



**ECONET** vatten&miljöteknik

PILOTANLÄGGNING FÖR RENING AV LÄKEMEDELSRESTER  
VID RUSTORPS AVLOPPSRENINGSVÄRK

## SLUTRAPPORT

---

SLUTRAPPORT  
2020-10-13

**UPPDRAG** 298060, Ronneby ARV  
Titel på rapport: Pilotanläggning för rening av läkemedelsrester vid Rustorps  
avloppsreningsverk  
Status: Slutrapport  
Datum: 2020-10-13

**MEDVERKANDE**

Beställare: Ronneby Miljö och Teknik AB  
Kontaktperson: Mattias Andersson  
  
Konsult: David Bohgard, Tyréns AB  
Uppdragsansvarig: Jörgen Brorsson, Tyréns AB  
Kvalitetsgranskare: Mattias Andersson, Ronneby Miljö och Teknik AB

Handlingen författad av:



---

David Bohgard, Datum: 2020-10-14

Handlingen granskad av:

---

Mattias Andersson, Datum: 2020-10-14

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	SAMMANFATTNING .....	4
2	BAKGRUND .....	5
3	SYFTE.....	5
4	METOD.....	5
5	KOSTNADER.....	9
	5.1 KOSTNADER FÖR PILOTANLÄGGNING.....	9
	5.2 INVESTERINGSKOSTAND FÖR FULLSKALIG ANLÄGGNING.....	9
	5.3 DRIFTSKOSTNADER .....	9
6	RESULTAT.....	10
	6.1 PROVTAGNINGSPROGRAM.....	10
	6.2 ANALYSRESULTAT .....	11
	6.3 TOXCICITET .....	19
	6.4 AVVIKELSER.....	19
7	SLUTSATS .....	20
	7.1 NOLLALTERNATIV.....	20
	7.2 FULLSKALIG ANLÄGGNING.....	20
8	BILAGOR.....	22

## 1 SAMMANFATTNING

Vid Rustorps avloppsreningsverk i Ronneby kommun har det under 12 veckor från april till juli 2020 pågått ett pilotprojekt för behandling av avloppsvatten med ozon respektive granulerat aktivt kol. Syftet med pilotförsöket är att undersöka möjligheten att rena avloppsvatten från läkemedelsrester med hjälp av ozon och aktivt granulerat kol. Projektet har finansierats med stöd från Naturvårdsverket i enlighet med förordning 2018:495. Det utgående avloppsvattnet har tagits från avloppsreningsverket för att sedan pumpas genom pilotanläggningens reningssteg varpå provtagning har skett vid totalt fyra punkter. Vattenproverna har sedan analyserats främst med avseende på läkemedelsrester och PFAS med även COD och turbiditet då dessa parametrar påverkar reningsanläggningens funktion.

Målet med anläggningen som har installerats vid avloppsreningsverket Rustorp är att uppnå en reningsgrad för läkemedelsrester på 80 % med ozonbehandling och granulerat aktivt kol.

Reningen i pilotanläggningen har visat sig vara effektiv främst för läkemedelsrester och vid en tillförd ozonhalt om cirka 7 gram/kubik. Ozonhalter mellan 3-9 gram/kubik har använts under försöket. Analysresultaten visar att reningen i två steg med både ozon och granulerat aktivt kol är nödvändigt för att uppnå en tillfredställande reningsgrad.

Pilotanläggningen har behandlat 5,2 kubik avloppsvatten per timme. Hela avloppsreningsanläggningen behandlar mellan 250–500 kubik avloppsvatten per timme.

Vid driften av anläggningen har avskiljningen av suspenderat material varit problematiskt. Under 10:e driftsveckan av anläggningen installerades en polymerpump för att ytterligare få möjlighet att avskilja det suspenderat materialet. Detta gav en viss effekt enligt analysresultaten men ytterligare avskiljning är önskvärt varför beräkningarna för en fullskalig anläggning har utgått ifrån sandfilter istället för trumsil som i pilotanläggningen. Turbiditet och halten organiskt material har med anledning av detta varit högre än beräknat vilket med stor sannolikhet påverkat ozonets och det aktiva kolets möjligheter att bryta ner och absorbera läkemedelsrester och PFAS.

Problematiken med suspenderade ämnen har även påverkat frekvensen för backspolning av kolfiltret som utförts tre gånger dag istället för planerade en gång per dag. Med anledning av detta bör ett kontinuerligt aktivt kolfilter användas istället vid framtida försök och vid en fullskalig anläggning om inte åtgärder vidtas för minskad belastning av suspenderade ämnen.

Med anledning av dessa förändringar bör ytterligare körningar i pilotanläggning genomföras tillsammans med provtagning och analyser där installation av sandfilter eller alternativ metod och eventuellt kontinuerligt kolfilter utförs.

Under driften av anläggningen har det även förekommit höga halter av ozon inne i containern vilket har avhjälpes genom justering av ventilationens kapacitet i reaktionstanken.

## 2 BAKGRUND

Läkemedelsrester har vid tidigare provtagning påvisats i avloppsledningsverket Rustorp i Ronneby kommun. Läkemedelsrester kan ge en negativ effekt på djurliv och natur. Tillsammans med flera andra reningsverk längs med Skånes östkust och Blekinges sydkust har Rustorps anläggning ett utlopp för behandlat avloppsvatten i Hanöbukten.

Hanöbukten är en viktig naturresurs med betydande fiske och sandstränder för rekreation. Bukten har dokumenterade miljöproblem som är omfattande och pågående. Bland annat syns detta på halter av miljögifter som påvisats i infångad fisk och läkemedelsrester har pekats ut som en möjlig orsak till detta.

Att införa ett reningssteg för läkemedelsrester på Rustorps reningsverk är därför att ses som ett steg för att minska de miljöproblem som konstaterats i Hanöbukten och Östersjön. Införandet av ett reningssteg för omhändertagande av läkemedelsrester kommer därmed bidra till att uppfylla de nationella miljökvalitetsmålen.

Med anledning av detta har Ronneby Miljö och Teknik AB genomfört en upphandling avseende projektering och etablering av en pilotanläggning. Upphandlingen genomfördes under 2019.

Totalt lämnade fem bolag anbud och Econet Vatten och Miljöteknik AB tilldelades kontraktet under slutet av 2019.

Pilotanläggningen har byggts med ekonomiskt stöd från Naturvårdsverket i enlighet med förordningen 2018:495 för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester.

Projektet har genomförts som en förstudie med syftet att ta fram underlag för investeringsbeslut gällande en fullskalig anläggning för behandling av läkemedelsrester i Rustorp. Pilotanläggningen upphandlades tillsammans med en fullskalig anläggning som ska installeras på avloppsreningsverket i Bräkne Hoby.

## 3 SYFTE

Syftet med pilotanläggningen är att undersöka hur ozonrening tillsammans med filtrering genom granulerat aktivt kol kan användas för att reducera läkemedelsrester i behandlat avloppsvatten med minst 80 % reduktion.

Det övergripande syftet är att utreda förutsättningarna för en fullskalig anläggning med rening av avloppsvatten från läkemedelsrester och PFAS. Arbetet är en del i att uppnå miljömålet Hav i balans, levande kust och skärgård, giftfri miljö samt levande sjöar och vattendrag som är fyra av Sveriges 16 beslutade miljökvalitetsmål.

## 4 METOD

Projektet delades in i två faser med efterföljande pilotförsök efter det att upphandlingen avslutades. Första fasen innehöll projektering och kalkyl av anläggningen. Andra fasen utgjordes av produktionen av anläggningen då byggnation och installation genomfördes.



En schematisk översikt av anläggningen framgår av bilaga 1 och är framtagen av Econet i samarbete med Ronneby Miljö och Teknik AB. Figur 1, 2 och 3 visar anläggningen i drift.



*Figur 1. Pilotanläggningen sett utifrån.*



*Figur 2. Översiktlig bild över anläggningen. Längst bort i bild trumfiltret (markerad med blå pil) varpå ozonanläggningen för tillverkning av ozon följer (markerad med röd pil).*



*Figur 3. Sista steget efter ozonbehandlingen med kolfilter.*

Inkommande vatten till pilotanläggningen pumpades från avloppsreningsverkets utgående vatten som efter flotationsanläggning släpps till recipient. Första steget i anläggningen är ett trumfilter. Trumfiltrets funktion är att minska mängden suspenderade ämnen innan ozonbehandling och kolfilter. Vid normal drift bör trumfiltret reducera suspenderade ämnen till under 5 mg/l. Flödet som går igenom trumfiltret skall normalt vara ett överskott och kommer bräddas till avdragsrännorna i slutsedimenteringsbassängen.

Det första steget i pilotanläggningen har utgjorts av ett trumfilter med uppgiften att hålla nere halten suspenderade ämnen, och därmed också COD, in till ozonbehandling och kolfiltrering. Det visade sig svårt att nå ned till och under målvärdet 5 mg SS/l i utgående vatten från trumfiltret.

Orsaken till detta torde vara att restjärn från kemisk fällning som finns i vattnet flockar i och efter trumfiltret, vilket gjorde att utgående halter suspenderade ämnen och COD

var högre än tänkt. Detta bör ha fått till följd att ozonbehandlingen blivit mindre effektiv än den kunnat bli, samt att kolfiltret fått backspolas oftare än planerat vilket troligtvis inneburit att absorptionskapaciteten minskat.

För att komma till rätta med avskiljningsproblemet i trumfiltret installerades polymerdosering till inkommande vatten till trumfiltret, men den åtgärden löste inte problemet helt, utan hela försöksperioden har belastats av högre halter suspenderade ämnen än tänkt.

Vid indikation på höga nivåer i trumsilen startar automatisk backspolning och rejekterat material går vidare till avdragsrännorna i slutsedimenteringsbassängen.

Vattnet pumpas vidare från trumfiltret in i ozonanläggningen. Ozonanläggningen består bland annat av en statisk mixer, kompressor, syregenerator, ozongenerator samt varnings- och styrsystem.

Ozonanläggningen har kapacitet att producera 0–60 gram ozon/h.

Målet med ozonbehandlingen är att cirka 60 % av läkemedelsresterna ska vara nerbrutna efter detta steget. För hela anläggningen är målet att cirka 80 % av läkemedelsresterna ska brytas ner.

Efter att vattnet passerat ozonstegets reaktortank leds vattnet vidare till kolfiltret. Kolfiltret är det sista steget i reningsprocessen innan vattnet går vidare till slutsedimenteringsbassängen. Pilotanläggningen är dimensionerad för ett flöde om 7 kubik/h vilket kommer innebära en uppehållstid i kolfiltret på cirka 10 minuter. När vattnet har passerat kolfiltret är målet att minst 80 % av läkemedelsresterna ska ha absorberats.

Kolfiltret kommer att sätta igen allt eftersom vatten med suspenderat material filtreras. Vid höga nivåer i kolfiltret måste detta backspolas manuellt. Flödet från backspolningen leds till utlopps-rännorna i sedimenteringsbassängerna. Teoretiskt sätt kräver systemet med kolfilter backspolning en gång per dag vid optimal funktion av anläggningen. Den faktiska frekvensen under pågående drift har uppgått till tre gånger per dag med anledning av den mängden suspenderat material som gått vidare till kolfiltret.

Delflödet till pilotanläggningen har under försökstiden varit cirka 5,2 kubik/h jämfört med totalflödet till avloppsreningsverket på 250–500 kubik/h. Det avloppsvatten som gått genom pilotanläggningen släpps ut tillsammans med övrigt avloppsvatten från avloppsreningsverket ut till recipient.

Reningsstegen för pilotanläggningen har följande specifikationer:

· Maskvidd, trumsil	10 µm
· Ozongenerator, produktionskapacitet	0-60 gO <sub>3</sub> /h
· Volym, ozonreaktor	1,26 m <sup>3</sup>
· Diameter, kolfilter	1,05 m
· Area, kolfilter	0,87 m <sup>2</sup>
· Volym kol (max)	1,2 m <sup>3</sup>
· Bäddhöjd, kol (max)	1,38 m



## 5 KOSTNADER

Projektet har finansierats med stöd från Naturvårdsverket i enlighet med förordning 2018:495 för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester.

