



Miljöövervakning av utgående vatten & slam från svenska avloppsreningsverk

Resultat från år 2015
och en sammanfattning av slamresultaten för åren 2004-2015

Beställare: Naturvårdsverket
Kontrakt: 219-13-004
Programområde: Miljögiftssamordning
Delprogram: Miljögifter i urban miljö
Utförare: Peter Haglund; Kemiska institutionen, Umeå universitet



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	3
BAKGRUND.....	3
RENINGSVERKEN	4
Henriksdals reningsverk.....	6
Ryaverket	6
Öns reningsverk	6
Gässlösa reningsverk.....	7
Ellinge reningsverk.....	7
Nolhaga reningsverk	7
Borlänge reningsverk.....	8
Bergkvara reningsverk.....	8
Bollebygds reningsverk.....	8
FÖRENINGAR.....	8
PROVTAGNING OCH PROVBANKNING.....	10
Utgående vatten	10
Slam	10
ANALYS OCH KVALITETSSÄKRING.....	10
RESULTAT.....	12
ANTIBIOTIKA.....	12
Utgående vatten	12
Slam	12
BROMERADE DIFENYLETRAR (PBDE).....	13
Slam	13
KLORPARAFFINER (PCA).....	15
Slam	15
FLUORERADE ÄMNEN	16
Utgående vatten	16
Slam	16
FOSFATESTRAR.....	19
Utgående vatten	19
Slam	19
FTALATER OCH BUTYLHYDROXYTOLUEN.....	21
Utgående vatten	21
Slam	21
KLORBENSENER.....	23
Slam	23
KLORFENOLER, NONYL- OCH OKTYLFENOLER, TRICLOSAN OCH BISFENOL A.....	24
Utgående vatten	24
Slam	24
KLORERADE DIBENSO-P-DIOXINER, DIBENSO-FURANER OCH BIFENYLER.....	26
Slam	26
METALLER.....	29
Utgående vatten	29
Slam	29
ORGANOTENNFÖRENINGAR.....	30
Utgående vatten	31
Slam	31
SILOXANER	33
Slam	33
NSAID' s.....	35
Utgående vatten	35
MYSKÄMNEN.....	35
Utgående vatten	35
Slam	35
ÖSTROGENA OCH ANDROGENA EFFEKTER.....	36
Utgående vatten	36
REFERENSER.....	37

Sammanfattning

Förekomsten av organiska substanser i utgående vatten (fr.o.m. 2011) och/eller slam från nio svenska avloppsreningsverk (ARV); Stockholm (Henriksdal), Göteborg (Ryaverket), Umeå (Ön), Borås (Gässlösa), Eslöv (Ellinge), Alingsås (Nolhaga), Bollebygd, Borlänge och Bergkvara (Torsås) har undersökts. Följande ämnen/ämnesgrupper har ingått i studien (fr.o.m. 2004): antibiotika (fluorokinoloner), bromerade difenyletrar, klorparaffiner, fluorerade ämnen, fosfatestrar, ftalater, butylhydroxytoluen, klorbensener, klorfenoler, triclosan, organotennföreningar, metylsiloxaner, metaller samt klorerade dibenso-*p*-dioxiner, dibensofuraner och bifenyler. Dessutom ingår även fr.o.m. 2010: myskämnen, NSAID´s, bisfenol A och nonyl- och oktylfenoler.

Graferna i denna rapport redovisar slamhalterna för perioden 2004-2015 och utgående vattenhalter för år 2015. Bollebygd reningsverk ingick inte i den nationella miljöövervakningen under 2004 och Floda reningsverk har fr.o.m. 2010 ersatts av Borlänge reningsverk och Bergkvara reningsverk.

Liksom tidigare år så är slamhalterna generellt lika såväl mellan reningsverk som över tid. Med andra ord är mellanårsvariationen generellt lika stor som variationen mellan olika reningsverk. Det finns dock några avvikelser. Slam från Gässlösa ARV har generellt flera fluorerade ämnen än övriga reningsverk samt högre halter av perfluoroktansyra (PFOA) och Di-*iso*-decylftalat (DIDP).

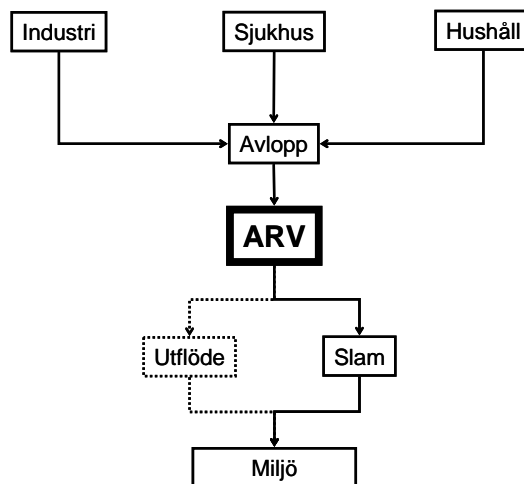
En nyligen genomförd tidstrendanalys (Olofsson, Bignert & Haglund, 2012) visade på signifikant minskande halter över tid (2004-2010) för kobolt, antibiotikat norfloxacin, triklosan, mono- och dibutyltenn, fluorkemikalien PFOSA, 1,2,4-triklorbensen, flamskyddskemikalierna PBDE-154 och PBDE-183 samt högklorerade dioxiner och furaner (heptaCDD, OCDD, 1,2,3,4,6,7,8-hepta-CDF och OCDF). Samma studie fann signifikant ökande trender för linjära metylsiloxaner (MDM, MD2M och MD3M), 1,4-diklorbensen och flamskyddskemikalien deca-BDE. Det fanns även indikationer på minskande trender för antibiotikat ciprofloxacin, PBDE-99, fluorämnet PFDoDA, 2,3,7,8-tetraklordibensofuran (TCDF) och klorparaffiner (MCCP) samt ökande trender för två organofosfater (TDCPP och TBEP).

Sentida data för 2011-2015 visar på fortsatt minskande trender för samtliga ämnen med statistiskt signifikanta tidstrender, förutom för triclosan och OCDD för vilka haltminskningen planat ut. Det finns även tydliga tecken på minskande halter av två antibiotika (ciprofloxacin och ofloxacin), två flamskyddskemikalier (PBDE-47 och PBDE-99), en mjukgörare (DEHP), en klorbensen (HCB) och en klorparaffin (LCCP).

Halterna av linjära metylsiloxaner fortsätter att öka. Det gör också halterna av två organofosfater (TDCPP och TDCPP). Dessa ersätter i många tekniska applikationer PBDE (vilka minskar i halt). Däremot verkar halterna av några av de ämnen som tidigare visat ökande trender plana ut eller till och med vänt nedåt. Det senare verkar även gälla för 1,4-diklorbensen, deca-BDE och flera dioxin-lika PCB (ex. PCB118, PCB126 och PCB169).

Bakgrund

Ungefär en tredjedel (30 000) av de kemikalier som förekommer i teknosfären anses vara kemikalier som samhället använder varje dag. I detta kemikaliesamhälle utgör reningsverken en central länk mellan teknosfären och den yttre miljön. De flesta kemikalierna från samhället samlas upp i de kommunala reningsverken, vilket medför att avloppsreningsverk är en sekundär transportväg (via utgående vatten eller slam) för dessa substanser ut till miljön, se Figur 1. Under reningsprocessen ansamlas näringsämnen från avloppsvattnet i slammet som därför bör återföras till produktiv mark i ett kretsloppsanpassat samhälle. Dessvärre ansamlas också miljö- och hälsofarliga ämnen i slammet, vilket gör slam till en mycket relevant matris att analysera för att upptäcka nya miljöfarliga ämnen och för att fastlägga tidstrender för vissa prioriterade miljö- och hälsofarliga ämnen från samhället.

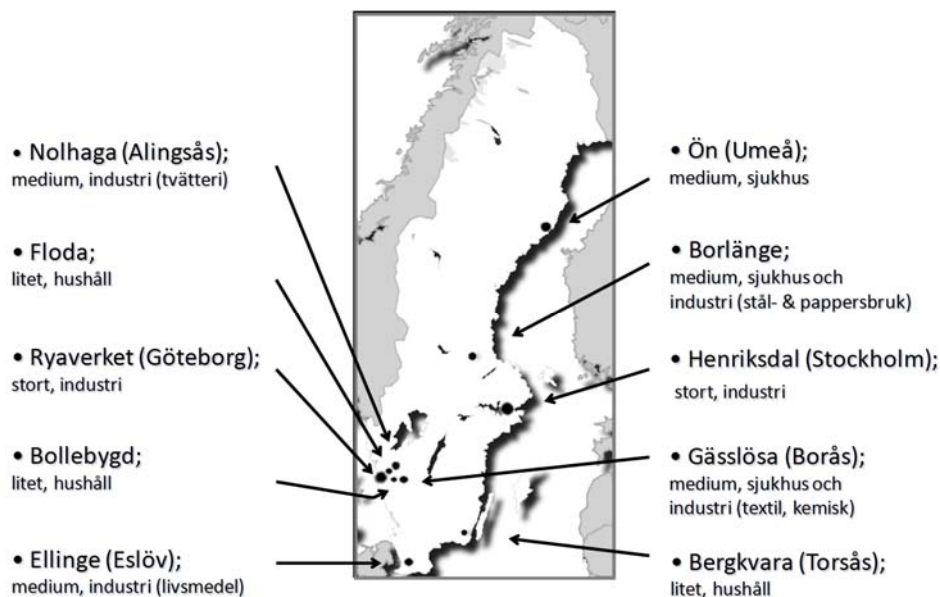


Figur 1. Förenklat flödesschema för kemikalier från samhället till miljön,
ARV = Avloppsreningsverk.

Det övergripande syftet med denna årliga miljöövervakning är att kontrollera halterna av ett stort antal miljögifter i utgående vatten och slam i representativa svenska reningsverk. Halterna från denna årligen återkommande kvantifiering kan vid senare tillfälle utnyttjas för att fastlägga tidstrender, slamdata finns för år 2004-2015 [1-4].

Reningsverken

Vid urvalet av de avloppsreningsverk som ingår i projektet togs särskild hänsyn till reningsverkens storlek, belastning, teknisk prestanda, förhållande mellan industri-, hushåll- och övrigt avlopp samt geografisk spridning. Detta resulterade i följande sju reningsverk (år 2004); Stockholm (Henriksdal), Göteborg (Ryaverket), Umeå (Ön), Borås (Gässlösa), Eslöv (Ellinge), Alingsås (Nolhaga) och Floda, Bollebygds reningsverk ingår fr.o.m. 2005 och Floda utgår fr.o.m. 2010, samt fr.o.m. 2010 ingår Borlänge och Bergkvara (Torsås) reningsverk, dvs, totalt ingår nio reningsverk i den nationella miljöövervakningen fr.o.m. år 2011. Reningsverkens lokalisering, storlek och belastning kan ses i Figur 2. Information om bl.a. antalet anslutna kunder (även uttryckt som personekvivalenter, pe), volym inkommande vatten och mängd producerat slam för respektive reningsverk finns i Tabell 1.



Figur 2. Avloppsreningsverkens lokalisering, storlek och belastning,

Tabell 1. Information om reningsverken [5].

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Anslutna (kpers)	649	26	92	737	82	20	4,1	44	5,9
Anslutna (kpe)	640	27	129	656	73	74	3,7	25	2,5
Inkommande vatten (Mm ³ /år)	119	3,2	13	89	13	3,7	0,24	5,6	0,6
Dagvatten ¹ (%)	57	24	20*	5*	50	28	21	35	46
Renings- process ²	MCBD	MBCD	MCBD	MCBD	MBCD	MBCD	MBCS	MCBD	MBCS
Producerat slam (ton TS/år)	13300	690	2300	14400	2400	1100	78	1200	110
TS slam (%)	30	23	31	27	21	18	2,4	35	17
Uppehållstid (rötning)	15	17	18	19	25	30	--	15	--

¹ Ovidkommande vatten; ^{*} Uppskattning enl. ARV-personal. ² M: Mekanisk rening, C: Kemisk rening, B: Biologisk rening, D: Rötning (anaerobisk), S: Stabilisering (aerobisk).

Henriksdals reningsverk

Henriksdals reningsverk finns i Stockholm och är ett av de två största reningsverken i Sverige och har följande orter anslutna: Stockholm, Huddinge, Haninge, Nacka och Tyresö. Reningsverket processar ett blandat avlopp med inslag av industriavlopp och har två större sjukhus anslutna, samt har tvätterier och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ (<http://www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/Certifiering/>), försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

Reningsprocessen

Grovrensning, sandfång, förluftning och tillsats av järnsulfat, försedimentering, bioreaktor (biologisk rening), eftersedimentering, efterfällning med järnsulfat och sandfilter. Slam tas ut i försedimenteringen, bioreaktorn och eftersedimenteringen, förtjockas och rötas (uppehållstiden i rötkammarna är ca. 19 dygn). Polymertillsats sker efter rötning och slammet centrifugeras innan slutprodukten erhålls.

Ryaverket

I Göteborg finns Ryaverket som är ett av de två största reningsverken i Sverige och har följande orter anslutna: Göteborg, Ale, Härryda, Kungälv, Mölndal och Partille. Reningsverket processar ett blandat avlopp med inslag av industriavlopp, lakvatten och 5500 m³ (5% TS) organisk material från storkök samt har ett större sjukhus, tvätterier och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

Reningsprocessen

Grovrensning, försedimentering, tillsats av järnsulfat, aktivslambassänger (biologisk rening), eftersedimentering, hälften av vattnet leds här till biobäddarna för rening av kväve och recirkulation genom aktivslambassängerna. Slam tas ut i försedimenteringen och eftersedimenteringen, förtjockas och rötas (uppehållstiden i rötkammarna är ca 15 dygn). Polymertillsats sker vid Ryaverken och slammet antingen centrifugeras eller pressas för att avvattnas innan slutprodukt erhålls.

Öns reningsverk

Öns reningsverk är belägen i Umeå, en medelstor stad, som har ett stort sjukhus och ett stort universitet anslutet till reningsverket. Mycket liten andel industriellt avloppsvatten processas.

Reningsprocessen

Grovrensning, sandfång, tillsats av järnsulfat, luftningsbassänger, försedimentering, luftade bassänger med biologisk rening och slutsedimentering. Slammet tas ut i försedimenteringen och förtjockas (i förtjockaren tillkommer även externslam från kommunens övriga reningsverk, ca. 17% av den totala andelen producerat slam härrör från externslam). Därefter rötas slammet i rötkammaren, som har en uppehållstid på 18 dygn, följt av polymertillsats och centrifugering.

Gässlösa reningsverk

Gässlösa reningsverk behandlar avloppsvatten från Borås centralort och ett flertal samhällen samt från sjukhus och flera stora textilindustrier. Verket processar även avloppsvatten från plast- och kemisk industri. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

Reningsprocessen

Mekanisk rening med grovrensning, sandfång och flockning, biologisk rening med försedimentering, biobäddar och mellansedimentering, kemisk rening med flockning och slutsedimentering följt av klorkontaktbassäng. Primärslam från försedimenteringen och överskottsslam från mellansedimenteringen förtjockas innan rötningen som sker tillsammans med externslam från kommunens övriga reningsverk (ca. 15% av den totala andelen producerat slam härrör från externslam). Uppehållstiden i röt-kammaren är ca 25 dygn. Slutligen avvattnas slammet med hjälp av centrifugering.

Ellinge reningsverk

I Eslöv processar Ellinge reningsverk en mycket stor andel industriavlopp (64000 pe industri av totalt 74000 pe) som nästan uteslutande härrör från livsmedelsindustrin. Verket har även tvätteri anlutet. Följande orter är anslutna till reningsverket: Eslöv, Gullarp, Kungshult och Marieholm. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

Reningsprocessen

Rensgaller, sandfång, två försedimenteringsbassänger där den ena är till för kommunalt vatten och den andra för vatten från livsmedelsindustrin (primärslam till röt-kammare), biobäddar, aktivslamanläggning, fällning och sedimentering (sekundärslam till röt-kammare). Därefter rötas slammet (uppehållstid ca 30 dygn) och centrifugeras innan slutprodukt erhålls.

