

**Nya gifter -
nya verktyg**

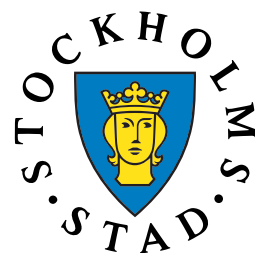


ISSN 1653-9168

Miljögifter i kräftor

– ett nytt instrument för miljöövervakning?

Lennart Lindeström och Mats Tröjbom, Svensk MKB AB
Marie Aune, Livsmedelsverket



Under åren 2004-2008 driver Miljöförvaltningen tillsammans med Stockholm Vatten AB projektet Nya gifter – Nya verktyg med finansiering ur stadens Miljömiljard.

Projektets mål är att ta fram information om vilka ämnen som bör prioriteras i stadens miljögiftsarbete, både i form av åtgärder och miljöövervakning. Det ska också beskriva var i staden de prioriterade ämnena används, hur de når stockholm-miljön och vad staden och andra aktörer kan göra för att minska de problem som är förknippade med miljögifter i Stockholm.

En sammanfattande slutrapport kommer att publiceras under våren 2008.

Varje författare ansvarar för innehållet i respektive delrapport.

Stockholm 2008

Omslagsillustration:
Tobias Flygar

Ett samarbete mellan:



MILJÖFÖRVALTNINGEN



Svensk
MKB



LIVSMEDELSVERKET



Vätternvårdsförbundet

ISSN: 1653-9168

Innehåll

Sammanfattning	2
Abstract	3
1 Varför har vi gjort denna undersökning?	4
2 Vilka sjöar har provtagits?	6
3 Vilka delar på kräftan har undersökts?	8
4 Vilka ämnen har analyserats?	10
5 Vilka halter uppmättes i kräftorna?	12
Metallerna kvicksilver, kadmium och bly	12
Polyklorerade bifenyler, PCB	14
Klorpesticider såsom DDT, HCB m.fl.	17
Bromerade flamskyddsmedel	19
Perfluorerade ämnen	20
6 Ser vi något samband mellan halter i kräftor och sediment?	23
7 Vad har man sett i andra undersökningar?	25
8 Vilka osäkerhetsfaktorer måste beaktas?	27
9 Kan kräftor fungera som ett mätinstrument för dessa ämnen?	28
10 Går det att äta kräftorna?	29
11 Referenser	30
Bilaga A	Analysrapporter från SLV, Livsmedelsverket. PCB-kongener, klorpesticider och bromerade flamskyddsmedel. Sammanställning över kräftornas storlek, provvikt etc.
Bilaga B	Analysrapport från ITM, Intitutet för tillämpad miljövetenskap vid Stockholms universitet. Perfluorerade ämnen
Bilaga C	Analysrapporter från MeAna-Konsult, Uppsala. Kviksilver, kadmium och bly.

Sammanfattning

Inom ramen för projektområdet Nya gifter – nya verktyg har kräftor infångats och analyserats från ett antal sjöar i Stockholm. Genom samarbete med flera organisationer har även andra delar av mellersta Sverige undersökts. Syftet har varit att undersöka om kräftor skulle kunna fungera som ett lämpligt mätinstrument för att bedöma förekomsten av, och tillgängligheten hos, miljögifter i vattenmiljön.

De ämnen vars förekomst undersökts i olika organ hos kräftan är metallerna kvicksilver, bly och kadmium samt de stabila organiska ämnen PCB, klorpesticider, bromerade flamskyddsmedel och perfluorerade ämnen. Organ i kräftan som analyserats är stjärtmuskeln (kräftköttet), den speciella tarmkörteln hepatopaneas (bukhålans huvudsakliga fyllning), samt i några fall även rom. Åtta sjöar i Stockholm har ingått i undersökningen samt ytterligare fem sjölokaler i Mellansverige, varav två i Vättern.

Den generella bilden är att högst halter förekommer i tarmkörteln, följt av rom, medan lägst halter uppmättes i kräftkött. Undantag utgör kvicksilver som förekommer i ungefär samma haltnivåer i alla tre organen.

Inga generella geografiska mönster noterades, med exempelvis högre eller lägre halter i kräftor från Stockholms sjöar jämfört med de övriga. Alla sjöarna är på ett eller annat sätt påverkade av mänsklig aktivitet.

Korrelationsanalyser mellan halter i kräftor och tidigare uppmätta halter av samma ämnen i sediment i motsvarande sjöar visar endast undantagsvis på samband. Sådana konstateras för kongener av PCB, möjligen också för något DDT-metaboliter, men knappast för andra ämnen som analyserats i både kräfta och sediment. En ämneskategori som inte analyserats i sediment och följaktligen inte heller ingått i korrelationsanalysen är de perfluorerade ämnena.

Brist på samband mellan halt i sediment och kräfta är dock inte detsamma som att kräftan inte återspeglar den biotillgängliga fraktionen på ett korrekt sätt. Vissa omständigheter i kräftans metabolism som har samband med skalömsningen måste dock tas hänsyn till, och framför allt bättre studeras, innan kräftan mer allmänt kan användas i monitoringsammanhang för att mäta föroreningars spridning och biotillgänglighet i vattenmiljön.

Abstract

Within the scope of the project New Pollutants – New Tools (Nya gifter – nya verktyg), crayfish from a number of lakes in Stockholm have been analysed. By the collaboration with several organizations, other lakes in of the middle part of Sweden have also been investigated. The aim has been to investigate whether crayfish could be used as a tool to estimate the occurrence and availability of environmental pollutants in the water environment.

The substances investigated in different organs of the crayfish are the metals mercury, lead and cadmium together with the persistent organic pollutants PCB, chlorinated pesticides, brominated flame retardants and perfluorinated substances. The organs of the crayfish analysed are the abdominal muscle (muscle meat), the midgut gland hepatopancreas, and in some cases also the roe. In the study, eight lakes from Stockholm have been investigated together with five lakes from the middle part of Sweden, including two locations in Lake Vättern.

Generally, the highest levels are found in the hepatopancreas followed by the roe, while the lowest levels are quantified in the muscle meat. However, the levels of mercury are approximately the same in the three different organs.

No general geographic pattern was found, with for instance higher or lower levels in crayfish from Stockholm compared with the other lakes investigated. All the lakes are in some way influenced by human activities.

A correlation analysis between the levels in crayfish and earlier measured levels of the same compounds in sediment samples from the corresponding lakes, showed associations only in exceptional cases. Correlations can be established for PCB congeners and possibly also for some DDT metabolite, but hardly for any of the other compounds analysed in both crayfish and sediment samples. The perfluorinated substances were not analysed in the sediment samples and therefore no correlation analysis was made.

The absence of correlation between levels in sediment and crayfish does not necessarily mean that crayfish does not reflect the bio available fraction in a correct way. Certain circumstances in the metabolism of the crayfish, connected with the moulting, have to be considered and more thoroughly studied before crayfish can be used more generally in monitoring purposes to investigate the distribution and bioavailability of pollutants in the water environment.

Varför har vi gjort denna undersökning?

Tidigare undersökningar av sediment Stockholms vattenområden har i vissa delområden visat på påtagliga haltförhöjningar av flera metaller och stabila organiska ämnen, däribland några av de 33 ämnen som prioriteras i EU:s vattendirektiv¹. Frågan om dessa ämnens biotillgänglighet har diskuterats, liksom lämpliga metoder för att mäta biotillgängligheten.

Inom ramen för Stockholms stads projektområde Nya gifter – nya verktyg kräftor insamlats och analyserats från ett antal Stockholmssjöar kompletterat med sjöar från andra delar av Mellansverige. Tanken har varit att vi därigenom skulle få en ökad insikt om biotillgängligheten hos de ämnen som är förhöjda i sedimenten, dvs i vad mån de riskerar att spridas till sjöarnas växt- och djursamhällen. På så sätt skulle grunden även kunna läggas till att utveckla kräftan som ett kompletterande miljöövervakningsinstrument. Resultaten presenteras i denna rapport.

Anledningen till valet av kräftor är bl.a. kräftans levnadssätt nära botten och dess speciella körtel, en sammanslagning av lever och bukspottkörtel. Denna tarmkörtel har förmåga att ackumulera många ämnen och utgör samtidigt, tillsammans med stjärtmuskeln, den del av kräftan som vi människor äter.

Ett delsyfte med studien har varit att undersöka om kräftor från dessa vattenområden kan konsumeras av människan utan förbehåll eller restriktioner.

MILJÖGIFTER, benämning på särskilt skadliga kemiska ämnen i den yttre miljön. Entydig definition av begreppet saknas. Utmärkande för miljögifterna är inte bara deras direkta giftverkan på levande organismer utan att de är persistenta (mycket stabila) och endast långsamt bryts ned eller omvandlas till mindre farliga ämnen. Persistenta ämnen utövar sin giftverkan under lång tid och kan spridas över stora områden. Flera miljögifter har därför global spridning. De utmärks också av att de anrikas på olika sätt i organismer och i näringskedjor, och de kan därmed efter en längre tid orsaka skador även på organismer som inte primärt exponerats för ämnet.

Bland miljögifterna finns flera av människan framställda ämnen (t.ex. DDT, PCB, PBB), men också naturligt förekommande ämnen som av människan gjorts tillgängliga i ökad mängd (t.ex. tungmetallerna kvicksilver och bly).

Källa: Nationalencyklopedin, id=256121

Genom att samtidigt fånga och analysera kräftor från några andra mellansvenska vatten, har vi även velat få en viss uppfattning om stockholmsområdets representativitet i sammanhanget. Dessutom ges information om kräftornas lämplighet som föda eftersom alla undersökta organ konsumeras.

Att projektet har ett allmänintresse verifieras av att andra organisationer förutom Stockholms stad engagerat sig och på olika sätt medverkar i genomförandet. Således har Livsmedelsverket deltagit genom att bidra med vissa analyser, Vätternvårdsförbundet genom kräftinsamling och visst finansiellt bidrag, samt Fiskeriverket genom kräftinsamling.

Projektansvarig har varit Lennart Lindeström, Svensk MKB, som även svarar för rapportskrivningen. Ansvariga för analyser och kräftfångst framgår av faktarutan nedan. Mats Tröjbom, Mopelikan, har varit behjälplig med statistiska beräkningar och kartor. Marie Aune, Livsmedelsverket, har tillsammans med Mats svarat för rapportgranskning och bidragit med smärre kompletteringar av texten.

Uppdragsgivare har varit Miljöförvaltningen, Stockholms stad, genom Arne Jonsson.

