

BOTTENFAUNAUNDERSÖKNING SAMT FÖRORENINGSINNEHÅLL I FISK OCH SEDIMENT I BENGTSBROHÖLJEN

Rapport nr EKA 2002:16

Bengtsfors kommun

2003-10-06

Författad av

Marie Arnér, WSP Environmental¹

¹ Miljö kemi och miljö riskbedömning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	3
2	TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	3
3	SYFTE	4
4	PROVTAGNING	4
4.1	PROVTAGNINGSLOKALER	4
4.2	BOTTENFAUNA	5
4.3	SEDIMENT.....	5
4.4	FISK	6
4.5	BEVATTNINGSANLÄGGNINGARNA	6
5	ANALYSER	6
5.1	BOTTENFAUNA	6
5.2	SEDIMENT.....	6
5.3	FISK	7
5.4	BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR	7
6	RESULTAT	7
6.1	BOTTENFAUNA	7
6.2	SEDIMENT.....	8
6.2.1	Metaller	8
6.2.2	PCDD och PCDF.....	9
6.2.3	PAH- och oljeföreningar	10
6.3	SAMBAND MELLAN FÖRORENINGSHALT OCH BOTTENFAUNANS SAMMANSÄTTNING OCH ÅBUNDANS	11
6.4	FÖRORENINGSHALTER I FISK	13
6.4.1	Kvicksilver.....	13
6.4.2	Dioxiner	14
6.5	BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR	16
6.5.1	Metaller	16
6.5.2	PCDD och PCDF.....	16
7	SAMMANFATTNING	19
8	REFERENSER	21

- Bilaga 1 Medins Sjö- och Åbiologi. Undersökningar av bottenfauna i Bengtsbrohöljen 2003.
Bilaga 2 Resultat kemiska analyser.

1 BAKGRUND

I anslutning till den nedlagda kloralkalifabriken i Bengtsfors kommun (EKA-området) har höga till mycket höga halter av föroreningar, främst kvicksilver och dioxiner (PCDD, PCDF), påträffats i jord och sediment. Inom EKA-området har även PAH:er och tetrakloreten (perkloretylen, PCE) påträffats. Naturvårdsverket har anslagit pengar till efterbehandling av området. Inför kommande åtgärder, har det befintliga underlaget kompletterats med ytterligare undersökningar av mark, sediment och grundvatten. Tillsammans med tidigare resultat, kommer detta att utgöra underlag för förnyad riskbedömning, riskvärdering samt val av efterbehandlingsåtgärder.

I denna rapport redovisas resultaten av kompletterande undersökningar av profundal (djuplevande) bottenfauna samt föroreningshalter i sediment och fisk från recipienten Bengtsbrohöljen. Därutöver redovisas även resultat av vattenprovtagning vid två bevattningsanläggningar i Bengtsbrohöljen.

2 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR

I tidigare undersökningar av Bengtsbrohöljen har förhöjda halter av metaller och dioxiner påträffats i sedimentprover från hela sjön (Elert & Fanger 2001). Vid den utförda bottenfaunaundersökningen (profundalfauna) påträffades ett förhållandevis högt artantal med små skillnader mellan provtagningslokaler och förekomst av istidsrelikter, vilket visar på höga naturvärden i sjön (Ericsson & Vought 2001). Inga statistiskt samband mellan föroreningsgrad och artantal konstaterades, vilket indikerar att föroreningssituationen i liten grad påverkar bottenfaunasamhällets struktur. En negativ påverkan indikerades dock genom att mundelsskador observerades på fjädermyggselarver i området närmast EKA-fabriken.

Undersökning av strömbottenfauna visade en artrik och väl varierad fauna vid Bengtsbrohöljens in- och utlopp (Ericsson & Vought 2001). Ett stort antal känsliga indikatorarter och flera ovanliga arter påträffades vilket medförde att faunan bedömdes som opåverkad av föroreningar samt att naturvärdena bedömdes som höga. Variationer i artsammansättning mellan in- och utlopp tolkades som en effekt av regleringen vid inloppet.

Nät från en nattsländeart (*Hydropsyche sitalai*) undersöktes med avseende på typ och frekvens av fel vid Bengtsbrohöljens in- och utlopp (Ericsson & Vought 2001). Inga signifikanta skillnaderna erhöles mellan inlopp- och utlopp, dock noterades en högre andel fel samt mindre nät vid utloppet vilket kan tyda på föroreningspåverkan. Den relativt höga andelen fel vid inloppet kan indikera påverkan från uppströms belägna vattenområden. Detta styrks av ett uppmätt inflöde av kvicksilver och dioxiner till Bengtsbrohöljen samt identifierade misstänkta punktkällor i uppströms belägna vattenområden (EKA 2002: 3; 2002:6; 2002:20).

Kvicksilver- och dioxinhalten i abborre från Bengtsbrohöljen har analyserats (Elert & Fanger 2001). Medelhalten kvicksilver i abborrmuskel var 0,2 mg/kg färskvikt, vilket ligger under Livsmedelsverkets gränsvärde (0,5 mg/kg färskvikt) (Livsmedelsverket 2002). Halterna av dioxin (PCDD/PCDF) i analyserade prover abborrmuskel var mellan 0,12 – 0,52 pg TEQ/g färskvikt, vilket ligger under Livsmedelsverkets (2002) gränsvärde (4 pg TEQ/g färskvikt).

