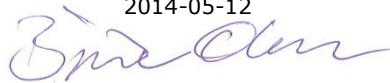


Utvärdering av Alnarp  
Cleanwater Technology AB:s  
avloppsreningsanläggning  
ACT Natural™ med avseende  
på läkemedelsrester

Jörgen Magnér, Jasmin Sandberg, Helene Ejhed, Hristina Bodin  
B2186  
Maj 2014

Rapporten godkänd:  
2014-05-12



Björne Olsson  
Enhetschef

<b>Organisation</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB	<b>Rapportsammanfattning</b>
<b>Adress</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel</b> Utvärdering av Alnarp Cleanwater Technology AB:s avloppsreningsanläggning ACT Natural™ med avseende på läkemedelsrester  <b>Anslagsgivare för projektet</b> Vinnova
<b>Telefonnr</b> 08-598 563 00	
<b>Rapportförfattare</b> Jörgen Magnér, Jasmin Sandberg, Helene Ejhed, Hristina Bodin	
<b>Rapporttitel och undertitel</b> Utvärdering av Alnarp Cleanwater Technology AB:s avloppsreningsanläggning ACT Natural™ med avseende på läkemedelsrester	
<b>Sammanfattning</b> <p>I Sverige finns cirka 700 000 fastigheter med enskilda avlopp, varav cirka 75 % utgörs av markbaserade anläggningar där det renade avloppsvattnet direkt eller via grundvattnet når ytvattenrecipienter. Spridning av läkemedelsrester och kemikalier via avloppsvatten från reningsverk är ett välkänt problem, som bland annat studerats i ett flertal screening projekt på uppdrag av Naturvårdsverket. I genomförda sammanställningar av reningsverkens effektivitet i tidigare screeningprojekt, har läkemedelssubstanser påvisats även i bakgrundssjöar, där enskilda avlopp konstaterats vara den troliga källan. Flera EU-direktiv, Baltic Sea Action Plan och EU:s strategi för östersjöregionen har bland annat medfört ökat fokus på spridning av läkemedelsrester och andra kemikalier till vatten och havsmiljö genom identifiering av prioriterade ämnen. Alnarp Cleanwater Technology har utvecklat ett biologiskt, kretsloppsbaseerat system ACT Natural™ för rening av enskilda avlopp. Hypotesen är att ACT Natural™ kan ge en signifikant reduktion av läkemedel i avloppsvatten jämfört med system som saknar vattenväxter, kontinuerlig syrestillförsel, UV-instrålning och tillräckligt lång uppehållstid. Målet med denna studie är att kvantifiera ACT Natural™ förmåga att reducera läkemedelsrester i avloppsvatten.</p> <p>De dominerande reningsstegen hos ACT Natural™ uppvisade sammantaget en generell trend av högre avskiljning för flertalet läkemedel jämfört med snittet för fyra svenska reningsverk och markbädd som tidigare studerats (Ejhed et al 2012). Tyvärr kunde inte hela reduceringsförmågan av läkemedel hos ACT Natural™ studeras då försteget uteslöts ur studien på grund av tekniska svårigheter att tillsätta spikningslösningen redan i inloppet. Därav kan det antas att reduktionsförmågan avseende läkemedelsrester i avloppsvatten hos ACT Natural™ kan ha underskattats.</p>	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren</b> Avloppsrening, Enskilda avlopp, Läkemedel, Hormoner.	
<b>Bibliografiska uppgifter</b> IVL Rapport B2186	
<b>Rapporten beställs via</b> Hemsida: www.ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

## Sammanfattning

I Sverige finns cirka 700 000 fastigheter med enskilda avlopp, varav cirka 75 % utgörs av markbaserade anläggningar där det renade avloppsvattnet direkt eller via grundvattnet når ytvattenrecipienter. Spridning av läkemedelsrester och kemikalier via avloppsvatten från reningsverk är ett välkänt problem som bland annat studerats i ett flertal screening projekt på uppdrag av Naturvårdsverket och i sammanställningar av reningsverkens effektivitet i avskiljning. Läkemedelssubstanser har i tidigare screeningprojekt påvisats i bakgrundssjöar där enskilda avlopp konstaterats vara den troliga källan. Flera EU-direktiv, Baltic Sea Action Plan och EU:s Östersjöstrategi har bland annat medfört ökat fokus på problemen med spridning av läkemedelsrester och andra kemikalier till vatten och havsmiljön genom identifiering av prioriterade ämnen. Alnarp Cleanwater Technology har utvecklat ett biologiskt, kretsloppsbaseerat system ACT Natural™ för rening av enskilda avlopp. Hypotesen är att ACT Natural™ kan ge en signifikant reduktion av läkemedel i avloppsvatten jämfört med system som saknar vattenväxter, kontinuerlig syrestillförsel, UV-instrålning och tillräckligt lång uppehållstid. Målet med denna studie är att kvantifiera ACT Natural™ förmåga att reducera läkemedelsrester i avloppsvatten. De dominerande reningsstegen hos ACT Natural™ uppvisade sammantaget en generell trend av högre avskiljning för flertalet läkemedel jämfört med snittet för fyra svenska reningsverk och markbädd som tidigare studerats (Ejhed et al 2012). Tyvärr kunde inte hela reduceringsförmågan av läkemedel hos ACT Natural™ studeras då försteget uteslöts ur studien på grund av tekniska svårigheter att tillsätta spikningslösningen redan i inloppet. Därav kan det antas att reduktionsförmågan avseende läkemedelsrester i avloppsvatten hos ACT Natural™ kan ha underskattats.

## Innehållsförteckning

Bakgrund.....	3
Syfte.....	4
Metodik.....	4
Del 1. Hydrauliskt spårämnesförsök.....	4
Del 2. ACT Natural™ avskiljning av läkemedel och hormoner.....	4
Val av substanser.....	4
Försöksansvariga.....	5
Provhantering och Provupparbetning.....	6
Provtagning.....	6
Läkemedel.....	6
Hormoner.....	6
Instrumentering.....	7
Resultat och Diskussion.....	7
Hydrauliskt spårämnesförsök.....	7
Validering av upparbetningsmetoderna för läkemedel och hormoner.....	8
ReACT™ och FlorACT™ förmåga att reducera läkemedel.....	9
InterACT™ förmåga att reducera läkemedel.....	9
ACT Naturals™ förmåga att reducera läkemedel.....	14
ACT Naturals™ förmåga att reducera hormoner.....	16
Referenser.....	18
Appendix.....	19

## Bakgrund

Projektet har att genomföras vid IVL Svenska Miljöinstitutet (IVL) i samarbete med Alnarp Cleanwater Technology AB (Alnarp Cleanwater). Alnarp Cleanwater har utvecklat en ny typ av enskilt avloppssystem ”ACT Natural™”. Systemet renar avloppsvattnet från enskilda hushåll eller mindre samfälligheter i två alternativt tre reningssteg:

1. ProACT™: Förarbetning genom slamnedbrytning.
2. InterACT™: Rening genom syresättning, cirkulation samt vattenväxters-och mikroorganismers ämnesomsättning.
- 3a. FlorACT™. Rening genom vattenväxters-och mikroorganismers ämnesomsättning samt solens UV-instrålning och viss syresättning.  
eller
- 3b. ReACT™: Utökad fosforreduktion med Poloniet-filter vid så kallad hög skyddsnivå

ACT Natural™ uppvisade godkänd reduktion av BOD<sub>7</sub>, totalfosfor, totalkväve enligt NFS 2006:7 samt enligt NFS 2008:8 för *E.coli* och *Intestinala enterokocker* (Ljung et al. 2011). Alnarp Cleanwater har nu beviljats medel från Vinnova för att testa systemet med avseende på läkemedel, vilket detta enskilda projektarbete kommer att omfatta.