Ansvariga för analyser

Marie Aune, Livsmedelsverket: PCB, klorpesticider och PBDE
Urs Berger, Inst. för Tillämpad Miljöforskning: PFAS
Roland Uhrberg, MeAna-Konsult: Metaller

Ansvariga för leverans av kräftor

Sverker Lovén, Idrottsförvaltningen i Stockholm: Sjöar inom Stockholms stad
Måns Lindell, Vätternvårdsförbundet: Vättern och Munksjön
Per Nyberg, Fiskeriverket: Hjälmarens
Per Haglund, Falun: Varpan

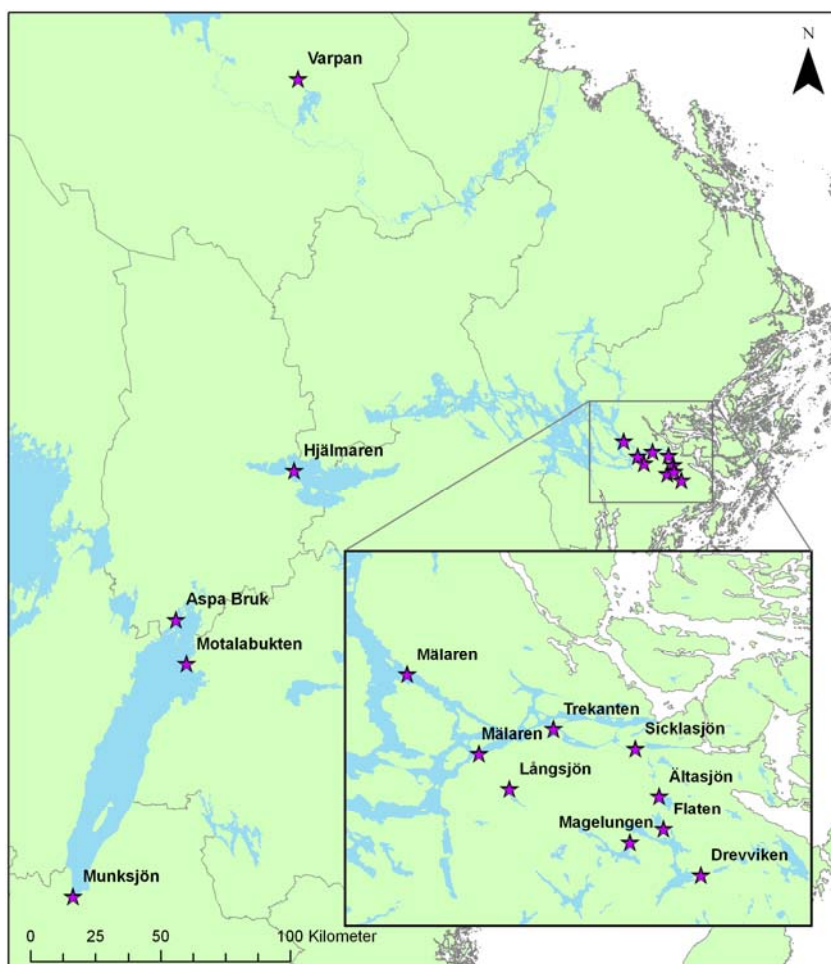
TACK ALLA FÖR HJÄLPEN!

I Vilka sjöar har provtagits?

Sammanlagt tolv sjöar i Mellansverige har ingått i undersökningen. Provlokaleras geografiska lägen framgår av Tabell 1 och Figur 1.

Åtta av sjöarna ligger i Stockholms stad; Trekanten, Långsjön, Magelungen, Drevviken, Ältasjön, Flaten, Sicklasjön och östra Mälaren. Dessutom har kräftor från Hjälmaren undersökts, liksom från Varpan norr om Falun, Munksjön i Jönköping samt norra Vättern.

I norra Vättern har kräftor fångats på två platser, utanför Aspa bruk i väster och i Motalabukten i öster. Även i östra Mälaren hämtades kräftor från två lokaler, Sätra och Hässelby Holme, men här var fångsten så liten att vi tvingades slå samman kräftorna till ett samlingsprov från bägge lokalerna (ytterligare detaljer om provhantering i nästa avsnitt).



Figur 1. Sjöar som har ingått i kräftundersökningen.

Tabell 1. Sjöar som har ingått i utredningen, samt uppgifter om kräftors och provers storlek.

ID	Fångstplats	Område	Y-koordinat	X-koordinat	Kräftdata			Provdata		
					Antal individer	Vikt	Längd	Muskel	Hepatopancreas	Ronn
					g	cm	g	g	g	
F0601033a	Varpan	Falun	1489150	6723460	13	45.1	11.2	53	1-2	0
F0700011b	Hjälmaren	Örebro	1487664	6571605	15	75.1	13.6	96	13	6
F0700012b	Trekanten	Stockholm	1625940	6579020	20	27.6	11.3	58	17	1
F0700013c	Långsjön	Stockholm	1622620	6574500	18	27.9	10.5	61	23	2
F0700014b	Magelungen	Stockholm	1631740	6570410	19	37.7	11.1	80	13	5
F0700015d	Mälaren	Stockholm	1614900	6583179	6	45	11.6	20	14	0
F0700016e	Drevviken	Stockholm	1637090	6567930	20	30.4	11.5	77	9	4
F0700017b	Ältasjön	Stockholm	1633950	6573930	18	26.1	9.98	56	21	4
F0700018f	Flaten	Stockholm	1634270	6571430	18	22.4	10.3	56	16	5
F0700019b	Sicklasjön	Stockholm	1632137	6577550	13	27.9	10.7	36	8	17
F0700023	Munksjön	Jönköping	1402277	6406509	15	64.2	13.5	66	17	21
F0700024	Vättern	Aspa bruk	1442110	6514081	16	47.5	11.8	63	17	5
F0700025b	Vättern	Motala	1446074	6496822	17	57.7	11.9	74	25	27

Kort information om sjöarna

Varpan	Näringsfattig sjö NV Falun. Troligtvis viss förekomst av gruvavfall i omgivningarna. Delvis referenslokal.
Hjälmaren	Näringsrik och högproduktiv slättsjö omgiven av jordbruksmark.
Trekanten	Näringsrik Stockholmssjö i ett parkområde. Höga föroreningshalter i sediment.
Långsjön	Näringsrik Stockholmssjö vars tillrinningsområde domineras av bebyggelse.
Magelungen	En av Stockholms största sjöar. Näringsrik med låga metallhalter i sedimenten.
Ö:a Mälaren	Två fjärdområden med måttligt näringsrikt vatten i östra delen av Mälaren.
Drevviken	Relativt stor sjö bestående av två bassänger som omges av bebyggelse. Mycket näringsrik.
Ältasjön	Näringsrik Stockholmssjö vars tillrinningsområde upptas av skogsmark och villabebyggelse. Låga metallhalter i sedimenten.
Flaten	Förhållandevis näringsfattig jämfört med övriga Stockholmssjöar. Låga föroreningshalter i sediment.
Sicklasjön	Näringsrik sjö i Stockholm vars tillrinningsområde upptas av villabebyggelse och friluftsområde.
Munksjön	Föroreningsbelastad stadssjö i Jönköping.
Vättern-Aspa	NV Vättern utanför Aspa Pappersbruk
Vättern-Motala	NÖ Vättern – referenslokal för Aspa & Munksjön

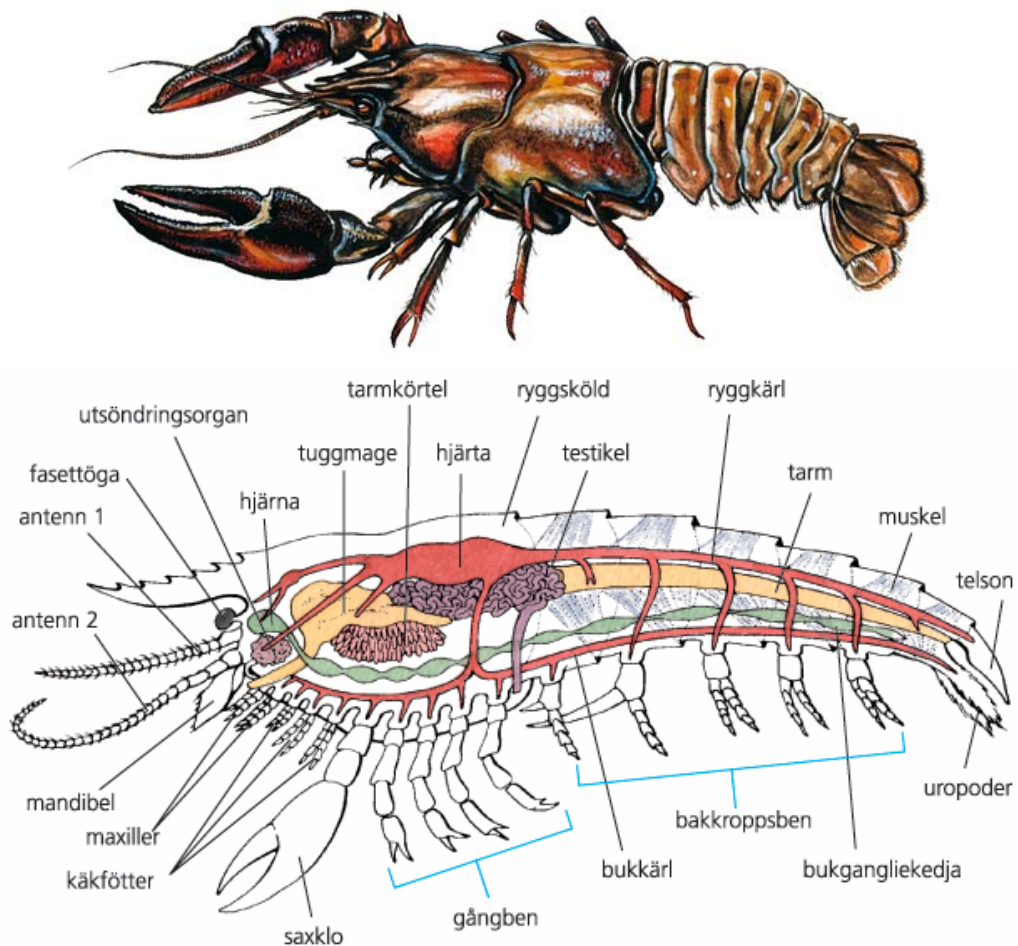
2 Vilka delar på kräftan har undersökts?

Signalkräfta (*Pacifastacus leniusculus*)

Signalkräftan förekommer i Sverige söder om Dalälven. Leken sker under september - oktober på stenig botten från en halv till tre meters djup. Honan bär de befruktade äggen under stjärten. Inget larvstadium förekommer utan vid kläckningen liknar ungen en fullvuxen individ.

Kräftan är relativt stationär. Den blir 5-20 år gammal.

Kräftan lever företrädesvis på grunda bottnar i sjöars strandzon, dammar och mindre vattendrag. Den föredrar branta strandbrinkar där den gräver djupa hålor eller platser med gott om rötter, sten eller andra gömställen. Kräftan är i det närmaste allätare och äter bland annat insektslarver, musslor, snäckor, fiskrom och skott av skilda vattenväxter.



Illustrationer: Pål Thomas Sundhell (övre); Nationalencyklopedin/Typoform (nedre).
Återgivna med tillstånd.

De ätbara delarna av kräftan utgörs i huvudsak av den stora stjärtmuskeln, den speciella tarmkörteln som fyller en stor del av bukhålan, samt i förekommande fall rom. I möjligaste mån har analyser gjorts på alla dessa organ. I de diskussioner som föregick studien diskuterades även möjligheten att analysera det s.k. kräftsmöret^a med tanke på dess stora fettinnehåll. Men det visade sig att detta förekom i alltför liten mängd för att kunna analyseras.

Samlingsprov har bildats av respektive organ från de kräftor som fångats på var och en av undersökningslokalerna, mellan 6 och 20 individer per lokal. Analyser har senare gjorts på dessa samlingsprov. Antal kräftor, deras vikt och längd, samt de provmängder som skapats framgår av Tabell 1. I några fall har provmängden inte räckt till för att analysera alla de variabler som planerats (se kommande avsnitt).

Den stora stjärtmuskeln, i praktiken ”kräftköttet”, har analyserats därför att den utgör huvudparten av kräftans ätbara delar. Men av erfarenhet vet vi att vare sig flertalet metaller eller organiska ämnen anrikas särskilt effektivt i kräftans ganska magra muskelfvävnad. Det främsta undantaget från denna ”regel” är kvicksilver, som förekommer i väl så höga halter i muskulaturen som i andra vävnader.