Nolhaga reningsverk

Nolhaga reningsverk är belägen i Alingsås och har industrianslutningar av varierande karaktär. Ett större tvätteri och en avfallsdeponi är också anslutna till reningsverket. Avloppsreningsverket i Nolhaga serverar Alingsås tätort och Västra Bodarna.

Reningsprocessen

Det inkommande vattnet passerar ett rens-galler, sandfång och förluftas innan det pH-justeras med svavelsyra före biobädden. Aluminiumsulfat tillsätts i första flockningsbassängen och vattnet leds sedan till eftersedimenteringsbassängen. Uttag av slam härur sker kontinuerligt innan det förtjockas och pumpas till röt-kammaren som har en uppehållstid på 17 dygn. Det rötade slammet förtjockas ännu en gång innan polymer tillsätts och slammet avvattnas före kompostering. Externslam från kommunens övriga reningsverk, privata slambrunnar och egen latrin-station tas emot och förs in tillsammans med inkommande vatten.

Borlänge reningsverk

Borlänge reningsverk är ett medelstort verk och har små industrier anslutna samt processar det sanitära vattnet från ett stålverk och ett pappersbruk, samt avloppsvatten från två relativt stora verksamheter som bägge producerar kosmetiska produkter och hygienprodukter. Avloppsreningsverket i Borlänge har även ett sjukhus anslutet.

Reningsprocessen

Reningsverket processar det inkommande vattnet mekaniskt, följt av kemiskt och biologiskt rening och slutligen rötas slammet (uppehållstid ca 15 dygn).

Bergkvara reningsverk

Bergkvara reningsverk i Torsås är ett litet reningsverk utan större industriell belastning, processar uteslutande hushållsavlopp.

Reningsprocessen

Det inkommande vattnet genomgår mekanisk, biologisk och kemisk rening och slammet stabiliseras aerobiskt.

Bollebygds reningsverk

Bollebygds reningsverk processar uteslutande hushållsavlopp från Bollebygds kommun. Verket är utan större industriell belastning, men fr.o.m. hösten 2009 renas även processvatten från färgindustrin.

Reningsprocessen

Det inkommande vattnet passerar först ett rensfilter, sedan sker biologisk rening med tillsats av Ekoflock 90 REV. Därefter mellansedimentering följt av flockningsbassäng med Ekoflock 90 och slutligen slutsedimentering. Slammet stabiliseras aerobiskt.

Föreningar

De ämnen som ingår i detta projekt är bl.a. utvalda från EUs vattendirektivslista (WFD) och från den finska prioriteringslistan, se Tabell 2. Perfluoroalkylsubstanser, organofosfater, fluorokinoloner (antibiotika), butylhydroxytoluen, myskämnen, PCDD/F och WHO-PCB valdes utifrån resultat från Naturvårdsverkets screeningstudier. Slutligen ingår en del andra substanser som tillhör samma ämnesgrupp som de tidigare nämnda och som lätt kan bestämmas parallellt ("på köpet ämnen"), samt har östrogena och androgena effekter (biotester) uppmätta och kvantifieras i utgående vatten.

Tabell 2. Sammanställning av föreningar och urvalskriterier.

Grupp	Namn	WFD	OSPAR	Finsk Screening prio	"På köpet"
Fenoler	Pentaklorfenol	X			
	Övriga klorfenoler				X
	Butylhydroxytoluen				X
	Triclosan				X
	Bisfenol A				
	Nonyl- och oktylfenol	X			
Klorbensener	124-Triklorbensen	X			
	Pentaklorbensen	X			
	Hexaklorbensen	X			
	Övriga di-, tri- och tetra-klorbensener				X
Fosfatestrar	Tris(2-butoxyethyl)fosfat				X
	Tris(2-kloroetyl)fosfat				X
	Tris(kloropropyl)fosfat				X
	Tris(1,3-dikloro-2-propyl)fosfat				X
	Trifenylfosfat				X
Ftalater	Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)	X		X	
	Dimethyl- och dietylfталat				X
	Di- <i>n</i> -butyl- och butylbenzylftalat			X	
	Di- <i>n</i> -oktyl-, di- <i>iso</i> -nonyl-, di- <i>iso</i> -decylftalat				X
Antibiotika	Ofloxacin (fluorokinolon)				X
	Norfloxacin (fluorokinolon)				X
	Ciprofloxacin (fluorokinolon)				X
Dioxinlika ämnen	WHO-PCB				X
	PCDD/F				X
Övriga POP	Polybromerade difenyletrar (PBDE)	X			
	Klorparaffiner (PCA)	X			
	Perfluoroämnen (PFAS)	X ¹			X
	Metylsiloxaner		X		
Metaller	Bly och Pb-föreningar	X			
	Kadmium och Cd-föreningar	X			
	Kvicksilver och Hg-föreningar	X			
	Nickel och nickelföreningar	X			
	Arsenik, kobolt, krom, koppar, vanadin, zink				
Metallorg.	Tributyltennoxid	X			
	Mono-, di- och tetrabutyltenn				X
	Mono- och dioktyltenn				X
	Tricyklohexyltenn				X
	Mono-, di- och trifenyltenn				X
Myrkämnerna	Tonalide (AHTN), galoxolide (HHCB)				X
	Myrk xylen, myrk keton		X ²	X	
NSAID's³	Ibuprofen, naproxen, ketoprofen, diclofenac				X

¹ PFOS (2013/39/EU)

² Myrk xylene: OSPAR. ³ Non steroidal anti-inflammatory drugs

Provtagning och provbankning

För att få så representativa prov som möjligt sker provtagningen varje år i oktober månad, under normala driftsförhållanden och efter en period med normala väderförhållanden. Proverna överförs till specialdiskade glasburkar och levereras omgående till Umeå universitet där de delas i portioner för de olika analyserna och för provbankning (slam). Proverna förvaras sedan i kyl/frys. Aktuella driftparametrar vid provtagningstillfället dokumenteras av provtagaren vid respektive reningsverk.

Utgående vatten

Ett (flödesproportionellt) veckoprov tas per reningsverk, dvs, 7 dygnsprov poolas till ett veckoprov.

Slam

Ett samlingsprov tas per reningsverk. Provtagningen sker en veckodag, dock inte en måndag för att representera normal belastning från industrier och andra verksamheter som eventuellt har reducerad verksamhet under helger. Provtagningen sker inom en timme efter avvattning.

Den större delen av proverna frystorkas, homogeniseras och delas i lämpliga delprover som skickas till Naturhistoriska riksmuseet för arkivering i deras provbank.

Analys och kvalitetssäkring

Proverna är kemiskt analyserade enligt lämpligast metod (Tabell 3), specifik för varje ämne/ämnesgrupp, och utförda av: Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), ALS Scandinavia AB (Luleå), Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM, Stockholm universitet), IVL Svenska Miljöinstitutet (Stockholm) och Kemiska institutionen (Umeå universitet).

Eftersom många av föroreningarna är relativt nya har det inte alltid gått att använda ackrediterade metoder. I Tabell 3 har det indikerats vilka analyser som genomförts med ackrediterade analysmetoder, metoder validerade genom interkalibreringar (IK), respektive internvaliderade egenutvecklade metoder (EM).

Vissa ämnen har inte analyserats i båda matriserna, utan bara de ämnen som man förväntas hitta i utgående vatten och/eller slam. Vilka ämnen som har analyserats i respektive matris kan ses i Tabell 3.

Tabell 3. Utförare av de olika typerna av analyser.

Föreningar	Analys- teknik	UmU	Eurofins	ALS	ITM	IVL	Mät- osäkerhet
Klorfenoler	GC-MS		Ack.				± 20%
Butylhydroxytoluene	GC-MS		EM				± 20%
Triclosan	GC-MS		Ack.				± 20%
Bisfenol A	LC-MSMS	IK					± 20%
Nonyl- och oktylfenol	GC-MS	IK					± 20%
Klorbensener ¹	GC-HRMS	EM					± 30%
Organofosfater	GC-HRMS	IK					± 30%
Ftalater ¹	GC-MS		Ack.				± 20%
Antibiotika (fluorokinoloner)	LC-MSMS	IK					± 20%
NSAID's ²	LC-MSMS	IK					± 20%
WHO-PCB ¹	GC-HRMS	Ack.					± 29%
PCDD/F ¹	GC-HRMS	Ack.					± 29%
Polybromerade difenyletrar ¹	GC-HRMS	IK					± 30%
Klorparaffiner ¹	GC-MS	EM					± 30%
Fluorerade ämnen	LC-MSMS				IK		± 5-20%
Metaller	ICP-MS			Ack.			± 18-32%
Organotenn	ICP-MS	IK					± 6-40%
Metylsiloxaner ¹	ATD-GC-MS					IK	± 20%
Myskämnen	GC-HRMS	IK					± 20%
Biotester ²						EM	

¹ Endast analyserade i slam. ² Endast analyserade i H₂O.

Ack, = ackrediterad analys; IK = metod validerad genom interkalibreringar; EM = egenutvecklad metod, validerad vid respektive laboratorium.

Respektive laboratorium sköter sin egen kvalitetssäkring som kontrollerar extraktions- och uppberedningsutbyte, laboratoriebakgrund (via blankar), instrumentstatus, etc. Inga avvikelser har rapporterats under året. En rundringning till samtliga utförare bekräftade att inga avvikelser förekommit.

Resultat

Antibiotika

Utgående vatten

Tabell 4 redovisar koncentrationer av fluorokinolonerna (FQs) i utgående vatten. Ingen FQ kunde detekteras.

Slam

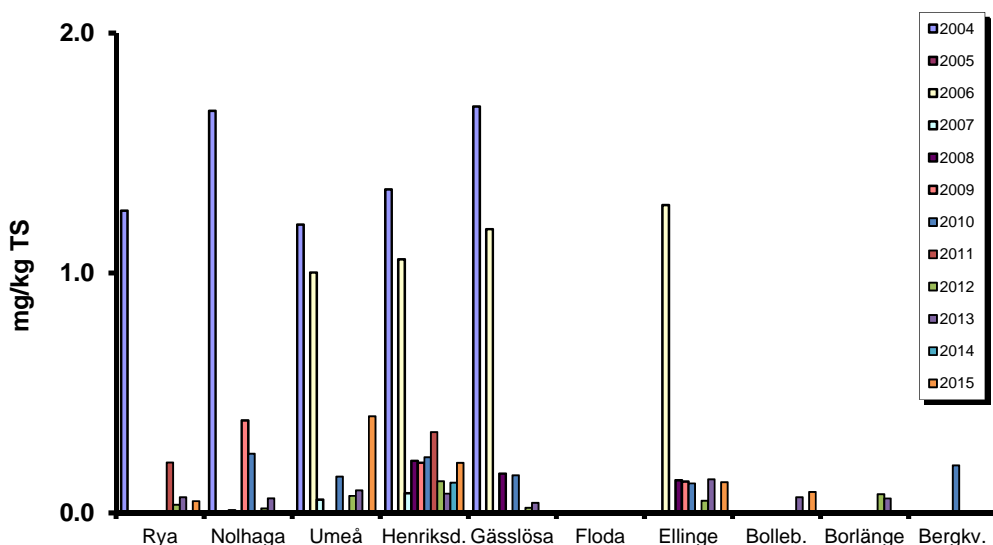
FQ norfloxacin och ciprofloxacin har tidigare (år 2004-2007) påvisats i alla ARV, men 2008 och framåt var endast ciprofloxacin detekterbar i alla reningsverken. Under 2015 detekterades norfloxacin inte vid något reningsverk och ofloxacin vid fem reningsverk. Halter av ofloxacin och ciprofloxacin i reningsverksslam från år 2004-2015 redovisas i Figur 3 och 4.

Tabell 4. Resultat från 2015 års prover, utgående vatten, fluorokinoloner ($\mu\text{g/L}$).

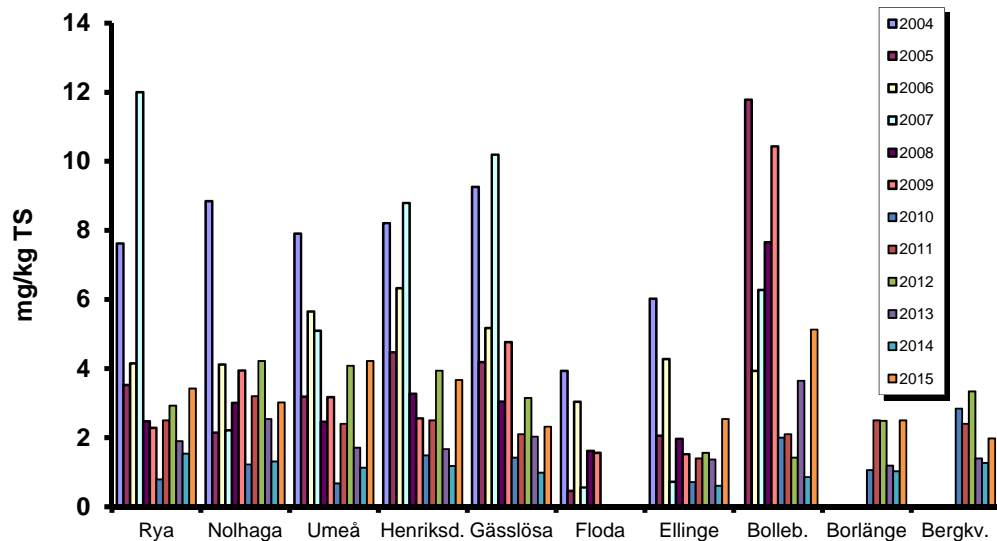
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ofloxacin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ciprofloxacin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Tabell 5. Resultat från 2015 års prover, slam, fluorokinoloner (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Ofloxacin	0.049	<0,01	0.40	0.21	<0,01	0.13	0.087	<0,01	<0,01
Ciprofloxacin	3.4	3.0	4.2	3.7	2.3	2.5	5.1	2.5	2.0



Figur 3. Halter av Ofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 4. Halter av Ciprofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

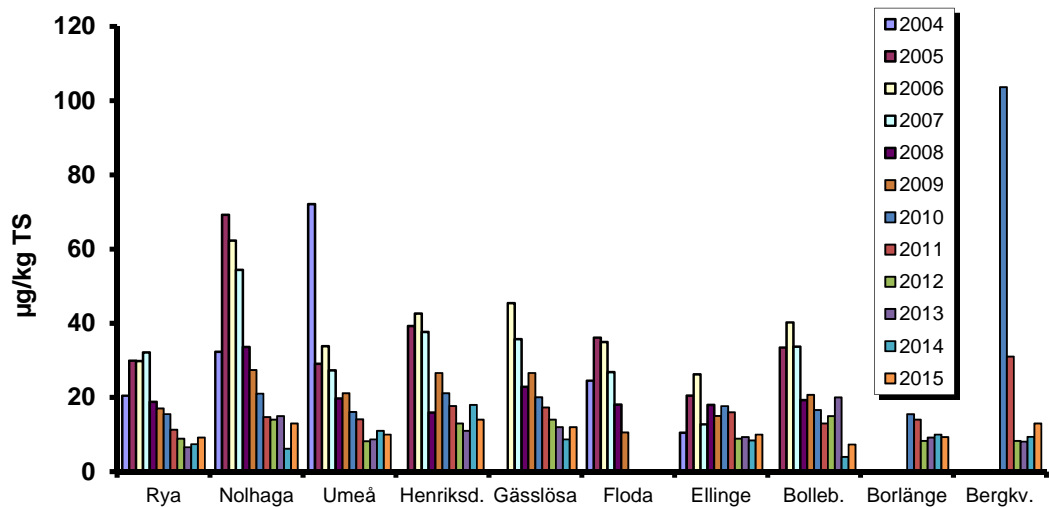
Bromerade difenyletrar (PBDE)

Slam

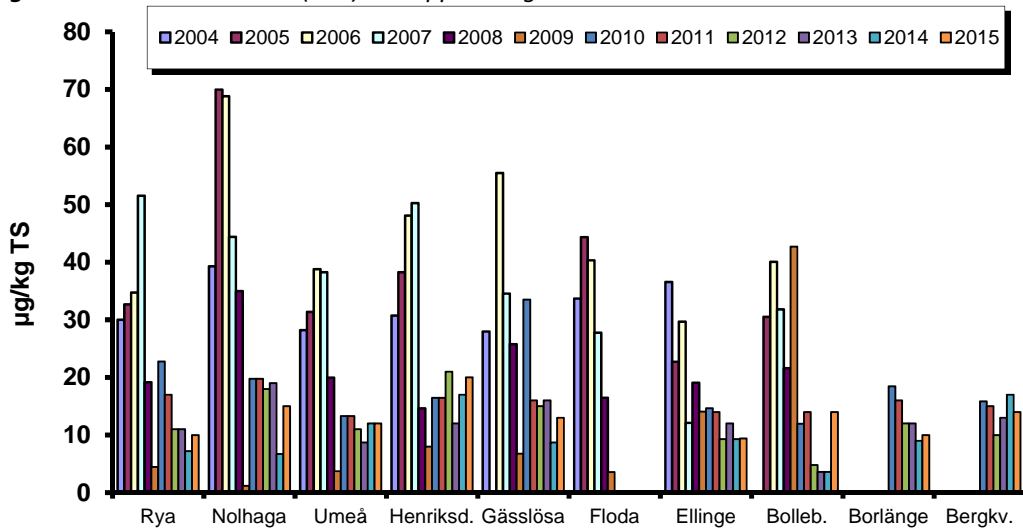
DecaBDE (#209) förekom, liksom tidigare år, i de högsta halterna i slam (uttryckt som microgram per kilogram torrsubstans, TS) från alla ARV, se Tabell 6. Halter av tetraBDE (#47), pentaBDE (#99) och decaBDE i avloppsreningsverksslam under åren 2004-2015 redovisas i Figur 5-7. Proverna från Bergkvara har utmärkt sig tidigare med relativt höga halter av tetraBDE (#47) och decaBDE, men har under senare år varit jämförbara med övriga reningsverk.

