

GIFTER & MILJÖ



2013

OM PÅVERKAN PÅ YTTRE MILJÖ OCH MÄNNISKOR



INNEHÅLL

Vad vi använder i samhället avspeglar vad man hittar i reningsverk	4
Miljöövervakning av kemiska bekämpningsmedel speglar utvecklingen	7
Trenderna för svårnedbrytbara halogenerade föroreningar varierar	10
Bly – bättre, men mer arbete behövs	13
Organiska miljöföroreningar i modersmjölk fortsätter att minska	16
Kadmium i miljön – var står vi idag?	19
Bromerade flamskyddmedel i den svenska miljön	21
Matkorgen 2010 – lågpris och normalpris ger samma kvalitet	24
Ämnen som inte bryts ner – riskbedömning av 23 olika PFAS	27
Inga ökade risker trots höga halter PCB och metaller i omgivningen	31
Biocider i vardagsprodukter sprids till miljön	34
Bra rening av lakvatten, men vissa problemämnen når naturen	36
Mätningar i de olika programområdena	40
Mindre gifter i miljön – viktigt för många miljökvalitetsmål	42

UTGIVEN AV NATURVÅRDSVERKET

Arbetsgrupp vid Naturvårdsverket: Britta Hedlund (projektledare), Anna Hellström, Niklas Ricklund och Karl Lilja
Redaktör: Kim Bergström, Ord & Vetande
Grafisk formgivning: Typisk Form designbyrå och Naturvårdsverket
Omslagsfoto: Anna Kern/Johnér
Författarna är ansvariga för sakinnehållet
Skriften har tagits fram genom anslag från miljöövervakningen, Naturvårdsverket

BESTÄLLNING:

Ordertel: 08-505 933 40. Orderfax: 08-505 933 99. E-post: natur@cm.se
Postadress: CM-Gruppen AB, Box 11093, 161 11 Bromma
Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer
ISBN 978-91-620-6569-0
© Naturvårdsverket 2013
Tryck: CM-Gruppen AB, maj 2013, 2 300 ex

GIFTER & MILJÖ 2013

OM TILLSTÅNDET I SVENSK LANDMILJÖ

FORTFARANDE SAKNAS MYCKET kunskap om vilka egenskaper hos kemikalier och föroreningar som påverkar miljön och människors hälsa. Därför är riskerna svåra att begränsa. Men vissa kemiska ämnen har välkända negativa effekter på både vår hälsa och miljön.

Hittills har Kemikalieinspektionen registrerat mer än 12 000 kemiska ämnen som ingår i kemiska produkter. Ännu fler ämnen ingår i till exempel bilar, kläder, plastartiklar och byggnadsmateriel. Men hur många okända ämnen som kommer in i Sverige via importerade varor är okänt. Dessutom bildas ytterligare kemiska ämnen oavsiktligt i industriella processer.

Naturvårdsverket ansvarar i samarbete med Havs- och vattenmyndigheten för den nationella miljöövervakningen i Sverige. Naturvårdsverket ansvarar för all övervakning av miljöfarliga ämnen i miljön, inklusive vattenmiljön. I slutet av denna rapport beskriver vi vilken typ av övervakning som görs inom de olika programområdena.

Miljöövervakningen av miljögifter kan svara på vad vi hittar i miljö och människor, hur exponeringen sker och om åtgärder för att minska utsläppen har fått någon effekt. Övervakningen omfattar många kemiska ämnen. De har olika egenskaper och har släppts ut i miljön under olika lång tid. Gemensamt för alla är att de kan ha oönskade effekter på miljö och människa. Tungmetaller och svårnedbrytbara organiska föreningar är exempel på två vanligt förekommande övervakade ämnesgrupper.

Den här rapporten innehåller ett urval av aktuella resultat från miljöövervakningen av miljögifter – analyser av tidstrender och studier som återspeglar det nuvarande läget.

Trevlig läsning!

Önskar redaktionen



Vad vi använder i samhället avspeglar vad man hittar i reningsverk

Kemikalieanvändningen i samhället har ökat oerhört. Det kan vi se i det slam och det vatten de kommunala reningsverken producerar. För att kunna sluta kretsloppet och återföra slam till åkrarna skulle vi behöva få ner halterna av oönskade kemikalier i slammet. Men många källor till kemikalier är diffusa och därmed svåra att påverka.

PÅ CIRKA 50 ÅR har kemikalieproduktionen i världen ökat från mindre än 10 miljoner ton till över 400 miljoner ton per år. Antalet kemiska ämnen som förekommer i samhället är mycket stort. Företagens rapportering till EU:s kemikaliemyndighet, ECHA, visar att över 100 000 kemiska ämnen används.

100 000 KEMIKALIER, VARAV 30 000 ÄR VANLIGA

Ungefär 30 000 av de kemikalier som förekommer i teknosfären är kemikalier som samhället använder varje dag. I detta kemikaliesamhälle utgör reningsverken en central länk mellan teknosfären och miljön. Många kemikalier från samhället leds till de kommunala reningsverken. Det medför att avloppsreningsverk via det vatten eller slam de producerar är en viktig transportväg för kemikalierna ut till miljön (figur 1).

Under reningsprocessen ansamlas näringsämnen från avloppsvattnet i slammet. Det är

därför önskvärt att återföra slammet till produktiv mark, för att sluta kretsloppen för kväve och fosfor. Dessvärre ansamlas också många miljö- och hälsofarliga ämnen i slammet. Det betyder att det är viktigt att analysera slam för att upptäcka nya miljöfarliga ämnen, och för att se hur halterna för vissa prioriterade miljö- och hälsofarliga ämnen från samhället varierar med tiden.

HUVUDSAKLIGEN MÅNGA SMÅ KÄLLOR

Produktregistret är ett nationellt register över kemiska produkter och biotekniska organismer som förs av Kemikalieinspektionen. Till produktregistret rapporteras vilka kemiska ämnen som används i produkter. Kemikalieinspektionen skattade 2005 potentialen för diffus spridning av de ämnen som är registrerade i produktregistret med ett så kallat exponeringsindex.

En utvärdering har visat att

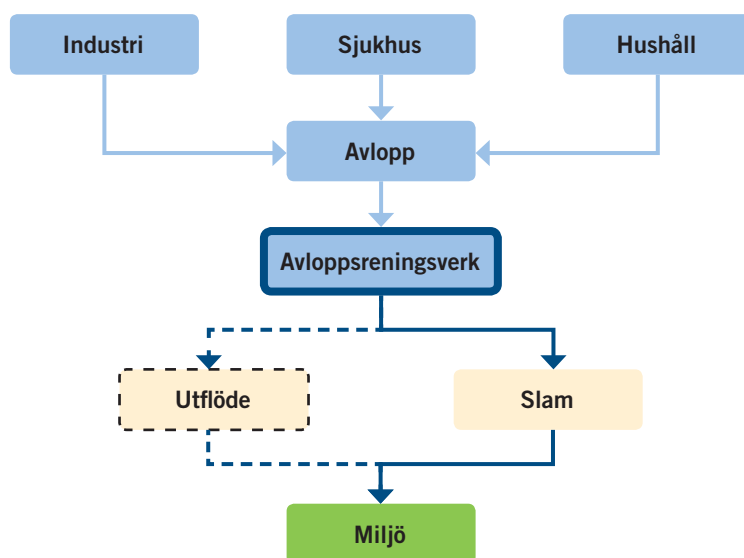
det finns ett samband mellan dessa exponeringsindex och de halter som uppmäts i slam (figur 2). De ämnen som påträffas i höga halter i slam är ofta förhöjda även i sediment från vattenmiljöer i stadsområden. Utvärderingen visar även att de ämnen som aldrig eller sällan påträffas i slam ändå hittas i stadsmiljöer i exempelvis luft, vatten och mark. Det styrker bilden av att den diffusa spridningen påverkar både kvaliteten på slam och miljön i tätorter.

KONSUMTION OCH BYGGPRODUKTER STORA KÄLLOR TILL METALLER

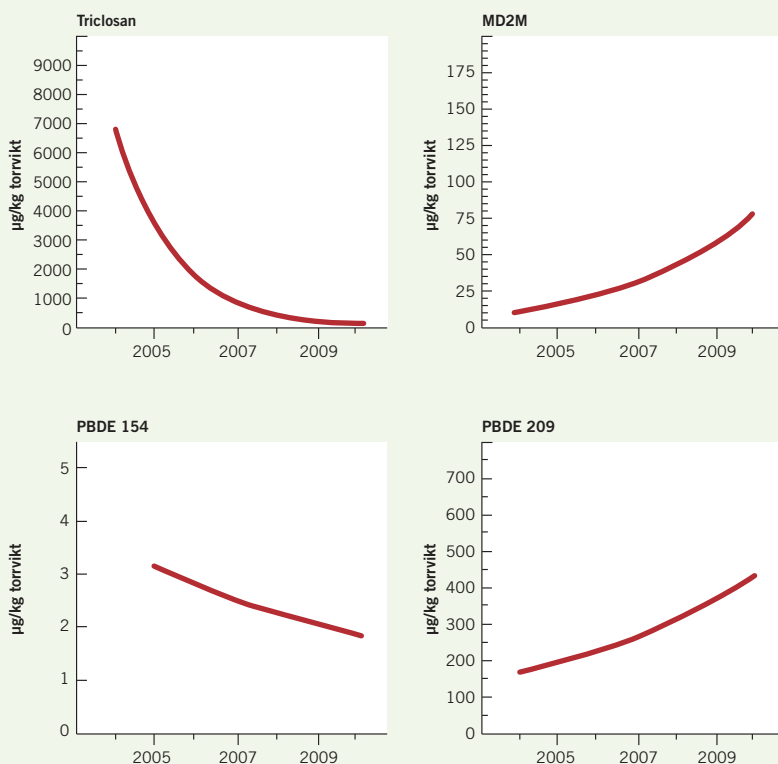
Ett flertal källor till metaller i reningsverksslam har identifierats. Hushållens konsumtion och byggprodukter i samhället är stora källor till dessa metaller. De enskilda reningsverken har därför många gånger små möjligheter att påverka utsläppen eller orsaken till problemen.

Projektet *Nya gifter – nya verktyg* inom Stockholms stads så kallade Miljömiljard försökte besvara vilka gifter som är de stora problemen i Stockholmsmiljön, och varifrån de kommer. Projektet genomfördes mellan 2004 och 2008 av Stockholms miljöförvaltning och Stockholm Vatten. Slutsatsen liknade den Kemikalieinspektionens utvärdering kommit fram till – de utsläppskällor som dominerar miljöpåverkan är vägtrafik, byggmaterial och konsumentvaror.

I vissa fall har det varit möjligt att hitta enskilda stora källor till miljöstörande ämnen. Exempelvis vet man att källor till utsläpp av kadmium till miljön är stabilisatorer, batterier, pigment och produkter som är ytbehandlade med



FIGUR 1. Förenklat flödesschema för kemikalier från samhället till miljön.



FIGUR 2. Sedan 2004 mäts regelbundet ett stort antal ämnen vid ett mindre antal reningsverk. Mätningarna visar att halterna som når reningsverken minskar för ämnen som fasats ut, som Triclosan och PBDE 154, och ökar för ämnen där användningen i samhället ökar, som PBDE 209 och MD2M.

kadmium, samt som förorening i zink. I takt med att källor har åtgärdats har utsläppen minskat och halterna i slam sjunkit.

BÄTTRE ANALYSMETODER KAN GÖRA DET LÄTTARE ATT FÖLJA KEMIKALIER

Sedan 2004 görs regelbundna mätningar av ett stort antal ämnen vid ett mindre antal reningsverk inom ramen för den nationella miljöövervakningen. Dessa mätningar har nu gjorts under så pass lång tid att det börjar gå att se hur halterna av ett antal orga-

niska ämnen varierar med tiden. Mätningarna visar att halterna minskar för ämnen som fasats ut, och att halterna ökar för ämnen där användningen i samhället ökar.

På senare år har det gjorts stora framsteg inom utvecklingen av analysinstrument, databehandling och datalagring. Det kan göra det möjligt att i framtiden lagra digitala fingeravtryck av alla de kemikalier som förekommer i avloppsvatten och reningsverks-slam. När sedan nya kemikalier upptäcks går det att använda

dess databaser för att ta reda på när kemikalierna först började cirkulera i samhället, och om halterna ökar eller minskar över tid.

Att slam och vatten från de kommunala reningsverken innehåller så mycket föroreningar är ett problem. Men det är ett problem som går att göra något åt. De mätningar som gjorts gör att vi har en bättre bild av problemet än tidigare och ett bättre underlag för utsläppsreducerande åtgärder.

Peter Haglund
peter.haglund@chem.umu.se
Umeå universitet

REFERENSER

Haglund, P. och Olofsson, U (2011). *Miljöövervakning av utgående vatten & slam från svenska avloppsreningsverk. Resultat från år 2010 och en sammanfattning av slamresultaten för åren 2004–2010*. Rapport till den nationella miljöövervakningen.

Sternbeck, J och Österås, A-H (2010). *Miljöövervakning av miljögifter i urbana områden – sammanställning och analys*. Rapport till miljöövervakningen.

Sörme, L och Lagerqvist, R (2002). Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. *The science of the total environment* vol. 298, nr (1–3): 131–145.

Bergbäck, B, Johansson, K, Mohlander, U (2001). Urban metal flows – review and conclusions. *Water, Air and Soil Pollution* 1(3/4):3–24.

Revaq (2011). *Årsrapport*.

Miljöbarometern (2012). Finns på miljöbarometern.stockholm.se

Miljöövervakning av kemiska bekämpningsmedel speglar utvecklingen

Mätningar visar att det finns en rad olika kemiska bekämpningsmedel i vattenprover från jordbruksområden i södra Sverige, varav flera överstiger Kemikalieinspektionens riktvärden. Det visar Naturvårdsverkets miljöövervakningsprogram för kemiska bekämpningsmedel i svenska vatten. Det gör att Kemikalieinspektionen bedömer att det behövs genomgripande förändringar för att nå miljökvalitetsmålet innan år 2020 när det gäller kemiska bekämpningsmedel.

ANVÄNDNINGEN AV KEMISKA bekämpningsmedel spelar en stor roll för jordbruksproduktionen världen över. I Europa finns för närvarande ca 400 registrerade växtskyddsmedel som används för att skydda grödor inom jordbruk och trädgård. Av dessa är ca 150 godkända i Sverige. De har olika egenskaper både när det gäller hur de rör sig i miljön och hur giftiga de är för människor och andra organismer i miljön.

De växtskyddsmedel som används idag är generellt sett mindre giftiga och mindre långlivade i miljön än tidigare generationer. Men fortfarande medför det en viss risk för omgivningen att sprida de biologiskt aktiva kemikalierna. Främst är det vattnet i jordbrukslandskapet som löper en risk att förorenas av bekämpningsmedel. Föroreningen kan ske med hjälp av vinden eller genom vatten som rinner av från åk-

rarna. Grundvattnet kan också bli förorenat om bekämpningsmedlen följer med vattnet ner genom marken.

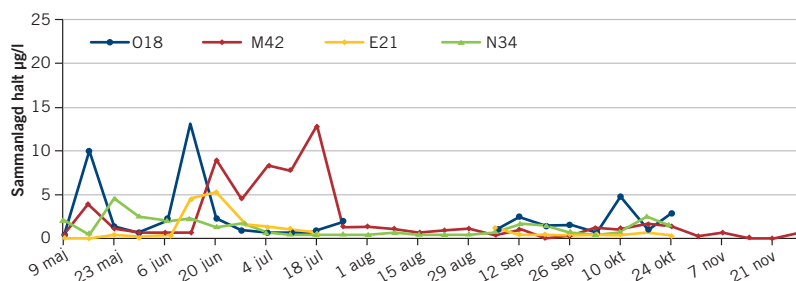
FACIT FÖR ARBETET MOT FÖRORENINGAR

År 2002 inrättade Naturvårdsverket ett miljöövervakningsprogram för att undersöka halterna av växtskyddsmedel i svenska vatten. Sju år senare antog EU ett direktiv om en hållbar användning av be-

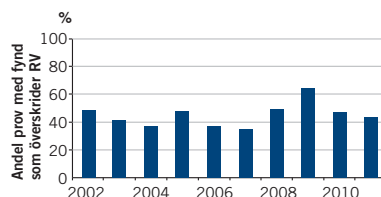




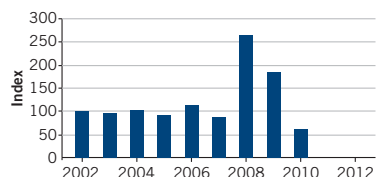
FIGUR 1. Prover inom den nationella miljöövervakningen av bekämpningsmedel tas i jordbruksbäckar i de små representativa avrinningsområdena O18 Västergötland, E21 Östergötland, N34 Halland och M42 Skåne. Prover tas också i de två större skånska åarna Skivarpssån och Vege å. För att studera lufttransport och deposition tas även nederbördsprover vid Aspveten och Vavihill och luftprover i Vavihill.



FIGUR 2. De sammanlagda halterna av bekämpningsmedel i vattenprover från bäckarna i typområdena varierar kraftigt under året, med tydliga toppar under första halvåret. Kurvorna är från 2011 och varje punkt motsvarar medelhalten under en vecka.



FIGUR 3. En betydande andel av proverna innehåller rester av bekämpningsmedel i halter över sitt riktvärde (RV). Det betyder att växtskyddsmedlen kan påverka biologin i vattendragen i de jordbruksintensiva områdena. Proverna är från avrinningsområdena O18 Västergötland, E21 Östergötland, N34 Halland och M42 Skåne samt Skivarpssån och Vege å, för år 2002–2011.



FIGUR 4. Toxicitetsindex för växtskyddsmedel i ytvatten varierar från år till år, men är relativt konstant över tid. Med fler mätningar från fler och större vattendrag hade sannolikt variationerna varit mindre. (Källa: Miljömålsportalen www.miljomal.se).

kämpningsmedel (2009/128/EG). Direktivet pekar ut vattenmiljön som särskilt känslig för bekämpningsmedel och säger också att det är nödvändigt att mäta framstegen i arbetet med att minska riskerna för föroreningar. Resultaten från miljöövervakningen ger därför en bild av hur framgångsrikt myndigheters och näringsens arbete är i verkligheten.

Övervakningsprogrammet omfattar undersökningar av växtskyddsmedel i ytvatten, grundvatten, sediment, regnvatten och luft i jordbruksområden (figur 1). Ytvatten från fyra mindre avrinningsområden, så kallade typområden, samlas in veckovis med hjälp av automatiska provtagare under perioden maj–november, då användningen av växtskyddsmedel är mest intensiv. I Halland och Skåne pågår numera prov-

tagningen året runt, men med ett något glesare intervall mellan proverna under vinterhalvåret. I typområdena tas också prover på det ytliga grundvattnet vid fyra tillfällen per år. Ytvatten från åarna samlas in manuellt nio gånger under maj–november. Sedimentprov samlas in en gång per år i september i typområdena och åarna. Nederbörds- och luftprover samlas in mellan april och oktober.

De kemiska analyserna inkluderar drygt 120 olika ämnen. Urvalet av ämnen baseras på ett antal olika kriterier: stor användning, rörlighet i mark, hur långlivat ämnet är i miljön, giftighet för vattenlevande organismer eller om ämnet är prioriterat i EUs ramdirektiv för vatten (2000/60/EG). Inför varje provtagningssäsong brukar analyslis-

tan uppdateras med några nya ämnen som godkänts i Sverige om de uppfyller dessa kriterier. De ämnen som ingår i analyserna utgör ca 90 procent av mängden sålda ämnen i Sverige och inkluderar även vissa ämnen som numera är förbjudna.

