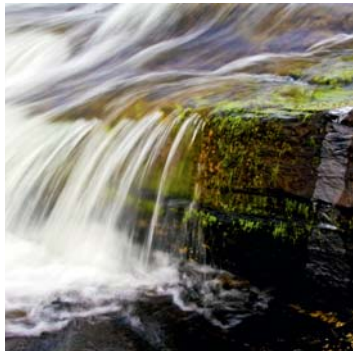




Läkemedelsrester från sjukhus och avloppsreningsverk

Rapport 2010:1



Ingela Helmfrid

Arbets och miljömedicin, Universitetssjukhuset, Landstinget i Östergötland, Linköping

Cajsa Eriksson

Landstinget i Östergötland, Linköping



Landstinget i Östergötland

Arbets- och miljömedicin

Universitetssjukhuset

581 85 Linköping

www.lio.se/amm

Rapport 2010:1

Omslag layout: Zon Reklambyrå

Tryck: LTAB Linköpings Tryckeri AB

ISBN 978-91-633-6961-2

Juni 2010

Läkemedelsrester från sjukhus och avloppsreningsverk

Ingela Helmfrid¹, Cajsa Eriksson²

¹Arbets- och miljömedicin, Universitetssjukhuset, Landstinget i Östergötland, Linköping

²Landstinget i Östergötland, Linköping

Förord

Denna rapport är en uppföljning av föregående studie ”Läkemedel i miljön – Läkemedelsflöden i Östergötlands och Jönköpings län samt de stora sjöarna Vättern, Vänern och Mälaren (2005-2006)”. Uppföljningen gäller för Östergötlands län och två kommuner i Värmlands län.

Ett tack riktas till finansiärerna Svenskt Vatten AB, Landstinget i Östergötland, Landstinget i Värmland, avloppsreningsverken i respektive kommun (Linköping, Motala, Norrköping, Arvika, Karlstad, Kristinehamn, Vänersborg/Brålanda) samt Motala Ströms Vattenvårdsförbund.

Vi vill också tacka Birgitta Strandberg, Tekniska verken, Linköping som har sammanställt metodiken för provtagning, kontaktpersonerna på respektive avloppsreningsverk i kommunerna som har administrerat provtagningen och för information om respektive verk. Dessutom vill vi tacka Maria Bigner, ALS för analyshjälp, Apoteket AB för apoteksstatistik, Ulrika Whiss och Mikael Svensson, läkemedelskommittén, Landstinget i Östergötland för upplysningar kring användning av läkemedel, samt Curt Monfelt, Landstinget i Värmland för information om landstingets verksamhet.

Ett extra tack vill vi rikta till Birgitta Strandberg (Tekniska Verken, Linköping), Christina Rydh (Norrköpings Vatten) och Jan Wilhelmsson (Karlstad kommun) som varit delaktiga i diskussion kring analysresultat och avloppsreningsverkens reningsprocesser m.m. Dessutom vill vi tacka Cajsa Wahlberg (Stockholm Vatten) och Niklas Paxeus (Gryabverken) för givande diskussion kring analysresultaten och läkemedlens reduktion etc. i avloppsreningsverken. Vi vill även tacka för alla värdefulla synpunkter på rapporten från deltagarna i studien och från Daniel Hellström (Svenskt Vatten AB) och Cajsa Wahlberg (Stockholm Vatten).

Ingela Helmfrid och Cajsa Eriksson

Innehållsförteckning	
Förord	2
Sammanfattning.....	4
Inledning.....	5
Syfte och mål.....	6
Läkemedelsförsäljning	6
Läkemedel och miljö i Landstinget i Östergötland	8
Vad händer med läkemedelsrester i avloppsreningsverk?	9
Beskrivning av avloppsreningsverkens processer.....	9
Uppgifter om avloppsreningsverken i denna studie.....	11
Beskrivning av vattenverk.....	12
Ytvattenverk.....	13
Material och metoder.....	13
Val av läkemedelssubstanser.....	13
Analysmetoder	14
Provtagningsplatser	15
Provtagningsmetodik.....	15
Hantering av uppmätta läkemedelsdata.....	17
Apoteksstatistik	17
Information om detekterade läkemedelssubstanser	18
Läkemedelssubstanser i avloppsvatten.....	18
Läkemedelssubstanser i slam	18
Läkemedelssubstanser i dricksvatten	18
Resultat	21
Läkemedelsförsäljning	21
Jämförelser med år 2005	23
Läkemedelsrester i avloppsvatten från reningsverk.....	27
Jämförelser med data från andra avloppsreningsverk	30
Jämförelser mellan avloppsreningsverkens processer och med läkemedelsmängder	32
Läkemedelsrester i slam	36
Jämförelser med år 2005 och andra avloppsreningsverk	37
Läkemedelsrester i avloppsvatten från sjukhus.....	37
Jämförelser med år 2005	40
Ytvatten i Roxen.....	43
Dricksvatten	43
Diskussion	44
Läkemedelsförsäljning	45
Läkemedelsrester i avloppsvatten från reningsverk.....	46
Läkemedelsrester i slam	49
Läkemedelsrester i avloppsvatten från sjukhus.....	49
Ytvatten i Roxen.....	50
Dricksvatten	51
Åtgärder.....	51
Slutsatser.....	51
Referenser.....	53
Bilaga 1	58
Bilaga 2.....	63

Sammanfattning

Intresset kring läkemedlens effekter på miljön har ökat under de senaste åren. Många studier har utförts både i Sverige och internationellt. Denna studie är en uppföljning av en tidigare studie utförd i Östergötlands och Värmlands län år 2005-2006. Även denna gång har vi följt flödet av läkemedel från användning till förekomst i avloppsvatten, slam, ytvatten och i dricksvatten.

Försäljningen av läkemedel speglar till stor del vilka substanser som kommer ut till sjöar och vattendrag via avloppsvatten. År 2005 förekom främst metoprolol (blodtryckssänkande) naproxen, diklofenak, ketoprofen och ibuprofen (inflammationshämmande/smärtstillande) i större mängder i utgående avloppsvatten. Dessa substanser hade låg reduktionsgrad i de flesta avloppsreningsverk. I denna studie analyserades fler substanser. Reduktionsgraden var låg för atenolol, metoprolol (blodtryckssänkande), furosemid, hydroklortiazid, (vätskedrivande), diklofenak (inflammationshämmande/smärtstillande), citalopram (antidepressiva), oxazepam (lugnande), trimetoprim och erytromycin (antibiotika). Medelhög reduktionsgrad hade ketoprofen (inflammationshämmande/smärtstillande) och tetracyklin (antibiotika). Paracetamol, naproxen, enalapril och ibuprofen hade hög reduktionsgrad i reningsverken. Trots att paracetamol används av många människor förekommer den i små mängder i utgående avloppsvatten.

Positivt är att restriktioner mot antibiotikaföreskrivning har medfört att försäljningen av tetracyklin minskat och att halterna av tetracyklin i avloppsvatten från sjukhus och avloppsreningsverk har minskat. Dock har sannolikt den ökade tillgängligheten av diklofenak och naproxen medfört att mer av dessa substanser förekommer i avloppsvatten.

Flera andra studier har påvisat att hög slamålder och lång uppehållstid har förmåga att reducera läkemedelssubstanser. I denna studie har vi ej kunnat påvisa detta.

Relativt få läkemedelssubstanser detekterades i slam. Främst förekom furosemid (vätskedrivande), metoprolol (blodtryckssänkande), citalopram, sertralin (antidepressiva), tetracyklin och ciprofloxacin (antibiotika). Få studier är utförda med avseende på läkemedelsrester i slam och kunskap om halveringstider, biotillgänglighet och effekt av substanserna vid uppmätta halter är bristfällig. Idag finns inga vetenskapliga belägg för miljö- och hälsorisker av förekomna läkemedelssubstanser, men fler studier behövs för att kunna utesluta risken.

Få substanser detekterades i råvatten. Vissa av dem detekterades även i dricksvatten, men halterna var nära detektionsgränsen. Jämfört med den terapeutiska dygnsdosen av aktiv substans är uppmätta halter i dricksvatten mycket låga. De bedöms därför inte utgöra någon hälsofara.

Användningen av läkemedel är stor och ökar kontinuerligt och utsläppen påverkar främst vattenlevande organismer. Utsläpp av läkemedel bör därför minskas och insatser vid källan bör utföras. Informationskampanjer om återlämnande av läkemedelsrester, alternativa behandlingsmetoder och föreskrivning av startförpackningar bör fortsätta. Landstingens arbete med läkemedelsgenomgångar kan också vara ett led i att åtgärda vid källan.

Inledning

Aktiva läkemedelssubstanser har återfunnits i avloppsvatten, ytvatten och dricksvatten, vilket har medfört efterforskningar kring möjliga effekter i miljön. Huvudsakligen kommer läkemedelsrester till avloppsreningsverken från människor som medicinerar (via urin och fekalier), men även från felaktig hantering av överblivna läkemedelsrester. De största mängderna av läkemedelsrester förekommer i inloppet till avloppsreningsverken. I avloppsreningsverkens olika processer reduceras oftast halterna i olika grad beroende på läkemedelssubstans. Reduceringen av halterna kan bero på biologisk nedbrytning, omvandling till olika metaboliter eller fastläggning i avloppsreningsverkets slam (Heberer 2002, Helmfrid 2006, Naturvårdsverket 2008, Kummerer 2009).

Mycket forskning kring läkemedel och miljö pågår internationellt och nationellt. I Sverige har flera studier genomförts och programområden har bildats för att skapa bättre kunskap om spridningen av läkemedelsrester. MistraPharma är ett programområde där forskningen ska medverka till att identifiera läkemedelssubstanser som utgör betydande risk för vattenlevande organismer, rekommendera tekniker för bättre avloppsvattenrening, förbättra strategier och indikatorer för att tidigt identifiera läkemedelssubstanser som kan orsaka oönskade miljöeffekter och stärka kontakterna mellan forskare och avnämare (MistraPharma 2009).

Stockholm Vatten har genomfört ett projekt om ”Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö”. Projektet var uppdelat på olika delprojekt med avseende på urval av läkemedel, utveckling av analysteknik, analys av avloppsvatten, slam, dricksvatten och recipient, kompletterande avancerade reningsmetoder, ekologisk testning av vatten renat med dessa metoder, samt hur förhindra att överblivna läkemedel når avloppet (Wahlberg et al. 2010).

Flera landsting och avloppsreningsverk har undersökt hur mycket läkemedelsrester som kommer ut via avloppsvatten. Denna studie är en uppföljning av en tidigare studie kring läkemedelsflöden i Östergötlands och Jönköpings län samt de stora sjöarna Vättern, Vänern och Mälaren år 2005-2006 (Helmfrid 2006). Landstinget i Östergötlands län och avloppsreningsverken i kommunerna Linköping, Norrköping, Motala, Karlstad och Kristinehamn har valt att medverka i uppföljningen. Till denna studie har även avloppsreningsverk i kommunerna Arvika och Vänersborg (Brålanda tätort) tillkommit.

Ett kompletterande avsnitt i rapporten beskriver resultaten från analys av råvatten och dricksvatten från vattenverken Berggården och Råberga i Linköpings kommun, Råsnäs i Motala kommun och Borgs vattenverk i Norrköpings kommun. Dessa mätningar utfördes under våren 2009 i vattenverkens egen regi och ingick från början inte i den ordinarie studien.

Syfte och mål

Syftet med studien är att:

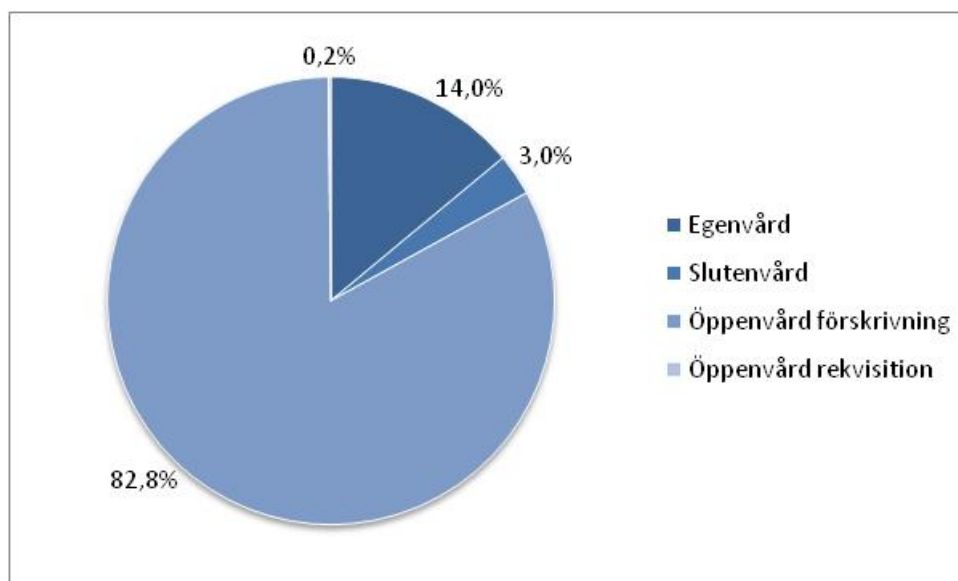
- Identifiera utsläpp av 15 vanliga läkemedelssubstanser till miljön.
- Uppföljning av de sex läkemedelssubstanser som var svårnedbrytbara vid förra mättillfället år 2005.
- Identifiera spridningskällornas (försäljning/användning) betydelse för kvantiteten av läkemedelsspridningen.
- Undersöka avloppsreningsverkens förmåga att eliminera spridning av läkemedelssubstanser.
- Ge underlag för åtgärder avseende information vid användning och hantering av läkemedelsavfall.

Det kommer även att utföras jämförelser mellan åren 2005 och 2008 för att undersöka om utsläppsmängderna förändrats och om det finns någon förklaring till skillnaderna. Målet är att jämförelserna ska utgöra underlag till noggrannare utvärdering kring användning av läkemedel och skapa förbättrade rutiner kring förskrivning och hantering av överblivna läkemedel.

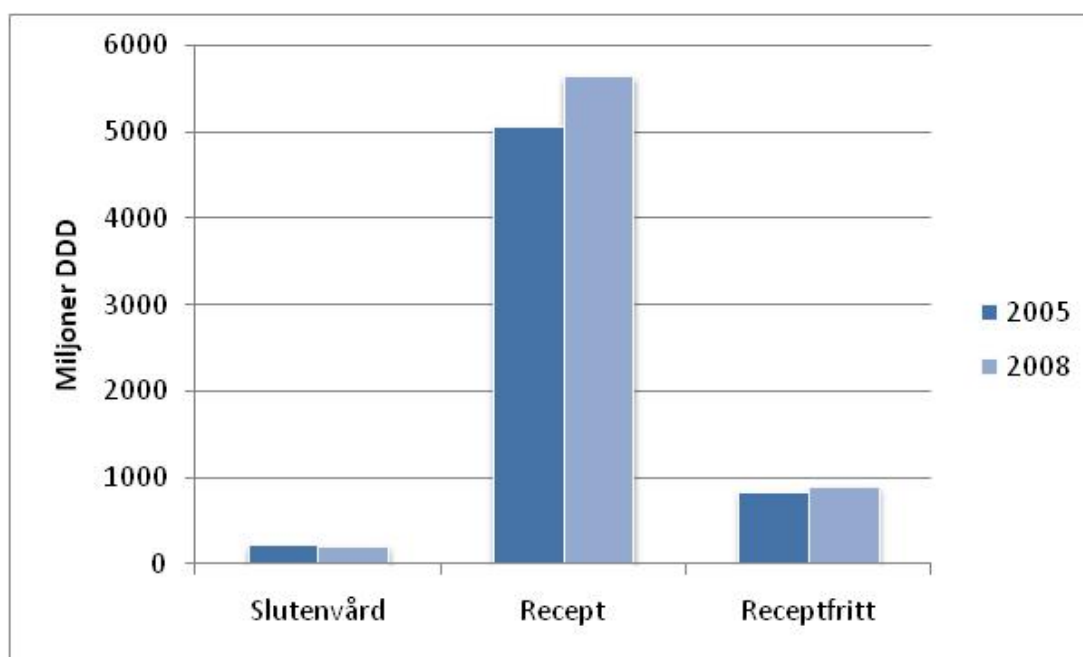
Läkemedelsförsäljning

Utlämnning av mängden receptbelagda läkemedel fortsätter att öka med 3-4 procent varje år. Nya och effektivare läkemedel har tillkommit under senare år som bidrar till ökningen. Även kostnaderna för receptbelagda läkemedel har ökat under åren. Mellan år 1986-2002 ökade kostnaderna med cirka 10 procent per år. Därefter har ökningen gått långsammare, beroende på ändring av reglerna för läkemedelsförmånen och utbyte av billigare läkemedel med samma aktiva substans (Socialstyrelsen 2009 a).

Förskrivning av läkemedel sker främst inom öppenvården (figur 1). Fördelning av läkemedelsförsäljningen ser ungefär lika ut i övriga Sverige som för Östergötlands län. Egenvård, det vill säga försäljning av receptfria läkemedel i Sverige har ökat marginellt i volym från år 2005 till år 2008 jämfört med försäljning av receptbelagda läkemedel (figur 2) (Socialstyrelsen 2006, 2009 b).



Figur 1. Den totala läkemedelsförsäljningen i Östergötland år 2008, baserat på antalet försålda DDD (definierade dygnsdoser) (Data från Läkemedelskommittén i Östergötland 2009).



Figur 2. Den totala läkemedelsförsäljningen i riket, baserat på antalet försålda miljoner DDD (definierade dygnsdoser) (Socialstyrelsen 2006, 2009 b)

Paracetamol och acetylsalicylsyra används av flest människor. Även penicillin används av många personer (Socialstyrelsen 2009 b). Störst mängd läkemedel används av äldre personer med god effekt mot sjukdom, men samtidig användning av flera olika läkemedel utgör risk för biverkningar och läkemedelsinteraktioner (läkemedel som påverkar varandra). Multisjuka och demenssjuka är speciellt utsatta för detta. Socialstyrelsen har utvecklat kvalitetsindikatorer och utvärderat kvaliteten i äldres läkemedelsbehandling i flera rapporter. Flera brister har konstaterats (Socialstyrelsen 2009 a).

Mer än en fjärdedel av läkemedlen konsumeras av äldre personer. Många äldre drabbas av yrsel, blödningar, fallskador och förvirring på grund av felaktig läkemedelsbehandling. Äldre patienter på äldreboenden, vårdhem, hemsjukvården eller på sjukhusen behandlas i medeltal med nio olika läkemedel. Det finns uppgift om att många har behandlats med tre eller fyra psykofarmaka samtidigt. Enligt Lex-Maria anmälan har det förekommit att patienter blivit förgiftade av läkemedel på grund av brister i ordinationsrutinerna (Socialstyrelsen 2009 c).

Flera landsting har påbörjat ett strukturerat arbete kring "Läkemedel och äldre". Inom Landstinget i Östergötland pågår planering av ett sådant projekt. De områden som kommer att lyftas fram är bland annat risken för oönskade interaktioner, strukturerade läkemedelsgenomgångar, bättre information om läkemedelsmallar och mer utbildning i farmakologi (Läkemedelskommittén 2009).

Läkemedel och miljö i Landstinget i Östergötland

År 2005 genomfördes analyser av läkemedel på utgående avloppsvatten från sjukhusen i länet samt på in- och utgående avloppsvatten vid reningsverken i de orter där sjukhusen var belägna. Rapport över resultaten utkom år 2006 "Läkemedel och miljö. Läkemedelsflöden i Östergötlands och Jönköpings län samt stora sjöarna Vättern, Vänern och Mälaren" (Helmfrid 2006).

En sammanställning av rapporten har skett i en informationsbroschyr som utkom våren 2008 och som har placerats i väntrum, dagrum, personalrum etc. och där varit tillgänglig för patienter och personal att läsa på plats eller ta med hem. Broschyren informerar kort om resultaten från provtagningen år 2005 samt ger råd hur man ska hantera läkemedelsrester samt minska effekten av läkemedelspåverkan i miljön.

Under år 2006 antog landstingsstyrelsen mål för miljöarbetet som gäller för tiden år 2007-2009. Läkemedel anges som ett viktigt miljöområde och har följande mål:

- Vara en pådrivande kraft i att öka kunskapen om läkemedels påverkan såväl internt som externt.
- Verka för att minska förskrivningen av läkemedel med stor miljöpåverkan med hänsyn tagen till patientnyttan.
- Arbeta för att läkemedelskassationer ska minska.

I handlingsplan avseende miljömålen har föreslagits olika åtgärder för att verkställa miljömålen.

Åtgärder som vidtagits är bland annat:

- Statistik över samtliga uttag av läkemedel finns tillgängligt på landstingets intranät och går att gruppera efter förskrivande verksamhet.
- Att åtgärder vidtagits för att erhålla en rationell antibiotikaanvändning genom samarbetsprojekt via STRAMA (Strategigruppen för rationell antibiotikaanvändning och minskad antibiotikaresistens) och LIRA (Landstingets organisation för infektionskontroll och rationell antibiotikaanvändning).
- Information om antibiotika och dess resistensproblematik har skett från läkemedelsgruppen till förskrivare på länets vårdcentraler och några kliniker.
- Rutiner för hantering av läkemedelsavfall och cytostatika har reviderats år 2008.

- Vid upphandling av läkemedel används Miljöstyrningsrådets kriterier, vilket förutom krav avseende förpackningsmaterial innebär att ge information om miljöklassificering av läkemedel.
- Läkemedelskommittén i Östergötland rekommenderar förskrivare att i större utsträckning förskriva starförpackningar av läkemedel då det är möjligt.

Läkemedelskassationerna från länets sjukhus minskade med drygt 20 procent under år 2008 jämfört med år 2007 vilket är positivt.

Läkemedelsgruppen tillsammans med ”Klinisk farmakologi – enheten för rationell läkemedelsanvändning” – har för avsikt att påbörja ett projekt att ytterligare minska läkemedelskassationerna och ta reda på vilka läkemedel som kasseras och anledning till detta. Detta kommer att ske inom ramen för läkemedelsförsörjningsprojektet som är ett projekt i samverkan med Apoteket och som syftar till att studera nya sätt att organisera och hantera läkemedel i sjukvården.

Landstinget i Östergötland finns representerad i landstingens nationella samarbetsgrupp när det gäller att bevaka frågorna om läkemedel och miljön.

Vad händer med läkemedelsrester i avloppsreningsverk?

Läkemedelsrester som släpps ut via avloppsreningsverken kommer huvudsakligen från människor som medicinerar. Avloppsreningsverk är inte konstruerade för att bryta ner rester av läkemedel eller andra toxiska ämnen. Vissa läkemedelsrester och andra kemiska ämnen bryts dock ner i avloppsreningsverken. De kan antingen brytas ner fullständigt, eller omvandlas till andra föreningar. En del föreningar avskiljs till slam och en del föreningar passerar genom avloppsreningsverket och ut i recipienten (Naturvårdsverket 2008).

Beskrivning av avloppsreningsverkens processer

De kommunala avloppsreningsverken är utformade för att rena avloppsvatten som kommer från hushåll det vill säga avloppsvatten innehållande suspenderat material (partiklar), lättnedbrytbart organiskt material, fosfor och kväve. Avloppsreningsverken tar även emot avloppsvatten från olika verksamheter och då ställs krav att avloppsvattnets sammansättning ska motsvara avloppsvatten från hushåll. Reningsverkens processer är mekanisk rening, biologisk rening, kemisk rening samt slambehandling. Nedan beskrivs översiktligt de processer som vanligtvis förekommer i kommunala avloppsreningsverk. Beskrivning av avloppsreningsverkens processer är sammansatt av beskrivning från de olika deltagande verkens beskrivningar samt från NV Rapport 5794 (Naturvårdsverket 2008).

Mekanisk rening - Inkommande avloppsvatten renas mekaniskt genom rensgaller, sandfång (där tyngre partiklar avskiljs) och även försedimentering kan förekomma. De olika stegen tar bort partiklar som kan orsaka igensättningar. Sandfången kan vara luftade eller inte luftade.

Biologisk rening - I det biologiska reningssteget sker nedbrytning av organiskt material. I reningssteget används mikroorganismer. Den biologiska reningen kan utföras på många sätt – till exempel kontinuerlig aktivslamprocess, satsvis biologisk rening (SBR) eller biofilmprocesser.