### 5.1 KOSTNADER FÖR PILOTANLÄGGNING

Kostnaderna för pilotanläggningen för rening från läkemedelsrester har delats upp enligt följande poster utifrån den betalningsplan som upprättats för projektet.

- Pilotanläggning och upphandling
- Kommunikation
- Laboratorieanalyser
- Personal

I bilaga 5 redovisas faktiska kostnader för hela projektet.

### 5.2 INVESTERINGSKOSTAND FÖR FULLSKALIG ANLÄGGNING

Econet har tagit fram en investeringskostnad för en fullskalig anläggning enligt nedan. Utöver kostnader för anläggningen tillkommer externa och interna timmar för projektledning och styrning av uppdraget om cirka 5 % av installationskostnaden, cirka 4 miljoner kronor. Skillnaden mot pilotanläggningen är att trumsilen har ersatts av kontinuerliga sandfilter då effekten av trumsilen avseende separation av suspenderade ämnen inte varit tillfredställande samt att backspolningen av kolfiltret sker kontinuerligt.

*Tabell 2. Sammanställning av investeringskostnader för fullskalig anläggning.*

AKTIVITET	KOSTNADER
BYGGNATION OCH MARKARBET	35 000 000 SEK
MASKINER	28 000 000 SEK
EL	8 000 000 SEK
STYRSYSTEM	2 500 000 SEK
VENTILATION	4 500 000 SEK
LEDNINGAR	2 500 000 SEK
PROJEKTERING	3 500 000 SEK
<b>SUMMA</b>	<b>84 000 000 SEK</b>

### 5.3 DRIFTSKOSTNADER

Driftkostnaderna för anläggningen har utgjorts av interna arbetstimmar, konsultarvoden samt elkostnader för anläggningen.

Vid en fullskalig anläggning kommer driftkostnaderna att utgöras av intern arbetstid, aktivt kol, elkostnader samt service och underhåll av anläggningen. Viss provtagning av utgående vatten är också aktuellt dock inte i samma omfattning som under pilotförsöket.

Med anledning av att driften inte har varit helautomatisk har personal funnits på plats för att backspola kolfiltret. Frekvensen av backspolning har från projekteringen av anläggningen till driften förändrats från 1 gång/dag till 3 gånger/dag med anledning av den höga halten suspenderat material.

Energikostnaden för pilotanläggningen har utifrån tillgängliga data beräknas till 10 000 kr (räknat med en medelförbrukning per vecka och en total kostnad om 1,5 kr/kWh)

under de 12 veckor som anläggningen var i drift. Elkostnaden är räknad på ett genomsnitt per vecka för att få ett underlag till beräkningar för en fullskalig anläggning. En fullskalig anläggning beräknas behandla 36–72 gånger mer vatten (5,2 kubik/dygn för pilotanläggningen kontra 250–500 kubik/dygn för hela anläggningen).

Det ger en årlig elkostnad mellan 1 440 000 – 2 880 000 kr per år förutsatt att elförbrukningen står i direkt relation till mängden behandlat vatten.

Utöver elkostnaderna har driften av pilotanläggningen krävt tillsyn för backspolning av kolfilter tre gånger per dag vilket under försöksperioden om 12 veckor uppskattas till kan cirka 180 timmar. Detta utifrån en kontinuerlig drift utan avbrott under vardagar i 12 veckor vilket skulle innebära cirka 80 timmar i månaden. Vid den fullskalig anläggning kommer backspolningen av kolfiltret att ske automatiskt och ett eventuellt sandfilter installeras istället för en trumfilter vilket bör innebära att den arbetstiden som behöver läggas på en fullskalig anläggning under drift minskar.

I nuläget bedöms det finnas för stora osäkerheter kring driftskostnaden för att entreprenören ska kunna ta fram en rimlig beräkning. Kostnaden för driften av en fullskalig anläggning bör tas fram i samband med projekteringen.

## 6 RESULTAT

### 6.1 PROVTAGNINGSPROGRAM

I samband med byggnationen av pilotanläggningen för avskiljning av läkemedel togs en provtagningsplan fram, se bilaga 3. Syftet med provtagningsplanen var att beskriva hur, var och när provtagningen skulle ske för att bedöma om anläggningen uppfyllde målet om totalt 80 % reduktion varav 60 % reduktion efter ozonbehandlingen.

Prov har uttagits från följande punkter:

- Punkt A** före trumfilter (utgående vatten från avloppsreningsverket)
- Punkt B** efter trumfilter
- Punkt C** efter ozonreaktor
- Punkt D** efter kolfilter

Utgångspunkten innan anläggningen togs i drift var att provtagningsprogrammet skulle pågå under 9 veckor. På grund av justeringar av anläggningen och några driftstopp förlängdes provperioden och pågick mellan vecka 18 till 29.

Provtagning har skett vardagar fem dagar i veckan. Från punkterna A och B har stickprov uttagits varje dag och analyserats med avseende på turbiditet och COD (Chemical Oxygen Demand) som mått på vattnets grumlighet samt för att kontrollera halten organiskt material. Analyserna har utförts på ofiltrerade prov.

Stickprov i punkterna A, C och D före spolning av kolfilter har tagits tre gånger per dag med tre timmars mellanrum och sedan sammanförts till ett veckoprov som analyserats för läkemedelsrester samt PFAS.

Samtliga analyser med undantag från toxicitetsanalyserna har genomförts av Synlab AB i Linköping. Toxicitetsanalyserna har genomförts av Högskolan i Kristianstad.

Ozondosen som tillförts pilotanläggningen har varierat med tiden. Första två veckorna tillsattes 0 gram/kubikmeter vatten, denna dos höjdes sedan succesivt, se tabell 3.

**Tabell 3. Sammanställning över ozondosen per vecka under pilotförsöket.**

Vecka	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29
Ozondos (g/m <sup>3</sup> )	0	0	3	3	5	5	7	7	7	9	7

## 6.2 ANALYRSRESULTAT

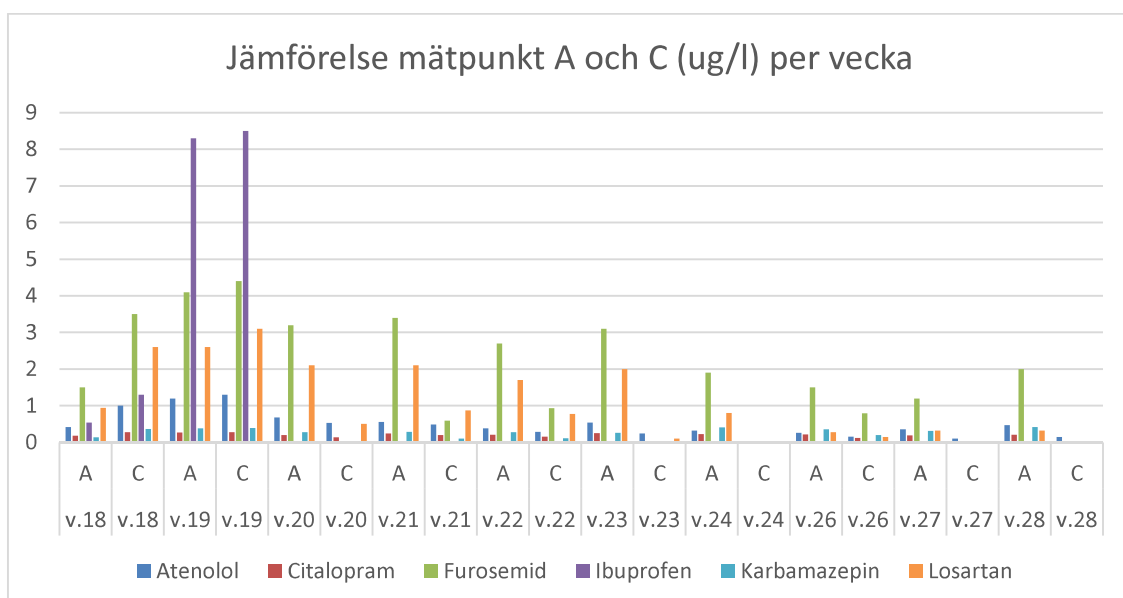
Resultaten har sammanställts per provtagningspunkt och vecka och finns i sin helhet i bilaga 2. Nedan följer diagram från provtagningspunkterna A, C och D avseende läkemedelsrester samt för organiska miljöanalyser av PFAS.

Analyserna avseende fenoler visade genomgående halter under detektionsgränsen varför dessa analyser inte plottas i diagram.

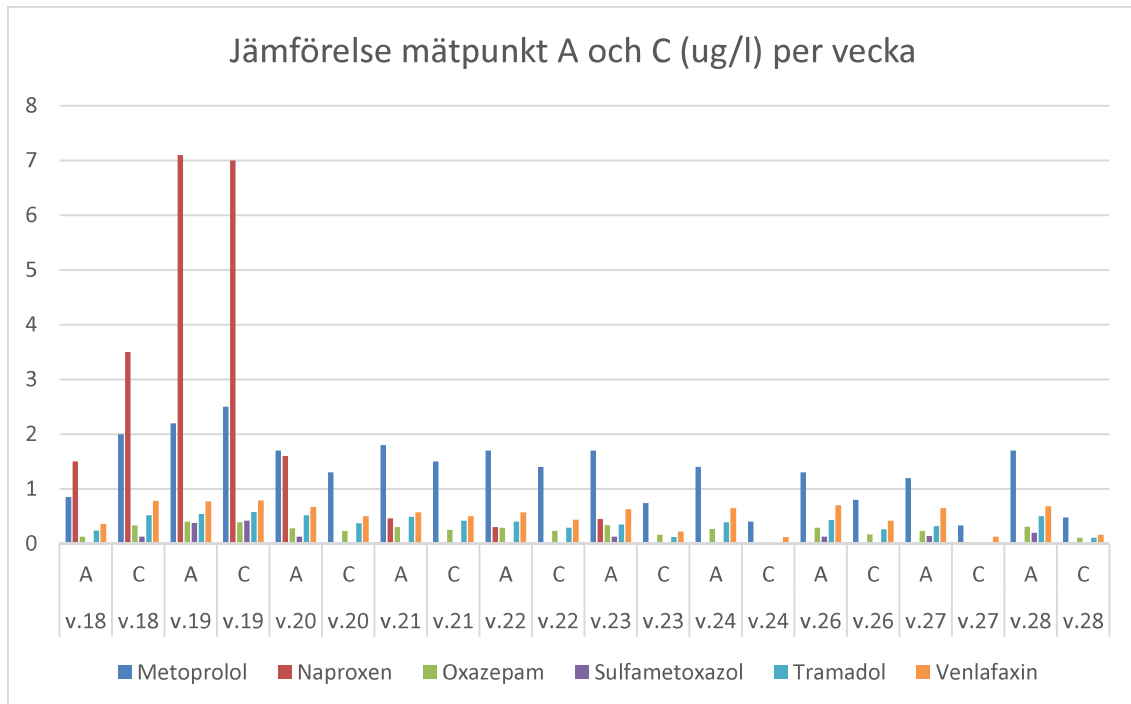
Under vecka 23 genomfördes ingen provtagning på grund av ombyggnad av anläggningen och analysresultat från vecka 25 finns i mycket begränsad omfattning med anledning av att provtagningsflaskor gick sönder under transporten. Med anledning av detta har dessa veckor utgått vid sammanställningen av analysresultaten.

I figurerna 4–9 visas jämförelser mellan analysresultat för läkemedelsrester mellan olika mätpunkter per vecka.