Tabell 6. Resultat från 2015 års prover, slam, PBDE ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

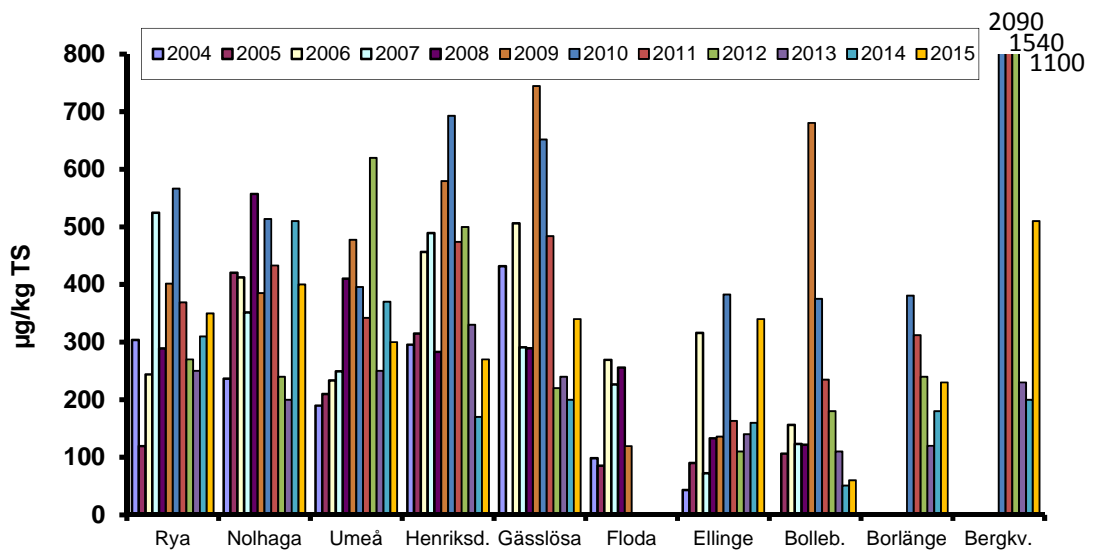
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 28	0,19	0,20	0,21	0,16	0,23	0,16	0,35	0,15	0,24
# 47	9,2	13	10	14	12	10	7,3	9,3	13
# 99	10	15	12	20	13	9,4	14	10	14
# 100	2,4	3,4	2,8	4,8	3,1	2,3	3,7	1,9	3,1
# 153	1,2	1,5	1,6	2,6	1,6	1,2	2,1	0,9	1,5
# 154	0,96	1,3	1,1	2,2	1,1	1,1	1,9	0,64	1,2
# 183	0,89	0,59	0,89	0,60	1,4	0,51	0,97	0,32	0,69
# 209	350	400	300	270	340	340	60	230	510



Figur 5. Halter av TetraBDE (#47) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.



Figur 6. Halter av PentaBDE (#99) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.



Figur 7. Halter av DecaBDE (#209) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.

Klorparaffiner (PCA)

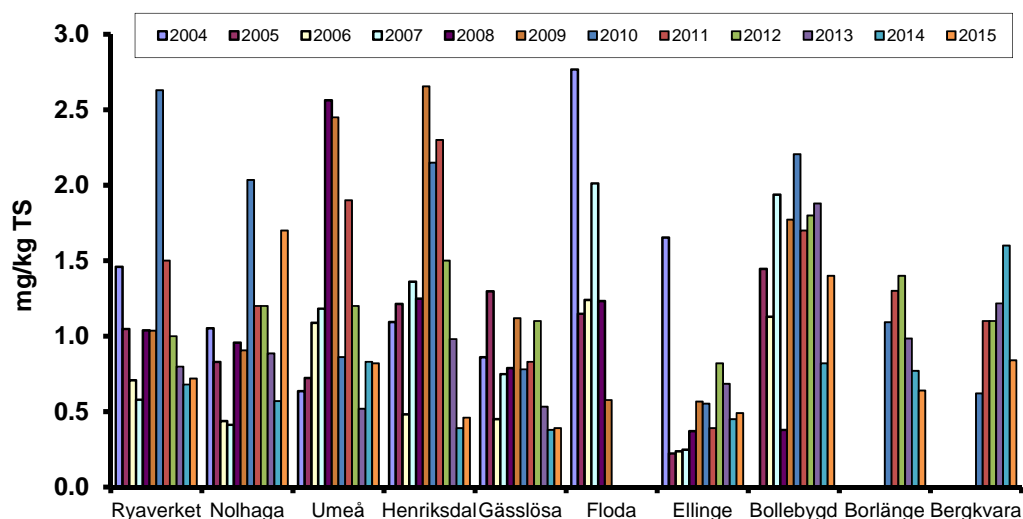
Slam

Tabell 7 redovisar halter av klorparaffiner (PCA) i avloppsreningsverksslam år 2015. Långkedjade klorparaffiner (LCCP) har tidigare förekommit i högst koncentration, men halterna har minskat mycket och är nu jämförbara med klorparaffiner med medellånga kedjor (MCCP). Sammanfattning av PCA-halter för åren 2004-2015 kan ses i Figur 8-10.

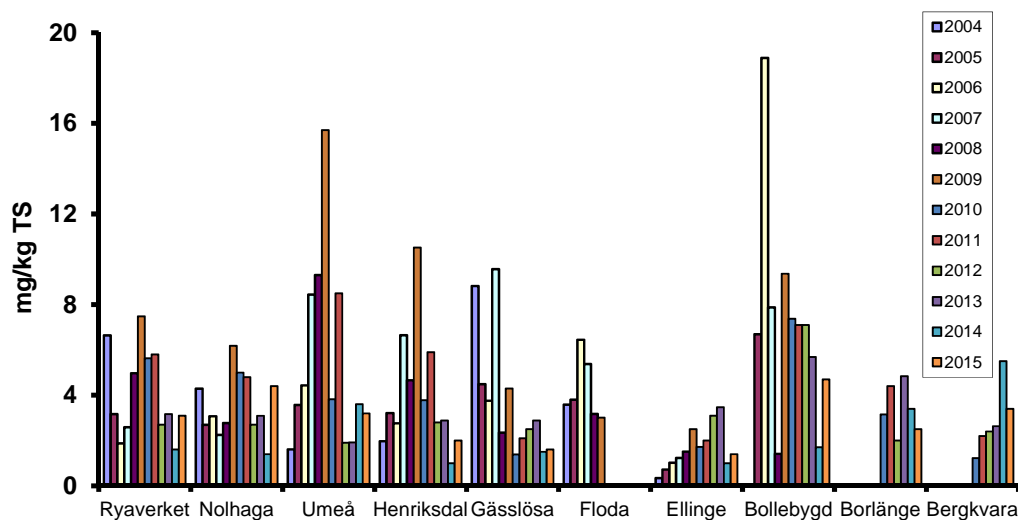
Tabell 7. Resultat från 2015 analyser av klorparaffiner (CP) (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
SCCP ¹	0,72	1,7	0,82	0,46	0,39	0,49	1,4	0,64	0,84
MCCP ²	3,1	4,4	3,2	2,0	1,6	1,4	4,7	2,5	3,4
LCCP ³	2,4	3,3	2,6	1,5	1,0	0,91	3,5	1,9	2,7

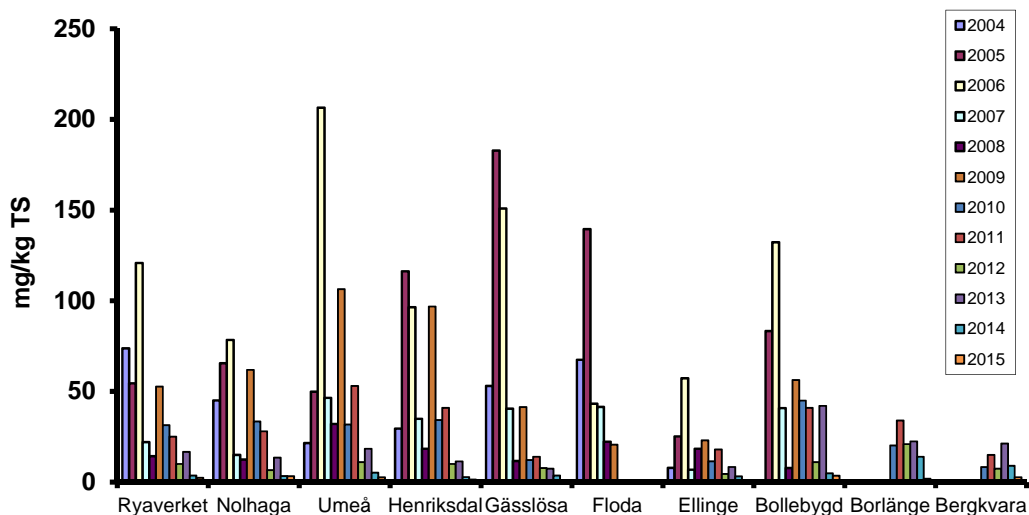
¹SCCP: Short chain CP, C₁₀-C₁₃. ²MCCP: Medium chain CP, C₁₄-C₁₇. ³LCCP: Long chain CP, C₁₈-C₂₀.



Figur 8. SCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 9. MCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 10. LCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

Fluorerade ämnen

De fluorerade ämnenas nomenklatur kan ses i Tabell 8. Generellt så innehåller både utgående vatten och slam från Gässlösa ARV högre halter av fluorerade ämnen än övriga verk.

Utgående vatten

Tabell 9 redovisar koncentrationer av fluorerade ämnen i utgående vatten år 2015. En jämförelse av PFOA- och PFOS-halter kan ses i Figur 11.

Slam

Halter av fluorerade ämnen i avloppsreningsverksslam år 2015 redovisas i Tabell 10. Figur 12 och Figur 13 visar PFOS- och PFOA-halter i slammet 2004-2015, med generellt minskning halter över tiden. Slam från Gässlösa innehåller generellt mer fluorerade ämnen än övriga ARV.

Tabell 8. Nomenklatur perfluorerade ämnen,

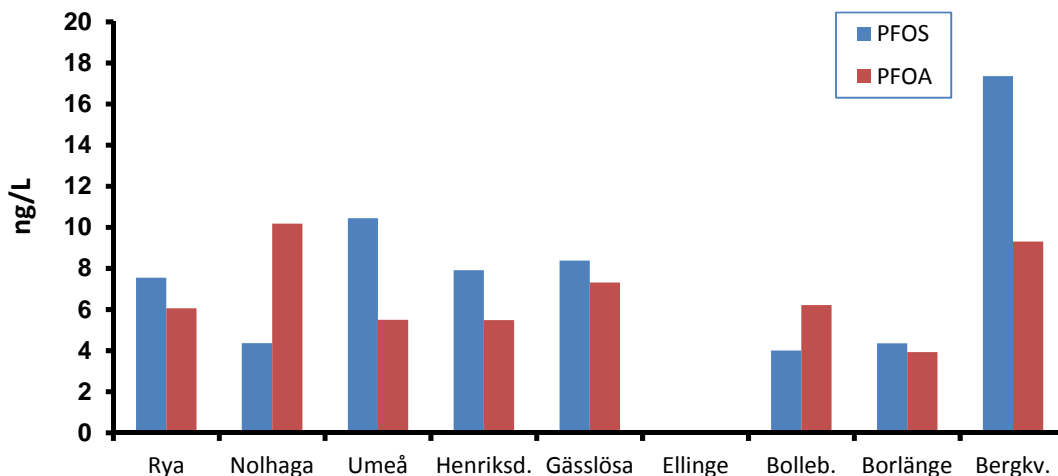
PFBA	Perfluorobutansyra
PFPA	Perfluoropentansyra
PFHxA	Perfluorohexansyra
PFHpA	Perfluoroheptansyra
PFOA	Perfluoroktansyra
PFNA	Perfluornonansyra
PFDA	Perfluordekansyra
PFUnA	Perfluorundekansyra
PFDoA	Perfluordodekansyra
PFBS	Perfluorbutansulfonat
PFHxS	Perfluorohexansulfonat
PFOS	Perfluorooktansulfonat
PFDS	Perfluordekansulfonat
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid

Tabell 9. Resultat från 2015-års prover, utgående vatten (ng/L). Nomenklatur se Tabell 8.