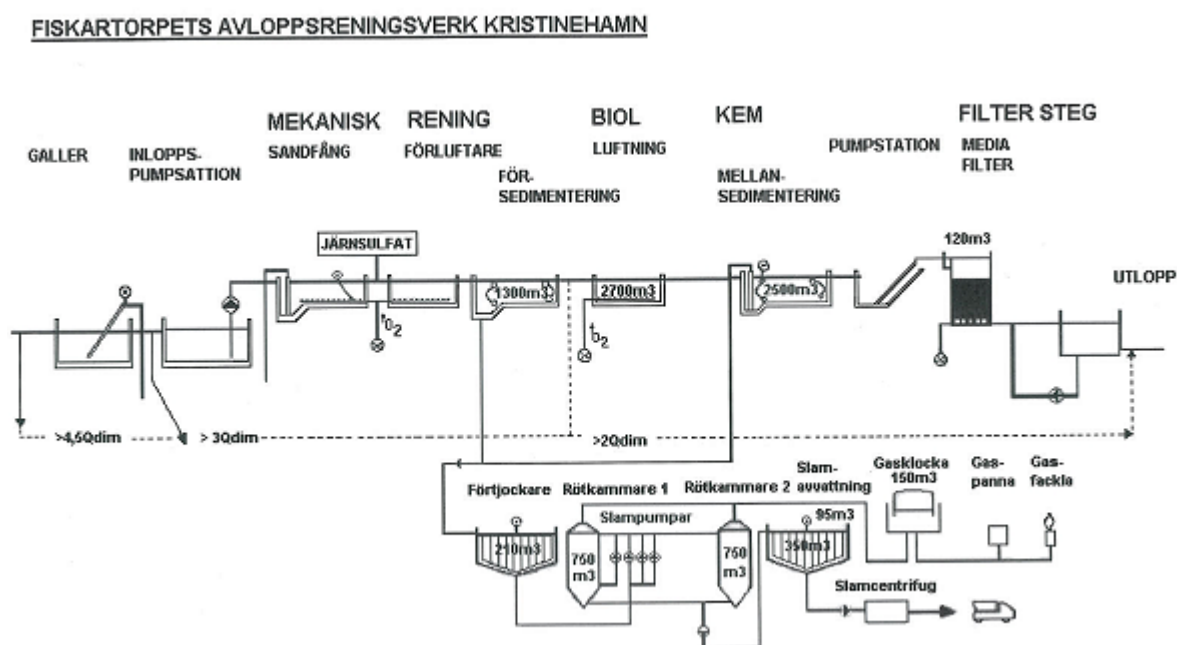
Kvävereduktion sker främst i den biologiska reningen. Kvävet omvandlas i den biologiska kvävereduktionen till kvävgas som återförs till atmosfären. På många avloppsreningsverk har biologisk kvävereduktion med fördenitrifikation införts (Naturvårdsverket 2008).

Kemisk rening - För att minska mängden fosfor i utgående vatten tillsätts fällningskemikalier exempelvis järnsulfat, polyaluminiumklorid eller järnklorid. Fällningskemikalier kan även tillsättas i den mekaniska reningen.

Slambehandling - Sedimentering av partiklar sker i de olika reningsstegen, oftast med tillsats av flockningsmedel. Det separerade materialet bildar slam.

Avskilt slam från de olika reningsstegen behandlas oftast via rötning och avvattnas. Rejektvatten från slambehandlingen kan ledas tillbaka in i avloppsreningsverken via inloppet. Det förekommer även att rejektvattnet behandlas för att reducera kvävehalten innan det återförs. Avvattnat slam kan användas till exempel som växtnäring på åkermark, täckmaterial på deponier och liknande. För att sprida slam på jordbruksmark finns dock höga kvalitetskrav för till exempel vissa metaller, samtidigt saknas krav avseende bland annat andra ämnen inklusive läkemedelsrester.

Externslam – En del avloppsreningsverk tar emot externt slam, dels från slamtömning av enskilda avloppsanläggningar, dels slam från mindre reningsverk. Slam från enskilda avloppsanläggningar töms i regel innan rens-galler. Slam från mindre reningsverk töms antingen vid inkommande avloppsvatten eller direkt till röt-kammaren/slambehandlingen.



Figur 3. Processflödesschema från Fiskartorpets avloppsreningsverk, Kristinehamn

Uppgifter om avloppsreningsverken i denna studie

Provtagning i denna studie har skett på inkommande och utgående avloppsvatten från sju avloppsreningsverk och slam från sex verk (ej Karlstad).

Avloppsreningsverkens behandling av avloppsvatten är likartade oavsett storlek. Nedanstående tabell 1, redovisar avloppsreningsverkens storlek och vilka processer som ingår i verken.

Avloppsreningsverken är oftast dimensionerade efter antal personekvivalenter (pe) beräknat utifrån organisk belastning (BOD₇-belastningen). I tabellen nedan anges även hur många som är anslutna till avloppsreningsverket, vilket i detta fall både avser antal personer och antal pe från industrin (omräkning sker till personekvivalenter med ca 70 g BOD₇/pe och dygn) (Naturvårdsverket 2009). Flöde avser medelflöde/dygn och kan variera om det exempelvis förekommer stort dagvattenflöde till spillvattensystemet.

Tabell 1. Sammanställning över avloppsreningsverkens processer och storlek år 2008 (uppgift från respektive avloppsreningsverk, muntligt och hemsida, angivna referenser 1-7).

Reningsverk	Personekvivalenter		Flöde		Uppehållstid timmar	Reningsprocess			Slambehandling		Extern slam	
	Dimensionerade	Anslutna pe (% av kommunens befolkning)	Medelvärde kbn/dygn	Aktuell vecka kbn/dygn (% av medelflöde)		M, B, K rening*	Kvävereduktion	rötning	Slamavvattning	Slamålder (dygn)	enskilda avlopp	mindre reningsverk
Nykvarnsverket Linköping ¹	235 000	187 000 (92)	42 200	45 905 (108)	12-13	x	x	x	x	10	x	x
Karshult, Motala ²	40 000	25 155 (85)	9 856	9 263 (94)	8-10	x	x	x	x	5-15	x	x
Slottshagen, Norrköping ³	200 000	124 300 (84)	43 700	35 843 (82)	10-12	x	x	x	x	>25	x	x
Vik, Arvika ⁴	27 000	14 808 (56)	7 000	5 962 (85)	8	x	x	x	x	4	x	x
Sjöstadsverket Karlstad ⁵	97 000	75 339 (75)	24 750	22 834 (92)	24	x	x	x	x	8		x
Fiskartorpet, Kristinehamn ⁶	18 000	16 724 (82)	11 800	9 120 (77)	8	x	x	x	x	17 (6-32)	x	x
Brålanda Vänersborg ⁷	45 714	7 100 (8)	1 600	845 (52)	24	x			x	7	x	

* M.B.K. (mekanisk, biologisk och kemisk rening)

Uppehållstiden är ungefärligt uppskattad till 8 – 13 timmar, förutom för Karlstad och Brålanda där uppehållstiden anges till cirka 24 timmar. Brålanda avloppsreningsverk är ett mindre avloppsreningsverk i Brålanda tätort i Vänersborgs kommun. Cirka åtta procent av Vänersborgs

befolkning är anslutna till reningsverket i Brålanda. Där har uppehållstiden uppskattats och med hänsyn till antal anslutna pe i jämförelse med dimensioneringen av verket, kan uppehållstiden antas vara längre.

Deltagande avloppsreningsverk tar emot externt slam från enskilda avloppsanläggningar (ej Karlstad) och/eller slam från mindre avloppsreningsverk (ej Brålanda). Slam från mindre avloppsreningsverk lämnas vid inkommande vatten i Linköping, Arvika, Kristinehamn. Vid övriga reningsverk töms slammet direkt till slambehandlingen.

Det kan förekomma att dagvattnet delvis leds till spillvattennätet. Spillvatten från hushållen kan spädas med 25-100 procent av dagvatten och koncentrationerna av läkemedelsrester sjunker i motsvarande grad (Naturvårdsverket 2008). Vi saknar tyvärr uppgift om det förekommer mycket dagvatten till de deltagande avloppsreningsverken. Under aktuell provtagningsperiod har flödet varit lägre (52-94 %) än medelflöde med undantag för Linköping (108 %) där flödet var något högre.

Beskrivning av vattenverk

Analys av läkemedelsrester har skett av både råvatten och dricksvatten vid vattenverk i kommunerna Linköping, Motala och Norrköping. Alla deltagande vattenverk använder ytvatten som råvatten. Nedan följer en kort sammanställning (tabell 2) över vattenverkens processer, intagsdjup och reningstid i vattenverket.

Tabell 2. Sammanställning av processer och reningstid vid deltagande vattenverk i Linköping, Norrköping och Motala kommun (muntligen och vattenverkens hemsida, angivna referenser 8-11 presenteras i referenslistan).

	Råvattenkälla	Intagsdjup	Vattenreningsteknik							Reningstid
			Kemisk fällning	Sedimentering	Snabbfiltrering	Alkalisering	Långsamfiltrering	pH-justering	Desinfektion	
Linköping Berggården ⁸	Motala Ström, Ljung	4 m			x		x	x	x	1 dygn
Linköping Råberga ⁹	Stångån	2,5 m	x	x	x	x	x	x	x	2 dygn
Motala Råsnäs ¹⁰	Vättern Motalaviken	4,5 resp 10 m			x	x			x	4 tim
Norrköping Borg ¹¹	Motala Ström nedströms Glan	6 m	x	x	x	x	x	x	x	8 tim

Ytvattenverk

De vanligaste reningsmetoderna för ytvatten är följande (Naturvårdsverket, 1992):

Kemisk fällning - för reducering av vattnets färg, humushalt och partiklar, eventuell lukt och oönskad smak. Som fällningskemikalie används aluminiumföreningar eller järnsalter. Vid svagt buffrade vatten tillsätts även alkaliseringsmedel. I vissa fall tillsätts även aktiverad kiselsyra beredd av bland annat natriumsilikat (vattenglas) eller polyakrylamid i små mängder som så kallad hjälpkoagulant.

Sedimentering/flotation - för att ta bort flockarna som bildats i fällningssteget.

Snabbfiltrering genom en sandbädd för avskiljning av återstående flockar.

Alkalisering - för att höja vattnets pH så att det inte angriper ledningsmaterial. De kemikalier som främst används är natriumhydroxid, kalciumhydroxid, alkalisk filtermassa (t.ex. dolomit) mm.

Långsamfiltrering/kolfilter - för att ta bort lukt och smak. Långsamfilter består av ett filter av fin sand i vilket en biohud bildas.

Desinfektion - för att avdöda bakterier som kan finnas i råvattnet eller för att skydda vattnet i ledningsnätet. Desinfektion av dricksvatten sker till stor del med klorföreningar.

Material och metoder

Val av läkemedelssubstanser

ALS Scandinavia AB (tidigare Analytica) fick uppdraget att analysera proverna från denna uppföljning avseende avloppsvatten, slam och ytvatten, bland annat för att få jämförbara analysvar då de hade utfört analyserna år 2005. Av ALS Scandinavias analyspaket av läkemedelsrester i vatten och slam valdes grupp 12-16 som innehöll substanserna som presenteras i tabell 3. Urvalet av substanser har skett i samråd med Läkemedelskommittén i Östergötland. Urvalet har i första hand baserats på använda mängder och i andra hand på dokumenterad risk för miljöpåverkan bland de substanser som fanns i ALS Scandinavia AB analyspaket. I analyspaketet förekom även substanser som inte var relevanta för studien.

Tabell 3. Substanser som analyserades i avloppsvatten, slam och i ytvatten våren 2008. Substansernas användningsområden är hämtade från FASS (2009) elektronisk upplaga.

Substans	Substans-förklaring	Substans	Substans-förklaring	Substans	Substans-förklaring
<i>Atenolol</i>	Blodtrycks-sänkande	<i>Hydroklortiazid</i>	Vätskedrivande	<i>Oxytetra-cyklin</i>	Antibiotika
<i>Ciprofloxacin</i>	Antibakteriell, Fluorokinolon*	<i>Ibuprofen</i>	Infl.hämmande/smärtstill.	<i>Para-cetamol</i>	Infl.hämmande/smärtstill.
<i>Citalopram</i>	Antidepressiva	<i>Ifosfamid</i>	Cytostatika	<i>Ranitidin</i>	Medel mot magsår
<i>Cyklofosfamid</i>	Cytostatika	<i>Ketoprofen</i>	Inflammations-hämmande	<i>Salbutamol</i>	Luftvägs-vidgande
<i>Dextropropoxifen</i>	Smärtstillande	<i>Metformin</i>	Medel mot diabetes	<i>Sertralin</i>	Antidepressiva
<i>Diazepam</i>	Lugnande	<i>Metoprolol</i>	Blodtrycks-sänkande	<i>Simvastatin</i>	Blodfett-sänkande
<i>Diklofenak</i>	Infl.hämmande/smärtstill.	<i>Metronidasol</i>	Antibiotika	<i>Terbutalin</i>	Luftvägs-vidgande
<i>Doxycyklin</i>	Antibiotika	<i>Naproxen</i>	Inflammations-hämmande	<i>Tetracyklin</i>	Antibiotika
<i>Enalapril</i>	Vätskedrivande	<i>Noretisteron</i>	Könshormon	<i>Trimetoprim</i>	Antibiotika
<i>Erytromycin</i>	Antibiotika	<i>Norfloxacin</i>	Antibakt. Fluorokinolon*	<i>Warfarin</i>	Mot blodpropp
<i>Etinylöstradiol</i>	Könshormon	<i>Ofloxacin</i>	Antibakt. Fluorokinolon*	<i>Östradiol</i>	Könshormon
<i>Fluoxetin</i>	Antidepressiva	<i>Oxazepam</i>	Lugnande	<i>Östriol</i>	Könshormon
<i>Furosemid</i>	Vätskedrivande				

*Läkemedel mot urinvägsinfektion

Analysmetoder

ALS Scandinavia AB anlitar ett företag i Tyskland, GBA i Pinneberg för analys av läkemedelsrester. Metoderna GC-MS (Gas Chromatography Mass Spectrometry) efter vätskeextraktion och derivatisering och LC-MS-MS (Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry) efter fastfaseextraktion används till läkemedelsanalyserna enligt ALS Scandinavia AB.

ALS är ett ackrediterat analysföretag men är ej ackrediterat för bestämning av atenolol, metoprolol, terbutalin, ketoprofen, paracetamol, warfarin, sertralin, fluoxetin, diazepam, oxazepam, furosemid, hydroklortiazid, ranitidin, enalapril, dextropropoxifen, metformin och citalopram.

Dricksvattenanalyserna har utförts år 2009 av Eurofins i Lidköping med hjälp av analysmetoden SPE-LC-MS-MS (Solid Phase Extraction Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry).

Provtagningsplatser

Provtagning (ett veckoprov) av avloppsvatten utfördes på våren, under veckorna 16-20, år 2008 från tre sjukhus i Östergötlands län (Universitetssjukhuset i Linköping, Motala Lasarett, Vrinnevisjukhuset i Norrköping) och ett sjukhus i Värmlands län (Centralsjukhuset i Karlstad).

Prov togs i nära anslutning till sjukhusen i Linköping, Norrköping och Motala. På Universitetssjukhuset i Linköping togs prov vid två utsläppspunkter och resultaten har vid beräkningar slagits samman procentuellt för respektive utsläppspunkt.

Provtagningspunkten för utgående vatten från Centralsjukhuset i Karlstad låg i en pumpstation dit även annat spillvatten leds. Övriga fastigheter som är anslutna till pumpstationen är en mindre grundskola, två förskolor, några hyresfastigheter samt cirka 150 villor. Cirka 800 personer är folkbokförda i området. Dock finns inga fastigheter där medicin kan misstänkas förekomma i högre grad, till exempel äldreboenden. Det finns således möjlighet att läkemedelssubstanser kan komma från andra fastigheter än Centralsjukhuset, men det är inte troligt att någon betydande enskild källa finns (muntligen Jan Wilhelmsson, Karlstad kommun).

Under samma vecka som provtagning skedde vid sjukhusen, utfördes provtagning av inkommande och utgående avloppsvatten, samt slam i avloppsreningsverken i Linköping (Nykvarnsverket), Motala (Karshult), Norrköping (Slottshagen), Karlstad (Sjöstadsverket) (ej slam), Arvika (Vik), Kristinehamn (Fiskartorpet) och Vänersborg (Brålanda).

En provtagning utfördes av ytvatten i sjön Roxen nedströms Tekniska Verkens avloppsreningsverk, Linköping under vecka 20 år 2008.

Provtagning av råvatten och dricksvatten utfördes vid Berggården och Råberga vattenverk i Linköping, vattenverket Råssnäs i Motala och i Borgs vattenverk i Norrköping. Proverna togs under januari (Norrköping), april (Linköping) och i maj (Motala) år 2009.

Provtagningsmetodik

Provtagning utfördes av avloppsreningsverkens personal både vid sjukhusen och vid avloppsreningsverken. Ytvattenprov i Roxen utfördes av projektledaren.

Provtagningsmetodiken är framtagen av Birgitta Strandberg (Tekniska Verken, Linköping 2005) i samråd med ALS Scandinavia AB. Proven utgjordes av samlingsprov. En viss nedbrytning förväntas kunna ske under insamlingsperioden. För att minimera nedbrytning och skillnader i nedbrytning i varje provtagningskärl, fördelades lite provtagningsvatten i varje provtagningskärl vid varje provtagningsstillfälle/provtagningsdygn. Kärlen förvarades sedan i kylskåp. Provtagningskärl tillhandhålls av ALS.

Glasflaskor (1000 ml) användes som provtagningskärl för vattenproven och glasburkar (228 ml) för slamproven. Fyllda flaskor förvarades i kylskåp och burkarna i fryr under provtagningsperioden. Vid varje provtagningspunkt åtgick totalt fyra flaskor respektive fyra glasburkar. Ett litet friutrymme lämnades i flaskhalsen. Efter avslutad provtagning sändes flaskorna respektive burkarna till ALS Scandinavia AB för analys.

Provtagning av avloppsvatten

Vatten från sjukhusen uttogs med tidstyrd provtagare och samlades i en glasflaska, alternativt i ett plastkärl. Provtagningen startade på måndagsmorgonen. Den tidstyrda provtagaren ställdes in så att cirka 10 ml togs ut var tionde minut, det vill säga cirka 1,4 liter/dygn. Nästkommande morgon hämtades uttaget prov och nytt provtagningsdygn startades. Det hämtade provet omskakades och fördelades på fyra flaskor så att 140 ml hölldes i varje provtagningsflaska. Fredag till måndag morgon uttogs cirka 20 ml var tjugonde minut, det vill säga cirka 4,5 liter. På måndagsmorgonen hölldes 420 ml av det uttagna, omskakade provet i varje provtagningsflaska.

Provtagning av inkommande respektive utgående avloppsvatten från avloppsreningsverket uttogs på samma sätt som ovan men en flödesstyrd provtagare nyttjades.

Provtagning av slam

Provtagning utfördes på avvattnat rötslam. I Linköping utfördes även provtagning på råslam, det vill säga innan slammet pumpas till och behandlas i röt-kammare. Ett stickprov, cirka 3 dl slam/provtagningspunkt uttogs varje dag under måndag - fredag. Varje dag, måndag – fredag, överfördes 45 ml av uttaget prov till respektive provtagningsburk, det vill säga glasburken fylldes med 1/5 vid varje tillfälle.

Provtagning av ytvatten

Ytvatten togs med hjälp av en vattenhämtare på 0-0,5 m djup och överfördes till avsedd flaska.

Provtagning av dricksvatten och råvatten

Proven på råvatten och dricksvatten togs från tappkran i Linköpings vattenverk (Berggården, Råberga) en gång per dag under fyra dagar (måndag-torsdag). Vid varje provtagningstillfälle fylldes varje flaska (4 st) med 250 ml vatten. Efter fyra dagar var flaskorna fyllda (total mängd 4 000 ml).

I Norrköping skedde provtagning (stickprov) i ordinarie provtagningspunkter (tappkranar) för råvatten och dricksvatten vid Borgs vattenverk.

Proven på råvatten och dricksvatten på Råsnäs vattenverk (Motala) togs ut som stickprov vid ett tillfälle. Råvatten togs ur en bassäng i vattenverket med hjälp av en skopa och dricksvattnet togs i en tappkran i köket på vattenverket.

Hantering av uppmätta läkemedelsdata

De 15 läkemedelssubstanser som detekterades i avloppsvatten från samtliga avloppsreningsverk valdes ut för vidare datahantering. Ytterligare substanser som har detekterats i slam och i dricksvatten omnämns också i rapporten.

För vatten och slam (har olika detektionsgränser), anges de substanser som rapporterats som mindre än (<) som ej detekterat (E.D.). Ibland har vissa substanser vid ett flertal platser rapporterats med en högre detektionsnivå än av ALS Scandinavia AB angivna normala detektionsnivå. Rapporteringsgränserna har varit högre i de fall där vattnet innehåller många föroreningar som stör analysen, det vill säga, det finns många toppar som inte går att urskilja i kromatogrammen. Vid dessa tillfällen anges den siffra som ALS Scandinavia AB angivet som mindre än värde, det vill säga den detektionsnivå som är säker för det aktuella provet.

Alla erhållna värden för substanser i avloppsvatten och apoteksstatistik omvandlades till gram, för att få mängder som kunde jämföras med varandra. Erhållna flödesuppgifter m³/vecka, räknades om till liter/vecka. Halten uppmätta substanser (g/l) i inkommande avloppsvatten, utgående avloppsvatten och från sjukhusavlopp multiplicerades med flödet (l/v) i respektive provtagningspunkt och då erhöles värden uttryckt i g/v.

Apoteksstatistik

Apoteksdata levererades från Statistikenheten, Apoteket AB. Försäljningsdata för slutenvården per sjukhus beställdes i de kommuner där halter av läkemedelssubstanser i avloppsvatten från sjukhus har uppmätts i denna studie. I samtliga kommuner där mätningar har utförts inom projektet, har vi erhållit försäljningsstatistik för samma ovan nämnda 15 substanser för öppenvården, det vill säga uthämningsdata från personer folkbokförda i nämnda kommuner.

Med hjälp av apoteksstatistik för antalet definierade dygnsdoser (DDD) av försålda läkemedel lokaliserades mängden av substanser som försålts under april-maj 2008. April och maj månads försäljning delades med 61 (antal dagar i april och maj) och multiplicerades med sju (dagar i en vecka) för att få en veckobaserad mängd (DDD/v). Vid omräkning av DDD till gram per vecka användes ett index för respektive substans som erhöles från hemsidan WHO Collaborating Centre for drug Statistics Methodology http://www.whocc.no/atc_ddd_index/. Försäljningsmängderna används sedan vid jämförelser av utsläppsmängder av läkemedel vid sjukhus och kommuner. Mängderna är ungefärliga. För vissa läkemedelssubstanser i beredningar (salvor, infusionsvätskor) saknas angivna DDD och ingår inte i statistiken. Vid omräkning med hjälp av index blir uppskattningarna grova, beroende på att indexet baseras på en medelmängd av de vanligaste rekommenderade doserna för olika preparat mot de vanligaste behandlingsindikationerna.

Eftersom avloppsreningsverken är olika stora samt omhändertar varierande andel av kommunens avloppsvatten har försäljningsstatistiken av läkemedelssubstanser justerats vid jämförelser med andelen utsläppsmängd i förhållande till försäljning. Till exempel omhändertar Brålanda reningsverk avloppsvatten från åtta procent av befolkningen i Vänersborgs kommun. Vid jämförelse med utsläppsmängder från reningsverket beräknas då åtta procent av

försäljningen för respektive substans. Övriga avloppsreningsverks befolkningsanslutning varierar mellan 56 – 92 procent (se tabell 1).

Information om detekterade läkemedelssubstanser

Läkemedelssubstanser i avloppsvatten

I tabell 4, presenteras information från FASS om valda substanser som detekterades i avloppsvatten i samtliga avloppsreningsverk. Fullständiga analysprotokoll finns i bilaga 1. Varje läkemedel innehåller aktiva substanser som har en verkan mot en viss sjukdom. Substanserna är indelade i farmakologiska grupper enligt ATC-kodsystemet (Anatomical Therapeutic Chemical Classification system). Tre bokstavs- och sifferkombinationer till exempel M01 anger vilken terapeutisk effekt som en substans har inom gruppen M01, det vill säga läkemedel med antiinflammatorisk och antireumatisk effekt. Den ingår i huvudgruppen M som är läkemedel mot rörelseapparatusens sjukdomar.

Miljöriskbedömningen i FASS (elektronisk upplaga 2009) är framtagen av LIF (Läkemedelsindustriföreningen), Apoteket, Läkemedelsverket, Stockholms läns landsting samt Sveriges Kommuner och Landsting. Klassificeringen i FASS fokuserar på miljörisken och inte på miljöfarligheten för en viss läkemedelssubstans. Miljöfarliga substanser har inneboende toxiska egenskaper, är svårnedbrytbara och kan lagras i fett men det är inte alltid att dessa läkemedel används mycket. Cytostatika är exempel på sådana läkemedel men de ges till få patienter. Mängderna som kommer till avloppsreningsverken och ytvatten är förhållandevis små, vilket medför att miljörisken blir försumbar. Andra läkemedel som är mindre miljöfarliga men som används i stora mängder kan ha en större miljörisk på grund av större utsläpp till vatten. Miljöinformationen började införas i den digitala versionen av FASS i oktober 2005. Klassificering av alla läkemedelsgrupper beräknas bli klar i slutet av år 2010 enligt LIF (2009).

Läkemedelssubstanser i slam

Förutom en del av de substanser som presenteras i tabell 4 detekterades ytterligare läkemedelssubstanser i slam, men som inte förekom i avloppsvatten från alla reningsverk. Information om dessa substanser ges i tabell 5.

Läkemedelssubstanser i dricksvatten

Analys av dricksvatten utfördes av Eurofins som erbjöd lägre detektionsgräns i dricksvatten än ALS. I tabell 6 anges de substanser som översteg detektionsgränsen i något av proven från provtagningsplatserna. Dricksvatten innehöll även substanser som presenteras i tabell 3. Hela analysprotokollen finns i bilaga 2.