3 SYFTE

I denna rapport redovisas resultaten av kompletterande undersökningar av profundal (djuplevande) bottenfauna samt föroreningshalter i sediment och fisk från recipienten Bengtsbrohöljen. Undersökningen syftar till att besvara följande frågeställningar:

Struktur och sammansättning av bottenfauna

Avviker bottenfaunasamhället med avseende på art- och individrikedom, frekvens av yttre missbildningar och diversitet med förväntad i jämförbara vattensystem? Kan tidigare erhållna resultat verifieras?

Samband mellan föroreningsituation och bottenfauna

Finns något samband mellan föroreningshalt, förekomst och diversitet av bottenfauna? Kan tidigare erhållna resultat verifieras?

Föroreningsituationen i Bengtsbrohöljen

Hur varierar föroreningsituationen i sediment med ökat avstånd från EKA-området? Kan tidigare erhållna resultat verifieras?

Föroreningshalter i fisk

Hur höga är halterna av kvicksilver och dioxiner i abborrmuskel? Kan tidigare erhållna resultat verifieras? Vilka konsekvenser får resultaten för riskbedömning och kostråd för fisk?

Föroreningshalter i bevattningsanläggningar

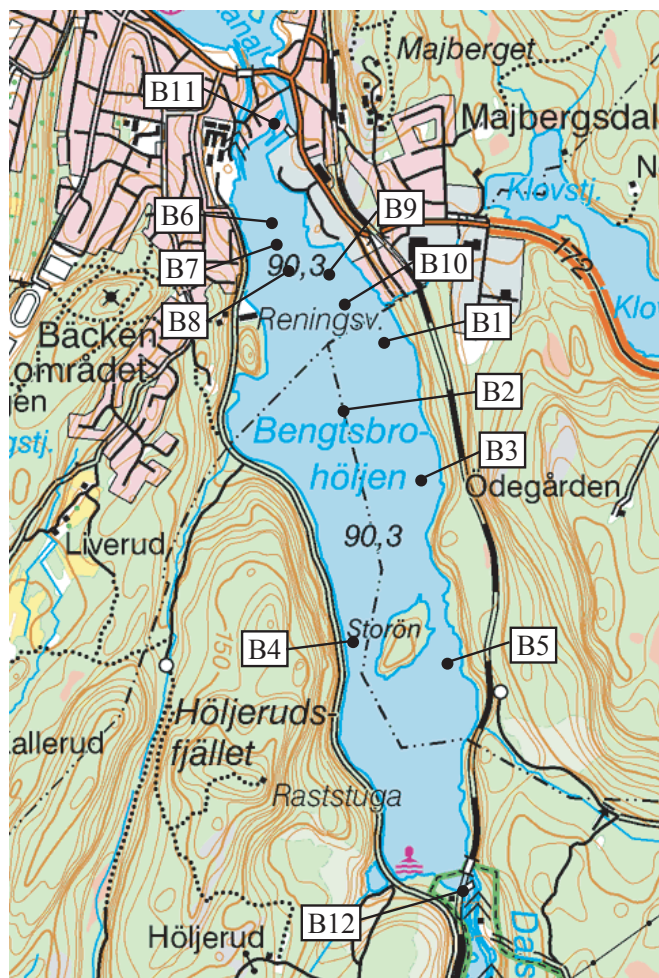
Hur höga är halterna av kvicksilver och dioxiner taget vid uppumpat vatten? Avviker halterna från ytvattenhalterna i in- och utlopp till Bengtsbrohöljen? Vilka konsekvenser får ev. påträffade halter av föroreningar för riskbedömning?

4 PROVTAGNING

Provtagningarna har utförts av Medins Sjö- och Åbiologi som är ackrediterade för provtagning och analys av sediment och bottenfauna. Fiske av abborrhonor utfördes från is 2003-01-10 och bottenfauna- och sedimentundersökningen genomfördes 2003-04-08. Genomförande och resultat av bottenfaunaundersökningen redovisas i sin helhet i Bilaga 1.

4.1 PROVTAGNINGSLOKALER

Provtagning av sediment och bottenfauna genomfördes i de tio provtagningslokaler som undersöktes år 2000 (B1 – B10, Fig. 1.). Sedimentprov togs även i anslutning till badplatsen i södra delen av sjön. Vid provtagning bestämdes positionen med GPS och koordinaterna redovisas i Bilaga 1. Djupet i de undersökta provpunkterna varierade mellan 8 och 13,5 m (Bilaga 1)



Figur 1. Provtagningslokalernas läge. Prov togs även i anslutning till badplatsen i sydvästra delen av sjön. B11 och B12 utnyttjades år 2000 för undersökning av bottenfauna i rinnande vatten 2000. (Ericsson & Vought 2001)

4.2 BOTTENFAUNA

Provtagningen genomfördes enligt den standardiserade metoden BIN RR 01 och Naturvårdsverkets handbok för miljöövervakning (Ekmanhuggare, 5 hugg per provpunkt). Provtagningsnivå ca 0-10 cm under sedimentyta. Analysnivån avseende bestämning av bottenfauna motsvarar den som föreskrivs i Naturvårdsverket 1999 (rapport 4913). Utöver detta har oligochaeter bestämts till art. För en utförligare beskrivning, se Bilaga 1.