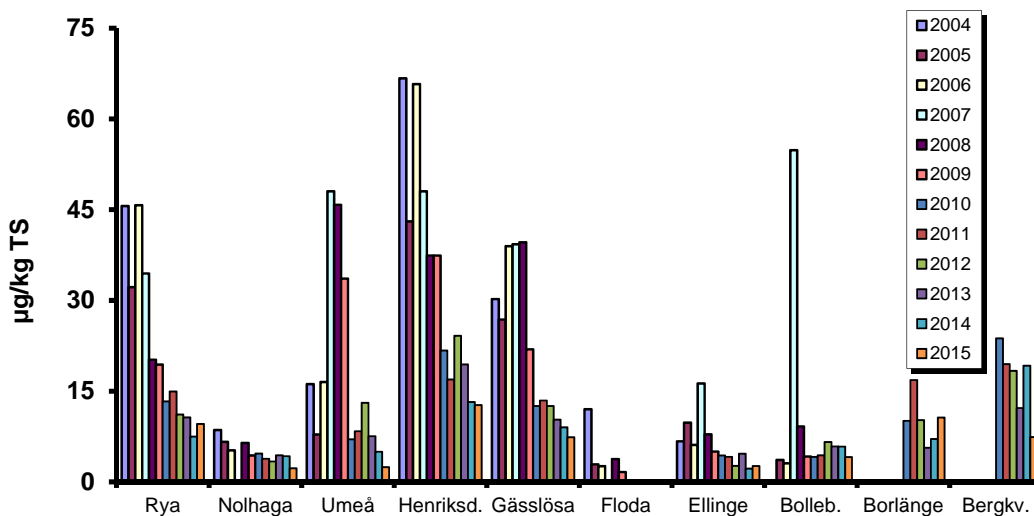
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFBA	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8	<3,8
PFPA	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9	11,7	<3,9	<3,9	<3,9	<3,9
PFHxA	6,67	8,12	6,58	7,96	18,5	4,24	13,6	9,36	4,13
PFHpA	2,03	2,76	2,16	2,91	3,21	2,45	1,45	2,18	0,923
PFOA	6,07	10,2	5,50	5,49	7,32	6,22	3,93	9,31	4,12
PFNA	0,74	1,30	1,61	1,42	1,50	0,46	1,44	1,96	0,831
PFDA	0,558	1,83	2,18	1,28	1,62	1,15	1,16	0,828	0,983
PFUnA	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37	0,765	<0,37	<0,37	<0,37	<0,37
PFDoDA	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
PFBS	1,09	1,22	<1,1	2,07	0,928	1,22	<1,1	1,67	<1,1
PFHxS	1,59	0,73	2,04	2,05	1,70	1,05	0,674	4,98	3,39
Lin-PFOS ¹	4,18	2,04	5,53	4,19	4,60	1,79	1,38	8,53	1,68
Br-PFOS ¹	3,37	2,33	4,92	3,72	3,78	2,22	2,98	8,83	4,52
Lin-PFDS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Br-PFDS	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Lin-PFOSA	<0,14	0,171	0,394	0,142	0,653	0,327	0,235	0,434	0,152
Br-PFOSA	<0,13	<0,13	0,22	0,132	0,316	0,215	<0,13	0,565	0,142

¹ Lin = linjär, Br = grenad.**Tabell 10. Resultat från 2015-års prover, slam, perfluorerade ämnen (µg/kg TS).**

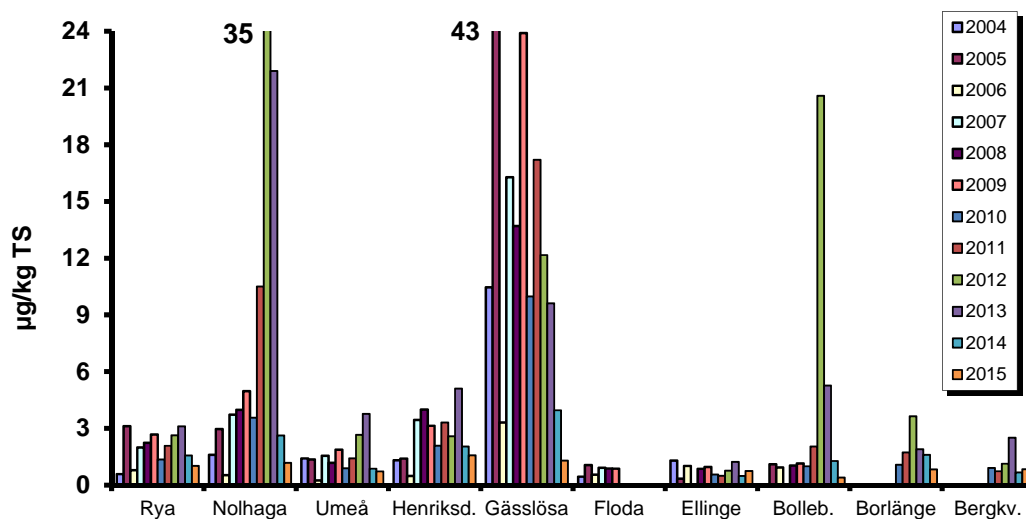
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFHxA	0,98	1,14	<1,0	2,24	2,09	<1,0	1,39	<1,0	<1,0
PFHpA	<0,2	0,337	<0,2	0,489	0,241	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFOA	1,02	1,18	0,727	1,58	1,30	0,753	0,397	0,832	0,84
PFNA	0,322	0,255	0,198	0,652	0,491	0,275	0,215	0,297	0,258
PFDA	1,38	0,909	0,780	3,36	2,39	1,35	0,850	0,977	1,69
PFUnDA	0,921	0,603	0,548	1,61	1,92	0,631	0,408	0,858	0,635
PFDoDA	1,40	0,909	1,03	2,48	0,876	0,672	0,442	0,841	1,02
PFTTrDA	0,553	0,296	0,160	0,623	0,259	0,163	0,113	0,204	0,169
PFTeDA	1,10	0,603	0,236	1,00	0,295	0,305	<0,2	0,306	0,218
PFPeDA	0,286	0,143	<0,08	0,221	0,080	0,081	<0,08	<0,08	<0,08
PFBS	1,05	<1,0	<1,0	1,23	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
PFHxS	<0,76	<0,76	<0,76	<0,76	<0,76	<0,76	<0,76	<0,76	0,76
lin-PFOS	8,39	1,62	2,03	11,1	6,19	2,20	3,51	9,78	5,92
br-PFOS	1,17	0,640	0,406	1,59	1,18	0,428	0,578	0,858	1,47
lin-PFDS	<0,8	<0,8	0,810	1,82	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
br-PFDS	<0,59	<0,59	<0,59	0,59	<0,59	<0,59	<0,59	<0,59	<0,59
lin-FOSA	0,387	0,123	0,189	0,575	0,482	0,305	0,125	0,170	0,208
br-FOSA	0,083	<0,08	0,085	0,182	0,152	0,092	<0,08	0,093	0,089



Figur 11. PFOA- och PFOS-halter (ng/L) i utgående vatten, ARV (2015).



Figur 12. PFOS-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 13. PFOA-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

Fosfatestrar

Organofosfater (OP) används främst som additiv i en mängd olika produkter, bl. a. i oljeprodukter och som flamskyddsmedel och mjukgörare i plaster [6]. Organofosfaternas nomenklatur se Tabell 11.

Utgående vatten

Tris(2-butoxyetyl)fosfat (TBEP) och tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP) förekom i högre halter än övriga OPs i utgående vatten år 2015, se Tabell 12.

Slam

Tabell 13 redovisar halter av OP i avloppsreningsverksslam från 2015. Haltjämförelse av tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP), tris(1,3-dikloropropyl)fosfat (TDCPP), trifenyfosfat (TPP) och tris(2-butoxyetyl)fosfat (TBEP) mellan åren 2004 och 2015 visas i Figur 14-17. Halterna av den klorerade fosfaten TCPP ökar med tid. TPP har ökat under perioden 2007-2015.

Tabell 11. Nomenklatur organofosfater.

TBP	Tributylfosfat
TCEP	Tris(2-kloroetyl)fosfat
TCPP	Tris(2-kloroisopropyl)fosfat
TDCPP	Tris(1,3-dikloropropyl)fosfat
TBEP	Tris(2-butoxyetyl)fosfat
TPP	Trifenyfosfat
EHDPP	2-Etylhexyldifenyfosfat
TEHP	Trietylhexylfosfat
TCP	Tricresylfosfat

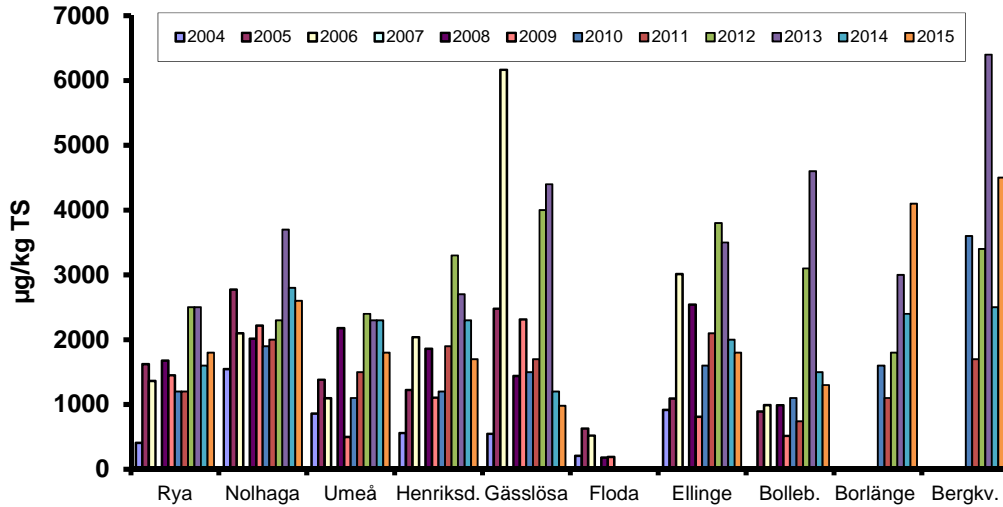
Tabell 12. Resultat från 2015 års prover, utgående vatten (ng/L). Nomenklatur se Tabell 13.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	110	160	130	320	40	76	190	300	90
TCEP	120	150	130	100	140	120	240	160	220
TCPP	2600	3000	2800	1600	2900	2400	4600	2900	4100
TDCPP	170	240	360	130	280	210	160	360	260
TBEP	1800	3300	4100	1100	1000	1700	5200	6100	5200
TPP	17	29	10	7,6	39	10	45	47	58
EHDPP	5,4	4,0	<0,5	<0,5	<0,5	3,4	<0,5	3,3	3,9
TEHP	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
TCP	<0,5	2,2	2,3	<0,5	3,4	<0,5	<0,5	0,82	<0,5

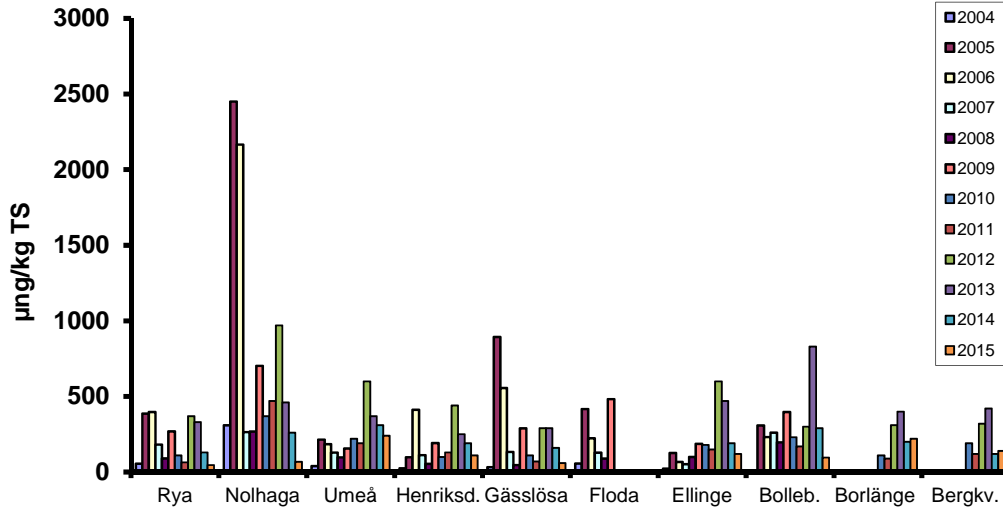
Tabell 13. Resultat från 2015 års prover, slam, organofosfater (µg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	35	72	36	580	13	46	43	25	42
TCEP	4,3	11	5,3	6,2	21	6,9	6,1	4,7	11
TCPP	1800	2600	1800	1700	980	1800	1300	4100	4500
TDCPP	46	68	240	110	59	120	96	220	140
TBEP	120	170	240	400	58	52	170	420	530
TPP	170	230	130	130	88	190	140	180	650
EHDPP	2100	1100	2200	1600	790	1200	3100	2700	1900
TEHP	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
TCP	170	240	360	210	120	130	420	300	600

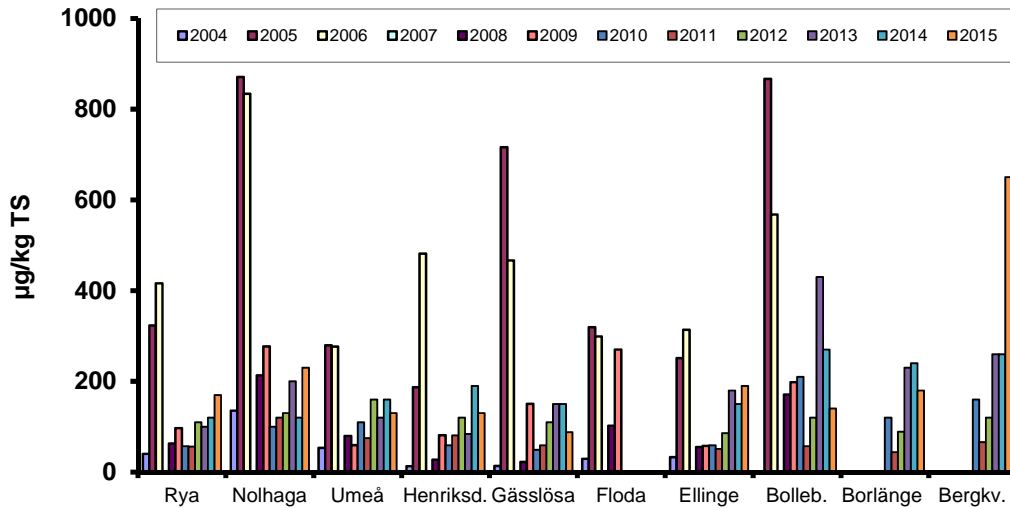
n.m., not measured.



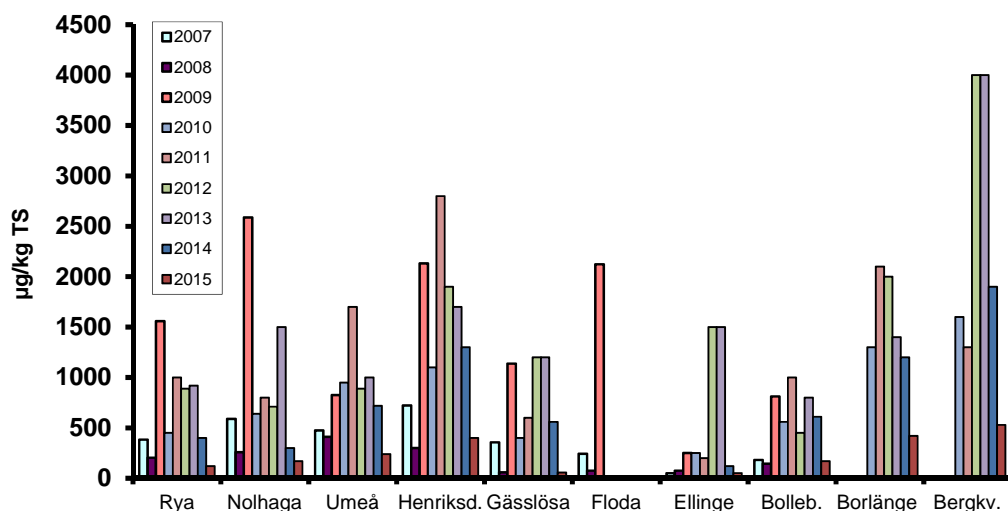
Figur 14. Halter av TCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 15. Halter av TDCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 16. Halter av TPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 17. Halter av TBEP i avloppsreningsverken (slam) år 2007-2015.

Ftalater och Butylhydroxytoluen

Utgående vatten

Ftalater har inte analyserats i utgående vatten, däremot så har butylhydroxytoluen (BHT) analyserats med halter under detektionsgränsen (5 mg/L).