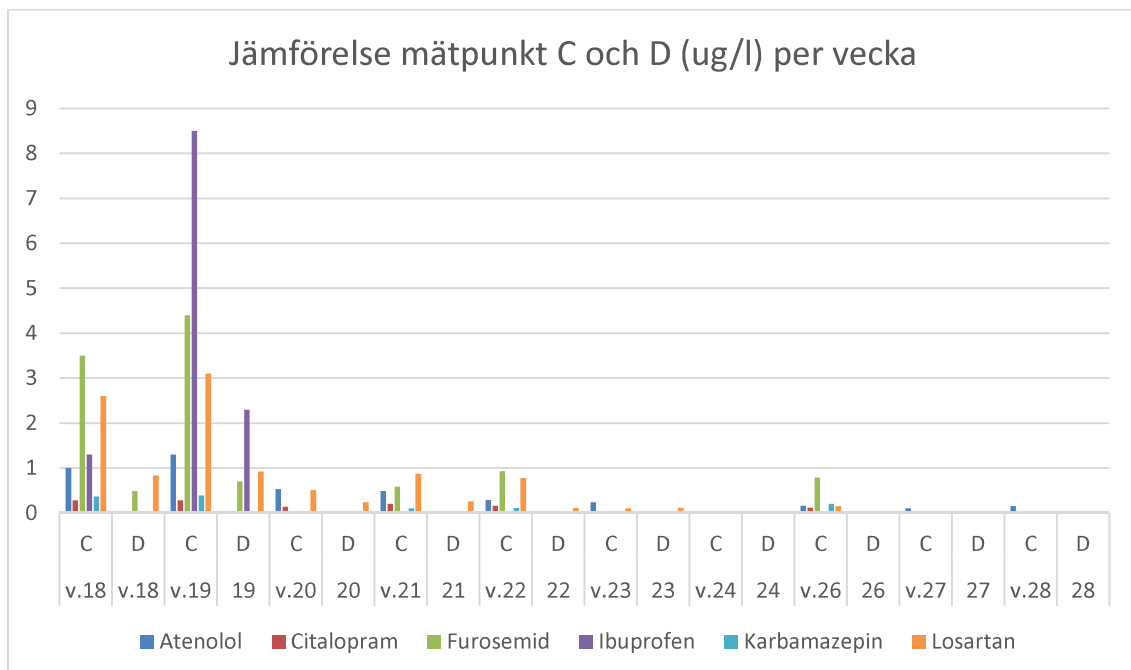
I figurerna 10–12 framgår analysresultaten per vecka med avseende läkemedelssubstanser i provtagningspunkterna A, C och D. I figurerna 13–15 framgår analysresultaten per vecka med avseende på PFAS substanser i provtagningspunkterna A, C och D.



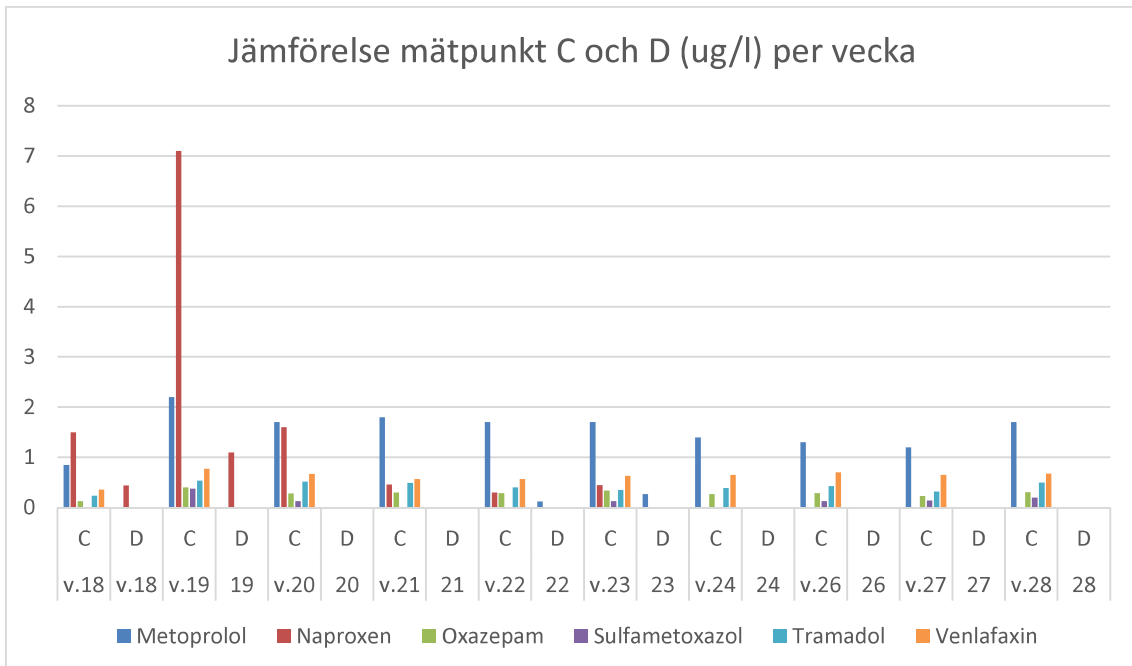
**Figur 4. Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna A och C för varje vecka som analyser har utförts.**



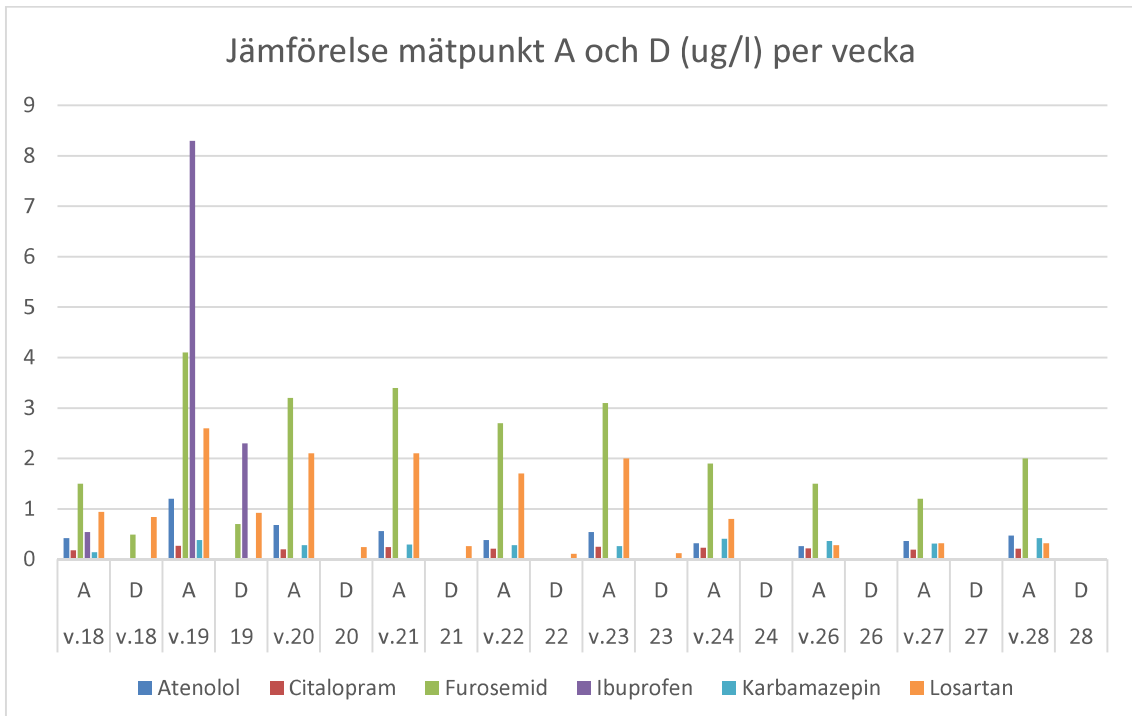
**Figur 5.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna A och C för varje vecka som analyser har utförts.