4.3 SEDIMENT

Provtagning av sediment utfördes enligt BIN SR 01 med rörprovtagare i provtagningslokalerna B1-B10 samt vid badplatsen. För undersökning av eventuella samband mellan bottenfauna och föroreningsinnehåll insamlades ett samlingsprov bestående av fem prov från varje lokal (ca 0 – 10 cm från sedimentyta).

För att erhålla bakgrundsunderlag för bedömning av förändring av halter i ytsediment före, under och efter åtgärd har kompletterande prover insamlats från provtagningslokalerna B1-B10. På varje provtagningslokal har ytterligare tre proppar tagits där prov uttagits från skikten 0-1 cm, 5-6 cm, 10-11 cm och 15-16 cm (totalt 30 hugg). Val av skikt har även anpassats till sedimentkärnans längd

och eventuella okulära indikationer på skillnader mellan olika lager inom sedimentkärnan. Respektive skikt från de tre propparna har lagts samman till ett samlingsprov. Proverna förvaras frysta i avvaktan på eventuell analys.

4.4 FISK

Provtagning av abborre skedde genom metning från is. Honor i storleksintervallet 15 – 20 cm utvaldes och för varje individ noterades totalvikt och totallängd (Tabell 2). Proverna frystes och preparation av fiskmuskel utfördes av Analytica AB. Provhanteringen följde riktlinjer utarbetade för den nordiska databanken för miljöprov (Nordic Environmental Specimen Banking) (esb.naturforvaltning.no/fs.htm) och som följer BIN HM 1989 (Biologiska inventeringsnormer. Standard för tungmetaller).

4.5 BEVATTNINGSANLÄGGNINGARNA

Provtagningarna utfördes 2003-06-03 och 2003-06-04 i anslutning till pågående provtagningar av föroreningshalter i in- och utlopp till Bengtsbrohöljen. Provtagning för metallanalys skedde direkt i provtagningskärlet. Provtagning av ytvatten för kvicksilveranalyser gjordes i provpunkt 8008 (Bäckens vattenförening, Liverudsvägen 7) och 8009 (Östebovägen), båda belägna på Bengtsbrohöljens västra sida, i höjd med reningsverket.

Pumpad provtagningen för dioxinanalys utfördes 2003-06-04 i provpunkt 8008 av Roger Andersson, som även ombesörjer övrig provtagning av dioxiner i ytvatten. Ca 800 l pumpades genom ett membranfilter och ett polyuretanfilter. För metodbeskrivning, se EKA 2002:9. Lelångens och Bengtsbrohöljens utlopp provtogs 2003-06-02 respektive 2003-06-03.

5 ANALYSER

5.1 BOTTENFAUNA

Bottenfaunan analyserades m a p förekomst av indikatorarter, totalantal taxa, medelantal taxa/prov, individtäthet, diversitet och missbildningsfrekvens hos fjädermygglarver (*Chironomus* sp.). Nivån för artbestämningarna följer i huvudsak Naturvårdsverkets (1999b) med tillägget att artnivå inom gruppen oligochaeta (fåborstmaskar) bestämdes så långt möjligt. BQI och O/C-index beräknades som mått på näringstillgång och biologisk produktion i sjön.

5.2 SEDIMENT

Metallanalyser utfördes på samlingsprov från provlokal B1-B10 samt badplatsen (Tabell 1). Metylkvicksilver analyserades i prov från provpunkt B2, B4, B6, B8 och B10. Sju prover analyserades m a p dioxiner (B2-4, B6, B8, B10 samt badplatsen). Baserat på fältnoteringar om oljeförekomst (se Bilaga 1) samt de historiska aktiviteterna inom EKA-området, analyserades även PAH16 och förekomst av semivolatila organiska föreningar i B2, B4, B6, B8 och B10.

Tabell 1. Utförda kemiska analyser i sediment (0 – 10 cm), abborrmuskel och bevattningsanläggningar.

Parameter	Antal analyser		
	Sediment	Fisk	Bevattningsvatten
Metaller (inkl Hg) ²	11	3	2
Dioxiner och furaner	7 ²	2 ²	1 ³
Screening semivolatila föreningar	5 ²	--	--
Metylkvikksilver ⁴	5	--	--
Fettvikt ²	--	5	--

5.3 FISK

Kvikksilver analyserades i muskelprover från tre individuella fiskar (Tabell 1, 2).

Dioxinkoncentrationen bestämdes i två samlingsprover, bestående av fem fiskar vardera.

Tabell 2. Totallängd och –vikt samt fettvikt i analyserade abborrar.

Fisk	Totallängd (mm)	Totalvikt (g)	Fettvikt (%)	Analys
1	196	57	1,7	Dioxin
2	198	74		
3	184	54		
4	177	48		
5	163	39		
6	183	57	3,3	Dioxin
7	179	45		
8	164	40		
9	162	35		
10	151	31		
11	158	37	1,1	Kvikksilver
12	150	30	1,1	Kvikksilver
13	164	37	0,9	Kvikksilver

5.4 BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR

Provtagning av kvikksilver (tot) utfördes i två punkter (8008, 8009) och dioxinanalys i en punkt (8008).

