



Utsläpp av läkemedelsrester från kommunala reningsverk

- Halter och effekter



Vad ska jag prata om idag?

- Vilka koncentrationer av läkemedelsrester förekommer nedströms reningsverk?
- Vilka koncentrationer av läkemedelsrester finns i biota?
- Vilka koncentrationer kan ge negativa effekter i biota?



Underlag

- IVL-projekt: vid Fors reningsverk i Västerhaninge, Rimbo reningsverk och mätningar i fisk från Vänern, Vättern och Mälaren.
- Litteraturgenomgång - halter i fisk

Läkemedel i Vitsån

Undersökning av koncentrationer i recipienten och fiskförsök med avloppsvatten från Fors reningsverk



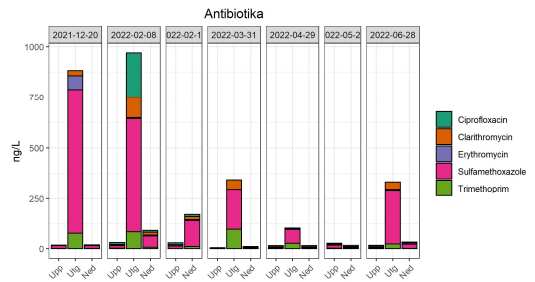
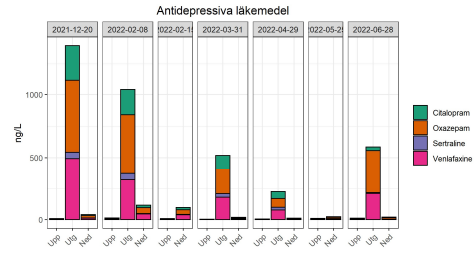
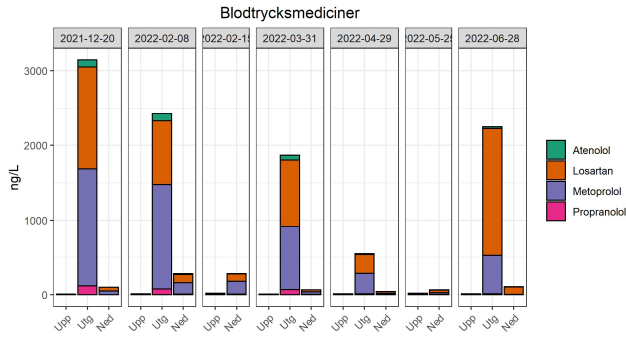
Vilka ämnen vi undersökt

- NV-panelen läkemedel
- Hormoner (E1, E2, EE2)
- Fenoler
- YES-test (E2-ekvivalenter)
- PFAS

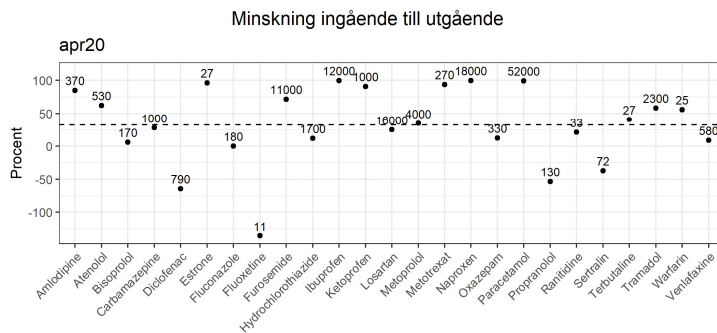
	Analyter		
Läkemedel	Atenolol	Losartan	Tramadol
	Carbamazepine	Metotrexat	Venlafaxine
	Citalopram	Metoprolol	Zolpidem
	Diclofenac	Naproxen	
	Fluconazole	Oxazepam	
	Furosemide	Paracetamol	
	Ibuprofen	Propranolol	
	Ketoconazole	Sertraline	
Antibiotika	Ciprofloxacin	Erythromycin	Trimethoprim
	Clarithromycin	Sulfamethoxazole	
Hormoner	Östron	17 α -Ethinylöstradiol	17 β -Östradiol
PFAS	PFBA	PFUnDA	PFNS
	PFPeA	PFDoDA	PFDS
	PFHxA	PFBS	PFUnDS
	PFHpA	PFPeS	6:2 FTS
	PFOA	PFHxS	8:2 FTS
	PFNA	PFHpS	
	PFDA	PPOS	
Fenoler	Bisfenol A	4-n-nonylfenol	4-t-oktylfenol