Tabell 4. Information om de läkemedelssubstanser som detekterades i samtliga avloppsreningsverk, substansernas gruppindelning och miljöinformation enligt FASS, elektronisk upplaga (augusti 2009).

Grupp/ Användnings- område	Substans	Läkemedel ATC-kod	Exempel på läkemedel	Miljöriskbedömning enligt FASS
Grupp C Hjärta och kretslopp	Atenolol	Betareceptor- blockerare C07	Tenormin	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
	Enalapril	ACE-hämmare C09	Renitec, Enalapril	Miljöinformation saknas
	Enalapril och diuretika (vätskedrivande)	ACE-hämmare och diuretikum C09	Renitec Comb, Enalapril Comb	Miljöinformation saknas
	Furosemid	Loopdiuretikum (kort- och snabbverkande) C03	Furix, Lasix	Risken för miljöpåverkan är försumbar
	Hydroklortiazid	Diuretikum C09	Atacand, Cozaar	Tillgängliga ekotoxikologiska data utesluter inte risk för miljöpåverkan
	Metoprolol	Beta-receptor- blockerare C07	Seloken Zoc, Metoprolol Sandoz	Risken för miljöpåverkan är försumbar
Grupp J Infektions- sjukdomar	Erytromycin	Antibiotikum J01	Ery-Max, Abboticin	Risken för miljöpåverkan är låg
	Tetracyklin	Antibiotikum J01	Tetracyklin Meda	Risken för miljöpåverkan är låg
	Trimetoprim	Antibakteriellt medel J01	Bactrim, Eusaprim	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
Grupp M Rörelse- apparaten	Diklofenak	Antiinflammatoriska och antireumatiska M01	Diklofenak T, Voltaren, Voltaren T	Risken för miljöpåverkan är låg
	Ibuprofen	Antiinflammatoriska och antireumatiska M01	Ipren, Ibumetin, Brufen	Risken för miljöpåverkan är låg
	Ketoprofen	Antiinflammatoriska och antireumatiska M01	Oridus, Siduro, Zon	Tillgängliga ekotoxikologiska data utesluter inte risk för miljöpåverkan
	Naproxen	Antiinflammatoriska och antireumatiska M01	Naproxen, Naprosyn	Risken för miljöpåverkan är låg
Grupp N Nervsystemet	Citalopram	Antidepressivum N06	Cipramil	Tillgängliga ekotoxikologiska data utesluter inte risk för miljöpåverkan
	Oxazepam	Ångstdämpande, lugnande, muskelrelaxerande N05	Sobril	Tillgängliga ekotoxikologiska data utesluter inte risk för miljöpåverkan
	Paracetamol	Analgetikum, antipyretikum N02	Alvedon, Panodil, Reliv	Risken för miljöpåverkan är låg

Tabell 5. Information om läkemedelssubstanser som detekterades i slam, substansernas gruppindelning och miljöinformation enligt FASS, elektronisk upplaga (augusti 2009).

Grupp/ Användnings- område	Substans	Läkemedel ATC-kod	Exempel på läkemedel	Miljöriskbedömning enligt FASS
Grupp J Infektions- sjukdomar	Doxycylin	Antibiotikum J01	Doxyferm, Vibranord	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
	Ciprofloxacin	Antibiotikum av fluorokinolontyp J01	Ciproxin, Ciprofloxacin	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
	Norfloxacin	Antibiotikum av fluorokinolontyp J01	Lexinor, Norfloxacin	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
Grupp N Nervsystemet	Fluoxetin	Antidepressiva N06	Fluoxetin	Risken för miljöpåverkan är låg
	Sertralin	Antidepressiva N06	Sertralin, Zoloft	Medelhög risk för miljöpåverkan

Tabell 6. Information om detekterade läkemedelssubstanser i dricksvatten, substansernas gruppindelning och miljöinformation enligt FASS, elektronisk upplaga (augusti 2009).

Grupp/ Användnings- område	Substans	Läkemedel ATC-kod	Exempel på läkemedel	Miljöriskbedömning enligt FASS
Grupp C Hjärta och kretslopp	Isorbidmononitrat	Kärlvidgande C01	Imdur, Ismo	Miljöinformation saknas
	Losartan	Blodtrycks- sänkande C09	Cozaar	Miljöinformation saknas
Grupp G Könshormoner	Östron	Könshormon G03	Utsöndrings- produkt	Medelhög risk för miljöpåverkan
Grupp N Nervsystemet	Clozapine	Neuroleptikum Lugnande N05	Leponex	Risken för miljöpåverkan är försumbar
	Karbamazepin	Antiepileptika N03	Tegretol	Risken för miljöpåverkan är försumbar
	Ketoconazole	Mot svamp på hud D01	Fundan, Fungoral	Miljöinformation saknas
	Koffein	Uppiggande N06	Koffein	Miljöinformation saknas
	Risperidone	Antipsykotisk N05	Risperdal	Risken för miljöpåverkan är försumbar
	Tramadol	Smärtstillande N02	Tradolan, Nobligan	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas
Grupp R Andningsorganen	Cetirizine	Antihistamin R06	Acura, Zyrlex	Risk för miljöpåverkan kan inte uteslutas då data saknas

Resultat

Läkemedelsförsäljning

För att kunna jämföra försäljningsmängder med utsläppsmängder, är erhållna data av läkemedelsförsäljningen justerade för den andel av befolkningen, som är anslutna till respektive avloppsreningsverken (se antalet pe och procent av befolkningen i tabell 1).

Bland detekterade substanser i avloppsvatten såldes paracetamol, naproxen, ibuprofen atenolol, furosemid och metoprolol i störst mängder (g/v) inom öppenvården i Linköping, Motala och Norrköping kommun under april-maj 2008 (tabell 7). Substanserna är mot sjukdomar inom grupperna nervsystemet (N), inflammationshämmande/smärtstillande (M) samt inom hjärt- och kärlsjukdomar (C).

Tabell 7. Läkemedelsförsäljning (DDD/v och gram/v) i öppenvården av studerade substanser under april-maj 2008 för Linköping, Motala och Norrköpings kommun. Angivna värden är justerade för den andel av befolkningen (se tabell 1, Anslutna pe) som är anslutna till avloppsreningsverken i kommunerna.

ATC-grupp	Substans	Linköping		Motala		Norrköping	
		DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v
C	Atenolol	19299	1447	10680	801	22142	1661
C	Enalapril	54542	545	19276	193	57033	570
C	Enalapril och diuretika	3571	-	1844	-	4692	-
C	Furosemid	29963	1199	10040	402	43233	1729
C	Hydroklortiazid	5652	141	3523	88	7074	177
C	Metoprolol	18678	2802	4687	703	14786	2218
J	Erytromycin	388	388	85	85	223	223
J	Trimetoprim	351	141	128	51	232	93
J	Tetracyklin	224	224	42	42	61	61
M	Diklofenak	5694	569	1879	188	5010	501
M	Ibuprofen	2286	2743	1057	1269	2832	3399
M	Ketoprofen	2007	301	490	73	2486	373
M	Naproxen	6437	3219	2248	1124	4486	2243
N	Citalopram	15528	311	4519	90	17440	349
N	Oxazepam	3578	179	1594	80	3356	168
N	Paracetamol	24888	74664	10030	30090	23024	69071

Bland detekterade substanser av receptfria läkemedel såldes ibuprofen och paracetamol i störst mängd (tabell 8) i Linköping, Motala och Norrköpings kommun. Dessa substanser ingår i de vanliga receptfria läkemedlen mot smärta.

Tabell 8. Läkemedelsförsäljning (DDD/v och gram/v) av receptfria läkemedel (av studerade substanser) under april-maj 2008 för Linköping, Motala och Norrköpings kommun. Angivna värden är justerade för den andel av befolkningen (se tabell 1, Anslutna pe) som är anslutna till avloppsreningsverken i kommunerna.

ATC-grupp	Substans	Linköping		Motala		Norrköping	
		DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v
M	Diklofenak	1815	182	406	41	1602	160
M	Ibuprofen	14755	17706	3922	4706	12281	36842
M	Naproxen	998	499	446	223	874	437
N	Paracetamol	14274	42821	3855	11564	12281	36842

Inom öppenvården i Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Vänersborg kommun såldes paracetamol, naproxen, ibuprofen, atenolol, metoprolol, diklofenak och furosemid i störst mängd (g/v) av de substanser som detekterades i avloppsvatten (tabell 9).

Tabell 9. Läkemedelsförsäljning (DDD/v och gram/v) i öppenvården av studerade substanser under april-maj 2008 för Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Vänersborg kommun. Angivna värden är justerade för den andel av befolkningen (se tabell 1) som är anslutna till avloppsreningsverken.

ATC-grupp	Substans	Arvika		Karlstad		Kristinehamn		Vänersborg	
		DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v
C	Atenolol	3447	259	11127	829	5387	404	616	46
C	Enalapril	6854	69	17894	178	7418	74	1060	11
C	Enalapril och diuretika	758	-	2738	-	1460	-	112	-
C	Furosemid	7470	299	15161	602	8114	325	916	37
C	Hydroklortiazid	643	16	1409	35	365	9,1	274	6,9
C	Metoprolol	1822	273	6053	902	2499	375	421	63
J	Erytromycin	25	25	107	107	54	54	11	11
J	Tetracyklin	42	42	15	15	28	28	2,6	2,6
J	Trimetoprim	49	7,3	140	21	72	11	7,3	1,1
M	Diklofenak	1460	146	6209	617	1798	180	252	25
M	Ibuprofen	398	477	768	915	501	601	163	196
M	Naproxen	814	407	1654	821	1050	525	127	64
M	Ketoprofen	0	0	958	143	349	52	57	8,5
N	Citalopram	2617	52	11897	236	4096	82	789	16
N	Oxazepam	570	29	2226	111	859	43	83	4,1
N	Paracetamol	3879	11637	10831	32276	4540	13619	645	1936

Bland receptfria läkemedel såldes paracetamol och ibuprofen i störst mängd i Arvika, Karlstad, Kristinehamn och i Vänersborgs kommun (tabell 10).

Tabell 10. Läkemedelsförsäljning (DDD/v och gram/v) av receptfria läkemedel (av detekterade substanser i avloppsvatten) under april-maj 2008 för Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Vänersborg kommun. Angivna värden är justerade för den andel av befolkningen (se tabell 1) som är anslutna till avloppsreningsverken i kommunerna.

ATC-grupp	Substans	Arvika		Karlstad		Kristinehamn		Vänersborg	
		DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v
M	Diklofenak	238	24	1459	146	342	34	29	2,9
M	Ibuprofen	1508	1810	9173	11008	2266	2719	197	237
M	Naproxen	114	57	591	295	168	84	9,8	4,9
N	Paracetamol	1797	5391	8795	26384	2362	7087	258	774

Inom slutenvården (sjukhus) i Linköping, Motala, Norrköping och Karlstad såldes paracetamol och ibuprofen i störst mängd (g/v) av studerade substanser under aktuell tidsperiod (tabell 11). Dessa substanser ingår i de läkemedel som i första hand rekommenderas för smärta inom sjukvården (Landstinget i Värmland 2006, Landstinget i Östergötland 2010).

Tabell 11. Läkemedelsförsäljning (DDD/v och gram/v) till sjukhus av studerade substanser under april-maj 2008 i Linköping, Motala, Norrköping och Karlstad.

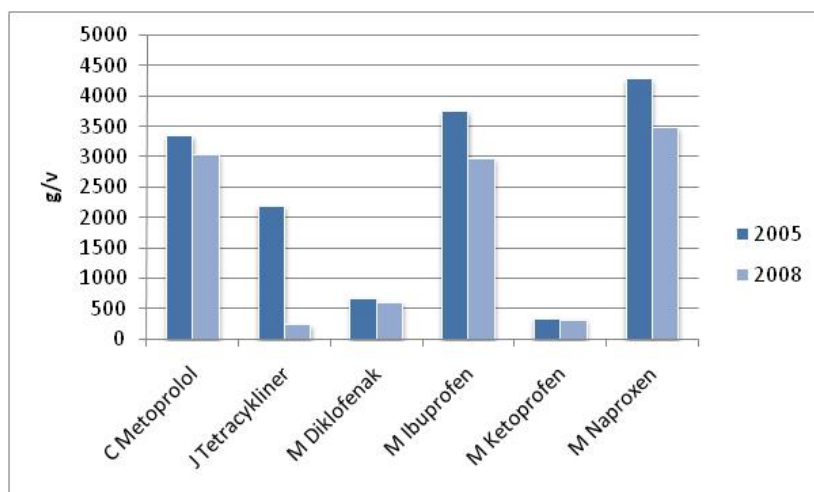
ATC-grupp	Substans	Linköping		Motala		Norrköping		Karlstad	
		DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v	DDD/v	g/v
C	Atenolol	148	11	46	3,5	142	11	81	6,1
C	Enalapril	570	5,7	289	2,9	467	4,7	256	2,6
C	Enalapril och diuretika	37	-	26	-	15	-	18	-
C	Furosemid	2184	87	432	17	2215	89	1350	54
C	Hydroklortiazid	32	0,8	11	0,28	67	1,7	21	0,5
C	Metoprolol	394	59	114	17	186	28	162	24
J	Erytromycin	24	24	0	0	5	5,0	15	15
J	Tetracyklin	0	0	0	0	0	0	5	5,0
J	Trimetoprim	33	13	17	6,8	46	18	3	1,2
M	Diklofenak	485	49	117	12	283	28	430	43
M	Ibuprofen	154	185	62	74	200	240	193	232
M	Naproxen	89	45	40	20	47	24	20	10
N	Citalopram	228	4,6	89	1,8	160	3,2	223	4,5
N	Oxazepam	109	5,5	33	1,7	133	6,7	97	4,9
N	Paracetamol	2623	7869	533	1599	1571	4713	1129	3387

Jämförelser med år 2005

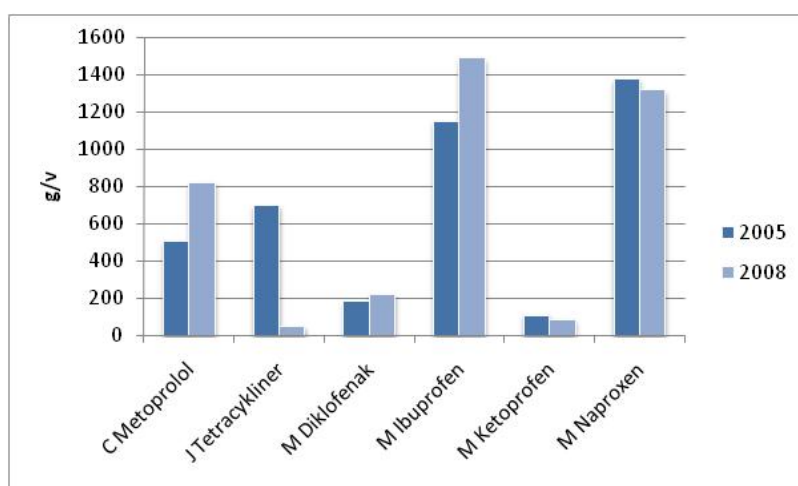
Jämförelser i gram per vecka mellan läkemedelssubstanserna metoprolol, tetracyklin, diklofenak, ibuprofen, ketoprofen och naproxen innefattar enbart de läkemedel som är inom de stora grupperna. Det finns flera kombinationspreparat som innehåller flera substanser. Dygnsdoser från dessa preparat har ej medräknats vid jämförelserna. Dessa mängder utgör ingen större påverkan på resultaten. Försäljningen av diklofenak är underskattad på grund av att diklofenak ingår i smärtstillande salvor, men saknar angiven dygnsdos, vilket medför att det saknas uppgift om mängden försäld substans från salvberedningar.

Inom öppenvården i kommunerna Linköping (figur 4), Motala (figur 5), Norrköping (figur 6), Karlstad (figur 7) och Kristinehamn (figur 8) har försäljningen av tetracyklin minskat mellan studieåren, sannolikt beroende på strängare restriktioner kring förskrivning av antibiotika på grund av risken för utveckling av antibiotikaresistens.

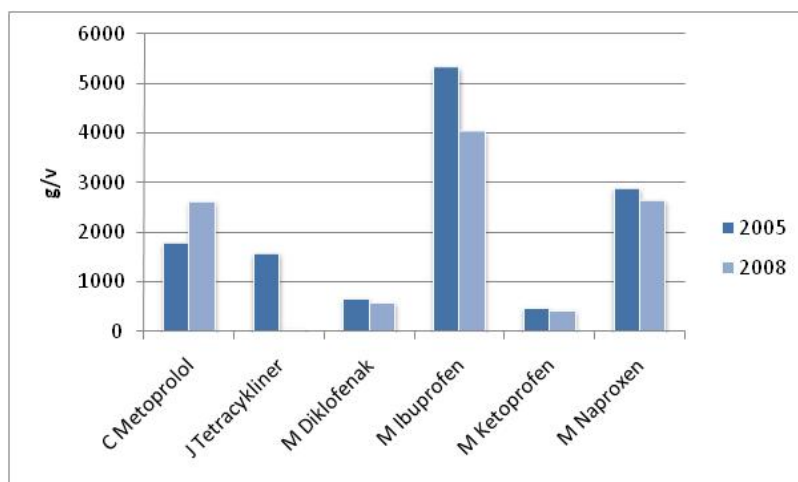
I kommunerna Motala, Norrköping, Karlstad och Kristinehamn (figur 5-8) har försäljningen år 2008 av metoprolol ökat jämfört med år 2005. Ökningen kan eventuellt förklaras med att metoprolol efter år 2005 står på landstingens i Östergötland och Värmlands rekommenderade lista för val av läkemedel vid behandling av förmaksflimmer, efterbehandling av hjärtinfarkt, hypertoni och förebyggande vid migrän (Landstinget i Värmland 2006, Landstinget i Östergötland 2010).



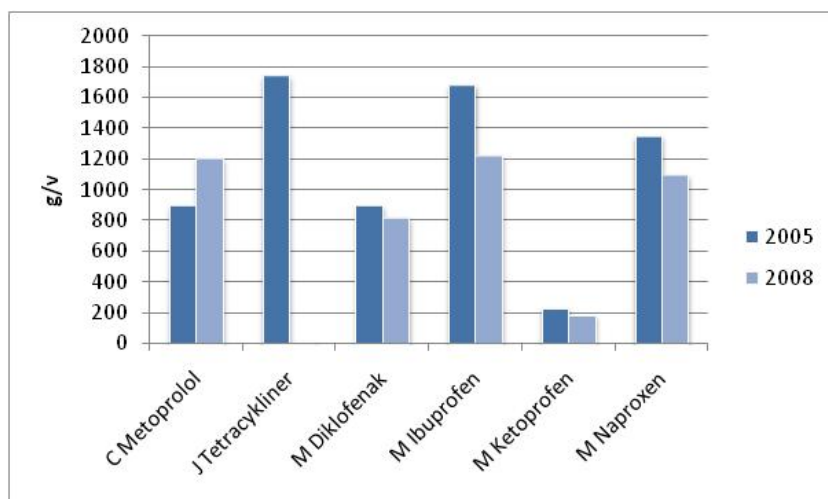
Figur 4. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) i öppenvården i Linköpings kommun av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



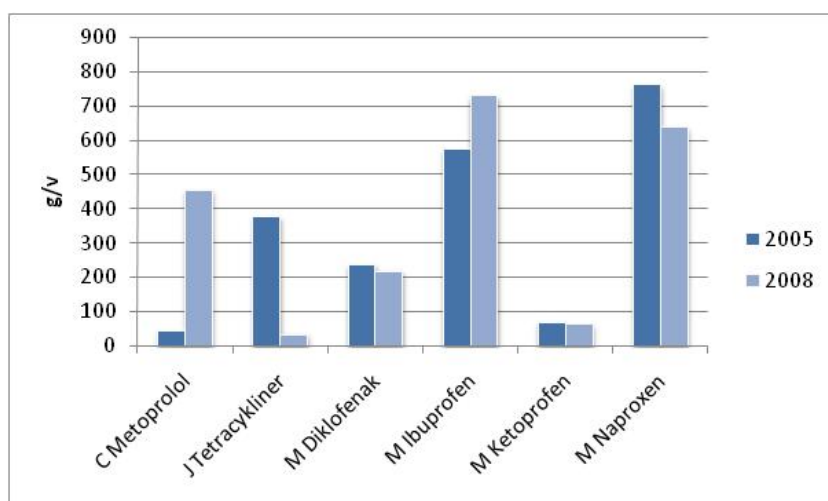
Figur 5. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) i öppenvården i Motala kommun av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



Figur 6. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) i öppenvården i Norrköpings kommun av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



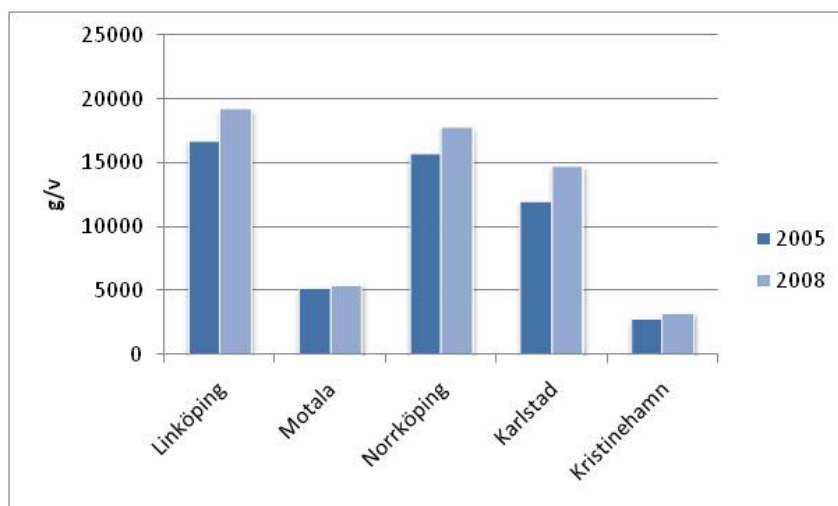
Figur 7. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) i öppenvården i Karlstads kommun av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



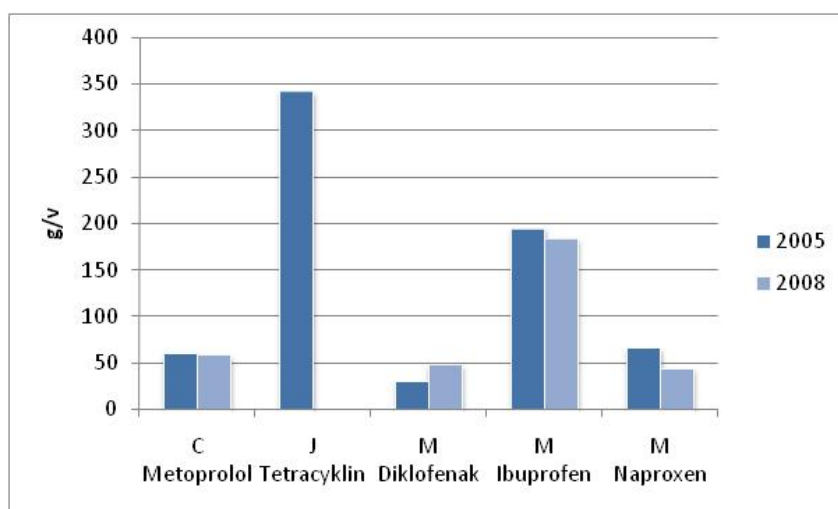
Figur 8. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) i öppenvården i Kristinehamns kommun av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.

Bland receptfria läkemedel finns endast jämförande data för ibuprofen år 2005. Försäljningen av ibuprofen har ökat under åren 2005 och 2008 i alla kommuner, främst i Linköping, Norrköping och Karlstad (figur 9). Eventuellt beror ökningen på TV-reklam innehållande ibuprofen. Ketoprofen, naproxen och diklofenak i tablettform började säljas utan recept efter år 2005. Diklofenak såldes receptfritt år 2005 i form av smärtstillande salva. Eftersom salvor inte har någon definierad dygnsdos, finns bara statistik tillgängligt i antalet förpackningar för år 2005 och dessa är således inte medräknade.

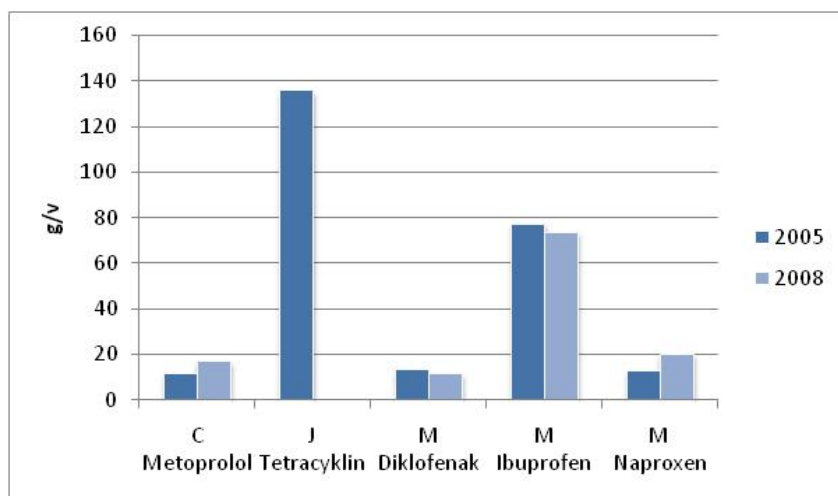
Även inom slutenvården har försäljningen av tetracyclin minskat från år 2005 till år 2008 på sjukhusen i samtliga kommuner (figur 10-13), till följd av strängare restriktioner kring antibiotikaanvändningen.