Reduktionen av läkemedelsrester i infiltrationsanläggningar och markbäddar, som är de dominerande reningsteknikerna för enskilda avlopp, har visat sig kunna vara generellt bättre än den som sker i kommunala reningsverk. Dock har många studier rapporterat att reduktionen av läkemedel infiltrationsanläggningar och markbäddar är bristfällig pga av felaktig utformning och/eller dålig skötsel (Ejhed et al 2012). Likaså har en begränsad syresättning och liten näringstillgång pekats ut som möjliga faktorer till en begränsad nedbrytning av läkemedel i dessa system. ACT Natural™ är inte tidigare undersökt med avseende på dess eventuella förmåga att reducera läkemedelsrester i avloppsvatten. De faktorer som talar för att ACT Natural™ bör kunna reducera läkemedel bättre än markbäddar och infiltrationsanläggningar är en hög och konstant syresättning, UV-instrålning samt den långa teoretiska uppehållstiden på 14 dagar. Dessutom har forskning visat att vattenväxter såsom *Typha* spp. och *Phragmites* spp. har effektiva nedbrytningsenzymer såsom katalase, superoxide dismutase och guaiacol peroxidase som skulle kunna öka reduktionen av läkemedelrester i avloppsvatten (Dordio et al. 2009; Diordio et al. 2010; Dordio et al 2011; Matamotos et al. 2012). Båda dessa växter ingår som standard i ACT Natural™ system.

Hypotesen är därmed att ACT Natural™ kan ge en signifikant reduktion av läkemedel i avloppsvatten jämfört med system som saknar vattenväxter, kontinuerlig syrestillförsel, UV-instrålning och tillräckligt lång uppehållstid. Likaså kan reduktionen av läkemedel generellt vara stabilare än den i markbäddar och infiltrations-anläggningar då ACT Natural™ har en statisk och sluten utformning och två enkla skötselkrav: växtskörd och byte av luftpumpens filter en gång per år.

## Syfte

Målet med denna studie var att kvantifiera ACT Natural's™ förmåga att reducera läkemedelsrester i avloppsvatten. Om systemet ger en bättre och stabilare reduktion av läkemedel i avloppsvatten jämfört med markbäddar och infiltrationsanläggningar kan ACT Natural™ komma att bli en kommersiellt intressant produkt med stort exportvärde.

Denna studie verkar enligt EU:s vattendirektiv för att säkra en god vattenkvalitet, och enligt det svenska miljömålen Giftfri miljö.

## Metodik

Studien har, i enlighet med ansökan till Vinnova, delats in i två delar:

### Del 1. Hydrauliskt spårämnesförsök

Ett hydrauliskt spårämnesförsök har genomförts där litiumklorid (LiCl) tillförts systemet ACT Natural™ vid ett tillfälle i syfte att bestämma systemets medeluppehållstid.

### Del 2. ACT Natural™ avskiljning av läkemedel och hormoner

En lösningsmix av substanserna i tabell 2 och tabell 3 har tillförts systemet ACT Natural™ i punkterna A1 och B1 (Figur 1) enligt samma metod som vid spårämnesförsöket. Substansmixen har dock tillsatts varje vardag under två veckor, det vill säga vid tio tillfällen. Mängderna av de olika substanserna i mixen som tillsattes systemet varje vardag baserade sig på dygnsflödet så att koncentrationen av de ingående läkemedelsresterna motsvarade en slutlig koncentration på ca 1 µg/L samt en ingående koncentration av hormoner på ca 0.1 µg/L. För att uppskatta eventuell förekomst av de utvalda substanserna i tabell 2 och tabell 3 från övriga hushåll i området har så kallade ”bakgrundsprover” tagits innan spikningen av systemet påbörjades. Efter påbörjad spikning togs prover i 40 dagar.

### Val av substanser

I studien ingick flertalet av de substanser som förekommer i studien av Ejhed et al 2012. Detta för att kunna jämföra reduktionen av substanserna i ACT Natural™ med reduktionen i markbäddar och infiltrationssystem. Flertalet av dessa substanser finns även med på Socialstyrelsens topp 20-lista över läkemedelssubstanser med högst försäljningsvolym i Sverige (Sveriges Officiella Statistik 2010). Urvalet av substanser framgår av tabell 2 och tabell 3.

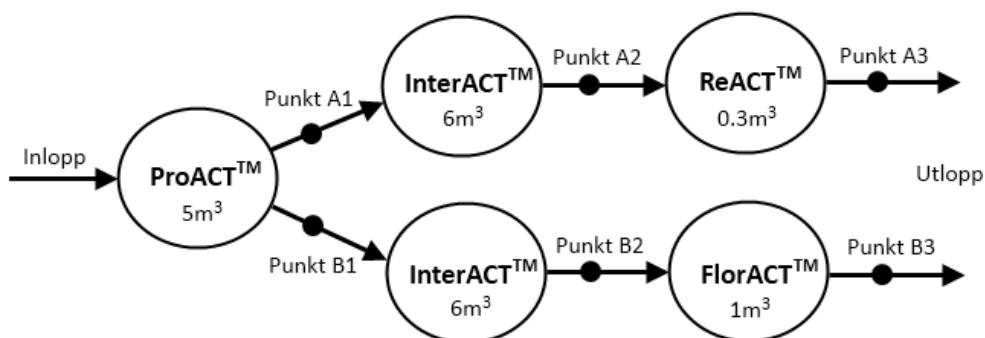
**Tabell 1.** Substanser som ingått i studien.

Substans	Verkningsmekanism	Log K <sub>ow</sub>
Atenolol	<i>Antihypertensives</i>	0.10
Carbamazepine	<i>Sedatives</i>	2.67
Ciprofloxacin	<i>Antibiotics</i>	0.28
Diclofenac	<i>Anti-inflammatories</i>	4.06
Estradiol	<i>Hormone</i>	4.13
Estriol*	<i>Hormone</i>	2.94
Estrone	<i>Hormone</i>	3.69
Ethinylestradiol	<i>Hormone</i>	4.52
Ibuprofen	<i>Anti-inflammatories</i>	3.72
Ketoprofen	<i>Anti-inflammatories</i>	2.81
Metoprolol	<i>Antihypertensives</i>	1.79
Naproxen	<i>Anti-inflammatories</i>	3.00
Oxazepam*	<i>Sedatives</i>	2.31
Paracetamol	<i>Anti-inflammatories</i>	0.34
Ranitidine	<i>Antiulcers</i>	1.23
Sertraline*	<i>Antidepressants</i>	5.06
Terbutaline	<i>Asthma medication</i>	0.48
Trimetoprim	<i>Antibiotics</i>	0.79
Warfarin	<i>Anticoagulants</i>	3.42

\*Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

## Försöksansvariga

- Preparering av provburkar, spikningslösning mm.: Jasmin Sandberg under handledning av Jörgen Magnér IVL.
- Provtagning av systemet i Alnarp: Hristina Bodin och Jonas Dahlström, Alnarp Cleanwater Technology.
- Analys av spårämne: IVLs laboratorium i Göteborg.
- Analys inklusive kvantifiering av läkemedel: Jasmin Sandberg under handledning av Jörgen Magnér vid IVLs laboratorium i Stockholm.
- Utvärdering och rapportering: Jasmin Sandberg under handledning av Jörgen Magnér IVL.



Figur 1. Schematisk skiss över ACT Natural™ systemet.

## Provhantering och Provupparbetning

### Provtagning

Samtliga prover togs i plastflaskor av polypropylen och förvarades i fryns vid  $-20^{\circ}\text{C}$  innan vidare transport till laboratoriet. Prover för analys av litium surgjordes till  $\text{pH} > 2$  innan de frystes in.

### Läkemedel

Tjugotill etthundra milliliter vatten, beroende på provtagningspunkt, spikades med kol-tretton märkt Carbamazepine- $^{13}\text{C}^{15}\text{N}$  samt deuterium märkt Ibuprofen- $\text{d}_3$ . Till vattenproverna tillsattes även 1 ml 0.1% EDTA löst i metanol: vatten. Innan upprensning och koncentrerings på fastfaskolonn (200mg Oasis HLB, Waters) konditionerades kolonnen med metanol följt av MQ-vatten. Därefter applicerades provet på kolonnen med ett flöde på två droppar per sekund. Analyterna eluerades från kolonnen med hjälp av metanol följt av aceton. Eluatet indunstades till torrhet under kvävgas vid  $40^{\circ}\text{C}$ . Provet återlöstes i metanol: vatten och centrifugerades innan det överfördes till vial för slutbestämning.

