          | 6,17   | 1,8    | 1,46   | <0.100  | 8,22   | 2,01    |



|                            |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| flumekin                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Fluoxetin                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Flutamid                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Furosemid                  | 2,37   | <0.100 | <0.100 | 0,151  | 1,39   | 0,41   |
| Gabapentin                 | 1,99   | 1,24   | 0,946  | 0,079  | 3,65   | 1,01   |
| galantamin                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Gemfibrozil                | 0,136  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| glimepirid                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Hydroklortiazid            | 2,47   | 0,815  | 0,234  | 0,239  | 0,374  | 0,357  |
| Ifosfamid                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Indometacin                | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| lohexol                    | 22,2   | 26     | 19,2   | <0.100 | 70     | 12,9   |
| lomeprol                   | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,128  | <0.100 |
| lopamidol                  | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| lopromid                   | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  | <1.00  |
| Ketoprofen                 | 0,317  | 0,161  | 0,106  | <0.050 | 0,452  | 0,132  |
| Lincomycin                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Loperamid                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| meloxicam                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| metacyklin                 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| metformin                  | 3,18   | 3,61   | 3,67   | 3,08   | 4,77   | 3,66   |
| metotrexat                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Metoprolol                 | 1,64   | 0,669  | 0,197  | 0,154  | 0,646  | 0,238  |
| Metronidazol               | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Mykofenolatmofetil         | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| nalidixinsyra              | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Naproxen                   | 0,579  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | 0,425  | <0.100 |
| nimesulid                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| norfloxacin                | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| ofloxacin                  | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 |
| omeprazol                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ormetoprim                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| ornidazol                  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Oxazepam                   | 0,541  | 0,266  | 0,14   | <0.100 | 0,537  | 0,173  |
| oxkarbazepin               | 0,802  | 0,471  | 0,232  | <0.100 | 0,684  | 0,262  |
| oxolinsyra                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Paclitaxel                 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Paracetamol (acetaminofen) | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Piroxicam                  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Propranolol                | 0,141  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| roxitromycin               | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Salbutamol                 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Sertralin                  | 0,206  | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Sotalol                    | 0,098  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfaklorpyridazin         | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfadiazin                | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamerazin               | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamethazin              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| sulfametizol               | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |



|                      |        |        |        |        |        |        |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| sulfametoxazol       | 0,231  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | 0,148  | 0,059  |
| sulfametoxipyridazin | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfamonometoxin     | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| sulfatiazol          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Terbutalin           | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| tetracyklin          | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 | <0.100 |
| Thebain              | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Tramadol             | 0,401  | 0,138  | 0,06   | <0.050 | 0,283  | 0,075  |
| Trimetoprim          | 0,138  | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Valsartan            | 2,22   | 0,888  | 0,823  | <0.050 | 4,14   | 1,04   |
| vancomycin           | <0.500 | <0.500 | <0.500 | <0.500 | 0,625  | <0.500 |
| venlafaxin           | 0,898  | 0,286  | 0,165  | <0.100 | 0,838  | 0,208  |
| warfarin             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |
| Zolpidem             | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 | <0.050 |