**Figur 6.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna C och D för varje vecka som analyser har utförts.

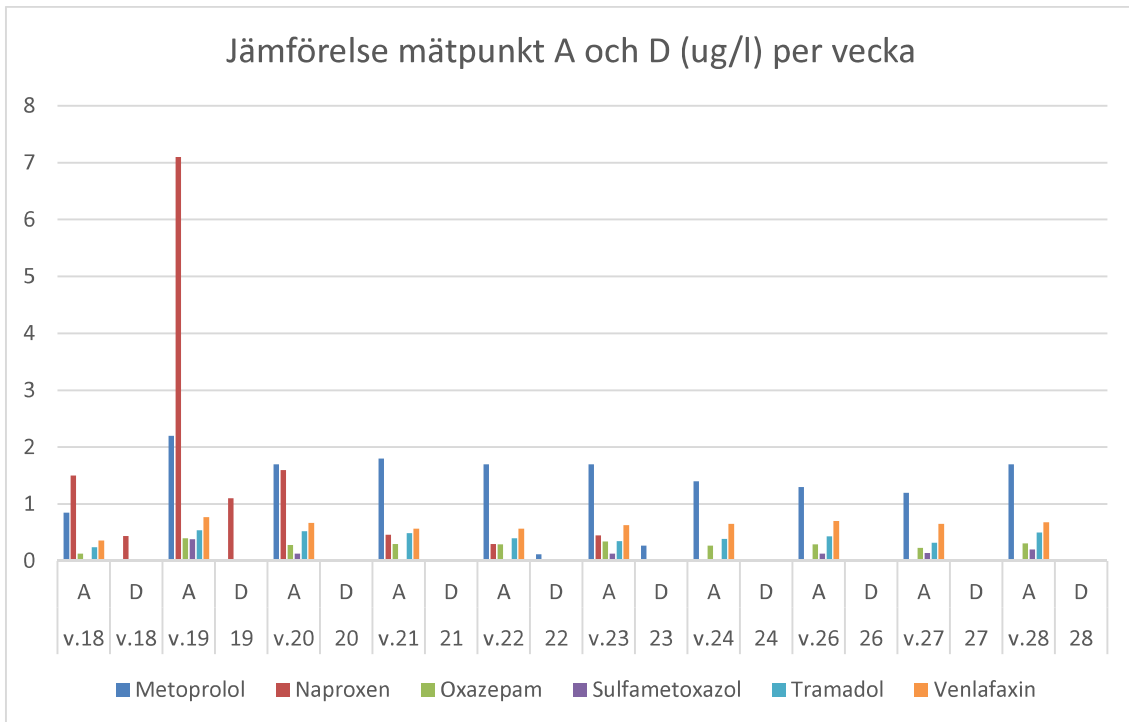


**Figur 7.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna C och D för varje vecka som analyser har utförts.

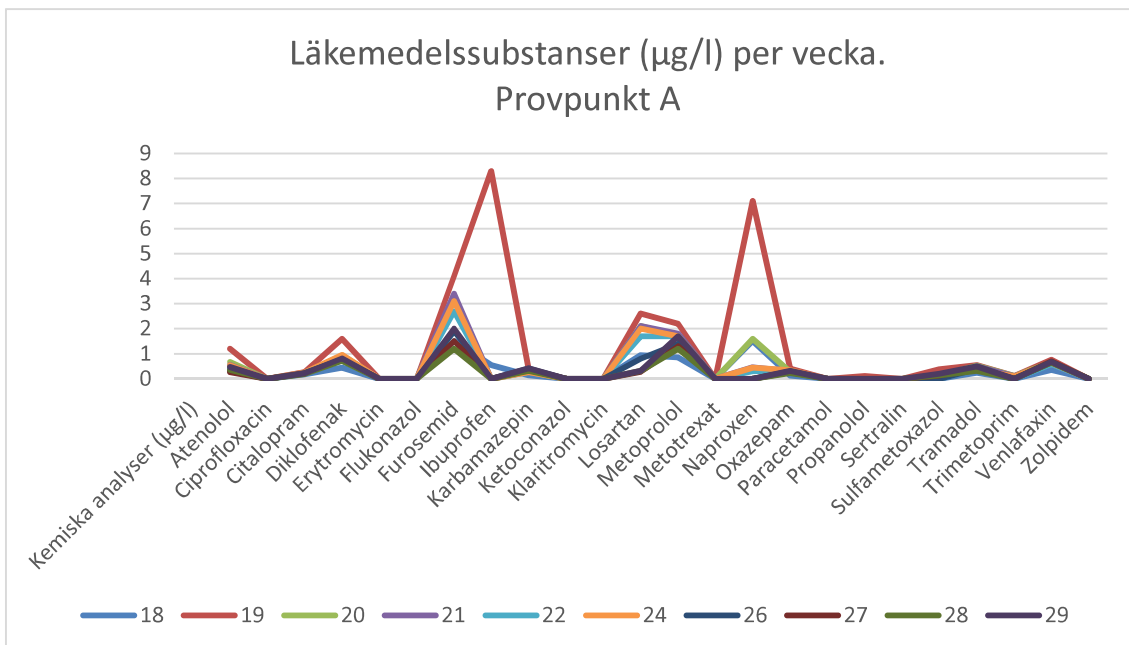


**Figur 8.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna A och D för varje vecka som analyser har utförts.

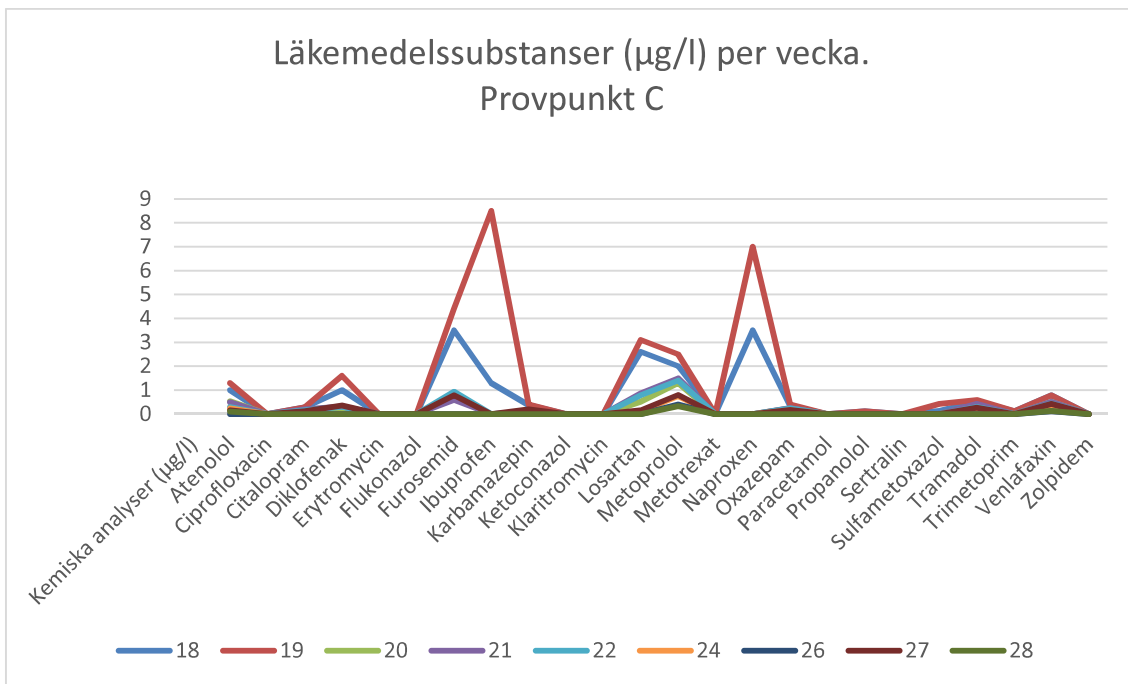




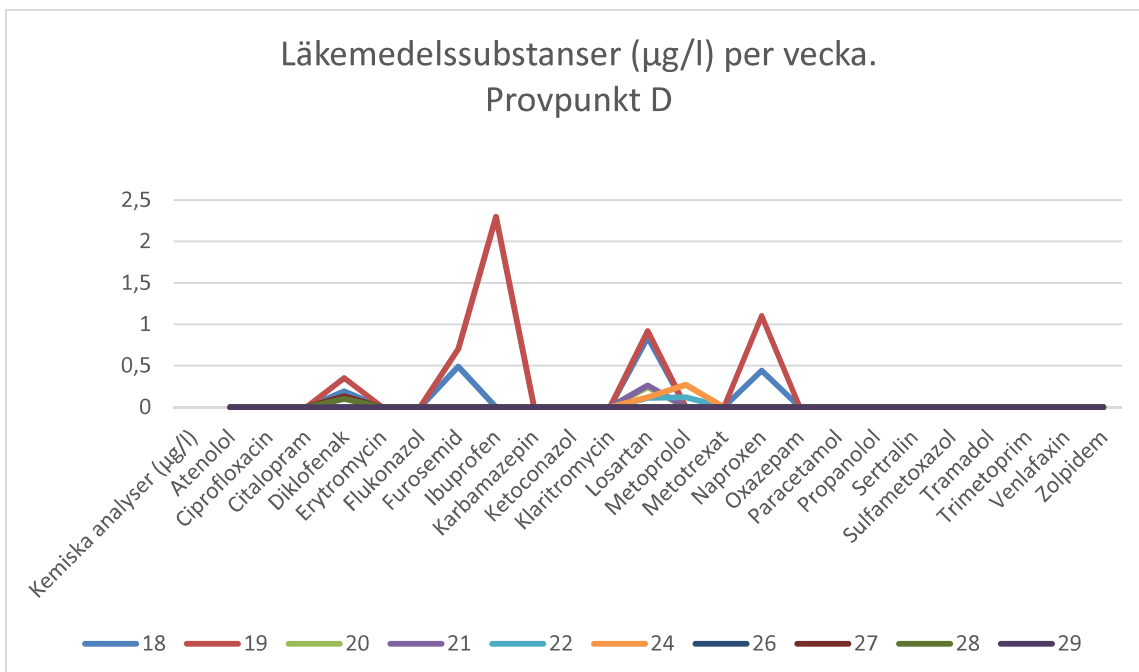
**Figur 9.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser mellan provpunkterna A och D för varje vecka som analyser har utförts.



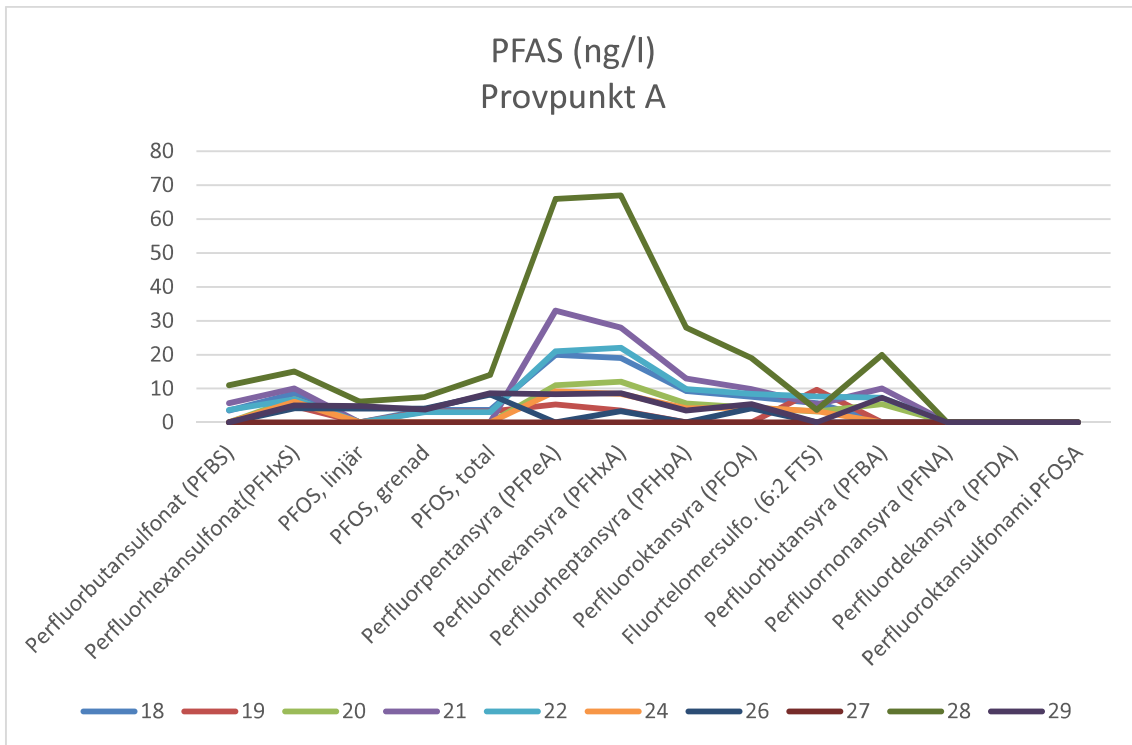
**Figur 10.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser i provpunkt A för varje vecka som analyser har utförts.



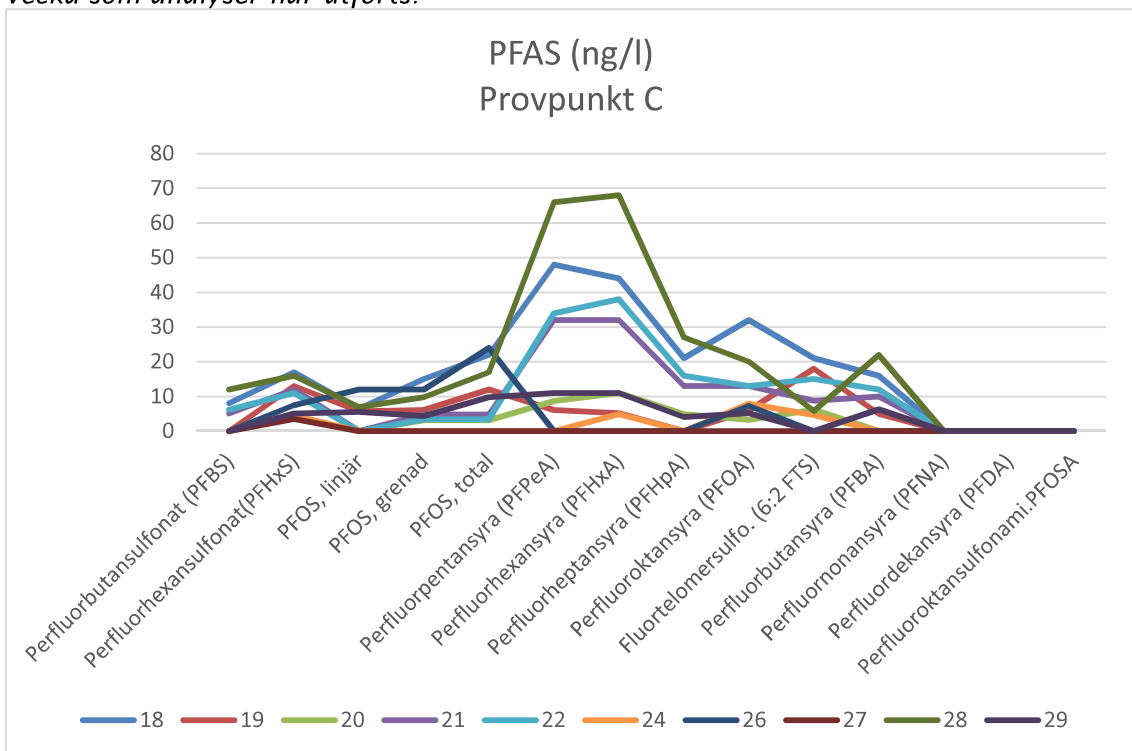
**Figur 11.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser i provpunkt C för varje vecka som analyser har utförts.