6 RESULTAT

6.1 BOTTENFAUNA

Bottenfaunaundersökningen redovisas i detalj i Bilaga 1.

Sammanfattningsvis visar resultaten på ett förhållandevis högt artantal och en likartad artsammansättning vid samtliga provlokaler. Bland de påträffade arterna fanns istidsrelikter vilket visar på höga naturvärden i sjön. Trots att höga halter av kvikksilver och dioxin mätts upp i sjöns sediment kan inte faunan på djupbottenarna bedömas vara kraftigt påverkad. En negativ påverkan märks dock genom att mundelsskador observerades på fjädermyggslarver vid provlokalerna i det så kallade närområdet.

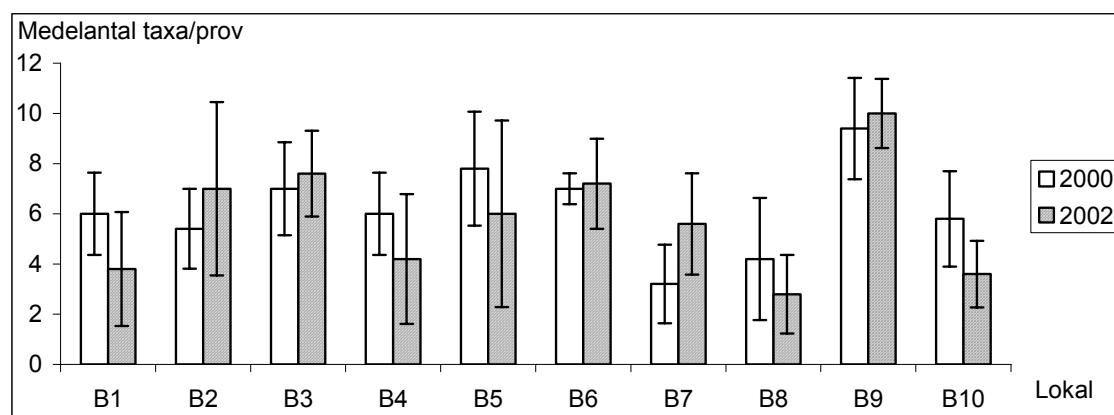
² Analys utförd av Analytica AB

³ Analys utförd av Umeå Universitet, institutionen för miljö kemi

⁴ Analys utförd av IVL

Bland de förekommande arterna fanns flera som indikerar en näringsfattig miljö och höga syrehalter i bottenvattnet. Liksom i tidigare undersökning (2000) minskar såväl artantalet som individtäteten med provdjupet i sjön, vilket är naturligt.

Artsammansättning är likartad jämfört med undersökningen 2000 (Bilaga 1). Även individtätet och artantal varierar förhållandevis lite jämfört med senaste undersökningen (Figur 2). Variationen är inte större än att den kan antas bero på naturlig mellanårsvariation och/eller slumpfaktorer.



Figur 2 Medelantal taxa/prov vid lokalerna i Bengtsbrohöljen vid undersökningarna 2000 och 2003. Felstaplar anger 95 % konfidensintervall. Från Bilaga 1.

6.2 SEDIMENT

Analysresultaten redovisas i sin helhet i Bilaga 2. Svenska effektbaserade riktvärden saknas, varför jämförelser görs med holländska och kanadensiska diton.

6.2.1 Metaller

Mediankoncentrationen av arsenik, kadmium, krom, nickel, bly och vanadin ligger i nivå med eller upp mot dubbla bakgrundsvärdet för södra Sverige (Tabell 3). Kopparkoncentrationerna ligger 2 – 7 gånger högre, medan kvicksilver (8 – 26 mg Hg/kg TS) ligger mellan 50 och 160 gånger högre än bakgrundsvärdet. Skillnaderna mellan stationer är relativt liten, och resultaten ligger i nivå med resultaten från undersökningen år 2000 (Elert & Fanger 2001).

Kvicksilverhalterna i denna undersökning (ytligt sediment 0-10 cm u sedimentytan) ligger i nivå med påträffade halter på nivån 15 – 20 cm i de mer detaljerade analyser av olika sedimentskikt som redovisas i EKA 2002:21. Detta sedimentdjup bedöms motsvara tiden för EKA-fabrikens driftstid. På g a den sämre upplösning finns ingen information avseende föroreningshalterna i det sediment som pålagras i dagsläget. Resultaten i EKA 2002:6 och 2002:21 och Elert & Fanger (2001) visar generellt lägre föroreningshalter i ytliga sediment. Prover från föreliggande undersökning finns sparade om denna information efterfrågas.

Halterna av metylkvicksilver varierar mellan 36 och 73 $\mu\text{g/kg TS}$ (0,2 – 0,5 % av totalhalten), vilket är högre än i merparten analyserade prover i Lelång (närmast uppströms Bengtsbrohöljen), men i nivå med uppmätta halter utanför sulfittfabriken i Bengtsfors (EKA 2002:6). Detta bedöms som en

låg andel t ex jämfört med andelen i nederbörd som uppgår till ca 1,5 %. Andelen metylkvicksilver i omedelbar anslutning till EKA-området är generellt något högre (EKA 2002:21). Den högsta uppmätta halten av metylkvicksilver är 225 µg/kg TS, vilket motsvarar ca 14% av totalhalten (EKA 2002:21).