## Bilaga C – Utökat läkemedelspaket pilot

| Läkemedelssubstans                   | PX – in | PX – O3 | PX – GAK | PX – PERM |
|--------------------------------------|---------|---------|----------|-----------|
| Levonorgestrel                       | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Noretisteron                         | <0,020  | <0,020  | <0,020   | <0,020    |
| Candesartan                          | #       | #       | #        | #         |
| Fluconazole                          | 0,13    | 0,063   | 0,038    | <0,005    |
| Gabapentin                           | 1,6     | 0,52    | 0,48     | 0,025     |
| Irbesartan                           | 0,2     | 0,03    | 0,02     | 0,01      |
| Valsartan                            | 1,6     | 0,18    | 0,17     | <0,01     |
| 17-beta-östradiol                    | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| 4-Acetamidoantipyrine                | 0,089   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| 4-Formylaminoantipyrine (Formyl-AAP) | 0,024   | <0,02   | <0,02    | <0,02     |
| 5-methylbenzotriazole                | 0,49    | 0,056   | <0,01    | <0,01     |
| Acetanilid                           | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Acetylsulfamethoxazole               | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Amiloride                            | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Amiodaron                            | 0,025   | <0,02   | <0,02    | <0,02     |
| Amisulpride                          | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Amitriptyline                        | 0,09    | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Amlodipin                            | <0,20   | <0,20   | <0,20    | <0,20     |
| Amoxicilline                         | <0,10   | <0,10   | <0,10    | <0,10     |
| Ampicillin                           | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Atenolol                             | 0,55    | 0,032   | 0,012    | 0,017     |
| Atorvastatin                         | 0,28    | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Azathioprine                         | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Azithromycin                         | 0,44    | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Beklometason                         | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Bendroflumetiazid                    | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Benzathine benzylpenicillin G        | <0,5    | <0,5    | <0,5     | <0,5      |
| Benzotriazole                        | 1,2     | 0,51    | <0,04    | <0,04     |
| Benzylpenicillin                     | <0,1    | <0,1    | <0,1     | <0,1      |
| Bezafibrat                           | 0,021   | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Bicalutamide                         | #       | #       | #        | #         |
| Bisoprolol (β-Adrenergika)           | 0,17    | <0,010  | <0,010   | <0,010    |
| Bromokriptin                         | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Budesonid                            | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Buspirone                            | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Cetirizine                           | 15      | <0,005  | 0,048    | 0,13      |
| Ciprofloxacin                        | 0,11    | <0,050  | <0,050   | <0,050    |
| Citalopram                           | 0,38    | <0,010  | <0,010   | <0,010    |
| Clarithromycin                       | 0,011   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Clenbuterol                          | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Clindamycin                          | 0,25    | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Clofibratsyra                        | <0,050  | <0,050  | <0,050   | <0,050    |
| Clopidol (Meticloprindol)            | <0,01   | <0,01   | <0,01    | <0,01     |
| Clotrimazole                         | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Cloxacillin                          | <0,005  | <0,005  | <0,005   | <0,005    |
| Crotamiton                           | 0,05    | <0,01   | <0,01    | <0,01     |



|                           |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Cyklofosamid              | <0,025 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Dapson                    | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Desloratadin              | 0,53   | 0,037  | 0,027  | <0,005 |
| Dexmedetomidine           | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Diatrizoat (Amidotrizoat) | 0,072  | 0,07   | 0,066  | <0,02  |
| Diklofenak                | 0,72   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Diltiazem                 | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  |
| Doxycyklin                | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Enalapril                 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Enrofloxacin              | <0,02  | <0,02  | <0,02  | <0,02  |
| Entacapone                | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Erytromycin               | <0,25  | <0,25  | <0,25  | <0,25  |
| Ethinyl-Estradiole        | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Febantel                  | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Felodipin                 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| Fenazon                   | 0,006  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Fenbendazole              | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Fexofenadin               | 6,9    | 0,07   | 0,1    | 0,04   |
| Florfenicol               | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Flubendazol               | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Fluoxetin                 | 0,043  | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Flutamide                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Fluvastatin               | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Fluvoxamin                | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Furosemid                 | 1,8    | <0,050 | <0,050 | <0,250 |
| Gemfibrozil               | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Glibenklamid              | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Hydroklortiazid           | 1,1    | <0,050 | <0,050 | 0,19   |
| Hydrokortison             | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Ibuprofen                 | 0,14   | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| Ifosfamid                 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Iopamidol                 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Iopromide                 | 0,28   | 0,12   | 0,1    | <0,020 |
| Ipratropium               | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Irinotecan                | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Ivermectine               | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Karbamazepin              | 0,46   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Karvedilol                | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Ketokonazol               | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Ketoprofen                | 0,46   | 0,098  | 0,072  | 0,009  |
| Klozapin                  | 0,37   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Koffein                   | 0,066  | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Lamotrigine               | 5,6    | 2,8    | 0,78   | 0,54   |
| Levosimendan              | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Lidocaine                 | 0,44   | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Loratadin                 | 0,012  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Losartan                  | 4,6    | <0,005 | 0,009  | 0,054  |
| Mebendazol                | 0,06   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Meropenem                 | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  |