### Hormoner

Tvåhundrafemtio till femhundra milliliter vatten, beroende på provtagningspunkt, spikades med deuterium märkt Estradiol- $\text{d}_3$ . Innan upprensning och koncentrerings på fastfaskolonn (100 mg C18, Isolute) konditionerades kolonnen med metanol följt av MQ-vatten. Därefter applicerades provet på kolonnen med ett flöde på två droppar per sekund. Analyterna eluerades från kolonnen med hjälp av metanol följt av aceton. Eluatet indunstades till torrhet under kvävgas vid  $40^{\circ}\text{C}$ . Provet återlöstes i 100  $\mu\text{l}$  vattenfri pyridin innehållande 2,3-Pyridinedicarboxylic anhydrid (PDCA) och inkuberades vid  $60^{\circ}\text{C}$  i 120 minuter. Efter derivatiseringen med PDCA tillfördes 1 ml MQ-vatten samt 10  $\mu\text{l}$  1 N myrsyra till provet. Provet extraherades med metyl-tert-butyl eter. Organfasen indunstades till torrhet under kvävgas vid  $40^{\circ}\text{C}$ . Provet återlöstes i acetonitril: vatten och centrifugerades innan det överfördes till vial för slutbestämning.



## Instrumentering

Slutbestämningen av mängden läkemedel och hormoner i proven utfördes på en binary liquid chromatography (UFLC) system med auto injektion (Shimadzu, Japan). Den kromatografiska separationen genomfördes för läkemedel på en C18 reversed phased kolonn (dimension 50 x 3 mm, 2.5 µm partikelstorlek) (X Bridge, Waters) och för hormoner på en Phenyl kolonn (dimension 50 x 2.1 mm, 3.0 µm partikelstorlek) (SUPELCO) vid en temperatur på 35°C och ett flöde på 0.3 ml/minut. Mobilfasen bestod av 10 mM Ättiksyra i vatten (A) samt Metanol (B).

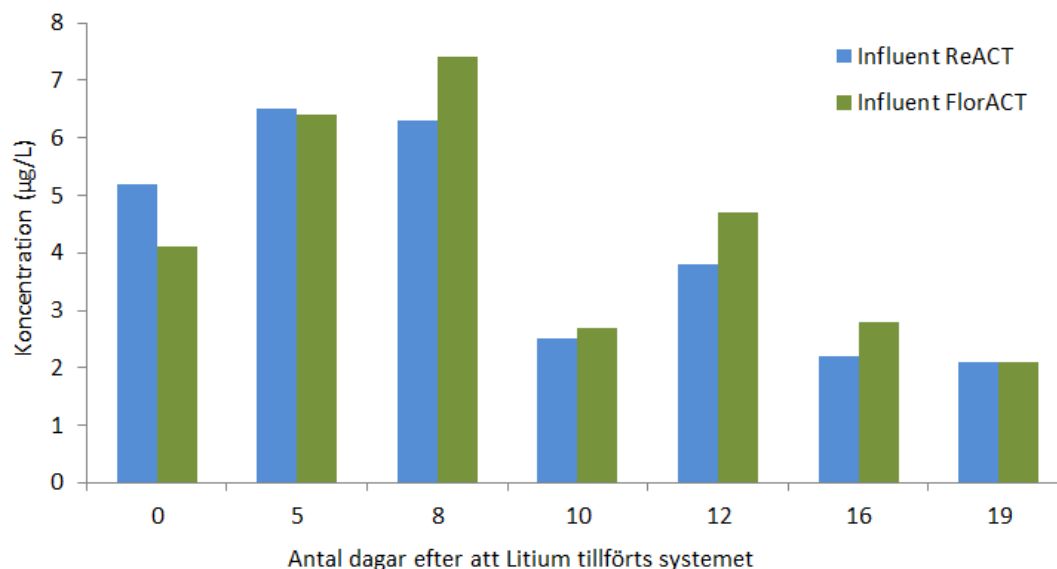
UFLC-systemet var kopplat till en API 4000 tippel quadrupole (MS/MS) (Applied Biosystems) med en electrospray ionization interface (ESI) som kördes i positiv samt negativ mode.

## Resultat och Diskussion

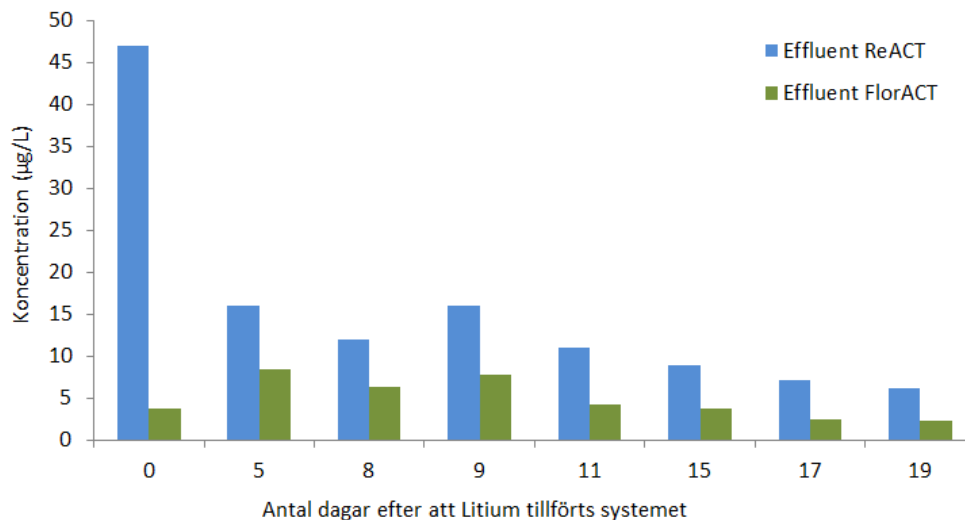
### Hydrauliskt spårämnesförsök

Tillsats av litiumklorid (LiCl) i punkterna A1 och B1 (Figur 1) visade att en InterACT med en teoretisk vattenvolym av 6 m<sup>3</sup> hade en uppehållstid på cirka 8 dagar (Figur 2), vilket stämmer väl överens med den teoretiska uppehållstid på 7.5 dagar som Alnarp Cleanwater uppgivit med ett inflöde på 0.8 m<sup>3</sup>/dygn.

Enligt spårämnesförsöket låg den totala uppehållstiden för InterACT plus ReACT eller InterACT plus FlorACT låg på ca 9 dagar (Figur 3). Detta stämmer också väl överens med den totala teoretiska uppehållstiden av de nämnda systemen på cirka 8.5 dagar. Dock hade en mer noggrann analys av spårämnesdata gett ytterligare information och kunskap om ACT™ Naturals hydrauliska karaktär, men får anses vara utanför denna rapportens omfång.



**Figur 2.** Koncentrationen litium i inkommande vatten till ReACT och FlorACT före och efter spikningstillfället den 30 september 2013.



**Figur 3.** Koncentrationen litium i utgående vatten från ReACT och FlorACT före och efter spikningstillfället den 30 september 2013.

### Validering av uppberedningsmetoderna för läkemedel och hormoner

Under uppberedningen av prover för analys av läkemedel och hormoner har ett antal blankprover samt prover spikade med standarder (100 ng/L) uppberedats parallellt. Resultatet från dessa blankprover och spikade standarder återges i tabell 2 och tabell 3 i form av detektionsgränser, kvantifieringsgränser och återvinning för de två metoderna. Samtliga hormoner och merparten av läkemedlen uppvisade god återvinning vid uppberedning. Återvinningen överensstämde väl med de som rapporteras i andra studier för samma läkemedelssubstanser i obehandlat och behandlat avloppsvatten (Matamoros et al. 2009; Daneshvar 2010; Verlicchi et al. 2012).

**Tabell 2.** Detektionsgräns, kvantifieringsgräns, återvinning och reproducerbarhet för metoden vid analys av läkemedel.