Mätmetoderna utvecklas kontinuerligt och trots att detektionsgränserna i vattenproverna generellt är låga finns det några insektsmedel vars detektionsgränser ännu inte är tillräckligt låga. Dessa insektsmedel kan alltså vara giftiga för vissa vattenlevande organismer vid halter under den nivå som går att analysera idag.

BENTAZON OCH GLYFOSAT VANLIGASTE BEKÄMPNINGSMEDLEN I YTVATTEN

I alla undersökta vattenprover förekommer rester av något

bekämpningsmedel, vanligen mellan 10 och 15 olika ämnen i ett vattenprov. Totalt sett brukar det röra sig om ett 40-tal olika substanser per år i vattendragen. Halterna varierar ofta kraftigt under året och beror främst på när olika ämnen används och på vädret. Om det regnar strax efter spridning i fält ökar sannolikheten för att halterna stiger i de närliggande vattendragen. Generellt är de sammanlagda halterna i jordbruksbäckarna som högst under den mest bekämpningsintensiva perioden på våren (figur 2). Men även på hösten hittas ofta förhöjda halter.

De ämnen som hittas i vattendragen varierar från år till år, vilket till stor del beror på vilka växtskyddsprodukter som används. De mest förekommande ämnena i vattenproverna är olika typer av ogräsmedel, den grupp av medel som också sprids i störst mängd inom jordbruket. Vanligast under 2011 var ogräsmedlet bentazon från produkten Basagran som fanns i nästan samtliga ytvattenprov. Ogräsmedlet glyfosat från exempelvis Roundup var det näst vanligaste.

De halter som påträffas i ytvatten jämförs mot de riktvärden som tagits fram av Kemikalieinspektionen. Ett riktvärde är den högsta koncentration av ett ämne där vi inte kan förvänta oss några negativa effekter på de vattenlevande organismerna.

Andelen vattenprov under 2011 som innehåller en eller flera substanser över sitt respektive riktvärde var 43 procent. Det ligger i nivå med medelvärdet 45 procent för perioden 2002–2011 (figur 3). Det innebär att en betydande andel av proverna innehåller rester av bekämpnings-

medel i halter över riktvärdet. Resultatet innebär att vi inte kan utesluta att växtskyddsmedlen påverkar biologin i vattendragen i de jordbruksintensiva områdena. Dessutom saknas även kunskap om hur kombinationer av de halter som påträffats kan påverka de vattenlevande organismerna.

SPRIDS MED VINDARNA

Miljöövervakningen undersöker även hur mycket bekämpningsmedel som finns i luft och nederbörd. Resultaten visar att vindarna från kontinenten kan föra med sig en lång rad olika bekämpningsmedel, varav flera är förbjudna i Sverige. Vissa ämnen, till exempel lindan och atrazin, uppvisar en tydligt avtagande trend till följd av EU:s förbud. Andra, som är förbjudna i Sverige men tillåtna i våra grannländer, förekommer regelbundet i luft- och nederbördsproverna. Totalt påträffades ett 40-tal olika bekämpningsmedel under växtsäsongen i södra Sverige och det sammanlagda nedfallet uppgår i medeltal till 260 mg/ha och månad. Detta motsvarar ett nedfall över hela Skåne på ca 1,7 ton under sommarhalvåret, om vi antar att det uppmätta nedfallet är representativt för hela Skåne.

SVÅRT ATT UPPNÅ EN GIFTFRI MILJÖ

Resultaten från miljöövervakningen används bland annat för att följa upp det nationella miljö kvalitetsmålet *Giftfri miljö* med hjälp av indikatorn "Växtskyddsmedel i ytvatten". Då används toxicitetsindexet PTI – *Pesticide Toxicity Index*. Indexet summerar kvoterna mellan de olika bekämpningsmedelshalterna och deras respektive riktvärde. Därmed är det ett sätt att översiktligt spegla

den samlade effekten av olika bekämpningsmedel i ett vattendrag. Indexet underlättar också jämförelser mellan olika vattendrag och över tiden.

Trenden för PTI-värdena är i huvudsak oförändrad över tid, även om enstaka år uppvisar stora variationer (figur 4). Variationerna beror på att indexet är relativt känsligt för även kortvariga höga koncentrationer av enskilda ämnen i typområdena. Om vi hade haft mätningar från fler och större områden skulle troligtvis indexet uppvisa mindre fluktuationer.

Miljö kvalitetsmålet *Giftfri miljö* anger att mängden ämnen i miljön inte ska hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden och att påverkan från dessa ämnen ska vara försumbar. Kemikalieinspektionen, som är ansvarig myndighet, bedömer att det behövs genomgripande förändringar för att nå miljö kvalitetsmålet innan år 2020 när det gäller kemiska bekämpningsmedel.

Jenny Kreuger
jenny.kreuger@slu.se

Therese Nanos
therese.nanos@slu.se

Martin Larsson
martin.k.larsson@slu.se

Sveriges lantbruksuniversitet

REFERENSER

Nanos, T., Boye, K. & Kreuger, J (2012). *Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) – Årssammanställning 2011*. Ekohydrologi 132. Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Miljömålsportalen (2012). *Giftfri miljö*. Indikator: "Växtskyddsmedel i ytvatten". Finns på www.miljomal.se



Trenderna för svårnedbrytbara halogenerade föroreningar varierar

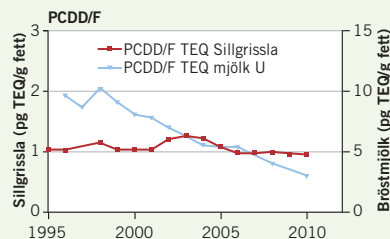
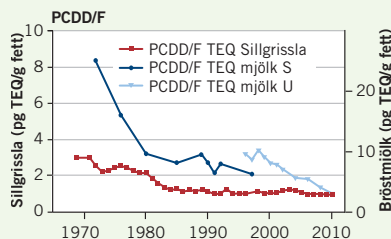
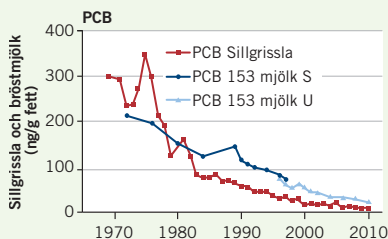
Jämförelser av tidstrender av miljöföroreningarna PCB, dioxiner, polybromerade difenyletrar och perfluorerade alkylsyror i sillgrissleägg och bröstmjölk eller blodserum, visar att det är viktigt att undersöka tidstrenderna i flera olika organismer. Trenderna kan nämligen variera beroende på skillnader i exponeringsvägar och källor för exponering.

NATURVÅRDSVERKETs övervakning av miljöföroreningar finansierar långa tidsserier för att undersöka trender av miljöföroreningar i olika organismer. Syftet är att följa upp om åtgärder för att reducera utsläpp av miljöföroreningar till miljön verkligen resulterar i sjunkande halter i djur

och människor. Eftersom de prover som tas ofta sparas i frysar går det också att göra en resa tillbaka i tiden och undersöka hur länge en nyupptäckt miljöförorening funnits i miljön.

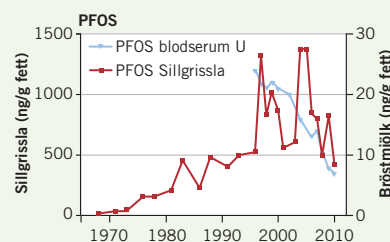
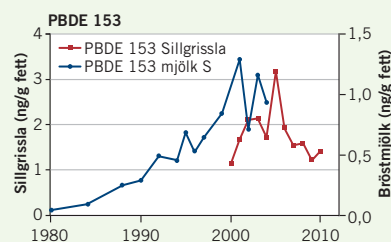
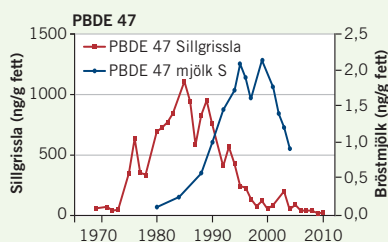
Den svenska befolkningen exponeras för svårnedbrytbara organiska miljöföroreningar, såsom

polyklorerade bifenyler (PCB), dioxiner, polybromerade difenyletrar (PBDE) och perfluorerade alkylsyror (PFAA) via bland annat livsmedel. Livsmedel kan förorenas på olika sätt beroende på var livsmedlet kommer ifrån och hur det producerats. Vild fisk förorenas direkt i miljön från organis-



FIGUR 1. Halterna av PCB och dioxiner (PCDD/F) har sjunkit både i ägg från sillgrissla och i bröstmjölksägg sedan 1970-talet. Om man tittar på de senaste årtiondena, så sjunker inte dioxinhaltarna i sillgrissla-

ägg längre, medan halterna i bröstmjölksägg har fortsatt att sjunka. TEQ är ett mått som räknar samman den totala effekten av alla dioxiner och dioxinlika PCB.



FIGUR 2. Halterna av PBDE med låg bromeringsgrad (PBDE 47) har följt samma mönster i sillgrisslaägg och bröstmjölksägg, men med en förskjutning i tiden för mjölk i förhållande till sillgrisslaägg. För den mer högbromerade PBDE 153 finns inte förskjutningen, och ett maximum tycks ha nåtts åren efter millennieskiftet i båda provtyperna.

FIGUR 3. Halterna av PFOS har inte följt samma mönster i sillgrisslaägg och blodserum från unga kvinnor i Uppsala. Halterna i serum har sjunkit under det första årtiondet på 2000-talet medan halterna i sillgrisslaägg tycks nått ett maximum under samma period.

S = prover från Stockholm respektive U = prover från Uppsala.

mer som de äter. Odlat fisk och andra djur i livsmedelsproduktionen får miljöföroreningarna från det foder de äter. Fodret förorenas i sin tur via de foderråvaror som används. Föroreningsgraden beror på var råvarorna kommer ifrån och vilken sammansättning de har.

När det gäller människors exponering är inte mat enda källan. För miljöföroreningar som finns i konsumentprodukter kan även inomhusmiljön vara en viktig exponeringskälla. Exempel på detta är PBDE, som används för att skydda konsumentprodukter mot brand, och PFAA som bland annat används för fett- och vattenavstötande ytbehandling av textilier och papper. Exponeringen kan

komma direkt från konsumentprodukterna, men också indirekt från inomhusdamm som kontaminerats via produkterna.

Vilda djur exponeras för miljöföroreningarna främst från den föda de äter. Skillnaderna i exponeringsvägar mellan vilda djur och människor kan i vissa fall orsaka skillnader mellan vilda djur och människor när det gäller hur halterna av föroreningarna förändras med tiden, så kallade tidstrender. Ett exempel är att tidstrenderna för PCB, dioxiner, PBDE och PFAA i ägg från sillgrissla som häckar vid Östersjön, skiljer sig från trenderna i bröstmjölksägg eller blodserum hos unga kvinnor i Sverige.

PCB OCH DIOXINER HAR MINSKAT SEDAN 1970

Under 1970-talet gjordes stora ansträngningar i Sverige för att minska utsläppen av polykloretrade bifenyl (PCB) och dioxiner i miljön. Det resulterade i minskande halter av föroreningarna i både sillgrisslaägg och bröstmjölksägg (se figur 1).

Detta visar att åtgärderna till en början var framgångsrika. Under de senaste decennierna har PCB-halterna fortsatt att sjunka i båda provtyperna. I bröstmjölksägg har dioxinhaltarna också fortsatt att sjunka, men inte i sillgrisslaägg. Sjunkande dioxinhalter i bröstmjölksägg sedan mitten på 1990-talet kan bero på att halter-

na i många livsmedel som förorenats via djurfoder, har fortsatt att sjunka. Förändrade kostvanor under denna tidsperiod kan också ha bidragit till förändringen. De oförändrade dioxinhalterna i sillgrissleägg beror sannolikt på oförändrade halter i de fiskar som grisslorna äter. Detta stöds av att dioxinhalterna i sill och strömming från flera provtagningsplatser i Östersjön inte har sjunkit under de senaste årtiondena.

PBDE – OLIKA TRENDER FÖR OLIKA POLYBROMERADE DIFENYLETRAR

Inte förrän under början av 2000-talet infördes lagstiftning för att fasa ut användningen av polybromerade difenyletrar (PBDE) med låg bromeringsgrad. Trots detta nådde halterna i sillgrissleägg av den lågbromerade BDE 47 ett maximum redan i början på 1980-talet och har sedan dess sjunkit markant. I bröstmjolk inleddes inte nedgången i halter förrän efter att utfasningen inletts. Denna förskjutning av trenderna observerades inte för den mer högbromerade BDE 153, där nedgången inleddes efter utfasningen, både i sillgrissleägg och i bröstmjolk.

De sjunkande halterna av lågbromerat PBDE 47 i sillgrissleäggen redan under senare delen av 1980-talet beror sannolikt på att industrin frivilligt fasade ut och ersatte lågbromerade PBDE långt innan lagstiftning om begränsningar infördes. Skillnader mellan sillgrisslor och människor kan förklara den förskjutning i trendmönstret som vi ser för bröstmjolk. Människor exponeras inte bara via livsmedel, utan också indirekt från konsumentproduk-

ter, som flamskyddade textilier och elektronik. Konsumentprodukterna kan läcka lågbromerade PBDE under lång tid efter att de köpts. De kan då även under lång tid förorena inomhusmiljön via damm. Exponeringen förändras inte så mycket förrän gamla produkter byts ut mot nya som inte innehåller kemikalierna i fråga.

De sammanfallande tidstrenderna av PBDE 153 i ägg och bröstmjolk pekar därmed mot att exponeringen från produkter inte varit så betydelsefull för den svenska befolkningen när det gäller PBDE 153. En senare utfasning av mer högbromerade tekniska blandningar innehållande PBDE 153 kan också ha bidragit till skillnaderna i trendmönster mellan de undersökta PBDE 47 och PBDE 153, samt att PBDE 153 är mer svårnedbrytbar än PBDE 47.

PFAA – TILLFÖRSELN TILL ÖSTERSJÖN VERKAR INTE MINSKA

Perfluorerad oktansulfonat (PFOS) är den perfluorerade alkylsyra (PFAA) som i allmänhet föreligger i högst halter i miljön och i livsmedel. Tillverkning och användning av PFOS fasades till största delen ut helt åren efter millennieskiftet.

Trots detta har vi observerat olika tidstrender i sillgrissleägg och blodserum sedan mitten på 1990-talet. PFOS-halterna i blodserum från unga kvinnor i Uppsala började sjunka redan innan utfasningen var slutförd, medan halterna i sillgrissleägg nådde ett maximum under samma period. Den relativt snabba nedgången av PFOS-halter i blodserum visar att en viktig exponeringskälla för den svenska befolkningen, till exempel direkt produktexponering, snabbt försvann när tillverkningen och

användningen av PFOS fasades ut. Men trenden av PFOS i sillgrissleägg tyder på att tillförseln till Östersjön inte minskat markant efter att kemikalien utfasats.

Anders Glynn
anders.glynn@slv.se
Livsmedelsverket

Anders Bignert
anders.bignert@nrm.se
Naturhistoriska riksmuseet

Elisabeth Nyberg
elisabeth.nyberg@nrm.se
Naturhistoriska riksmuseet

Sanna Lignell
sanna.lignell@slv.se
Livsmedelsverket

Marie Aune
marie.aune@slv.se
Livsmedelsverket

Per Ola Darnerud
PerOla.Darnerud@slv.se
Livsmedelsverket

REFERENSER

Bignert A, Danielsson S, Faxneld S, Nyberg E, Berger U, Borg H, Eriksson U, Holm K, Nylund K, Haglund P (2012). *Comments concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in Marine Biota, 2012*. Finns på www.nrm.se

Fängström B, Athanassiadis I, Odsjö T, Norén K, Bergman Å (2008). Temporal trends of polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in milk from Stockholm mothers, 1980–2004. *Mol Nutr Food Res*, 52, 187–193.

Glynn A, Berger U, Bignert A, Ullah S, Lignell S, Aune M, Darnerud PO (2011). *Perfluorerade organiska ämnen i serum från förstföderskor i Uppsala – tidstrend 1996–2010*. Finns på Livsmedelsverkets webbplats www.slv.se

Lignell S, Aune M, Glynn A, Cantilana T, Fridén U (2012). *Levels of persistent halogenated organic pollutants (POP) in mother's milk from first-time mothers in Uppsala, Sweden – results from 2008/2010 and temporal trends 1996–2010*. Finns på Livsmedelsverkets webbplats www.slv.se



FOTO: ISTOCKPHOTO

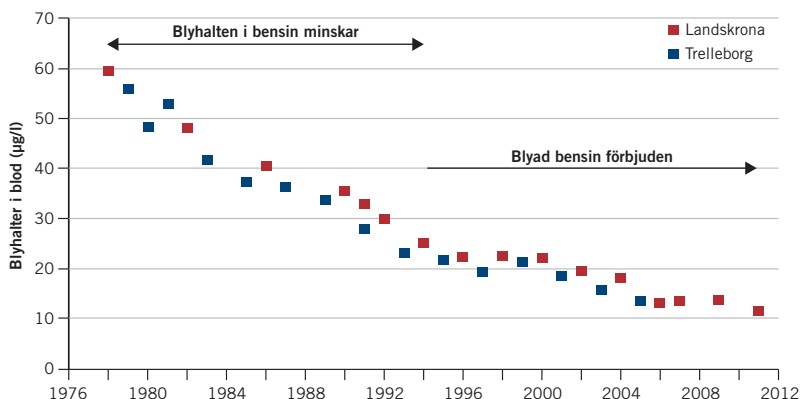
Bly – bättre, men mer arbete behövs

Blykoncentrationen i svenskars blod har sjunkit i och med att det inte längre är tillåtet med bly i bensen. Men parallellt med detta har forskningen lett till att nivån sjunkit för vad vi anser är en säker blykoncentration. Det gör att de blynivåer vi idag hittar i blod kan ha en negativ påverkan trots att nivåerna sjunkit. Vi vet inte varifrån det bly vi idag hittar i blodet kommer. Därför finns det all anledning att ta reda på mer, så att det förebyggande arbetet kan fortsätta.