|                              |        |        |        |        |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Metaflumizone                | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Methotrexate                 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Metoprolol                   | 2      | 0,04   | 0,015  | 0,033  |
| Metronidazole                | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Metylprednisolon             | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Mianserin                    | 0,006  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Miconazole                   | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Mirtazapin                   | 1,4    | <0,005 | <0,005 | 0,022  |
| Mometasonfuroat              | <0,02  | <0,02  | <0,02  | <0,02  |
| Naproxen                     | 0,63   | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| N-Demethylethromycin A       | <0,2   | <0,2   | <0,2   | <0,2   |
| Nelfinavir                   | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Nitenpyram                   | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Norfloxacin                  | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| O-Desmethylvenlafaxine       | 2,1    | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Ofloxacin                    | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| Östriol                      | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Östron                       | 0,02   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Oxazepam                     | 0,42   | 0,09   | 0,05   | 0,04   |
| Oximetazolin                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Oxitetacyclin                | <0,050 | <0,050 | <0,050 | <0,050 |
| Paracetamol                  | <0,10  | <0,02  | <0,02  | <0,02  |
| Paroxetin                    | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Piperacillin                 | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Prazikvantel                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Primidone                    | 0,09   | 0,023  | 0,013  | <0,005 |
| Progesterone                 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Propafenone                  | 0,006  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Propifenazon                 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Propranolol                  | 0,15   | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Pyrantel                     | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Quetiapine                   | 0,029  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Raloxifen                    | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Ramipril                     | 0,011  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Risperidon                   | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Roxithromycin                | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Salbutamol                   | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Salmeterol                   | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Sertraline and norsertraline | 0,22   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Simvastatin                  | <0,50  | <0,50  | <0,50  | <0,50  |
| Sotalol (β-Adrenergika)      | 0,067  | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Sulfadiazin                  | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Sulfadimidin (Sulfamethazin) | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Sulfadoxin                   | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Sulfaguanidin                | <0,05  | <0,05  | <0,05  | <0,05  |
| Sulfamerazin                 | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Sulfamethizol                | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Sulfametoxazol               | 0,031  | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Sulfathiazol                 | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |



|               |        |        |        |        |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| Tamoxifen     | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Terbutalin    | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Testosteron   | <0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Tetraconazole | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Tetracyklin   | 0,042  | <0,010 | <0,010 | <0,010 |
| Toremifene    | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Tramadol      | 0,44   | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| triclocarban  | <0,04  | <0,04  | <0,04  | <0,04  |
| Trimetoprim   | 0,22   | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Tylosin       | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Venlafaxine   | 0,98   | <0,005 | 0,008  | 0,009  |
| Verapamil     | 0,009  | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Warfarin      | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| Xylometazolin | 0,013  | 0,003  | 0,001  | 0,003  |
| Zolpidem      | <0,01  | <0,01  | <0,01  | <0,01  |
| Zopiklon      | #      | #      | #      | #      |





## Bilaga D – TSS, TOC och DOC

| P1        | IN   | O3  | GAK   | PERM   | RET | SAND |
|-----------|------|-----|-------|--------|-----|------|
| TSS       | 3,2  | 2,6 | 1,4   | < 1,3  | 6,2 | 2,3  |
| TOC       | 7,6  | 9,6 | 5,3   | < 2,0  | 7,7 | 6,4  |
| DOC       | 7,7  | 9,3 | 5,2   | < 2,0  | 7,2 | 6,1  |
| <b>P2</b> |      |     |       |        |     |      |
| TSS       | <5,9 | 1,4 | < 1,3 | < 1,0  | 1,3 | 2    |
| TOC       | 11,6 | 11  | 9,7   | < 2,0  | 9,6 | 9,2  |
| DOC       | 11,2 | 11  | 9,7   | < 2,0  | 9,7 | 9,9  |
| <b>P3</b> |      |     |       |        |     |      |
| TSS       | 4,3  | 2,3 | 2,1   | < 0,60 | 6,2 | 1,5  |
| TOC       | 10   | 11  | 10    | < 2,0  | 16  | 10   |
| DOC       | 9,8  | 11  | 9,9   | < 2,0  | 14  | 10   |
| <b>P4</b> |      |     |       |        |     |      |
| TSS       | 3,8  | 1,6 | 1,2   | < 0,70 | 8,3 | 1,8  |
| TOC       | 11   | 10  | 9,4   | < 2,0  | 18  | 8,2  |
| DOC       | 9,1  | 9,9 | 8     | < 2,0  | 16  | 7,7  |
| <b>P5</b> |      |     |       |        |     |      |
| TSS       | 5,6  | 2,4 | 1,7   | <1,2   | 7,5 | <1,2 |
| TOC       | 12   | 13  | 12    | <2,0   | 42  | 12   |
| DOC       | 11   | 13  | 11    | <2,0   | 37  | 11   |
| <b>P6</b> |      |     |       |        |     |      |
| TSS       | 3,5  | 2,3 | 1,8   | <1,2   | 14  | 1,8  |
| TOC       | 12   | 13  | 13    | <2,0   | 55  | 12   |
| DOC       | 11   | 13  | 13    | <2,0   | 47  | 11   |