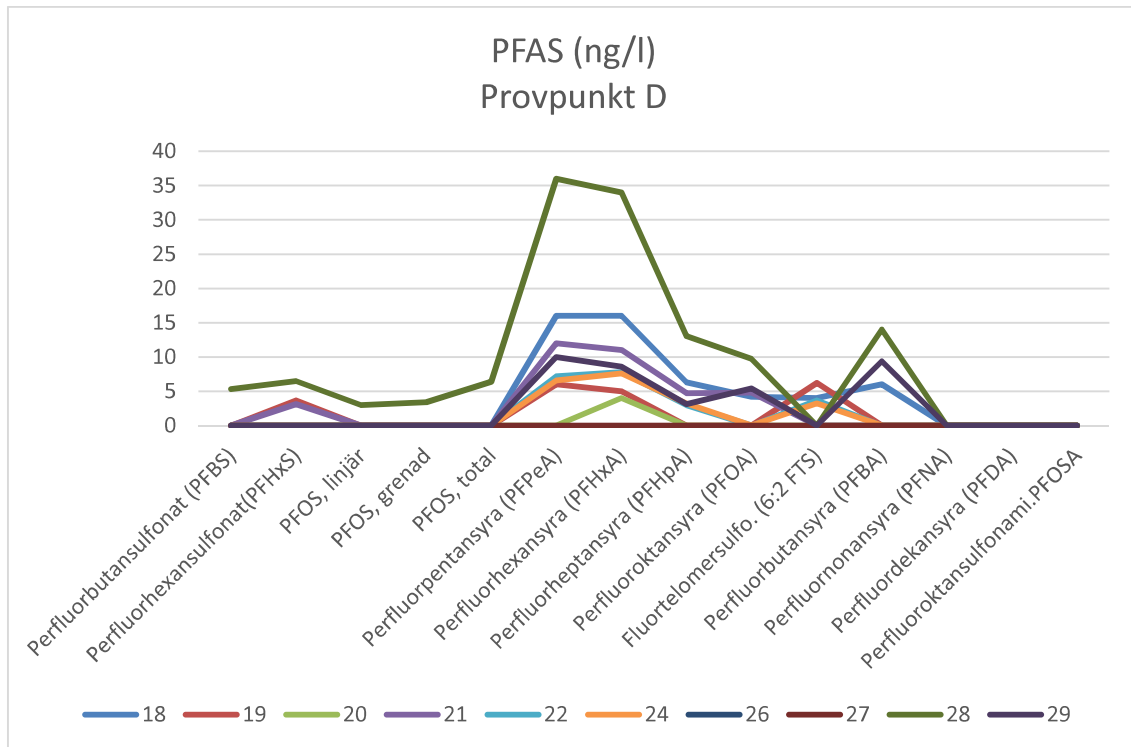
**Figur 12.** Översikt över analysresultaten för läkemedelssubstanser i provpunkt C för varje vecka som analyser har utförts.



**Figur 13.** Översikt över analysresultaten för PFAS-substanser i provpunkt A för varje vecka som analyser har utförts.

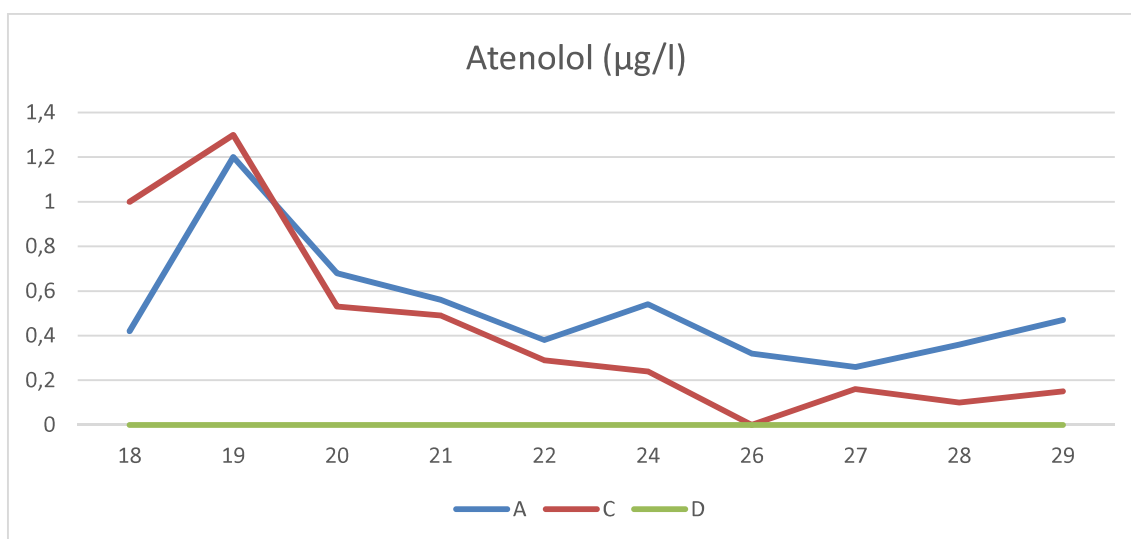


**Figur 14.** Översikt över analysresultaten för PFAS-substanser i provpunkt C för varje vecka som analyser har utförts.

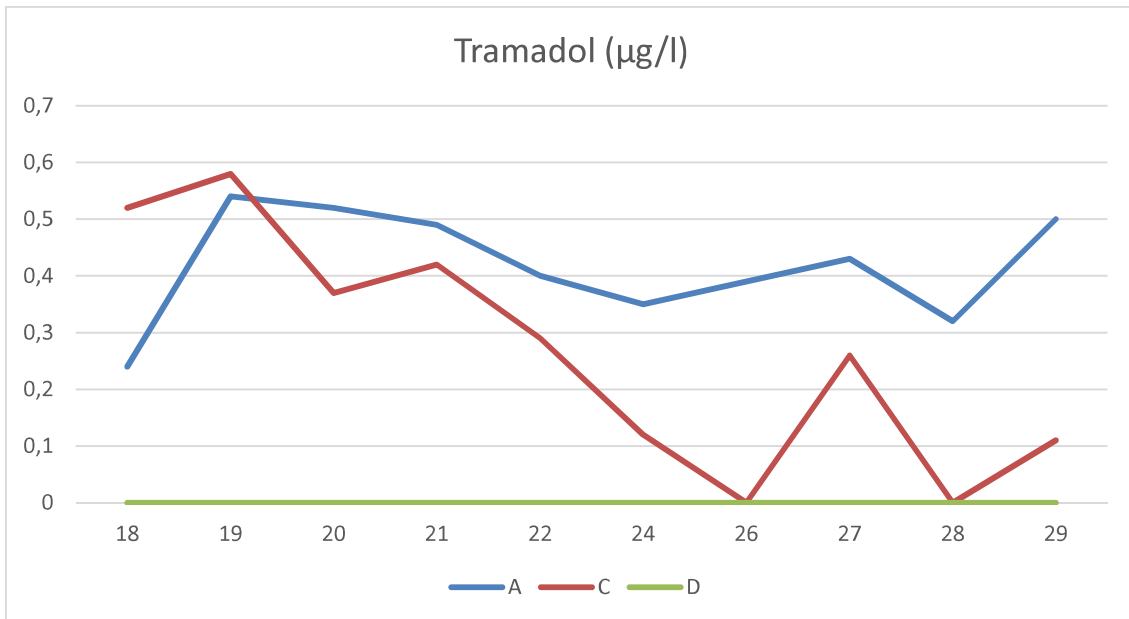


**Figur 15.** Översikt över analysresultaten för PFAS-substanser i provpunkt D för varje vecka som analyser har utförts.

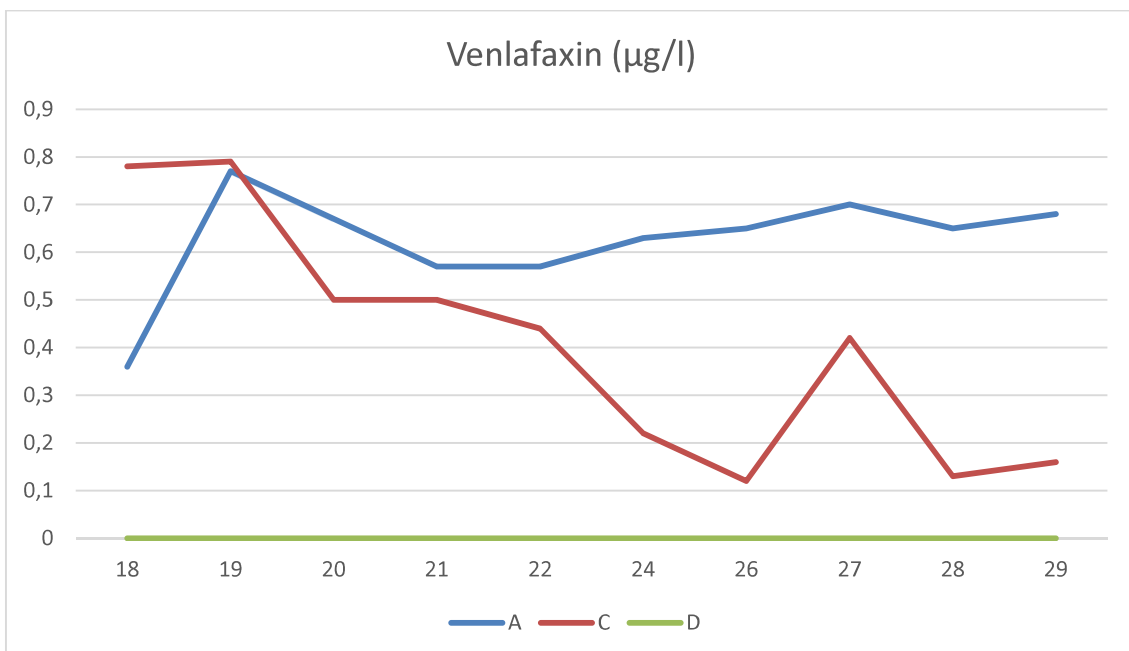
I figurerna 10–12 nedan jämförs analysresultaten från tre läkemedelssubstanser (atenolol, tramadol och venlafaxin i punkterna A, C och D. Urvalet har gjorts utifrån de läkemedelssubstanser som noterats i höga halter och där reningsanläggningens effekt varit tydlig.



**Figur 16.** Diagrammet visar skillnaden i provpunkterna A, C och D för atenolo. Är en selektiv betablockare och används i läkemedel mot högt blodtryck.



**Figur 17.** Diagrammet visar skillnaderna mellan provpunkterna A, C och D för tramadol. Tramadol är ett morfinliknande preparat som används vid måttlig till svår kronisk smärta.



**Figur 18.** Diagrammet visar skillnaderna mellan provpunkterna A, C och D för venlafaxin. Venlafaxin är ett läkemedel som används vid behandling av depression.

Tabell 4 visar en översikt över det organiska materialet i provpunkterna A och B samt turbiditeten i provpunkt B. Vid optimala förhållanden skulle trumfiltret reducera det organiska materialet till 5 mg/l. Som lägst har halten COD varit nere i 11,7 mg/l (tisdag i vecka 21).



**Tabell 4.** Visar analysresultaten för COD och turbiditet i punkterna A och B. Resultaten visar på problematiken som anläggningen haft när det gäller organiskt/suspenderat material.

	Vecka	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29
Provpunkt A (COD, mg/l)	Mån	-	31,8	42,7	39,9	31,9	39,8	38,5	34,1	35,4	20,9	32,7
	Tis	40,4	59,9	40,7	11,7	34,5	42,4	49,6	39,6	-	40,1	43,2
	Ons	54	60,3	29,2	35,8	51,6	43,3	59,5	32,7	-	53,9	40,3
	Tor	54,9	51,9	26,2	-	-	46,3	-	39,8	40,3	54,9	-
	Fre	54,9	53,4	54,6	43,1	-	-	-	38,2	42,5	32,1	-
	Provpunkt B (COD, mg/l)	Mån		33,2	40,7	38,3	32,3	41,3	39,4	35,2	31	9,59
Tis		40,1	58,2	37,4	27,1	37,5	44,6	48,2	34,5	-	39,5	39,2
Ons		70	63,5	31	51,8	55,7	39,4	55,8	42,7	-	35,3	38,8
Tor		70,2	52,9	35,4	-	-	44,1	-	35,1	34,1	42,6	-
Fre		61,4	55,2	50,2	41,2	-	-	-	41,3	33,6	38,2	-
Provpunkt B (Turbiditet, FNU)		Mån		3,2	3,2							
	Tis	3,04	5,6	5,6								
	Ons	3,7	3,2	3,2								
	Tor	3,9	4,5	4,5								
	Fre	3,5	3,9	3,9		0	0	0	0	0	0	-

### 6.3 TOXICITET

Toxicitetstester har genomförts på vattenlevande organismen *Artemia* på vattenprov från Rustorps reningsverket i augusti 2020. Totalt har tre prover uttagits (A, C och D). Resultatet har mätts i andel immobiliserade organismer efter 24 timmar exponering och visade på ingen eller låg andel immobiliserade organismer.