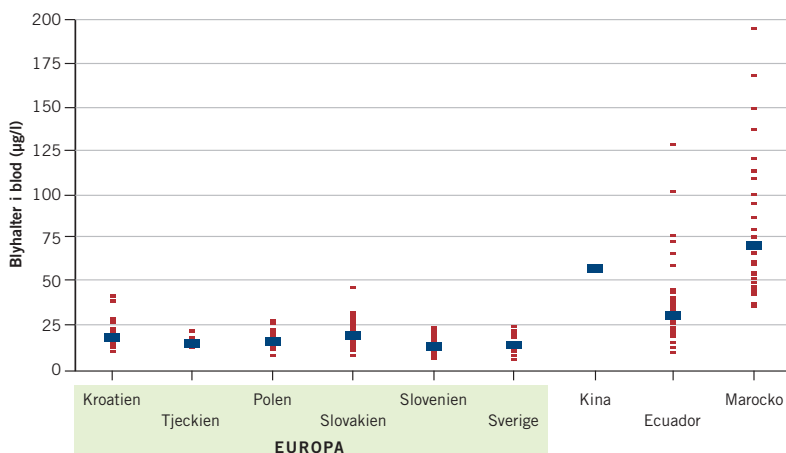
I LANDSKRONA FINNS ett blysmältverk som tar hand om Nordens uttjänta bilbatterier. För att ta reda på hur smältverket

påverkade de närboende tog forskare från institutionen för Arbets- och miljömedicin i Lund 1978 blodprover på barn i och omkring

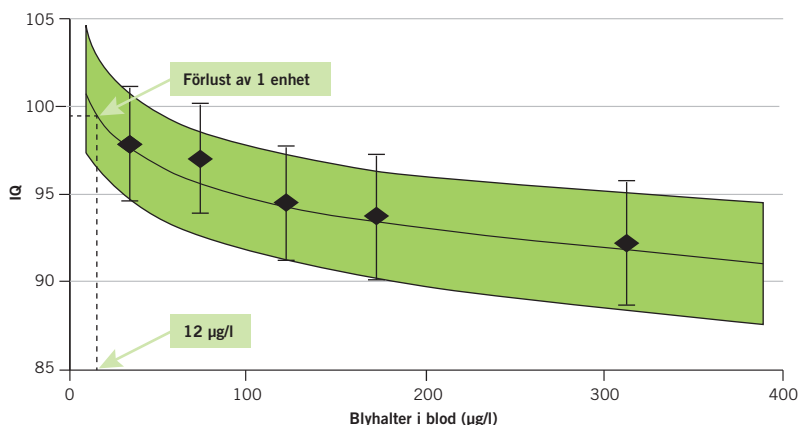
Landskrona, för att bland annat mäta just halterna av bly i deras blod. Det visade sig att barn som bodde nära smältverket hade



FIGUR 1. Blyhalter i blod hos 4 043 svenska barn i åldern 7–8 år visar en ganska kraftigt sjunkande trend under utfasningen av bly i bensin. Efter 1994, när bensinen blev blyfri, har halterna fortsatt sjunka, men långsammare.



FIGUR 2. Blyhalter i blod hos stadsbarn i andra europeiska länder ligger på samma nivå som halterna för svenska barn, men är mycket högre för utomeuropeiska barn.



FIGUR 3. Ökande blyhalter i blod visar ett tydlig samband med sjunkande IQ hos barn. Även en mycket låg blyexponering är förknippat med minskad intelligens, och det verkar inte finnas något tröskelvärde under vilket blyexponeringen inte innebär en risk. Underlaget kommer från fem prospektiva studier från USA, en från Australien och en från forna Jugoslavien.

något högre halter bly i blodet än barn i resten av staden, vilka i sin tur hade något högre halter än barn från omgivande byar. Barn från omgivande byar hade i sin tur samma halter som barn i och omkring Trelleborg, en stad av samma storlek som Landskrona, men utan smältverk. Sedan dess har forskarna följt blodblyhalterna vart eller vartannat år hos 7–8-åringar i Landskrona och Trelleborg (figur 1).

Efter 1978 sänktes stegvis blyhalten i bensin, och från 1994 har bensinen varit helt blyfri. Det ledde till en dramatisk sänkning av blodblyhalterna, med så mycket som en faktor sex. Även efter det att bensinblyet var borta har halterna sjunkit, om än i gradvis långsammare takt.

Vi har också studerat bly i blodet hos barn i andra länder (figur 2). Vi fann då att genomsnittshalterna hos andra europeiska barn numera är i paritet med de svenska, medan de är mycket högre hos barn i Ecuador, Marocko och Kina.

BLY ÄR FÖRKNIPT MED LÄGRE INTELLIGENS

Åtgärden att förbjuda bly i bensinen har alltså varit en väldigt framgångsrik preventiv åtgärd. Men barnen är fortfarande exponerade. Innebär då den exponering barnen utsätts för idag någon risk?

För ett par decennier sedan ansågs de nuvarande europeiska halterna vara riskfria ur hälsosynpunkt. Men under de senaste åren har det kommit studier i USA, Australien och forna Jugoslavien, som visat att även mycket låg blyexponering är förknippat med minskad intelligens hos barn (figur 3). Det verkade också som om

risken ökar mest vid låg exponering. En ökning av blykoncentrationen i blod med 10 µg/L är alltid dåligt, men effekten vid en ökning från 10 till 20 är större än vid en ökning från 50 till 60. Kurvorna visade inga tecken på att det skulle finnas någon tröskelnivå, under vilken det inte finns någon risk för skada.

Nyligen har vi också i en undersökning av polska barn visat att blykoncentrationen i blod är förknippad med sänkt IQ redan vid mycket låga nivåer. Samma mönster gick att se även hos tonåringar i Italien. I Sverige pågår nu en studie där vi undersöker hur det gått för barnen i Landskrona och Trelleborg vad gäller skolbetyg i årskurs 9 samt på IQ-tester vid pojkmarnas värnpliktsmönstring. Preliminära resultat pekar på att det kan vara liknande här.

SVENSKA BARN FORTFARANDE I RISKZONEN

Europiska Unionens livsmedelssäkerhetsmyndighet EFSA, European Food Safety Authority, i Parma publicerade 2010 en riskbedömning av bly. EFSA bedömde då att en blodblyhalt på 12 µg/L var förknippat med en sänkning av intelligensen med en IQ-enhet (figur 3). Ungefär hälften av de svenska barnen har idag en sådan nivå eller högre (figur 1). I sin riskbedömning tar EFSA hänsyn till osäkerheten kring denna koncentration och bedömer att redan 8 µg/L skulle kunna innebära problem.

De blodblyhalter som EFSA bedömer kan ge negativa effekter är i nivå med de nivåer vi sett hos svenska och andra europeiska barn under senare år. En sänkning av IQ med en enhet har säkerligen

mycket liten betydelse för de flesta enskilda barn, eftersom så mycket annat påverkar intelligensen mer, till exempel hemförhållandena. Men även en liten effekt kan vara viktigt för de barn som av andra anledningar än bly har en låg begåvning.

FORTFARANDE EN STOR RISKFAKTOR

Forskare i USA har försökt att bedöma hur viktiga olika faktorer är för en sänkning av den kognitiva förmågan hos barn i USA. De ansåg att bly är mycket viktigare än metylkvicksilver från fisk, i klass med för tidig födsel och ADHD – ett tillstånd för vilket bly också kan spela en roll. Den enda viktigare faktorn är fattigdom.

Resultaten är betydelsefulla även för oss i Sverige, eftersom den genomsnittliga exponeringen i USA är jämförbar med den i Sverige. Barn från andra delar av världen – där blyexponeringen är mycket högre – löper förstås ännu större risk. Det är bara ett fåtal länder som fortfarande använder blyad bensin, vilket givetvis bidrar till att deras befolkningar exponeras för mer bly. Förhoppningsvis är det en tidsfråga innan alla länder slutat använda bly i bensinen.

VI VET INTE VARIFRÅN BLYET KOMMER

Det finns alltså starka skäl att ytterligare reducera exponeringen för bly. Mängden bly i en människa är fortfarande i storleksordningen hundra gånger större än i förindustriell tid, och det finns många andra källor till bly än bensin. I USA anses hus målade med blyfärg och dricksvattenledningar av bly stå för en betydande del av blyexponeringen, kanske hälften. I Sverige har aldrig dessa

användningsområden för bly haft någon större betydelse. Ändå har svenska barn ungefär samma blykoncentration i blodet som amerikanska barn. Vi vet väldigt lite om källor och exponeringsvägar för blyet. Förmodligen rör det sig om små mängder från många källor. Det finns alltså verkliga anledningar att fortsätta forska på hur bly sprids till människor, så det förebyggande arbetet kan fortsätta.

Staffan Skerfving

staffan.skerfving@med.lu.se
Lunds universitet

Ingvar Bergdahl

ingvar.bergdahl@envmed.umu.se
Umeå universitet

REFERENSER

Bellinger DC (2012). A strategy for comparing the contributions of environmental chemicals and other risk factors to neurodevelopment of children. *Environ Health Perspect.* 120:501–507.

European Food Safety Authority. (2010). EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion on lead in food. *EFSA J* 2010;8:1570–1717.

Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, Canfield RL, Dietrich KN, Bornschein R, Greene T, Rothenberg SJ, Needleman HL, Schnaas L, Wasserman G, Graziano J, Roberts R (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect.* 113:894–899.

Skerfving S, Bergdahl IA. Chapter 31. Lead. In: Nordberg GF, Fowler BA, Nordberg M, Friberg LT (2007). *Handbook on the Toxicology of Metals*. Academic Press, Elsevier, p.599–643. ISBN 978-0-369413-3.

Skerfving S, Löfmark L, Lundh T, Mikoczy Z, Strömberg U (2010). *Assessment of relationships between blood-lead concentrations in children and toxic effects*. Rapport från Occupational and Environmental Medicine, Universitetssjukhuset i Lund. 2010-12-28.



FOTO: ISTOCKPHOTO

Organiska miljöföroreningar i modersmjölk fortsätter att minska

Foster och spädbarn är särskilt känsliga för organiska miljöföroreningar. Därför följs hur halterna av sådana föroreningar ändras över tiden i modersmjölken från förstfödelskor. Den generella trenden är att halterna minskar, och de halter som uppmätts ger inte skäl att avråda mammor från att amma sina barn.

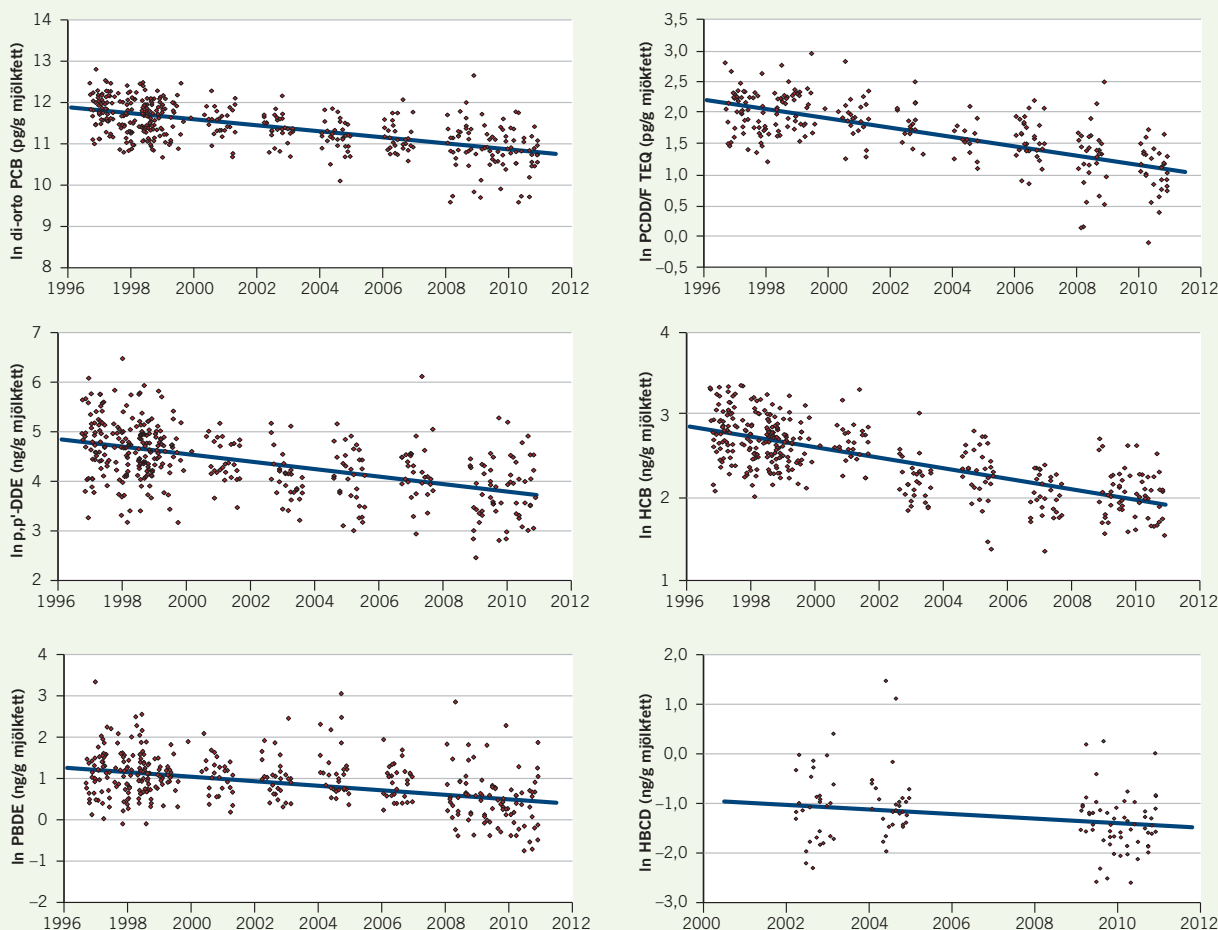
SEDAN 1996 HAR tidstrender av organiska miljöföroreningar i modersmjölk studerats hos förstfödelskor i Uppsala län. De ämnen som undersöks är polyklorerade bifenyl (PCB), hexaklorbens (HCB), dioxiner (PCDD/F), bromerade flamskyddsmedel (PBDE och HBCD) och p,p'-DDE, som är en nedbrytningsprodukt av bekämpningsmedlet DDT. Syftet med

undersökningen är att studera om de åtgärder som sätts in för att minska utsläppen av miljöföroreningar också har effekt på halterna av dessa ämnen i människokroppen. Halter av organiska miljöföroreningar i modersmjölk är också en indikator för det nationella miljömålet *Giftfri miljö*.

Anledningen till att ammande kvinnor studeras är att foster

och spädbarn är särskilt känsliga för organiska miljöföroreningar. Halterna i modersmjölk speglar de mängder som barnet utsätts för både under fosterstadiet och under amningsperioden. Höga halter av dioxiner och PCB kan bland annat påverka utvecklingen av hjärnan, nervsystemet och fortplantningsförmågan. De mängder som vi har uppmätt i modersmjölk i Sverige bedöms inte vara skäl att avråda från amning. Nyttan med amning är utifrån kunskapsläget större än den eventuella hälsorisk som organiska miljöföroreningar kan utgöra.

Vi får i huvudsak i oss dioxiner, PCB, p,p'-DDE och HCB via animaliska livsmedel såsom fisk, kött och mejeriprodukter. Särskilt höga halter av dioxiner och PCB finns i fet fisk som strömming och vildfångad lax från förorenade områden. Barn, både flickor och pojkar, kvinnor i barnafödande ålder, gravida och ammande re-



FIGUR 1. Tidstrender av kvardröjande organiska miljöföroreningar i modersmjölk från förstföderskor i Uppsala. Varje punkt motsvarar halten i mjölk från en enskild mamma. Linjen i varje diagram

motsvarar alltså den *genomsnittligt* nedåtgående trenden. Samtliga trender är statistiskt säkerställda.

Förening	Halt i modersmjölk	
	median	min-max
di-orto PCB ^a	90	15–363 ng/g fett
PCDD/F TEQ ^b	5,6	0,90–19 pg/g fett
p,p'-DDE	80	12–649 ng/g fett
HCB	12	3,9–29 ng/g fett
PBDE ^c	2,5	0,47–28 ng/g fett
HBCD	0,25	0,07–7,8 ng/g fett

^asumma av PCB 138, 153 och 180

^bsumma av PCDD TEQ och PCDF TEQ.

^csumma av BDE-47, -99, -100, -153 och -154.

TABELL 1. Halter av organiska miljöföroreningar hos förstföderskor i Uppsala under perioden 1996–2010 (1996–2008 för p,p'-DDE och HCB, 2002–2010 för HBCD).

kommenderas att inte äta fisk som kan innehålla höga halter dioxin och PCB oftare än 2–3 gånger per år. Detaljerade råd om konsumtion av förorenad fisk finns på Livsmedelsverkets webbplats. Bromerade flamskyddsmedel (PBDE och HBCD) får vi i oss både från maten, exempelvis fisk, och via inomhusmiljön, genom exempelvis damm. Det är oklart vilket som är den största källan.

UNDERSÖKNING AV FÖRSTFÖDESKOR

De förstföderskor som deltar i studien lämnar prover av moders-

mjölk under den tredje veckan efter förlossningen. De besvarar också enkäter med frågor om livsstil, kostvanor m.m. Organiska miljöföroreningar lagras upp i kroppen under livstiden och vi har kunnat se att äldre kvinnor har högre halter i mjölken än yngre. De kvinnor som äter mycket fet fisk från Östersjön har också något högre halter av vissa ämnen i modersmjölken. Under perioden 1996 till 2010 samlades totalt 413 prover av modersmjölk in från mammor födda i de nordiska länderna.

Multipel linjär regression

användes för att undersöka förändringar i halter av miljöföroreningar över tid. Halter av miljöföroreningar logaritmerades innan den statistiska analysen. På grund av detta presenteras sambanden mellan provtagningsår och halter av miljöföroreningar i modersmjölk som procentuella förändringar och inte som förändringar i absoluta halter. Oberoende variabler (livsstilsfaktorer) som påverkar halterna av miljöföroreningar i modersmjölk inkluderades i den statistiska modellen. Dessa variabler var mammans ålder, BMI (Body Mass Index) före graviditeten, viktuppgång under graviditeten och viktnedgång från förlossning till provtagning.

MINSKNINGEN FORTSÄTTER

Studien visar att halterna av summan av PCB 138, 153 och 180 och dioxiner har minskat med i medeltal 7 procent per år under perioden 1996–2010. Under perioden 1996–2008 har också halterna av p,p'-DDE och HCB minskat med ca 7–8 procent per år. Användningen och utsläppen av PCB, dioxiner, p,p'-DDE och HCB har begränsats kraftigt sedan 1970-talet, och halterna av dessa ämnen fortsätter alltså att minska i modersmjölk. Resultaten stämmer väl överens med Livsmedelsverkets studier av miljöföroreningar i livsmedel. Dessa studier visar att de mängder PCB, dioxiner, p,p'-DDE och HCB vi får i oss från mat har minskat mellan 1999 och 2010.

Halterna av PBDE (summa av BDE-47, -99, -100, -153 och -154) i modersmjölk minskade med i medeltal 5 procent per år under perioden. Användningen av PBDE som flamskyddsmedel har mins-

kat sedan 1990-talet. Dessutom fick vi nya lagar som begränsar användningen i elektriska och elektroniska produkter år 2006. Vi har tidigare sett att minskningen mellan 1996 och 2008 var ca 3,5 procent per år. Våra nya data från 2009–2010 antyder att minskningen nu går något fortare och att den minskade användningen av PBDE alltså börjar ha tydlig effekt på människors exponering. Den snabbare nedåtgående trenden är dock osäker och vi behöver mer data för att få den bekräftad.

Trenden för HBCD är osäker eftersom halterna låg under analysmetodens kvantifieringsgräns i många prover. Vår utvärdering av tidsperioden 2002–2010 tyder på att halterna har minskat med ca 4 procent per år, men vi behöver fler mätningar för att säkerställa trenden.

Resultaten för PBDE i modersmjölk stämmer överens med analyser av livsmedel som visat att exponeringen från mat har minskat mellan 1999 och 2010 (Livsmedelsverket 2012).