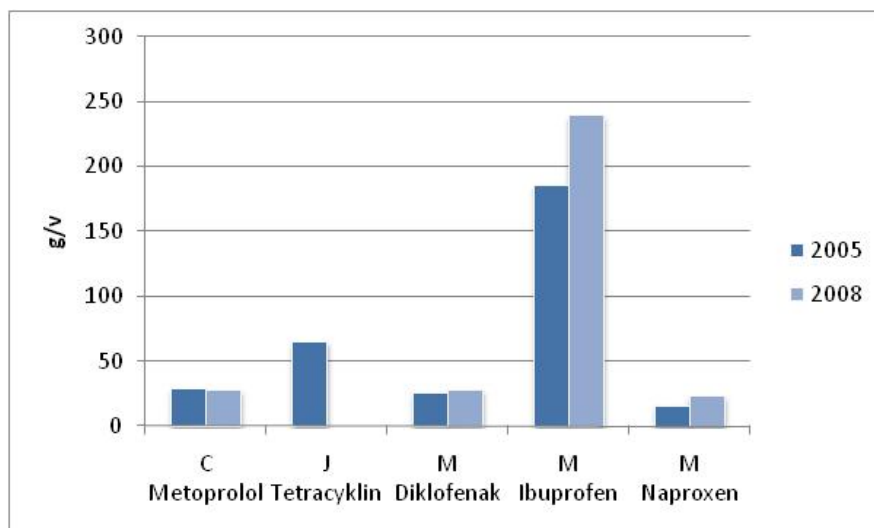
Figur 9. Jämförelse av försäljningen (g/v) av substansen ibuprofen (receptfria läkemedel) under april-maj 2005 respektive 2008.



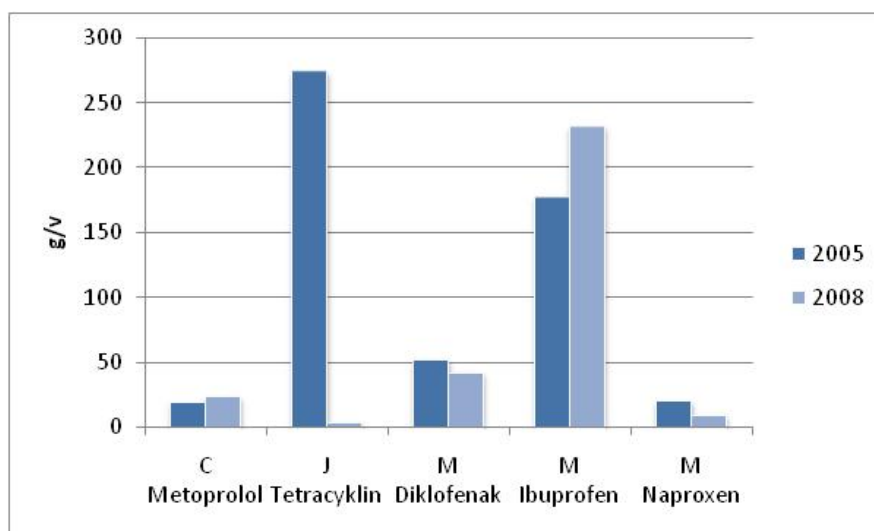
Figur 10. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) till sjukhuset i Linköping av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



Figur 11. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) till lasarettet i Motala av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



Figur 12. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) till sjukhuset i Norrköping av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.



Figur 13. Jämförelse av läkemedelsförsäljning (g/v) till sjukhuset i Karlstad av studerade substanser under april-maj 2005 respektive 2008.

Läkemedelsrester i avloppsvatten från reningsverk

Bland analysdata i denna studie finns flera resultat som vi bedömer vara osäkra på grund av oförklarliga värden vid beräkningar, utifrån haltdata och jämförelser mellan inkommande och utgående avloppsvatten samt vid jämförelser med försäljningsdata. Substanserna är presenterade i rapporten men alla ingår inte i redovisade beräkningar i tabell eller i diagram. Under respektive avsnitt finns kommentarer kring oförklarliga data. Fullständiga analysrapporter med haltdata finns i bilaga 1.

Mängden atenolol i utgående avloppsvatten från avloppsreningsverket i Linköping var oförklarligt stor jämfört med den totala försäljningen inom öppenvård och slutenvård (tabell

12). Enligt beräkningarna var mängden utsläpp i utgående avloppsvatten från avloppsreningsverket av atenolol mer än 1400 procent av försäljningen. Även mängden hydroklortiazid och metoprolol i avloppsvatten från Linköpings reningsverk var mycket stora jämfört med försäljningen. Mängden hydroklortiazid var även mycket stor i avloppsvatten från reningsverken i Norrköping och Motala. Delvis kan en del av de större utsläppen förklaras av att försäljningsmängden är ett veckomedelvärde av försäljningen under två månader. All medicin som är inköpt används inte på en gång. Inköp av stor förpackning används under längre tidsperiod än två månader. På sjukhusen köps stora partier in av läkemedel och lagras i medicinskåp vilket medför att det blir förskjutning på förbrukningen. Utsläppen kan således spegla det som såldes tidigare på våren. All inköpt medicin används inte, vilket borde medföra lägre utsläppsmängder samt att en del av de aktiva substanserna har hunnit brytas ner under transport till avloppsreningsverket. De stora utsläppsmängderna kan också bero på analysfel eller fel vid provhanteringen. Fullständiga analysrapporter med haltdata finns i bilaga 1.

Tabell 12. Beräknad mängd (g/v) av de 15 läkemedelssubstanser som uppmättes i utgående avloppsvatten från avloppsreningsverken i Linköping, Motala och Norrköping kommun. Tabellen anger även hur många procent av läkemedelsförsäljningen, som förekom i utgående avloppsvatten vid provtagningstillfället. Angivna procent är justerade för den andel av befolkningen (se tabell 1, Anslutna pe) i kommunen som respektive avloppsreningsverk omhändertar. Försäljningen är beräknad av den totala försäljningen av läkemedel inom öppenvården (tabell 7), receptfria (tabell 8) och slutenvården (tabell 11). Kursiv fet stil anger beräkningar som baserats på värden vid detektionsgränsen.

ATC-grupp	Substans	Linköping		Motala		Norrköping	
		g/v	(%) av försäljning	g/v	(%) av försäljning	g/v	(%) av försäljning
C	Atenolol	20 887	1432	214	27	853	51
C	Enalapril	13	2,3	2,5	1,3	10,4	1,8
C	Furosemid	771	60	259	62	452	25
C	Hydroklortiazid	482	340	97	93	627	351
C	Metoprolol	5 463	191	20	2,8	502	22
J	Erytromycin	13	3,1	25	29	55	24
J	Tetracyklin	26	11	5,2	12	20	33
J	Trimetoprim	74	48	15	26	33	30
M	Diklofenak	109	14	47	20	427	62
M	Ibuprofen	129	0,6	26	0,4	100	0,5
M	Ketoprofen	90	30	21	29	20	5,3
M	Naproxen	578	15	33	2,4	208	7,7
N	Citalopram	25	7,9	11	12	130	37
N	Oxazepam	129	70	62	76	146	84
N	Paracetamol	32	0,03	26	0,1	100	0,09

Hydroklortiazid i utgående avloppsvatten från Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Brålanda förekom i mycket större mängder jämfört med försäljningen av dessa substanser i kommunerna. Även trimetoprim förekom i mycket större mängder i samtliga reningsverk, utom i Kristinehamn (tabell 13). Skillnaderna är mycket stora, men kan delvis förklaras av att försäljningen av hydroklortiazid är underskattad, på grund av att statistik i DDD saknas för kombinationspreparat med hydroklortiazid. Även försäljningen av trimetoprim är underskattad, för att substansen ingår även i infusionsvätskor och orala lösningar som inte har angiven DDD. Atenolol förekom i störst mängd i utgående avloppsvatten från reningsverken i Arvika, Karlstad och Kristinehamn, men utsläppen var ungefär hälften av försäljningen (tabell 13).

Tabell 13. Beräknad mängd (g/v) av de 15 läkemedelssubstanser som uppmättes i utgående avloppsvatten från avloppsreningsverken i Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Brålanda. Tabellen anger även hur många procent av läkemedelsförsäljningen som förekom i utgående avloppsvatten vid provtagningstillfället. Angivna procent är justerade för den andel av befolkningen i kommunen som respektive avloppsreningsverk omhändertar. . Försäljningen är beräknad av den totala försäljningen av läkemedel inom öppenvården (tabell 9), receptfria (tabell 10) och slutenvården (tabell 11). Kursiv fet stil anger beräkningar som baserats på värden vid detektionsgränsen.

ATC-grupp	Substans	Arvika		Karlstad		Kristinehamn		Brålanda/ Vänersborg	
		g/v	(%) av försäljn.	g/v	(%) av försäljn.	g/v	(%) av försäljn.	g/v	(%) av försäljn.
C	Atenolol	134	52	368	44	268	66	1,6	3,5
C	Enalapril	2,6	3,8	6,4	0,05	2,6	3,4	0,2	2,2
C	Furosemid	50	17	90	14	115	35	3,6	9,7
C	Hydroklortiazid	75	469	352	991	147	1615	15	217
C	Metoprolol	42	15	192	21	64	17	5,7	9,1
J	Erytromycin	12	28	45	37	11	20	0,2	2,2
J	Tetracyklin	3,3	8,0	13	64	5,1	18	0,5	18
J	Trimetoprim	10	137	45	203	9,6	87	1,8	164
M	Diklofenak	75	44	400	50	121	56	10	36
M	Ibuprofen	17	0,7	64	0,5	102	3,1	2,4	0,55
M	Ketoprofen	0,7	-	15	11	17	33	0,1	1,4
M	Naproxen	6,3	1,4	32	2,8	19	3,1	0,1	0,17
N	Citalopram	16	31	86	36	13	16	2,7	17
N	Oxazepam	20	69	88	76	29	67	3,6	88
N	Paracetamol	17	0,1	64	0,1	26	0,1	2,4	0,09

Reduktionsgraden för substanserna citalopram, hydroklortiazid, oxazepam var låg i samtliga avloppsreningsverk och reduktionsgraden för metoprolol och trimetoprim var låg för samtliga utom i Brålanda (metoprolol) respektive Arvika och Karlstad (trimetoprim) (tabell 14).

I avloppsreningsverken i Linköping, Motala, Norrköping och Karlstad reducerades inte furosemid. Erytromycin reducerades inte i Kristinehamn och diklofenak reducerades inte i Linköping, Norrköping och Karlstad (tabell 14). Högst reduktionsgrad hade naproxen och paracetamol i samtliga avloppsreningsverk. Även ibuprofen hade hög reduktionsgrad. Tetracyklin hade medelhög reduktionsgrad i reningsverken men förekom i slam (tabell 17), vilket kan förklaras med att tetracyklin har avskilts i reningsverket och överförs till slammet. I Brålanda avloppsreningsverk var reduktionsgraden av de flesta läkemedelssubstanser hög. Sannolikt beror det på låg belastning (få personer anslutna) i förhållande till dimensionerat flöde. I Brålanda var även uppehållstiden lång (24 tim) men inte slamåldern (7 dygn) (tabell 1). Lång uppehållstid var det även i Karlstad (24 tim) men fler personer är anslutna till reningsverket. Slamåldern var hög i Kristinehamn (ca 17 dygn) men de hade fler personer anslutna och hade kortare uppehållstid (8 tim).

Vid jämförelser av reduktionsgraden för substanserna i respektive ATC-grupp reducerades läkemedel mot antiinflammatoriska och antireumatiska (grupp M) mest. I Arvika och i Brålanda var reduktionsgraden högst. De hade också lägst andel anslutna personer av befolkningen i kommunen och lägst anslutna hushåll i förhållande till dimensionerade pe. Läkemedel för hjärt- och kärlsjukdomar (grupp C) reducerades mest i Brålanda och antibiotika (J) reducerades mest i Karlstad. Eventuellt kan uppehållstiden i dessa reningsverk ha haft betydelse för reduktionsgraden av dessa substanser, men för övrigt syns inga tydliga samband mellan reduktionsgrad och uppehållstid och/eller slamålder.

Tabell 14. Beräknad reduktionsgrad (%) för studerade läkemedelssubstanser i vatten från avloppsreningsverken i Linköping, Motala, Norrköping, Arvika, Karlstad, Kristinehamn och Brålanda. Negativa värden anger de läkemedelssubstanser som inte reducerades i avloppsreningsverken.

ATC-grupp	Substans	Lin-köping	Motala	Norr-köping	Arvika	Karlstad	Kristinehamn	Brålanda
C	Atenonol	-51	-10	29	-68	-44	-17	95
C	Enalapril	64	90	89	61	57	82	90
C	Furosemid	0	-54	-6	29	-22	18	71
C	Hydroklortiazid	<-100	<-100	<-100	-39	<-100	<-100	<-100
C	Metoprolol	<-100	-25	-67	<-100	<-100	-27	35
J	Erytromycin	-	19	12	12	3	-55	53
J	Tetracyklin	76	50	-	-	33	38	58
J	Trimetoprim	<-100	-35	-18	7,4	3,4	-58	<-100
M	Diklofenak	-6	4	-6	33	-19	21	30
M	Ibuprofen	-	60	97	94	97	91	98
M	Ketoprofen	62	58	81	96	59	18	83
M	Naproxen	91	93	83	95	92	96	100
N	Citalopram	<-100	<-100	<-100	-35	<-100	<-100	<-100
N	Oxazepam	-11	-32	-32	-41	-62	-35	-46
N	Paracetamol	100	99	99	-	99	98	100

Jämförelser med data från andra avloppsreningsverk

Det är mycket stor spridning på analysresultaten och på reduktionsgraden av vissa läkemedelssubstanser i denna studie. Vid jämförelser med andra avloppsreningsverk i Sverige låg uppmätta halter av de flesta läkemedelssubstanser inom intervallerna för vad som tidigare har uppmätts i inkommande respektive utgående avloppsvatten (tabell 15-16). Dock översteg halten atenolol i Linköping samtliga andra uppmätta värden både i inkommande och utgående avloppsvatten, samt även från sjukhuset i kommunen (tabell 19). Atenolol var även den enda substans som detekterades i sjön Roxen, där recipientvattnet från avloppsreningsverket i Linköping mynnar ut. Utsläppet av atenolol under provtagningsveckan var dessutom mycket större än försäljningen under aktuell tidsperiod. Mängden metoprolol var även mycket större i utgående avloppsvatten i Linköping jämfört med övriga reningsverk i studien. Utsläppet var även större än försäljningen i Linköpings kommun under aktuell period. En del av förklaringen kan vara en förskjutning i användningen av atenolol och metoprolol, det vill säga att försäljningen var större under föregående försäljningsperiod och användes i större utsträckning under provtagningsperioden. Det kan dock inte förklara den stora mängden atenolol som dominerar både i avloppsvatten från sjukhuset, avloppsreningsverket och i recipienten.

På grund av att atenolol dominerade i Linköping, blev medelvärdet för atenolol jämfört med medianvärdet mycket högre. Den högre uppmätta halten av paracetamol i inkommande avloppsvatten från Brålanda medför också att medelvärdet för paracetamol blir högre jämfört med medianvärdet. I denna studie var även halterna av diklofenak högre än på flera avloppsreningsverk än vad som sammanställts i Naturvårdsverkets rapport. Medelhalterna och intervallerna är beräknade utifrån resultat från flera avloppsreningsverk (Naturvårdsverket 2008).

Tabell 15. Halter (ng/l) av läkemedelssubstanser i inkommande avloppsvatten från denna studie, antal avloppsreningsverk (N=7) och rapporterade halter i inkommande avloppsvatten från antalet (N) avloppsreningsverk i Sverige (Naturvårdsverket 2008).

ATC-grupp	Substans	Denna studie median- och (medel)halt inkommande avloppsvatten (ng/l) N=7	Min-max (ng/l)	NV-rapport Medelhalt inkommande avloppsvatten (ng/l) (N)
C	Atenolol	3600 (9100)	1600- 43000	3387 (16)
C	Enalapril	220 (246)	94 - 390	108 (12)
C	Furosemid	2100 (1880)	460 -2600	2324 (16)
C	Hydroklortiazid	790 (808)	480 -1300	1136 (16)
C	Metoprolol	790 (1721)	240 -7600	982 (24)
J	Erytromycin	270 (258)	85 - 480	419 (12)
J	Tetracyklin	160 (186)	120 - 330	<442 (41)
J	Trimetoprim	120 (163)	83 - 290	<222 (16)
M	Diklofenak	2100 (1754)	320 - 2700	317 (44)
M	Ibuprofen	12000 (11100)	1000 - 18000	6454 (44)
M	Ketoprofen	410 (454)	230 - 290	2004 (48)
M	Naproxen	6700 (7443)	2500 - 19000	5289 (47)
N	Citalopram	76 (117)	23 -290	200 (12)
N	Oxazepam	360 (423)	340 - 730	570 (16)
N	Paracetamol	55500 (82000)	21000 - 250000	100000 (13)

I Naturvårdsverkets rapport har reduktionsgraden i avloppsreningsverken beräknats genom att använda motsvarande nationella analysdata för inkommande och utgående avloppsvatten från reningsverk i Sverige sammanställda i Stockholms läns landstings databas (Naturvårdsverket 2008). Substanserna citalopram, hydroklortiazid, oxazepam, metoprolol och trimetoprim har enligt beräkningar i Naturvårdsverkets rapport (2008) visat att dessa substanser inte bryts ner i avloppsreningsverken (tabell 16). I denna studie visade även beräkningar att substanserna atenolol, furosemid och diklofenak inte reducerades i alla avloppsreningsverk (tabell 14, 16).

Tabell 16. Halter (ng/l) av läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från denna studie (N=7) och rapporterade halter i utgående avloppsvatten från avloppsreningsverk i Sverige (Naturvårdsverket 2008) samt beräknad reduktionsgrad i avloppsreningsverken. Negativa värden med anger de läkemedelssubstanser som inte reducerades i avloppsreningsverken.

ATC-grupp	Substans	Denna studie median- och (medel)halt utgående avloppsv. (ng/l)	Min-max (ng/l)	Red.grad denna studie (%)	NV-rapport Medelhalt utgående avloppsv. (Min-max) (ng/l)	NV-rapport Red. grad medel (%)
C	Atenolol	3300 (11667)	270-65000	-68-95	3238 (690-16000)	9
C	Enalapril	50 (50)	38-62	57-90	40 (14-70)	>92
C	Furosemid	1800 (1766)	560-4000	-54-71	2006 (1000-3300)	10
C	Hydroklortiazid	2200 (2057)	1500-2600	<-100-35	1322 (320-4600)	-26
C	Metoprolol	1000 (3353)	300-17000	<-100-35	1329 (260-8500)	-24
J	Erytromycin	280 (270)	170-390	-55-53	251 (130-440)	>28
J	Tetracyklin	<80 (<80)	<80-<80	33-76	<36 (3-490)	>80
J	Trimetoprim	230 (226)	130-310	<-100-7,4	<199 (17-470)	>-17
M	Diklofenak	1700 (1524)	340-2500	-19-33	239 (27-700)	11
M	Ibuprofen	1600 (1600)	>400-1600	60-98	1165 (3,2-7800)	>85
M	Ketoprofen	183 (178)	16-330	18-96	893 (20-2900)	>51
M	Naproxen	405 (632)	150-1800	83-100	1495 (67-15000)	>69
N	Citalopram	450 (377)	79-540	<-100-(-35)	246 (60-720)	-62
N	Oxazepam	550 (576)	400-960	-62-(-11)	619 (300-1300)	>-11
N	Paracetamol	<400 (<400)	<100-<400	98-100	110 (37-190)	Uppgift saknas

Jämförelser mellan avloppsreningsverkens processer och med läkemedelsmängder år 2005

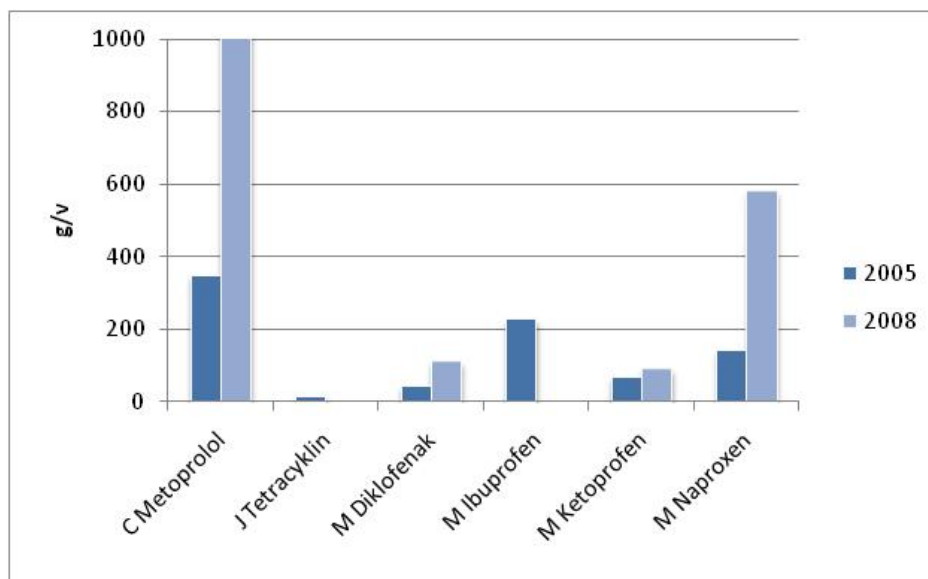
Det finns inga stora skillnader i de deltagande avloppsreningsverkens processer. Dock varierar uppehållstiden, slamåldern och belastningen. Brålanda i Vänersborgs kommun är ett litet avloppsreningsverk med låg anslutning i förhållande till antal dimensionerat pe. Där var reduktionsgraden högst av flest substanser, längst uppehållstid och jämförelsevis låg slamålder. Inga tydliga samband kan urskiljas mellan hög reduktionsgrad och uppehållstid och slamålder vid jämförelser mellan avloppsreningsverken.

Vid jämförelser med år 2005 och år 2008 med avseende på utsläppsmängder av läkemedelssubstanser har främst diklofenak (figur 14-18) och naproxen (figur 14-16) ökat i utgående avloppsvatten. Det bör spegla försäljningsökningen. Dessa substanser ingår i

läkemedel (tabletter) som började säljas receptfritt efter år 2005, därav ingen apoteksstatistik för receptfria läkemedel med dessa substanser. Diklofenak såldes som receptfri salva år 2005, men eftersom angivna DDD saknas i salvberedningar finns ingen statistik.

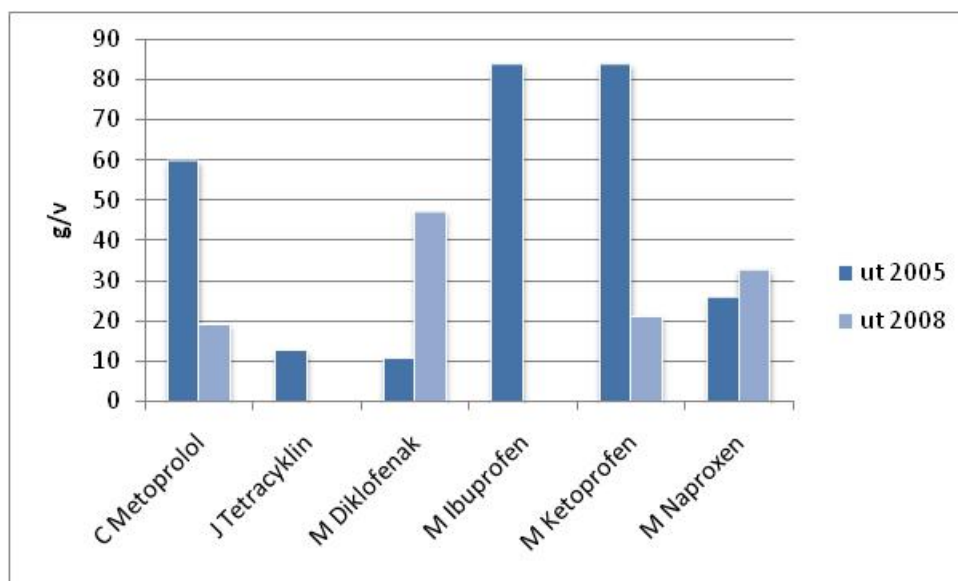
Ibuprofen och tetracyklin detekterades inte i utgående avloppsvatten år 2008 på avloppsreningsverken i Linköping (figur 14), Motala (figur 15), Norrköping (figur 16) och Karlstad (figur 17). ALS rapporterade högre detektionsgräns för ibuprofen vid 2008 års analys vilket kan ha påverkat resultatet. Minskad försäljning av tetracyklin har skett i alla kommuner sedan strängare restriktioner på förskrivningen har införts på grund av risken för antibiotikaresistens. Detta avspeglas i samtliga avloppsreningsverk i studien (figur 14-18).