Två fall av testerna fortgick ytterligare 24 timmar med inblandning av 90 % provvatten. Resultatet visar på mer än 50 % immobiliserade organismer.

För kompletterande information kring toxicitetstester hänvisas till PM från Kristianstad Högskola daterad 2020-09-18, se bilaga 4.

### 6.4 AVVIKELSER

Avvikelse från provtagningsprogrammet har sammanställts per vecka i tabell 5. Utöver avvikelserna i tabell 5 kördes inte pilotanläggningen under vecka 23 och delarna av proverna föll bort vid transport till laboratorium under vecka 25. Med anledning av detta ingår inte vecka 23 och 25 i sammanställningen av resultatet.

**Tabell 5.** Sammanställning av avvikelser utifrån veckorapporter.

Vecka	18	21	22	24	25	27	28	29
Avvikelse	Röd dag på fredag (1/5). Ingen provtagning genomfördes.	Röd dag på torsdag (21/5). Ingen provtagning genomfördes.	Stoppad ozonproduktion (26/5 och 28/5). Ingen provtagning pga stoppad ozonproduktion.	Ingen provtagning 12/6 pga ledighet	Läckage och blött på givet efter spolvolym (15/6). COD och backspolning saknas 18/6 - oklart varför	30/6 och 1/7 ingen körning av anläggningen pga installation av polymerpump	5/7 Summalarm ozon på grund av höga halter ozon inne i pilotanläggningen	Anläggningen har varit avstängd under helgen pga att strömmen till pump XP01 av okänd anledning varit avstängd. Provtagningsrör för COD saknades för torsdag och fredag

Anläggningens största problem har varit backspolning av kolfiltret som fått utföras tre gånger per dag istället för en och halten organiskt material som i genomsnitt legat kring 30–60 mg/l samt höga halter av ozon inne i containern.

## 7 SLUTSATS

### 7.1 NOLLALTERNATIV

Vid ett nollalternativ, att ingen fullskalig anläggning installeras kommer verksamheten att pågå i enlighet med tidigare. Det innebär att ingen rening av läkemedelsrester eller PFAS kommer att genomföras på anläggningen. För recipienten, Hanöbukten, innebär det ett tillskott av läkemedel per år i enlighet med tabell 5. Tabellen visar exempel på ett antal läkemedelsrester som har reducerats vid försöket. Den faktiska belastningen av PFAS och läkemedelsrester är totalt högre än vad tabellen visar. Beräkningarna har utförts utifrån de resultat som finns tillgängligt för inkommande avloppsvatten till pilotanläggningen.

*Tabell 5. Beräkningar av reducerat tillskott av läkemedelsrester vid en fullskalig anläggning per år.*

Ämne	Analysresultat (µg/l)	Reduktion (%)	Tillskott per år
Atenol (µg/l)	1,2	100 %	240 kg
Tramadol (µg/l)	0,5	100 %	100 kg
Venlafaxin (µg/l)	0,77	100 %	140 kg
Ibuprofen	8,3	75 %	110 kg

Utan en anläggning på plats för rening kommer tillskottet av till exempel läkemedel att vara flera hundra kilo per år utifrån analysresultaten som finns tillgängliga.

### 7.2 FULLSKALIG ANLÄGGNING

Installation av en fullskalig anläggning inom avloppsreningsverkets område anses möjligt med avseende på både tillgänglig plats och tekniska förutsättningar.

Utifrån de resultat som erhållits vid pilotanläggningen framgår att många analyserade läkemedelsrester minskar efter reningssteget med ozon. Läkemedelsresterna ibuprofen, naproxen och losartan noteras tydligast med en reduktion efter reningen med aktivt granulerat kol.

För PFAS visar resultaten att störst reduktion sker efter filtret med aktivt granulerat kol. Perflourhexansyra reduceras exempelvis från 68 ng/l till 34 ng/l efter reningssteget med aktivt granulerat kol.

Resultaten visar således på att ozonreningen och det aktivt granulerade kolet reducerar delvis samma substanser men vissa läkemedelsrester tillsammans medan merparten av PFAS substanserna reduceras tydligast i steget med kolfilter. Utifrån analysresultaten rekommenderas en kombinationslösning av ozon och aktivt granulerat kol för att uppnå en optimal reningsgrad med avseende på läkemedelsrester och PFAS.

För många av substanserna som vattnet analyserats för visar på en reduktion kring målet om 60 % reduktion efter ozonbehandlingen och 80 % reduktion efter kolfilter har uppnåtts. Utifrån analysresultaten ser intervallet kring 7 gram ozon per kubik ut att vara

tillräckligt för att spjälka sönder läkemedelsresterna i pilotanläggningen för att de sedan ska kunna absorberas i kolfiltret. Halter över och under 7 gram ozon per kubik kan ge otillräcklig nerbrytning av läkemedelsrester alternativt rester från det material som har spjälkats sönder. Nedbrytningen påverkas av de suspenderade ämnena som både förbrukar ozon och absorberas i kolfiltrer. Med anledning av detta skulle halten av ozon som tillförs anläggningen kunna vara mindre än 7 gram per kubik om halten suspenderade ämnen minskade.

Kostnaden för byggnationen av en fullskalig anläggning har beräknats till cirka 84 000 000 SEK. Till denna kostnad tillkommer intern och extern projektledning samt drift och underhåll av anläggningen. Både driften och underhållet är svårt att uppskatta i nuläget och en kostnad som behöver konkretiseras under projekteringsfasen för anläggningen. De årliga elkostnaderna för en fullskalig anläggning har uppskattats till 1 500 000 – 3 000 000 SEK beroende på elpris, vattenflöde och effektiviseringsåtgärder. Den fullskaliga anläggningen har i kostnadsberäkningen utrustats med ett kontinuerligt sandfilter istället för en trumsil vilket bör reducera halten suspenderat material på ett mer effektivt sätt. Backspolningen av filter med aktivt granulerat kol kommer i den fullskaliga anläggningen att kontinuerligt varför personalkostnaderna i detta avseende kommer att minska jämfört med pilotanläggningen.

Det avloppsvatten som idag, efter behandling i Rustorps avloppsreningsanläggning, går ut i Hanöbukten påverkar djurliv och natur negativt. Detta syns bland annat genom de halter av miljögifter som påvisats i analysresultat från fiskar i Hanöbukten och som bland annat antas orsakas av läkemedelsrester.

PFAS har under de senaste åren blivit mer och mer aktuellt allt eftersom mer kunskap och undersökningsmaterial har blivit tillgängligt. Dessa ämnen är långlivade substanser som blir kvar i miljön länge och kan orsaka allvarliga problem för människors hälsa och miljö. Det har även konstaterats att det finns en stor spridning av PFAS till miljön, mycket på grund av hur långlivade dessa substanser är i vår miljö.

En investering i en fullskalig reningsanläggning för både läkemedelsrester och PFAS kommer bidra till att minska belastningen i miljön för dessa ämnen som redan idag är ett stort problem både ur en hälso- och miljöaspekt. Pilotanläggningen visar på ett tydligt positivt resultat när det gäller reduktion av både PFAS och läkemedelsrester – två ämnesgrupper som påverkar människors hälsa och miljö och stor utsträckning.

Att installera en fullskalig anläggning på avloppsreningsverket Rustorp kommer bidra till en bättre miljö och till att uppfylla de nationella miljö kvalitetsmålen. Med anledning av detta anses den beräknade kostnaden för en fullskalig anläggning vara en investering där kostnaden anses rimlig kontra den nytta som anläggningen ger avseende minskat belastning på miljön. Detta under förutsättning att det innan projektering och byggnation av en fullskalig anläggning utförs fortsatta undersökningar på en pilotanläggning där trumsilen byts ut mot en alternativ förfiltrering såsom kontinuerligt sandfilter eller liknande samt automatisk spolat alternativt kontinuerligt kolfiltret.

Ambitionen med ytterligare en pilotanläggning är att följa upp om ovanstående förändringar kan bidra till minskad turbiditet och organiskt material och på så sätt kan visa på en reningsgrad av läkemedelsrester vid mindre halter ozon. Om anläggningen klarar att rena läkemedelsrester och PFAS vid ozonhalter lägre än vad som påvisats i detta försök kan det innebära en lägre driftkostnad och möjligen en ännu bättre

reningsgrad. Med anledning av detta bör fortsatta undersökningar göras på pilotanläggningen efter att åtgärder vidtagits för att minska suspenderade ämnen.

## 8 BILAGOR

**Bilaga 1** – Schematiskt bild över pilotanläggningen med detaljerad beskrivning av processens olika steg

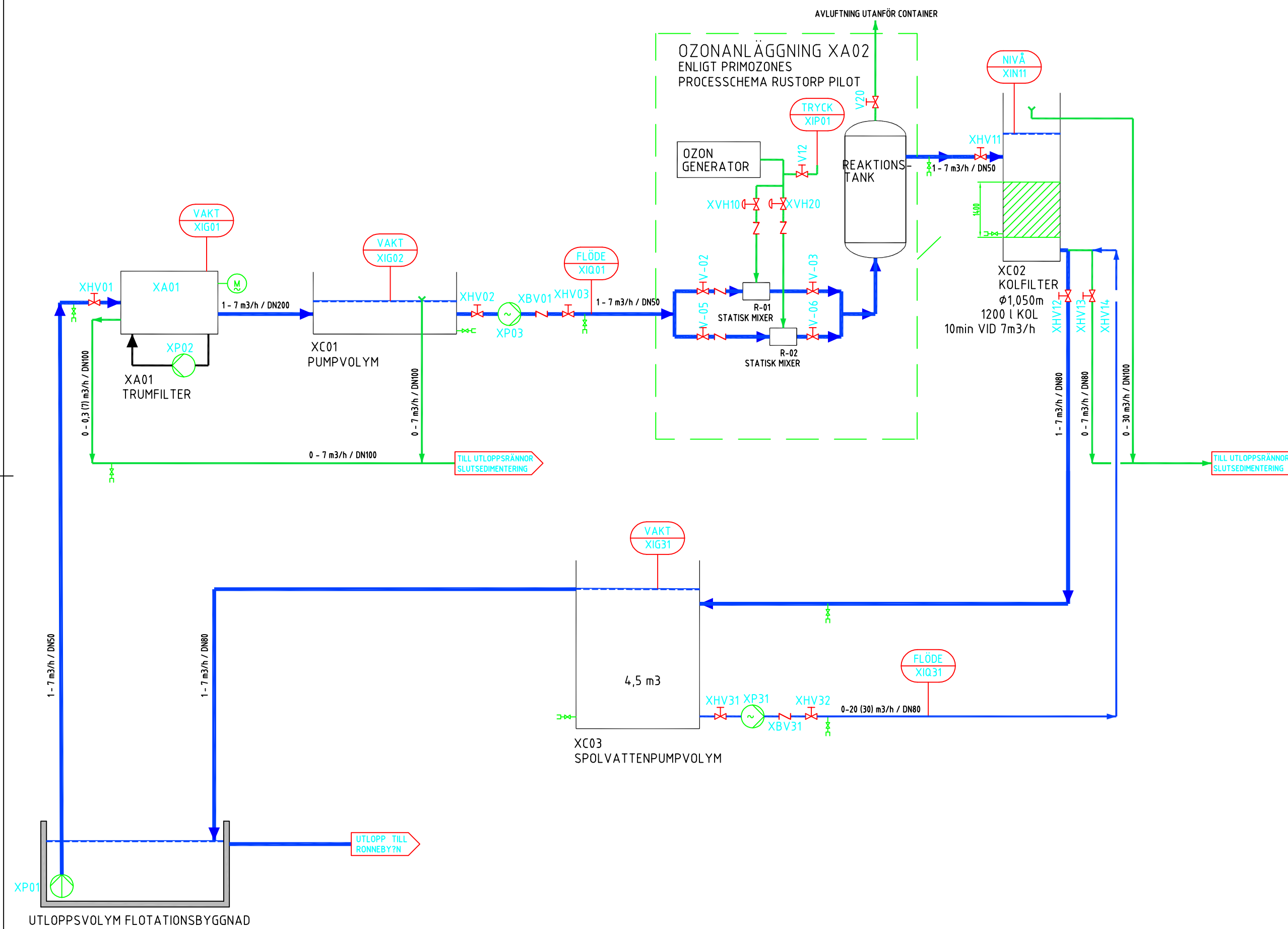
**Bilaga 2** – Sammanställning av analysresultaten för samtliga aktuella veckor per provpunkt