Substans	Detektionsgräns	Kvantifieringsgräns	Återvinning (%)	Reproducerbarhet
	LOD (S/N=3) ng/L	LOQ (S/N=10) ng/L		Antal prover = 4st RSD (%)
Atenolol	5.2	16	147	14
Carbamazepine	4.0	12	103	2.2
Ciprofloxacin	22	65	31	20
Diclofenac	9.0	27	119	1.8
Ibuprofen	16	49	96	4.0
Ketoprofen	13	39	139	3.8
Metoprolol	8.7	26	45	2.2
Naproxen	17	50	116	6.2
Oxazepam*	3.0	9.0	106	3.9
Paracetamol	15	44	98	15
Ranitidine	7.7	23	67	21
Sertraline*	4.0	12	29	5.6
Terbutaline	14	41	97	7.0
Trimetoprim	9.0	27	140	6.3
Warfarin	2.9	8.7	123	0.4

\*Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

**Tabell 3.** Detektionsgräns, kvantifieringsgräns och återvinning för metoden vid analys av hormoner.

Substans	Detektionsgräns	Kvantifieringsgräns	Återvinning (%)
	LOD (S/N=3) ng/L	LOQ (S/N=10) ng/L	
Ethinylestradiol	2.7	8.9	92
Estradiol	2.3	7.5	93
Estriol*	13	44	113
Estrone	3.9	13	93

\*Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

## InterACT™ förmåga att reducera läkemedel

Studien visar att reduktionen av läkemedel i InterACT:en är jämförbar med snittet hos fyra svenska reningsverk (Tabell 4 & 5, Figur 4). Den negativa reduktionen på Diclofenac, Metoprolol och Warfarin beror troligtvis på att skillnaden i läkemedelskoncentration mellan inkommande och utgående vatten i InterACT:en baserade sig på en uppskattad inkommande koncentration samt en uppmätt utgående koncentration av de undersökta ämnena. Den uppskattade inkommande koncentrationen bygger på den kända mängd vi tillfört systemet via spikningen plus bakgrunds-nivån av ämnena som uppmätts innan spikningen påbörjats. Problemet med att uppskatta den inkommande koncentrationen i var att bakgrunds-nivåerna av flera läkemedel visade sig vara mycket höga vid samtliga

mätpunkter i början av försöket (Appendix 10). Orsaken till detta är troligtvis att ACT Natural:s flöde var lågt innan studien påbörjades, vilket kan ha medfört att läkemedelssubstanser ansamlats i systemet och när flödet återupptogs släppte fördämningarna och höga halter av läkemedel transporterades genom systemet. Ett sätt att förhindra detta från att ske hade varit att påbörja försöket något senare när flödet hade stabiliserats.

**Tabell 4.** InterACT (ReACT) förmåga att reducera läkemedel.

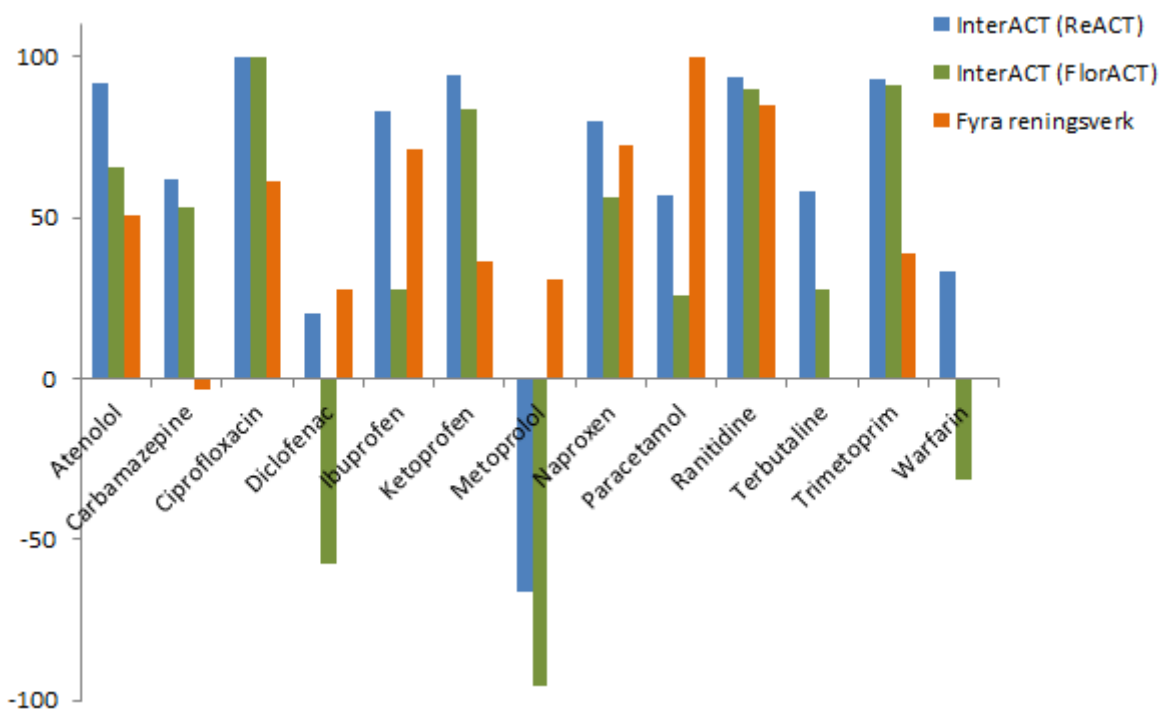
InterACT (ReACT)	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14		
	Inflöde*	Utflyde	Reduktion
Substans	ng/L	ng/L	(%)
Atenolol	1120	96	91
Carbamazepine	1033	392	62
Ciprofloxacin	25554	84	100
Diclofenac	1370	1092	20
Ibuprofen	31874	5338	83
Ketoprofen	1580	91	94
Metoprolol	1787	2977	-67
Naproxen	6745	1358	80
Paracetamol	1317	571	57
Ranitidine	1183	79	93
Terbutaline	1193	501	58
Trimetoprim	1113	76	93
Warfarin	1114	743	33

\*Beräknad koncentration baserad på uppmätt bakgrundskoncentration plus spikad mängd av substansen

**Tabell 5.** InterACT (FlorACT) förmåga att reducera läkemedel.

InterACT (FlorACT)	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14		
	Inflöde*	Utflyde	Reduktion
Substans	ng/L	ng/L	(%)
Atenolol	1120	386	66
Carbamazepine	1033	483	53
Ciprofloxacin	25554	82	100
Diclofenac	1370	2160	-58
Ibuprofen	31874	23150	27
Ketoprofen	1580	256	84
Metoprolol	1787	3498	-96
Naproxen	6745	2970	56
Paracetamol	1317	979	26
Ranitidine	1183	117	90
Terbutaline	1193	861	28
Trimetoprim	1113	96	91
Warfarin	1114	1468	-32

\*Beräknad koncentration baserad på uppmätt bakgrundskoncentration plus spikad mängd av substansen



**Figur 4.** InterACT förmåga att reducera läkemedel i jämförelse med fyra svenska reningsverk.

## ReACT™ och FlorACT™ förmåga att reducera läkemedel

Studien visar att ReACT och FlorACT har en sämre förmåga att reducera läkemedel i jämförelse med snittet hos fyra svenska reningsverk (Tabell 6 & 7, Figur 5). ReACT med sitt polonite-filter uppvisar en generellt högre reduceringsförmåga för de valda substanserna än FlorACT (Figur 5).