UNIKT MATERIAL ÄR TILL FORTSATT NYTTA

Vi fortsätter att samla in prover från 30 förstföderskor per år i Uppsala. För närvarande analyserar vi PCB, dioxiner, PBDE och HBCD vartannat år, och DDE och HCB vart fjärde år. De prover som blir över efter dessa analyser sparas för framtida behov. Materialet från Uppsala-mammorna är unikt och de prover från 1996 och framåt som finns sparade används vid behov för att studera exponeringen för ”nya” miljöföroreningar. I blod från förstföderskorna har vi bland annat analyserat perfluorerade ämnen som finns i en rad olika konsumentprodukter,

exempelvis impregneringsmedel, rengöringsmedel och brandsläckningsskum.

Sanna Lignell
sanna.lignell@slv.se

Anders Glynn
anders.glynn@slv.se

Marie Aune
marie.aune@slv.se

Per Ola Darnerud
PerOla.Darnerud@slv.se

Livsmedelsverket

REFERENSER

Lignell S, Aune M, Darnerud PO, Cnattingius S & Glynn A (2009). Persistent organochlorine and organobromine compounds in mother's milk from Sweden 1996–2006: compound-specific temporal trends. *Environ Res* 109(6): 760–767.

Lignell S, Glynn A, Törnkvist A, Aune M & Darnerud PO (2009b). *Levels of persistent halogenated organic pollutants (POP) in mother's milk from primiparae women in Uppsala, Sweden 2008*. Rapport till Naturvårdsverkets hälsorelaterade miljöövervakning, 2009-04-01.

Lignell S, Aune M, Darnerud PO, Soeria-Atmadja D, Hanberg A, Larsson S, Glynn A (2011). Large variation in breast milk levels of organohalogenated compounds is dependent on mother's age, changes in body composition and exposures early in life. *J Environ Monit* 13:1607-1616.

Lignell S, Aune M, Glynn A, Cantilana T, Fridén U (2012). *Levels of persistent halogenated organic pollutants (POP) in mother's milk from first-time mothers in Uppsala, Sweden – results from 2008/2010 and temporal trends 1996–2010*. Rapport till Naturvårdsverkets hälsorelaterade miljöövervakning, 2012-09-27.

Livsmedelsverket. (2012). *Market Basket 2010 – chemical analysis, exposure estimation and health-related assessment of nutrients and toxic compounds in Swedish food baskets. Livsmedelsverkets rapportserie, nr 7.*

Kadmium i miljön

– var står vi idag?

Under de senaste 20 åren har utsläppen av kadmium till luft minskat med ca 75 procent. Tillförseln av kadmium till åkermarken har också reglerats. Trots det kommer det kadmium som tillförts miljön att finnas kvar under lång tid och kan i vissa fall medföra risk för människors hälsa.

KADMIUM ÄR EN metall som finns naturligt i berggrund, mark och vatten. Spridning i miljön sker exempelvis genom jorderosion och vulkanutbrott. Men kadmium sprids också genom utsläpp från metall- och energiproduktion, annan förbränning av fossila bränslen och sopor samt från vägtrafik. Även innehållet i varor och produkter bidrar till spridning i miljön. Kadmium finns som förorening i fosforbaserade gödningsmedel och i rötslam som har spridits på åkermark under lång tid.

Kadmium har tidigare använts i en rad produkter, bland annat i korrosionsskydd och färgpigment. Men sedan 1982 är kadmium förbjudet i Sverige, med vissa undantag. Kadmium omfattas av Sveriges riksdags miljö kvalitetsmål *Giftfri miljö* och räknas till de särskilt farliga ämnen som ska fasas ut inom ramen för *Giftfri miljö*. Målet är att exponeringen ska ner till en säker nivå ur ett folkhälsoperspektiv.

Idag exponeras människor för kadmium framförallt genom att äta olika grödor som spannmål, potatis, rotfrukter och grönsaker, men även andra livsmedel som inälvsmat och skaldjur. Detta kadmium kommer från nedfall från luften till mark och vatten, och från spridning av kadmiumhaltiga gödningsmedel till åkermark.

Vissa grödor är särskilt effektiva på att ta upp kadmium från marken, till exempel vete, ris och potatis. Vi människor exponeras framför allt genom att vi äter spannmål och rotfrukter. Även tobaksblad innehåller kadmium, vilket medför att rökare är exponerade genom att de andas in kadmium via tobaksröken.

I miljöövervakningsprogrammet för jordbruksmark görs mätningar av kadmiumhalter i åkermark och grödor. Mätningarna tyder på att ökningen av kadmiumhalterna i åkermark har stannat av, det vill säga att tillförseln och borttransporten i princip är i balans. Men det går ännu inte att se någon tydligt minskande trend för kadmiumhalterna i olika spannmål som vete, korn och havre. Eftersom exponeringen för kadmium framför allt sker via baslivsmedel kommer det ta tid att minska människors exponering. Den nationella miljöövervakningen visar inga förändringar av halterna av kadmium i matjord. Däremot finns det tecken på minskande halter i slam från reningsverk. Generellt är halterna av kadmium i svenska livsmedel betydligt lägre än EU:s gränsvärden.

KADMIUM PÅVERKAR NJURARNA OCH SKELETTET

Kadmium ansamlas i njurarna, och halterna ökar med stigande

ålder. Vid höga kadmiumnivåer försämras njurfunktionen men vi vet inte hur njurfunktionen påverkas vid lägre nivåer. Detta diskuteras för närvarande av kadmiumforskare internationellt.

Det är sedan länge klarlagt att mycket hög exponering för kadmium under lång tid kan leda till sjukdomen itai-itai som karakteriseras av benskörhet och många spontana frakturer. Lång tids exponering för lägre halter kan också leda till att bentätheten minskar och att risken för benskörhet och frakturer ökar, vilket har visats i undersökningar i Sverige, Belgien och USA.

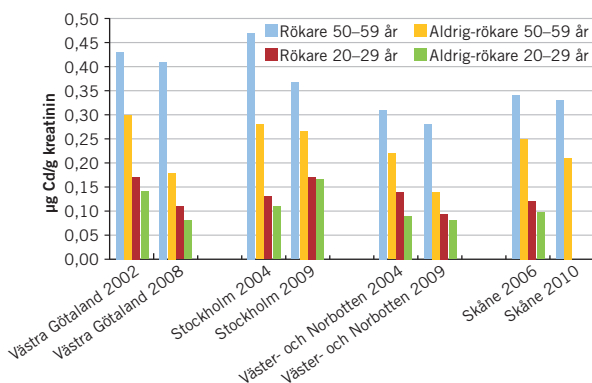
Kemikalieinspektionen har beräknat den samhällsekonomiska kostnaden för benskörhet och frakturer orsakade av höga kadmiumhalter i maten till nästan fyra miljarder kronor om året. En viktig slutsats är därför att det finns stora samhällsvinster att hämta genom att sänka kadmiumintaget via maten.

HORMONSTÖRANDE EFFEKTER

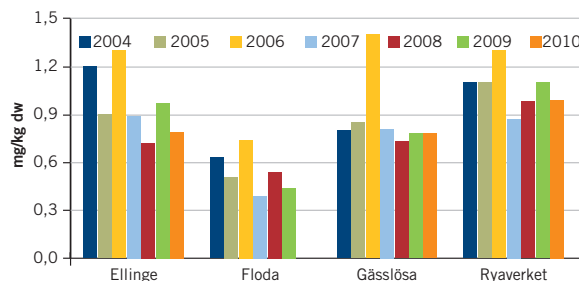
Kadmium har även visats ha östrogenlika effekter i försöksdjur. Förmodligen fungerar inte kadmium på samma sätt som östrogen. Snarare talar de experimentella studierna för att kadmium påverkar cellernas signaleringssystem och på så sätt ger upphov till

FOTO: JERKER LOKRANTZ / AZOTE





FIGUR 1. Det finns inga tydliga tecken på att kadmiumhalterna i befolkningen har börjat sjunka. Delar av befolkningen har halter av kadmium som ligger vid eller över de nivåer som kan kopplas till påverkan på skelett och njurar. Kadmiumhalten är mätt i urin hos två åldersgrupper av kvinnor.



FIGUR 2. Det finns tecken på att halten kadmium i slam från reningsverk minskar. Men det går ännu inte att se någon tydligt minskande trend för kadmiumhalterna i exempelvis spannmål som vete, korn och havre.

östrogenlika effekter. Forskare har också visat att det finns ett samband mellan hur mycket kadmium vi får i oss genom maten och risken för bröst- och livmodercancer.

Det finns även ny forskning som tyder på att kadmium kan påverka barns normala tillväxt och utveckling, även vid relativt låg exponering. Men vi behöver veta mer för att kunna bedöma effekter och hälsorisker vid exponering tidigt i livet.

EXPONERINGSTREND OCH HÄLSORISKER

Kadmium mäts regelbundet i urin hos två åldersgrupper av kvinnor för att följa exponeringen över tid och bedöma risken för hälsoeffekter. Det sker inom ramen för den nationella hälsorelaterade miljöövervakningen. Än finns inga tydliga tecken på att kadmiumhalterna i befolkningen har börjat sjunka (figur 1). Undersökningarna visar att delar av befolkningen har halter av kadmium i urin som ligger vid eller över de nivåer som kan kopplas till påverkan på skelett och njurar. Bland icke-rökande kvinnor i åldern 50–64 år överstiger 0,2–6 procent en kadmiumhalt i urin på 1 µg/g kreatinin.

Det motsvarar ett veckointag på 2,5 µg kadmium per kg kroppsvikt, vilket är det tolerabla intaget enligt den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet, EFSA, och som är satt för att skydda mot njurskador. Men studierna av benskörhet talar för att risken för benskörhet ökar vid lägre urinnivåer än 1 µg kadmium/g kreatinin.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att kadmiumexponeringen bör minska för att minska riskerna för hälsoeffekter hos vuxna, och kanske även hos barn. Arbetet med att minska utsläpp till luft och tillförsel till mark har

på många sätt varit framgångsrikt, men det kommer att ta tid att minska befolkningens exponering för kadmium i livsmedel på grund av att halveringstiden i miljön är mycket lång. Eftersom det av hälsoskäl är viktigt att öka intaget av fiberrika livsmedel som spannmålsprodukter och grönsaker är det viktigt att arbeta för minskade halter i livsmedel så att exponeringen kan hållas så låg som möjligt.

Mariika Berglund
marika.berglund@ki.se

Agneta Åkesson
agneta.akesson@ki.se
Karolinska Institutet

REFERENSER

- EFSA (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA Journal* 9(2):1975.
- Engstrom A, Michaelsson K, Vahter M, Julin B, Wolk A, et al. (2012). Associations between dietary cadmium exposure and bone mineral density and risk of osteoporosis and fractures among women. *Bone* 50: 1372–1378.
- Julin B, Wolk A, Bergkvist L, Bottai M, Åkesson A (2012). Dietary cadmium exposure and risk of postmenopausal breast cancer: a population-based prospective cohort study. *Cancer Res.* 72(6):1459–66.
- Kippler M, Tofail F, Gardner R, Rahman A, Hamadani JD, et al. (2012). Maternal cadmium exposure during pregnancy and size at birth: a prospective cohort study. *Environ Health Perspect* 120: 284–289.
- Naturvårdsverket (2010). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda*. Data från 2001–2007. Rapport 6349.
- Thomas LD, Michaelsson K, Julin B, Wolk A, Åkesson A (2011). Dietary cadmium exposure and fracture incidence among men: a population-based prospective cohort study. 1601–1608.

Bromerade flamskyddmedel i den svenska miljön

Flera av de nyare, alternativa bromerade flamskyddsmedlen är spridda i den svenska miljön, enligt en kartläggning från Naturvårdsverket. I flera fall förekommer de i samma nivåer som de äldre BDE-substanserna. Men mätningarna är få, och kunskap om substansernas effekter förhållandevis liten. Det finns därför ett stort behov av ytterligare forskning.

POLYBROMERADE DIFENYLETRAR (PBDE) håller på att fasas ut som flamskyddsmedel. För att fylla kraven på brandsäkerhet i olika konsumentprodukter har istället ett stort och ökande antal alternativa men liknande flamskyddsmedel introducerats på marknaden. Det betyder att dessa alternativa flamskyddsmedel sannolikt kommer att bli vanligare i miljön.

Både myndigheter och forskare har uppmärksammat att dessa alternativa flamskyddsmedel finns och sprids i samhället och i miljön. Slutsatser ifrån den internationella workshopen *"New" brominated flame retardants as emerging contaminants in the environment: sources, occurrence, pathways and measurement methods*, som hölls 2011, var att dessa alternativa flamskyddsmedel blir vanligare i miljön. Workshopen konstaterade

också att det finns stora kunskapsluckor om vilka flamskyddsmedel som sprids, om viktiga



FOTO: ISTOCKPHOTO

spridningsvägar, var i miljön de återfinns och vilka effekter de kan ha på människan och miljön.

Vi behöver alltså mer kunskaper om riskerna med användningen av alternativa bromerade flamskyddsmedel för att kunna ge myndigheter och allmänhet bra information.

NATURVÅRDSVERKET KARTLADE FEM FLAMSKYDDSMEDEL

En tidigare nordisk studie initierad av Nordiska ministerrådet visade att dessa alternativa bromerade flamskyddsmedel är vanligt förekommande i många olika provtyper. Det tyder på att dessa ämnen används och sprids i den nordiska miljön. Tidigare undersökningar har visat att flera av de relativt sett nya substanserna återfinns i bakgrundsområ-

den, till exempel i levande organismer från arktiska områden, precis som de äldre PBDE-substanserna. Studier har också visat att flera av de bromerade flamskyddsmedlen kan transporteras långt i luften.

Med utgångspunkt från den nordiska studien startade Naturvårdsverket en uppföljande studie för att ytterligare kartlägga halterna av vissa bromerade flamskyddsmedel i den svenska miljön. Denna undersökning skulle också ge en uppfattning om källor och spridningsvägar till miljön, samt om hur stor roll den storskaliga spridningen spelar. För att ta reda på om dessa ämnen

Provtagningsplan för den svenska screeningen av flamskyddsmedel som används som alternativ till äldre flamskyddsmedel.

Mätningar i bakgrundsområden

Betydelsen av atmosfärisk långdistanstransport och deposition
Kartläggning av halter i sediment och biota

Diffus spridning i urbant område

Luftprover i urban bakgrund.
Sediment och biotaprover i Göta Älv
Dagvatten
Ingående och utgående avloppsvatten samt slam

Diffusa emissioner från varor och produkter

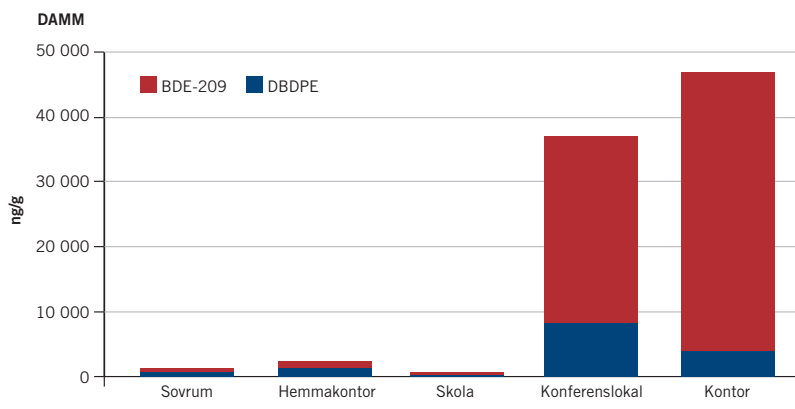
Inomhusdamm från t ex hushåll, offentliga lokaler och i bil

Spridning från punktkällor

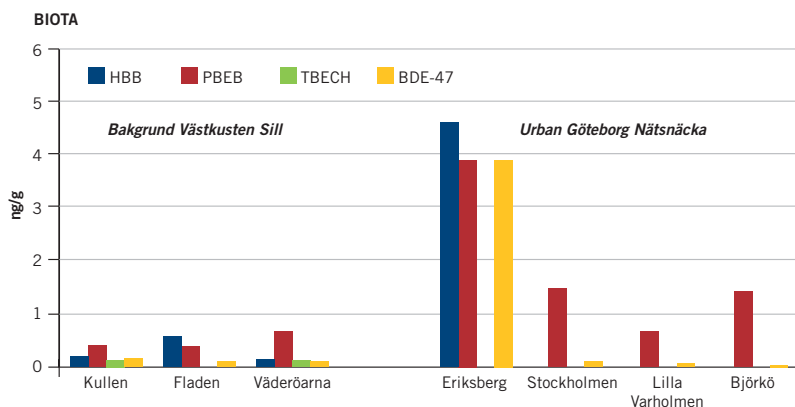
Återvinningsindustri
Bränder

Human exponering

Blodserum



FIGUR 1. Bromerade flamskyddsmedel var vanliga i de flesta provtyper, även om det varierade mellan olika substanser och provtyper. DBDPE är i första hand en ersättningsprodukt för BDE-209 och förekom i samtliga dammprover, även om BDE-209 fortfarande uppmättes i högre halter.



FIGUR 2. Flamskyddsmedel förekom i spårbara nivåer både i sill i bakgrundsområden på västkusten och i nätsnäckor i stadsnära miljöer i Göta älv.

utgör ett miljöproblem undersökte forskarna i vilken utsträckning ämnena förekom i människor och i andra levande organismer. I studien ingick fem bromerade flamskyddsmedel – hexabrombenzen (HBB), dekabromdifenyletan (DBDPE), pentabromtoluen (PBT), 1,2-Dibromo-4-(1,2-dibromoetyl)cyklohexan (TBECH) och pentabrometylbensen (PBEB).

Valet av dessa fem baserades på att de var vanligt förekommande i den nordiska studien, och att de hittades i biologiska prover från Sverige. Utöver dessa mättes några utvalda polybromerade difenyletrar (PBDE).

Bromerade flamskyddsmedel förväntas komma från varor och produkter, samt släppas ut vid industriella processer. Mätningar genomfördes därför både utomhus, i bakgrundsområden och i stadsmiljö, i inomhusmiljö samt i närheten av potentiella punktkällor. De provtyper som ingick var luft, damm, dagvatten, avloppsvatten, slam, sediment samt levande organismer. Studien omfattade totalt 50 prover. Det samlades alltså bara in några få prover av varje provtyp från respektive plats, och under olika tidsperioder. Exponering för människor undersöktes genom att bestämma halter i blodserum. De flesta mätningar genomfördes vid bakgrundsstationer på svenska västkusten samt i Göteborg. Diffus spridning via varor och produkter undersöktes genom att mäta i olika inomhusmiljöer, samt vid potentiella punktkällor, som en återvinningsanläggning för elektronikskrot och utsläpp i samband med bränder.

VANLIGAST INOMHUS

Resultaten av mätningarna visade att dessa fem bromerade

Omgivning					Spridningsvägar					
Matris	Luft	Atm. deposition	Sediment	Biota	Utgående, ARV	Slam, ARV	Dagvatten	Släckvatten från brand	Damm	Inomhusluft, industri
<i>Antal prov:</i>	8	6	4	7	2	2	3	3	8	2
HBB	50 %	0 %	25 %	57 %	0 %	100 %	100 %	100 %	88 %	100 %
PBT	25 %	0 %	25 %	0 %	0 %	100 %	33 %	33 %	100 %	100 %
PBEB	17 %	0 %	25 %	100 %	0 %	100 %	67 %	67 %	100 %	50 %
DBDPE	0 %	0 %	0 %	0 %	50 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
TBECH	33 %	0 %	0 %	29 %	0 %	0 %	0 %	0 %	38 %	100 %

TABELL 1. Översikt som visar var de nyare alternativa, bromerade flamskyddsmedel förekommer och hur de sprids. Siffran anger i hur stor andel av proven som ämnet uppmätts. ARV = avloppsreningsverk.

flamskyddsmedlen var vanliga i de flesta provtyper, även om det varierade mellan olika substanser och provtyper. Det pekar på att produkter där de ingår är ganska vanliga i Sverige.