Högst halter av flertalet ”miljögifter” ska vi istället förvänta i kräftans speciella tarmkörtel, *hepatopancreas* (se figur i faktaruta). Denna specialitet hos kräftdjuren är en kombination av djurens bukspottkörtel och lever. Den är fetare än muskulaturen och utgör samtidigt djurets avgiftningsorgan. Exponeras kräftan för metaller och stabila organiska ämnen (som vanligtvis är fettlösliga) ska vi därmed förvänta att de huvudsakligen återfinns i detta organ. Tarmkörteln benämns fortsättningsvis *hepatopancreas*.

Även kräftans rom innehåller mer fett än muskulaturen samtidigt som det är mycket rikt på proteiner. Rommens kvalitet är av fundamental betydelse för kräftans avkomma samtidigt som många ”kräftälskare” anser den vara en delikatess.

Alla tre organen, stjärtmuskel, *hepatopancreas* och rom, har det således funnits motiv för att ta med i undersökningen ur olika aspekter.

^a Med ”kräftsmör” menas i detta fall det fett som ofta förekommer på insidan av skalet, vilket inte ska förväxlas med innehållet i bukhålan (däribland *hepatopancreas*), som ibland går under samma beteckning.

3 Vilka ämnen har analyserats?

Tre metaller har analyserats; kvicksilver, bly och kadmium. Av skäl som redovisas i föregående avsnitt har kvicksilverhalten bestämts i alla tre organen medan bly- och kadmiumhalten endast bestämts i hepatopaneas. Alla tre metallerna är oönskade att få ut i miljön eftersom de är både potentiellt giftiga och icke-essentiella, dvs de har inte någon känd positiv egenskap för växter eller djur. Kviksilver förekommer i huvudsak i metylerad form i djurvävnad, men analyseras som totalkvicksilver beroende på analystekniska och ekonomiska skäl. I miljösammanhang uppmärksammades kvicksilver redan på mitten av 1950-talet. Analysmetodik m.m. framgår av Bilaga C.

Vidare har de ”klassiska” stabila organiska ämnesgrupperna PCB och DDT analyserats. PCB står för polyklorerade bifenyler som är ett samlingsbegrepp för organiska föreningar som framställts genom klorering av bifenyler. Genom sin isoleringsförmåga och tålighet mot höga temperaturer har PCB använts i flera elektriska material, som transformatorer och kondensatorer, men även som hudraulolja, ingrediens i PVC-plast, färger, fogmassa m.m. Olika PCB-isomerer skiljer sig åt genom bl.a. antalet kloratomer och deras position. Det finns 209 möjliga s.k. PCB-kongener och de benämns i nummerordning från 1 till 209 (exempelvis CB-52, CB-153 etc). I denna undersökning har 20 av dessa kongener analyserats (Bilaga A).

DDT, eller diklordifenyltrikloretan, lanserades under början av 1940-talet som ett insektbekämpningsmedel, och användes flitigt i Sverige fram till mitten av 1960-talet². Liksom PCB lagras DDT främst i fettvävnader. Koncentrationen DDT har bestäms i form av isomererna p,p-DDT och o,p-DDT samt nedbrytningsmetaboliterna DDE och DDD.

Analysmetodik och medverkande laboratorier

Kviksilver: Atomfluorescens, reduktion med SnCl_2 (MeAna)
Bly och kadmium: Atomabsorptionsspektrofotometri, GFAAS (MeAna)
PCB-kongener: Gaskromatografi GC/ECD, SLV K2-m261-f3 (SLV)
Klorpesticider: Gaskromatografi GC/ECD, SLV K2-m261-f3 (SLV)
Bromerade flamskyddsmedel: Gaskromatografi GC/MS (ECNI), modifierad SLV K2-m261-f3 (SLV)
Perfluorerade ämnen: Kromatografi & masspektrometri, HPLC/MS-MS (ITM)
Fetthalt: Gravimetrisk bestämning (SLV)

För detaljer kring uppslutningsförfarande, mätosäkerhet m.m. hänvisas till bilagda analysrapporter.

MeAna = MeAna-Konsult AB i Uppsala

SLV = Livsmedelsverkets laboratorium i Uppsala

ITM = Institutionen för tillämpad miljövetenskap vid Stockholms universitet

Andra insektsmedel i form av klorpesticider som analyserats förutom DDT är hexaklorbensenen (HCB), olika isomerer av hexaklorcyklohexan (HCH) samt fyra metaboliter av klordan. Inget av dessa medel används idag i Sverige. HCB bildas dock oavsiktligt vid bl.a. avfallsförbränning.

Ett ”modern” organiskt miljögift är de bromerade flamskyddsmedlen, som under senare tid börjat användas i många material i allt större utsträckning. Inte minst ingår dessa ämnen som en viktig beståndsdel i plastmaterialen i kretskort och höljen till datorer och annan elektrisk och elektronisk utrustning. Den ledande gruppen bromerade flamskyddsmedel är idag polybromerade bifenyletrar (PBDE). Liksom PCB innefattar denna grupp av föreningar 209 teoretiskt möjliga kongener, varav 9 analyserats i denna studie. Ytterligare ett flamskyddsmedel som bestämts är hexabromcyklododekan (HBCD).

En annan ämnesgrupp som ingår i undersökningen är de perfluorerade ämnena (PFAS). PFAS-föreningar är en stor grupp kemikalier som sedan 1950-talet använts i tillverkning och behandling av konsumtionsvaror och industriförnödenheter, exempelvis som ytbehandlingsmedel i textilier och läderprodukter, i tvättmedel och vaxer, i hydraulikvätskor m.m. PFAS har nyligen uppmärksammats som ett möjligt miljöproblem genom att det vid bl.a. en nordisk undersökning konstaterats förekomma i nästan alla slags medier i miljön. Dessa ämnen har också registrerats i mycket avlägsna miljöer, vilket är tecken på att de är mycket stabila. I denna studie har sammanlagt 15 olika polyfluorerade föreningar analyserats. Kolkedjornas längd hos respektive förening redovisas i Bilaga B.

I de fall provmängden var för liten för analys av samtliga variabler, upprättades en prioriteringslista där vissa analyser utfördes i första hand och andra i mån av provtillgång. Detta förfarande drabbade i första hand vissa romprover och i några fall även samlingsprov av hepatopancreas.

4 Vilka halter uppmättes i kräftorna?

Metallerna kvicksilver, kadmium och bly

Metallhalterna i de undersökta vävnaderna hos kräfta redovisas i Tabell 2 och åskådliggörs för några av fallen i Figur 2.

Tabell 2. Metallhalter i vävnader hos kräfta från de undersökta sjöarna. Alla värden är avrundade till två siffrors noggrannhet.

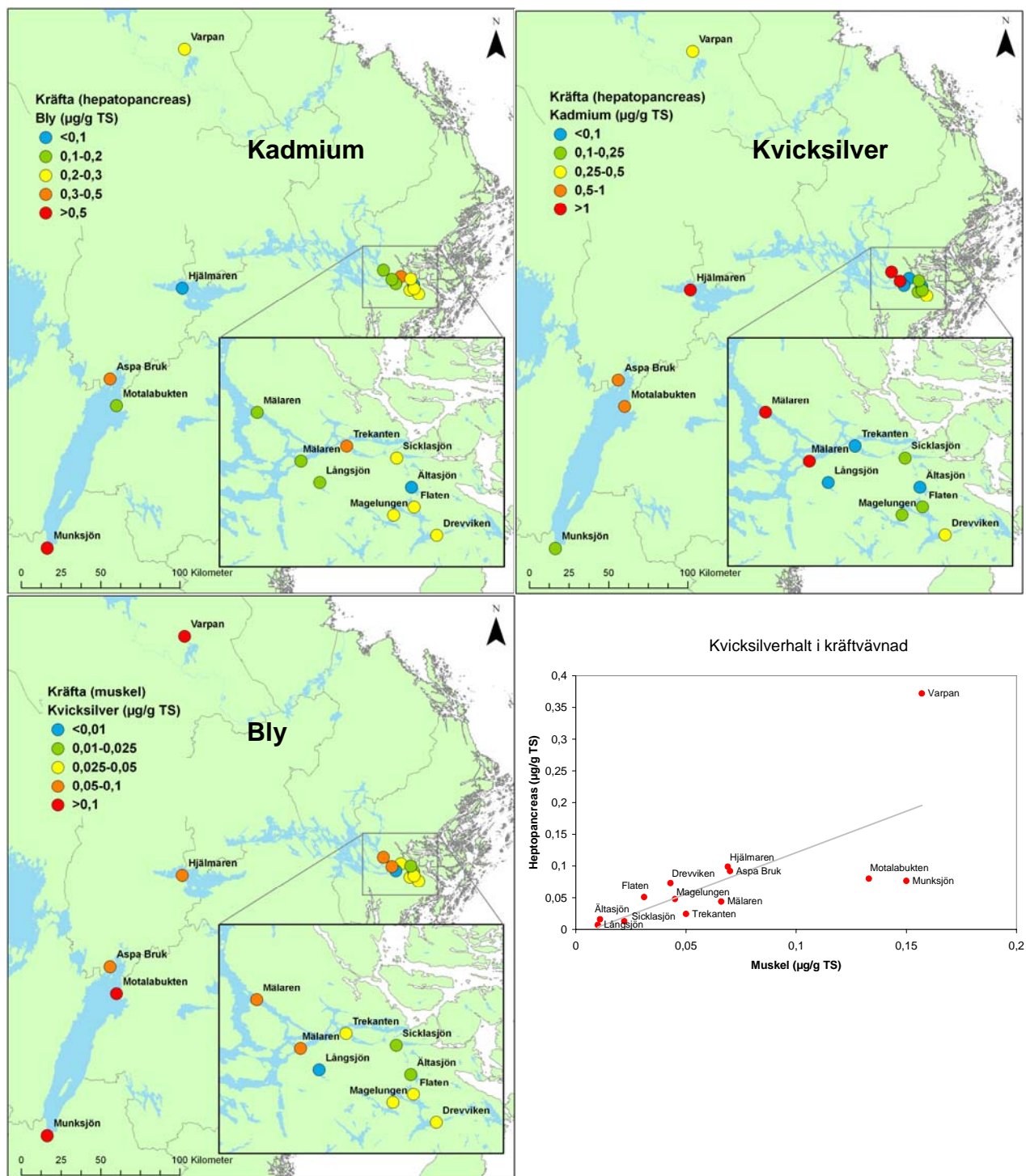
Fångstplats	Område	Kvicksilverhalt			Kadmiumhalt		Blyhalt	
		Muskel	Hepatopancreas	Rom	Hepatopancreas	Rom	Hepatopancreas	Rom
		µg/g Ts						
Varpan	Falun	0,16	0,37		0,33		0,28	
Hjälmaren	Örebro	0,069	0,099	0,069	1,0	0,078	0,077	0,028
Trekanten	Stockholm	0,050	0,025		0,078		0,46	
Långsjön	Stockholm	0,010	0,007		0,044		0,16	
Magelungen	Stockholm	0,045	0,048		0,16		0,23	
Ö. Mälaren	Stockholm	0,066	0,044		1,1		0,16	
Drevviken	Stockholm	0,043	0,073		0,25		0,23	
Ältasjön	Stockholm	0,011	0,016		0,050		0,097	
Flaten	Stockholm	0,031	0,051		0,22		0,26	
Sicklasjön	Stockholm	0,022	0,013	0,011	0,10	<0,010	0,22	0,018
Munksjön	Jönköping	0,15	0,077	0,028	0,19	<0,010	3,1	1,1
Vättern	Aspa bruk	0,070	0,092		0,64		0,38	
Vättern	Motala	0,13	0,080	0,042	0,82	<0,010	0,13	0,10

Högst kvicksilverhalt uppmättes muskelvävnad hos kräftorna från dalasjön Varpan följt av Vättern och Munksjön. Lägst kvicksilverhalt registrerades i Långsjön i Stockholm. Kvicksilverhalten var genomgående förhållandevis låg i kräftor från Stockholms sjöar.