**Tabell 6.** ReACT förmåga att reducera läkemedel.

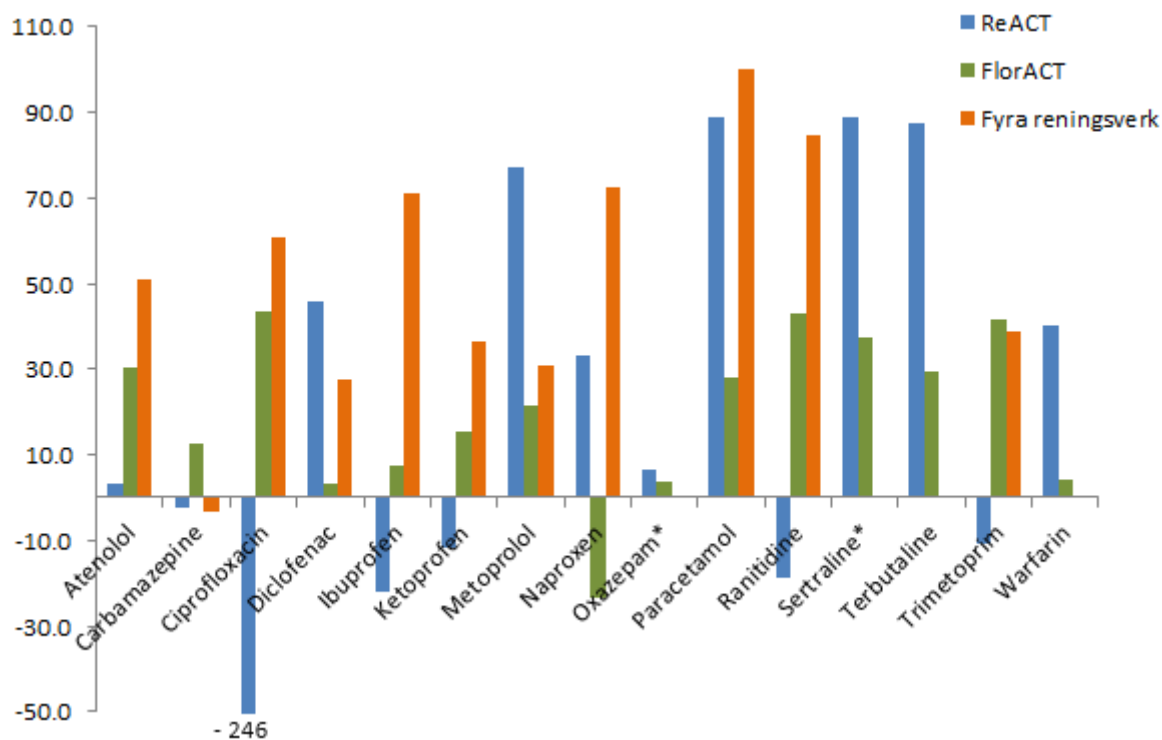
ReACT	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14			Relativ standardavvikelse (RSD%)	
	Inflöde ng/L	Utflöde ng/L	Reduktion (%)	Inflöde (%)	Utflöde (%)
Atenolol	96	93	3.1	74	38
Carbamazepine	392	401	-2.3	27	22
Ciprofloxacin	84	289	-246	73	58
Diclofenac	1092	591	46	40	23
Ibuprofen	5338	6501	-22	64	39
Ketoprofen	91	102	-12	46	34
Metoprolol	2977	673	77	43	46
Naproxen	1358	908	33	60	40
Oxazepam*	21	20	6.5	35	24
Paracetamol	571	62	89	34	77
Ranitidine	79	94	-19	60	36
Sertraline*	57	6	89	53	62
Terbutaline	501	62	88	28	68
Trimetoprim	76	84	-11	48	19
Warfarin	743	443	40	46	19

\*Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

**Tabell 7.** FlorACT förmåga att reducera läkemedel.

FlorACT	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14			Relativ standardavvikelse (RSD%)	
	Inflöde	Utflöde	Reduktion	Inflöde	Utflöde
Substans	ng/L	ng/L	(%)	(%)	(%)
Atenolol	386	268	31	40	28
Carbamazepine	483	422	13	32	22
Ciprofloxacin	82	46	44	55	100
Diclofenac	2160	2094	3	64	80
Ibuprofen	23150	21429	7	31	28
Ketoprofen	256	216	15	27	28
Metoprolol	3498	2747	21	48	56
Naproxen	2970	3661	-23	49	63
Oxazepam*	21	20	3.5	23	27
Paracetamol	979	703	28	26	17
Ranitidine	117	67	43	57	59
Sertraline*	87	55	37	40	47
Terbutaline	861	608	29	28	18
Trimetoprim	96	56	42	55	47
Warfarin	1468	1409	4	67	81

\*Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning



**Figur 5.** ReACT och/eller FlorACT förmåga att reducera läkemedel i jämförelse med fyra svenska reningsverk.

## ACT Naturals™ förmåga att reducera läkemedel

De reningssteg hos ACT Natural som studerats uppvisade sammantaget en något bättre reduceringsförmåga för läkemedel än snittet för fyra svenska reningsverk samt en likvärdig reduceringsförmåga jämfört med den markbädd som tidigare studerats av Ejhed et al 2012 (Tabell 8, 9 & 10, Figur 6). Tyvärr kunde inte hela reduceringsförmågan av läkemedel hos ACT Natural studeras då försteget i form av ProACT:en var tvungen att uteslutas på grund av tekniska svårigheter att tillsätta spikningslösningen redan i inloppet (Figur 1). Om ProACT hade ingått i studien hade reduceringsförmågan antagligen ökat då ProACT:en innehåller bioblock likt InterACT:en, där fastläggning och nedbrytning av läkemedel kan ske.

**Tabell 8.** InterACT och ReACT sammanlagda förmåga att reducera läkemedel.

InterACT + ReACT	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14		
	Inflöde*	Utflöde	Reduktion
Substans	ng/L	ng/L	(%)
Atenolol	1120	93	92
Carbamazepine	1033	401	61
Ciprofloxacin	25554	289	99
Diclofenac	1370	591	57
Ibuprofen	31874	6501	80
Ketoprofen	1580	102	94
Metoprolol	1787	673	62
Naproxen	6745	908	87
Paracetamol	1317	62	95
Ranitidine	1183	94	92
Terbutaline	1193	62	95
Trimetoprim	1113	84	92
Warfarin	1114	443	60

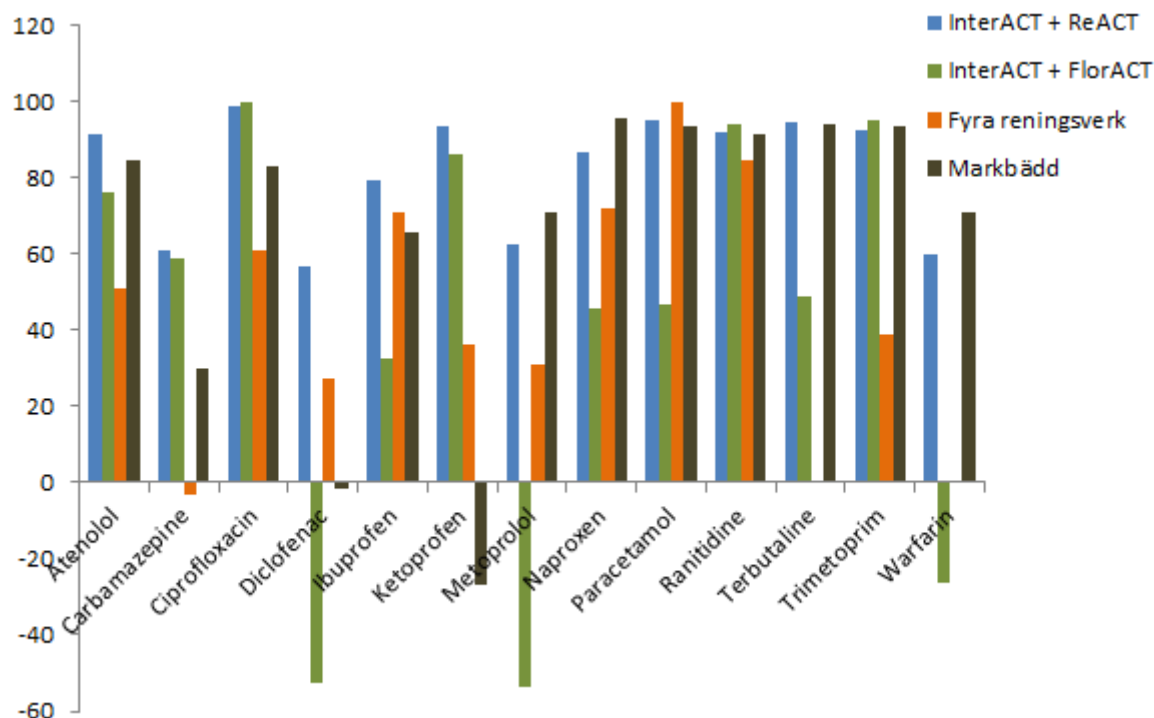
\*Beräknad koncentration baserad på uppmätt bakgrundskoncentration plus spikad mängd av substansen



**Tabell 9.** InterACT och FlorACT sammanlagda förmåga att reducera läkemedel.

InterACT + FlorACT	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14		
	Inflöde*	Utflöde	Reduktion
Substans	ng/L	ng/L	(%)
Atenolol	1120	268	76
Carbamazepine	1033	422	59
Ciprofloxacin	25554	46	100
Diclofenac	1370	2094	-53
Ibuprofen	31874	21429	33
Ketoprofen	1580	216	86
Metoprolol	1787	2747	-54
Naproxen	6745	3661	46
Paracetamol	1317	703	47
Ranitidine	1183	67	94
Terbutaline	1193	608	49
Trimetoprim	1113	56	95
Warfarin	1114	1409	-27

\*Beräknad koncentration baserad på uppmätt bakgrundskoncentration plus spikad mängd av substansen



**Figur 6.** InterACT plus ReACT och/eller InterACT plus FlorACT förmåga att reducera läkemedel i jämförelse med fyra svenska reningsverk.