Åtgärder har vidtagits vid Linköpings avloppsreningsverk efter år 2005 för att öka kvävereduktionen, vilket kan ha medfört ökad slamålder men ingen förändring med avseende på uppehållstiden i avloppsreningsverket. Dock ses ingen effekt av dessa åtgärder vid jämförelser av studerade läkemedelssubstanser. År 2008 var mängden metoprolol och naproxen större jämfört med år 2005 i avloppsvatten från Linköpings avloppsreningsverk (figur 14). Försäljningen av metoprolol var lägre år 2008, vilket inte avspeglas i utgående avloppsvatten.



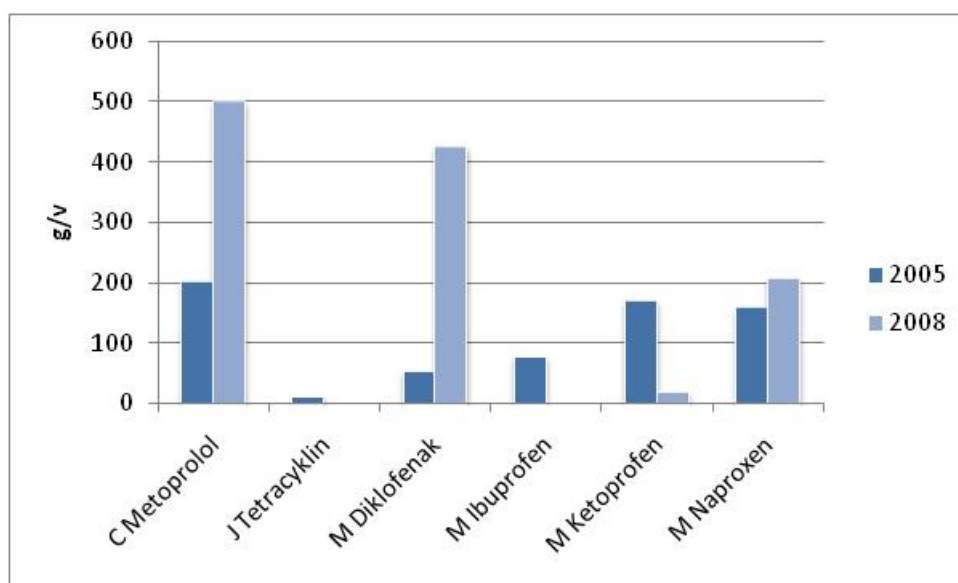
Figur 14. Jämförelser av beräknade mängder (g/v) läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från Linköping ARV, som uppmättes både år 2005 och 2008. Stapeln för metoprolol (5463 g/v) för år 2005 är kapad på grund av skalan på y-axeln.

Förutom ibuprofen och tetracyklin har mängden av metoprolol och ketoprofen minskat i utgående avloppsvatten från Motala reningsverk år 2008 jämfört med år 2005 (figur 15), trots att försäljningen av metoprolol har ökat i Motala kommun. Däremot har försäljningen av ketoprofen minskat.



Figur 15. Jämförelser av beräknade mängder (g/v) läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från Motala ARV, som uppmättes både år 2005 och 2008.

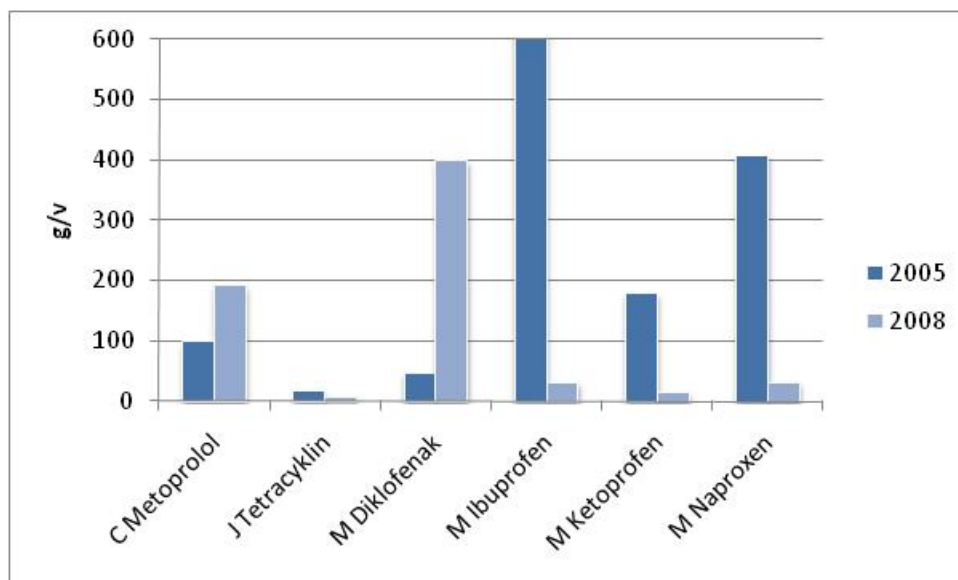
I Norrköpings avloppsreningsverk förekom metoprolol, diklofenak och naproxen i större mängder i utgående avloppsvatten år 2008 (figur 16). Ökningen av metoprolol kan sannolikt förklaras av att försäljningen av metoprolol har ökat i Norrköpings kommun.



Figur 16. Jämförelser av beräknade mängder (g/v) läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från Norrköping ARV, som uppmättes både år 2005 och 2008.

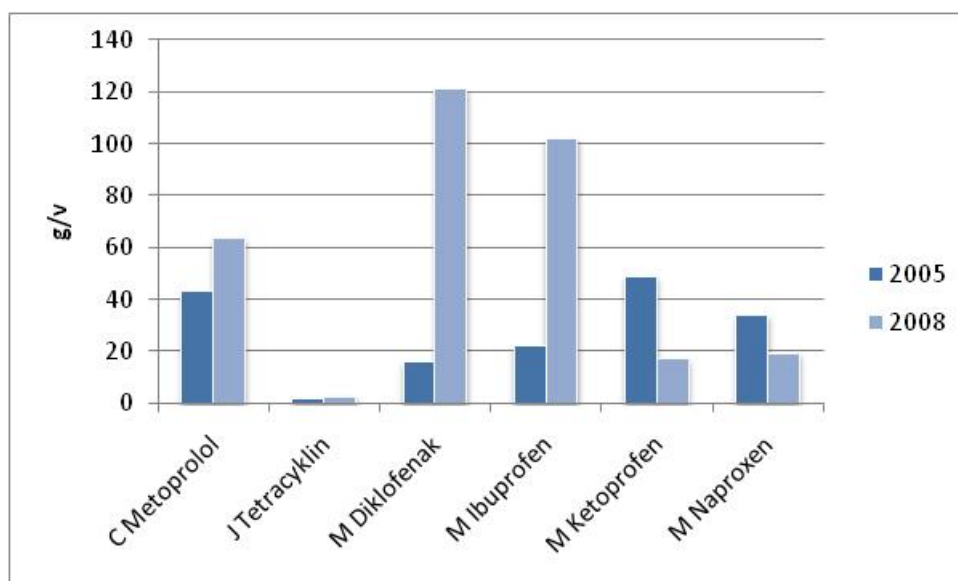
Mängden naproxen och ketoprofen var större i utgående avloppsvatten år 2005 jämfört med år 2008, medan mängden diklofenak och metoprolol var större år 2008 (figur 17). Det ska noteras att det biologiska reningssteget tillfälligt var taget ur drift år 2005 för att införa en utökning av den biologiska kvävereduceringen. Denna processförbättring har sannolikt även medfört en förbättrad reducering av läkemedelssubstanser. Skillnaderna i försäljning av diklofenak, ibuprofen, ketoprofen och naproxen var marginella mellan åren. Däremot har försäljningen av

metoprolol ökat mycket år 2008 jämfört med år 2005. Den större mängden av metoprolol i utgående avloppsvatten kan delvis förklaras av detta.



Figur 17. Jämförelser av beräknade mängder (g/v) läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från Karlstad ARV, som uppmättes både år 2005 och 2008. Stapeln för ibuprofen (928 g/v) är kapad på grund av skalan på y-axeln.

Vid jämförelser av utgående avloppsvatten från Kristinehamns reningsverk mellan de båda provtagningsåren förekom metoprolol, diklofenak och ibuprofen i större mängder år 2008 (figur 18). Enligt försäljningsstatiken har användningen av metoprolol och ibuprofen ökat i Kristinehamn. Försäljningen av ketoprofen har minskat lite, vilket avspeglas i utgående avloppsvatten. Försäljningen av diklofenak och naproxen har sannolikt ökat på grund av ingående substans i receptfria läkemedel.



Figur 18. Jämförelser av beräknade mängder (g/v) läkemedelssubstanser i utgående avloppsvatten från Kristinehamns ARV, som uppmättes både år 2005 och 2008.

Läkemedelsrester i slam

Få substanser detekterades i slam men de som detekterades var höga. I råslam från avloppsreningsverket i Linköping var halterna av metoprolol, sertralin och tetracyklin höga (>1,6 mg/kg TS) (tabell 17). Halterna avtog dock i det avvattnade slammet i Linköping men sertralin var fortfarande hög (>1 mg/kg TS). I Norrköping förekom ciprofloxacin i hög halt och fler substanser detekterades i slammet jämfört med Linköping och Motala, där halterna var lägre. Hur höga dessa halter är efter lagring är oklart.

Tabell 17. Halten ($\mu\text{g/kg TS}$) av läkemedelssubstanser i råslam (Linköping) och avvattnat slam från avloppsreningsverken i Linköping, Motala och Norrköping.

ATC-grupp	Substans	Råslam Linköping ($\mu\text{g/kg TS}$)	Avvattnat slam Linköping ($\mu\text{g/kg TS}$)	Avvattnat slam Motala ($\mu\text{g/kg TS}$)	Avvattnat slam Norrköping ($\mu\text{g/kg TS}$)
C	Furosemid	170	110	E.D	150
C	Metoprolol	5400	76	92	130
J	Doxycyklin	170	E.D	120	130
N	Sertralin	2000	1200	400	240
J	Ciprofloxacin	37	41	280	1500
J	Tetracyklin	1600	420	260	450
J	Norfloxacin	E.D	E.D	E.D	970
M	Diklofenak	E.D	E.D	E.D	140
M	Naproxen	260	E.D	E.D	E.D
N	Citalopram	E.D	160	130	260
N	Fluoxetin	110	E.D	210	58
N	Paracetamol	830	E.D	E.D	E.D

I Arvika, Kristinehamn och Brålanda avloppsreningsverk var halterna av ciprofloxacin höga (>1,4 mg/kg TS) (tabell 18).

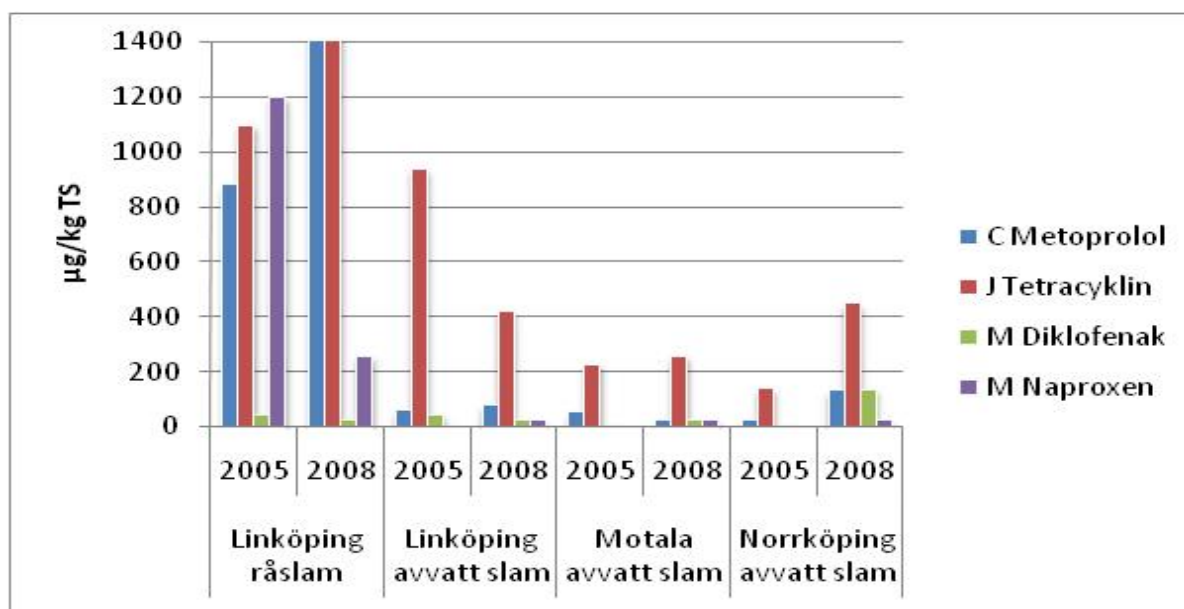
Tabell 18. Halten ($\mu\text{g/kg TS}$) av läkemedelssubstanser i avvattnat slam i avloppsreningsverken från Arvika, Kristinehamn och Brålanda

ATC-grupp	Substans	Avvattnat slam Arvika ($\mu\text{g/kg TS}$)	Avvattnat slam Kristinehamn ($\mu\text{g/kg TS}$)	Avvattnat slam Brålanda ($\mu\text{g/kg TS}$)
C	Furosemid	320	140	E.D
C	Metoprolol	53	E.D	100
J	Ciprofloxacin	1900	3200	1400
J	Doxycyklin	E.D	E.D	120
J	Norfloxacin	450	690	600
J	Tetracyklin	220	240	190
M	Diklofenak	210	160	87
N	Citalopram	E.D	310	760
N	Fluoxetin	53	56	94
N	Sertralin	320	640	320

Jämförelser med år 2005 och andra avloppsreningsverk

Vid jämförelser av halten läkemedelsrester i slam var halten av metoprolol och tetracyclin högre i råslam från Linköping år 2008 jämfört med år 2005 (figur 19). I det avvattnade slammet var halterna av läkemedelssubstanser klart lägre än i råslammet.

Jämfört med andra studier av slam i svenska avloppsreningsverk har halten av sertralin varit lägre (0,002-0,31 mg/kg TS) än i denna studie, medan halten ciprofloxacin legat på samma nivå eller högre (0,5-4,8 mg/kg TS) (Wahlberg et al. 2010). Av övriga detekterade substanser i slam låg de på ungefär samma nivå, förutom för furosemid som ej har uppmätts. I en nyligen publicerad studie analyserades slam från Bromma respektive Henriksdals reningsverk (Stockholm). Där uppmättes höga halter av ciprofloxacin (>3,5 mg/kg TS), tetracyclin (>2,4 mg/kg TS) och ketokonazol (finns i mjällschampo) (>1 mg/kg TS) (Wahlberg et al 2010). Halterna av ciprofloxacin och tetracyclin var högre i dessa studier än i slammet från reningsverken i denna studie.



Figur 19. Jämförelser mellan åren 2005 och 2008 av halten läkemedelssubstanser i slam från avloppsreningsverken i Linköping, Motala och Norrköping. Staplarna för metoprolol (5400 µg/kg TS) och tetracyclin (1600 µg/kg TS) i råslam från Linköping är kapad på grund av skalan på y-axeln.

Läkemedelsrester i avloppsvatten från sjukhus

På sjukhusen är det stort flöde av besökare till mottagningar, besökare till inläggande och personal som använder sjukhusens toaletter. De bidrar till att större mängder av läkemedel släpps ut från sjukhuset än vad som köps in. Storleken på sjukhus och vilken sjukvård som bedrivs styr användningen av läkemedel och därmed vad som släpps ut. På Universitetssjukhuset i Linköping bedrivs högspecialiserad sjukvård med upptagningsområde för befolkningen i Östergötlands, Kalmar och Jönköpings län. Sjukhuset har flera mottagningar, specialistavdelningar och hade cirka 630 vårdplatser år 2008 och en del dagkirurgi utförs. Lasarettet i Motala är ett mindre sjukhus med dagkirurgi, mottagningar, privat sjukvård och har cirka 110 vårdplatser. Vrinnevisjukhuset i Norrköping är ett mindre sjukhus med en del

specialistvård, cirka 310 vårdplatser och flera mottagningar. Centralsjukhuset i Karlstad fungerar som länssjukhus för Värmlands läns befolkning och som närsjukhus för befolkningen i närliggande kommuner. På sjukhuset finns mottagningar, specialistavdelningar med 429 vårdplatser och utför även dagkirurgi.

En annan faktor som styr användningen och utsläppen av läkemedel är vilka läkemedel som står på landstingens rekommenderade lista för val av läkemedel vid behandlingar. Paracetamol och naproxen är exempel på läkemedel som står på landstingens rekommenderade lista för behandling av smärta och rekommenderas även att användas av dagkirurgiska patienter.

Paracetamol förekom i störst mängd i avloppsvattnet från samtliga sjukhus i studien, framförallt från sjukhuset i Karlstad (tabell 19), men mängden är oförklarligt stor. Vid den aktuella provtagningspunkten tillkommer även avloppsvatten från andra fastigheter vilket medför att läkemedelssubstanser från boende utanför sjukhuset bidrar till belastningen. Den procentuellt större mängden i utgående avloppsvatten jämfört med försäljningen av substanserna atenolol, enalapril, furosemid, hydroklortiazid, trimetoprim, naproxen, oxazepam och paracetamol är oförklarligt stora. Bidrag från andra hushåll medför högre belastning av läkemedelssubstanser i avloppsvattnet, men det förklarar inte de stora procentuella skillnaderna. Vid jämförelser med övriga sjukhus och dess bidrag av läkemedelsrester till avloppsreningsverken var sjukhuset i Karlstads bidrag större (tabell 20). Rimligheten i data för sjukhuset i Karlstad har därför diskuterats med Karlstad kommun och sjukhusets miljöansvariga. Fel val av provtagningspunkt, fel vid flödesberäkning, fel vid provhanteringen eller fel vid analysen har diskuterats, då inga rutiner från sjukhusets verksamheter kan härledas till de högre utsläppen.

Anmärkningsvärt är att atenolol förekom i mycket större mängd i avloppsvatten från sjukhuset i Linköping jämfört med försäljningen. Procentuellt var mängderna i samma storleksordning som i utgående avloppsvatten och försäljningen för Linköpings kommun. Orsaken till detta är oklar.

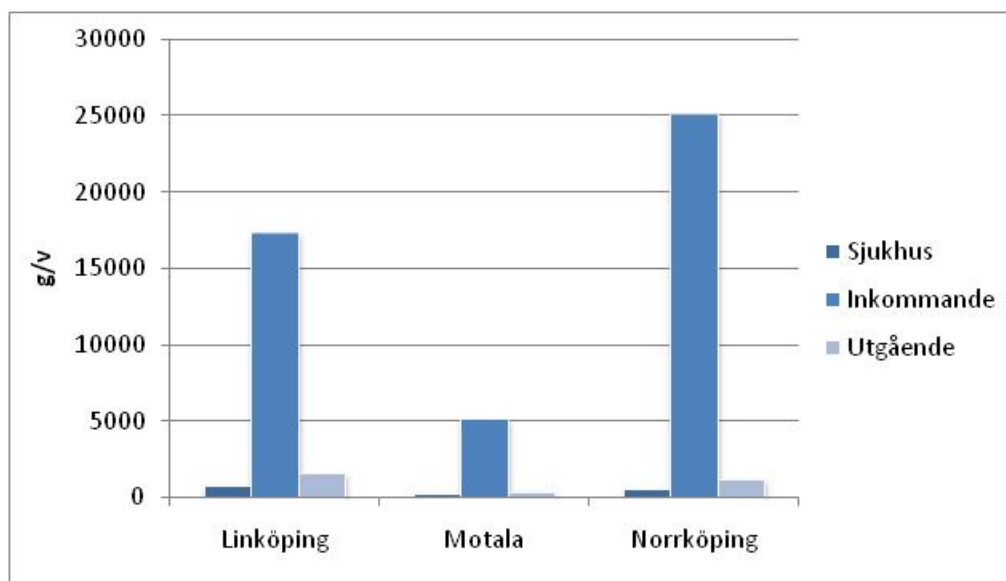
Tabell 19. Beräknad mängd (g/v) av de 15 läkemedelssubstanser som uppmättes i avloppsvatten från sjukhusen i Linköping, Norrköping, Motala och Karlstad. Tabellen anger även hur många procent av läkemedelsförsäljningen som förekom i utgående avloppsvatten vid provtagningstillfället. Kursiv fet stil anger beräkningar som baserats på värden vid detektionsgränsen. Tabellen innehåller oförklarliga värden, speciellt gäller detta Karlstad.

ATC-grupp	Substans	Linköping		Motala		Norrköping		Karlstad	
		g/v	(%) av försälj.	g/v	(%) av försälj.	g/v	(%) av försälj.	g/v	(%) av försälj.
C	Atenolol	148	1345	2,6	3,5	10	7,0	31	508
C	Enalapril	0,5	8,8	0,5	2,9	0,8	17	3,4	130
C	Furosemid	33	38	27	17	8,2	9,2	100	185
C	Hydroklortiazid	1,9	238	1,1	0,3	1,3	76	17	3208
C	Metoprolol	45	76	0,3	17	3,2	11	13	54
J	Erytromycin	0,15	0,63	1,4	0	0,8	16	1,6	11
J	Tetracyklin	3,4	-	10	0	0,06	-	1,1	22
J	Trimetoprim	1,9	15	2,1	6,8	1,7	9,4	4,4	367
M	Diklofenak	2,7	5,5	0,2	12	5,9	21	22	51
M	Ibuprofen	1,5	0,8	1,4	75	30	13	200	86
M	Ketoprofen	1,7	-	0,5	0	0,5	-	1,4	-
M	Naproxen	174	387	9,4	20	33	138	52	520
N	Citalopram	0,09	2,0	0,1	1,8	0,4	13	1,1	24
N	Oxazepam	3,5	64	1,1	1,7	3,5	52	8,1	165
N	Paracetamol	644	8,2	275	1599	531	11	5173	153

Tabell 20. Sjukhusens procentuella bidrag av läkemedelssubstanser i inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverken i Linköping, Motala, Norrköping och Karlstad vid provtagningstillfället. Tabellen innehåller oförklarliga värden, speciellt gäller detta Karlstad.

ATC-grupp	Substans	Linköping	Motala	Norrköping	Karlstad
C	Atenolol	1,1	1,3	0,83	12
C	Enalapril	1,4	2,0	0,86	23
C	Furosemid	4,2	16	1,9	136
C	Hydroklortiazid	1,2	2,5	0,66	15
C	Metoprolol	1,8	1,9	1,1	25
J	Erytromycin	2,3	4,5	1,3	3,5
J	Tetracyklin	3,2	-	0,60	5,7
J	Trimetoprim	7,1	19	6,2	9,5
M	Diklofenak	2,6	0,41	1,5	6,6
M	Ibuprofen	2,3	2,2	1,0	10
M	Ketoprofen	0,7	0,98	0,49	3,8
M	Naproxen	2,9	2,1	2,7	13
N	Citalopram	2,8	6,7	5,5	16
N	Oxazepam	3,0	2,3	3,2	15
N	Paracetamol	6,5	6,2	18	75

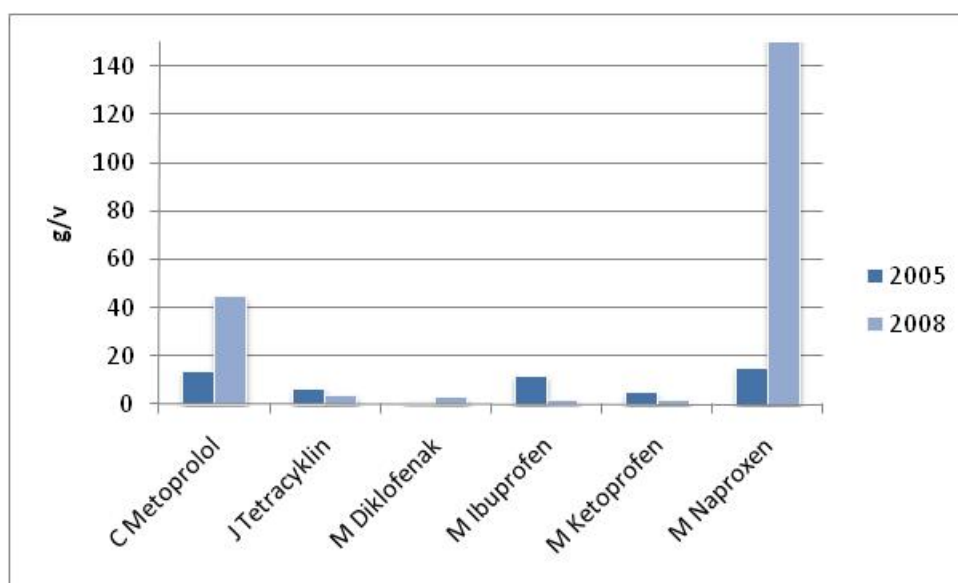
I figur 20 har mängderna räknats samman för substanserna diklofenak, furosemid, ketoprofen, naproxen, enalapril, erytromycin, paracetamol, ibuprofen, tetracyklin. Data från Karlstad visas ej i sammanräkningen av substanserna på grund av oförklarliga värden från sjukhuset.