Ett av flamskyddsmedlen, HBB, uppmättes i luftprover från en bakgrundstation på Råö, vid svenska västkusten, medan fler av substanserna också återfanns i Göteborgsluften, och där i högre halter än bakgrundshalterna. Halterna i luft för dessa substanser var jämförbara med nivåerna för flera av de sedan tidigare etablerade PBDE-substanserna (BDE-47, BDE-99 och BDE-100), medan den likaledes äldre BDE-209 uppmättes i högre halter.

Flamskyddsmedlen var vanligast förekommande i damm insamlat i olika inomhusmiljöer, såväl i hemmamiljöer som i of-fentliga lokaler. Det tyder på att de kan förekomma i varor och produkter som används i dessa miljöer (figur 1). DBDPE förekom i betydligt högre halter. DBDPE är i första hand en ersättningsprodukt för BDE-209 och förekom i samtliga dammprover.

HITTADES ÄVEN I SILL

Eftersom damm innehöll bromerade flamskyddsmedel verkar det som om dessa kemikalier släpps ut inomhus. De skulle då kunna spridas till den yttre miljön genom till exempel ventilationsluften, eller via avloppsvattnet. Flamskyddsmedlen hittades både i vatten och slam från avloppsreningsverken, och även i dagvatten. Halterna var som sagt högre i tätortsluften jämfört med bakgrundsluften. Det kan bero på att dessa ämnen sprids i tätorter till följd av att flamskyddade varor och produkter används där.

Tre av substanserna, HBB, PBEB och TBECH, förekom i spårbara nivåer i sill och nätsnäcka både i bakgrundsområden och i Göta älv (figur 2). Halterna var i nivå med enskilda ämnen från PBDE-gruppen som BDE-47. De högsta halterna uppmättes i nätsnäcka som insamlats utanför ett tidigare industriområde.

Mätningarna visar också att flamskyddsmedlen förekom i proverna från de utvalda punktkällorna. Det fanns höga halter av de olika bromerade flamskydds-

medlen i luften från en återvinningsindustri för elektronikskrot samt släckvatten från en brand i en sådan anläggning.

I blodserum från femton vuxna personer, merparten med övervägande kontorsarbete, kunde PBEB påvisas i ett prov och BDE-209 i fem.

Dessa resultat visar att flera av de nyare, alternativa ämnen som ingick i denna studie är spridda i den svenska miljön. De förhållanden begränsade kunskaperna vi har om både förekomst, spridning och risker gör att det finns ett tydligt behov av mer forskning.

Eva Brorström-Lundén
eva.bl@ivl.se

Lennart Kaj
lennart.kaj@ivl.se

Katarina Hansson
katarina.hansson@ivl.se

IVL Svenska Miljöinstitutet

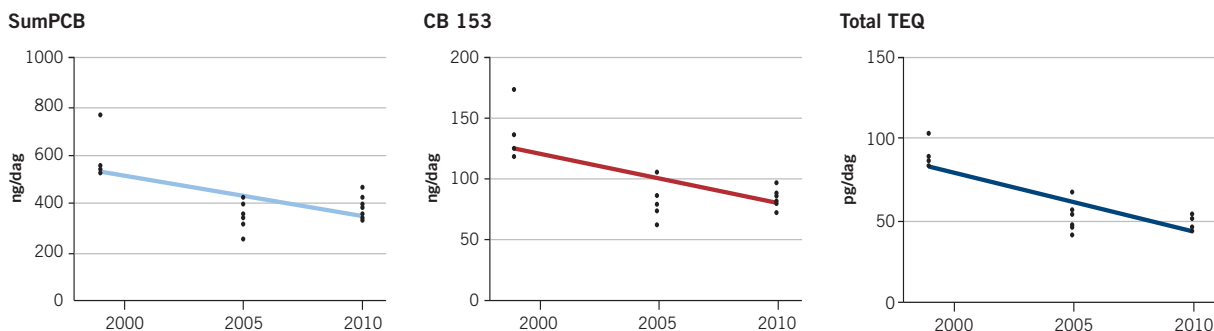
REFERENS

TemaNord Brominated. (2011). Flame Retardants (BFR) in the Nordic Environment. 2011:528
Finns på www.norden.org



Matkorgen 2010 – lågpris och normalpris ger samma kvalitet

Livsmedelsverkets undersökning Matkorgen 2010 visar att priset på maten knappast påverkar matens kvalitet. Skillnaderna mellan normalprismat och lågprismat är små, i varje fall när det gäller näringsinnehåll, rester från bekämpningsmedel och vissa andra skadliga ämnen.



FIGUR 1. Halterna av persistenta organiska miljöföroreningar som PCB:er har sjunkit signifikant sedan mätningen i Matkorgen 1999. För en genomsnittssvensk är intaget under gränserna för vad som

bedöms säkert, men marginalerna är i flera fall relativt små. Diagrammen visar ett summavärde för PCB, PCB-varianten CB 153 för toxicitetsekvivalenter (TEQ) för PCDD/F och dioxinlika PCB:er.

MATKORGEN 2010 presenterade nya data om innehållet i en typisk svensk matkorg. Syftet med undersökningen är att få kunskap om hur mycket av såväl näringsämnen som potentiellt skadliga ämnen vanliga livsmedel på den svenska marknaden innehåller, men även att kunna se förändringar över tid. Matkorgsundersökningarna från 1987 och 1994 fokuserade på radioaktivt cesium, medan undersökningarna från 1999 och 2005 fokuserar på näringsämnen och miljögifter.

Innehållet i matkorgarna utgår från Jordbruksverkets data över de totala leveranserna av livsmedel till enskilda hushåll och storhushåll, delat med antalet invånare i landet. Detta ger en teoretisk genomsnittskonsumtion för medelsvensken, då beräkningarna grundar sig på livsmedelsförsäljning och därför gäller alla svenska konsumenter, barn som vuxna. Både näringsämnen och skadliga ämnen i de 12 livsmedelsgrupper som ingår i de inhandlade matkorgarna mättes. Utifrån dessa uppgifter beräknades ett genomsnittsintag för de undersökta ämnena. Genomsnittsintaget är en teoretisk beräkning som till exempel inte tar hänsyn till det livsmedelssvinn som sker i hemmet.

Matkorgen 2010 har undersökt inköpta matkorgar från fem olika livsmedelskedjor i Uppsala. Två olika matkorgar från varje livsmedelskedja undersöktes – en normalpriskorg och en lågpris-korg. Analyserna visar att skillnaderna mellan normalpriskorgen och lågpris-korgen är små, både när det gäller näringsinnehåll, förekomst av bekämpningsmedelsrester och andra skadliga ämnen.

TILLRÄCKLIGT MED NÄRINGS-ÄMNINGEN OCH MINERALER

Skillnaderna i näringsinnehåll jämfört med matkorgsundersökningarna från 1999 och 2005 är små. I stort sett innehåller maten tillräckligt av de näringsämnen vi behöver.

För de flesta mineraler ligger halterna nära eller över det rekommenderade dagliga intaget. Undantaget är järn, som är lägre än rekommenderat för kvinnor. Innehållet av jod är något lägre än rekommenderat, medan innehållet av salt (natrium) ligger över önskvärd nivå. Innehållet av både jod och natrium är underskattat, eftersom hushållssalt och kryddblandningar inte ingår i undersökningen. Däremot visar statistiken att den mängd mat som

produceras och finns tillgänglig i butiker och storhushåll mer än väl täcker vårt beräknade energibehov. Matkorgsdata ger en beräknad genomsnittlig energitillgång på 12,5 MJ/dag, vilket motsvarar energibehovet hos en vuxen man med måttlig fysisk aktivitet.

LÅGA HALTER AV TOXISKA ÄMNINGEN

Inom ramen för Matkorgen 2010 analyserades förekomsten av sju skadliga metaller: aluminium, arsenik, bly, kadmium, kvicksilver, nickel och silver. Resultaten visar att metallhalter i maten generellt är låga. För genomsnittskonsumenten innebär exponering för någon av dessa metaller inte någon risk för hälsan. Det går inte med denna metod att urskilja specifika riskgrupper, till exempel barn.

Människor exponeras för kadmium från olika källor, och hos icke-rökare anses födan spela störst roll. Födointaget av kadmium ligger på 1,3 mikrogram per kilo kroppsvikt och vecka. Detta ligger visserligen under men ändå inte så långt ifrån den gräns som den europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet bedömer är ett tolerabelt veckointag, TWI, nämligen 2,5 mikrogram per kilo, kroppsvikt och vecka. TWI

är det intag som, under livslång exponering, inte beräknas leda till hälsoeffekter (njurar och skelett är i detta fall målgorgan).

Halterna av persistenta organiska miljöföroreningar, bland annat bromerade flamskyddsmedel, dioxiner och PCB:er, har sjunkit signifikant sedan mätningen i Matkorgen 1999. För en genomsnittssvensk innebär det att intaget är under gränserna för de halter som bedöms vara säkra, men marginalerna är i flera fall relativt små. Men vissa konsumentgrupper kan behöva förändra sin konsumtion, till exempel de som äter mycket fet fisk från Östersjön. Livsmedelsverket utfärdar begränsande kostråd om sådan fisk. Persistenta organiska miljöföroreningar kan bland annat ge hormonella effekter, påverka reproduktionsförmåga och de kan även vara cancerframkallande.

Bekämpningsmedel ser inte ut att vara något egentligt problem för den svenska genomsnittskonsumenten. Av 400 analyserade bekämpningsmedel hittades endast rester från tio stycken, och i dessa fall var halterna låga och exponeringen var långt under det acceptabla dagliga intaget.

Analysen av polycykliska aromatiska kolväten, PAH, ingick för första gången i Matkorgen 2010. PAH:er är ämnen som i första hand bildas vid grillning och rökning av livsmedel. Bland livsmedlen i Matkorgen är endast ett fåtal grillade eller rökta, t. ex. rökt skinka och rökt medvurst. Inga av de inköpta livsmedlen tillagades före analys. PAH påträffades dock i fler livsmedel än kött. För att kunna se förändring över tid analyserades PAH även i de sparade proverna från 1999 års undersökning. Resultatet visar att

halterna av PAH har sjunkit kraftigt sedan 1999. Det kan bero på att producenter har fått en ökad medvetenhet om riskerna med PAH:er, och därmed förändrat produktionsmetoderna. Att lagringen har påverkat PAH-halterna är mindre troligt då dessa ämnen är mycket stabila.

GENOMSnittET ÄR BRA – MEN VERKLIGHETEN VARIERAR

Med utgångspunkt från de analyserade substanserna verkar maten på det stora hela vara tillfredsställande ur ett hälsoperspektiv. I de fall vi kan undersöka tidstrender under perioden 1999–2010 är halterna av toxiska ämnen i de allra flesta fall sjunkande när det gäller organiska miljöföroreningar, PAH. Det går emellertid inte att säga något om halter, trender eller sammanvägda risker av andra ämnen som kan finnas i livsmedel men som inte undersökts i studien. Det går inte heller att utesluta att någon verklig konsument får i sig för mycket av något skadligt ämne, eller för litet eller för mycket av något näringsämne. Det beror på att resultaten beskrivs för en teoretisk genomsnittlig svensk medelkonsument. Riskerna gäller särskilt personer som äter väldigt ensidigt eller är storkonsument av något enskilt livsmedel.

Det går inte heller att säga något om ämnen som vi får i oss genom konsumtion av livsmedel, som vi äter sällan, eftersom dessa inte ingår i Matkorgen. Därför går det inte att utifrån denna undersökning avgöra om något enstaka livsmedel innehåller höga halter av till exempel bekämpningsmedel under en begränsad tid. Detta skulle i så fall kunna innebära ökade hälsorisker för personer som konsumerar relativt sett stora mängder av dessa livsmedel.

Slutligen har denna studie inte för avsikt att bedöma effekter av kombinationsexponering, det vill säga att effekter kan uppstå när flera olika substanser samverkar, fast de kanske inte enskilt uppvisar någon effekt. Metoder för studier av kombinationseffekter är komplicerade, men används idag som grund för att bedöma effekter av dioxinblandningar, bland annat i denna Matkorgsundersökning.

Per Ola Darnerud
PerOla.Darnerud@slv.se
Livsmedelsverket

REFERENSER

Livsmedelsverket (2012). *Rapport: Market Basket 2010 – chemical analysis, exposure estimation and health-related assessment of nutrients and toxic compounds in Swedish food baskets*. Rapport nr 7. Finns på Livsmedelsverkets webbplats www.slv.se

Rapporter från tidigare matkorgsundersökningar

Darnerud, PO, Atuma, S, Aune, M, et al. (2006). Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE, and chlorinated pesticides, e.g. DDT) based on Swedish market basket data. *Food Chem. Toxicol.* 44:1597–1606.

Törnkvist, A, Glynn, A, Aune, M, et al. (2011). PCDD/F, PCB, PBDE, HBCD, and chlorinated pesticides in a Swedish market basket from 2005 – Levels and dietary intake estimations. *Chemosphere* 83:193–199.



Ämnen som inte bryts ner – riskbedömning av 23 olika PFAS

PFAS är en grupp av ämnen som är extremt svårnedbrytbara i miljön. De sprids via luft och vatten och hamnar i levande organismer, bland annat i människor. PFAS ger skadliga effekter i djurstudier men det är svårt att säga om de halter som människor utsätts för ger några effekter. Kunskaperna om PFAS och deras toxikologiska effekter är bristfälliga, så det behövs mer forskning för att med säkerhet kunna säga om det finns några hälso- och miljörisker med PFAS vid nuvarande exponeringsnivåer.

PERFLUORERADE OCH polyfluorerade ämnen, PFAS, utgör en grupp av över 800 industriellt framställda kemikalier som inte förekommer naturligt i miljön. PFAS har förmågan att stöta bort

både smuts och vatten, vilket gör dem användbara inom en rad olika områden. De har sedan 1950-talet använts i produkter som impregneringsmedel för kläder och textilier, rengöringsmedel, skidvällor och

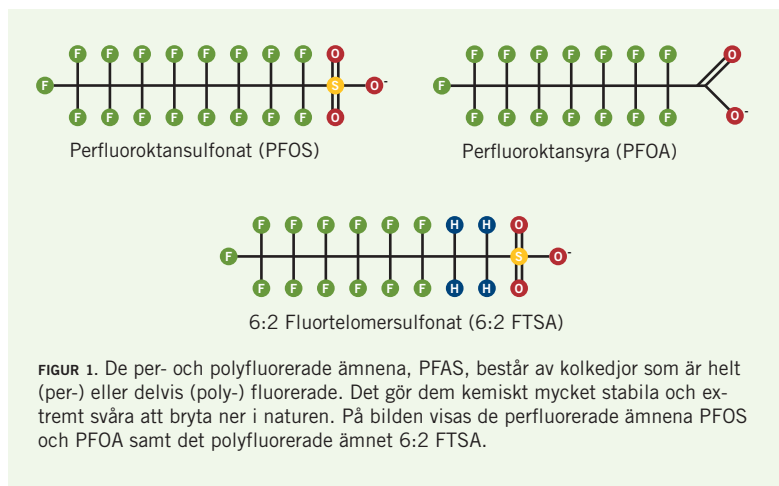
andra vaxer, insektsbekämpningsmedel och brandsläckningsskum. Inom industrin används de vid till exempel ytbehandling av livsmedelsförpackningar och vid tillverkning av fluorpolymerer som bland

annat används i vattenavvisande kläder och i stekpannor och kast-ruller för att maten inte ska fastna i dem.

PFAS kännetecknas av att de-
ras kemiska struktur innehåller en
helt (per-) eller delvis (poly-) fluo-
rerad kolkedja (figur 1). Den ke-
miska bindningen mellan kol och
fluor är en av de starkaste som
finns. Det medför att dessa ämnen
blir extremt svårnedbrytbara i
miljön. Faktum är att de perfluo-
rerade ämnena troligen inte bryts
ner alls i miljön. De polyfluore-
rade ämnena kan delvis brytas
ned, men omvandlas då bland
annat till perfluorerade ämnen. De
vanligast förekommande grup-
perna av perfluorerade ämnen är
sulfonsyror, som perfluoroktansul-
fonat, PFOS, och karboxylsyror
som perfluoroktanoat, PFOA. De
vanligaste polyfluorerade ämnena
är fluortelomerer som till exempel
fluortelomersulfonater.