**Tabell 10.** Medel reduktionen av läkemedel i fyra svenska reningsverk och markbädd.

Substans	Fyra reningsverk <sup>1</sup>	Markbädd <sup>2</sup>
	Reduktion (%)	Reduktion (%)
Atenolol	51	84
Carbamazepine	-3.3	30
Ciprofloxacin	61	83
Diclofenac	28	-1.5
Ibuprofen	71	66
Ketoprofen	36	-27
Metoprolol	31	71
Naproxen	72	96
Paracetamol	100	94
Ranitidine	85	91
Terbutaline	N/A	94
Trimetoprim	39	93
Warfarin	0	71

<sup>1</sup>Skövde, Stockholm, Umeå och Uppsala (Fick et al 2011)

<sup>2</sup>Ejhed et al 2012

## ACT Naturals<sup>TM</sup> förmåga att reducera hormoner

Redan i InterACT:en sågs en 100%-ig avskiljning av de studerade hormonerna (Tabell 11). Detta beror troligtvis på att de studerade hormonerna är relativt fettlösliga, med en fördelningskoefficient (Log K<sub>OW</sub>) på 3.69 till 4.52 (Tabell 1), vilket gör att de troligen till stor del fastläggs i hydrofobt biologiskt material redan i InterACT:en. Gray & Sedlak (2005) rapporterade att estriol och etinylestradiol till största delen reducerades i konstruerade våtmarker via adsorption till hydrofoba ytor samt efterföljande biotransformation. Den sistnämnda processen indikerades av en ökad förekomst av en nedbrytningsmetabolit av estriol, rapporterade författarna. Därmed finns indikationer på att vidare nedbrytning av de studerade hormonsubstanserna kan ske via växters-och associerade mikroorganismers nedbrytningsenzymer (Kumar et al 2011) inne i InterACTen<sup>TM</sup>. Tyvärr baserar sig åter igen den inkommande mängden av ämnena till InterACT:en på en uppskattad koncentration som bygger på den kända mängd vi tillfört systemet via spikningslösningen. För att utesluta att fel uppstått vid upparbetningen av proverna har standarder med känd mängd av hormonerna upparbetats parallellt med proverna, vilka uppvisade god återvinning (Tabell 3). Jämfört med svenska reningsverk (Naturvårdsverket 2008; Wahlberg et al 2010) uppvisade dock InterACT<sup>TM</sup> en högre reduktionsförmåga av de studerade hormonerna (Tabell 11). Inkommande koncentrationer till reningsverken var dock alltid under 20 ng/L vilket är ca en femtedel av ingående koncentrationer till InterACT<sup>TM</sup> i denna studie. Dock har andra studier där konstruerade våtmarker doserats med minst 20 gånger högre halter av estriol respektive etinylestradiol uppvisat lägre reduktioner (36-95%) än InterACT<sup>TM</sup> (Gray & Sedlak 2005; Kumar et al. 2011). De nämnda studierna hade en jämförbar uppehållstid med InterACT<sup>TM</sup>. Detta indikerar att InterACT<sup>TM</sup> med sin aktiva syresättning av och

bioblock som förser mikroorganismerna med stora tillväxtytor kan spela en avgörande roll för den höga reduktionen av hormoner i detta system.

**Tabell 11.** InterACT™s förmåga att reducera vissa hormonsubstanser i avloppsvatten.

InterACT	Medel koncentration i prover under perioden 2013-10-03 till 2013-10-14		Reduktion InterACT™ (%)	Reduktion Reningsverk <sup>(2,3)</sup> (%)
	Inflöde <sup>1</sup>	Utflöde		
Substans	ng/L	ng/L		
Ethinylestradiol	113	<8.9	100	85 <sup>2</sup>
Estradiol	106	<7.5	100	94 <sup>3</sup>
Estrone	119	<13	100	88 <sup>3</sup>

\*Mindre än värden (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

<sup>1</sup>Beräknad koncentration baserad på spikad mängd av substansen

<sup>2</sup>Naturvårdsverket (2008) Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Naturvårdsverkets rapport 5794.

<sup>3</sup>Wahlberg C., Björlenius B., Paxéus N. (2010), Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. SVAB rapport.

## Referenser

- Daneshvar A., Svanfelt J., Kronberg L. & Weyhenmeyer G.A. (2010). Winter accumulation of acidic pharmaceuticals in a Swedish river. *Environmental Science and Pollution Research*, 17(4), 908-916.
- Dordio A.V., Duarte C., Barreiros M., Carvalho A.J.P., Pinto A.P. & da Costa C.T. (2009) Toxicity and removal efficiency of pharmaceutical metabolite clofibric acid by *Typha* spp. - Potential use for phytoremediation? *Bioresource Technology*, 100(3), 1156-1161.
- Dordio A., Carvalho A.J.P., Teixeira D.M., Dias C.B. & Pinto A.P. (2010) Removal of pharmaceuticals in microcosm constructed wetlands using *Typha* spp. and LECA. *Bioresource Technology*, 101(3), 886-892.
- Dordio A.V., Belo M., Martins Teixeira D., Palace Carvalho A.J., Dias C.M.B., Picó Y. & Pinto A.P. (2011) Evaluation of carbamazepine uptake and metabolization by *Typha* spp., a plant with potential use in phytotreatment. *Bioresource Technology*, 102(17), 7827-7834.
- Ejhed, H., Magnér, J., Olshammar, M., Remberger, M., Norström, K., Lilja, K. & Bibi, M. (2012). Enskilda avlopp som källa till läkemedelsrester och andra kemikalier. IVL Svenska Miljöinstitutet. Karl-Axel Reimer, Södertälje kommun.
- Gray J.L. & Sedlak D.L. (2005). The fate of estrogenic hormones in an engineered treatment wetland with dense macrophytes. *Water Environment Research*, 77(1), 24-31.
- Ljung, E., Moraesus, P. Palm, O. (2012), Utvärdering av Alnarp Cleanwater Technology AB:s avloppsreningsanläggning ACT Natural<sup>TM</sup>. Uppdragsrapport P972416 v1. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Matamoros V., Arias C.A., Brix H. & Bayona J.M. (2009). Preliminary screening of small-scale domestic wastewater treatment systems for removal of pharmaceutical and personal care products. *Water Research*, 43(1), 55-62.
- Matamoros V., Nguyen L.X., Arias C.A., Salvado A. & Brix H. (2012) Evaluation of aquatic plants for removing polar microcontaminants: A microcosm experiment. *Chemosphere*, 88, 1257–1264.
- Naturvårdsverket (2008) Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Naturvårdsverkets rapport 5794.
- Verlicchi P., Al Aukidy, M., Galletti, A., Petrovic, M., Barceló, D. (2012). Hospital effluent: Investigation of the concentration and distribution of pharmaceuticals and environmental risk assessment. *Science of the Total Environment*, 430, 109-118.
- Wahlberg C., Björleinius B., Paxéus N. (2010), Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. SVAB rapport.