Figur 20. Sammanlagd mängd (g/v) av diklofenak, furosemid, ketoprofen, naproxen, enalapril, erytromycin, paracetamol, ibuprofen, tetracyklin i avloppsvatten som uppmättes under våren 2008 från sjukhusen, inkommande och utgående avloppsvatten till respektive från reningsverken.

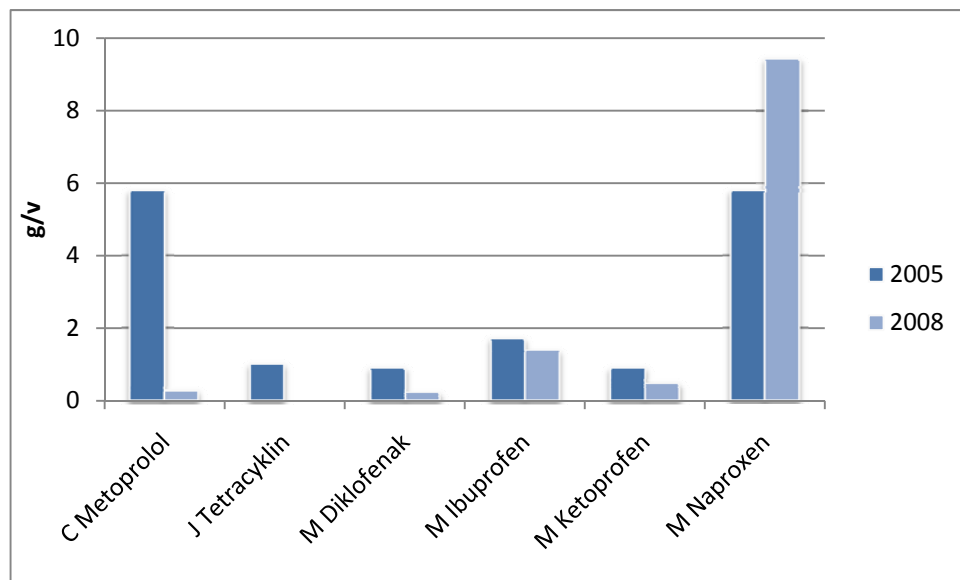
Jämförelser med år 2005

Jämförelser mellan provtagningsåren har genomförts för att studera om utsläppsmängderna från sjukhusen har förändrats och om det går att relatera till förändringar i försäljningen. Naproxen och metoprolol förekom i avloppsvattnet från sjukhuset i Linköping i mycket större mängder år 2008 jämfört med år 2005 (figur 21), trots att försäljningen av naproxen och metoprolol till sjukhuset har minskat år 2008. Eventuellt kan detta bero på en förskjutning i användning, det vill säga mer av dessa läkemedelssubstanser inköptes tidigare på våren.



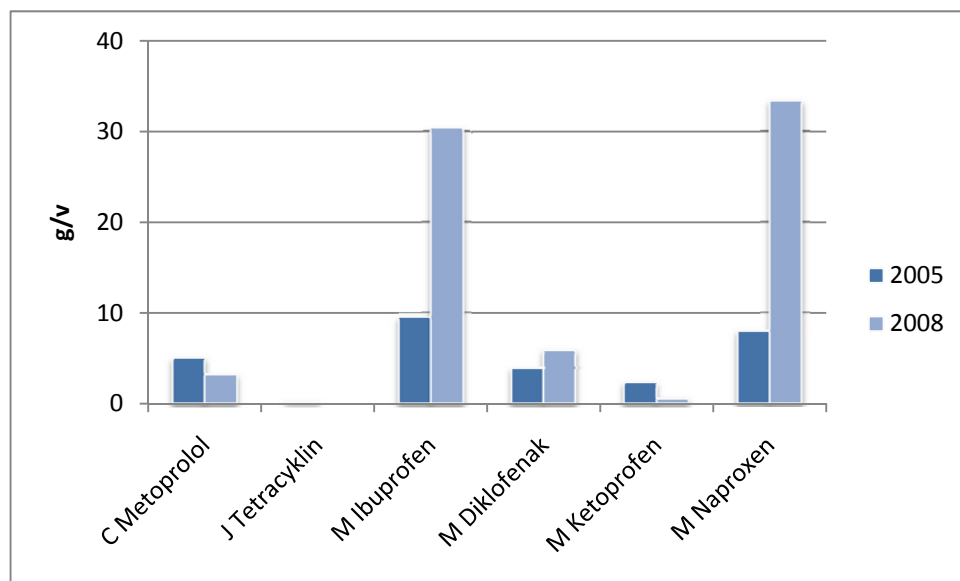
Figur 21. Jämförelser av mängden (g/v) läkemedelssubstanser i avloppsvatten från sjukhuset i Linköping år 2005 och år 2008. Stapeln för naproxen (651 g/v) är kapad på y-axeln på grund av skalan.

Utsläppsmängderna från Motala sjukhus är små jämfört med övriga sjukhus (figur 22). Det beror på att verksamheten är liten och har få inläggande patienter. Naproxen förekom i avloppsvattnet i något större mängd år 2008 jämfört med år 2005. Det överensstämmer med försäljningen på sjukhuset. Övriga substanser var lägre år 2008.



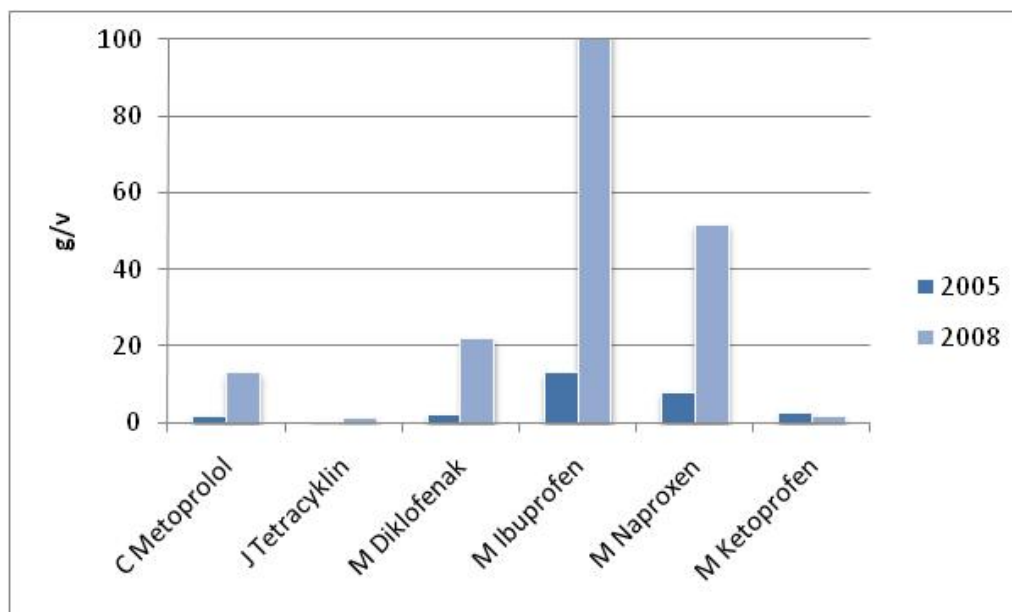
Figur 22. Jämförelser av mängden (g/v) läkemedelssubstanser i avloppsvatten från sjukhuset i Motala år 2005 och 2008.

Ibuprofen och naproxen förekom i större mängder i avloppsvattnet från sjukhuset i Norrköping år 2008 jämfört med år 2005 (figur 23). Det överensstämmer med försäljningen av dessa substanser på sjukhuset. Minskad försäljning av tetracyklin och ketoprofen överensstämmer även med minskningen av dessa substanser i avloppsvattnet.



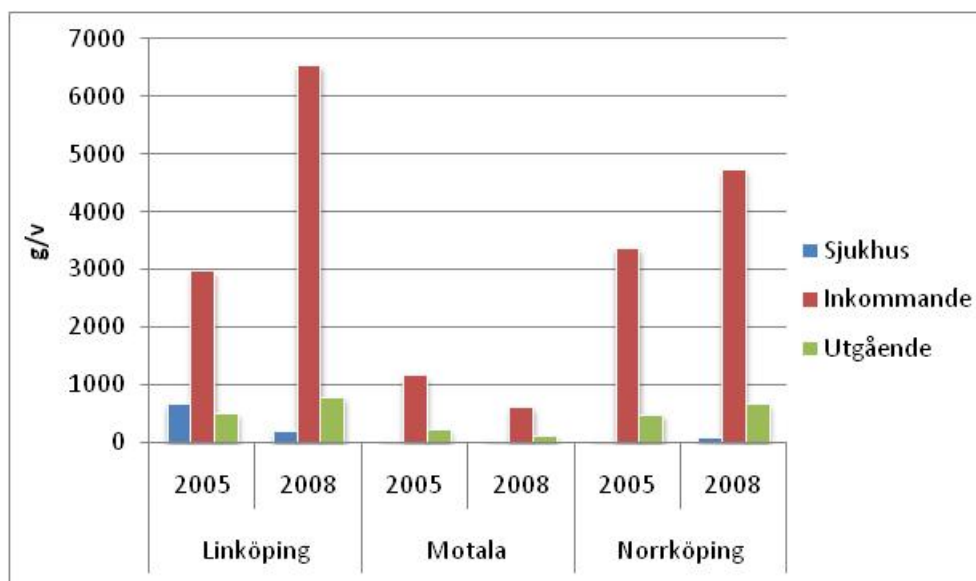
Figur 23. Jämförelser av mängden (g/v) läkemedelssubstanser i avloppsvatten från sjukhuset i Norrköping år 2005 och 2008.

Vid jämförelser av erhållna data förekom enbart ketoprofen i mindre mängd i avloppsvattnet från sjukhuset i Karlstad år 2008 jämfört med år 2005. Övriga substanser fanns i större mängd (figur 24). Ibuprofen förekom i störst mängd år 2008. Försäljningen av ibuprofen har ökat, medan försäljningen av ketoprofen, naproxen, tetracyklin och metoprolol har minskat år 2008. Även år 2005 användes samma pumpstation till provtagningen. Den större skillnaden kan således inte förklaras av bidrag från närliggande hushåll, eftersom tillflödet bör ha varit ungefär lika vid de båda mätillfällena. Det tyder på att det kan ha varit ett fel vid provtagningen, provhanteringen eller vid analysen. Detta medför att inga slutsatser kan dras av resultaten.



Figur 24. Jämförelser av mängden (g/v) läkemedelssubstanser i avloppsvatten från sjukhuset i Karlstad år 2005-2008. Stapeln för ibuprofen (199 g/v) är kapad på y-axeln på grund av skalan.

Vid jämförelser mellan provtagningarna år 2005 och år 2008 var det sammanlagda läkemedelsflödet av tetracyklin, naproxen, diklofenak, ibuprofen och ketoprofen från sjukhus till utgående avloppsvatten i reningsverken generellt mindre år 2008, förutom i Norrköping (figur 25). De högre staplarna i diagrammet domineras av mängden naproxen och ibuprofen. Resultat från Karlstad är ej med i sammanräkningen på grund av oförklarliga värden år 2008.



Figur 25. Sammanlagd mängd (g/v) av tetracyclin, naproxen, diklofenak, ibuprofen och ketoprofen i avloppsvatten som uppmättes både under våren 2005 och 2008 från sjukhusen, inkommande och utgående avloppsvatten till respektive från reningsverken.

Ytvatten i Roxen

I ytvattnet i sjön Roxen, Linköpings kommun, nedströms avloppsreningsverket detekterades endast atenolol (69 ng/l). Det var också den substans som förekom i oförklarligt stor mängd från sjukhuset och i inkommande och utgående avloppsvatten från reningsverket i Linköping. Vid provtagningen år 2005 i recipienten (Stångån/Roxen) detekterades metoprolol (50 ng/l), doxycyklin (50 ng/l), oxitetracyclin (30 ng/l) och tetracyclin (70 ng/l). Provtagningen år 2005 skedde då närmare avloppsreningsverkets utsläppspunkt.

Dricksvatten

Fler läkemedelssubstanser detekterades i råvatten jämfört med dricksvatten från vattenverken i Linköping (Råberga, Berggården), Motala (Råsnäs) och Norrköping (Borg) (tabell 21-22). Flest substanser mättes upp i råvatten från Borgs vattenverk i Norrköping (tabell 22).

Tabell 21. Detekterade substanser (ng/l) i råvatten och dricksvatten från vattenverken i Linköping (Råberga, Berggården).

ATC-grupp	Substans	Råberga råvatten	Råberga dricksvatten	Berggården råvatten	Berggården dricksvatten
C	Atenolol	1	E.D	6	E.D
C	Metoprolol	2	0,4	1	E.D
G	Östron	0,1	E.D	0,1	E.D
J	Erytromycin	E.D	E.D	0,5	E.D
J	Trimetroprim	E.D	E.D	0,3	E.D
M	Ibuprofen	1	E.D	1	E.D
M	Naproxen	2	E.D	E.D	E.D
N	Dextropropoxifen	0,1	E.D	0,1	E.D
N	Karbamazepin	2	2	2	3
N	Koffein	39	E.D	41	E.D
N	Paracetamol	E.D	E.D	6	2
N	Risperidone	E.D	0,3	E.D	E.D
N	Tramadol	2	0,9	2	2
R	Cetirizine	0,5	E.D	0,5	E.D

Tabell 22. Detekterade substanser (ng/l) i råvatten och dricksvatten från vattenverken i Motala (Råsnäs) och Norrköping (Borg).

ATC-grupp	Substans	Råsnäs råvatten	Råsnäs dricksvatten	Borg råvatten	Borg dricksvatten
C	Atenolol	0,8	E.D	7	3
C	Furosemid	E.D	E.D	5	E.D
C	Hydroklortiazid	E.D	E.D	4	2
C	Isorbidmonitrat	E.D	E.D	0,5	E.D
C	Losartan	E.D	E.D	1	E.D
C	Metoprolol	0,4	E.D	3	2
D	Ketoconazole	E.D	E.D	12	E.D
G	Östron	0,1	E.D	E.D	E.D
J	Erytromycin	E.D	E.D	0,5	E.D
J	Trimetroprim	E.D	E.D	0,7	E.D
M	Ibuprofen	0,6	E.D	2	E.D
M	Naproxen	E.D	E.D	2	1
N	Clozapine	E.D	E.D	0,4	E.D
N	Diklofenak	E.D	E.D	0,8	E.D
N	Oxazepam	E.D	E.D	2	E.D
N	Tramadol	0,7	0,18	6	5
R	Cetirizine	E.D	E.D	1	1

Diskussion

Många landsting, kommuner, avloppsreningsverk och universitet har utfört studier kring förekomsten av läkemedel i miljön. Intresset för läkemedelsutsläpp har varit stort under flera år. Det medför att kunskapsuppbyggnaden har blivit större men studier av samverkans effekter mellan läkemedelssubstanser samt med andra kemiska ämnen som släpps ut i miljön är fortfarande bristfällig. Flera studier har påvisat effekter av enskilda läkemedelssubstanser på bakterier, alger, daphnia, grodyngel och fiskar främst i toxikologiska studier under kort tid med höga exponeringshalter (Tribeskorn et al. 2004, Schwaiger et al. 2004, Hallare et al. 2004, Fent et al. 2006). Flera studier av exponering för avloppsvatten har genomförts för att bedöma

effekterna på akvatiska organismer (Fent et al. 2006, Larsson et al 2007, Kümmerer et al. 2009, Fick et al. 2010). Avloppsvattnet innehåller en blandning av substanser från olika läkemedelsgrupper och andra kemiska ämnen som kan förstärka effekten. Beräkningar har utförts för att uppskatta riskerna, men det är svårt att urskilja vilka ämnen i avloppsvattnet som ger störst effekt (Watkinson et al. 2007, Kümmerer et al. 2009, Gros et al. 2010). Den kemiska strukturen på läkemedelssubstanser inom samma grupp kan också vara mycket olika. Det medför att substansernas effekter i miljön kan skilja (Kümmer 2009). Främst är det vattenlevande organismer som påverkas negativt av läkemedelsutsläpp. I områden där utsläppen är stora som till exempel i Indien, där avloppsvatten från läkemedelsindustrin, via reningsverk har undersökts finns stora risker för allvarliga effekter på vattenlevande organismer på grund av höga utsläppshalter (Larsson et al. 2007). I Sverige är halterna mycket lägre i utgående avloppsvatten och läkemedelsresterna späds ytterligare i recipienterna. Det är allmänt känt att effekter av etinylestradiol sker vid låga halter, till och med under detektionsgränsen i våra studier (Helmfrid 2006). För andra läkemedelssubstanser finns inte tillräckligt med studier utförda. Därför kan inte alla substanser med säkerhet miljöbedömas i FASS. Istället har man skrivit att risk för miljöpåverkan inte kan uteslutas. Fler studier behövs för att kunna förutsäga riskerna vid de nivåer som förekommer i miljön idag.

Läkemedelsförsäljning

Paracetamol är smärtstillande och används av flest människor både inom öppenvård, slutenvård och bland receptfria läkemedel enligt Socialstyrelsens statistik (Socialstyrelsen 2009 b). Det överensstämmer även med resultaten i denna studie. Bland receptfria läkemedel dominerade försäljningen av paracetamol och ibuprofen. Inom slutenvården dominerade försäljningen paracetamol och furosemid. Inom öppenvården dominerade förutom paracetamol substanserna citalopram, atenolol, metoprolol, enalapril och furosemid. Dessa substanser är mot sjukdomar inom grupperna N (nervsystemets sjukdomar) respektive C (hjärt- och kärlsjukdomar) och används av många personer. Inom den sistnämnda gruppen finns läkemedel som ofta används i förebyggande syfte mot hjärt- och kärlsjukdomar, genom att behandla förhöjda blodfetter och högt blodtryck. Användningen av dessa läkemedel har ökat mycket bland äldre personer (Socialstyrelsen 2009 a). En del av dessa läkemedelssubstanser (främst atenolol, metoprolol, furosemid) förekom i störst mängd i utgående avloppsvatten. Enligt FASS kan inte miljörisker uteslutas för atenolol, medan miljörisken för metoprolol och furosemid bedöms som försumbar. Andra studier kan inte utesluta risker för vattenlevande organismer. Hur stora riskerna är beror på vilka koncentrationer som släpps ut i miljön och samverkan med andra läkemedelssubstanser och andra kemiska ämnen som finns i avloppsvatten (Fent et al. 2006, Munch Christensen et al. 2009, Kümmerer 2009).

Paracetamol bryts snabbt ner i reningsverken och utgör ingen risk för vattenlevande organismer (Fent et al. 2006, Naturvårdsverket 2008). I denna studie var även halterna av ibuprofen under detektionsgränsen i utgående avloppsvatten, vilket det inte var vid förra mättillfället. Ibuprofen har detekterats i de flesta studier men reduceras i olika hög grad i reningsverken (Fent et al. 2006, Munch Christensen et al. 2009).

Vid jämförelser med år 2005 har försäljningen ökat av metoprolol inom öppenvården i Motala, Norrköping, Karlstad och Kristinehamn. Enligt Socialstyrelsens statistik för år 2005 och år 2008 har försäljningen av metoprolol och ibuprofen ökat med cirka 20 procent i Sverige (Socialstyrelsen 2006, 2009 b). Ökningen överensstämmer även med den receptfria försäljningen av ibuprofen i medverkande kommuner i denna studie.

Försäljningen av tetracyklin har minskat jämfört med år 2005 både inom öppenvården och inom slutenvården. Det beror sannolikt på de stramare restriktionerna kring antibiotikaföreskrivningen och diskussionerna kring risken för antibiotikaresistens. Halterna av tetracyklin i utgående avloppsvatten har minskat till följd av minskad användning vilket är positivt för miljön.

Läkemedelsrester i avloppsvatten från reningsverk

Analys av läkemedelsrester i avloppsvatten är svåra att utföra. Analysresultatet påverkas av att inkommande avloppsvatten innehåller mycket suspenderat material. En del läkemedelssubstanser är bundna till det suspenderade materialet. Flera analysmetoder inleds med att filtera bort partikelfasen vid provupparbetning av orenat avloppsvatten (inkommande avloppsvatten). Analysen görs sedan i klarfasen. Det innebär att en del substanser som sitter bundna till partiklar missas i analysen och värdet i inkommande avloppsvatten blir för lågt i förhållande till värdet i utgående. Utgående avloppsvatten innehåller avsevärt mindre suspenderat material och behöver inte filtreras innan analys. Analysmetoderna har också en mätosäkerhet vid de aktuella halterna kring 10-20 procent (Naturvårdsverket 2008).

Resultatet från mätningarna i denna studie innehåller en del oförklarliga värden. Laboratoriet har kontrollerat data i efterhand och inte funnit några fel i analysresultaten. Vid jämförelser med andra uppmätta halter i svenska avloppsreningsverk utmärker sig inte resultaten, förutom för atenolol i avloppsvatten från sjukhuset och från reningsverket i Linköping som överskrider tidigare uppmätta halter. Det var dock stora variationer i mätresultaten. Vid jämförelser med inkommande och utgående halter från samma avloppsreningsverk i denna studie påvisade uppmätta halter av substanserna citalopram, hydroklortiazid, metoprolol, oxazepam och trimetoprim enligt vår bedömning oförklarliga nivåer i reduktionsgrad. I utgående avloppsvatten var halterna mellan 150-1200 gånger högre jämfört med inkommande avloppsvatten i samtliga reningsverk med undantag av trimetoprim i Arvika och Karlstad och metoprolol i Brålanda. För citalopram och oxazepam kan förklaringen vara att dessa sitter bundna till suspenderat material och har missats i analysen, på grund av provberedningen, i inkommande avloppsvatten. Det kan också delvis bero på att substanserna kommer in till reningsverket i konjugerad form och syns därför inte i analysen. I reningsverket spjälkas konjugatet och återgår till den aktiva substansen som kan mätas med analysmetoden (Benz et al. 2005, Veino et al. 2007, Naturvårdsverket 2008, Radjenovic et al. 2009, Gros et al. 2010). I andra studier har man också noterat att dessa substanser förekommer i högre halter i utgående avloppsvatten jämfört med inkommande, men inte påvisat lika stora skillnader i resultat som vi har erhållit.

I Östergötlands avloppsreningsverk förekom atenolol, metoprolol, hydroklortiazid, furosemid, naproxen och diklofenak i störst mängder i utgående avloppsvatten. I Värmlands avloppsreningsverk förekom atenolol, hydroklortiazid, diklofenak och metoprolol i störst mängder. Dessa substanser används av många personer och reduceras lite eller inte alls i reningsverken. Utsläppen av hydroklortiazid var större än försäljningen i samtliga kommuner. Även utsläppen av atenolol, metoprolol (Linköping) och trimetoprim (Arvika, Karlstad, Brålanda) var större än försäljningen under studietiden. Delvis kan det bero på att apoteksstatistiken är ett veckomedelvärde av den försålda mängden under en tvåmånadersperiod. All medicin används inte direkt utan lagras hemma eller i medicinskåp på vårdinrättningar. De utsläppsmängder som uppmätts kan därför spegla tidigare inköp.

Som tidigare nämnts var halten atenolol från avloppsreningsverket i Linköping mycket högre i både inkommande och utgående avloppsvatten än övriga avloppsreningsverk. Den högre halten kan inte förklaras av hög försäljning av atenolol, eftersom försäljningen inte var större i Linköping än i Norrköping, vars avloppsvatten innehöll mycket lägre halter av atenolol. Vid jämförelser med andra studier i Sverige (Naturvårdsverket 2008) och genomgång av internationell litteratur kan vi inte finna så höga uppmätta halter av atenolol i avloppsvatten. Anmärkningsvärt är också att halten atenolol från sjukhuset i Linköping också var hög och atenolol var den enda substans som detekterades i sjön Roxen. Orsaken till detta är oklar.

I de flesta avloppsreningsverk i denna studie reducerades inte atenolol, furosemid, diklofenak, hydroklortiazid, citalopram, oxazepam, metoprolol och trimetoprim. Erytromycin reducerades lite i de flesta reningsverk. Det överensstämmer även med andra studier som har påvisat liten eller ingen nedbrytning av dessa substanser (Woldegiorgis et al. 2007, Naturvårdsverket 2008, Radjenovic et al. 2009, Zorita et al. 2009, Gros et al. 2010).

Avloppsreningsverket i Brålanda reducerade flest läkemedelssubstanser och hade högst reduktionsgrad av flertalet substanser. Sannolikt beror det på att färre hushåll är anslutna till reningsverket i förhållande till dimensioneringen än övriga reningsverk samt att Brålanda ej tar emot externslam. Externslam och många anslutna hushåll medför ett mindre tillförsel av läkemedelsrester. Den längre uppehållstiden förbättrar också reduktionsgraden, men det är inte hela förklaringen. Avloppsreningsverket i Karlstad har också angett lika lång uppehållstid och har dessutom infört kvävereducering som anses förbättra reduceringsprocessen av läkemedelsrester.

Naproxen, paracetamol, enalapril och ibuprofen hade högst reduktionsgrad i de flesta avloppsreningsverk i denna studie. Enligt Naturvårdsverkets rapport (2008) hade enalapril, ibuprofen och tetracyklin högst reduktionsgrad i de studier som tidigare utförts i Sverige. För paracetamol fanns ingen beräkning, men medelvärden för utgående halter påvisar mycket högre halter i inkommande avloppsvatten än i utgående avloppsvatten (Naturvårdsverket 2008).