MER PFAS LÄNGRE UPP I NÄRINGSKEDJORNA

Utsläpp av PFAS till miljön kan ske
under hela deras livscykel – vid



FIGUR 1. De per- och polyfluorerade ämnena, PFAS, består av kolkedjor som är helt (per-) eller delvis (poly-) fluorerade. Det gör dem kemiskt mycket stabila och ex-
tremt svåra att bryta ner i naturen. På bilden visas de perfluorerade ämnena PFOS
och PFOA samt det polyfluorerade ämnet 6:2 FTSA.

produktion, under användning,
och efter deras användning, från
till exempel deponier. Olika PFAS
har olika spridningsvägar. Många
perfluorerade ämnen sprids i vat-
tenmiljön, medan polyfluorerade
ämnen är flyktigare och ofta sprids
via luften. I miljön kan PFAS acku-
muleras i bland annat fisk. Hur
mycket som ackumuleras beror på
längden av molekylernas kolkedja,
där molekyler med längre kolked-
jor ackumuleras i högre utsträck-
ning, och där halterna av dessa
ökar uppåt i näringskedjorna. De

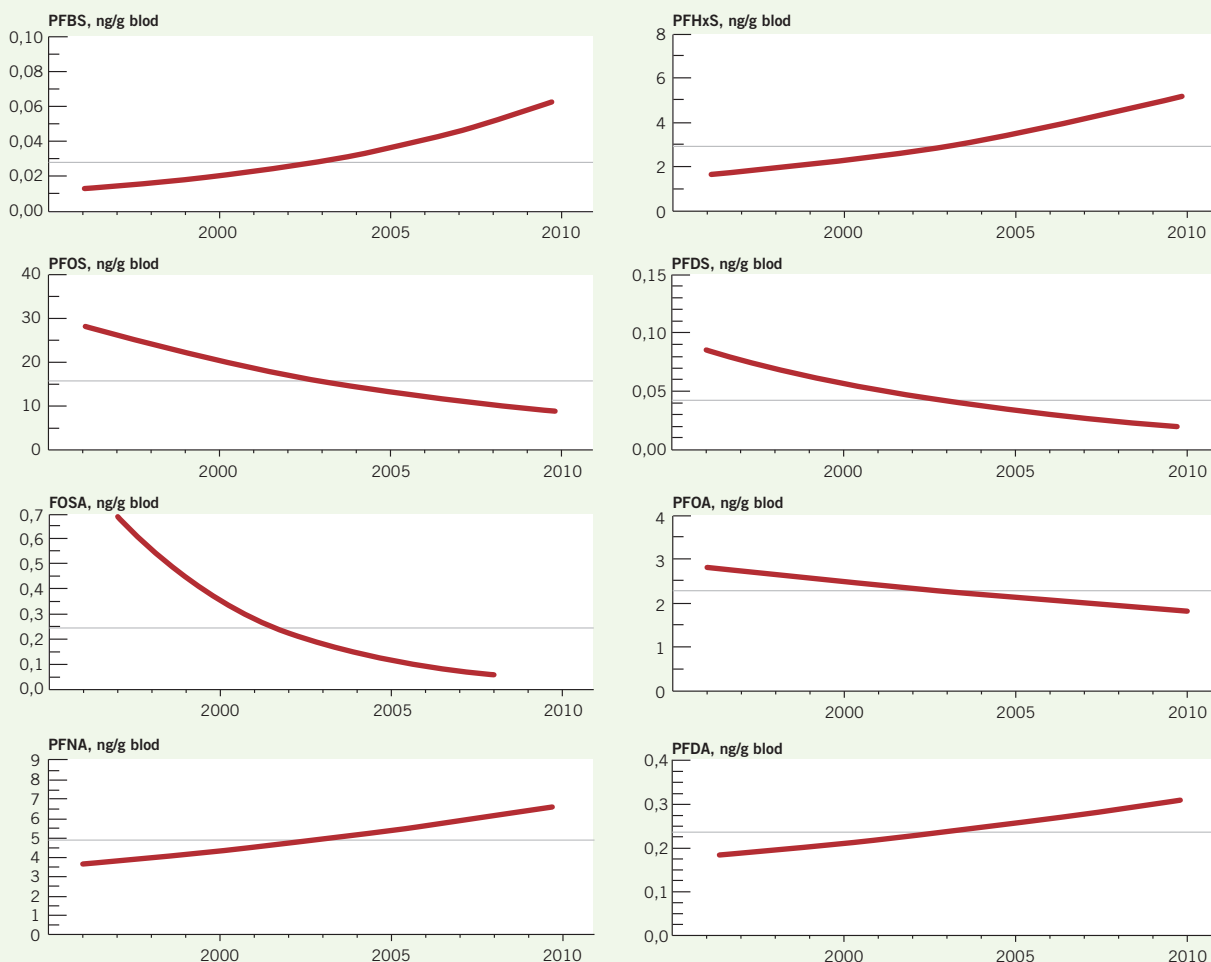
högsta halterna av PFAS finns i
toppkonsumenter som minkar,
uttrar och sälar, och isbjörnar i
Arktis. Till skillnad från många
andra miljöföroreningar som stan-
nar kvar länge i miljön, till exem-
pel dioxiner och PCB:er, så lagras
inte PFAS i fett, utan ”fastnar” på
proteiner i kroppen, huvudsakli-
gen i blodet och i levern, där man
återfinner dem i högst halter.

VISSA PFAS MINSKAR HOS MÄNNISKOR MEDAN ANDRA ÖKAR

Människor exponeras för PFAS
via mat och dricksvatten, antingen
direkt via livsmedlet eller indirekt
via till exempel matförpackning-
en. Människor kan också expone-
ras för PFAS genom att använda
PFAS-behandlade varor eller
kemiska produkter som innehåll-
er PFAS, och genom att andas in
hushållsdamm. PFAS tas lätt upp
i kroppen, där halveringstiden
varierar från några dagar till flera
år för olika PFAS. Precis som för
djur så ansamlas de i högst halter
i levern och blodet men även i ex-
empelvis lungorna och njurarna.
PFAS-halter i blodet används där-
för ofta som ett mått på expone-
ringen. PFAS kan också överföras

FOTO: ISTOCKPHOTO





FIGUR 2. Halterna av perfluorerade ämnen i blodet på människor visar en uppåtgående trend för vissa PFAS, men en nedåtgående trend för

andra. Tidstrenden visar halten PFAS i nanogram (ng) per gram (g) blod från kvinnor i Uppsala 1996–2010. Källa: Glynn et al. (2012).

till fostret via moderkakan, och till spädbarn via bröstmjölk.

I Sverige har totalt 23 stycken PFAS mätts i människor och vilda djur. Tidstrendstudier på människor visar att halterna av vissa PFAS i blodet minskar, som PFOS och PFOA, medan halterna för andra ökar, som exempelvis PFBS och PFHxS (figur 2).

TIDIGARE STUDIER HAR VISAT MOTSTRIDIGA RESULTAT

Det vi vet om de skadliga effekterna av PFAS kommer framför allt från studier på försöksdjur. I vuxna

djur påverkar PFAS bland annat levern, sänker halterna av blodfetter och sköldkörtelhormon och påverkar immunförsvaret. PFAS gör också att nyfödda råttor och möss som exponerats under fosterlivet väger mindre vid födseln, har sämre chanser att överleva och växer sämre. Man vet idag inte hur PFAS utövar sin toxicitet, men de liknar fettsyror och påverkar system som hanterar dessa i kroppen vilket kan vara en bidragande orsak.

Studier i människor visar motstridiga resultat. I vissa fall har forskare sett ett samband

mellan ökande halter av perfluorerade ämnen i blodet och ökade halter av kolesterol och blodfetter. Ett fåtal studier av människor har också funnit samband mellan halterna av perfluorerade ämnen i blodet hos mödrar och lägre födelsevikt eller nedsatt immunförsvaret hos barnen. Men det finns också studier som inte kan visa några sådana samband.

NY RISKBEDÖMNING AV PFAS I SVERIGE

Få PFAS har tidigare bedömts när det gäller vilka risker för hälsan

och miljön de kan medföra. Riskbedömningar har bara gjorts för PFOS och PFOA, och det har därför funnits ett behov av att ta reda på mer om övriga PFAS. Utifrån detta behov så gjordes på uppdrag av Naturvårdsverket nyligen en miljö- och hälsoriskbedömning av PFAS i Sverige. Den baseras på svenska data för halterna av de 23 olika PFAS som uppmäts i människor, däggdjur, fågel och fisk. Målet är att bedöma vilka miljö- och hälsorisker dessa 23 PFAS medför, var för sig och i kombination. Miljö- och hälsoriskbedömningen är också den första att bedöma risken för ett stort antal PFAS tillsammans.

I hälsoriskbedömningen studerades två befolkningsgrupper – den allmänna befolkningen samt yrkesverksamma skidvallare som varit högexponerade för PFAS via speciella fluorerade vallor. I miljöriskbedömningen granskades djurslagen säl, utter, fågel och fisk. Bedömningen för människor, säl och utter fokuserade i första hand på toxiska effekter på levern i form av förstörade leverceller eller ökad levervikt, samt toxiska effekter på avkomman i form av minskad födelsevikt, viktökning och försämrad överlevnad. Bedömningen för fågel gällde effekter på avkomman, och bedömningen för fisk gällde ett antal olika toxiska effekter.

STUDIEN PEKAR PÅ LITEN RISK FÖR MÄNNISKOR

Resultatet av hälsoriskbedömningen visade inga risker för leverpåverkan eller minskad födelsevikt, viktökning eller försämrad överlevnad hos avkomman i allmänbefolkningen, vare sig för enskilda PFAS eller alla PFAS tillsammans. Men i en grupp människor som

ätit PFOS-kontaminerad fisk pekade bedömningen på en risk för leverpåverkan. För skidvallarna, som exponeras för PFAS i yrket, fanns en viss risk för leverpåverkan, både när det gällde enskilda PFAS och alla PFAS tillsammans, samt för avkomman när det gäller alla PFAS tillsammans.

Bedömningen pekade också på att det kan finnas risker för andra, mindre studerade effekter, som påverkan på immunsystemet och effekter på utvecklingen av bröstkörtlar. Bedömningen konstaterar också att dessa effekter behöver studeras ytterligare.

Miljöriskbedömningen identifierade risker för leverpåverkan och avkomman för säl och utter när det gäller enskilda PFAS och alla PFAS tillsammans. Miljöriskbedömningen pekade på risker för avkomman även för fåglar, där de högsta halterna i pilgrimsfalksägg översteg den halt där man i en djurstudie tidigare sett skadliga effekter. För fisk från havet och högexponerad sötvattensfisk pekar bedömningen inte på någon risk för skadliga effekter, även om dataunderlaget kan anses osäkert.

SAKNAS KUNSKAP OCH BRA DATAUNDERLAG

Eftersom många PFAS är mycket svåra att bryta ner, samlas i levande organismer och är giftiga så är det viktigt att kontrollera hur de används. Sedan 2008 är användningen av PFOS och ämnen som kan brytas ned till PFOS förbjuden i kemiska produkter och varor i EU. PFOS ingår sedan 2009 också i de två konventionerna om långlivade organiska miljöföroreningar – Stockholmskonventionen och LRTAP-konventionen.

Detta har medfört att det används mindre PFOS nu än tidi-

gare, även om PFOS fortfarande tillverkas. För att ersätta PFOS har flera producenter övergått till att tillverka andra perfluorerade eller polyfluorerade ämnen som har likartade egenskaper som PFOS, såsom fluortelomerer, eller kortare sulfonsyror än PFOS, som perfluorbutansulfonat, PFBS. Det finns idag inga restriktioner för några andra PFAS eller bindande gränsvärden för PFAS i Sverige eller i EU.

Den gjorda studien ger en fingervisning om riskerna för negativa effekter av PFAS. Men det behövs mer forskning, i synnerhet när det gäller eventuella effekter på människor, och för det toxikologiska dataunderlaget som för många PFAS är bristfälligt.

Daniel Borg
daniel.borg@ki.se
Karolinska institutet

REFERENSER

Borg D, Håkansson H (2012). *Environmental and Health Risk Assessment of Perfluoroalkylated and Polyfluoroalkylated Substances (PFASs) in Sweden*. Naturvårdsverkets rapport 6513. ISBN: 978-91-620-6513-3.

Buck RC, Franklin J, Berger U, Conder JM, Cousins IT, De Voogt P, Jensen AA, Kannan K, Mabury SA, Van Leeuwen SPJ (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification and origins. *Integrated Environ Assess Manag* 7(4):513–541.

Kemi rapport Nr 6/06. *Perfluorerade ämnen – användningen i Sverige*. ISSN: 0284-1185.

Lau C (2012). Perfluorinated compounds. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* Vol. 101, 47–86.



Inga ökade risker trots höga halter PCB och metaller i omgivningen

Utsläpp av metaller och PCB från mässingsbruket i Gusum har medfört att det finns relativt höga halter av dessa ämnen i marken, odlade grödor och fisk. Det går inte att statistiskt koppla de högre halterna av PCB och metaller till en ökad risk för cancer för Gusomborna. Men de boende är mer drabbade av vissa typer av cancer. Det behövs mer studier av hur exponeringen påverkar hälsan hos de som bor i kontaminerade områden.

I SVERIGE FINNS cirka 80 000 identifierade förorenade områden. Brukssamhället Gusum i Valdemarsviks kommun i Östergötland är ett av dem. Där har mässingstillverkning skett sedan 1650-talet. Utsläppen av metaller till luft och vatten har varit betydande.

Processvatten som innehållit metaller och PCB-haltig olja från bruket släpptes kontinuerligt ut till Gusumsån fram till mitten av 1970-talet. I början av 1970-talet skedde ett utsläpp av PCB till Gusumsån från en tank inom bruksområdet efter ett maskinhaveri. Ett par år senare togs prover på fisk från Gusumsån

och sjön Byngaren, efter larm från privatpersoner om stor fiskdöd. Då uppmättes mycket höga PCB-halter i fisken, cirka 500 gånger högre än bakgrundshalterna, och fiske förbjöds år 1973. Ån muddrades efter upptäckten och muddermassorna grävdes ner och övertäcktes ca 20 meter från ån. PCB har sedan dess fortsatt läcka ut i mindre mängder till ån. Fiskeförbudet upphävdes i samband med Livsmedelsverkets generella svartlistning av insjöar på grund av generellt höga kvicksilverhalter i insjöfisk.

Länsstyrelsen har också uppmätt mycket höga halter av

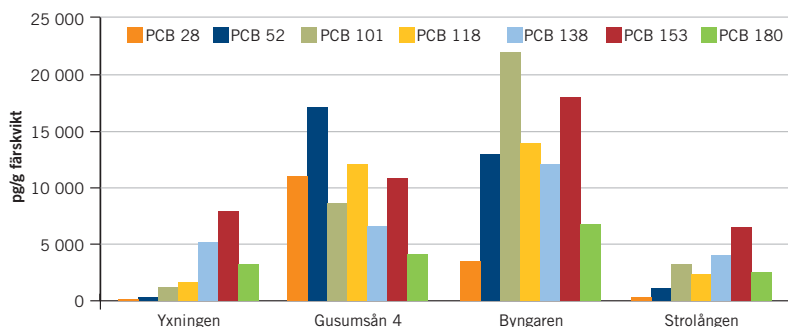
zink, koppar, bly och kadmium i mark, vatten, grönsaker, rotfrukter, bär och svamp under 1970-, 1980- och 1990-talen. År 1981 utfärdade Miljö- och hälsovårdsnämnden samt Livsmedelsverket lokala kostråd om att inte äta vegetabilier som har växt inom 3 km radie från mässingsbruket.

Trots att det finns höga halter föroreningar i området, och trots att frekvensen av hormonrelaterade cancerformer är högre i Gusum än i Sverige i stort, så går det inte att säga att föroreningarna är orsaken till cancerfallen. Underlaget är inte tillräckligt omfattande för det.

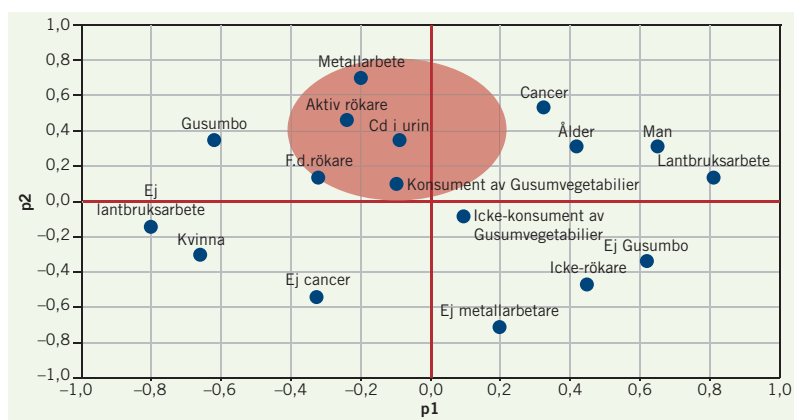
HALTERNA SJUNKER MEN ÄR FORTFARANDE HÖGA

År 2006 och 2010 gjordes en uppföljning av miljöföroreningar i vegetabilier och fisk. Resultaten visade fortsatt höga metall- respektive PCB-halter, men generellt lägre halter än tidigare. På vissa platser i området, inom 500 m från det gamla respektive det nya bruket uppmättes högre blykoncentrationer än det gällande gränsvärdet i lingon (0,2 mg/kg färskvikt) och svamp (0,3 mg/kg färskvikt). Svampen hade även 11 gånger högre värden för kadmium än gränsvärdet (0,2 mg/kg). Generellt uppmättes högre koppar- och zinkkoncentrationer i vegetabilier från Gusumområdet, jämfört med vegetabilier från okontaminerade områden.

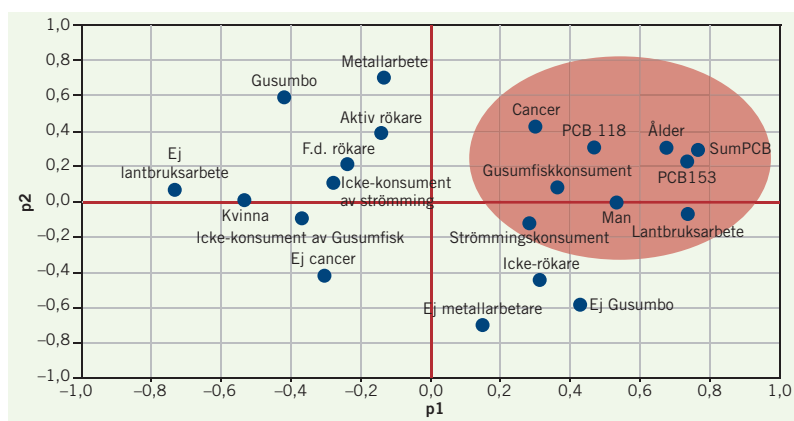
De uppföljande analyserna från år 2006 och 2010 av PCB i abborre och gädda visade att halterna har minskat i fisken, men att fisk fångad i Gusumsån och i Byngaren fortfarande är påverkad av det tidigare utsläppet. PCB-halten i abborre och gädda var 7–13 gånger högre än PCB-halten



FIGUR 1. Olika PCB-varianter funna i abborre fångad i sjösystemet i Gusumområdet och gös fångad i Strolången år 2010. Mätningarna visar att fisk fångad i Gusumsån och i Byngaren fortfarande är kraftigt påverkad av det tidigare utsläppet. Fångstplatserna i Gusumsån, Byngaren och Strolången ligger nedströms PCB-utsläppet år 1972.



FIGUR 2. Analys av sambanden mellan konsumtion av vegetabilier från Gusum/Ringarums församling och uppmätta halter av kadmium i urin, samt variablerna ålder, kön, rökvanor, metallarbete, lantbruksarbete och boende i Gusum. Avståndet mellan de olika punkterna i diagrammet avgör hur starkt sambandet är. Kadmium (Cd) i urin har starkast samband med att vara aktiv rökare, därefter att vara konsument av vegetabilier från Gusum, metallarbetare och att vara före detta rökare.



FIGUR 3. Analys av sambanden mellan konsumtion av fisk från Gusum/Ringarums församling (abborre, gädda, gös), konsumtion av strömming, uppmätta halter av PCB i blodplasma samt variablerna ålder, kön, rökvanor, metallarbete, lantbruksarbete och boende i Gusum. Avståndet mellan de olika punkterna i diagrammet avgör hur starkt sambandet är. PCB har starkast samband med ålder, att vara konsument av fisk från Gusum och av strömming, att vara man, lantbruksarbetare och att ha fått en cancerdiagnos.

i samma sorts fisk från okontaminerade områden. Både låg- och högklorerade PCB-kongener uppmättes i abborre och gädda från Gusumsån och dess avrinningsområde, särskilt kongenerna PCB 28, 52, 118, 101 och 153 (se figur 1).

BEFOLKNINGEN I GUSUM UNDERSÖKTES

Att äta grönsaker, frukt, bär, svamp och fisk från ett förorenat samhälle skulle kunna innebära ökad exponering för miljögifter jämfört med att inte äta sådana livsmedel. Vid långvarig hög exponering för miljögifter ökar också risken för hälsoeffekter. Risken för hälsoeffekter beror på vilka miljöföroreningar man exponeras för, hur mycket man får i sig av de olika ämnena och hur känslig man är som individ. Eftersom vi har tillgång till historiska mätdata och uppföljande analyser utgör Gusum en bra grund för studier av exponeringssituationen för en befolkning i ett förorenat område.

Under åren 2003–2005 genomfördes en epidemiologisk fall-kontrollstudie i Gusums/Ringarums församling. Studien visade att de som rapporterat att de ätit lokalt fångad abborre, gös eller gädda oftare hade cancer. Både män och kvinnor hade oftare lymfom och kvinnor hade också oftare bröstcancer. Studien kunde däremot inte upptäcka några förhöjda risker för cancer hos de som rapporterat att de ätit fisk, vegetabilier och svamp från områden utanför det kontaminerade området.