Rimbo – halter i utgående



Fors – reduktion genom verket utan lkm-rening



Halter nedströms reningsverk (låg spädning)

- 5-50% av vattnet utgörs av renat avloppsvatten

Substans (ng/L)	Nedströms i Vitsån
Amlodipine	18 (<17-<45*)
Atenolol	127 (56-250)
Bisoprolol	64 (21-<160*)
Caffeine	1635 (870-2400) [†]
Carbamazepine	409 (98-830)
Citalopram	215 (55-470)
Diclofenak	743 (230-1500)
Fluconazole	74 (<30*-140)
Fluoxetine	15 (7-31)
Furosemide	1160 (350-2300)
Hydrochlorothiazide	893 (240-1800)
Ibuprofen	126 (<90*-240)
Ketoconazole	62,5 (<110-<110*) [†]
Ketoprofen	48 (36-63)
Losartan	3300 (2700-3900)
Metoprolol	1570 (410-3200)
Naproxen	140 (61-260)
Oxazepam	403 (120-730)
Paracetamol	980 (<47*-2700)
Propranolol	90 (24-180)
E1	1 (<1-<3)
E2	1 (<1-<3)
EE2	1 (<1-<3)

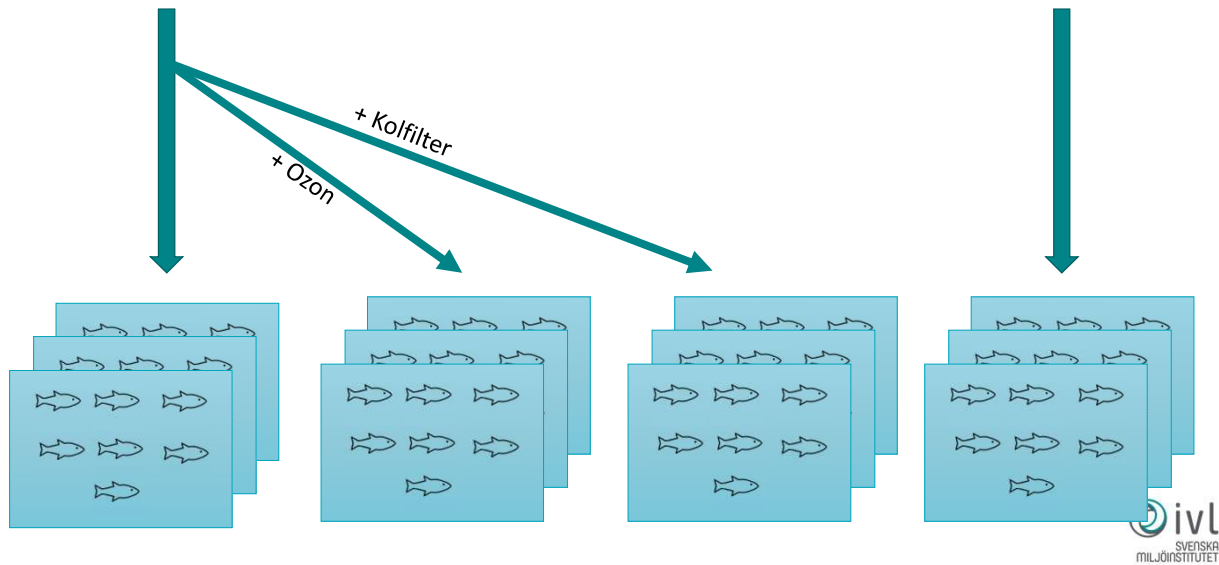
Fisk

- Fiskförsöket i Fors – exponering och mätningar i fiskgalla
- Halter i fisken från Kundbysjön och Syningen (Rimbo). Galla, muskel, njure, lever.
- Halter i stora sjöarna (fisk) och vatten, Malnes et al. 2022

Fiskförsöket vid Fors reningsverk

Konventionell rening

Kontroll (kranvatten)



Resultat – koncentrationer i fiskgalla

Substance	Konventionell. (ng/g)			Konv+Kol (ng/g)	Konv+O ₃ (ng/g)	Kontroll (ng/g)
	A	B	C	A+B+C	A+B+C	A+B+C
Replicate						
Diclofenac	16 000	8 900	4 600	<12	<12	<12
Naproxen	170	37	-	-	-	-
Tramadol	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Citalopram	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Sertralin	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
Oxazepam	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD

"-" ej mätt pga dålig återvinning i den kemiska analysen

Halter i fisk från Kundbysjön och Syningen



Substance	Syningen Gädga 1 Muskel	Syningen Gädga 2 Muskel	Kundby Gädga 1 Muskel	Kundby Gädga 2 Muskel	Syningen Gädga 3 Muskel	Kundby Abborre 1 Muskel	Syningen Gädga 3 Lever	Syningen Gädga 2 Lever	Kundby Gädga 1 Lever	Kundby Abborre 1 Lever	Syningen Gädga 2 Njure	Syningen Gädga 3 Njure	Kundby Gädga 1 Njure	Kundby Abborre 1 Njure	Kundby Gädga 1 galla	Syningen Gädga 2 galla	Kundby Abborre 1 galla	Syningen Gädga 3 galla	LOD	LOQ	
	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]	[ng/g]
Atenolol	*	*	9.2	9.2	**	**	**	**	**	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	3
Carbamazepine	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13	44
Ciprofloxacin	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Clalopram	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	16
Clarithromycin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	7
Diclofenac	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	18	14	37	33	*	*	*	*	*	3	9
Erythromycin	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	7	22
Fluconazole	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	15
Furosemide	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	3
Ibuprofen	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	4.5	**	12	*	*	*	*	1	4	
Ketoconazole	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Losartan	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8	26
Metotretat	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	16
Metoprolol	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**	*	*	*	*	2	7	
Naproxen	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**	1.1	*	*	*	*	0	1	
Oxazepam	*	*	**	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	3	10	
Paracetamol	*	*	*	26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	6	19	
Propranolol	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	**	**	*	*	*	*	1	3	
Sertraline	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	14	
Sulfamethoxazole	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	13	
Tramadol	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8	27	
Trimethoprim	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	4	
Venlafaxine	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	2	7	
Zolpidem	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	1	4	



I fisk från Vänern, Vättern och Mälaren



Läkemedel	Röding Vättern galla (ng/g vv)	Abborre Vänern* lever (ng/g vv)	Abborre Vättern* lever (ng/g vv)	Abborre Mälaren* lever (ng/g vv)
Anlodipine	<0,98	<0,98	<0,98	<0,98
Atenolol	<2,3	<2,3	<2,3	<2,3
Bisoprolol	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Caffeine	<19	<19	<19	<19
Carbamazepine	<3,5	<3,5	<3,5	<3,5
Citalopram	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Diclofenac	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fluoxetine	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Furosemide	<10	<10	<10	<10
Hydrochlorothiazide	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ibuprofen	<4,7	<4,7	<4,7	<4,7
Ketoprofen	<23	<23	<23	<23
Metoprolol	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9
Naproxen	<4,1	<4,1	<4,1	<4,1
Oxazepam	<10	<10	<10	<10
Paracetamol	<19	<19	<19	<19
Propranolol	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5
Ramipril	<4	<4	<4	<4
Ranitidine	<9,1	<9,1	<9,1	<9,1

SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

I litteraturen:

- Slutsats: halter i fisk ofta mellan <LOD och låga ng/g (ts eller vv). Detektion särskilt i recipienter med låg utspädning

Ämne	Art	Matris	Halt	Enhet	Områdestyp	Referens
Oxazepam	abborre	-	<LOD	ng/g vv	urban, referens och nedströms WWTP	Woldegiorgis et al, 2007
	abborre	muskel	<LOQ-9,6	ng/g vv	referens och nedströms WWTP	Kaj et al, 2011
	abborre	muskel	0,39-13	ng/g vv	Fyrisån	Brodin et al, 2013
	abborre	galla	0,18-5,4	ng/galla	insjö/kustområde	Karlsson & Viktor 2014
	abborre	galla	0,25-0,39	ng/galla	insjö	Viktor et al, 2014
Sertralin	äl	ej angiven	7,0	ng/g vv	Askeröfjorden och Kattegatt	Vieno et al, 2017
	abborre	-	<LOD	ng/g vv	urban, referens samt nedströms WWTP	Woldegiorgis et al, 2007
	abborre	muskel	<LOQ-14	ng/g vv	referens och nedströms WWTP	Kaj et al, 2011
	abborre	galla	<LOD-0,70	ng/galla	insjö/kustområde	Karlsson & Viktor 2014
	abborre	galla	<LOD	ng/galla	insjö	Viktor et al, 2014
Diclofenac	abborre	galla	0,7	ng/g vv	utanför Käppalaverket	Vieno et al, 2017
	abborre	muskel, lever och galla	<LOD	ng/g vv	referens och nedströms WWTP	Remberger et al, 2009
	abborre	muskel	<LOQ	ng/g vv	referens och nedströms WWTP	Kaj et al, 2011
	abborre	galla	2,4	ng/galla	insjö/kustområde	Karlsson & Viktor 2014
	abborre	galla	1,9-7,1	ng/galla	insjö	Viktor et al, 2014
abborre	galla	0,5-5,2	ng/g vv	utanför Käppalaverket	Vieno et al, 2017	

ivl
SVENSKA
MILJÖINSTITUTET

Effekter?