Det är flera faktorer som påverkar hur mycket som kommer ut i recipienten via avloppsreningsverken, bland annat reningsprocess och teknik, uppehållstid, slamålder (den tid slammet finns i biosteget), temperatur, pH, vattenflöde, användning av läkemedel, läkemedlens fysikaliska och kemiska egenskaper, antal personer som är anslutna och om reningsverken tar emot externslam. Nedbrytning av vissa läkemedelssubstanser är även koncentrationsberoende. Högre koncentration av substanserna medför snabbare nedbrytning. Flera studier har påvisat att avloppsreningsverk med utbyggd kväverening, hög slamålder och längre uppehållstid har bättre förmåga att reducera läkemedelssubstanser (Svensson et al. 2003, Clara et al. 2005, Mauer et al. 2007, Nikolaou et al. 2007, Naturvårdsverket 2008, Kümmerer 2009, Zorita et al. 2009, Gros et al. 2010). En finsk studie kunde inte påvisa detta, men det kan bero på att stora mängder dagvatten läckt in i avloppsreningsverket och medfört höga vattenflöden med ökad utspädning som följd (Vieno et al. 2007). I denna studie kan vi inte heller påvisa att hög slamålder och lång uppehållstid har minskat läkemedelsresterna generellt. Eventuellt kan uppehållstiden ha haft betydelse för reducering av antibiotika och läkemedel för hjärt- och kärlsjukdomar. I Karlstad respektive i Brålanda reducerades dessa substanser mest.

Det finns inga större skillnader i reningsmetod mellan avloppsreningsverken i studien. Samtliga har mekanisk, kemisk och biologisk rening, vilka är de vanliga reningsmetoderna i Sverige (Naturvårdsverket 2008). Alla utom Brålanda har utökad kvävereduktion. Ingen av

reningsverken kan reducera alla läkemedelssubstanser. Flera tekniker såsom ozonering, oxidering, fotokatalysering, elektrolys, UV-ljus med väteperoxid, membranbioreaktor (MBR), kombination av kemisk- fysikalisk och biologisk nedbrytning samt nedbrytning i våtmarker etc. har studerats (Batt 2007, Kimura 2007, Klavarioti et al. 2009, Kümmerer 2009). Aktivt kol och ozonering har visat god effekt på reducering av läkemedelsrester (Wahlberg et al. 2010).

I denna studie analyserades fler substanser jämfört med år 2005. År 2005 dominerade de sex substanserna metoprolol, naproxen, diklofenak, ibuprofen, ketoprofen och tetracyklin i avloppsvatten. Vid uppföljningen år 2008 hade mängden diklofenak, naproxen och metoprolol ökat vid flera avloppsreningsverk, medan mängden tetracyklin hade minskat vid alla reningsverk jämfört med tidigare mätning. Även ibuprofen hade minskat hos de flesta reningsverk, utom i Kristinehamn. Att tetracyklin har minskat beror sannolikt på strängare restriktioner av förskrivning av antibiotika som lett till minskad försäljning. Försäljningen speglar till viss del av vad som kommer ut i avloppsvattnet. Ökad tillgänglighet av receptfria läkemedel som diklofenak och naproxen har ökat mängderna av dessa substanser i avloppsvatten. Förskrivningen av metoprolol står på landstingens rekommenderade lista, vilket medför ökad försäljning inom öppenvård och slutenvård och avspeglas i avloppsvatten. Att ibuprofen inte detekterades i avloppsvattnet från flera reningsverk i denna studie beror sannolikt på ändrad detektionsgräns. ALS hade högre detektionsgräns denna gång jämfört med tidigare. Vid förra mätningen var detektionsgränsen för ibuprofen 100 ng/l jämfört med den senaste mätningen, då detektionsgränsen var 400 ng/l vatten.

Avloppsreningsverken i Linköping och Karlstad har utökat den biologiska kvävereningen sedan provtagningen år 2005 och bör därmed ha fått bättre reningsgrad på vissa läkemedelsrester. I Linköping överensstämmer inte detta med mätningarna på uppmätta substanser. Reningsverket i Karlstad uppvisar däremot förbättrad rening jämfört med mätningarna år 2005. Vid förra mätningen var hela det biologiska reningssteget avstängt under provtagningsveckan i Karlstad, vilket sannolikt påverkat resultatet.

För att kunna se en tidstrend måste återkommande analyser utföras som jämförs med försäljningssiffror. Det är också en fördel om samma laboratorium anlitas men då bör också företaget använda sig av samma underleverantörer. I denna studie använde inte det anlitate analysföretaget samma underleverantör, vilket vi inte informerades om innan offerten antogs. Analysmetoderna och dess känslighet kan skilja mellan laboratorierna, vilket även har visats vid en studie av interkalibrering mellan laboratorierna (Wahlberg et al. 2010). Det blir också svårt att jämföra data när detektionsgränserna skiljer mellan studietillfällena. Det är önskvärt att analysföretagen förbättrar sina analysmetoder och att de interkalibrerar sina mätvärden med varandra, så att resultaten blir mer jämförbara och tillförlitliga. Det bör finnas krav på kvalitetssäkring för läkemedelsanalyser.

Läkemedelsrester i slam

I slam dominerade sertralin, tetracyklin, citalopram, furosemid och metoprolol. Alla utom sertralin förekom även i utgående avloppsvatten i större mängder. Dessa substanser har även tidigare återfunnits i högre halter i slam i andra svenska studier (Naturvårdsverket 2008). Halten metoprolol i råslam från Linköpings avloppsreningsverk var mycket hög men mycket lägre i det avvattnade slammet. Det kan bero på att metoprolol har låg sorptionskoefficient (Mauer et al. 2007), vilket innebär att substansen inte binds så lätt till slam, utan följer med vattenfasen när slammet har behandlats.

Sertralin, ciprofloxacin och tetracyklin binder till slam och är resistent mot nedbrytning i slambehandlingsprocessen (Lindberg et al. 2006, 2007, Naturvårdsverket 2007, Watkinson et al. 2007, Kümmerer 2009, Vasskog et al. 2009, Zorita et al. 2009). En viss nedbrytning av substanserna sker i slammet och metaboliter bildas. Studier har påvisat att metaboliter av bland annat sertralin, har ökat under de första dagarna vid komposteringsförsök (Vasskog et al. 2009). Man vet dock lite om vilka nedbrytningsprodukter som bildas både av antidepressiva läkemedel och av antibiotika, och om de är mer eller mindre toxiska än de aktiva substanserna (Kümmerer 2009, Vasskog et al. 2009). Diskussion kring spridning av antibiotikaresistenta bakterier har diskuterats (Lindberg et al. 2006, 2007, Naturvårdsverket 2007, Watkinson et al. 2007, Kümmerer 2009, Vasskog et al. 2009, Zorita et al. 2009).

Få provtagningar är utförda i slam, men i de studier som har utförts har få substanser detekterats i varierande halter. I Norge har en riskbedömning med avseende på slamspridning på åkrar utförts (Aquateam 2005). De har bedömt att det inte finns någon risk för spridning av slam på åkrar med avseende på inhemska förhållanden, för att slammet innehåller få substanser och slammet sprids vart tionde år. Andra författare menar att kunskapen om halveringstider, biotillgänglighet och effekter i miljön är bristfällig. Fler studier behöver utföras innan miljörisken kan uteslutas (Kümmerer 2009, Radjenovic 2009, Vasskog et al. 2009).

Läkemedelsrester i avloppsvatten från sjukhus

Paracetamol används mycket på sjukhus och det avspeglas i avloppsvattnet, men det bryts snabbt ner i avloppsreningsverken. Antibiotika är också mycket vanligt på sjukhus men användningen är säsonsberoende. Mer antibiotika används på vintern. Vår studie utfördes under våren då antibiotikaanvändningen är låg och förmodligen förekommer antibiotika i högre nivåer i avloppsvattnet på vintern. Verksamheternas användning av läkemedel styr vad som kommer ut i avloppsvattnet i olika grad. På de flesta sjukhus speglade inköpen som kom ut i avloppsvattnet, men besökare till mottagningar, besökare till inneliggande patienter, dagkirurgi och personal bidrar med ytterligare läkemedelsrester i avloppen. Dessutom överensstämmer inköpen inte helt med den faktiska användningen. Avdelningar köper in mycket av samma läkemedel vid samma inköpstillfälle och använder dessa under en längre tidsperiod.

Under provtagningsperioden pågick en strejk bland vårdförbundets personal. En del av verksamheterna var stängda eller hade färre antal personal i tjänst aktuell period på samtliga sjukhus. Det var också färre inneliggande patienter under strejken. I jämförelser mellan sjukhusen hade det ingen betydelse med avseende på läkemedelsutsläppen, eftersom samtliga sjukhus drabbades av strejken. Vid jämförelser med år 2005 har tetracyklin minskat i avloppsvattnet från samtliga sjukhus i studien till följd av strängare restriktioner av

antibiotikaförskrivning. Mängden naproxen var däremot högre år 2008 på samtliga sjukhus jämfört med år 2005. Även ibuprofen och metoprolol i Linköping och Karlstad var högre år 2008. Stora skillnader kan bero på ändring av läkemedelssort för vissa åkommor som styrs av landstingens rekommenderade listor. Med två mättillfällen går det inte att uttala sig om någon tidstrend.

Enligt uppgift i efterhand, var provtagningspunkten för utgående vatten från Centralsjukhuset i Karlstad i en pumpstation dit även annat avloppsvatten leds. Detta avloppsvatten kommer från cirka 800 boende i området, en mindre grundskola samt två förskolor (muntligen Jan Wilhelmsson, Karlstad kommun). Samma provtagningspunkt användes även år 2005. Jämfört med tidigare provtagning förekom ibuprofen i störst mängd från provtagningspunkten vid sjukhuset år 2008. Substansen säljs även receptfritt och används därför av hushåll i högre grad. Ibuprofen och paracetamol i avloppsvattnet från provtagningspunkten vid Karlstad kommer sannolikt till viss del även från närliggande hushåll som är kopplade till samma pumpstation som sjukhuset, men det förklarar inte de procentuellt större mängderna.

Halterna av läkemedelssubstanser är högre i avloppsvatten från sjukhus jämfört med avloppsvatten till reningsverken på grund av lägre vattenflöde. Många substanser är koncentrationsberoende. Högre koncentration ger snabbare nedbrytning (Naturvårdsverket 2008). Det innebär att det bildas fler metaboliter av substanserna under transport till reningsverken. Dessa metaboliter är inte analyserade och vi har inte studerat vad som händer med dem i reningsverket i de olika reningsstegen.

Den största förskrivningen av läkemedel sker inom öppenvården och konsumeras av människor i samhället. Konsumtion av läkemedel på sjukhus står för en mindre del. Därför blir det totala flödet av läkemedelssubstanser litet från sjukhusen (Helmfrid 2006, Schuster et al. 2008, Naturvårdsverket 2008, Kümmerer 2009, Langford et al. 2009). En del studier påpekar att sjukhusen är en betydande källa och bör införa ett eget reningssystem av avloppsvatten (Petrovic et al. 2010, Klavarioti et al. 2009). Medan andra studier ifrågasätter om det är ekonomiskt försvarbart att införa speciell rening då det totala flödet är litet (Schuster et al. 2008, Kümmerer 2009).

Det procentuella bidraget från sjukhusen till inkommande avloppsvatten i reningsverken var litet i Linköping, Motala och Norrköping. I Karlstad var det procentuella bidraget större, delvis beroende på att fler hushåll är anslutna till pumpstationen där proven togs. Den större andelen av flertalet läkemedelssubstanser jämfört med övriga sjukhus kan ej förklaras. Dock har eventuella fel kring provhantering och analys diskuterats med kommunen och sjukhuset. Sjukhuset i Karlstad rekommenderas att utföra en ny provtagning under nästa vår för att undersöka storleken på utsläppsnivåerna. En annan provtagningspunkt bör då väljas.

Ytvatten i Roxen

Endast atenolol detekterades i ytvatten från sjön Roxen där vattnet från Stångån (även recipient till avloppsreningsverket i Linköping) mynnar ut. Det var också den substans som förekom i högst halt i utgående vatten från avloppsreningsverket och från sjukhuset i Linköping. Vid mätningarna år 2005 detekterades även metoprolol, oxitetacyclin och tetracyclin i ytvattnet (Helmfrid 2006). I recipienten sker en kontinuerlig nedbrytning och utspädning av substanserna som medför att halterna blir låga. Vid förra provtagningen (år 2005) togs proverna i recipienten

och i mynningen till sjön Roxen, det vill säga proverna togs närmare avloppsreningsverkets utsläppspunkt än vid denna provtagning då proverna togs i mynningen och längre ut i Roxen.

Dricksvatten

Fler läkemedelssubstanser detekterades i råvattnet än i dricksvattnet framförallt vid Norrköpings vattenverk. Halterna var nära detektionsgränsen av de flesta substanserna, vilket medför osäkerheter i haltbestämningarna.

Reningsprocessen reducerar många substanser men inte alla. Kvalitet på råvatten, reningsmetod och reningstid har betydelse för dricksvattenkvaliteten. I Motala vattenverk detekterades endast tramadol i mycket låg halt i dricksvattnet. Det beror sannolikt på bättre råvattenkvalitet i Motala än i Norrköping. Alla tre kommuner tar råvatten från ytvatten som ingår i Motala Ströms vattensystem med början i Vättern där Motala vattenverk tar råvatten, därefter tar Linköpings (Berggården) vattenverk, råvatten från Motala Ström vid Ljung och sedan tar Norrköpings vattenverk råvatten från sjön Glan. Utsläpp från avloppsreningsverken i Motala, Linköping och andra mindre orter och enskilda avloppsanläggningar har tillförts vattensystemet innan det når Glan.

Andra studier har påvisat att det inte räcker med filtrering, sedimentering och kemisk fällning för att rena dricksvatten från läkemedelsrester. Ozonering är en reningsmetod som har förespråkats av många (Benotti et al. 2009, Mompelat et al. 2009, Veino et al. 2007). I dessa översiktstudier har halterna av uppmätta läkemedelssubstanser varit högre än de som har uppmätts i denna studie. I samtliga studier där en riskbedömning har utförts, är halterna av läkemedelssubstanser i dricksvatten mycket låga, vilket inte utgör någon risk för människans hälsa. För att uppnå en terapeutisk dos av en substans krävs en konsumtion av flera tusen liter vatten. Normalt dricker en människa två liter per dag (Benotti et al. 2009, Mompelat et al. 2009, Veino et al. 2007, Socialstyrelsen & Karolinska Institutet 2009).

Åtgärder

Användningen av läkemedel är stor och ökar kontinuerligt. Spridningen av läkemedel till miljön är främst ett hot för vattenlevande organismer. Det är viktigt att utsläpp av läkemedel minskas och att man utför insatser vid källan. Inom flera landsting pågår information till vårdpersonal och patienter om läkemedel och miljö. Alternativa behandlingsmetoder diskuteras och startförpackningar förespråkas. Apoteken och Svenskt Vatten för kampanj om återlämnande av överblivna läkemedel. Dessa åtgärder bör fortskrida och utvecklas. Vissa landsting har också börjat se över äldres användning av läkemedel. Många av dem har för många läkemedel insatta som kan medföra oönskade interaktioner (Socialstyrelsen 2009 a). Att erbjuda äldre sjuka personer strukturerade läkemedelsgenomgångar gynnar främst patienterna men också ekonomin och miljön.

Slutsatser

Försäljningen av läkemedel, vilket i denna studie är ett mått på förbrukningen, speglar till viss del vilka substanser som hamnar i avloppsreningsverken för behandling innan utsläpp sker med

utgående avloppsvatten. Paracetamol används av flest människor men har hög reduktionsgrad i avloppsreningsverken, tillsammans med naproxen, enalapril och ibuprofen. Medan det var låg eller ingen reduktion av atenolol, furosemid, diklofenak, hydroklortiazid, citalopram, oxazepam, metoprolol, trimetoprim och erytromycin i de flesta reningsverk och även i andra svenska studier.

Positivt är att restriktioner mot förskrivning av antibiotika har medfört minskad försäljning av tetracyklin och minskad halt i avloppsvatten från sjukhusen och avloppsreningsverken. Dock har ökad tillgänglighet av receptfria läkemedel som diklofenak och naproxen sannolikt medfört att mängderna av dessa substanser i avloppsvatten, var högre jämfört med tidigare mätning år 2005.

Flera studier har påvisat att hög slamålder och lång uppehållstid har betydelse för reduktion av läkemedelsrester. Detta har vi ej kunnat påvisa i denna studie.

Relativt få substanser detekterades i slam. Tetracyklin, citalopram, furosemid, sertralin och ciprofloxacin dominerade vid denna provtagning. Få studier är utförda och kunskap om vilken effekt uppmätta halter har, substansernas biotillgänglighet och dess halveringstider är bristfällig. Vilken effekt metaboliterna har i miljön är också bristfällig. Spridning av resistent bakterier har däremot diskuterats. En norsk riskbedömning anger ingen miljörisk för spridning av slam på åkrar med avseende på läkemedelsrester, medan andra artikelförfattare menar att det finns för få vetenskapliga studier utförda innan miljörisken kan uteslutas.

I råvatten detekterades få substanser. Vissa av dem detekterades även i dricksvattnet, men halterna var mycket låga, nära detektionsgränsen. De halter som har uppmätts i dricksvattnet utgör ingen hälsofara. Man måste dricka flera tusen liter vatten för att få i sig en dygnsdos av en läkemedelssubstans.

Användningen av läkemedel är stor och ökar kontinuerligt. Spridningen av läkemedel till miljön är främst en risk för vattenlevande organismer. Det är av stor vikt att utsläpp av läkemedel minskas och att insatser görs vid källan. Informationskampanjer om återlämnande av läkemedelsrester, alternativa behandlingsmetoder och förskrivning av startförpackningar bör fortsätta. Multisjuka patienter kan erbjudas läkemedelsgenomgångar för att undvika risken för oönskade interaktioner mellan läkemedlen. Det gynnar främst patienterna och dess hälsa, men också ekonomin och miljön.

Referenser

Aquateam (2005). Status for legemidler i avloppsslam, Norge, Rapport nr 05-049.

Batt A., Kim S., Aga D. (2007). Comparison of the occurrence of antibiotics in four full-scale wastewater treatment plants with varying designs and operations. *Chemosphere* 68:428-435.

Bendz D., Paxeus N., Ginn T R., Iøge F J. (2005). Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the environment, a case study: Høje River in Sweden. *Journal of Hazardous Materials* 122:195-2004.

Benotti M. J., Trenholm R. A., Holady J. C., Stanford B. D., Snyder S. A. (2009). Pharmaceuticals and Endocrine Disrupting Compounds in U.S. Drinking Water. *Environ. Sci. Technol.* 43:597-603.

Clara M., Kreuzinger N., Strenn B., Gans O., Kroiss H. (2005). The solids retention time – a suitable design parameter to evaluate the capacity of wastewater treatment plants to remove micropollutants. *Water Research* 39:97-106.

Fass elektronisk upplaga 2009: www.fass.se (augusti 2009).

Fent K., Weston A.A., Caminada D. (2006) Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology* 76:122-159.

Fick J., Lindberg R.H., Parkkonen J., Arvidsson B., Tysklind M., Larsson D.G.J. Larsson (2010). Therapeutic levels of levonorgestrel detected in blood plasma of fish. Results from screening rainbow trout exposed to treated sewage effluents. *Environ. Sci. Technol.* 1;44(7)2661-6.

Gros M., Petrovic M., Ginebreda A., Barceló D. (2010). Removal of pharmaceuticals during wastewater treatment and environmental risk assessment using hazard indexes. *Environmental International* 36:15-26.

Hallare A.V., Köhler H.R., Triebkorn R. (2004) Development toxicity and stress protein responses in zebrafish embryos after exposure to diclofenac and its solvent, DMSO. *Chemosphere* 56:659-666.

Heberer T. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicol. Lett.* 131:5-19.

Helmfrid I. (2006). Läkemedel i miljön. Läkemedelsflöden i Östergötlands och Jönköpings län samt stora sjöarna Vättern, Vänern och Mälaren. Rapport 2006:1, Landstinget i Östergötland. ISSN 1652-1625.

Klavarioti M., Mantzavinos D., Kassinos D. (2009). Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes. *Environmental International* 35:402-417.

Kimura K., Hara H., Watanabe Y. (2007). Elimination of selected Acidic Pharmaceuticals from Municipal Wastewater by an Activated Sludge System and Membrane Bioreactors. Environ. Sci. Technol. 41:3708-3714.

Klavarioti M., Mantazavinos D., Kassinos D. (2009). Removal of residual pharmaceuticals from aqueous systems by advanced oxidation processes. Environmental International 35:402-417.

Kümmerer K. (2009). The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use – present knowledge and future challenges. Journal of Environmental Management 90:2354-2366.

Langford K., Thomas K V. (2009). Determination of pharmaceutical compounds in hospital effluents and their contribution to wastewater treatment works. Environment International 35:766-770.

Larsson J., Brown J., Paxeus N., Förlin L. (2007). Analys av läkmedelsrester i fiskblod för att bedöma miljörisker vid exponering för avloppsvatten. Svenskt Vatten Utveckling. Rapport Nr 2007-03.

Landstinget i Värmland (2006). Rekommenderade läkemedel. Broschyr till patienter.

Landstinget i Östergötland (2010). REK-lista. Rekommenderade läkemedel i Östergötland. Broschyr till förskrivare.

Läkemedelsindustriföreningen (LiF) (2009). www.lif.se (augusti 2009)

Lindeberg R H., Olofsson U., Rendahl P., Johansson M I., Tysklind M., Andersson B A V. (2006). Behavior of Fluoroquinolones and Thrimethoprim during Mechanical, Chemical, and Active Sludge Treatment of Sewage Water and Digestion of Sludge. Environ. Sci. Technol. 40:1042-1048.

Lindberg R H., Björklund K., Rendahl P., Johansson M I., Tysklind M., Andersson B A V. (2007). Environmental risk assessment of antibiotics in the Swedish environment with emphasis on sewage treatment plants. Water research 41:613-619.

Läkemedelskommittén, Landstinget i Östergötland, Dagens Dos. Informationsblad från Läkemedelskommittén.

Mauer M., Escher B I., Richle P., Schaffner C., Alder A C. (2007). Elimination of β -blockers in sewage treatment plants. Water Research 41:1614-1622.

<http://www.mistra.org/mistra/forskning/forskningsprogram/aktivaprogram/mistrapharmalakedelochmiljo.4.744b7eb1172d57470a80006738.html> (2009-10-07).

Mompelat S., Le Bot B., Thomas O. (2009). Occurrence and fate of pharmaceutical products and by-products, from resource to drinking water. Environmental International 35:803-814.

Munch Christensen A., Markussen B., Baun A., Halling-Sørensen B. (2009). Probabilistic environmental risk characterization of pharmaceuticals in sewage treatment plant discharges. *Chemosphere* 77:351-358.

Naturvårdsverket (1992). Naturvårdsverket informerar branschfakta "Vattenverk". Solna, ISBN 9378-9.

Naturvårdsverket (2008). Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen. Rapport 5794.

Naturvårdsverket (2009). <http://www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Nagra-vanliga-avloppstermer/>

Nikolaou A., Méric S., Fatta D. (2007). Occurrence patterns of pharmaceuticals in water and wastewater environments. *Anal Bional Chem* 387:1225-1234.

Radjenovic J., Petrovic M., Barcelo D. (2009). Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment. *Water research* 43:831-841.

Schuster A., Hädrich C., Kümmerer K. (2008). Flows of Active Pharmaceutical Ingredients Originating from Health Care Practices on Local, Regional and Nationwide Level in Germany – Is Hospital Effluent Treatment an Effective Approach for Risk Reduction? *Water Air Soil Pollut: Focus* 8:457-471.

Socialstyrelsen (2006). Statistik över läkemedelsförsäljningen 2005. Statistik Hälsa- och sjukvård 2006:1. Sveriges officiella statistik.

Socialstyrelsen (2009 a). Folkhälsorapport 2009, ISBN 978-91-978065-8-9.

Socialstyrelsen (2009 b). Statistik över läkemedelsförsäljningen 2008. Statistik Hälsa- och sjukvård. Sveriges officiella statistik.

Socialstyrelsen (2009 c). Patientsäkerhet, Tema. Nr 1. Äldre och läkemedel. Informationsblad.

Socialstyrelsen, Karolinska Institutet (2009). Miljöhälsorapport 2009. Stockholm. ISBN 978-91-978065-7-2.

Svensson A., Allard A-S., Ek M. (2003). Removal of estrogenicity in Swedish municipal sewage treatment plants. *Water research* 37:4433-4443.

Schwaiger J., Ferling H., Mallow U., Wintermayr H., Negele R.D. (2004) Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part I: histopathological alterations and bioaccumulation in rainbow trout. *Aquatic Toxicology* 68:151-166.

Triebkorn R., Casper H., Heyd A., Eikemper R., Köhler H.-R. Schwaiger J. (2004) Toxic effects of the non-steroidal anti-inflammatory drug diclofenac. Part II: Cytological effects in liver, kidney, gills and intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology* 68:151-166.