Den starkaste riskfaktorn för cancer totalt hos kvinnor var hög konsumtion av lokalt fångad fisk och hos män att ha bott i det kontaminerade området de första 5 åren i livet. I gruppen kvinnor

som bott i området före 5 års ålder förekom fler som rapporterade för tidigt födda barn.

Efter fall-kontrollstudien togs prover på befolkningen för att undersöka om det gick att visa att de hade exponerats för föroreningar i området via den lokala födan. Den rapporterade konsumtionen av lokala livsmedel har utvärderats i relation till uppmätta halter av metaller, PCB och bekämpningsmedel i blod, urin och hår.

Både personer med cancerdiagnos och kontrollpersoner som var med i den tidigare fall-kontrollstudien fick möjlighet att lämna blod, urin och hår för att analysera PCB, bekämpningsmedel, bly, kadmium och kvicksilver. De fick också besvara en enkät om konsumtion av livsmedel, livsstil och exponeringsfaktorer. Kontrollpersonerna var både högkonsumenter, lågkonsumenter och icke-konsumenter av lokala livsmedel.

VISSA SAMBAND TYDLIGA

Det visade sig att det finns samband mellan kadmiumhalten i urin och att vara aktiv rökare, konsumtion av svamp och vegetabilier från Gusum/Ringarums församling, hög ålder, metallarbete, att ha bott i Gusum i 5 år eller mer samt att ha fått en cancerdiagnos (se figur 2). Blyhalten i blod samvarierade med den rapporterade konsumtionen av viltkött. Halten kvicksilver i hår samvarierade med konsumtion av fisk, både fisk från Gusum och annan fisk. Halterna PCB samvarierade med hög ålder, konsumtion av fisk från Gusum och strömming från Östersjön, lantbruksarbete och cancerdiagnos (figur 3). Halter av bekämpningsmedel samvarierade med lantbruksarbete.

Generellt hade män högre halt av PCB och bekämpningsmedlet transnonaklordan i plasma än kvinnor. Personer med cancer hade högre halt av PCB och bekämpningsmedlet HCB i plasma än kontrollpersonerna. Metallhalterna i blod och urin skilde sig inte mellan män och kvinnor eller mellan personer med cancer och kontrollpersoner.

MER OMFATTANDE STUDIER BEHÖVS

Resultaten tyder på att personer som äter svamp och vegetabilier från Gusumområdet också har högre halter av kadmium i urin, och att personer som äter fisk från Gusumområdet har högre halter av PCB i plasma och metylkvicksilver i hår. Dessutom spelar faktorer som kön, ålder, rökning och yrke stor roll för de uppmätta halterna.

Det går däremot inte säga att personer som ätit föda från Gusum har högre halter av bekämpningsmedel eller kvicksilver i plasma eller hår. Istället är det användning av bekämpningsmedel samt att ha arbetat inom lantbruk som ökar exponeringen för bekämpningsmedel. Konsumtion av fisk generellt, och inte enbart från Gusum, ökar kvicksilverexponeringen. De uppmätta halterna av miljöföroreningar i blod, urin och hår varierade också mycket mellan studiedeltagarna, men låg i nivå med vad som uppmätts hos andra grupper av befolkningen i samma åldersintervall.

Det går inte att utifrån studien säga något säkert om orsaken till den förhöjda andelen cancerfall i Gusum. Det beror dels på att provtagningen har utförts långt efter det att personerna har fått sin cancerdiagnos, dels på att orsaker-

na till cancer oftast är många och till stor del okända. Osäkerheten i analysen ökar också på grund av att det ingår relativt få personer i undersökningen. Därför planerar vi att fortsätta studera exponering och hälsorisker hos befolkningen i kontaminerade områden.

Ingela Helmfrid

ingela.helmfrid@liu.se
Universitetssjukhuset i Linköping

Gun Wingren

gun.wingren@liu.se
Linköpings universitet

Marika Berglund

marika.berglund@ki.se
Karolinska institutet

REFERENSER

EC, C.R. (2006). Commission regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Replaces Council Regulation 2375/2001 of 29 November 2001 amending Commission Regulation (EC) No 466/2001.

Helmfrid I, Hällsten A-L, Ståhlbom B, Hellström L (2007). Miljömedicinsk riskbedömning med avseende på konsumtion av analyserade vegetabilier, fisk och kräfter från Gusum. Yrkes- och miljömedicinskt centrum. Linköping.

Helmfrid I, Berglund M, Löfman O, Wingren G (2012). Health effects and exposure to polychlorinated biphenyls (PCB) and metals in a contaminated community. *Environment International* 44:53–58.

Naturvårdsverket (2012). *Efterbehandlingsåret 2011 – Lägesbeskrivning av arbetet med att avhjälpa sådana föroreningsskador som avses i 10 kapitlet miljöbalken*. Skrivelse 2012-04-13, Årenden: NV-01257-12.

Nyberg I, Hällsten A-L, Graff P, Helmfrid I (2012). *Uppföljning av miljömedicinsk riskbedömning med avseende på konsumtion av analyserade vegetabilier, fisk och kräfter från Gusum*. Arbets- och miljömedicin, Linköping.



Biocider i vardagsprodukter sprids till miljön

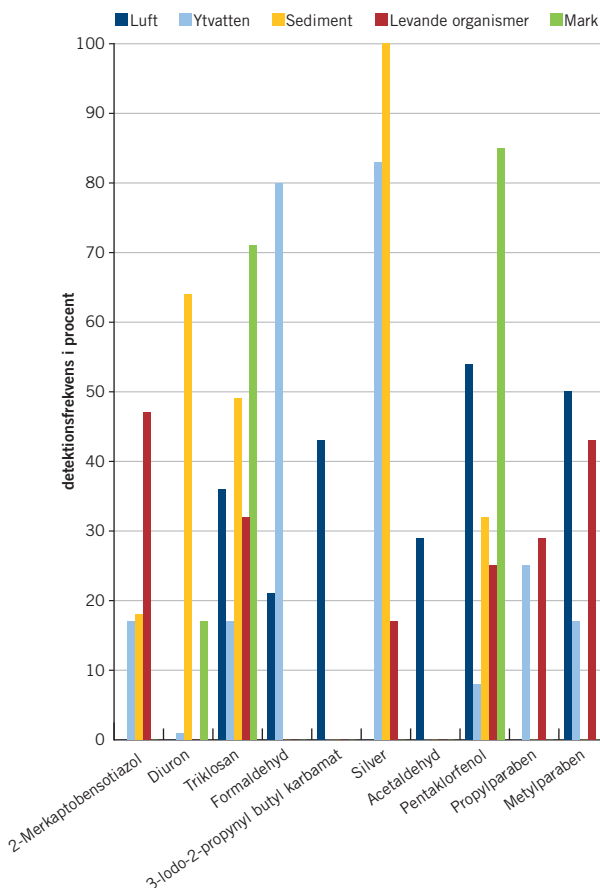
Miljöövervakningen visar att miljön konstant tillförs ett stort antal kemikalier som används för sina biologiska effekter. Men hur dessa effekter samverkar när de kommer ut i miljön och hur de påverkar människa och natur vet vi inte mycket om.

BIOCIDER ÄR KEMIKALIER som används för att bekämpa skadliga biologiska organismer. Det gäller organismer som försämrar människors hälsa eller skadar egendom. Biocider betecknas ofta

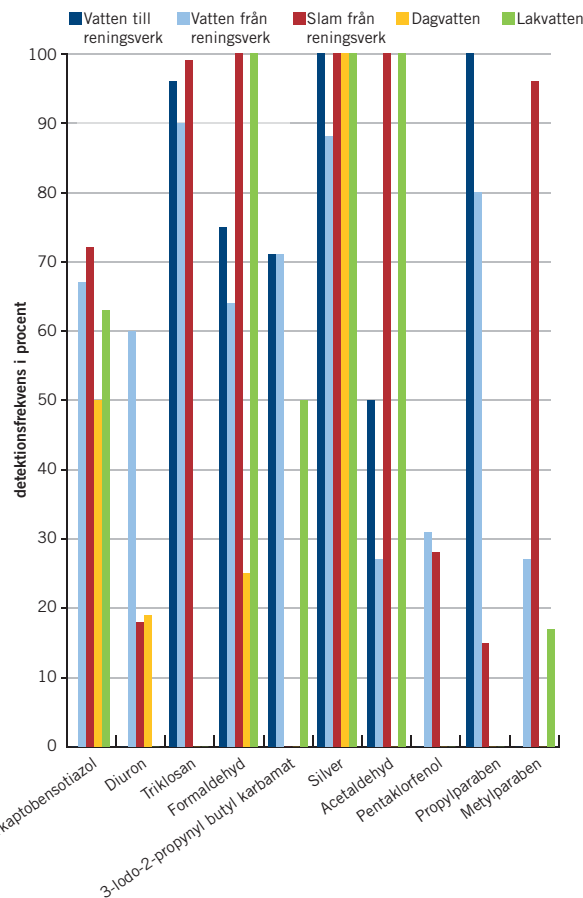
med ett prefix som anger typen av organism som medlet är verksamt mot, till exempel svampdödande fungicider, insektsbekämpande insekticider och antibakteriella baktericider.

Biocider ingår i ett stort antal produkter och återfinns allt oftare i olika konsumentvaror. Därmed kan de spridas till miljön genom utsläpp via avloppsreningsverk.

I syfte att kartlägga biociderna och deras spridningsvägar i den svenska miljön har ett stort antal screeningundersökningar genomförts inom ramen för miljöövervakningen. Under åren 2000–2011 har cirka 50 olika biocider figurerat i screeningprogrammen. Läkemedel kan också innehålla antibakteriella kemikalier, men de ingår inte i denna sammanställning.



FIGUR 1. Biocider återfinns i princip i alla delar av vår miljö. Hur de fördelas beror på vilka egenskaper de har och hur de sprids till miljön.
Källa: www.ivl.se.



FIGUR 2. Biocider ingår i ett stort antal produkter och återfinns allt oftare i olika konsumentvaror. Därifrån sprids de spridas till miljön exempelvis via avloppsreningsverk.
Källa: www.ivl.se.

GENOM LUFT OCH VATTEN

Vanligt förekommande biocider är exempelvis silver och 2-merkaptobenzotiazol, som hittats i drygt 100 prover, samt triklosan som hittats i runt 200 av de undersökta proverna.

Biociderna hittas i olika miljöer, exempelvis luft, vatten och sediment. Hur de fördelas beror på vilka egenskaper de har och hur de sprids till miljön. Ett exempel är formaldehyd, som används inom färg-, medicin-, foto-, lim-, garveri- och textilindustrin. Vid rumstemperatur är formaldehyd en gas som sprids lätt via luften. Ett annat exempel är 2-merkaptobenzotiazol,

som tillsätts för att hämma nedbrytning av olika produkter. Andra biocider som triklosan och silver är vattenlösliga, och sprids lättare via vatten. Figur 1 visar de tio biocider som har hittats mest frekvent i olika miljöer i de screeningundersökningar som genomförts. Figur 2 visar hur ofta biociderna hittats i olika matriser som representerar olika möjliga spridningsvägar till miljön.

AVLOPP SPRIDER BIOCIDER

Vanligen sprids biociderna via avloppsreningsverkens utgående vatten och slam. Flera av biociderna har hittats i samtliga prover från reningsverken som ingått

i dessa screeningstudier. Andra spridningsvägar som övervakningen har identifierat för de flesta biociderna är dagvatten och lakvatten från deponier.

Eva Brorström-Lundén
eva.bl@ivl.se

Lennart Kaj
lennart.kaj@ivl.se

Katarina Hansson
katarina.hansson@ivl.se
IVL Svenska Miljöinstitutet

REFERENSER

Mer information om screeningdata finns på:
dvss.ivl.se/registersida.aspx



Bra rening av lakvatten, men vissa problemämnen når naturen

Vi deponerar allt mindre avfall. Reningen av lakvattnet från deponier blir också allt bättre. Men fortfarande är avfallet på våra deponier en källa till ämnen som kan ställa till problem. Kvaliteten på reningen varierar ganska mycket, och det finns många deponier där lakvattnet inte renas alls.

FÖRR SLÄNGDES ALLT möjligt avfall på soptippen. Det var platser som ansågs vara ”värdelösa” som blev soptippar, exempelvis mangelgravar, lertäkter, låglänta områden vid floder och hav, samt grustäkter. Vi vet inte exakt hur många gamla soptippar det finns i Sverige, men det finns troligen minst fem till tio stycken i varje kommun. Många placeringar har med tiden visat sig vara olämpliga, eftersom de inte ger tillräckligt skydd för grund- eller ytvatten eller riskerar att bli översvämmade.

Dagens soptippar, deponierna, skiljer sig på många sätt från de gamla. Antalet aktiva deponier har stadigt gått ned, liksom mängden avfall som deponeras. Det beror framförallt på att de så kallade EU-deponeringsdirektiven införlivades i svensk lag 2001. Tillsammans med att det infördes en skatt på deponerat avfall och ett förbud för att deponera brännbart och organiskt avfall, så styrs avfallet sedan 2000-talet till återvinning och förbränning där man utnyttjar energin i soporna. Vi deponerar nu mindre än en procent av vårt hushållsavfall på ett sjuttiofem deponier, men de flesta andra länder i världen deponerar fortfarande större delen av sitt avfall. Det gäller bland annat många medlemsländer i EU.

Fortfarande går en liten del avfall inte att återvinna, eller skulle kräva för stora insatser av material och energi för att återvinna. Vi deponerar det istället. Deponin är i regel en typ av miljöfarlig verksamhet som kräver ett tillstånd från länsstyrelsen eller mark- och miljödomstolen.

NATIONELL STUDIE MÄTTE MER ÄN 600 ÄMNEN

Med tillståndet för en deponi följer villkor för utsläpp. Ett sådant utsläpp uppstår när regn eller smältvatten, ibland även grundvatten, kommer i kontakt med avfallet på deponin och bildar lakvatten. Kontakten med avfallet gör att ämnen som förekommer i avfallet övergår till lakvattnet. Lakvatten kan därför innehålla kväve och fosfor som kan orsaka övergödning i vattendrag. Det kan innehålla lättlösliga salter som klorider och fluorider, och sulfater. Det kan även innehålla metaller som framförallt järn och mangan, men även tungmetaller som koppar, bly och krom, samt en

stor mängd olika organiska ämnen.

Vi vet ganska mycket om effekter av kväve, fosfor, salter och metaller. Men vi vet betydligt mindre om de organiska ämnena och vilka effekter de kan ha i naturen. I en litteratursammanställning om vilka organiska ämnen man hittar i lakvatten från deponier som Naturvårdsverket finansierat konstaterades att över 900 olika organiska ämnen hade uppmätts i lakvatten i undersökningar utförda över hela världen 2000–2009. Många av dessa ämnen är potentiellt miljöstörande, eftersom de ofta har potentiella PBT-egenskaper, det vill säga att de kan vara persistenta, bioackumulerbara eller toxiska – stannar kvar i miljön en längre tid, anrikas i levande organismer, eller är giftiga.

På uppdrag av Naturvårdsverket genomfördes en nationell studie om lakvatten från deponier som förutsättningslöst skulle leta efter så många organiska ämnen som möjligt med en enda analysteknik. Syftena med studien var bland annat att underlätta övervakningen av gamla och nya deponier i framtiden, och i längden även kunna effektivisera lakvattenbehandlingen när det gäller organiska ämnen.

Projektet bestod av två delar: En initial så kallad ”screening” som skulle kunna upptäcka så många ämnen som möjligt med en och samma analysteknik. I denna del uppmättes över 600 olika ämnen i lakvatten från 6 deponier. I den andra delen mättes med förfinade metoder ytterligare en gång 140 av de ämnen som bedömdes vara mest relevanta baserat på koncentrationer och PBT-egenskaper. Dessutom analyserades ytterligare ca 160 ämnen som antingen är ”närbesläktade”

med de 140, som litteraturstudien visade kan vara relevanta, eller identifierades som relevanta i första delen fastän halterna var mycket låga. Totalt ingick 17 olika deponilakvatten i del 2. Vid 5 av dessa spårades också ämnena hela vägen ut i recipienterna som tog emot lakvattnet.

RANGORDNADE SUBSTANSERNA UR MILJÖSYNPUNKT

Ett av syften med studien var att hitta de ur miljösynpunkt mest relevanta ämnena. Därför rangordnades alla ämnen baserat på följande kriterier:

1. PBT-egenskaper
2. ämnens halter i utgående lakvatten från varje deponi
3. jämförelse i recipienten mellan halter i sediment, vatten och levande organismer uppströms och nedströms från deponin.

De 20 ämnena med högsta halter för varje deponi fick 20 poäng, näst högsta 19 och så vidare. Ett ämne kunde maximalt få 360 poäng. De tre som fick högst poäng var DEHP, heptakosan och tris (3-kloropropyl) fosfat. Tabell 1 visar de 24 ämnena som hamnar högst på den sammanlagda rangordningen.

MÅNGA ÄMNEN KONTROLLERAS INTE

Vid aktiva deponier samlas lakvattnet in och behandlas. Behandlingen kan se olika ut beroende på deponins storlek, om den tar emot farligt eller icke-farligt avfall, om den ligger vid en liten eller en stor recipient samt recipientens övriga belastning och kemiska och ekologiska status.

Många som driver en deponi har villkor för mängder och halter av vissa ämnen som de får släppa ut till recipienten. Dessa villkor

Deponi	Lakvattenbehandling	Tekniknivå	Reningsgrad median	Antal ämnen från deponin	Antal som renas > 90 %	Antal som renas > 70 %	Antal som renas < 50 %
1	Utjämning + luftning	Låg	0,67	181	55	85	71
2	Utjämning (begränsad luftning), våtmark	Låg	0,19	151	18	33	97
3	Utjämning, aktivslam med nitr- och denitrifikation, mark-växsystem	Relativt Hög	0,85	175	67	102	49
4	Utjämning och luftning, kolkälla, SBR, sandfilter	Hög	0,91	167	83	105	47
5	Utjämning, luftning och sedimentering, kolkälla och pH-justering, SBR, fällnings-kemikalie och sandfilter	Mycket hög	0,93	181	98	119	48

TABELL 1. De olika deponierna i undersökningen använde sig av olika reningstekniker, som kan delas in i olika tekniknivåer. De mer kvalificerade reningsteknikerna renade också bättre.

Tabellen visar också hur många organiska ämnen som renas mycket bra (90 %), bra (70 %) och mindre bra (< 50 %) för varje deponi. Ju högre tekniknivå på reningen är desto fler ämnen renas bra.

gäller oftast ämnena som vi pratat om tidigare: kväve, organiskt material (BOD eller TOC), ofta metaller som arsenik, kadmium, koppar, bly, krom, nickel och zink, och ibland cyanid eller oljeindex, vilket är ett mått på ett antal petroleumprodukter. Deponier saknar idag villkor för de flesta organiska ämnen som identifierades i ovan nämnda studier. Det finns dessutom bara miljökvalitetsnormer för ett fåtal av dessa ämnen.