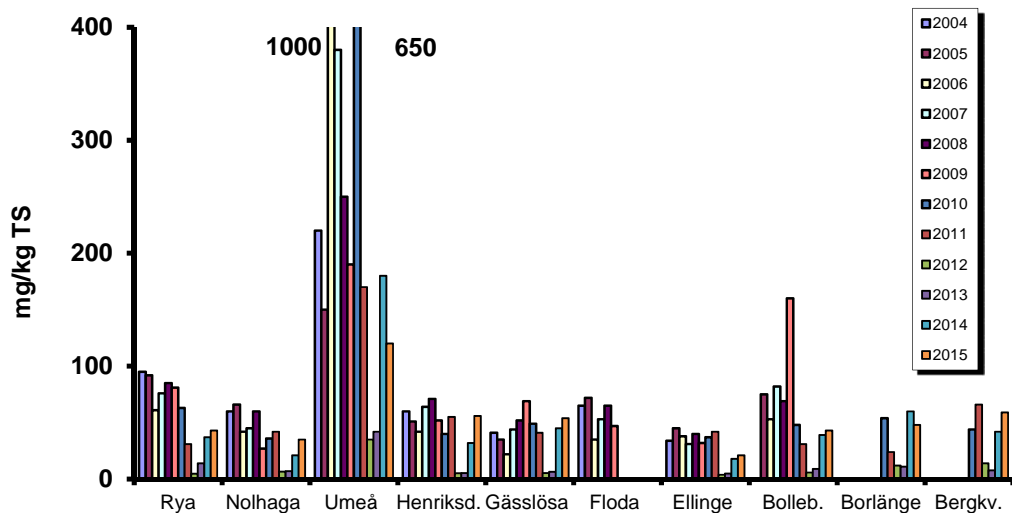
Slam

Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP), di-*iso*-nonylftalat (DINP), di-*iso*-decylftalat (DIDP) och di-*n*-butylftalat påvisades i alla ARV år 2015, medans halterna av övriga ftalater var under eller nära detektionsgränsen, se Tabell 14. Halterna av DEHP har genomgående minskat, Figur 18. Halterna av DINP och DIDP har dock inte minskat, Figur 19-20. Slam från Umeå ARV innehåller mer DEHP och slam från Gässlösa ARV mer DIDP än övriga ARV. Möjligen kan en generell ökning av DINP skönjas under senare år, som i så fall skulle kunna härledas till den substitution som skett av DEHP med DINP och DIDP.

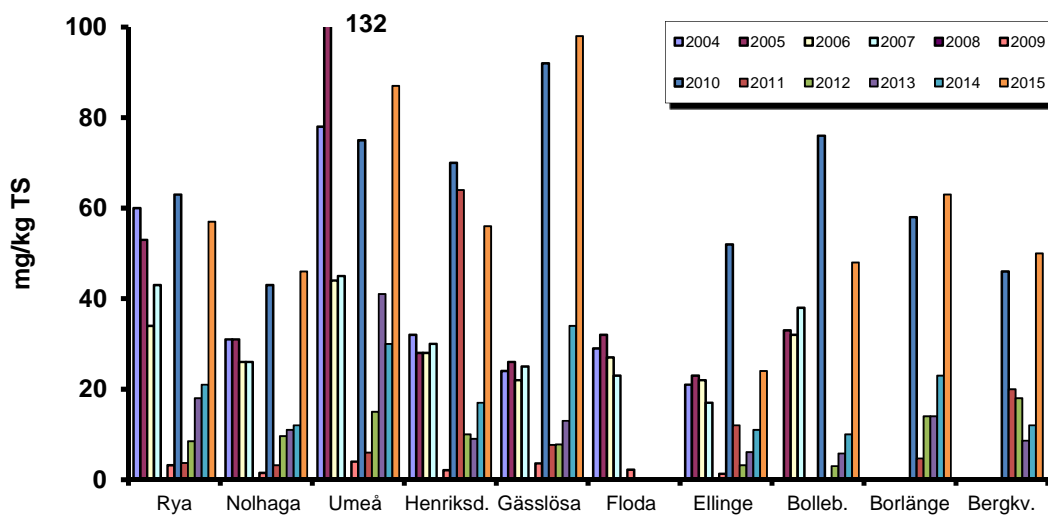
Tidigare år (2004 och 2005) påvisades BHT i alla ARV, men på senare år har den detekterats mindre frekvent. År 2015 detekterades den bara i två slam i halter (0,53 och 0,79 mg/kg) nära detektionsgränsen (0,50 mg/kg).

Tabell 14. Resultat från 2015 års prover, slam, ftalater och BHT (mg/kg TS).

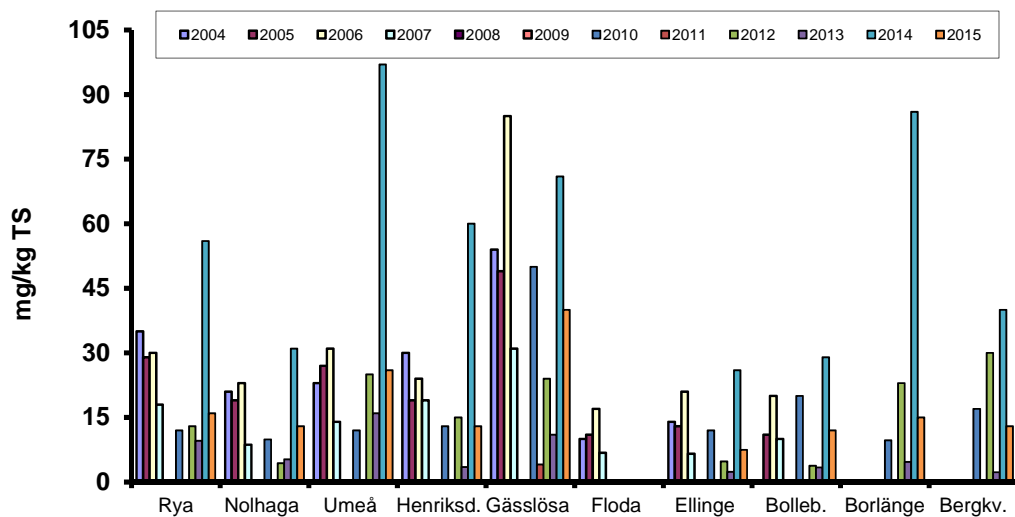
	Förk.	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Dimetylftalat	DMP	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02
Dietylftalat	DEP	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,05
Di- <i>n</i> -butylftalat	DBP	0,05	0,07	0,04	0,02	0,07	0,02	0,07	0,04	0,48
Butylbensylftalat	BBP	0,03	0,05	0,15	0,09	0,11	0,03	0,09	0,08	0,34
Di-(2-etylhexyl)ftalat	DEHP	43	35	120	56	54	21	43	48	59
Di- <i>n</i> -oktylftalat	DOP	<0,5	<0,4	<0,5	<0,2	<0,7	<0,1	<0,2	<0,2	<0,2
Di- <i>iso</i> -nonylftalat	DINP	57	46	87	56	98	24	48	63	50
Di- <i>iso</i> -decylftalat	DIDP	16	13	26	13	40	7,5	12	15	13
Butylhydroxytoluen	BHT	<0,5	<0,5	<0,5	0,53	<0,5	<0,5	<0,5	0,79	<0,5



Figur 18. DEHP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 19. DINP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 20. DIDP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

Klorbensener

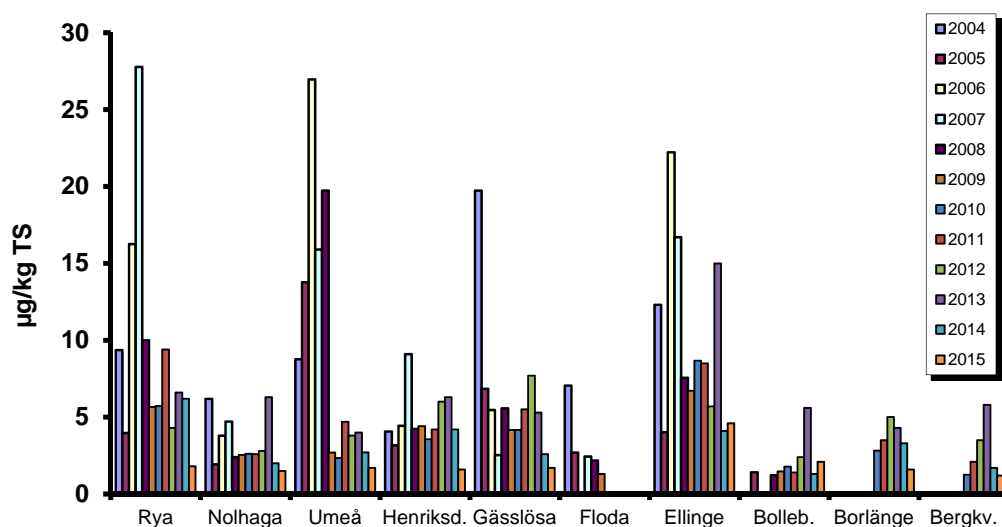
Slam

Halter av klorbensener redovisas i Tabell 15. Halter av hexaklorbensener skiljer sig under senare år inte nämnvärt mellan ARV, men halterna är generellt på väg nedåt (Figur 21). Mellanårsvariationen är dock stor för vissa reningsverk, ex. Ryaverket, Umeå och Ellinge. Under år 2015 var exempelvis halterna av 1,2,4-TrCBz 100 gånger högre i slam från Ellinge än i slam från övriga ARV.

Tabell 15. Resultat från 2015 års prover, slam, klorbensener ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
1,3-diCBz	0,28	0,24	0,53	2,7	0,67	5,2	0,30	0,54	0,25
1,4-diCBz	2,7	4,5	2,6	8,8	5,9	4,7	1,0	2,8	1,1
1,2-diCBz	2,6	5,2	3,7	28	9,8	7,2	3,7	5,0	4,6
1,3,5-triCBz	0,28	0,28	0,23	0,14	1,5	0,28	0,35	0,30	0,14
1,2,4-triCBz	3,4	1,7	2,4	0,59	2,1	291	1,4	1,6	0,84
1,2,3-triCBz	0,47	0,27	0,77	0,35	0,40	98	0,52	0,39	0,1
1235/1245- tetraCBz	0,37	0,24	0,56	0,16	0,37	3,8	0,09	0,16	<0,1
1,2,3,4- tetraCBz	1,1	0,23	0,32	0,50	0,14	7,9	<0,1	0,17	0,38
PentaCBz	0,96	0,69	0,99	0,26	0,64	1,1	0,68	0,88	0,98
HexaCBz	1,8	1,5	1,7	1,6	1,7	4,6	2,1	1,6	1,2

CBz = Klorbensener.



Figur 21. HexaCBz-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

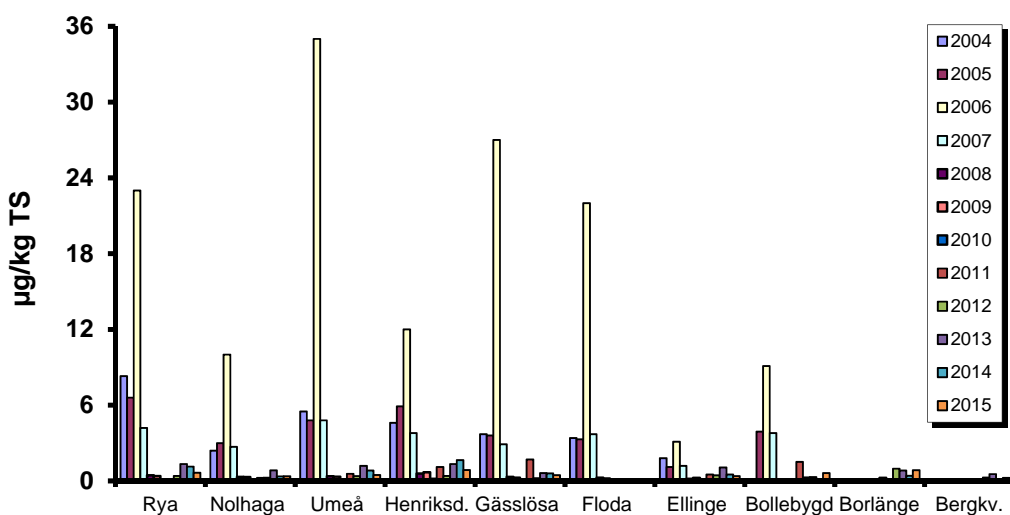
Klorfenoler, Nonyl- och oktylfenoler, Triclosan och Bisfenol A

Utgående vatten

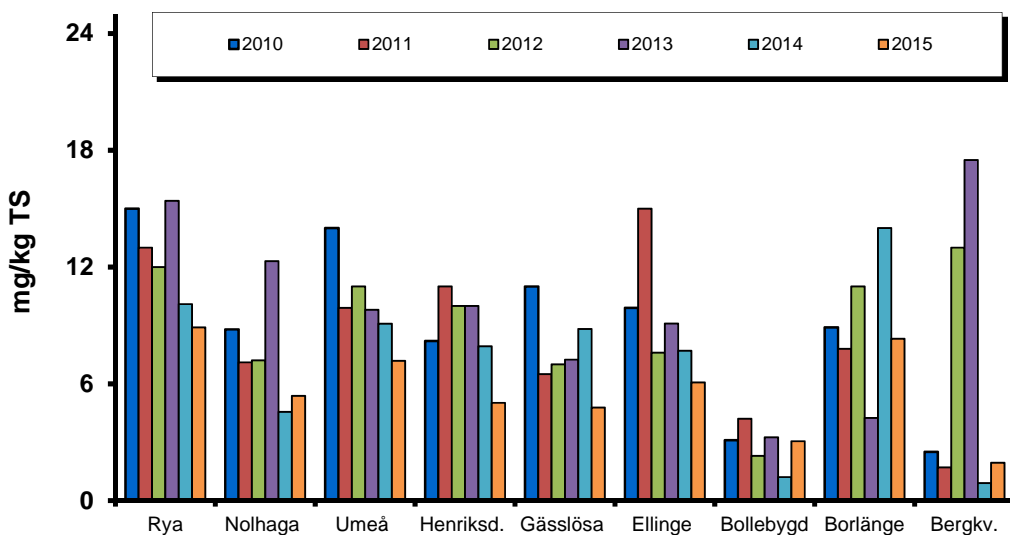
De flesta klorfenolerna, oktylfenol, nonylfenol och triclosan var under eller nära detektionsgränsen (0,01 µg/L) i utgående vatten från ARV, Tabell 16. Bisfenol A detekterades dock i samtliga nio prover (0,06 – 0,29 µg/L).

Slam

År 2015 detekterades inte Bisfenol A i slammet (<0,05 µg/kg TS) och heller inga klorfenoler (0,05 mg/kg TS). Nonyl- och oktylfenol samt triklosan detekterades i alla ARV, Tabell 17. Figur 22 visar halter av triclosan i slam från år 2004-2015 och Figur 23 visar halterna av nonylfenol i slam från år 2010-2015. Halterna av både triclosan och nonylfenoler minskar över de studerade tidsperioderna.



Figur 22. Triclosanhalter (år 2004-2015) i avloppsreningsverksslam.



Figur 23. Nonylfenolhalter (år 2010-2015) i avloppsreningsverksslam.

Tabell 16. Klorfenoler, 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan i vatten från 2015 ($\mu\text{g/L}$).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,6-diCP	<0,01	<0,01	0,011	0,031	<0,01	<0,01	0,029	<0,01	<0,01
2,4+2,5-diCP	<0,01	<0,01	0,18	<0,01	<0,01	0,029	<0,01	<0,01	<0,01
2,3-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01
3,5-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3,4-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4,6-triCP	<0,01	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	0,017	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,6-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3,4,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,4-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,5,6-TeCP	<0,01	<0,01	0,038	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,4,6- TeCP	<0,01	0,013	0,023	<0,01	0,011	0,021	0,025	0,038	0,017
2,3,4,5- TeCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PentaCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4-NP	<0,100	0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,162	0,243	0,105
4-t-OP	<0,010	0,048	<0,010	0,040	<0,010	<0,010	0,020	0,011	0,015
Triclosan	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Bisfenol A	0,17	0,068	0,29	0,11	0,13	0,059	0,28	0,073	0,060

CP: Klorfenol, 4-NP: 4-nonylfenol, 4-t-OP: 4-t-oktylfenol.