Zorita S., Mårtensson L., Mathiasson L. (2009). Occurrence and removal of pharmaceuticals in a municipal sewage treatment system in the south of Sweden. *Science of the total environment* 407:2760-2770.

Vasskog T., Bergersen O., Anderssen T., Jensen E., Eggen T. (2009). Depletion of selective serotonin reuptake inhibitors during sewage sludge composting. *Waste Management* 26:2808-2815.

Vieno N., Tuhkanen T., Kronberg L. (2007). Elimination of pharmaceuticals in sewage treatment plants in Finland. *Water Research* 41:1001-1012.

Wahlberg C., Björleinius B., Paxéus N. (2010). Läkemedelsrester i Stockholms vattenmiljö. *Stockholm Vatten*. ISBN 978-91-633-6642-0.

Watkinson A J., Murby E J., Costanzo S D. (2007). Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment: Implications for environmental discharge and wastewater recycling. *Water research* 41:4164-4176.

Information om avloppsreningsverken och vattenverkens processer

1. Tekniska Verken i Linköping.
<http://www.tekniskaverken.se/kundservice/broschyror/vatten/produktblad/Nykvamn.pdf> (2010-02-10).
http://www.tekniskaverken.se/vatten/avloppsvatten/nykvarnsverket/Miljorapport_2008.pdf (2010-02-09). Muntlig uppgift från Birgitta Strandberg, Tekniska verken.
2. Motala kommuns hemsida: <http://www.motala.se/sv/Invanare/Miljo-och-trafik/Vatten-och-avlopp/Avlopp/Avloppsreningsverk/Karshult/> (2010-02-10). Muntlig uppgift Cecilia Bengtsson, Motala kommun.
3. Norrköping vatten via Norrköpings kommuns hemsida: <http://www.norrkoping.se/bo-miljo/vatten/vatten-och-avlopp/om-avlopp/om-reningsprocessen/> (2010-02-09), Muntlig uppgift Christina Rydh Norrköping Vatten.
4. Informationsbroschyr Arvika avloppsreningsverk, Kommun teknik Arvika. Muntlig uppgift från driftchef Stefan Alexandersson, Arvika kommun (oktober 2009), Britt-Inger Hoff (maj 2010)
5. Karlstads kommuns hemsida www.karlstad.se "Sjöstadsverket 2008", Karlstad avloppsreningsverk.
[http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad_mm.nsf/lupGraphics/infoblad%20Sjostad%20090625.pdf/\\$file/infoblad%20Sjostad%20090625.pdf](http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad_mm.nsf/lupGraphics/infoblad%20Sjostad%20090625.pdf/$file/infoblad%20Sjostad%20090625.pdf) (2010-02-10).
Information delar av "Vattnets väg."
[http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad.nsf/\\$all/1783F62CD5445CA7C12574410014B9D2](http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad.nsf/$all/1783F62CD5445CA7C12574410014B9D2). (2010-02-10).
Fakta om Sjöstadsverket
[http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad_mm.nsf/lupgraphics/Fakta%20Sjostadsverket%202008.pdf/\\$file/Fakta%20Sjostadsverket%202008.pdf](http://www.karlstad.se/apps/symfoni/karlstad/karlstad_mm.nsf/lupgraphics/Fakta%20Sjostadsverket%202008.pdf/$file/Fakta%20Sjostadsverket%202008.pdf) (2010-02-10).

Muntlig information Jan Wilhelmsson, Karlstad kommun (oktober 2009).

6. Fiskartorpets avloppsreningsverk, Kristinehamns kommun. Muntlig uppgift Jan Ternbom (2009-10-21).
7. Miljörapport Vänersborgs kommun avloppsreningsverket Brålanda 2008. Muntlig uppgift Daniel Larsson, Vänersborgs kommun (oktober 2009).
8. Tekniska Verken i Linköping <http://www.tekniskaverken.se/vatten/dricksvatten/>
<http://www.tekniskaverken.se/kundservice/broschyrer/vatten/produktblad/Berggarden.pdf> (2010-02-01).
9. Tekniska Verken i Linköping <http://www.tekniskaverken.se/vatten/dricksvatten/>
<http://www.tekniskaverken.se/kundservice/broschyrer/vatten/produktblad/Raberga.pdf> (2010-02-01).
10. Råssnäs vattenverk i Motala kommun via Motala kommuns hemsida.
<http://www.motala.se/sv/Invanare/Miljo-och-trafik/Vatten-och-avlopp/Dricksvatten/Vattenverk/Rassnas-vattenverk/> (2010-02-10). Muntlig uppgift Cecilia Bengtsson, Motala kommun.
11. Borgs Vattenverk, Norrköping: <http://www.norrkoping.se/bo-miljo/vatten/vatten-och-avlopp/om-vatten/vattenverk/> (2010-02-01). Muntlig uppgift Christina Rydh, Norrköpings vatten.

Bilaga 1

Halter i avloppsvatten år 2008

ELEMENT	Enhet	Sjukhus		Sjukhus		Lasarettet		
		Utg Linköping	Ink Linköping	Linköping, patologen	Linköping Psyk	Ink Motala	Utg Motala	Motala
atenolol	ng/l	65000	43000	34000	97000	3000	3300	3000
citalopram	ng/l	79	<20	<20	64	23	170	73
diklofenak	ng/l	340	320	710	1000	760	730	250
furosemid	ng/l	2400	2400	9200	7000	2600	4000	31000
hydroklortiazid	ng/l	1500	480	430	1500	690	1500	1300
ketoprofen	ng/l	280	730	290	1900	790	330	540
metoprolol	ng/l	17000	7600	12000	13000	240	300	310
naproxen	ng/l	1800	19000	37000	140000	6800	510	11000
oxazepam	ng/l	400	360	690	3200	730	960	1300
trimetoprim	ng/l	230	83	550	140	170	230	2400
enalapril	ng/l	<40	110	110	340	380	38	580
erytromycin	ng/l	<40	<40	<40	<40	480	390	1600
paracetamol	ng/l	<100	31000	180000	130000	68000	<400	320000
ibuprofen	ng/l	<400	<400	<400	<400	1000	<400	1600
tetracyclin	ng/l	<80	330	400	5700	160	<80	<80
sertralin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
ciprofloxacin	ng/l	<40	<40	620	<40	42	<40	240
metformin	ng/l	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
fluoxetin	ng/l	<20	<20	35	110	<20	39	36
ranitidin	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
doxycyclin	ng/l	<80	<80	320	<80	<80	<80	190
ofloxacin	ng/l	<40	<40	660	<40	<40	<40	<40
salbutamol	ng/l	<20	<20	2800	<20	<20	<20	<20
dimetridasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	75	<40
norfloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	76
ifosfamid	ng/l	<20	<20	5400	<20	<20	<20	<20
östradiol	ng/l	<5,0	<100	<5,0	<500	350	<5,0	<5,0
metronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	110
cyklofosfamid	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
dextropropoxifen	ng/l	-----	-----	-----	-----			
diazepam	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
etinylöstradiol	ng/l	<5,0	<100	<5,0	<50	<5,0	<5,0	<5,0
noretisteron	ng/l	<10	<100	<10	<50	<10	<10	<10
simvastatin	ng/l	<100	<500	<100	<500	<100	<100	<100
terbutalin	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
warfarin	ng/l	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
östriol	ng/l	<5,0	<100	<5,0	<50	<5,0	<5,0	<5,0
danofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
difloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40			
enrofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
flumekvin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
HMMNI	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
marbofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
oxolinsyra	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
ronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
sarafloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
oxytetracyclin	ng/l	<80	<80	<80	<80	<80	<80	<80

Halter i avloppsvatten år 2008

ELEMENT	Enhet	Ink	Utg	Norrköping	Ink	Utg
		Norrköping	Norrköping	sjukhus	Arvika	Arvika
atenolol	ng/l	4800	3400	6600	1900	3200
citalopram	ng/l	29	500	270	290	390
diklofenak	ng/l	1600	1700	3900	2700	1800
furosemid	ng/l	1700	1800	5400	1700	1200
hydroklortiazid	ng/l	790	2500	840	1300	1800
ketoprofen	ng/l	410	79	360	450	16
metoprolol	ng/l	1200	2000	2100	400	1000
naproxen	ng/l	4800	830	22000	3100	150
oxazepam	ng/l	440	580	2300	340	480
trimetoprim	ng/l	110	130	1100	270	250
enalapril	ng/l	370	<40	530	160	62
erytromycin	ng/l	250	220	550	330	290
paracetamol	ng/l	79000	<400	350000	<400	<400
ibuprofen	ng/l	12000	<400	20000	6600	<400
tetracyklin	ng/l	<80	<80	<80	<80	<80
sertralin	ng/l	<40	43	82	71	65
ciprofloxacin	ng/l	<40	<40	2000	<40	<40
metformin	ng/l	1600	<200	1500	590	<200
fluoxetin	ng/l	<20	<20	88	<20	<20
ranitidin	ng/l	<20	250	660	<20	<20
doxycyklin	ng/l	<80	<80	<80	<80	<80
ofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
salbutamol	ng/l	<20	<20	360	<20	<20
dimetridasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
norfloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
ifosfamid	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20
östradiol	ng/l	<5.0	<5.0	<5,0	<5.0	<5.0
metronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
cyklofosfamid	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20
dextropropoxifen	ng/l	-----	-----	-----	-----	-----
diazepam	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20
etinylöstradiol	ng/l	<5.0	<5.0	<5,0	<5.0	<5.0
noretisteron	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10
simvastatin	ng/l	<100	<100	<100	<100	<100
terbutalin	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20
warfarin	ng/l	<200	<200	<200	<200	<200
östriol	ng/l	<5.0	<5.0	<5,0	<5.0	<5.0
danofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
difloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
enrofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
flumekvin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
HMMNI	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
marbofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
oxolinsyra	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
ronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
sarafloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40
oxytetracyklin	ng/l	<80	<80	<80	<80	<80

Halter i avloppsvatten år 2008

ELEMENT	Enhet	Ink Karlstad	Utg Karlstad	Sjukhus Karlstad	Ink Kristine- hamn	Utg Kristine- hamn	Ink Vänersborg /Brålanda	Utg Vänersborg /Brålanda
atenolol	ng/l	1600	2300	5000	3600	4200	5800	270
citalopram	ng/l	42	540	170	210	510	110	450
diklofenak	ng/l	2100	2500	3500	2400	1900	2400	1700
furosemid	ng/l	460	560	16000	2200	1800	2100	600
hydroklortiazid	ng/l	720	2200	2800	880	2300	800	2600
ketoprofen	ng/l	230	95	230	330	270	240	<20
metoprolol	ng/l	320	1200	2100	790	1000	1500	970
naproxen	ng/l	2500	200	8300	6700	300	9200	<20
oxazepam	ng/l	340	550	1300	340	460	410	600
trimetoprim	ng/l	290	280	700	95	150	120	310
enalapril	ng/l	94	<40	550	220	<40	390	<40
erytromycin	ng/l	290	280	260	110	170	85	<40
paracetamol	ng/l	43000	<400	830000	21000	<400	250000	<400
ibuprofen	ng/l	12000	<400	32000	17000	1600	18000	<400
tetracyklin	ng/l	120	<80	170	130	<80	190	<80
sertralin	ng/l	<40	42	110	58	50	56	94
ciprofloxacin	ng/l	910	<40	6700	170	<40	260	<40
metformin	ng/l	940	<200	6200	1600	<200	2400	420
fluoxetin	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	23
ranitidin	ng/l	<20	190	<20	300	330	190	<20
doxycyklin	ng/l	<80	<80	190	<80	<80	<80	<80
ofloxacin	ng/l	810	<40	7400	<40	<40	<40	<40
salbutamol	ng/l	<20	<20	180	<20	<20	<20	<20
dimetridasol	ng/l	<40	58	<40	<40	<40	<40	<40
norfloxacin	ng/l	<40	<40	190	<40	<40	<40	<40
ifosfamid	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
östradiol	ng/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
metronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
cyklofosfamid	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
dextropropoxifen	ng/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
diazepam	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
etinylostradiol	ng/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
noretisteron	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
simvastatin	ng/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
terbutalin	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
warfarin	ng/l	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
östriol	ng/l	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
danofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
difloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
enrofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
flumekvin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
HMMNI	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
marbofloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
oxolinsyra	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
ronidasol	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
sarafloxacin	ng/l	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
oxytetracyklin	ng/l	<80	<80	<80	<80	<80	<80	<80

Halter i slam år 2008

ELEMENT	Enhet	Linköpin			Norrköping	Vänersbor	Kristineham	
		Linköpin g Råslam	Avvattnat g slam	Motala Slam	Avvattnat g slam	g /Brålanda Slam	Arvika Slam	n Avvattnat slam
TS_105°C	%	3,7	28,6	25,7	24,6	15,1	18,8	28,2
atenolol	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
citalopram	µg/kg TS	<50	160	130	260	760	310	310
cyklofosfamid	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
dextropropoxifen	µg/kg TS				-----	-----	-----	-----
diazepam	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
diklofenak	µg/kg TS	<50	<50	<50	140	87	210	160
doxycyklin	µg/kg TS	170	<100	120	130	<100	<100	120
enalapril	µg/kg TS	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
etinylostradiol	µg/kg TS	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
fluoxetin	µg/kg TS	110	<50	210	58	94	53	56
furosemid	µg/kg TS	170	110	<50	150	<50	320	140
hydroklortiazid	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
ibuprofen	µg/kg TS	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
ifosmamid	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
ketoprofen	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
metformin	µg/kg TS	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
metoprolol	µg/kg TS	5400	76	92	130	100	53	<50,0
naproxen	µg/kg TS	260	<50	<50	<50	<50	<50	<50
noretisteron	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
oxazepam	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
oxitetracyklin	µg/kg TS	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
paracetamol	µg/kg TS	830	<250	<250	<250	<250	<250	<250
ranitidin	µg/kg TS	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
salbutamol	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
sertralin	µg/kg TS	2000	1200	400	240	320	320	640
simvastatin	µg/kg TS	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
terbutalin	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
tetracyklin	µg/kg TS	1600	420	260	450	190	220	240
warfarin	µg/kg TS	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
östradiol	µg/kg TS	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
östriol	µg/kg TS	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
ciprofloxacin	µg/kg TS	37	41	280	1500	1400	1900	3200
danofloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
difloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
dimetridasol	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
enrofloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
erytromycin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
flumekvin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
HMMNI	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
marbofloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
metronidasol	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
norfloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	970	600	450	690
ofloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
oxolinsyra	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
ronidasol	µg/kg TS	<50	<50	<50	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
sarafloxacin	µg/kg TS	<20	<20	<20	<40	<40	<40	<40
trimetoprim	µg/kg TS	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20

Halter i ytvatten, Linköping år 2008

ELEMENT	Enhet	Ytvatten från Roxen samlingsprov
atenolol	ng/l	69
citalopram	ng/l	<20
cyklofosfamid	ng/l	<20
diazepam	ng/l	<20
diklofenak	ng/l	<20
doxycyklin	ng/l	<80
enalapril	ng/l	<20
etinylöstradiol	ng/l	<5
fluoxetin	ng/l	<20
furosemid	ng/l	<20
hydroklortiazid	ng/l	<20
ibuprofen	ng/l	<400
ifosfamid	ng/l	<20
ketoprofen	ng/l	<20
metformin	ng/l	<200
metoprolol	ng/l	<20
naproxen	ng/l	<20
noretisteron	ng/l	<10
oxazepam	ng/l	<20
oxitetracyklin	ng/l	<80
paracetamol	ng/l	<400
ranitidin	ng/l	<20
salbutamol	ng/l	<20
sertralin	ng/l	<40
simvastatin	ng/l	<100
terbutalin	ng/l	<20
tetracyklin	ng/l	<80
warfarin	ng/l	<200
östradiol	ng/l	<5.0
östriol	ng/l	<5.0
ciprofloxacin	ng/l	<40
danofloxacin	ng/l	<40
dimetridasol	ng/l	<40
enrofloxacin	ng/l	<40
erytromycin	ng/l	<40
flumekvin	ng/l	<40
HMMNI	ng/l	<40
marbofloxacin	ng/l	<40
metronidasol	ng/l	<40
norfloxacin	ng/l	<40
ofloxacin	ng/l	<40
oxolinsyra	ng/l	<40
ronidasol	ng/l	<40
sarafloxacin	ng/l	<40
trimetoprim	ng/l	<40

Bilaga 2

Halter av läkemedelsrester i råvatten och dricksvatten

		Linköping			
		Råberga råvatten	Råberga dricksvatten	Beggården råvatten	Berggården dricksvatten
Amilorid	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Amiodaron	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Amlodipin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Atenolol	ng/l	1	< 0,5	6	< 0,5
Atorvastatin	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Azithromycin	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Bendroflumetiazid	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Bromocryptine	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Bromhexine	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Budesonid	ng/l	< 50	< 50	< 50	< 50
Carvedilol	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Cefuroxim	ng/l	< 20	< 20	< 20	< 20
Cetirizine	ng/l	0,5	< 0,3	0,5	< 0,3
Ciprofloxacin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Citalopram	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Clozapine	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Cyklofosfamid	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Desloratadin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Dextropropoxifen	ng/l	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Diazepam	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Diklofenak	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Doxycyklin	ng/l	< 50	< 50	< 50	< 50
Enalapril	ng/l	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Enrofloxacin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Erytromycin	ng/l	< 0,3	< 0,3	0,5	< 0,3
Etinylöstradiol	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Febantel	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Felodipin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Fentanyl	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Flunitrazepam	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fluoxetin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Fluvastatin	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Fluvoxamin	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Furosemid	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Gemfibrozil	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Glibenklamid	ng/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Hydrocortisone	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Hydroklortiazid	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Ibuprofen	ng/l	1	< 0,5	1	< 0,5
Ifosfamid	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ipratropium	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Isosorbid-mononitrat	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Karbamazepin	ng/l	2	2	2,0	3,0
Ketoconazole	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Ketoprofen	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Koffein	ng/l	39	< 10	41	< 10
Kodein	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2

Halter av läkemedelsrester i råvatten och dricksvatten

		Linköping			
		Råberga råvatten	Råberga dricksvatten	Beggården råvatten	Berggården dricksvatten
Lansoprazol	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Loratadine	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Losartan	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Metoprolol	ng/l	2	0,4	1	< 0,3
Metronidazol	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Mianserin	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Mirtazapine	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Mometasone furoate	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Naproxen	ng/l	2	< 1	< 1	< 1
Nelfinavir	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Nitenpyram	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Noretisteron	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Norfloxacin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Norgestrel	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Ofloxacin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Omeprazole	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Oxazepam	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Oxymetazoline	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Oxitetracyklin	ng/l	< 50	< 50	< 50	< 50
Paracetamol	ng/l	< 2	< 2	6	2
Paroxetin	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Praziquantel	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Prednisolon	ng/l	< 25	< 25	< 25	< 25
Propranolol	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Pyrantel	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Raloxifen	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Ramipril	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Ranitidin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Risperidone	ng/l	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1
Salbutamol	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Salmeterol	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Sertralin	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Simvastatin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfametoxazol	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Tamoxifen	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Terbutalin	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Tetracyklin	ng/l	< 20	< 20	< 20	< 20
Thioridazine	ng/l	< 2	< 2	< 2	< 2
Tramadol	ng/l	2	0,9	2	2
Trimetoprim	ng/l	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2
Tylosin	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Warfarin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Xylometazoline	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zolpidem	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zopiclone	ng/l	< 3	< 3	< 3	< 3
Östradiol	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Östriol	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Östron	ng/l	0,1	< 0,05	0,1	< 0,05

Halter av läkemedelsrester i råvatten och dricksvatten

		Motala		Norrköping	
		Råssnäs råvatten	Råssnäs dricksvatten	Borg råvatten	Borg dricksvatten
Amilorid	ng/l	< 3	< 3	< 10	< 10
Amiodaron	ng/l				
Amlodipin	ng/l	< 3	< 3	< 1	< 1
Atenolol	ng/l	0,79	< 0,5	7	3
Atorvastatin	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Azithromycin	ng/l				
Bendroflumetiazid	ng/l	< 10	< 10	< 0,3	< 0,3
Bromocryptine	ng/l	< 20	< 20	< 25	< 25
Bromhexine	ng/l				
Budesonid	ng/l	< 50	< 50	< 25	< 25
Carvedilol	ng/l				
Cefuroxim	ng/l	< 50	< 50	< 10	< 10
Cetirizine	ng/l	< 0,3	< 0,3	1	1
Ciprofloxacin	ng/l	< 5	< 5	< 25	< 0,1
Citalopram	ng/l	< 0,5	< 0,5	< 0,3	< 0,3
Clozapine	ng/l	< 0,3	< 0,3	0,4	< 0,1
Cyklofosfamid	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Desloratadin	ng/l	< 2	< 2	< 0,3	< 0,3
Dextropropoxifen	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Diazepam	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Diklofenak	ng/l	< 1	< 1	0,8	< 0,5
Doxycyklin	ng/l	< 50	< 50	< 25	< 25
Enalapril	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Enrofloxacin	ng/l	< 5	< 5	< 0,1	< 0,1
Erytromycin	ng/l	< 0,3	< 0,3	0,5	< 0,3
Etinylöstradiol	ng/l	< 1	< 1	< 10	< 10
Febantel	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Felodipin	ng/l	< 2	< 2	< 1	< 1
Fentanyl	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,1	< 0,1
Flunitrazepam	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Fluoxetin	ng/l	< 2	< 2	< 0,3	< 0,3
Fluvastatin	ng/l				
Fluvoxamin	ng/l	< 20	< 20	< 10	< 10
Furosemid	ng/l	< 5	< 5	5	< 0,3
Gemfibrozil	ng/l				
Glibenklamid	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hydrocortisone	ng/l	< 10	< 10	< 25	< 25
Hydroklortiazid	ng/l	< 2	< 2	4	2
Ibuprofen	ng/l	0,60	< 0,5	2	< 1,0
Ifosfamid	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,3	< 0,3
Ipratropium	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Isosorbid-mononitrat	ng/l	< 5	< 5	0,5	< 0,3
Karbamazepin	ng/l				
Ketoconazole	ng/l	< 5	< 5	12	< 1
Ketoprofen	ng/l	< 2	< 2	< 1	< 1
Koffein	ng/l				
Kodein	ng/l	< 2	< 2	< 1	< 1

Halter av läkemedelsrester i råvatten och dricksvatten

		Motala		Norrköping	
		Råssnäs råvatten	Råssnäs dricksvatten	Borg råvatten	Borg dricksvatten
Lansoprazol	ng/l	< 2	< 2	< 0,3	< 0,3
Loratadine	ng/l	< 5	< 5	< 1	< 1
Losartan	ng/l	< 1	< 1	1	< 0,3
Metoprolol	ng/l	0,4	< 0,2	3	2
Metronidazol	ng/l	< 1	< 1	< 0,5	< 0,5
Mianserin	ng/l				
Mirtazapine	ng/l				
Mometasone furoate	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Naproxen	ng/l	< 1	< 1	2	1
Nelfinavir	ng/l				
Nitenpyram	ng/l	< 1	< 1	< 10	< 10
Noretisteron	ng/l	< 10	< 10	< 1	< 1
Norfloxacin	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Norgestrel	ng/l	< 10	< 10	< 5	< 5
Ofloxacin	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Omeprazole	ng/l	< 5	< 5	< 0,3	< 0,3
Oxazepam	ng/l	< 5	< 5	2	< 2
Oxymetazoline	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Oxitetracyklin	ng/l	< 50	< 50	< 25	< 25
Paracetamol	ng/l	< 5	< 5	< 5	< 5
Paroxetin	ng/l	< 5	< 5	< 1	< 1
Praziquantel	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Prednisolon	ng/l	< 25	< 25	< 10	< 10
Propranolol	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Pyrantel	ng/l	< 0,3	< 0,3	< 1	< 1
Raloxifen	ng/l				
Ramipril	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Ranitidin	ng/l	< 2	< 2	< 1	< 1
Risperidone	ng/l			< 0,1	< 0,1
Salbutamol	ng/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Salmeterol	ng/l	< 10	< 10	< 10	< 10
Sertralin	ng/l	< 5	< 5	< 1	< 1
Simvastatin	ng/l	< 25	< 25	< 10	< 10
Sulfametoxazol	ng/l	< 3	< 3	< 1	< 1
Tamoxifen	ng/l				
Terbutalin	ng/l	< 1	< 1	< 0,3	< 0,3
Tetracyklin	ng/l	< 50	< 50	< 10	< 10
Thioridazine	ng/l	< 5	< 5	< 1	< 1
Tramadol	ng/l	0,69	0,18	6	5
Trimetoprim	ng/l	< 0,3	< 0,3	0,7	< 0,1
Tylosin	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Warfarin	ng/l	< 1	< 1	< 0,5	< 0,5
Xylometazoline	ng/l	< 1	< 1	< 0,5	< 0,5
Zolpidem	ng/l	< 5	< 5	< 0,3	< 0,3
Zopiclone	ng/l	< 1	< 1	< 1	< 1
Östradiol	ng/l	< 1	< 1	< 10	< 10
Östriol	ng/l	< 5	< 5	< 1	< 1
Östron	ng/l	0,1	< 0,05	< 1	< 1



Svenskt Vatten



Landstinget
i Östergötland