## Appendix

### Appendix 1. Uppmått koncentration av läkemedel i inkommande vatten till ReACT under provtagningsperioden.

ReACT (Influent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14	2013-10-15	2013-10-16	2013-10-17	2013-10-18	2013-10-21	2013-10-23	2013-10-25	2013-10-28	2013-10-30	2013-11-01	2013-11-04	2013-11-06	2013-11-08	
	Spikning av systemet:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Atenolol	Antihypertensives	<16	<16	86	110	143	74	68	68	58	247	96	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	132
Carbamazepine	Sedatives	<12	<12	134	203	278	310	349	395	450	603	440	311	224	181	132	123	63	46	37	34	25	15	13	<12	<12	<12
Ciprofloxacin	Antibiotics	1323	285	291	111	126	179	110	118	<65	79	<65	<65	<65	<65	<65	69	161	147	67	<65	109	<65	<65	<65	<65	<65
Diclofenac	Anti-inflammatory	319	536	534	459	645	932	1096	1273	896	2015	1221	653	417	140	155	126	80	164	107	120	<27	<27	59	69	52	
Ibuprofen	Anti-inflammatory	4107	1775	1476	1229	2381	2819	4077	4577	7766	10600	9248	1236	744	1432	1264	2743	660	1295	1616	1533	4513	2664	572	2256	2609	
Ketoprofen	Anti-inflammatory	221	222	78	75	93	133	93	80	83	156	77	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39
Metoprolol	Antihypertensives	456	710	982	1720	2033	1931	2354	2331	5131	4844	2444	2749	1320	1200	1009	1663	1310	825	851	1451	586	685	1437	985	884	
Naproxen	Anti-inflammatory	3212	4796	1548	981	1356	1543	799	656	519	3004	1887	1100	1272	612	1136	1601	1685	1592	1869	957	<50	<50	1115	3278	1594	
Oxazepam	Sedatives	32	37	42	33	30	29	25	22	21	18	13	9.4	18	<9.0	<9.0	50	56	38	37	28	30	25	52	140		
Paracetamol	Anti-inflammatory	<44	<44	338	436	614	525	455	573	569	985	536	313	259	112	46	100	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44
Ranitidine	Anticancers	<23	25	61	60	65	83	79	75	66	186	60	<23	30	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23
Sertraline	Antidepressants	44	48	40	61	64	37	53	32	122	69	52	25	<12	<12	103	35	18	45	38	23	15	40	21	14		
Terbutaline	Asthma medication	68	88	327	417	601	528	416	503	440	774	453	291	201	88	<41	73	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41
Trimetoprim	Antibiotics	<27	<27	46	57	80	74	69	67	53	160	74	34	28	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27
Warfarin	Anticoagulants	<8.7	29	215	270	420	559	687	783	579	1492	927	496	281	68	60	52	28	49	31	37	<8.7	<8.8	11	9.2	<8.7	

\*Mindre än värden (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

### Appendix 2. Uppmått koncentration av läkemedel i utgående vatten från ReACT under provtagningsperioden.

ReACT (Effluent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14	2013-10-15	2013-10-16	2013-10-17	2013-10-18	2013-10-21	2013-10-23	2013-10-25	2013-10-28	2013-10-30	2013-11-01	2013-11-04	2013-11-06	2013-11-08	
	Spikning av systemet:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Atenolol	Antihypertensives	<16	<16	52	101	130	148	85	72	108	71	93	38	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	19
Carbamazepine	Sedatives	<12	<12	70	149	255	335	379	386	492	476	516	369	265	206	164	131	64	50	41	40	28	22	18	13	13	
Ciprofloxacin	Antibiotics	5550	1159	767	264	363	355	506	487	265	153	130	<65	119	<65	205	170	168	134	148	144	229	437	231	168		
Diclofenac	Anti-inflammatory	328	342	397	314	534	741	684	582	779	488	526	392	305	79	80	69	87	70	60	76	<27	<27	41	29	47	
Ibuprofen	Anti-inflammatory	2186	2795	3443	2454	3764	5942	7250	5436	7148	9238	10284	2948	1196	1860	1443	1864	1128	1669	1118	1655	4913	2977	1648	3721	1749	
Ketoprofen	Anti-inflammatory	50	68	113	73	85	153	141	119	97	56	102	62	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	
Metoprolol	Antihypertensives	199	327	480	844	878	307	828	999	525	614	200	1034	542	524	536	361	546	459	564	782	396	427	495	575	408	
Naproxen	Anti-inflammatory	1889	2596	2559	1235	1305	1586	862	623	544	612	862	868	812	424	517	862	2381	1092	969	1023	65	25	1202	2371	1684	
Oxazepam	Sedatives	25	27	30	26	23	29	20	21	19	16	15	15	12	<9.0	<9.0	34	51	42	34	31	25	32	31	24	82	
Paracetamol	Anti-inflammatory	<44	<44	<44	<44	93	141	87	93	38	20	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	
Ranitidine	Anticancers	<23	<23	38	37	112	169	92	84	79	60	81	76	41	<23	<23	26	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	
Sertraline	Antidepressants	<12	<12	<12	21	12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12	
Terbutaline	Asthma medication	<41	<41	48	<41	114	127	71	67	54	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	
Trimetoprim	Antibiotics	<27	<27	32	44	75	108	87	79	92	74	102	60	40	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	
Warfarin	Anticoagulants	<8.7	10	134	223	430	543	438	439	591	392	369	344	245	51	37	35	32	23	20	27	<8.7	<8.7	12	<8.7	<8.7	

\*Mindre än värden (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

### Appendix 3. Uppmätt koncentration av läkemedel i inkommande vatten till FlorACT under provtagningsperioden.

FlorACT (Influent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14	2013-10-15	2013-10-16	2013-10-17	2013-10-18	2013-10-21	2013-10-23	2013-10-25	2013-10-28	2013-10-30	2013-11-01	2013-11-04	2013-11-06	2013-11-08	
Substans:	Spikning av systemet:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Atenolol	Antihypertensives	<16	<16	196	309	333	388	329	613	371	492	479	82	42	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	58
Carbamazepine	Sedatives	<12	<12	127	201	258	359	458	570	530	631	701	354	274	203	154	152	70	51	49	54	37	30	28	21	17	
Ciprofloxacin	Antibiotics	832	165	170	118	74	121	<65	155	88	104	<65	<65	<65	<65	<65	<65	180	<65	<65	73	<65	<65	<65	<65	<65	
Diclofenac	Anti-inflammatory	483	499	821	820	757	1305	1038	3201	4053	2727	3555	642	767	185	197	222	96	212	121	203	<27	<27	92	87	57	
Ibuprofen	Anti-inflammatory	17574	14296	18097	14525	16108	17099	21585	27485	30573	29279	30520	12555	7804	7263	7088	6386	3014	4592	3674	3447	7970	7770	5316	9128	8991	
Ketoprofen	Anti-inflammatory	242	162	247	217	219	310	284	365	262	254	212	140	117	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39
Metoprolol	Antihypertensives	520	599	1145	1984	2157	2145	2958	2905	5880	6342	3460	2137	1470	1037	1083	1559	1063	743	913	1109	616	671	1198	1091	797	
Naproxen	Anti-inflammatory	3525	1098	3623	3074	2089	2676	1199	3023	4139	4489	4951	1196	2073	818	1315	1830	1208	2071	1349	1109	52	60	683	1983	1506	
Oxazepam	Sedatives	42	39	41	27	28	26	24	22	20	17	13	19	16	<9.0	<9.0	31	34	34	30	30	27	29	22	36	86	
Paracetamol	Anti-inflammatory	57	<44	457	527	795	1033	792	1387	1237	952	1049	581	370	116	66	141	51	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	
Ranitidine	Anti-ulcers	<23	<23	91	61	56	163	160	213	71	156	95	20	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	
Sertraline	Antidepressants	42	23	76	79	88	52	142	81	111	120	66	39	54	<12	19	53	37	17	23	50	34	15	30	13	<12	
Terbutaline	Asthma medication	103	57	613	516	756	1075	665	1211	962	913	862	440	307	98	55	125	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	
Trimetoprim	Antibiotics	<27	<27	51	58	64	94	94	195	69	115	126	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	
Warfarin	Anticoagulants	11	16	265	453	429	777	657	2107	2609	1943	2731	489	554	104	97	106	41	78	42	66	<8.7	<8.7	22	15	9.5	