Av diagrammet i Figur 2 framgår att kräftor med låg kvicksilverhalt i köttet i allmänhet också hade låg kvicksilverhalt i tarmkörteln, och vice versa.

En parallell undersökning av kvicksilver i abborre från sjöar i Stockholms stad utmynnade i att abborre föreslogs som lämplig fiskart för ett miljöövervakningsprogram för kvicksilver i Stockholm³.

I likhet med kvicksilver tillhörde Stockholms sjöar dem med lägst koncentration av kadmium och bly i hepatopancreas bland de undersökta sjöarna, med undantag för kadmium i kräftor från Mälaren.



Figur 2. Kartfigurerna visar koncentrationen av kvicksilver i kräftans stjärtmuskulatur respektive kadmium och bly i tarmkörtels hepatopancreas. Av diagrammet framgår att sambandet mellan kvicksilver i muskel och hepatopancreas var relativt starkt.

Polyklorerade bifenyler, PCB

Halten PCB har bestämts i både muskel, tarmkörtel och rom. Samtliga enskilda analysresultat för de 20 olika PCB-kongenerna i dessa organ presenteras i Bilaga A. I Tabell 3 nedan har summanvärdet för alla kongenerna beräknats. Dessutom presenteras kongenen CB-153 för sig eftersom denna utgör basen för det svenska gränsvärde som Livsmedelsverket fastslagit (se sista avsnittet). Vidare anges halterna både som färskvikt och fettvikt, dvs baserat dels på provets totala vikt inklusive vätska, dels på provets fettinnehåll. Jämförelsen mellan färsk- och fettvikt åskådliggörs i Figur 3.

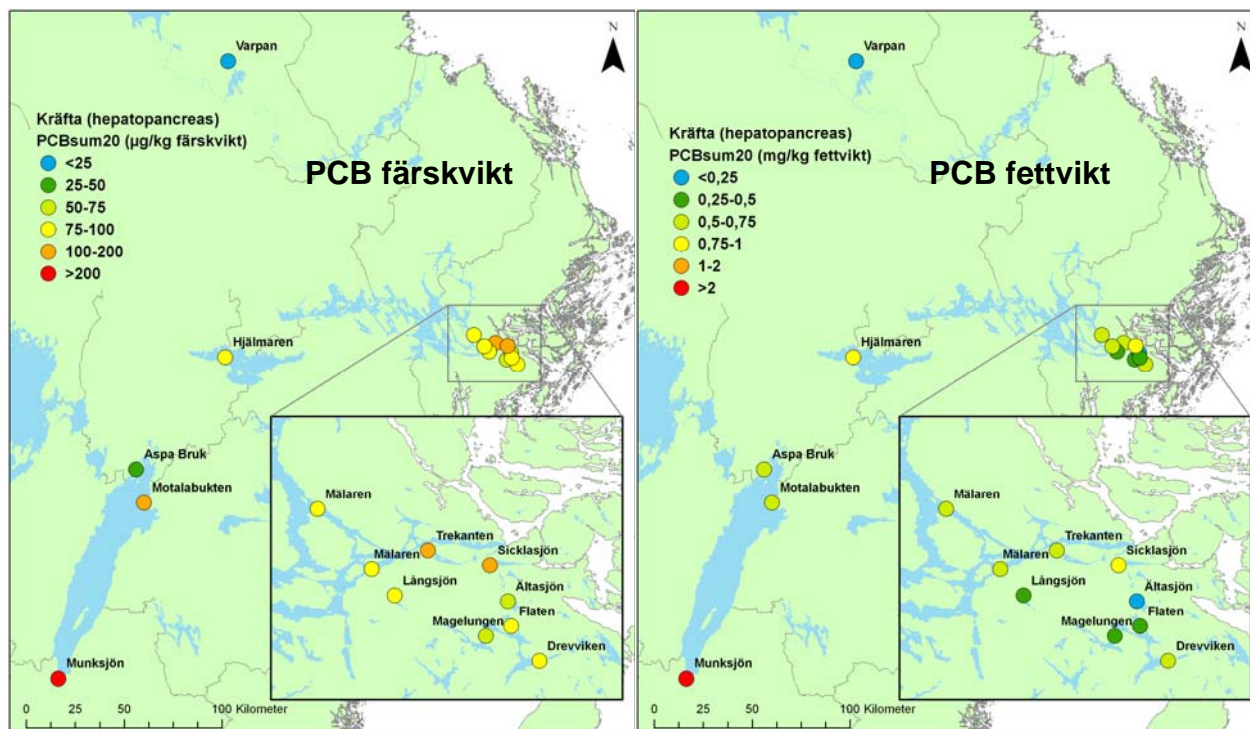
Tabell 3. PCB-halt i hepatopancreas i kräfta från de undersökta sjöarna uttryckt som färskvikt och fettvikt. Nederst presenteras medianvärden för samtliga sjöar i respektive organ. Alla värden är avrundade till två siffrors noggrannhet.

HEPATOPANCREAS		Färskvikt (µg/kg)		Fettvikt (mg/kg)	
Fångstplats	Område	PCB sum ₂₀	CB-153	PCB sum ₂₀	CB-153
Varpan	Falun	2,8	1,2	0,13	0,06
Hjälmaren	Örebro	85	34	0,77	0,31
Trekanten	Stockholm	150	51	0,60	0,21
Långsjön	Stockholm	83	27	0,37	0,12
Magelungen	Stockholm	56	19	0,44	0,15
Ö. Mälaren	Stockholm	78	27	0,64	0,22
Drevviken	Stockholm	100	41	0,71	0,28
Ältasjön	Stockholm	51	17	0,22	0,07
Flaten	Stockholm	82	30	0,47	0,17
Sicklasjön	Stockholm	140	52	0,82	0,29
Munksjön	Jönköping	240	93	2,2	0,86
Vättern	Aspa bruk	31	11	0,56	0,20
Vättern	Motala	130	53	0,67	0,27
MEDIANVÄRDEN					
Hepatopancreas		83	30	0,60	0,21
Stjärtmuskel		0,94	0,28	0,12	0,04
Rom		34	11	0,29	0,11

Högst PCB-halt uppmättes i kräftor från Munksjön i Jönköping och lägst i dem från Varpan i Dalarna.

Bland stockholmssjöarna uppvisade Trekanten och Sicklasjön de högsta halterna då de uttrycks som färskvikt. Baserat på fettinnehållet blir skillnaden mindre med Sicklasjön, Drevviken, Östra Mälaren och Trekanten på ungefär samma halter.

Generellt sett var PCB-halten högst i hepatopancreas och lägst i muskelvävnaden. Uttryckt i fettvikt var halten ungefär fem gånger högre i hepatopancreas, medan skillnaden var betydligt större relaterat till färskvikt eftersom muskelvävnaden hos kräftan är förhållandevis mager.



Figur 3. Koncentrationen PCB i kräftans tarmkörtel, hepatopancreas. Summan av de 20 analyserade kongenerna relaterat till färskvikt respektive fettvikt.

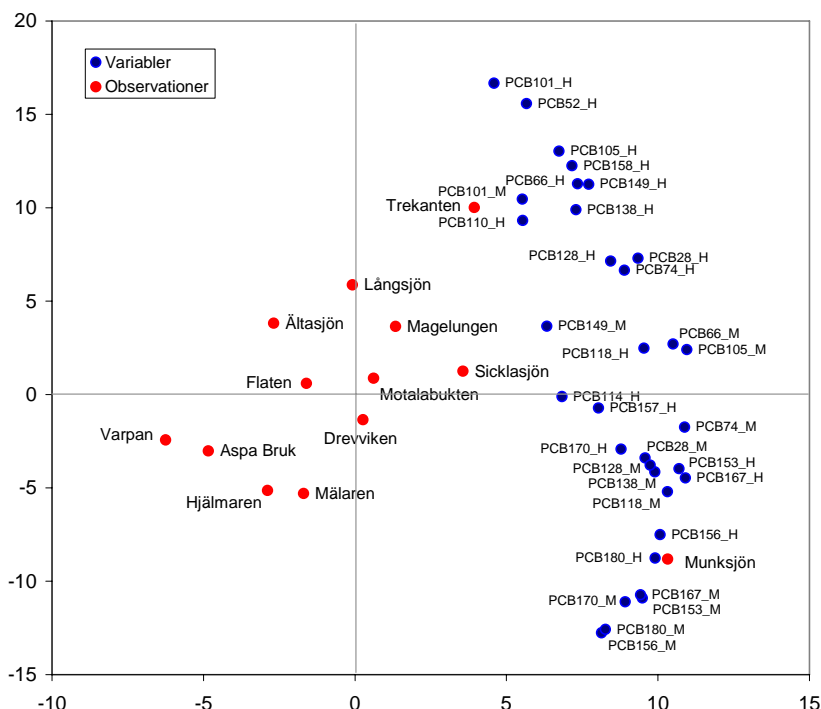
För att få en uppfattning om samvariationen m.m. mellan de enskilda kongenerna har även en s.k. principalkomponentanalys genomförts. Med denna multivariata metod finns det också möjlighet att synliggöra underliggande faktorer som styr variationen hos en eller flera av variablerna. Av variablernas placering i Figur 4 kan man utläsa att förekomsten av samtliga PCB-kongener samvarierar starkt. Vissa sjöar skiljer ut sig, exempelvis Trekanten där CB-101 och CB-52 dominerar, medan istället CB-156 och CB-180 dominerar i Munksjön.

FETTHALT (medianvärde)	
Hepatopancreas	15 %
Stjärtmuskel	0,8 %
Rom	12 %

Principen bakom en principalkomponentanalys

En principalkomponentanalys (PCA) går i korthet ut på att försöka finna underliggande mönster i variationen hos ett större antal variabler/faktorer. Man söker en bild av vilka variabler som samvarierar i förhållande till en eller flera s.k. principalkomponenter (och därmed till varandra), respektive vilka som inte gör det. Principalkomponenterna är underliggande gemensamma faktorer för variablerna, som idealt sett har en verklig innebörd.

I de kombinerade s.k. "loading" (variabler) och "score" (observationer) projektionerna samvarierar de variabler som grupperar sig nära varandra. Variabler som ligger på motstående sidor om origo är omvänt korrelerade. Observationer som grupprar sig nära en variabel uppvisar höga värden för denna variabel. Variabler och observationer som grupperar sig nära origo uppvisar liten koppling till de redovisade principalkomponenterna och är därmed svagt kopplade till de variabler som grupperar sig långt ifrån origo.



Figur 4. Principalkomponentsanalys, PCA, för de enskilda kongenerna inom ämnesgruppen polyklorerade bifenyl, PCB (variabel) och provtagningslokalerna för kräftor (observationer). Analysen baseras på koncentrationer uttryckta i färskvikt. Kongener som förekom i halter som genomgående understeg detektionsgränsen har inte tagits med. M=muskel, H=hepatopancreas.

Klorpesticider såsom DDT, HCB m.fl.

Många klorpesticider förekom i mycket låga halter i kräftans vävnader, i synnerhet i muskulaturen. Alla enskilda analysvärden redovisas i Bilaga A. I Tabell 4 och Figur 5 presenteras tre av de ämnen som förekom i högst koncentrationer; hexaklorbensen (HCB), transnonaklor och DDT-metaboliten p,p-DDE.

Sjön Trekanten i Stockholm uppvisar avsevärt högre halt av hexaklorbensen i hepatopancreas än övriga sjöar. Haltnivån är 200-300 gånger högre än genomsnittet för alla sjöarna i undersökningen. Även i muskulaturen är förhöjningen tydlig i denna sjö, nämligen 10-30 gånger över genomsnittet beroende på om skillnaden anges i färsk- eller fettvikt, medan avvikelserna i rom är marginella.