MÄTNINGAR AV LAKVATNETS TOXICITET

Som en del av studien utvärderades reningseffektiviteten för olika lakvattenbehandlingsanläggningar. Vissa ämnen renas väl eller mycket väl, men även ämnen som vid mätillfället renades väl eller mycket väl kan ändå vara potentiellt problematiska ur miljösynpunkt (figur 2). Ett exempel är 5H-1-pyridin som är ett smakämne och en livsmedelstillsats. Ämnet har visat sig kunna ansamlas i levande organismer, och dyker upp i förhöjda halter i två prover av ytvatten och två prover på levande organismer från recipienter, trots en hög reningsgrad. Orsaken kan vara en hög belastning på reningsanlägg-

ningen eller att reningseffektiviteten varierar.

För att undersöka om rening av lakvatten minskar toxiciteten undersöktes lakvattnets toxicitet före och efter rening med olika metoder. Generellt så minskade toxiciteten tydligt eller mycket tydligt (figur 2).

En viktig men otillräckligt undersökt aspekt av exponeringen för miljöfarliga ämnen är den totala effekten av alla ämnen – kombinationseffekten – som människor eller andra organismer utsätts för. Det kan finnas en toxisk kombinationseffekt även om de enskilda ämnena har så låga koncentrationer att de på egen hand inte anses vara farliga. I projektet undersöktes möjliga kombinationseffekter genom att mäta dioxinlika effekter på olika fraktioner av lakvattnet. Mätningarna visade tydlig samverkan mellan ämnen med dioxinlika effekter (figur 3).

AVANCERAD RENING GER BÄTTRE RESULTAT

Behandlingsteknikerna som de undersökta deponierna använder skiljer sig åt när det gäller hur avancerade reningsmetoderna är.

Deponierna med de högsta två tekniknivåerna använder sig av flera reningssteg, och som huvudsteg har de en så kallad Satsvis Biologisk Rening, SBR. Dessa steg är i första hand avsedda för att rena kväve och organiskt material som är relativt lätt att bryta ner av mikroorganismer, men verkar även rena en del icke önskvärda organiska ämnen. De deponier som hade de mest avancerade reningsmetoderna renade också fler ämnen i högre grad (tabell 1).

Deponiprocesser och vattnets vägar genom deponin ändras över tiden. Det betyder att halterna av organiska ämnen som lämnar en deponi också varierar över tiden. Dessa variationer skiljer sig dessutom mellan olika ämnen. Vi måste ta reda på mer om hur detta sker, och hur vi kan förbättra reningsprocesserna så att påverkan på recipienten minimeras på ett effektivt sätt. Fokus bör vara på ämnen som rangordnats som viktiga när det gäller effekter på recipienten.

ORENAT LAKVATTEN SÄRSKILT PROBLEM

Förutom deponier med en egen lakvattenrening finns två andra

grupper av deponier vars lakvatten kan påverka miljön. Den ena gruppen är deponier som skickar sitt lakvatten till ett kommunalt avloppsreningsverk, dit även vårt avloppsvatten från toaletter och duschar skickas. Vissa organiska ämnen kan eventuellt motstå avloppsreningsverkens reningsprocesser. Vi skulle därför behöva undersöka om detta påverkar kvaliteten på slammet från reningsverken. Slammet innehåller fosfor, som är värdefullt för jordbruket, vilket gör det viktigt att veta vad som påverkar kvaliteten på slammet.

Den andra gruppen deponier utan egen lakvattenrening vars lakvatten kan påverka miljön är gamla deponier. I ovan nämnda studie ingick från början även två gamla deponier, och deras lakvatten innehöll ett stort antal av de problematiska ämnen som återfanns i lakvatten från nya deponier. Många oönskade ämnen kan potentiellt spridas till grund- eller ytvatten från dessa deponier eftersom lakvattnet ofta inte renas. Även här skulle vi behöva veta mer, och fastställa i vilka fall organiska ämnen i lakvatten från gamla deponier kan utgöra en risk för människors hälsa och för miljön. Då kan vi vidta åtgärder om det behövs.

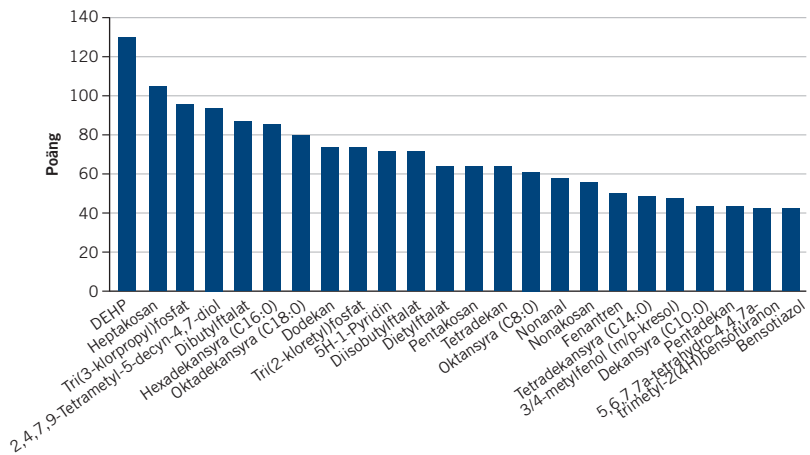
Martijn van Praagh
martijn.van.praagh@sweco.se

Niklas Törneman
niklas.torneman@sweco.se

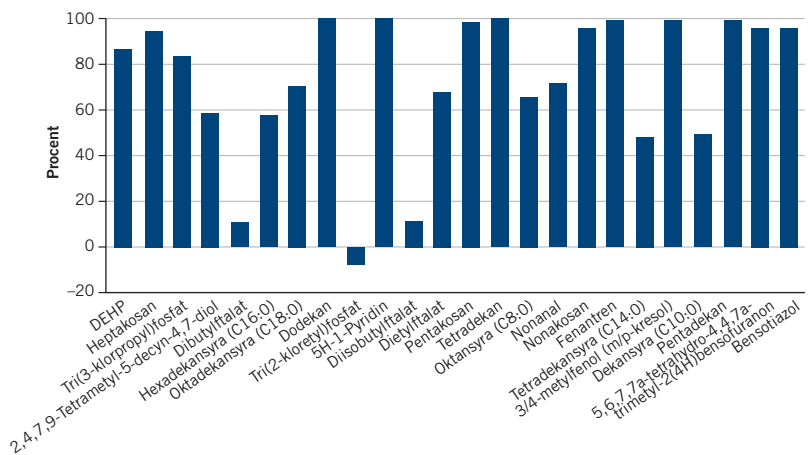
Sweco

REFERENSER

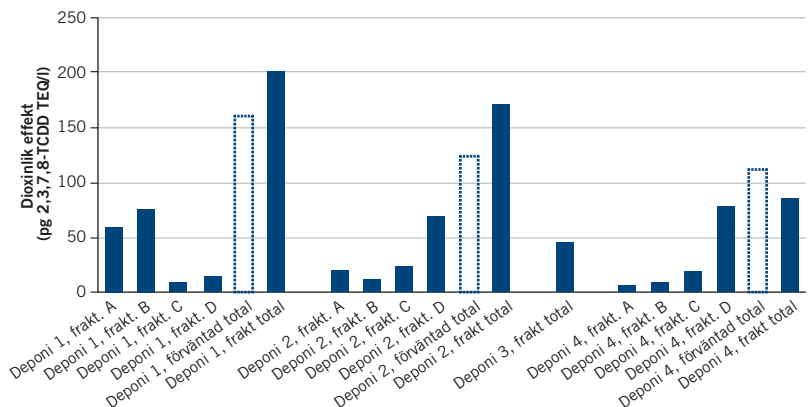
van Praagh, M (2011). Nya organiska ämnen i lakvatten – en litteraturstudie och riskbedömning. Naturvårdsverket.



FIGUR 1. Figuren visar de 24 ämnen som hamnade högst på den sammanslagna rangordningen. Ämnena rangordnades efter hur relevanta de sammantaget bedömdes vara ur miljösynpunkt.



FIGUR 2. Figuren visar hur mycket ämnena renades vid den 90:e percentilen. Den 90:e percentilen innebär att vid 10 procent av anläggningar renades lakvattnet bättre än det i figuren angivna värdet.



FIGUR 3. Undersökningen visar tydligt på samverkans effekter för ämnen med dioxinlika effekter. Om det finns samverkans effekter ska den uppmätta sammanlagda toxiciteten för de olika fraktionerna (frakt tot), vara lika med den summerade toxiciteten för de olika fraktionerna (förväntad total). Som figuren visar är den summerade toxiciteten ungefär lika hög som den uppmätta totaltoxiciteten.

Mätningar i de olika programområdena

Programområde	Luft	Vatten	Levande organismer	Icke-levande material	Människa
Luft	✖			✖	
Hav		✖	✖	✖	
Sötvatten		✖	✖		
Skog			✖		
Fjäll			✖		
Jordbruksmark		✖	✖	✖	
Hälsorelaterad miljöövervakning	✖				✖
Miljögiftssamordning	✖	✖	✖	✖	✖

Tabellen visar vilka delar av miljön de olika programområdena gör mätningar i.

MÄTNINGAR I VATTENMILJÖ

Den nationella miljögiftsövervakningen mäter metaller och miljögifter i ytvatten, grundvatten, sediment och biologiskt material, till exempel i fisk och blåmussla.

Dessutom följer övervakningen olika långsiktiga effekter av miljögifter. Det gäller till exempel förändringar av bestånd och hälsotillstånd hos toppkonsumenterna säl och havsörn.

Miljöövervakningen genomförs inom programområdena

Sötvatten, Kust och Hav samt Jordbruksmark. Inom programområdet Jordbruksmark mäts dessutom bekämpningsmedel som används i jordbruket främst i ytvatten men även i grundvatten och sediment i fyra områden.

KONTAKTPERSONER:

Karl Lilja
karl.lilja@naturvardsverket.se

Tove Lundeberg
tove.lundeberg@naturvardsverket.se

Anna Hellström
anna.hellstrom@naturvardsverket.se

MÄTNINGAR I SKOG, FJÄLL OCH JORDBRUK

Programområdena Skog, Fjäll och Jordbruksmark samlar idag in älg, ren och stare som sparas i provbanken för framtida analyser av organiska miljögifter och metaller. Proverna samlas in i ett eller flera områden i Sverige. Men sedan 2008 har proverna inte analyserats löpande. De senaste åren har programområdena gjort analyser i efterhand av insamlat material och analyserat nya material som sork, dagmask och lodjur i olika pilotprojekt.

KONTAKTPERSON:

Anna Hellström
anna.hellstrom@naturvardsverket.se

MÄTNINGAR I LUFT

Programområde Luft följer halterna av organiska miljögifter, metaller och bekämpningsmedel i luft och nederbörd. Området kartlägger dessutom halterna av metaller i mossor.

Halterna av organiska miljögifter, bekämpningsmedel och metaller i luft och nederbörd ger en uppfattning om i vilken omfattning dessa ämnen transporteras till Sverige genom luften. Karteringen av mossor ger en rikstäckande bild av hur vissa metaller sprids till miljön.

KONTAKTPERSON:

Niklas Ricklund
niklas.ricklund@naturvardsverket.se

MÄTNINGAR I MÄNNISKA

Den nationella miljöövervakningen mäter i vilken omfattning människor exponeras för olika typer av miljöföroreningar som kan påverka hälsan. Halterna mäts

MILJÖPROVBANKEN BEVARAR PROVERNA

Miljöprovbanken inom miljöövervakningsprogrammet är belägen vid Naturhistoriska riksmuseet (NRM) i Stockholm. Samlingarna i miljöprovbanken omfattar både prover från växter och djur (biotiska prover) och prover från exempelvis luft, vatten, inlandsis, filter, jord och sediment (abiotiska prover).

En miljöprovbanks kan definieras som en vetenskaplig institution med resurser för att samla in, tillvarata och bevara prover från miljön. Dessa prover är avsedda för miljöforskning och miljöövervakning.

Det ursprungliga målet för miljöprovbanken var att tillgodose forskning och övervakning med material för att studera koncentrationer av miljögifter i växt- och djurvävnader. Nu vill övervakningen även ha material för bakåtblickande studier för att beskriva tillstånd och förändringar i miljön.

Arbetet genomförs inom programområdet Miljögiftssamordning, delprogram Miljöprovbanks.

KONTAKTPERSON:

Jan Christiansson
jan.christiansson@naturvardsverket.se



med vissa tidsintervall för att se hur exponeringen ändras över tid.

Beroende på vilka ämnen det gäller genomförs mätningar i modersmjölk, blod, serum, urin eller hår. Prover samlas in på en plats eller på flera platser enligt ett rullande schema. I vissa fall genomförs övervakningen en kampanj där ett större antal prover samlas samtidigt i en region eller i flera regioner.

Det mesta av arbetet görs inom programområdet Hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI). Vissa kortare inventeringar görs inom delprogrammet Screening inom programområdet Miljögiftssamordning.

KONTAKTPERSON:

Britta Hedlund
britta.hedlund@naturvardsverket.se

SCREENING

Screening används för att avgöra om ett särskilt ämne ska ingå i löpande tidsserieövervakning eller om andra åtgärder för att begränsa riskerna med ämnet behöver vidtas.

Screeningen kan också leda till beslut om åtgärder för att minska

eller förbjuda användningen av ett visst ämne.

Screeningundersökningar är översiktliga inventeringar av ett ämne vid ett tillfälle. Upprepas inventeringen blir screeningen istället per definition "övervakning". Screening är ett första led i att identifiera de kemiska ämnen som kan medföra hälso- och miljöproblem.

Ett screeningprogram kan vara uppbyggt enligt olika principer:

- Undersökningar av organiska miljögifter i representativa områden för att täcka in så många

grupper av ämnen som möjligt. Målet är att få en bild av den totala föroreningssituationen i området och vilka ämnen som kan behöva studeras ytterligare.

- En annan möjlighet är att särskilt studera något ämne eller någon grupp av ämnen i taget.

Arbetet görs inom programområdet Miljögiftssamordning, delprogram Screening.

KONTAKTPERSON:

Jan Christiansson
jan.christiansson@naturvardsverket.se

LÄS MER OM MILJÖÖVERVAKNINGENS RESULTAT

Havet 2012 – om miljötilståndet i svenska havsområden.
Beställs via
www.havsmiljoinstitutet.se

Hälsorelaterad miljöövervakning – årsrapport 2011.
Kan beställas och laddas ner via
www.naturvardsverket.se

Luften i Sverige 2009.
Kan beställas och laddas ner via
www.naturvardsverket.se

Vilka halter av miljöfarliga ämnen hittar vi i miljön? Resultat från miljöövervakningens screeningprogram 2008–2011
Kan beställas och laddas ner via
www.naturvardsverket.se

Resultat från miljöövervakningen av bekämpningsmedel (växtskyddsmedel). Årssammanställning 2011.
Kan laddas ner via
www.naturvardsverket.se



FOTO: ISTOCKPHOTO

Mindre gifter i miljön – viktigt för många miljökvalitetsmål

SVERIGE HAR IDAG inga förutsättningar att nå de flesta av de uppsatta miljökvalitetsmålen inom utsatt tid. Det gäller även för miljökvalitetsmålet *Giftfri miljö*.

Det finns däremot en positiv utveckling och halterna av vissa välkända miljögifter minskar. Men problem med ämnen som är svåra att bryta ned kvarstår. Det finns också ett mycket stort antal kemiska ämnen i omlopp och det tillkommer ständigt nya. Produktionen av kemiska ämnen fortsätter att öka liksom importen av varor. Dessutom brister ofta kunskaperna om ämnens hälso- och miljöfarliga egenskaper och om vilka risker ämnena utsätter oss för. Det gäller till exempel nya

ämnen som ersätter förbjudna ämnen, men det finns även brister i kunskapen om gamla ämnen. Styrmedel som lagar och konventioner samt åtgärder utvecklas också positivt men ytterligare åtgärder och nya styrmedel behövs.

Miljögifter berör fler miljömål än *Giftfri miljö*. Vattnets kvalitet och kemiska status ingår i miljökvalitetsmålen *Grundvatten av god kvalitet*, *Levande sjöar och vattendrag*, och *Hav i balans* samt *Levande kust och skärgård*. Luftföroreningar ingår i miljökvalitetsmålet *Frisk luft*. Användning av jordbrukskemikalier kan påverka *Ett rikt odlingslandskap*. Målet *God bebyggd miljö* betonar att människorna inte ska utsät-

GIFTFRI MILJÖ

Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrunds nivåerna.

– Riksdagens definition av miljökvalitetsmålet

tas för skadliga ämnen och att avfallshanteringen ska minimera påverkan på och risker för miljön och människors hälsa.

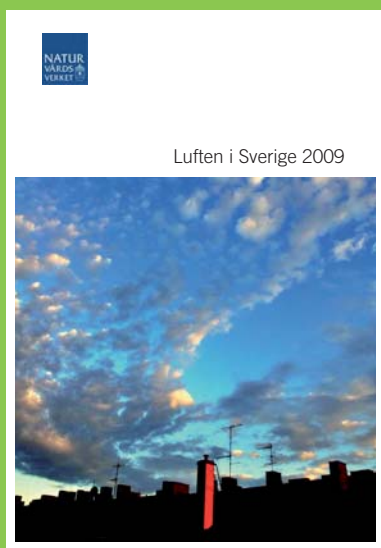
Andra årsrapporter från Miljöövervakningen



Rapporten ges ut av Naturvårdsverket. Nästa rapport planeras utkomma våren 2014.



Rapporten ges ut av Havs- och vattenmyndigheten. Nästa rapport planeras utkomma våren 2014.



Rapporten ges ut av Naturvårdsverket, tidigare under namnet Luften i Sverige. Eventuellt kommer en ny skriftlig rapport 2014. För 2013 planeras en digital presentation.



Rapporten ges ut av Havs- och vattenmyndigheten. Nästa rapport planeras utkomma 2013.

Resultaten från den svenska miljöövervakningen behövs för att kunna beskriva tillståndet, upptäcka förändringar och bedöma hotbilder i miljön. Resultaten från de systematiska undersökningarna ligger också till grund för beslut om åtgärder. Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten samordnar och driver det nationella miljöövervakningsprogrammet.

naturvardsverket.se/publikationer

GIFTER & MILJÖ

2013



MILJÖÖVERVAKNING FÖR MILJÖMÅLEN

Resultaten från miljöövervakningen visar tillståndet i miljön och används för att bedöma om vi uppnår Sveriges miljö kvalitetsmål.

De 16 målen är beslutade av Sveriges riksdag och beskriver önskade tillstånd i miljön.

Mer om miljöövervakningen
[naturvardsverket.se/
miljoovervakning](http://naturvardsverket.se/miljoovervakning)

Mer om miljö kvalitetsmålen
miljomal.se

GIFTER & MILJÖ samlar resultat från miljöövervakningsprogram som mäter halter och påverkan av miljöfarliga ämnen i svenska miljöer. Årets rapport ger exempel på studier, analyser och utvärderingar av data, från utsläpp till miljön via reningsverk till människors exponering för miljöfarliga ämnen. GIFTER & MILJÖ presenterar olika typer av ämnen och vilka risker de kan innebära för människa och miljö, exempelvis perfluorerade ämnen, bromerade ämnen, kadmium och bly.”

SVENSK MILJÖÖVERVAKNING

Resultaten från den svenska miljöövervakningen behövs för att kunna beskriva tillståndet, upptäcka förändringar och bedöma hotbilder i miljön. Resultaten från de systematiska undersökningarna ligger också till grund för beslut om åtgärder. Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten samordnar och driver det nationella miljöövervakningsprogrammet.