**Bilaga 3** – PM: Provtagningsprogram för pilotförsök med avskiljning av läkemedelsrester med hjälp av ozon och aktivt kol

**Bilaga 4** – PM: Toxicitetstester, Kristianstad Högskola

**Bilaga 5** – Ekonomisk redovisning

LÄKEMEDELSRENING - PILOTANLÄGGNING - RUSTORP ARV



**TECKENFÖRKLARING**

- PROCESSVATTEN
- ÖVRIGT VATTEN
- AVLOPP
- SLAM
- KEMIKALIE
- LUFT
- REJEKT
- BRANDFARLIGA VÄTSKOR OCH GASER
- ÖVRIGT MEDIA
- - - UTRUSTNING SOM EJ ANVÄNDS

**MASKINER**

- PUMP (ALLMÄN)
- CENTRIFUGALPUMP
- MEMBRANPUMP
- PROPELLERPUMP
- FLÄKT, BLÅSMASKIN OCH KOMPRESSOR

**VENTILER OCH LUCKOR**

- HANDVENTIL
- BACKVENTIL
- MAGNETVENTIL
- MOTORVENTIL
- PNEUMATISKVENTIL
- SÄKERHETSVENTIL
- LUCKA
- SPOLANSLUTNING

**INSTRUMENT OCH GIVARE**

- UTAN STYRFUNKTION
- KOPPLAD TILL CENTRALT SYSTEM

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
<b>RELATIONSHANDLING</b>				
RUSTORP AVLOPPSRENINGSVÄRK RONNEBY KOMMUN				
ECONET VMT		046-19 58 70		
BESTÄLLARE				
<b>MILJÖTEKNIK</b> RONNEBY MILJÖ & TEKNIK AB				
UPPDRAG NR ORD1923	RITAD/KONSTR AV H.PERSSON	HANDLÄGGARE M.BERGGREN		
DATUM 2020-04-09	ANSVARIG M.BERGGREN			
FLÖDESSCHEMAN PILOTANLÄGGNING LÄKEMEDELSRENING				
SKALA - A1	NUMMER N20-05-1000030	BET -		





## Provpunkt A

### Kemiska analyser (µg/l)

Vecka	18	19	20	21	22	24	26	27	28	29
Atenolol	0,42	1,2	0,68	0,56	0,38	0,54	0,32	0,26	0,36	0,47
Ciprofloxacin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Citalopram	0,18	0,27	0,2	0,24	0,21	0,25	0,23	0,22	0,19	0,21
Diklofenak	0,45	1,6	0,93	0,92	0,73	0,96	0,77	0,76	0,71	0,82
Erytromycin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Flukonazol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Furosemid	1,5	4,1	3,2	3,4	2,7	3,1	1,9	1,5	1,2	2
Ibuprofen	0,54	8,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Karbamazepin	0,14	0,38	0,28	0,29	0,28	0,26	0,41	0,36	0,31	0,42
Ketoconazol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Klaritromycin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Losartan	0,94	2,6	2,1	2,1	1,7	2	0,8	0,28	0,32	0,32
Metoprolol	0,85	2,2	1,7	1,8	1,7	1,7	1,4	1,3	1,2	1,7
Metotrexat	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Naproxen	1,5	7,1	1,6	0,46	0,3	0,45	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Oxazepam	0,13	0,4	0,28	0,3	0,29	0,34	0,27	0,29	0,23	0,31
Paracetamol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Propanolol	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sertralin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sulfametoxazol	<0,1	0,38	0,13	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	0,13	0,14	0,2	0,2
Tramadol	0,24	0,54	0,52	0,49	0,4	0,35	0,39	0,43	0,32	0,5	0,5
Trimetoprim	<0,1	0,11	0,11	0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Venlafaxin	0,36	0,77	0,67	0,57	0,57	0,63	0,65	0,7	0,65	0,68	0,68
Zolpidem	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Organiska miljöanalyser - Fenoler</b>											
4-n-nonylfenol	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
4-tert-oktylfenol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Organiska miljöanalyser - PFAS (ng/l)</b>											
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	3,5	<3	<3	5,7	3,7	<3	<3	<3	11	<3	<3
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)	8,5	4,8	6,8	10	6,8	6,1	4,2	<3	15	5	5
PFOS, linjär	<3	<3	<3	<3	<3	<3	4,1	<3	6,2	4,8	4,8
PFOS, grenad	3,7	3,2	<3	<3	3	<3	4,1	<3	7,5	3,8	3,8
PFOS, total	3,7	3,2	<3	<3	3	<3	8,2	<3	14	8,6	8,6
Perfluorpentansyra (PFPeA)	20	5,3	11	33	21	9,2	<5	<5	66	8,3	8,3
Perfluorhexansyra (PFHxA)	19	3,5	12	28	22	8,4	3,3	<3	67	8,6	8,6
Perfluorheptansyra (PFHpA)	9,3	<3	5,6	13	9,8	4,2	<3	<3	28	3,5	3,5
Perfluoroktansyra (PFOA)	7,6	<3	4,4	9,8	8,4	4,4	4,2	<3	19	5,4	5,4
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)	5,7	9,7	3,2	5,3	7,7	3,3	<3	<3	3,7	<3	<3
Perfluorbutansyra (PFBA)	<5	<5	5,4	10	7,3	<5	<5	<5	20	7,3	7,3
Perfluormonansyra (PFNA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluordekansyra (PFDA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluoroktansulfonami.PFOSA	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

## Provpunkt C

	Vecka	18	19	20	21	22	24	26	27	28	29
<b>Kemiska analyser (µg/l)</b>											
Atenolol		1	1,3	0,53	0,49	0,29	0,24	<0,1	0,16	0,1	0,15
Ciprofloxacin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Citalopram		0,28	0,28	0,14	0,2	0,16	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	<0,1
Diklofenak		1	1,6	0,11	0,31	0,3	<0,1	<0,1	0,35	<0,1	<0,1
Erytromycin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Flukonazol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Furosemid		3,5	4,4	<0,3	0,59	0,93	<0,3	<0,3	0,79	<0,3	<0,3
Ibuprofen		1,3	8,5	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Karbamazepin		0,37	0,39	<0,1	0,1	0,11	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	<0,1
Ketoconazol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Klaritromycin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Losartan		2,6	3,1	0,51	0,87	0,78	0,1	<0,1	0,15	<0,1	<0,1
Metoprolol		2	2,5	1,3	1,5	1,4	0,74	0,4	0,8	0,33	0,48
Metotrexat		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Naproxen		3,5	7	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Oxazepam		0,33	0,39	0,23	0,25	0,23	0,16	<0,1	0,17	<0,1	0,11
Paracetamol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Propanolol		0,12	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Sertralin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sulfametoxazol	0,13	0,42	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tramadol	0,52	0,58	0,37	0,42	0,29	0,12	<0,1	0,26	<0,1	<0,1	0,11
Trimetoprim	0,11	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Venlafaxin	0,78	0,79	0,5	0,5	0,44	0,22	0,12	0,42	0,13	<0,1	0,16
Zolpidem	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Organiska miljöanalyser - Fenoler</b>											
4-n-nonylfenol	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
4-tert-oktylfenol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Organiska miljöanalyser - PFAS (ng/l)</b>											
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	8	<3	<3	5,1	6,2	<3	<3	<3	12	<3	<3
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)	17	13	4,2	12	11	4,5	7,5	3,5	16	5,1	5,1
PFOS, linjär	6,5	5,7	<3	<3	<3	<3	12	<3	6,9	5,5	5,5
PFOS, grenad	15	6,1	3,1	4,8	3,4	<3	12	<3	9,8	4,3	4,3
PFOS, total	22	12	3,1	4,8	3,4	<3	24	<3	17	9,8	9,8
Perfluorpentansyra (PFPeA)	48	6,1	8,7	32	34	<5	<5	<5	66	11	11
Perfluorhexansyra (PFHxA)	44	5,2	11	32	38	4,9	<3	<3	68	11	11
Perfluorheptansyra (PFHpA)	21	<3	4,9	13	16	<3	<3	<3	27	4,1	4,1
Perfluoroktansyra (PFOA)	32	6	3,2	13	13	7,9	7,3	<3	20	5,2	5,2
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)	21	18	6,2	8,8	15	4,6	<3	<3	5,8	<3	<3
Perfluorbutansyra (PFBA)	16	5	<5	10	12	<5	<5	<5	22	6,3	6,3
Perfluornonansyra (PFNA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluordekansyra (PFDA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluoroktansulfonami.PFOSA	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

**Provpunkt D**

<b>Kemiska analyser (µg/l)</b>	<b>Vecka</b>	18	19	20	21	22	24	26	27	28	29
Atenolol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ciprofloxacin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Citalopram		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Diklofenak		0,19	0,35	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,13	0,1	<0,1
Erytromycin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Flukonazol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Furosemid		0,49	0,7	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Ibuprofen		<0,3	2,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Karbamazepin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ketoconazol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Klaritromycin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Losartan		0,84	0,92	0,24	0,26	0,11	0,12	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metoprolol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	0,27	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Metotrexat		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Naproxen		0,44	1,1	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Oxazepam		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Paracetamol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Propranolol		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sertralin		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1



Sulfametoxazol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tramadol	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Trimetoprim	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Venlafaxin	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Zolpidem	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Organiska miljöanalyser - Fenoler</b>										
4-n-nonylfenol	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
4-tert-oktylfenol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	5,3	<3
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)	<3	3,7	<3	3,1	<3	<3	<3	<3	6,5	<3
PFOS, linjär	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3	<3
PFOS, grenad	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	3,4	<3
PFOS, total	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	6,4	<3
Perfluorpentansyra (PFPeA)	16	6	<5	12	7,2	6,6	<5	<5	36	10
Perfluorhexansyra (PFHxA)	16	5	4	11	7,8	7,6	<3	<3	34	8,6
Perfluorheptansyra (PFHpA)	6,3	<3	<3	4,7	3	3,2	<3	<3	13	3,1
Perfluoroktansyra (PFOA)	4,2	<3	<3	4,8	<3	<3	<3	<3	9,7	5,4
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)	4	6,2	<3	<3	3,7	3,2	<3	<3	<3	<3
Perfluorbutansyra (PFBA)	6	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	14	9,4
Perfluornonansyra (PFNA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluordekansyra (PFDA)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Perfluoroktansulfonami.PFO SA	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

**Bilaga 3****PM****Provtagningsprogram för pilotförsök med avskiljning av läkemedelsrester med hjälp av ozon och aktivt kol***Bakgrund och syfte*

Econet har fått i uppdrag att i samverkan bygga en pilotanläggning för avskiljning av läkemedelsrester vid Rustorps avloppsreningsverk (ARV) i Ronneby kommun. Pilotanläggningen och driften av den ingår som en del i ett partnering-projekt mellan Ronneby Miljö & Teknik AB och Econet Vatten & Miljöteknik AB.

Syftet är att ta reda på hur ozonering följt av filtrering genom granulerat aktivt kol (GAK) kan kombineras för att uppnå en reduktion av läkemedelsrester i det biologiskt behandlade avloppsvattnet med minst 80%.