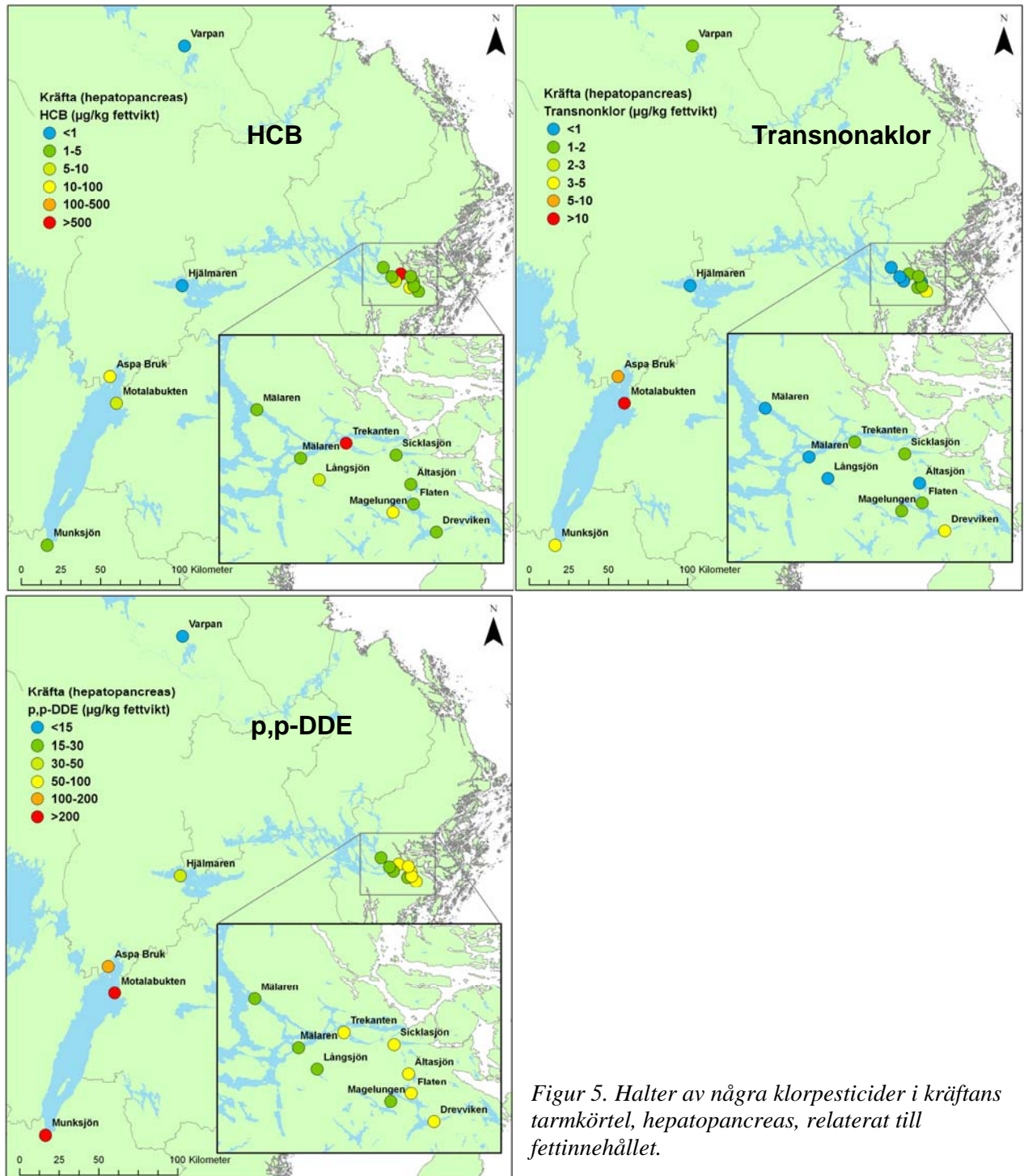
Tabell 4. Koncentrationer av några klorpesticider i hepatopancreas i kräfta från de undersökta sjöarna uttryckt som färskvikt och fettvikt. Nederst presenteras medianvärdena för samtliga sjöar i respektive organ. Alla värden är avrundade till två siffrors noggrannhet.

HEPATOPANCREAS		Färskvikt (µg/kg)			Fettvikt (µg/kg)		
Fångstplats	Område	HCB	Transnona- klor	p,p-DDE	HCB	Transnona- klor	p,p-DDE
Varpan	Falun	<0,02	<0,05	0,3	<1	<2,1	14
Hjälmaren	Örebro	0,06	0,10	4,2	0,5	0,9	38
Trekanten	Stockholm	204	0,34	19	820	1,4	77
Långsjön	Stockholm	2,3	0,22	5,7	10	1,0	25
Magelungen	Stockholm	2,5	0,24	3,0	20	1,9	24
Ö. Mälaren	Stockholm	0,23	0,13	2,5	1,8	1,0	21
Drevviken	Stockholm	0,68	0,45	7,8	4,7	3,1	54
Ältasjön	Stockholm	0,39	0,15	12	1,7	0,6	54
Flaten	Stockholm	0,28	0,29	12	1,6	1,7	66
Sicklasjön	Stockholm	0,28	0,22	11	1,6	1,2	64
Munksjön	Jönköping	0,51	0,51	23	4,7	4,7	220
Vättern	Aspa bruk	0,91	0,32	10	16	5,8	180
Vättern	Motala	1,7	2,7	66	8,8	14	350
MEDIANVÄRDEN							
Hepatopancreas		0,59	0,27	10	4,7	1,5	54
Stjärtmuskel		0,02	0,01	0,09	2,6	<0,6	11
Rom		0,65	0,10	5,4	4,2	0,8	48

För transnonaklor, DDE och även övriga DDT-metaboliter noteras högst koncentrationer i kräftor från Vättern utanför Motala. Relaterat till fettvikt är dock skillnaden relativt måttlig jämfört med den andra Vätterlokalen och Munksjön söder om Vättern. Lägst koncentrationer förekom liksom för PCB i kräftor från sjön Varpan i Dalarna.

I tabellen ovan presenteras enskilda mätvärden endast för hepatopancreas, men ungefär samma haltnivåer registrerades i rom i de fall rom fanns att tillgå för analys. I likhet

med PCB var klorpesticidhalterna, uttryckt i färskvikt, väsentligt lägre i den magra muskelfvävnaden än i körtelvävnad och rom.



Figur 5. Halter av några klorpesticider i kräftans tarmkörtel, hepatopancreas, relaterat till fettinnehållet.

Bromerade flamskyddsmedel

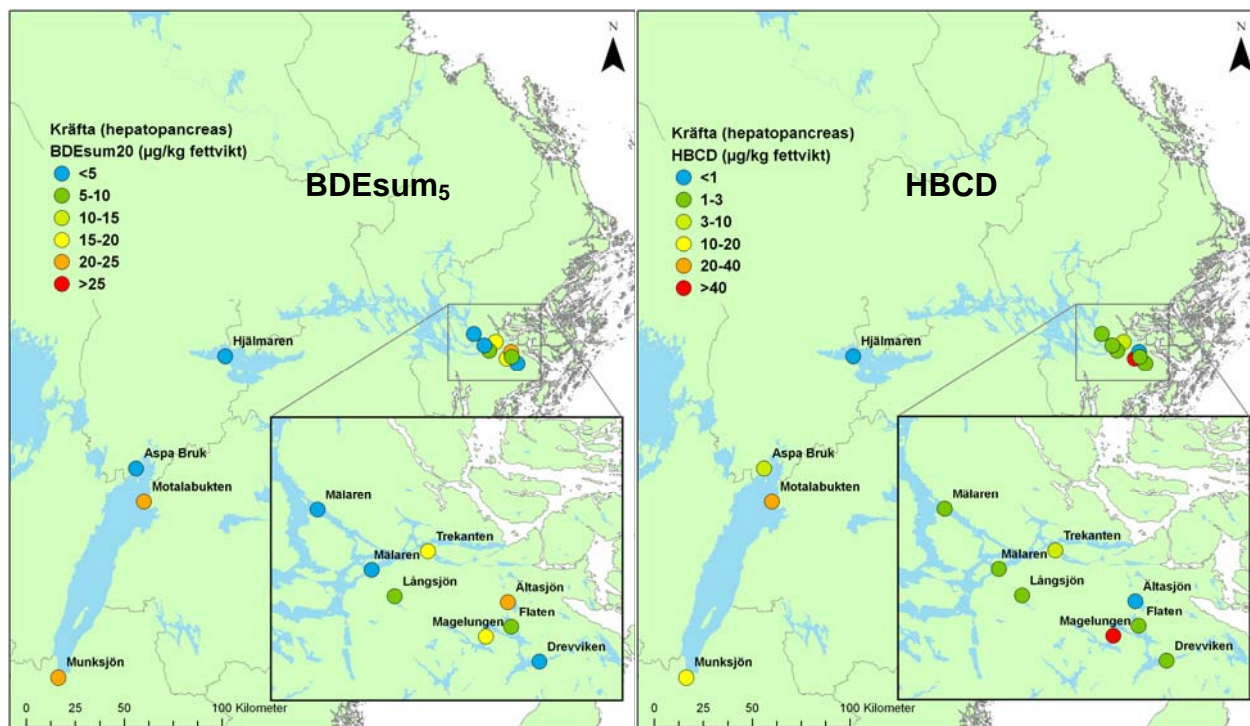
Som framgår av de enskilda mätvärdena i Bilaga A förelåg de flesta analyserade kongener av polybromerade bifenyletrar (PBDE) i halter som understeg analysmetodens detektionsgräns. För att få en någorlunda rättvis och tolkningsbar bild av resultaten har i Tabell 5 därför fem av kongenerna med högst uppmätta koncentrationer summerats till ett samlingsvärde benämnt BDEsum₅. I tabellen presenteras även analysresultaten för den andra gruppen bromerade flamskyddsmedel, hexabromcyklododekan (HBCD). Observera att provtillgången inte tillåtit analys av hepatopancreas från två av sjöarna.

Tabell 5. Koncentrationer av några bromerade flamskyddsmedel i hepatopancreas i kräfta från de undersökta sjöarna uttryckt som färskvikt och fettvikt. Nederst presenteras medianvärden för samtliga sjöar i hepatopancreas och muskel. Alla värden är avrundade till två siffrors noggrannhet.

HEPATOPANCREAS		Färskvikt (µg/kg)		Fettvikt (µg/kg)	
Fångstplats	Område	BDE sum ₅	HBCD	BDE sum ₅	HBCD
Varpan	Falun	-	-	-	-
Hjälmaren	Örebro	0,43	<0,11	3,1	<0,8
Trekanten	Stockholm	4,2	1,9	18	7,9
Långsjön	Stockholm	1,4	0,45	6,4	2,1
Magelungen	Stockholm	2,3	5,3	19	43
Ö. Mälaren	Stockholm	<0,38	0,15	<3,3	1,3
Drevviken	Stockholm	<1,1	0,34	<6,9	2,1
Ältasjön	Stockholm	5,3	0,14	24	0,6
Flaten	Stockholm	1,1	0,36	6,3	2,1
Sicklasjön	Stockholm	-	-	-	-
Munksjön	Jönköping	2,3	1,1	23	11
Vättern	Aspa bruk	<0,38	0,22	<5,3	3,1
Vättern	Motala	4,1	4,0	23	22
MEDIANVÄRDEN					
Hepatopancreas		2,3	0,40	18	2,6
Stjärtmuskel		<0,02	<0,02		

De bromerade flamskyddsmedlen är i likhet med flertalet stabila organiska ämnen fettlösliga. Därför bör kräftornas exponering för dessa ämnen bäst återspeglas om halterna relateras till fettinnehållet. Baserat på fettvikt är halten BDEsum₅ högst i Ältasjön, Munksjön och i Vättern utanför Motala, medan den högsta HBCD-halten uppmättes i kräftor från Magelungen.