Bly- och kvicksilverkoncentrationen ligger över respektive kraftigt över det kanadensiska ”Probable Effect Level”, medan övriga metallhalter underskrider eller ligger i nivå med detta värde.

Tabell 3. Max- och medianhalter i sediment (0-0,1 m under sedimentytta). Enhet mg/kg TS.

	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg
Max	10	215	3	27	146	25	22	321	26
Median	6	153	2	12	96	23	20	264	11
Bakgrund s:a Sverige¹	10	80	1,4	--	20	15	10	240	0,16
IVL²	6,5	255	2,8	15,5	230	75,5	37,5	665	2,2
CCME ISQG³	5,9	35	0,6	--	36	37	--	123	0,17
CCME PEL⁴	17	91	3,5	--	197	90	--	315	0,5
RIVM MPC⁵	160	4500	29	12	36	1700	10	530	26
RIVM SRC⁶	5900	63000	820	3200	660	43000	2600	6600	1500

¹ Naturvårdsverket 1999. Rapport 4913.

² IVL 1998. Medianhalt 0-0,18 cm u sedimentytta (Stockholm).

³ ISQG = Interim Sediment Quality Guideline value. CCME 2002.

⁴ PEL = Probable effect level. CCME 2002.

⁵ MPC=Maximum permissible concentration. Koncentration där inga negativa effekter är förväntade för 95 % av arterna eller de ekologiska processerna. RIVM 2001a.

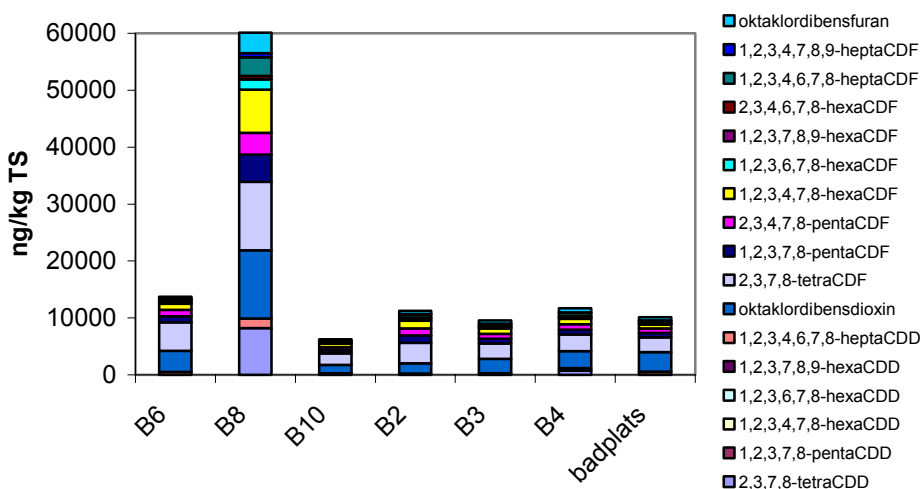
⁶ SRC = Serious risk concentration. Koncentration där inga negativa effekter är förväntade för 50% av arterna eller ekol. Processer. Säkerhetsfaktor mellan 1-10. Biomagnifikation är ej beaktad då allvarligt förorenade områden generellt är begränsade ytmässigt. RIVM 2001a.

6.2.2 PCDD och PCDF

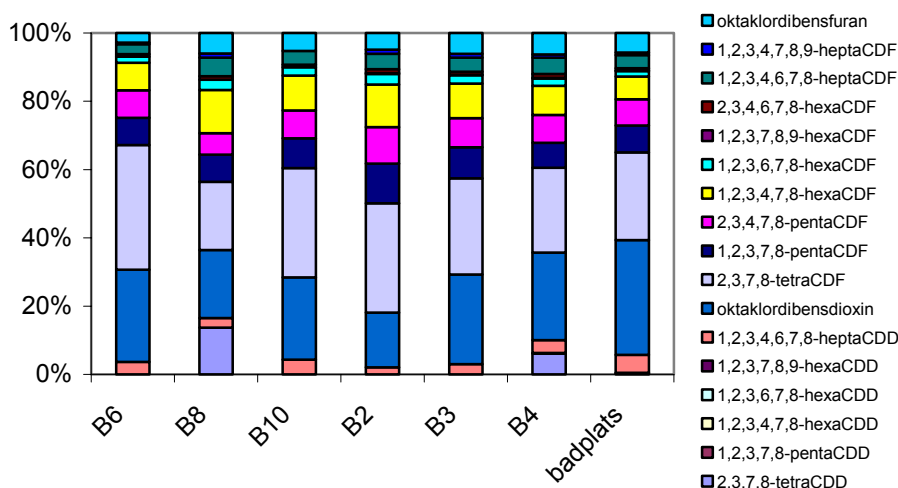
Föroreningshalterna i analyserade sedimentprover är höga (högsta totalhalt 60 000 ng/kg TS) och något högre än vad som tidigare påträffats i ”övriga sjön” (utanför EKA-fabrikens närområde) (Figur 3) (Elert & Fanger 2001). Furan-kongenerna dominerar och utgör mellan 60 och 80 % av totalhalterna (Figur 4). Uttryckt som toxiska ekvivalenter ligger halterna i sex av sju prover mellan ca 600 och 1 700 ng TEQ/kg TS. I prov B8, taget strax söder om EKA-området uppgick halten dioxiner till ca 12 600 ng TEQ/kg TS, vilket troligen är den högsta uppmätta halten i Bengtsbrohöljen.