Tabell 17. Klorfenoler, 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan i slam från 2015 (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2-monoCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
3-monoCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
4-monoCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,6-diCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,4+2,5-diCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3-diCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
3,5-diCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
3,4-diCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,4,6-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,5-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,4,5-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,6-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
3,4,5-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,4-triCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,5,6- TeCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,4,6- TeCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
2,3,4,5- TeCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
PentaCP	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
4-NP	8,9	5,4	7,2	5,0	4,8	6,1	3,0	8,3	1,9
4-t-OP	0,46	0,58	0,35	0,53	0,23	0,18	0,072	0,23	0,049
Triclosan	0,65	0,38	0,47	0,86	0,46	0,39	0,62	0,85	0,24
Bisfenol A	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

CP: Klorfenol, 4-NP: 4-nonylfenol, 4-t-OP: 4-t-oktylfenol.

Klorerade dibenso-*p*-dioxiner, dibensofuraner och bifenyler

Slam

Oktaklordibenso-*p*-dioxiner och -furaner (OCDD/F) återfanns, liksom tidigare år, i de högsta halterna, Tabell 18, och haltvariationen mellan år 2004 och 2015 kan ses i Figur 24 och 25. En minskande tidstrend kan ses för OCDF.

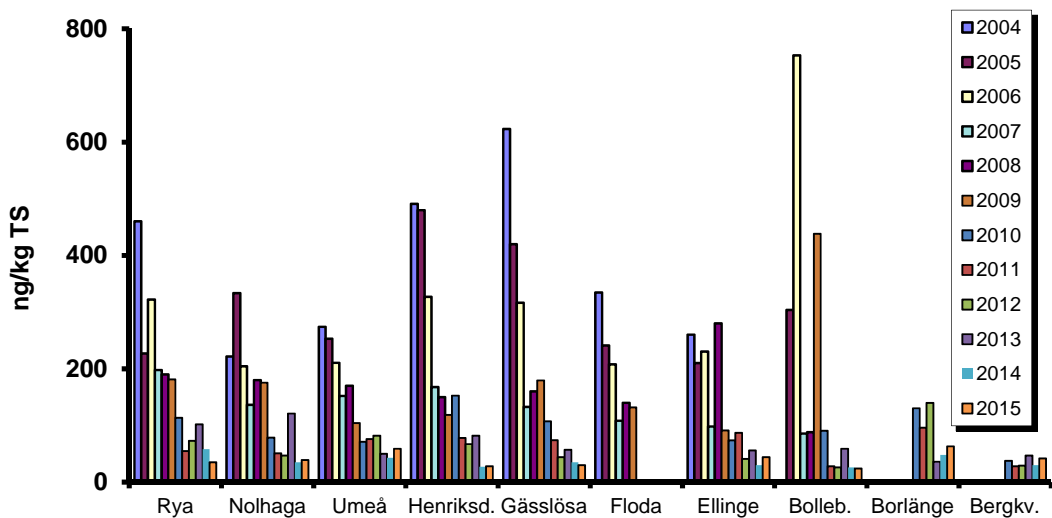
Slamhalter av WHO-PCB kan ses i Tabell 19. Figur 26-29 visar haltvariationen mellan åren 2004-2015 för PCB #118, 77, 126 och 169. Halterna av PCB118 verkar minsta med tiden.

Tabell 18. Resultat från 2015 års prover, slam, PCDD/F (ng/kg TS).

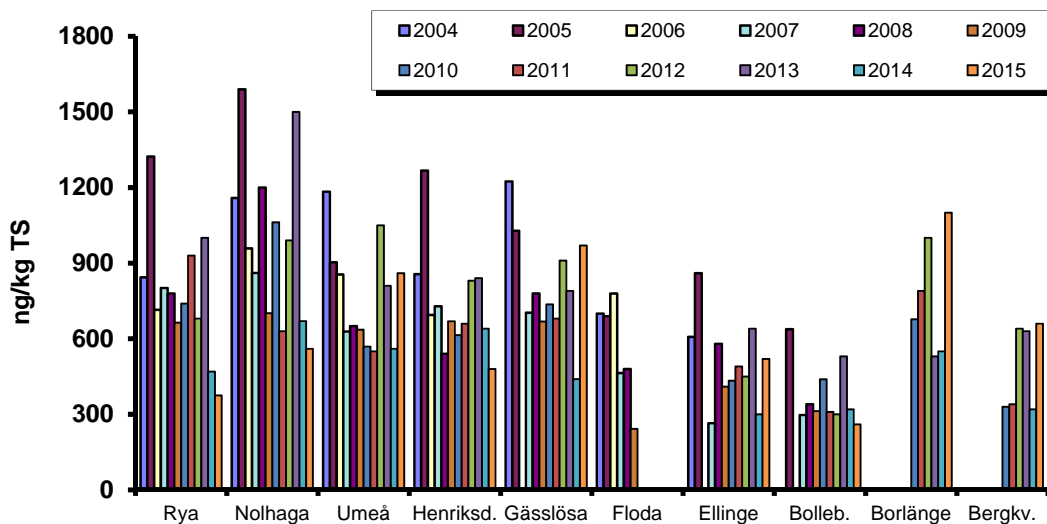
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2,3,7,8-TCDD	0,093	0,34	0,27	0,11	0,08	0,13	0,11	0,093	0,12
1,2,3,7,8-PeCDD	0,34	0,7	0,41	0,21	0,35	0,63	0,3	0,56	0,63
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,75	0,91	0,44	0,24	0,39	0,83	0,34	0,87	0,62
1,2,3,6,7,8-HxCDD	5,9	4,4	2,2	1,3	1,5	2,5	1,4	3,1	2,3
1,2,3,7,8,9-HxCDD	2,9	2,8	0,78	0,62	1,3	1,7	0,81	1,9	1,30
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	130	150	90	39	46	66	34	100	67
OCDD	970	1100	860	280	375	520	260	660	560
2,3,7,8-TCDF	1,2	3,3	1,5	1,4	1,0	2,7	1,8	1,9	1,4
1,2,3,7,8-PeCDF	0,48	1,8	0,50	0,45	0,71	1,4	0,83	1,1	0,71
2,3,4,7,8-PeCDF	0,71	2,3	1,3	0,8	0,45	1,8	1,0	1,3	1,0
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,1	4,7	1,9	1,1	0,9	2,8	1,6	2,5	1,8
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,72	3,1	1,2	0,63	0,7	2,5	1,3	2,3	1,2
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,99	5,2	1,2	0,91	0,55	3,1	1,3	3,3	1,6
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,36	1,9	0,8	0,41	0,8	1,1	0,53	1,2	0,76
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	19	41	27	14	8,1	29	18	32	29
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,74	3,2	1,00	0,87	0,95	2,0	0,96	2,4	1,4
OCDF	30	63	59	28	35	44	24	42	39

Tabell 19. Resultat från 2015 års prover, slam, PCB (ng/kg TS).

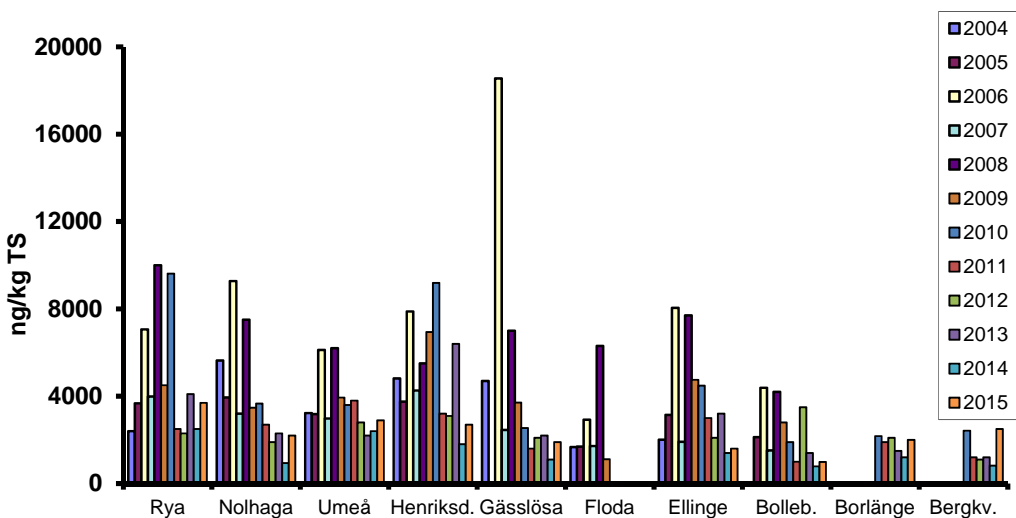
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 105	1200	580	800	330	500	480	280	350	740
# 114	64	35	50	56	28	10	16	18	39
# 118	3700	2200	2900	2700	1900	1600	990	2000	2500
# 123	49	27	41	52	21	25	12	30	38
# 156	910	720	830	560	550	450	280	560	750
# 157	130	97	110	60	83	110	42	75	120
# 167	390	290	320	380	230	300	95	270	340
# 189	140	120	130	80	77	80	39	91	140
# 77	110	150	100	120	88	200	150	210	110
# 81	4,6	6,9	4,7	5,8	3,5	8,5	7,4	9,9	4,7
# 126	18	22	16	10	27	36	21	22	26
# 169	1,8	3,0	3,1	1,6	3,7	5,8	3,2	4,0	3,6



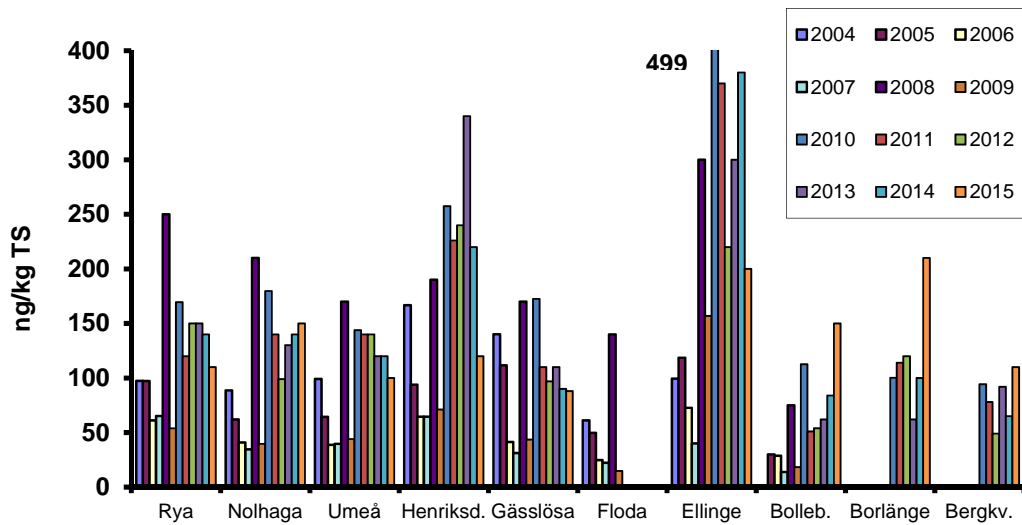
Figur 24. Halter av OCDF (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



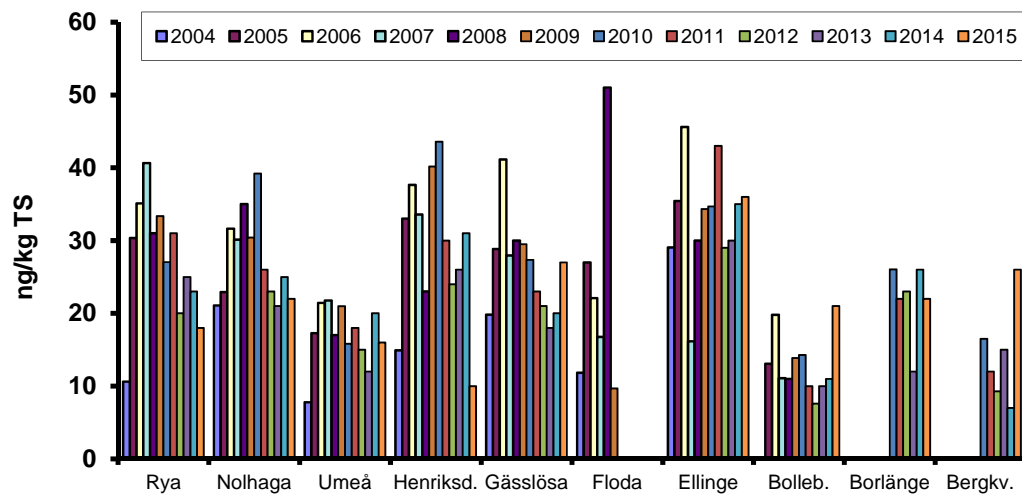
Figur 25. Halter av OCDD (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



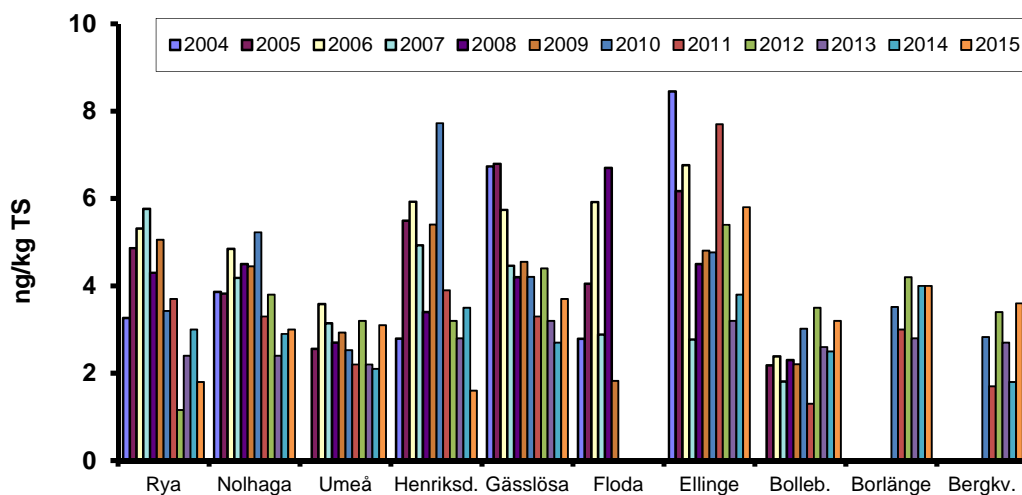
Figur 26. Halter av PCB #118 (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 27. Halter av PCB #77 (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 28. Halter av PCB #126 (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 29. Halter av PCB #169 (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.

Metaller

Utgående vatten

Metallerna Ca, Fe, K, Mg, och Na återfanns i betydligt högre halter ($\times 10^3$) än övriga metaller i utgående vatten, Tabell 20. Cr och Hg var under detektionsgränsen (0,9 respektive 0,02 $\mu\text{g/L}$) i alla prover.

Slam

Resultaten från grundämnesanalysen (metaller) kan ses i Tabell 21. Cu och Zn påvisades i högsta halter medan Cd och Hg förekom i lägsta halter. Vid spridning av avloppsslam på åkermark måste halterna i slamm vara under gränsvärdena i Tabell 22 [8]. År 2015 överskreds inget gränsvärde. Över de senaste 10 åren verkar kvicksilverhalterna vara relativt konstanta, med undantag för data för samtliga data 2013 (orsak okänd) och ett värde 2008 (Gässlösa), Figur 30. Halterna av Cd minskar över tid, Figur 31.

Tabell 20. Resultat från 2015-års prover, utgående vatten, metaller.