## Bilaga E – PFAS

| ELEMENT   | SAMPLE | P2 - IN | P2 - 03 | P2 - GAK | P2 - sand | P2 - PER |
|---|--------|---------|---------|----------|-----------|----------|
| perfluorbutansyra (PFBA)                          | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluoropentansyra (PFPeA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorhexansyra (PFHxA)                         | µg/L   | 0,013   | 0,021   | 0,016    | 0,016     | <0.020   |
| perfluoroheptansyra (PFHpA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluoroktansyra (PFOA)                          | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050  | <0.0050   | <0.0050  |
| perfluorononansyra (PFNA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorodekansyra (PFDA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorbutansulfonsyra (PFBS)                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorhexansulfonsyra (PFHxS)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluoroktansulfonsyra (PFOS)                    | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050  | <0.0050   | <0.0050  |
| 6:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| summa PFAS 11                                     | µg/L   | 0,013   | 0,021   | 0,016    | 0,016     | <0.055   |
| perfluorundekansyra (PFUnDA)                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorododekansyra (PFDoDA)                     | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| PFTrDA perfluortridekansyra                       | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025   | <0.025    | <0.025   |
| PFPeS perfluorpentansulfonsyra                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluoroheptansulfonsyra (PFHpS)                 | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| PFNS perfluoronansulfonsyra                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorodekan sulfonsyra (PFDS)                  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluorundekansulfonsyra (PFUnDS)                | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| PFDoDS perfluordodekansulfonsyra                  | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025   | <0.025    | <0.025   |
| PFTrDS perfluortridekansulfonsyra                 | µg/L   | <0.020  | <0.020  | <0.020   | <0.020    | <0.020   |
| summa PFAS 20                                     | µg/L   | 0,013   | 0,021   | 0,016    | 0,016     | <0.120   |
| summa PFAS 21                                     | µg/L   | 0,013   | 0,021   | 0,016    | 0,016     | <0.125   |
| 4:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| 8:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| perfluoroktan-sulfonamid (FOSA)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)           | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050   | <0.050    | <0.050   |
| N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)            | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050   | <0.050    | <0.050   |
| N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025   | <0.025    | <0.025   |
| N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)      | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025   | <0.025    | <0.025   |
| FOSAA perfluoroktansulfonamidättiksyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| N-metylperfluoroktansulfonamidättiksyra (MeFOSAA) | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| N-etylperfluoroktansulfonamidättiksyra (EtFOSAA)  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| 7H-perfluorheptansyra (HPFHpA)                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| PF37DMOA perfluor-3,7-dimetyloktansyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010   | <0.010    | <0.010   |
| PFTeDA perfluortetradekansyra                     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025   | <0.025    | <0.025   |