Provtagningar av sediment i anslutning till EKA-fabrikens närområde uppvisar halter av enskilda kongener mellan 0 – 15 000 ng/kg TS (EKA 2002:21). I prover tagna i Lelång påträffades endast två dioxinkongener över rapporteringsgränsen. Halterna av de enskilda kongenerna varierade mellan ca 250 och 4 000 ng/kg TS (EKA 2002:6)

I tidigare undersökningar har halterna varierat mellan 30 och 550 ng TEQ/kg TS i närområdet och i djuphålorna upp mot 1 400 ng TEQ/kg TS. I ”övriga” sjön varierade halterna mellan ca 200 och 850 ng TEQ/kg TS (Elert & Fanger 2001). Den högsta uppmätta halten var vid undersökningen år 2000 ca 3 400 ng TEQ/kg TS (Elert & Fanger 2001).



Figur 3. Totalhalten PCDD och PCCF i analyserade sedimentprover (0 – 10 cm u sedimentyta).



Figur 4. Den relativa fördelningen av olika dioxin- och furankongener i analyserade sedimentprover (0 – 10 cm u sedimentyta).

6.2.3 PAH- och oljeföreningar

Uppmätta max-och medianhalter i Bengtsbrohöljens sediment ligger i nivå med medianhalterna i sediment i Stockholms inre vatten vilket indikerar en klar belastning (Tabell 4). Jämförelsedata saknas för sötvattensediment, men i havssediment bedöms halter >2,5 mg PAH11 /kg TS indikera påverkan av punktkälla (Naturvårdsverket 2000c). I IVL 1998 bedöms 2mg summaPAH/kg TS utgöra den övre gränsen för bakgrundskoncentration.

För ca 25 % av de analyserade PAH-föreningarna ligger medianhalten över den kanadensiska ”probable effect”-nivån (PEL). Inga av de uppmätta halterna ligger över det holländska riktvärdet för ” Serious Risk concentration” (SRC).

I provtagningen noterades oljeskimmer vid ett flertal av provtagningslokalerna (Bilaga 1). De uppmätta halterna är låga och tyngre alifatiska kolväten i fraktionen C16 – C35 dominerar. Halterna varierar mellan ca 100 – 500 mg/kg TS, vilket är vad som uppmäts i opåverkade sediment (SGU-SOL 2000). Klorfenoler, PCB eller andra semivolatila organiska ämnen detekterades inte vid analysen.

Tabell 4. Medelkoncentrationen av PAH-föreningar i sediment (0-0,1 m under sedimentyta). Enhet mg/kg TS.

* = cancerogen < = mindre än rapporteringsgräns.

	Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Antracenen	Fluoranten	Pyren
Max	1,2	0,6	<	0,4	2,1	0,5	2,5	2,5
Median	0,2	0,2	<	0,4	0,7	0,2	1,5	1,5
IVL¹	--	--	--	--	--	--	--	--
CCME ISQG¹	0,035	0,006	0,007	0,021	0,042	0,047	0,111	0,053
CCME PEL²	0,391	0,128	0,089	0,144	0,515	0,245	2,4	0,875
RIVM MPC³	0,12	--	--	--	3,3	0,039	1	--
RIVM SRC⁴	17	--	--	--	31	1,6	260	--
	*Benso-(a)antracenen	*Krysen	*Benso-(b+k)fluoranten	*Benso-(a)pyren	*Dibenso-(a,h)-antracenen	Benso-(ghi)-perylene	*Indeno-(1.2.3)-pyren	
Max	0,6	0,6	1,5	0,5	<	0,6	0,5	
Median	0,4	0,5	1,1	0,3	<	0,5	0,4	
IVL¹	--	--	--	--	--	--	--	
CCME ISQG¹	0,032	0,057	0,032	0,032	0,006	--	--	
CCME PEL²	0,385	0,862	0,782	0,782	0,135	--	--	
RIVM MPC³	0,49	8,1	0,38	0,19	--	0,57	0,031	
RIVM SRC⁴	49	35	38	28	--	33	1,9	
	PAHcanc	PAHövr	Sa PAH16					
Max	3,2	9,9	13,1					
Median	2,6	4,6	7,2					
IVL¹	--	--	11,5					
CCME ISQG¹	--	--	--					
CCME PEL²	--	--	--					
RIVM MPC³	--	--	--					
RIVM SRC⁴	--	--	--					

¹ IVL 1998. Medianhalt 0-0,18 cm u sedimentyta (Stockholm).

² ISQG = Interim Sediment Quality Guidelines. CCME 2002.

³ PEL = Probable effect level. CCME 2002.