En av de kändaste:

Dilute Concentrations of a Psychiatric Drug Alter Behavior of Fish from Natural Populations
T. Brodin *et al.*
Science **339**, 814 (2013);
DOI: 10.1126/science.1226850

- Visade att: " a benzodiazepine anxiolytic drug (oxazepam) alters behavior and feeding rate of wild European perch (*Perca fluviatilis*) at concentrations encountered in effluent-influenced surface waters."
- Men, studien upprepades i fält, och resultaten kunde inte styrkas i naturlig miljö.

II Globalt miljöalarm kan visa sig vara falsklarm

20 min - mån 08 mar 2021 kl 12.09

Abborrar blir beteendeförändrade när de simmar i vatten med rester av ångestdämpande läkemedel. Det visade försök i akvarium som gjordes på Umeå universitet 2013. Men en ny studie har ändrat på läget.

Ladda ner (20 min, MP3) Min sida Dela



Några andra studier:

- Några tusental ng/L diclofenac kan ge histopatologiska förändringar i spigg (Näslund *et al.*, 2017)
- Laxfiskar kan vid samma storleksordning också visa histologiska och cytologiska förändringar (Hoeger *et al.*, 2005; Mehinto *et al.*, 2010; Schwaiger *et al.*, 2004; Triebkorn *et al.*, 2004)
- Vild fisk kan ha högre halter i blodet än människor som tar medicinen (Cervený *et al.*, 2021). Dock oftast lägre.

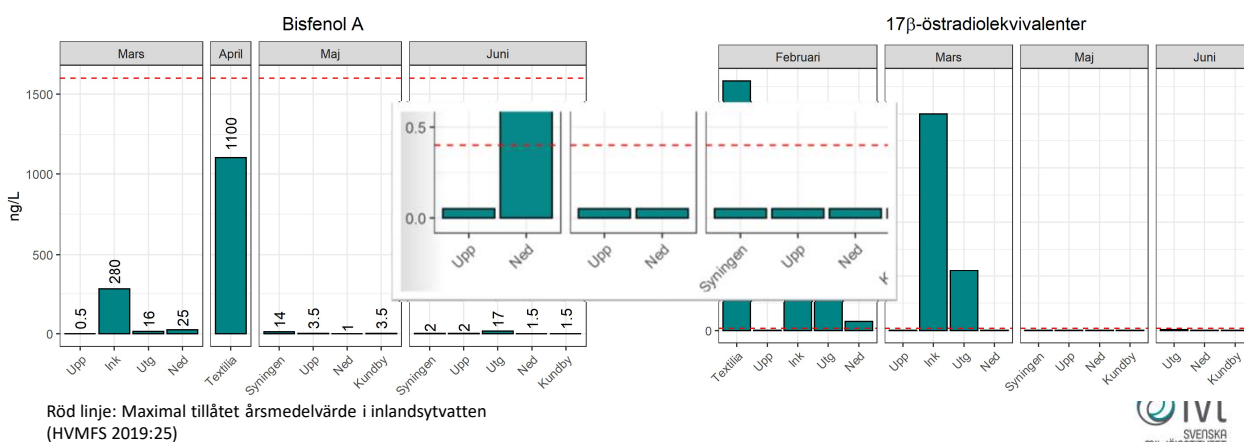
Näslund, J., Fick, J., Asker, N., Ekman, E., Larsson, D. J. & Norrgren, L., 2017. Diclofenac affects kidney histology in the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) at low $\mu\text{g/L}$ concentrations. *Aquatic Toxicology*, 189, 87-96.



Men - inte bara läkemedel som kan ha påverkan

Fenoler

YES-test



Summering

- Organismer i recipienter med låg spädning blir exponerade för olika läkemedel (hundratal ng/L). ämnena *kan* återvinnas i vävnader (enstaka ng/g).
- Exponering av andra ämnesgrupper finns också (hormonstörande ämnen exempelvis).
- Dessa halter *kan* leda till negativa effekter i vattenlevande organismer. Men inte helt tydligt!
- En fråga som kvarstår att besvara är hurvvida effekterna är av sådan betydelse att extra rening måste införas i stor skala?