Koncentrationen bromerade flamskyddsmedel är väsentligt högre i tarmkörteln än i muskelvävnaden, upp mot 100 gånger högre. I de fåtal fall som även rom analyserats, noterades ungefär samma halter som i hepatopancreas.



Figur 6. Halter av bromerade flamskyddsmedel i kräftans tarmkörtel, hepatopancreas, relaterat till fettinnehållet. Varpan och Sicklasjön har inte undersökts pga brist på vävnad.

Perfluorerade ämnen

Liksom var fallet för de bromerade flamskyddsmedlen förekom många föreningar av de analyserade perfluorerade ämnena i koncentrationer som understeg analysmetodens detektionsgräns (Bilaga B). Vid resultatredovisningen i Tabell 6 och Figur 8 har därför sammanlagt fem av föreningarna inte tagits med (se fotnot till tabellen). Istället har summavärden bildats av 6 perfluorerade karboxylsyresalter respektive 3 perfluorerade sulfonater. Som en separat grupp redovisas även sulfonamiden PFOSA.

Inga tydliga generella mönster kan skönjas i resultaten, förutom att kräftor från några av sjöarna genomgående har förhållandevis låga halter perfluorerade ämnen. Bland dessa märks i första hand Varpan i Dalarna följt av Ältasjön och Långsjön. Högst halt PF-sulfonater uppvisar kräftor från östra Mälaren medan Munksjöns kräftor innehöll mer PFOSA än de övriga.

Perfluorerade ämnen analyserades även i fyra romprover (Bilaga B). Haltnivån i rom var ungefär densamma eller något lägre än i hepatopancreas.

Tabell 6. Koncentrationer av perfluorerade ämnen i hepatopancreas i kräfta från de undersökta sjöarna uttryckt i färskvikt. Summavärden har bildats av 6 karboxylsyresalter respektive 3 sulfonater. Alla värden är avrundade till två siffrors noggrannhet.

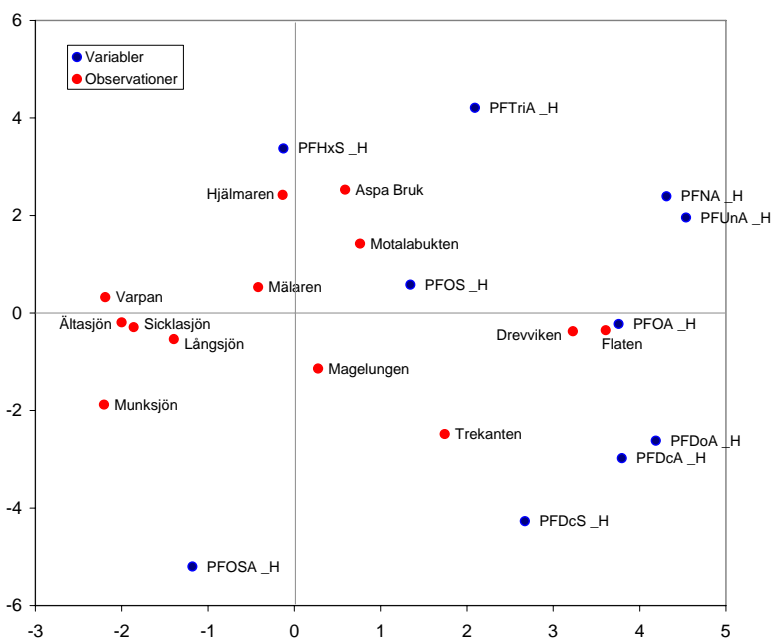
HEPATOPANCREAS		Färskvikt (µg/kg)		
Fångstplats	Område	PFsum ₆ karboxylsyror*	PFsum ₃ sulfonater**	PFOSA sulfonamid
Varpan	Falun	<9,0	<2,9	<0.10
Hjälmaren	Örebro	21	23	0,13
Trekanten	Stockholm	31	19	0,34
Långsjön	Stockholm	14	<7,5	0,35
Magelungen	Stockholm	23	27	0,30
Ö. Mälaren	Stockholm	17	79	0,16
Drevviken	Stockholm	33	45	0,17
Ältasjön	Stockholm	9,7	<11	0,16
Flaten	Stockholm	38	24	0,18
Sicklasjön	Stockholm	<11	32	0,26
Munksjön	Jönköping	<8,9	12	0,59
Vättern	Aspa bruk	24	16	<0.10
Vättern	Motala	22	10	<0.10
MEDIANVÄRDEN				
Hepatopancreas		21	19	0,17

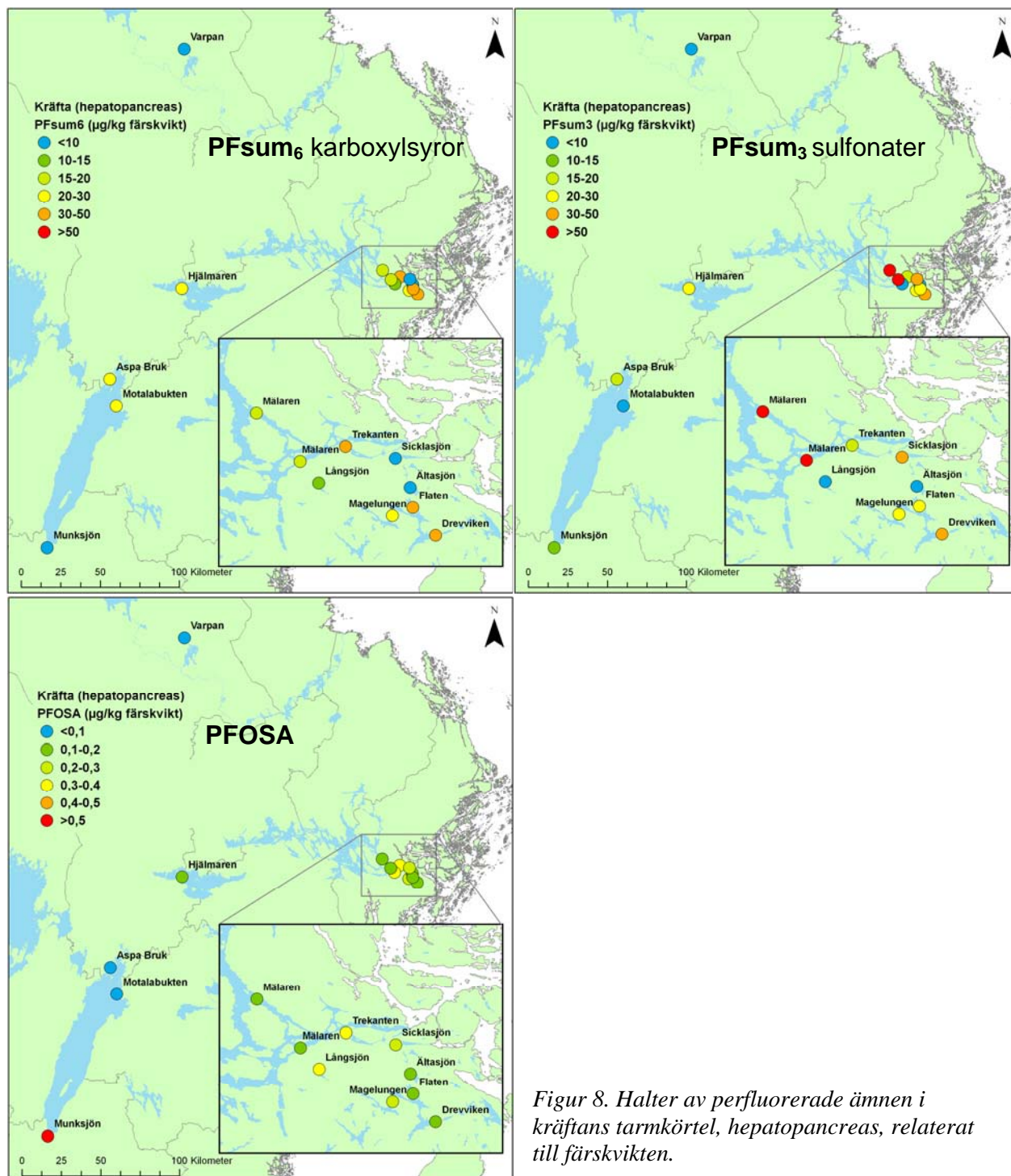
* Exklusive PFHxA, PFHpA, PFTeA & PFPeDA

** Exklusive PFBS

En PCA-analys har även gjorts för de perfluorerade ämnena (Figur 7). Här framträder en samvariation mellan framför allt de 5 föreningarna PFNA, PFUnA, PFOA, PFDoA och PFDcA. Övriga föreningar kan alltså förekomma i relativt höga halter även om dessa 5 är låga, och vice versa. Störst avvikelse uppvisar sulfonamiden PFOSA.

Figur 7. Principalkomponentsanalys, PCA, för de enskilda föreningarna inom ämnesgruppen perfluorerade ämnen (variabel) och provtagningslokalerna för kräftor (observationer). Analysen baseras på koncentrationer uttryckta i färskvikt. Föreningar som förekom i halter som genomgående understeg detektionsgränsen har inte tagits med.





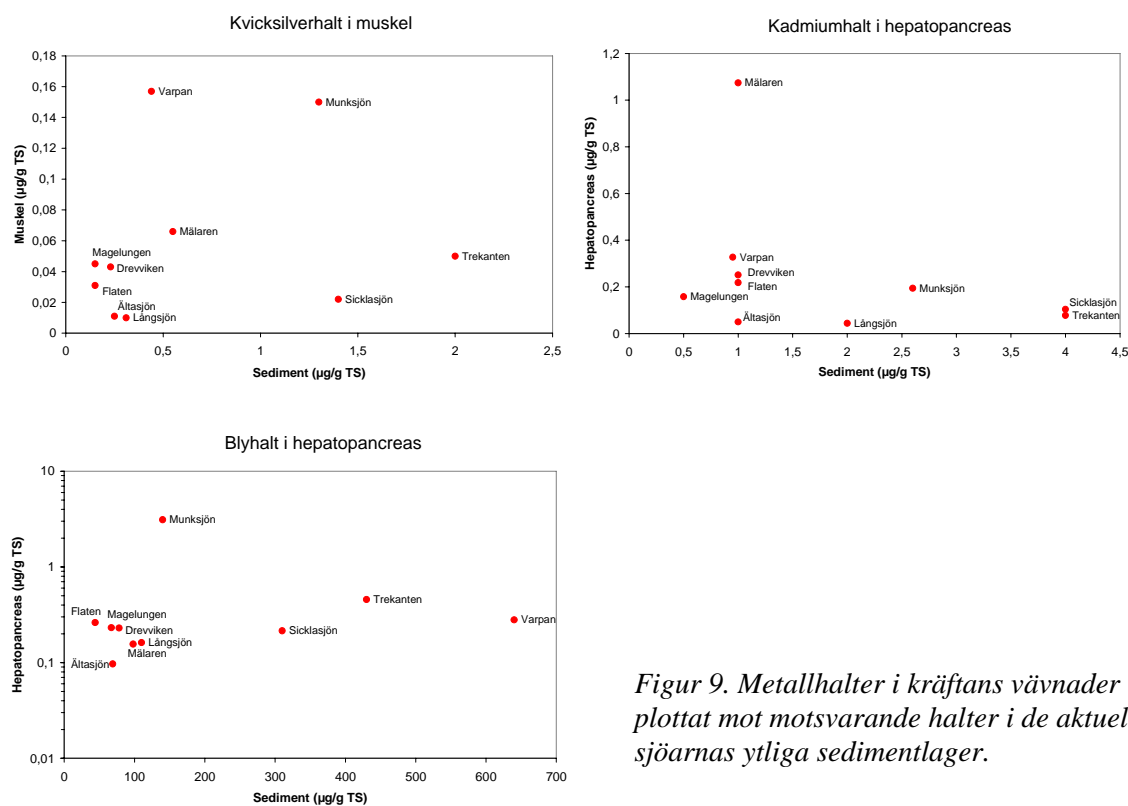
Figur 8. Halter av perfluorerade ämnen i kräftans tarmkörtel, hepatopancreas, relaterat till färskvikten.