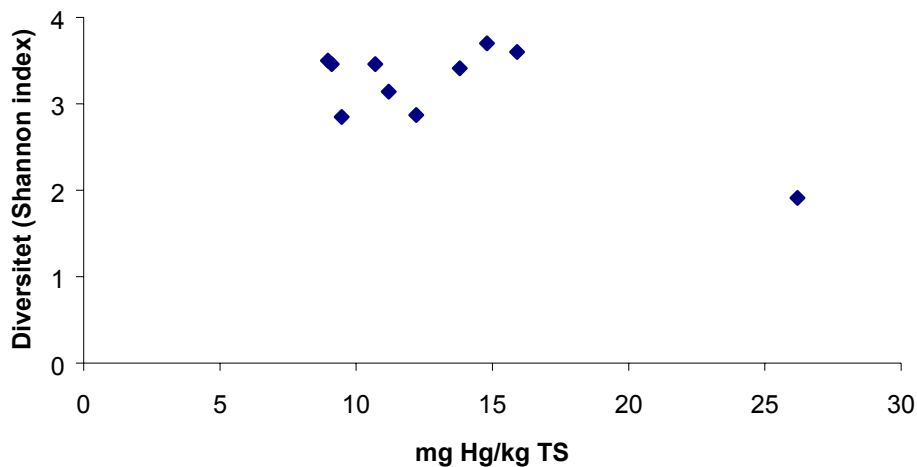
⁴ MPC=Maximum permissible concentration. Koncentration där inga negativa effekter är förväntade för 95 % av arterna eller de ekologiska processerna. RIVM 2001.

⁵ SRC = Serious risk concentration. Koncentration där inga negativa effekter är förväntade för 50% av arterna eller ekol. processer. Säkerhetsfaktor mellan 1-10. Biomagnifikation är ej beaktad då allvarligt förorenade områden generellt är begränsade ytmässigt. RIVM 2001.

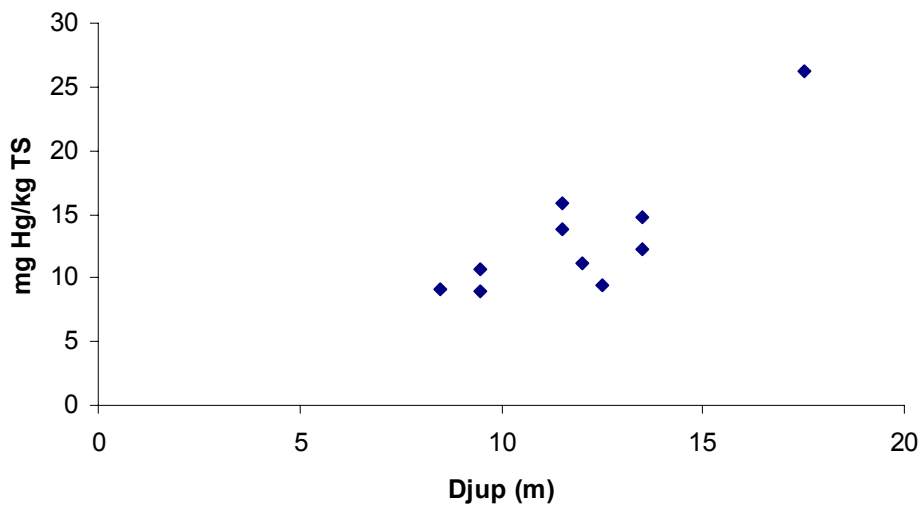
6.3 SAMBAND MELLAN FÖRORENINGSHALT OCH BOTTENFAUNANS SAMMANSÄTTNING OCH ABUNDANS

Inga signifikanta samband erhöles mellan kvicksilverkoncentrationen och antalet taxa eller individtätheten. Däremot indikerades ett signifikant negativt samband mellan kvicksilverkoncentration och diversitet ($p=0,04$, $N=10$)(Figur 5). Det finns samtidigt ett signifikant positivt samband mellan kvicksilverhalt och vattendjup ($p=0,002$, $N=10$) (Figur 6). Detta medför att lägre diversitet vid högre kvicksilverhalter kan vara en effekt av ett större vattendjup och/eller högre kvicksilverhalter. Sambandet mellan djup och diversitet är signifikant negativt ($p=0,01$, $N=10$)(Figur 7).

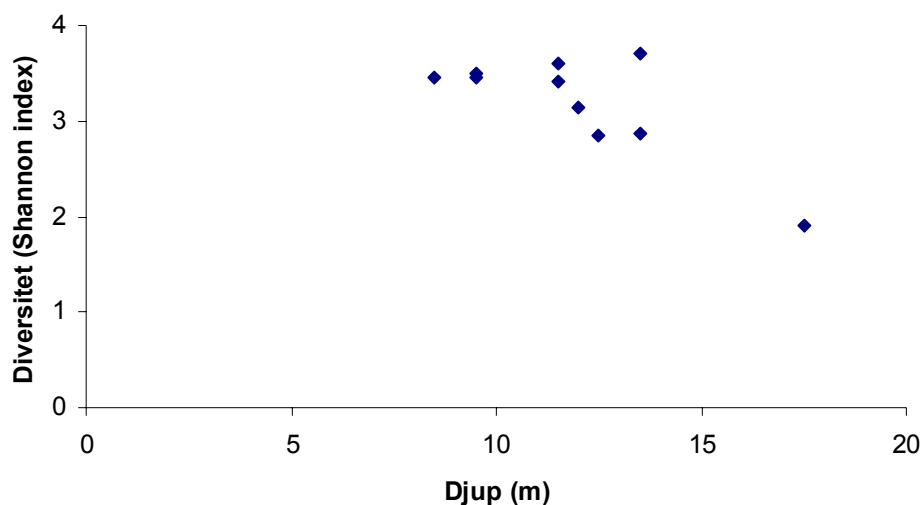
Inga signifikanta samband erhöles mellan dioxinkoncentrationen, uttryckt som toxikologiska ekvivalenter, och antalet arter, individtätet eller abundans. Dock indikeras ett negativt samband mellan dioxinkoncentration och diversitet ($p=0,06$, $N=5$). Inget signifikant samband mellan dioxinkoncentration och djup erhöles.