\*Mindre än värden (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

### Appendix 4. Uppmätt koncentration av läkemedel i utgående vatten från FlorACT under provtagningsperioden.

FlorACT (Effluent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14	2013-10-15	2013-10-16	2013-10-17	2013-10-18	2013-10-21	2013-10-23	2013-10-25	2013-10-28	2013-10-30	2013-11-01	2013-11-04	2013-11-06	2013-11-08	
Substans:	Spikning av systemet:	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Atenolol	Antihypertensives	<16	<16	148	229	337	271	279	223	382	283	243	126	51	<16	16	17	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	<16	46
Carbamazepine	Sedatives	<12	<12	103	159	302	372	345	464	549	551	408	385	288	233	178	179	91	62	55	63	40	31	34	24	21	
Ciprofloxacin	Antibiotics	2437	414	127	114	104	124	<65	<65	<65	<65	<65	<65	<65	<65	<65	<65	<65	107	<65	<65	<65	73	<65	<65	<65	
Diclofenac	Anti-inflammatory	497	497	546	849	896	1334	1661	1204	3969	1101	5462	1124	686	190	233	261	195	234	109	141	<27	92	100	69	65	
Ibuprofen	Anti-inflammatory	15038	13215	12487	12504	15168	16758	20032	20804	32046	28462	22470	15693	8784	7357	7152	7087	3978	4908	3037	3535	7363	7621	6062	8333	8235	
Ketoprofen	Anti-inflammatory	266	216	160	213	258	323	224	189	253	137	168	178	117	<39	<39	40	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	<39	
Metoprolol	Antihypertensives	574	577	1378	1370	2091	2178	1621	5169	4839	3338	1059	1683	1582	1288	1604	1562	967	888	861	968	591	1170	1073	724	743	
Naproxen	Anti-inflammatory	4858	5196	3310	4190	3104	3731	2918	1872	5311	1832	8538	1978	1923	749	1224	1310	2373	2157	1239	1049	95	319	740	2053	1297	
Oxazepam	Sedatives	43	31	26	29	25	26	24	23	21	16	10	18	16	<9.0	20	25	40	31	30	27	27	24	22	24	75	
Paracetamol	Anti-inflammatory	70	<44	220	293	623	618	633	724	976	764	620	669	291	111	161	139	77	66	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	
Ranitidine	Anti-ulcers	<23	<23	42	25	133	110	49	56	85	48	33	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	<23	
Sertraline	Antidepressants	55	28	68	43	79	54	28	59	69	90	44	13	21	17	57	36	14	16	20	<12	<12	19	<12	<12	<12	
Terbutaline	Asthma medication	98	<41	191	242	597	580	597	557	866	599	543	522	299	90	131	146	87	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	<41	
Trimetoprim	Antibiotics	<27	<27	45	44	94	87	44	39	70	58	41	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	<27	
Warfarin	Anticoagulants	12	27	199	404	545	865	993	760	2669	890	3695	858	530	111	126	145	79	93	38	52	<8.7	30	30	14	10	

\*Mindre än värden (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

#### Appendix 5. Uppmätt koncentration av hormoner i inkommande vatten till ReACT under provtagningsperioden.

ReACT (Influent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14
	Spikning av systemet:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Ethinylestradiol	Hormone	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	11	<8.9	<8.9	<8.9	16	11	<8.9
Estradiol	Hormone	<7.5	16	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5
Estriol	Hormone	46	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44
Estrone	Hormone	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13

\*Mindre än värdet (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

#### Appendix 6. Uppmätt koncentration av hormoner i utgående vatten från ReACT under provtagningsperioden.

ReACT (Effluent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14
	Spikning av systemet:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Ethinylestradiol	Hormone	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	9.4	12	14	<8.9
Estradiol	Hormone	<7.5	8.9	17	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5
Estriol	Hormone	150	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44
Estrone	Hormone	601	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13	14	<13

\*Mindre än värdet (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

#### Appendix 7. Uppmätt koncentration av hormoner i inkommande vatten till FlorACT under provtagningsperioden.

FlorACT (Influent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14
	Spikning av systemet:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Ethinylestradiol	Hormone	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	42	16	25	24	45	70	12
Estradiol	Hormone	<7.5	43	51	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5
Estriol	Hormone	522	421	60	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44
Estrone	Hormone	8.0	136	21	<13	<13	15	<13	<13	<13	16	26	<13

\*Mindre än värdet (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

#### Appendix 8. Uppmätt koncentration av hormoner i utgående vatten från FlorACT under provtagningsperioden.

FlorACT (Effluent)	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-09-30	2013-10-01	2013-10-02	2013-10-03	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14
	Spikning av systemet:		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Substans:	Mode of action	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Ethinylestradiol	Hormone	<8.9	<8.9	<8.9	<8.9	29	36	17	14	45	24	13	<8.9
Estradiol	Hormone	<7.5	36	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5	<7.5
Estriol	Hormone	839	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44	<44
Estrone	Hormone	<13	17	<13	<13	14	<13	<13	<13	<13	<13	<13	<13

\*Mindre än värdet (<) avser lägsta kvantifieringsgräns (LOQ, där S/N=10)

Substans som ej tillförts systemet via spikningslösning

#### Appendix 9. Uppmätt koncentration av litium i inkommande och utgående vatten från ReACT och FlorACT före och efter spiknings tillfället den 30 september 2013.

Provtagningspunkt:	Provtagningsdatum:	2013-09-27	2013-10-04	2013-10-07	2013-10-08	2013-10-09	2013-10-10	2013-10-11	2013-10-14	2013-10-15	2013-10-16	2013-10-18
Influent ReACT	µg/L	5.2	6.5	6.3	N/A	2.5	N/A	3.8	N/A	2.2	N/A	2.1
Effluent ReACT	µg/L	47	16	12	16	N/A	11	N/A	8.9	N/A	7.2	6.1
Influent FlorACT	µg/L	4.1	6.4	7.4	N/A	2.7	N/A	4.7	N/A	2.8	N/A	2.1
Effluent FlorACT	µg/L	3.7	8.5	6.3	7.8	N/A	4.2	N/A	3.7	N/A	2.4	2.3

**Appendix 10.** Uppmätt koncentration av läkemedel i bakgrundsprover tagna före spikningen av systemet.

Substans:	Mode of action	Provtagningsdatum: 2013-09-27					
		ProACT in	ProACTut	A2	B2	A3	B3
		ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
Amlodipine	Antihypertensives	137	165	65	48	130	46
Atenolol	Antihypertensives	43	39	11	8.2	7.0	7.5
Bisoprolol	Antihypertensives	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Caffeine	Stimulants	229091	167156	26770	25064	2866	39417
Carbamazepine	Sedatives	2.9	1.6	1.7	1.4	1.8	1.4
Ciprofloxacin	Antibiotics	20157	24473	1323	832	5550	2437
Citalopram	Antidepressants	13	11	13	14	6.5	13
Diclofenac	Anti-inflammatories	264	307	319	483	328	497
Doxycycline	Antibiotics	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Enalapril	Diuretics	81	47	10	10	<3.3	4.8
Estradiol	Hormones	98	57	57	62	37	54
Estriol	Hormones	218	143	26	8.0	2.5	3.9
Estrone	Hormones	45	33	20	12	6.7	17
Ethinylestradiol	Hormones	832	149	103	198	54	74
Finasteride	Prostate medications	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Furosemide	Diuretics	374	319	59	41	24	<12
Hydrochlorothiazide	Antihypertensives	5.6	1.6	5.1	7.0	0.7	5.9
Ibuprofen	Anti-inflammatories	30599	30811	4107	17574	2186	15038
Ketoconazole	Antifungal	43	33	21	4.3	<1.0	7.5
Ketoprofen	Anti-inflammatories	461	511	221	242	50	266
Metoprolol	Antihypertensives	886	699	456	520	199	574
Naproxen	Anti-inflammatories	7105	5701	3212	3525	1889	4858
Norethindrone	Hormones	30.8	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	11
Norfloxacin	Antibiotics	334	138	68	91	381	150
Oxazepam	Sedatives	5.3	9.4	32	42	25	43
Paracetamol	Anti-inflammatories	466	211	42	57	8.3	70
Progesterone	Hormones	279	115	0.8	43	15	13
Propranolol	Antihypertensives	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Ramipril	Antihypertensives	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Ranitidine	Antiulcers	186	77	14	15	9.5	9.5
Sertraline	Antidepressants	381	445	44	42	10	55
Simvastatin	Lipid-regulating	545	220	56	74	12	148
Sulfamethoxazole	Antibiotics	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Terbutaline	Asthma medication	127	124	68	103	7.8	98
Tetracycline	Antibiotics	149	57	189	104	11	146
Trimetoprim	Antibiotics	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Warfarin	Anticoagulants	40	33	11	11	2.8	12

\*Mindre än värden (<) avser lägsta detektionsgräns (LOD, där S/N=3)