*Pilotanläggning*

Reningsstegen i pilotanläggningen är trumfilter, ozonreaktor och kolfilter, med specifikationer i stora drag enligt följande:

- Maskvidd, trumsil 10 µm
- Ozongenerator 0-60 gO<sub>3</sub>/h
- Volym, ozonreaktor 1,26 m<sup>3</sup>
- Diameter, kolfilter 1,05 m
- Area, kolfilter 0,87 m<sup>2</sup>
- Volym kol (max) 1,2 m<sup>3</sup>
- Bäddhöjd, kol (max) 1,38 m

Till pilotanläggningen pumpas biologiskt behandlat vatten som passerat slutsedimentering. Pumpen kan valbart ställas in i flödesintervallet 1 – 7 m<sup>3</sup>/h, vilket får till följd att följande uppehållstider kan erhållas i ozonreaktor och kolfilter:

Ozonreaktor 10,3 – 72 min  
Kolfilter (max fyllning) 10,8 – 75,6 min

Kortare uppehållstid i kolfiltret kan erhållas genom att ha mindre mängd kol i filtret.

Trumsilen förväntas uppnå en partikelavskiljning så att maximal halt suspenderad substans (SS) efter trumsilen är 5 mgSS/l, vid högst 30 mgSS/l i inkommande vatten upp till 10 m<sup>3</sup>/h (60 mgSS/l upp till 6 m<sup>3</sup>/h).

### *Provpunkter*

Följande punkter är aktuella att ta ut prov från:

- Punkt A före trumfilter (utgående vatten från avloppsreningsverket)
- Punkt B efter trumfilter
- Punkt C efter ozonreaktor
- Punkt D efter kolfilter

### *Provperiod*

Provtagningsprogrammet är tänkt att löpa under 9 veckor, med möjlighet att lägga till några veckor efter det för att ha möjlighet att verifiera intressanta resultat. Dessutom kan problem uppstå under perioden som gör att de tänkta 9 veckorna inte räcker till att hinna igenom det som planerats genomföras. Provperioden planeras börja v17 eller v18.

### *Provförvaring*

Alla prover som inte analyseras direkt ska förvaras i frys i väntan på att skickas till analys.

### *Provtyper, provtagningsintervall och analyser*

#### Provtagningsdagar

Provtagning sker under vardagar, d v s 5 dagar per vecka.

#### COD

Från punkterna A och B tas ett stickprov ut per dag. På dessa prover mäts COD i ofiltrerat prov. Det blir således två COD-mätningar per dag, fem dagar i veckan.

#### Läkemedelsrester

För punkterna A, C och D tas stickprov ut tre gånger per dag, med tre timmars mellanrum (kl 8, 11 och 14), i varje punkt. Från vart och ett av dessa prov hålls 75 ml i förberedd provflaska i frys en flaska för punkt A, en för C och en för D. Efter 5 dagar erhålls ett veckoprov (5-dagars) från varje provpunkt, som skickas till analyslaboratorium.

Under vecka 22 tas prover ut även under helgen. Under denna helgprovtagning tas stickprover ut från de tre punkterna lördag-söndag kl 18.00, 00.00, och 08.00. Från vart och

ett av dessa prov hålls 350 ml i förberedd provflaska i frys, en flaska för punkt A, en för C och en för D.

### Toxicitetstest

Vid varje provtagningstillfälle tas ytterligare 20 ml prov som förvaras i en plastflaska. Prov tas från punkterna A, C, D. Det blir 100 ml prov per vecka. Prov förvaras i frys och hämtas till analys runt vecka 30. Analysen utförs av Högskolan Kristianstad före vecka 35 inom ramen för deras forskning.

I första hand analyseras prov från vecka 25 dvs veckan med högsta ozondosen, men alla övriga prover sparas i frys och analyseras i mån av utförarens tid.

### *Försöksschema*

I tabell 1, nedan, visas ett försöksschema för provperioden. Uppehållstiden i kolfiltret hålls konstant vid 8 min under hela försöksperioden. Denna uppehållstid bör ge god eller möjligen tillräcklig rening för ett antal substanser även om inget ozon doseras, och under försöksperiodens första två veckor drivs pilotanläggningen utan tillsats av ozon. Genom att sedan variera (öka) ozondosen är förhoppningen, förutom att konstatera att 80 % rening med avseende på läkemedelsrester kan uppnås, att erhålla information om vilken ozondos som minst krävs för önskad total reningsgrad i pilotanläggningen.

**Tabell 1.** Försöksschema.

Vecka nr	Flöde m <sup>3</sup> /h	A, kol m <sup>2</sup>	H, kol m	V, kol m <sup>3</sup>	t, kol min	Kolbelastning, ack		(5 g/m <sup>3</sup> )	Ozondos g/m <sup>3</sup>	t, ozon min
						EBV	m <sup>3</sup> /kgkol	SS-bel kg/m <sup>2</sup> , d		
17	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	1255	2510	0,72	0	14,5
18	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	2510	5021	0,72	0	14,5
19	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	3766	7531	0,72	3	14,5
20	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	5021	10041	0,72	3	14,5
21	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	6276	12552	0,72	5	14,5
22	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	7531	15062	0,72	5	14,5
23	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	8786	17572	0,72	7	14,5
24	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	10041	20083	0,72	7	14,5
25	5,2	0,87	0,80	0,70	8,0	11297	22593	0,72	9	14,5

Vecka nr	Dagar	pkt A, C, D	pkt A, C, D	pkt A	pkt B
		Stickprov Läkemedel tot antal/d	Samplingsprov Läkemedel tot antal/v	Stickprov COD antal/d	Stickprov COD antal/d
17	m-f	9	3	1	1
18	m-f	9	3	1	1
19	m-f	9	3	1	1
20	m-f	9	3	1	1
21	m-f	9	3	1	1
22	m-f	9	3	1	1
22	l-s	9	3	-	-
23	m-f	9	3	1	1
24	m-f	9	3	1	1
25	m-f	9	3	1	1

### *Backspolning*

Efterhand kommer alltmer partiklar ansamlas i kolfiltret och orsaka förhöjt tryckfall, vilket får till följd att vätskeytan ovanför filterbädden stiger. Det finns nivågivare installerad som registrerar vattenytans höjdläge. När nivån stigit 0,5 m från utgångsläget är det troligen lagom att backspola filtret vid dagens slut. Det är viktigt att backspolningen sker efter det att dagens sista provtagning skett. Det är också viktigt att den sker vid dagens slut, så att den inte behöver ske på morgonen dagen efter, avsikten är nämligen att filterdriften (inte minst kvaliteten hos utgående vatten) säkert ska hinna normaliseras innan nästa provtagning. Oavsett om och när backspolning skett under veckan, sker backspolning varje fredag efter veckans sista provtagning.

### *Option*

Som nämnt i tidigare avsnitt kan det bli aktuellt med förlängd provperiod med några veckor för det fall man vill studera andra driftfall eller verifiera några resultat som uppnåtts.

Utöver de prover som framgår i tabell 1 kan också stickprov tas ut vid två tillfällen från punkterna A och D. Det ena tillfället ska vara kl 12 på dagen en dag då det varit torrväder 4 dygn i sträck innan, d v s då flödet är lågt till reningsverket. Det andra tillfället ska vara kl 12 på dagen vid ett regnväderstillfälle då flödet är högt till reningsverket.

Om det märks att dagliga COD-prov ger likadana resultat vid varje analys kan mängden prov minskas. I så fall kan COD analyseras en till tre dagar per vecka istället.

### *Totalt antal prov*

Det totala antalet prover för denna 9 veckor långa provperiod blir, uppdelat på olika analyser, således enligt nedan.

COD, ofiltrerat stickprov	$2 \times 5 \times 9 =$	90 st
Läkemedelsrester, veckoprov	$3 \times 9 =$	27 st
Läkemedelsrester, helgprov	$3 \times 1 =$	3 st
Toxicitetstest	$3 \times 9 =$	27 st
Läkemedelsrester, stickprov (option)	$2 \times 2 =$	4 st

## **Revidering 200604 – tillfälligt ändrade provtagningsrutiner**

I nuvarande situation är partikelavskiljningen i trumfiltret otillräcklig vilket bl a får till följd att kolfiltret sätter igen lite för snabbt. Detta innebär att spolning erfordras oftare än tänkt och att även bräddnivån i kolfiltret uppnås för ofta. För närvarande pågår arbete för att lösa problemet med partikelavskiljning. Provtagningsrutinerna behöver under problempperioden ändras så att provtagning sker då kolfiltret går så normalt som möjligt. Så länge problemet kvarstår ändras provtagningsrutinerna enligt följande:

- Skrivningen "För punkterna A, C och D tas stickprov ut tre gånger per dag, med tre timmars mellanrum (kl 8, 11 och 14), i varje punkt." ändras till "För punkterna A, C och D tas stickprov ut tre gånger per dag i varje punkt. Proverna ska tas när nivån i kolfiltret är 2.40 m.
- Helgprovtagning som skulle skett v22 får ske vid senare tillfälle. Econet beslutar ny tidpunkt i samråd med Ronneby Miljö & Teknik AB.

Hans Carlsson  
Econet

## Toxicitetstester

Akut toxicitets test med den vattenlevande organismen *Artemia* gjordes på vattenprover från Rustorps reningsverk i Ronneby i augusti 2020. Vattenproverna kommer från en pilotanläggning med ozonrening och är tagna av personal på reningsverket en gång i veckan, under perioden vecka 18 – vecka 28 2020. Varje vecka togs 3 olika prover ut (A, C och D). Proverna förvarades i frys fram till analysdatum.

Fem av de veckor som ansågs mest intressanta valdes ut för akutttester där alla tre punkterna (A, C och D), samt att för punkt D testades prover från ytterligare två provtagningar. Testerna utfördes enligt Svensson et al. (2005). Alla tester avlästes efter 24 timmar medan två testomgångar även avlästes efter 48 timmars inkubering i 25°C. Spädningsserien: 0, 46, 71, 83, 89 och 95% inblandning av respektive provvatten, användes.

Resultatet anges i procent immobiliserade organismer vid en specifik inblandning av respektive provvatten. 10% immobiliserade anses vara naturlig variation för organismen och används också som gräns i kontrollprovet, dvs utan provvatten, för att testet ska kunna godkännas. Alla kontrollprov hamnar under 10% immobiliserade.

Immobiliseringsgraden hos referenskemikalien Kaliumdikromat ligger inom tidigare intervall, och visar på godkänd känslighet hos organismerna.

## Resultat

Analysresultaten visar att under 24 timmars exponering visar de olika provvattnet på ingen, eller låg andel av immobiliserade organismer. Efter 24 timmars exponering av respektive provvatten är det endast något provvatten som har fler än 20 % immobiliserade organismer. Generellt kan den akuta toxiciteten hos provvattnen anses vara låg, men de först tagna proverna (v 18 och 19, 20 och 21) verkar vara något mer toxiska än de som togs i slutet av perioden, se tabell 1.

I två fall fick testerna fortgå i ytterligare 24 timmar. Dessa resultat visar att i inblandning över 90% av provvatten så är i flera provvatten mer än 50% av organismerna immobiliserade. Provvatten tagna v 18 och 19, samt 20 och 21 verkar även när testen varar i 48 timmar, vara något mer toxiska än proverna från v 24, 26 och 28, se tabell 1.



Tabell 1. Sammanställning av % immobila Artemia i provvatten från Rustorps ozonrening efter 24 och 48 timmars inkubering i 25°C. (Endast inblandningar där immobila organismer visas i tabellen. Tom ruta= ej analyserad. <10% = naturlig immobilitet).

Prov	24 timmar		48 timmar			
	89%	95%	71%	83%	89%	95%
18A	0	15	0	0	27	81
18C	0	8				
18D	0	16	0	10	25	89
19D	0	20	0	17	30	83
20A	15	22	9	22	16	89
20C	0	21				
20D	0	16	0	0	56	74
21D	0	32	0	0	32	93
24A	0	16	10	53	57	89
24C	0	12				
24D	0	8	0	0	20	67
26A	0	0	0	23	41	46
26C	0	0				
26D	0	0	0	0	10	51
28A	0	0	19	18	15	36
28C	0	0				
28D	0	7	0	0	28	67

## Referenser

Svensson, B., Mathiasson, L., Mårtensson, L. *et al.* Artemia salina as test organism for assessment of acute toxicity of leachate water from landfills. *Environ Monit Assess* **102**, 309–321 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10661-005-6029-z>