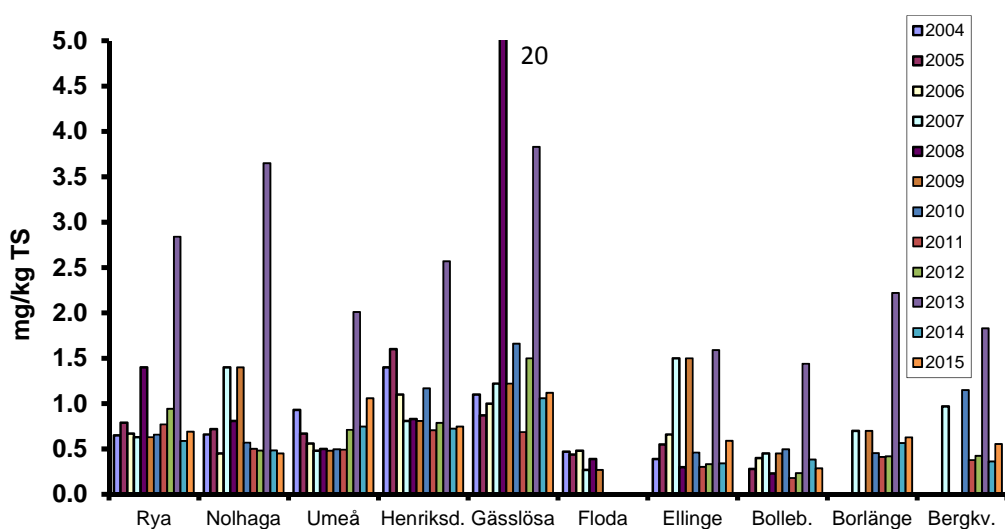
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Ca (mg/L)	29,0	18,3	28,2	35,8	32,4	50,6	24,5	62,8	62,2
Fe (mg/L)	0,462	0,0857	1,77	0,566	0,0523	1,38	0,0941	0,845	0,0706
K (mg/L)	19,8	16,4	35,2	19,9	15,6	48,8	21,1	22,5	20,2
Mg (mg/L)	5,15	4,38	4,41	7,77	3,71	5,65	5,87	7,39	9,23
Na (mg/L)	108	79,7	71,8	78,5	61,4	82,0	71,4	83,6	91,4
Al ($\mu\text{g/L}$)	22,1	2150	13,6	<10	534	17,6	1280	19,2	448
As ($\mu\text{g/L}$)	0,999	<0,9	0,684	0,986	0,625	<1	1,10	0,79	1,19
Ba ($\mu\text{g/L}$)	3,98	11,1	3,19	5,47	13,5	9,74	8,10	11,3	18,2
Cd ($\mu\text{g/L}$)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co ($\mu\text{g/L}$)	1,09	0,240	3,12	2,51	0,640	0,626	0,212	0,603	0,235
Cr ($\mu\text{g/L}$)	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Cu ($\mu\text{g/L}$)	11,6	12,9	5,03	3,89	7,20	8,93	5,67	10,3	3,87
Hg ($\mu\text{g/L}$)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mn ($\mu\text{g/L}$)	36,7	52,8	107	50,6	106	54,1	79,7	102	189
Mo ($\mu\text{g/L}$)	0,863	0,552	<0,5	1,11	0,851	<0,5	<0,5	3,48	<0,5
Ni ($\mu\text{g/L}$)	4,58	2,56	9,94	4,97	1,52	2,65	2,28	3,20	2,02
Pb ($\mu\text{g/L}$)	0,587	0,584	0,570	<0,5	<0,5	0,712	0,658	0,636	<0,5
V ($\mu\text{g/L}$)	0,271	0,285	0,627	0,299	<0,2	0,792	<0,2	1,68	0,263
Zn ($\mu\text{g/L}$)	8,95	65,1	17,1	25,6	18,5	34,7	19,6	16,4	5,78

Tabell 21. Resultat från 2015-års prover, slam, metaller (mg/kg TS).

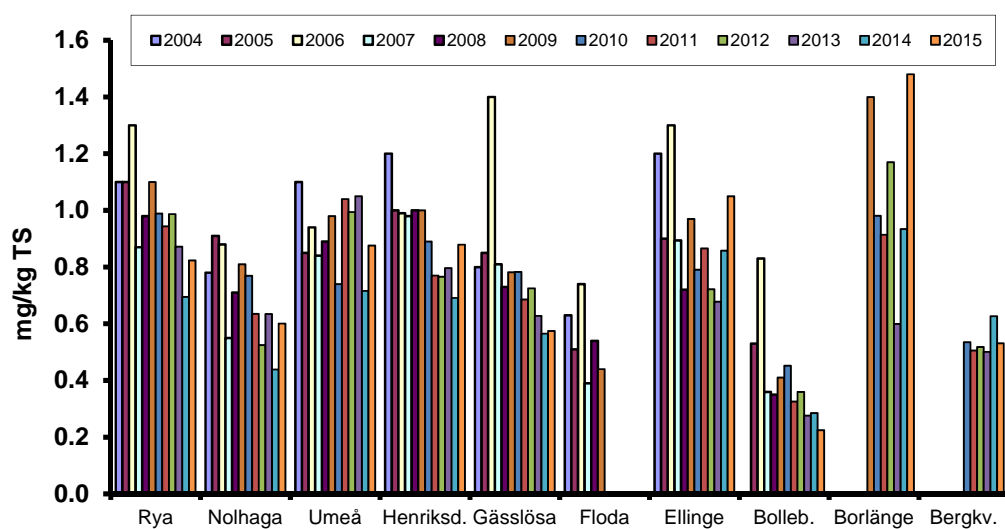
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
As	4,70	2,27	3,38	3,25	2,90	4,90	1,60	2,57	1,67
Cd	0,823	0,601	0,876	0,879	0,575	1,05	0,225	1,48	0,531
Co	7,92	3,04	7,18	6,63	3,04	4,13	1,49	3,90	1,96
Cr	26,4	16,4	25,4	23,1	29,3	34,3	19,2	21,3	12,0
Cu	436	281	127	377	278	454	125	454	270
Hg	0,691	0,450	1,06	0,748	1,12	0,590	0,287	0,629	0,555
Ni	19,5	12,6	25,7	21,4	13,7	20,6	8,25	16,0	8,89
Pb	25,9	13,6	12,4	19,8	15,2	22,6	3,21	23,8	8,99
V	29,1	11,4	21,1	18,5	10,6	30,3	7,93	53,3	4,67
Zn	669	531	528	539	523	616	208	747	462

Tabell 22. Gränsvärden för metaller i slam [8].

	Maximal metallhalt i slam, mg/kg TS
Cd	2
Cr	100
Cu	600
Hg	2,5
Ni	50
Pb	100
Zn	800



Figur 30. Halter av kvicksilver (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 31. Halter av kadmium (år 2004-2015) i slam från avloppsreningsverken.

Organotennföreningar

Utgående vatten

Monobutyltenn (alla ARV) och dibutyltenn (Nolhaga) var de enda organotennföreningarna (OT) som var detekterbara i utgående vatten år 2015, Tabell 23. Högst halt monobutyltenn uppmättes i vatten från Borlänge reningsverk (6,8 ng/L).

Slam

Mono- och dibutyltenn samt mono- och dioktyltenn påvisas normalt i högre halter än övriga OT i de flesta ARV, se Figur 32-34. Halterna av dibutyltenn samt mono- och dioktyltenn var dock mycket högre, ca. 10 gånger, under 2015 än tidigare år, se Tabell 24 (kursiv understruken text). Möjligen är detta en artefakt orsakad av byte av analyslaboratorium och analysmetod (från GC-FPD till GC-ICPMS). Detta kommer följas upp, men för tillfället betraktas dessa mätvärden som avvikare (outliers).

De tre fenyltennföreningarna, tetrabutyltenn och tricyklohexyltenn förekom i halter under detektionsgränsen.

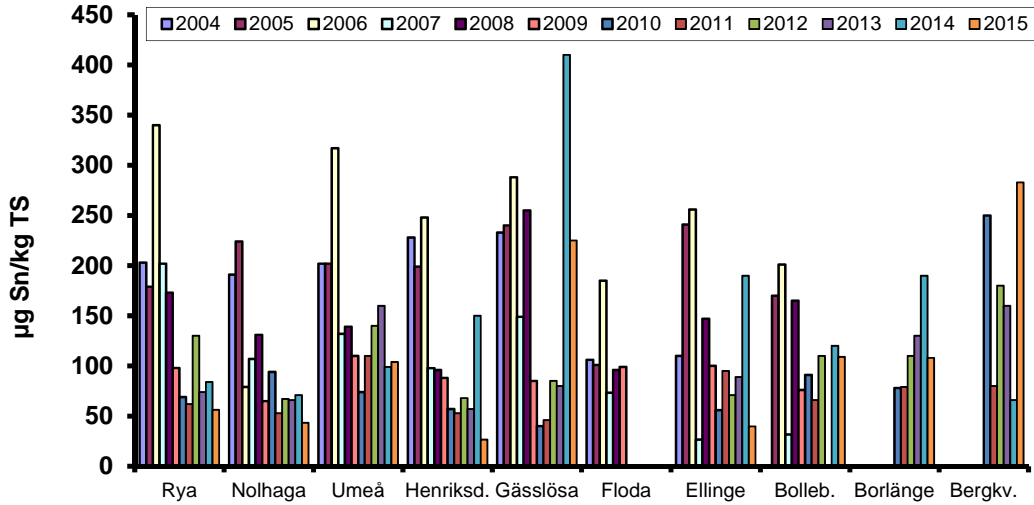
Tabell 23. Resultat från 2015 års prover, utgående vatten, organotennföreningar (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	<2	2,64	<2	<1	<2	<2	1,71	6,75	2,33
DiBT	<2	1,22	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
TriBT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
TetraBT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
MonoOT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
DiOT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
TricykloHT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
MonoPhT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
DiPhT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2
TriPhT	<2	<1	<2	<1	<2	<2	<1	<1	<2

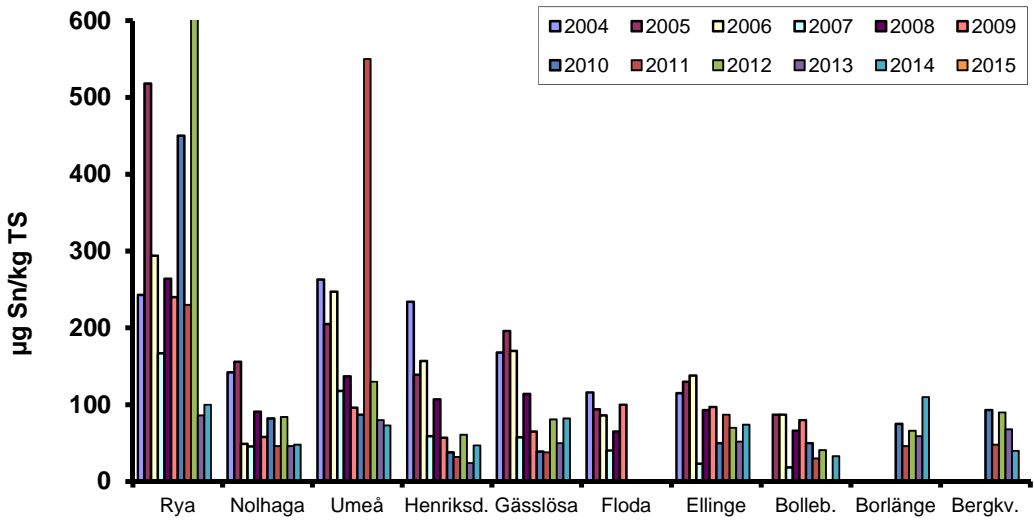
Tabell 24. Resultat från 2015 års prover, slam, organotennföreningar ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	56,2	43,3	104	26,6	225	39,8	109	108	283
DiBT	<u>685</u>	<u>181</u>	<u>646</u>	<u>273</u>	<u>727</u>	<u>217</u>	<u>147</u>	<u>291</u>	<u>309</u>
TriBT	4,85	2,8	1,71	2,39	2,38	1,37	<2,0	2,3	3,08
TetraBT	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	1,02	<2,0
MonoOT	<u>177</u>	<u>118</u>	<u>135</u>	<u>166</u>	<u>249</u>	<u>226</u>	<u>152</u>	<u>157</u>	<u>378</u>
DiOT	<u>189</u>	<u>142</u>	<u>178</u>	<u>186</u>	<u>386</u>	<u>259</u>	<u>204</u>	<u>132</u>	<u>215</u>
TricykloHT	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<2,0
MonoPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<2,0
DiPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<2,0
TriPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0	<2,0	<1,0	<2,0

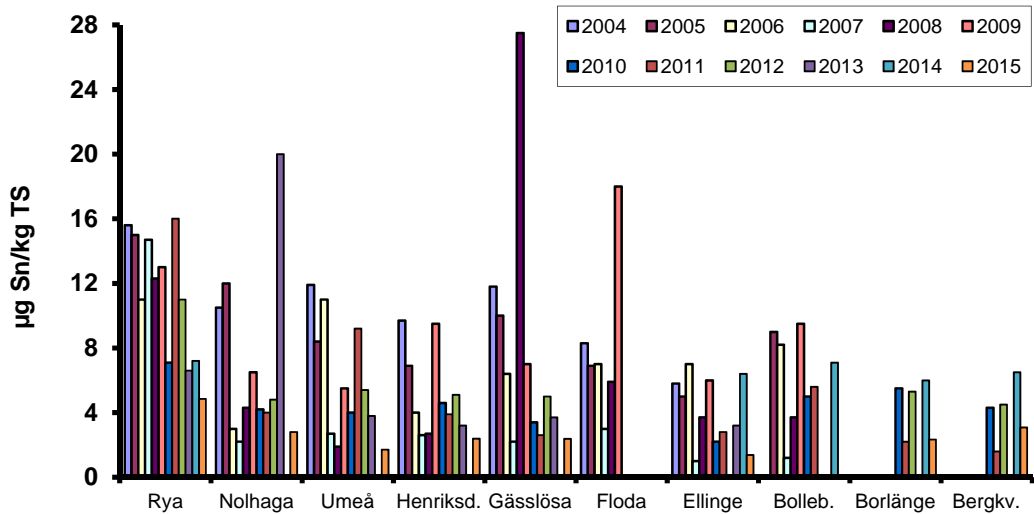
BT = Butyltenn, OT = oktyltenn, HT = Hexyltenn, PhT = Fenyltenn.



Figur 32. Monobutyltennhalter (MBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.



Figur 33. Dibutyltennhalter (DBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015. Värdet för 2015 avviker kraftigt och har därför inte inkluderats i trendgrafiken.



Figur 34. Tributyltennhalter (TBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2015.

Siloxaner

Slam

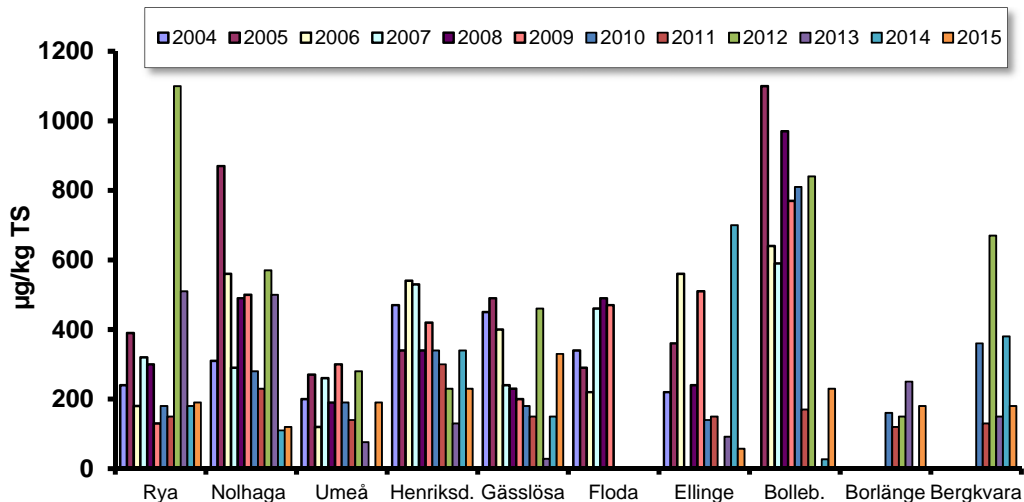
Tabell 25 sammanfattar nomenklaturen för siloxaner och Tabell 26 redovisar halter av siloxaner i avloppsreningsverksslam år 2015. Halterna av cykliska metylsiloxaner (främst D5) var betydligt högre än halterna av linjära siloxaner. Halter i avloppsslam, åren 2004-2015, redovisas i Figur 35-37. De är relativt konstanta eller svagt avtagande. Halterna av linjära metylsiloxaner var lägre, men ökar över tid. Figur 38 visar tidstrenden för MD3M.