5 Ser vi något samband mellan halter i kräftor och sediment?

I början av 2000-talet undersöktes de ytliga sedimentlagren i centrala Stockholms vattenområden, sjöar i Stockholms närhet och i angränsande delar av Östersjöns kustområden¹. Analyser gjordes i material från sedimentens två översta centimetrar på förekomsten av de 33 prioriterade ämnena i EU:s vattendirektiv samt ytterligare några stabila organiska ämnen och metaller.

Om man bortser ifrån de mest flyktiga föreningarna och de som snabbt omvandlas i sediment, konstaterades en god överensstämmelse mellan uppmätta halter i de undersökta sedimenten och förväntad förekomst sett till kunskapen om ämnenas användning i samhället och utsläpp till miljön. Exempelvis noterades förhöjda halter av flamskyddsmedel (PBDE) i Stockholms centrala och närliggande vattenområden, liksom av PCB, DDT och metallerna kvicksilver, kadmium och bly. Perfluorerade ämnen (PFAS), som ingått i vår kräftundersökning, analyserades inte i dessa sediment.

Olika slags jämförelser och korrelationsanalyser har gjorts för att försöka fastställa om det finns något samband mellan tidigare registrerade halter i botten sediment och de halter som uppmäts i kräftor i denna studie. Av Figur 9 framgår att detta inte är fallet för de analyserade metallerna.



Figur 9. Metallhalter i kräftans vävnader plottat mot motsvarande halter i de aktuella sjöarnas ytliga sedimentlager.

För de organiska ämnena har en korrelationsanalys gjorts. Endast sjöar i Stockholms stad har tagits med i analysen (7 st.) eftersom uppgifter saknas om halter i sediment för flertalet ämnen i övriga sjöar^b.

De ämnen där 50 % eller mer av observationerna ligger under detektionsgränsen har inte tagits med i analysen. Spearmans icke-parametriska korrelationsanalys har tillämpats^c. Grönmarkerade celler i Tabell 7 indikerar signifikanta samband ($p < 0,05$)^d.

Tabell 7. Beräknade samband mellan koncentrationer i sediment (torrsubstans) och i kräftans tarmkörtel, hepatopancreas (färskvikt), för de Stockholmsjöar som ingått i studien.

	Halt i hepatopancreas													
	BDE47	BDE99	CB28	CB52	CB101	CB118	CB153	CB138	CB180	transnona- klor	p,p-DDD	p,p-DDT	p,p-DDE	b-HCH
BDE47	-0,24	-0,43	-0,05	0,05	0,43	-0,14	-0,05	0,24	-0,10	0,24	0,62	0,65	-0,05	0,24
BDE99	-0,33	-0,33	0,05	-0,05	0,14	0,33	0,05	0,14	0,00	0,14	0,33	0,45	0,05	-0,05
CB28	0,24	0,43	0,62	0,52	0,14	0,71	0,43	0,52	0,39	-0,05	0,14	-0,15	0,24	0,14
CB52	0,05	0,24	0,43	0,33	-0,05	0,90	0,62	0,52	0,59	0,14	0,33	0,05	0,24	-0,05
CB101	-0,05	0,14	0,33	0,43	0,05	0,81	0,71	0,62	0,68	0,24	0,43	0,15	0,14	0,05
CB118	0,00	0,20	0,39	0,49	0,10	0,78	0,68	0,68	0,60	0,10	0,29	-0,10	0,00	0,10
CB153	0,05	0,24	0,43	0,52	0,14	0,71	0,62	0,71	0,59	0,14	0,33	0,05	0,05	0,14
CB138	0,05	0,24	0,43	0,52	0,14	0,71	0,62	0,71	0,59	0,14	0,33	0,05	0,05	0,14
CB180	0,14	0,33	0,52	0,62	0,24	0,62	0,52	0,62	0,49	0,05	0,24	-0,05	0,14	0,24
transnonaklor	-0,24	-0,24	-0,05	0,05	0,05	0,43	0,71	0,24	0,68	0,62	0,43	0,55	0,33	0,24
p,p-DDD	0,14	0,14	0,14	0,05	-0,33	0,62	0,71	0,24	0,68	0,24	0,24	0,15	0,52	-0,14
p,p-DDT	0,29	0,10	0,00	-0,29	0,10	0,10	0,20	-0,29	0,10	0,20	0,10	0,41	0,78	0,00
p,p-DDE	0,24	0,43	0,62	0,52	0,14	0,71	0,43	0,33	0,39	-0,05	0,14	-0,15	0,43	-0,05
b-HCH	-0,20	0,00	0,39	0,20	0,29	0,59	0,29	0,39	0,20	0,39	0,39	0,31	0,20	0,29

Korrelationsanalysen visar på en tydlig koppling för PCB och dess kongener mellan sediment och kräfta. Möjligen finns det även ett samband mellan vissa DDT-metaboliter, men knappast mellan de ingående PBDE-föreningarna. Vissa samband kan sannolikt förklaras med autokorrelation beroende på att flera ämnen förorenar samma sjö. Exempel på trolig autokorrelation är de mellan DDT i sediment och PCB i kräfta.

Värt att notera är PCB-kongen CB118, som uppvisar korrelation med nästan alla PCB-kongener i sediment. Detta kan vara en indikation på att CB-118 är särskilt biotillgängligt.

^b Följande Stockholmsjöar ingår i korrelationsanalysen: Trekanten, Långsjön, Magelungen, Drevviken, Ältasjön, Flaten och Sicklasjön.

^c Denna metod korrelerar rangordningen istället för de absoluta värdena, vilket innebär att den är en robust metod när det finns påtagligt avvikande värden, som här är fallet.

^d Vid den valda signifikansnivån kan man förvänta sig att 5 % av sambanden felaktigt pekats ut som signifikanta, vilket innebär att 1 till 2 av de grönmarkerade sambanden endast är signifikanta av slumpskäl (förmodligen t.ex. BDE47 mot DDT).

6 Vad har man sett i andra undersökningar?

Relativt få undersökningar har tidigare gjorts av föroreningsinnehållet i svenska kräftor.

Niklas Holmkvist doktorerade 2005 vid Lunds universitet⁴ på ”persistenta organiska föroreningar i bottenlevande näringskedjor”. I hans arbete ingick bl.a. att analysera innehållet av PCB och DDT i vävnader hos signalkräfta från sjöar med olika näringsstatus. Signifikanta skillnader i halter av PCB och DDT registrerades i kräftor från olika sjöar^e, men inget samband noterades med sjöarnas näringsrikedom. Inget tydligt samband förekom heller mellan halter i kräftans vävnader och dess ålder/storlek eller fetthalt.

Författaren förklarar bristen på samband med att kräftan genomgår minst en skalömsning per år och att den i samband med detta förbrukar stora mängder fett eftersom den då inte äter. De miljögifter som i huvudsak är bundna till fett kan då utsöndras från kräftan. En annan orsak kan vara att kräftan är allätare, varför föroreningsintaget till stor del beror på valet av och tillgången på föda, som i sin tur inte har någon direkt koppling till näringsstatus, ålder e.d.

Ett tydligt samband med sjöars näringsstatus konstaterades dock för kvicksilver och kadmium i kräftor, som infångades från 19 sjöar i södra Sverige⁵. En ökad näringsrikedom, som i inlandsvatten normalt beror på en ökad förekomst av fosfor, minskade halten av dessa två metaller i kräftan. Sambandet är känt från många andra studier på framför allt fisk, och brukar kallas ”bioutspädning”.

Livsmedelsverket undersökte vid slutet av 1990-talet innehållet av kvicksilver och några stabila organiska ämnen i svenska saluförda kräftor. De var inköpta i Uppsala^f men fångade i Sörmland och Småland^{6 & 7}. I kräftornas hepatopancres uppmättes en PCB-halt på i genomsnitt 25 µg/kg färskvikt angivet som kongenen CB-153. Motsvarande halt i stjärtmuskeln var 0,6 µg/kg färskvikt. Genomsnittsvärdet för DDE i samma material låg på knappt 12 µg/kg och HCB på 0,53 µg/kg. Kvicksilverhalten i kräftornas stjärtmuskelvävnad uppmättes till i genomsnitt 0,07-0,10 mg/kg färskvikt.

I vår undersökning låg medianvärdet för CB-153 på 30 µg/kg i hepatopancreas respektive 0,3 µg/kg i muskel, DDE på 10 µg/kg och HCB på 0,59 µg/kg i hepatopancreas samt kvicksilver på 0,05 mg/kg färskvikt i stjärtmuskeln. Dessa kräftor från i huvudsak Stockholms sjöar höll således ungefär samma genomsnittliga haltnivåer av kvicksilver, PCB och klorpesticider som ”Uppsala-kräftorna”.

På motsvarande sätt analyserades kvicksilver och ett antal klorerade kolväten i kräftor från Munksjön söder om Vättern år 2002⁸. Kvicksilverhalten i stjärtmuskeln uppmättes då till 0,05 mg/kg färskvikt medan halten DDT och PCB i hepatopancreas (som DDE respektive CB-153) bestämdes till 0,14 mg/kg respektive 0,44 mg/kg uttryckt som fettvikt. Ungefär dubbelt så höga koncentrationer registrerades i vår studie i kräftor från samma sjö år 2006, nämligen 0,15 mg/kg kvicksilver, 0,22 mg/kg DDE, respektive 0,86 mg/kg CB-153.

^e Hela kräftan analyserades efter frystorkning.

^f Kräftorna var färska, i något fall frysta, men ej kokta.

Uppgifter om bromerade flamskyddsmedel (PBDE) i vattenlevande organismer från svenska vatten finns veterligen endast för fisk, räkor och musslor från olika delar av Östersjön^{9 & 10}, respektive gädda från sjön Bolmen¹¹. Av den mest frekventa kongenen BDE-47 har under 1990- och 2000-talen exempelvis uppmätts ca 0,3 µg/kg färskvikt i muskulatur hos gädda från Bolmen, 1,6 µg/kg i strömming och 1,5-3 µg/kg i lax från Östersjön, respektive 4-8 µg/kg i lax från Vättern. I kräfta i vår studie låg halten BDE-47 i genomsnitt på nivån 0,6 µg/kg i hepatopancreas och <0,02 µg/kg i muskulaturen. BDE-halten var således betydligt lägre i kräftans än i fiskens muskelvävnad.

Koncentrationer i kräfta av den på sistone uppmärksammade ämnesgruppen perfluorerade föreningar (PFAS) har undersökts inom ramen för en näringskedjestudie i de stora nordamerikanska sjöarna (se uppgifter i Bilaga B). Man fann i dessa kräftors hepatopancreas halter av PFOSA (perfluorooctane sulfonamide) på samma nivå som i vår studie, medan PFOS (perfluorooctane sulfonate) och PFOA (perfluorooctanoate) låg ca en tiopotens lägre i de nordamerikanska kräftorna.