| ELEMENT   | SAMPLE | P3-in   | P3-O3   | P3-GAK  | P3-RET  | P3-PERM | P3-sand |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| perfluorbutansyra (PFBA)                          | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.020  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoropentansyra (PFPeA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | 0,021   | <0.010  | <0.010  |
| perfluorhexansyra (PFHxA)                         | µg/L   | 0,029   | 0,046   | 0,042   | 0,179   | <0.010  | 0,043   |
| perfluoroheptansyra (PFHpA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktansyra (PFOA)                          | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | 0,0081  | <0.0050 | <0.0050 |
| perfluorononansyra (PFNA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorodekansyra (PFDA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorbutansulfonsyra (PFBS)                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorhexansulfonsyra (PFHxS)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktansulfonsyra (PFOS)                    | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 |
| 6:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| summa PFAS 11                                     | µg/L   | 0,029   | 0,046   | 0,042   | 0,208   | <0.050  | 0,043   |
| perfluorundekansyra (PFUnDA)                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorododekansyra (PFDoDA)                     | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFTrDA perfluortridekansyra                       | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| PFPeS perfluorpentansulfonsyra                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroheptansulfonsyra (PFHpS)                 | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFNS perfluoronansulfonsyra                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorodekan sulfonsyra (PFDS)                  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorundekansulfonsyra (PFUnDS)                | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFDoDS perfluordodekansulfonsyra                  | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| PFTrDS perfluortridekansulfonsyra                 | µg/L   | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  |
| summa PFAS 20                                     | µg/L   | 0,029   | 0,046   | 0,042   | 0,208   | <0.115  | 0,043   |
| summa PFAS 21                                     | µg/L   | 0,029   | 0,046   | 0,042   | 0,208   | <0.120  | 0,043   |
| 4:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| 8:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktan-sulfonamid (FOSA)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)           | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  |
| N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)            | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  |
| N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)      | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| FOSAA perfluoroktansulfonamidättiksyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-metylperfluoroktansulfonamidättiksyra (MeFOSAA) | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-etylperfluoroktansulfonamidättiksyra (EtFOSAA)  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| 7H-perfluorheptansyra (HPFHpA)                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PF37DMOA perfluor-3,7-dimetyloktansyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFTeDA perfluortetradekansyra                     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |



| ELEMENT   | SAMPLE | P4-in   | P4-O3   | P4-GAK  | P4-sand | P4-Perm | P4-RET  |
|---|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| perfluorbutansyra (PFBA)                          | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoropentansyra (PFPeA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | 0,015   |
| perfluorhexansyra (PFHxA)                         | µg/L   | 0,027   | 0,045   | 0,035   | 0,036   | <0.010  | 0,138   |
| perfluoroheptansyra (PFHpA)                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktansyra (PFOA)                          | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | 0,0068  |
| perfluorononansyra (PFNA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorodekansyra (PFDA)                         | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorbutansulfonsyra (PFBS)                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorhexansulfonsyra (PFHxS)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktansulfonsyra (PFOS)                    | µg/L   | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 | <0.0050 |
| 6:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| summa PFAS 11                                     | µg/L   | 0,027   | 0,045   | 0,035   | 0,036   | <0.050  | 0,16    |
| perfluorundekansyra (PFUnDA)                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorododekansyra (PFDoDA)                     | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFTrDA perfluortridekansyra                       | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| PFPeS perfluorpentansulfonsyra                    | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroheptansulfonsyra (PFHpS)                 | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFNS perfluoronansulfonsyra                       | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorodekan sulfonsyra (PFDS)                  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluorundekansulfonsyra (PFUnDS)                | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFDoDS perfluordodekansulfonsyra                  | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| PFTrDS perfluortridekansulfonsyra                 | µg/L   | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  | <0.020  |
| summa PFAS 20                                     | µg/L   | 0,027   | 0,045   | 0,035   | 0,036   | <0.115  | 0,16    |
| summa PFAS 21                                     | µg/L   | 0,027   | 0,045   | 0,035   | 0,036   | <0.120  | 0,16    |
| 4:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| 8:2 FTS fluortelomersulfonat                      | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| perfluoroktan-sulfonamid (FOSA)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)           | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  |
| N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)            | µg/L   | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  | <0.050  |
| N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)      | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |
| FOSAA perfluoroktansulfonamidättiksyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-metylperfluoroktansulfonamidättiksyra (MeFOSAA) | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| N-etylperfluoroktansulfonamidättiksyra (EtFOSAA)  | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| 7H-perfluoroheptansyra (HPFHpA)                   | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PF37DMOA perfluor-3,7-dimetyloktansyra            | µg/L   | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  | <0.010  |
| PFTeDA perfluortetradekansyra                     | µg/L   | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  | <0.025  |