Tabell 25. Nomenklatur siloxaner.

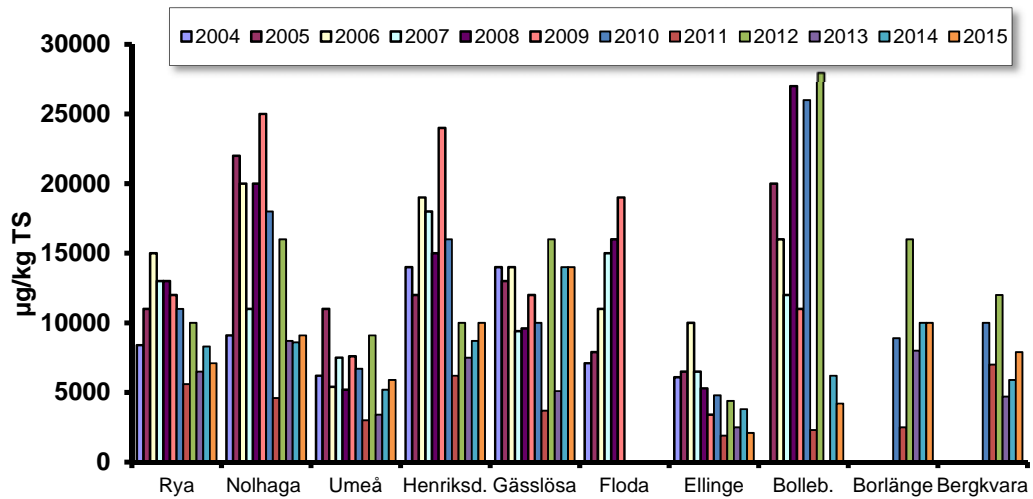
D4	Oktametylcyclohexasiloxan
D5	Dekametylcyklopentasiloxan
D6	Dodekametylcyklohexasiloxan
MM	Hexametyldisiloxan
MDM	Oktametyltrisiloxan
MD2M	Dekametyltetrasiloxan
MD3M	Dodekametylpentasiloxan

Tabell 26. Resultat från 2015-års prover, slam, siloxaner ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

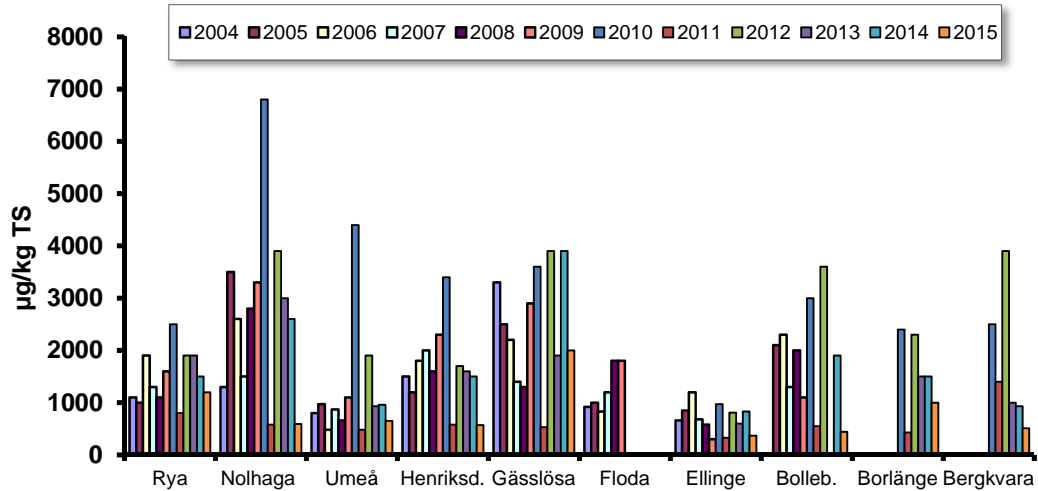
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
D4	190	120	190	230	330	57	230	180	180
D5	7100	9100	5900	10000	14000	2100	4200	10000	7900
D6	1200	590	650	570	2000	370	440	1000	510
MM	0,4	4,7	0,5	<0,3	0,5	<0,3	1,0	0,9	0,6
MDM	35	38	38	25	16	3,0	98	22	69
MD2M	65	120	61	86	91	1,2	150	76	69
MD3M	220	480	200	440	560	71	320	490	230
Summa D4-D6	8500	9800	6700	11000	16000	2500	4900	11000	8600
Summa MM-MD3M	320	640	300	550	670	80	570	590	370



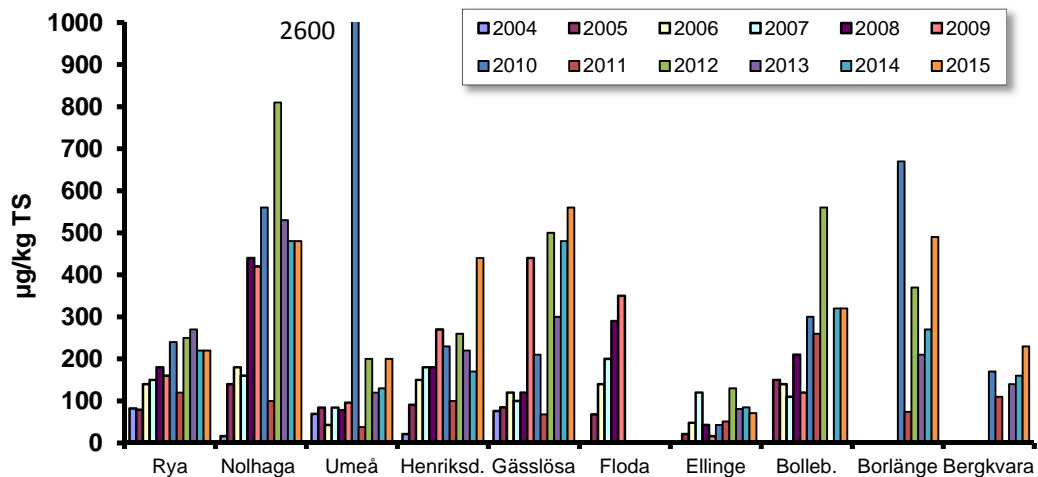
Figur 35. Oktametylcyclohexasiloxan (D4) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.



Figur 36. Dekametylcyclopentasiloxan (D5) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.



Figur 37. Dodekametylcyklohexasiloxan (D6) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.



Figur 38. Dodekametylpentasiloxan (MD3M) i avloppsreningsverksslam år 2004-2015.

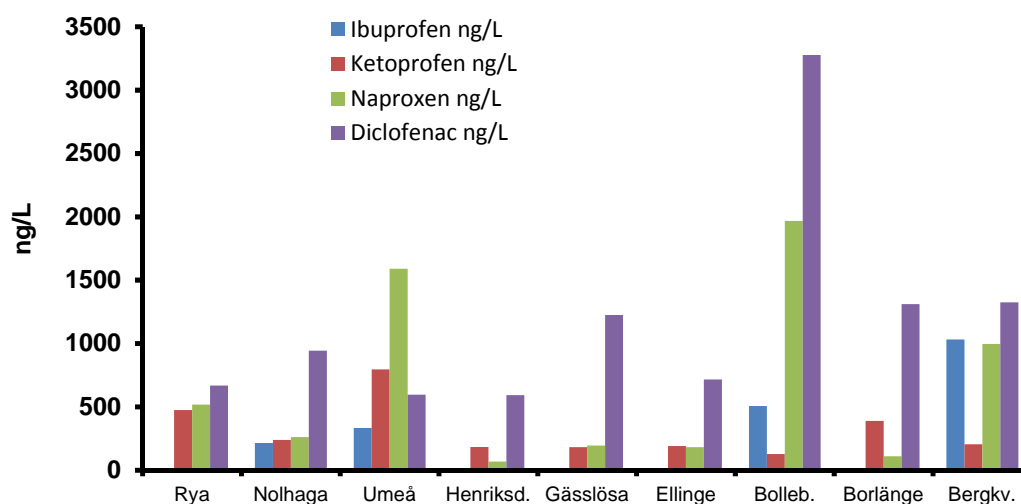
NSAID's (Non steroidal anti-inflammatory drugs)

Utgående vatten

Tabell 27 och Figur 39 redovisar halter av NSAID's (ibuprofen, ketoprofen, naproxen och diclofenac) i vatten från år 2015. Halterna av Ibuprofen, Ketoprofen och Naproxen varierat mycket mellan reningsverk, medans de är relativt konstanta för Diclofenac (med undantag för Bollebygds ARV).

Tabell 27. Resultat från 2015 års prover, utgående vatten, NSAID's (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Ibuprofen	<10	215	334	<10	<10	<10	508	<10	1030
Ketoprofen	475	239	796	185	182	191	129	390	206
Naproxen	518	262	1590	69	195	182	1970	111	997
Diclofenac	669	943	597	593	1220	716	3280	1310	1320



Figur 39. NSAID's i utgående vatten från ARV, år 2015.

Myस्कämnen

Utgående vatten

Tabell 28 och Figur 40 redovisar halter av myस्कämnen, nitro (musk ketone och musk xylene) och polycykliska (galoxolide, HHCB, och tonalide, AHTN) i utgående vatten 2015. Halterna av polycykliska musk var generellt mycket högre än halterna av nitromusk. Nitromyskämnen har på senare tid blivit ersatta av de polycykliska, vilket förmodligen avspeglas i dessa resultat.

Slam

Tabell 29 redovisar halter av myस्कämnen i avloppsreningsverksslam 2015. Även här dominerar polycykliska musk över nitromusk.

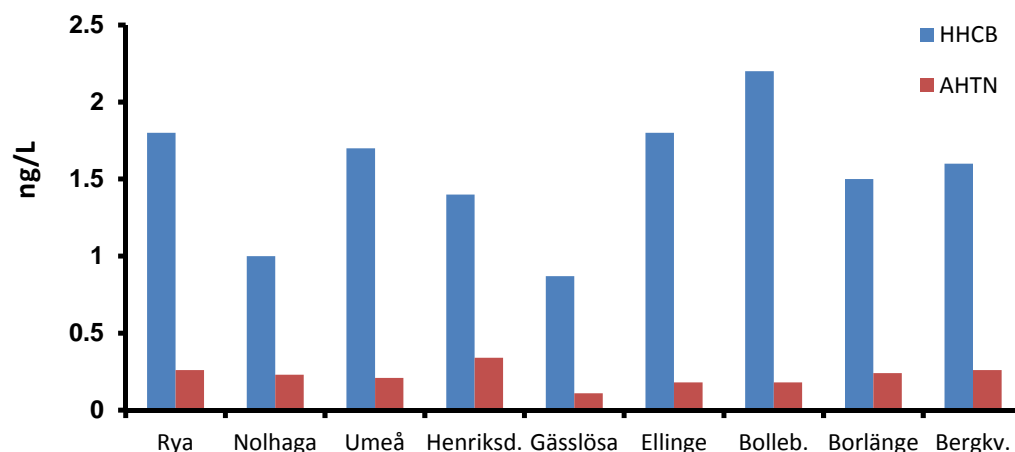
Tabell 28. Resultat från 2015 års prover, utgående vatten, myskämnen (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	2,5	2,9	1,0	4,0	<1	1,3	5,4	4,3	1,6
Musk Xylene	<1	2,3	<1	<1	<1	2,3	<1	<1	<1
Galoxolide (HHCB)	220	180	110	150	150	30	350	210	260
Tonalide (AHTN)	15	21	18	20	23	15	37	17	22

Tabell 29. Resultat från 2015 års prover, slam, myskämnen (µg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	<0,05	0,17	0,1	0,09	1,4	0,19	<0,05	0,05	3,6
Musk Xylene	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05
Galoxolide (HHCB)	1800	1000	1700	1400	870	1800	2200	1500	1600
Tonalide (AHTN)	260	230	210	340	110	180	180	240	260

DL = 0,001



Figur 40. Galoxolide (HHCB) och tonalide (AHTN) i slam från ARV, år 2015.

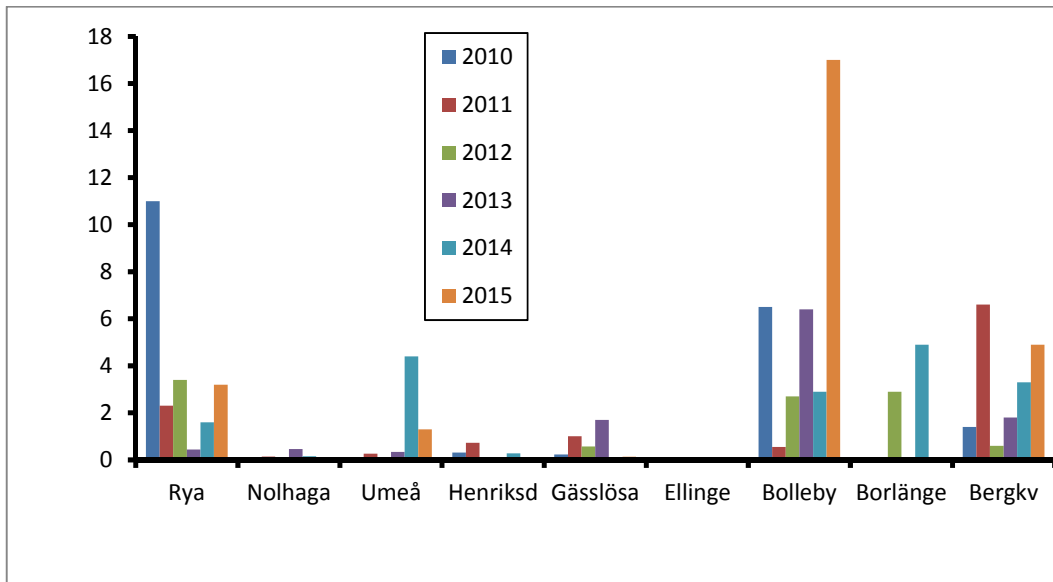
Östrogena och androgena effekter

Utgående vatten

Östrogena effekter kunde uppmätas och kvantifieras i utgående vatten under 2015 (Tabell 30). Inga östrogena effekter kunde uppmätas i vatten från Henriksdahl, Ellinge och Borlänge. Nivåerna varierar kraftigt mellan ARV och mellan år, Figur 41.

Tabell 30. Resultat från 2015-års prover, utgående vatten, biotester, (ng östradiolenheter/L)

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Östrogen effekt	3,2	0,1	1,3	<0,1	0,13	<0,1	17	<0,1	4,9



Figur 41. Estrogen effekt (ng estradiolekvivalenter) i vatten från ARV, år 2010-2015.

Referenser

1. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2004-2006 års provtagningar*, 2007.
2. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2007 års provtagning*, 2008.
3. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2008 års provtagning (inklusive en sammanställning av åren 2004-2008)*, 2010.
4. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2009 års provtagning (inklusive en sammanställning av åren 2004-2009)*, 2011.
5. Miljörapporter år 2009.
6. Naturvårdsverket, Sverige, *Organofosfater i svensk miljö*, 2005.
7. Kemikalieinspektionen, Sverige, 2006.
8. Svensk författningssamling. Förordning 1998:944.
9. Ulrika Olofsson, Anders Bignert, Peter Haglund, Time-trends of metals and organic contaminants in sewage sludge, *Water Research* 46:4841-4851, 2012).