Förekomsten av PFAS i olika media i Nordens miljö undersöktes för några år sedan genom Nordiska Ministerrådets försorg¹². Bland annat analyserades PFAS-koncentrationen i abborrlever från sjön Mjösa i Norge och havsområdet i Östersjön utanför Kristianstad, samt i gäddlever från Mjösa och kusten utanför Helsingfors. Man fann att PFAS-innehållet i abborre helt dominerades av föreningen PFOS, medan gäddan även innehöll förhållandevis mycket PFOSA.

PFOS-halterna i gädd- och abborrlever i den nordiska undersökningen varierade mellan 25 och 600 µg/kg (färskvikt), vilket kan jämföras med haltintervallet 1-70 µg/kg i hepatopancreas i vår studie. Halten av PFOSA i gäddlever uppmättes till mellan 30 och 120 µg/kg, att jämföra med halter under 1 µg/kg i kräftans leverkörtel, hepatopancreas. Även dessa föreningar verkar alltså förekomma i högre halter i fisk än i kräfta.

7 Vilka osäkerhetsfaktorer måste beaktas?

Det är ofrånkomligt att en relativt översiktlig undersökning av screeningkaraktär, som det här är frågan om, är förknippad med flera osäkerhetsfaktorer.

En övergripande osäkerhetsfaktor är att korrelationsberäkningar och andra jämförelser och bedömningar i rapporten bygger på endast en analys per ämne, vävnad och lokal. Visserligen utgör provet en sammanslagning av vävnad från många individer, men ett enskilt analysresultat har ändå sina begränsningar. Önskvärt vore att kunna bilda tre samlingsprov per vävnad och lokal, men detta kräver samtidigt mycket större ekonomiska resurser.

En annan osäkerhetsfaktor ur monitoringsynpunkt är kräftans skalömsning, som kan leda till såväl en omfördelning som utsöndring av tidigare ackumulerade föroreningar. Enligt Niklas Holmqvist' avhandling⁴ slutar kräftan att äta perioden före sin årliga skalömsning, då den istället lever på sin fettreserv. Teoretiskt sett kan man tänka sig två diametralt olika konsekvenser av detta. De från fettet frigjorda fettlösliga föroreningarna kan via blodet nå andra fettreserver i kräftan där de åter ackumuleras. Detta skulle leda till en uppkoncentrering av ämnena i dessa fettreserver. På längre sikt när även dessa fetter förbrukas borde föroreningarna istället utsöndras och lämna organismen. Även om dessa teoretiska tankar inte är faktamässigt underbyggda visar de ändå på en osäkerhet gällande vad vi egentligen mäter hos kräftan om vi inte tar hänsyn till skalömsningsperioden.

Ytterligare en omständighet att beakta är det faktum att kräftan är allätare. Vi vet egentligen ingenting om vad kräftorna på de olika lokalerna livnär sig på i huvudsak. I värsta fall (ur undersökningssynpunkt) är kräftorna i en sjö huvudsakligen asätare och i en annan växtätare, vilket kan leda till felaktiga överväganden då deras vävnaders föroreningsinnehåll jämförs. Men förmodligen är kräftans kost mestadels varierande och denna omständighet därmed inget problem.

8 Kan kräftor fungera som ett mätinstrument för dessa ämnen?

Denna fråga ställde även författarna till den ovan refererade undersökningen av saluförda kräftor från marknaden i Uppsala^f. Förutom svenska kräftor analyserade de även stjärtmuskulatur och hepatopancreas i importerade kräftor från USA, Turkiet och Kina (som var kokta). Det faktum att man registrerade påtagliga skillnader i halter av stabila organiska ämnen hos kräftor, såväl mellan individer som hos populationer från olika länder, tog man som intäkt för att kräftor bör vara användbara för monitoring, dvs som mätinstrument för de aktuella ämnena kvicksilver, PCB och klorpesticider.

Vår studie visar på ett ganska tydligt samband för PCB och dess kongener mellan halter i sediment och i kräftors hepatopancreas, ett möjligt samband för några DDT-metaboliter, respektive inget samband för bromerade flamskyddsmedel eller kvicksilver, kadmium och bly. För perfluorerade ämnen har ingen sambandsanalys kunnat göras.

En förenklad slutsats av detta resultat skulle kunna vara att kräftor framför allt är användbara för att registrera tillgången på PCB och dess kongener. Mot denna slutsats kan invändas att en praktisk konsekvens av ett tydligt samband mellan sediment och vävnader hos kräftan blir att det både är enklare och billigare att fortsättningsvis inrikta sig på att undersöka sediment istället för kräftor.

Det faktum att sambandet mellan sediment och kräfta är svagt eller saknas för övriga ämnen är nämligen inte liktydigt med att halten i kräftan inte återspeglar förekomsten av biotillgängliga fraktioner av ämnena ifråga på ett korrekt sätt. Men samtidigt har vi idag inga underlag för att påstå att återspeglingen verkligen är korrekt. För de tre metallerna vet vi exempelvis från andra studier att en rad omgivningsfaktorer ofta har väl så stor betydelse för haltnivån i de vattenlevande organismerna än den totala förekomsten av ämnet ifråga. För de ”nya” ämnesgrupperna PBDE och PFAS krävs dock en rad ytterligare undersökningar i varierande miljöer för att kunna påstå något liknande.

Vad som generellt sett talar till kräftans fördel som mätinstrument för miljögifter är dess levnadssätt nära botten (där föroreningarna mestadels finns) och dess stora tarmkörtel, hepatopancreas, som tack vare sin storlek möjliggör analys av förhållandevis många ämnen. Körteln är dessutom, till skillnad från muskulaturen, förhållandevis rik på fett vilket gör att fettlösliga ämnen anrikas i den.

Till kräftans nackdel som mätinstrument talar den årliga skalömsningen som diskuterats i föregående avsnitt. Jämfört med exempelvis fisk borde detta innebära att inga riktigt höga koncentrationer hinner byggas upp i kräftorna. Detta kan vara en förklaring till de förhållandevis låga halter av bromerade flamskyddsmedel och perfluorerade ämnen som registrerades i kräftans vävnader jämfört med de studier som gjorts på fisk.

Kan man å andra sidan genom fortsatta, mer ingående studier lära sig mer om kräftans metabolism och föroreningsinnehåll under olika perioder, skulle kräftans användbarhet som mätinstrument sannolikt öka. Genom att fånga och analysera kräftorna strax innan

skalömsningsperioden inleds skulle man kunna få en aktuell bild av föroreningarnas biotillgänglighet, som återspeglar förhållandena mindre än ett år tillbaka i tiden. Kräftan bedöms i så fall ha en god potential att bli ett värdefullt tillskott i monitoringsammanhang.

9 Går det att äta kräftorna?

I faktarutan nedan har gällande svenska gränsvärden för de aktuella ämnena sammanställts. De avser egentligen saluförda kräftor, men bör samtidigt utgöra en bra bedömningsgrund för om kräftorna allmänt sett är lämpliga som föda oavsett om de inhandlats eller inte.

Gränsvärden för de aktuella ämnena

Värdena avser skaldjur utom huvud och mellankropp

ÄMNE	MAX-HALT	REF
Kvicksilver, kadmium och bly:	0,50 mg/kg färskvikt	EU ¹³
PCB (CB-153)	0,1 mg/kg färskvikt	LV ¹⁴
(Dioxiner & dioxinlika PCB	8,0 ng TEQ/kg färskvikt	EU ¹³)

För klorpesticider, bromerade flamskyddsmedel och perfluorerade ämnen finns inga gällande gränsvärden i Sverige.

Då våra undersökningsresultat jämförs med gränsvärdena ovan kan det konstateras halterna i kräftorna genomgående är lägre än gällande gränsvärden⁸.

I vår studie går resultaten endast att jämföra med gränsvärden för kvicksilver och CB-153 i kräftkött (stjärtmuskeln). För övriga ämnen har en annan del av kräftan analyserats än de som gränsvärdena gäller för (bly och kadmium), eller så saknas gränsvärden (organiska ämnen exklusive PCB).

Efter jämförelse med uppmätta halter i andra organ eller i fisk framstår dock halterna av ämnen som saknar gränsvärden som måttliga eller förhållandevis låga i de undersökta kräftorna. Om man väger in det faktum att kräftor normalt sett inte äts särskilt ofta, och att halterna i kräftans muskelvävnad genomgående är låga, gör vi bedömningen att kräftorna i vår undersökning kan ätas utan förbehåll.

⁸ Ingen beräkning har gjorts av TEQ-värdet i dioxinlika PCB eftersom dioxiner inte ingått i analyspaketet.

10 Referenser

- ¹ Sternbeck, J., Brorström-Lundén, E., Remberger, M., Kaj, L., Palm, A., Junedahl, E. & Cato, I. (2003). WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region. IVL rapport B1538.
- ² Nationalencyklopedin 2001-11-06. http://www.ne.se/jsp/search/article.jsp?i_art_id=151221
- ³ Sundbom, M, Maili, M. & Johansson, A.-M. (2007). Kvicksilver i fisk 2006. Kartering och miljöövervakning i Stockholm. Stockholms stads miljöförvaltning. ISSN:1653-9168.
- ⁴ Holmqvist, Nicklas (2005). Persistent organic pollutants in benthic foodwebs. Doktorsavhandling vid Lunds universitet, Ekologiska institutionen. ISBN 91-7105-221-6.
- ⁵ Larsson, P., Holmqvist, N., Stenroth, P., Berglund, O., Nyström, P. & Granéli, W. (2007). Heavy metals and stable isotopes in a benthic omnivore in a trophic gradient of lakes. *Environ.Sci.Technol.*41: 5973-5979.
- ⁶ Darnerud, P-O., Aune, M., Larsson, L. & Atuma, S. (1999). POP levels in crayfish – environmental monitoring and risk assessment aspects. Rapport från Livsmedelsverket.
- ⁷ Darnerud, P-O. (1999). Sakrapport till Naturvårdsverkets Miljöövervakningsenhet: Hg och POPs i svenska kräftor. Rapport från Livsmedelsverket.
- ⁸ Greyerz, E. (2003). Analys av klorerade kolväten och kvicksilver i kräftor från Munksjön år 2002. Analysrapport från Riksmuseets Specialanalytiska Laboratorium, nr 2 2003.
- ⁹ Bjerselius, R. Aune, M., Darnerud, P.O., Törnkvist, A., Glynn, A. & Larsson, L. (2004). Sakrapport till Naturvårdsverkets Miljöövervakning: Persistenta organiska miljöföroreningar i fisk från Östersjöregionen 2000-2002. Rapport från Livsmedelsverket.
- ¹⁰ Ankarberg, E., Aune, M., Darnerud, P.O., Törnkvist, A. & Glynn, A. (2007). Sakrapport till Naturvårdsverkets Miljöövervakning: Analys av bromerade flamskyddsmedel i Östersjöfisk. Rapport från Livsmedelsverket.
- ¹¹ Kierkegaard, A., Bignert, A., Sellström, U., Olsson, M., Asplund, L., Jansson, B. & de Witt, C.A. (2004). Polybrominated diphenyl esthers (PBDEs) and their methoxylated derivatives in pike from Swedish waters with emphasis on temporal trends, 1967-2000. *Environmental Pollution* 130: 187-198.
- ¹² Kallenborn, R., Berger, U. & Järnberg, U. (2004). Perfluorinated alkylated substances (PFAS) in the Nordic environment. *TemaNord* 2004:552.
- ¹³ EG-kommissionens förordning nr 1881/2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel.
- ¹⁴ SLVS 1993:36 / LIVSFS 2006:14



ISSN: 1653-9168