Figur 5. Kvicksilverhalt vs diversitet. $p=0,04$, $N=10$.



Figur 6. Djup vs kvicksilverhalt. $p=0,002$, $N=10$.



Figur 7. Djup vs diversitet. $p=0,01$, $N=10$.

6.4 FÖRORENINGSHALTER I FISK

6.4.1 Kvicksilver

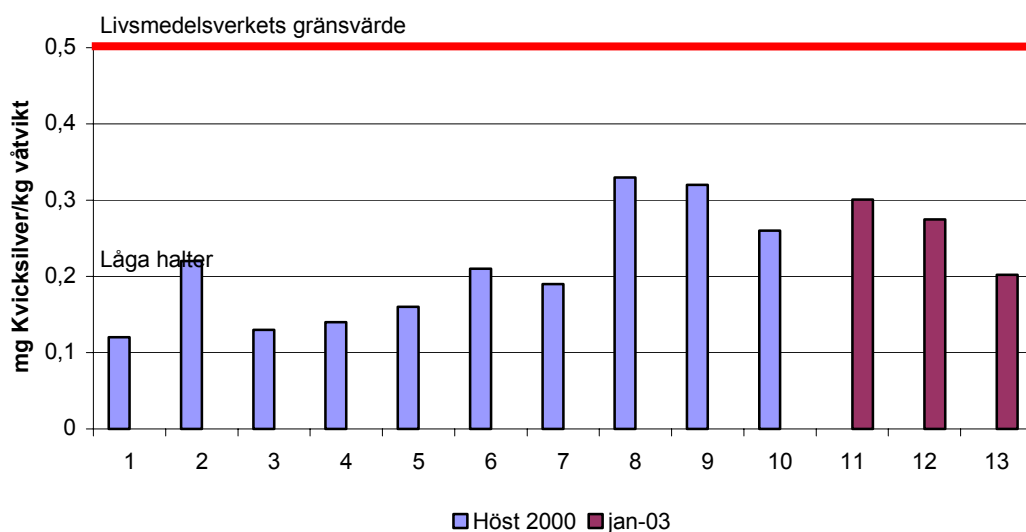
Uppmätta halter av kvicksilver i abborrhonor (15 – 20 cm) från Bengtsbrohöljen varierar mellan 0,11 och 0,32 mg/kg vv⁵ (Figur 8). Halterna överskrider inte Livsmedelsverkets gränsvärde (Livsmedelsverket 2002). Vid provfisket 2003 utgjorde abborrar i storlekar upp till 20 cm drygt 80 % av det totala antalet abborrar (EKA 2002:17).

I tidigare undersökningar har halter upp mot ca 0,3 mg kvicksilver /kg vv uppmätts i Bengtsbrohöljen och halterna i sjön, liksom i Lelången och Västra Laxsjön, var högre än i andra sjöar inom Dalslands kanal (Grotell & Sangfors 1997). I sjöar i närområdet (Fillingsjön och Västra Solsjön) har halter på ca 0,5 mg/kg vv (medel) respektive 0,2 mg/kg vv rapporterats (Elert & Fanger 2001). Fillingsjön är humös vilket kan vara en av förklaringarna till de högre kvicksilverhalterna i abborre från denna sjö. Västra Solsjön, uppströms Bengtsbrohöljen och i Svärdlångens avrinningsområde, är en klarvattensjö som bedöms opåverkad av direkta utsläpp.

Enligt uppgifter i Grahn & Sangfors (2000) tyder analyser utförda på gädda från Bengtsbrohöljen och Lelången på halter på ca 0,9 – 1 respektive 0,5 – 0,6 mg Hg/kg vv (undersökningar utförda under 1970- och 80 talet, ursprungsmaterialet har ej varit tillgängligt för genomgång). I andra sjöar inom avrinningsområdet (t ex Råvarpen) uppmättes halter över 2 mg Hg/kg vv under 1960-talet, med lägre halter (0,5 – 0,7 mg Hg/kg vv) i uppföljande analyser i under 1980-talet. Så vitt känt har inte uppföljande analyser gjorts i Bengtsbrohöljen.

Vid en nyligen utförd analys av fisk från Vänern och Vättern (öring, lake, röding) varierade kvicksilverhalterna mellan ca 0,25 och 0,5 mg/kg vv (Naturvårdsverket 2003).

⁵ vv=våtvikt, färskvikt



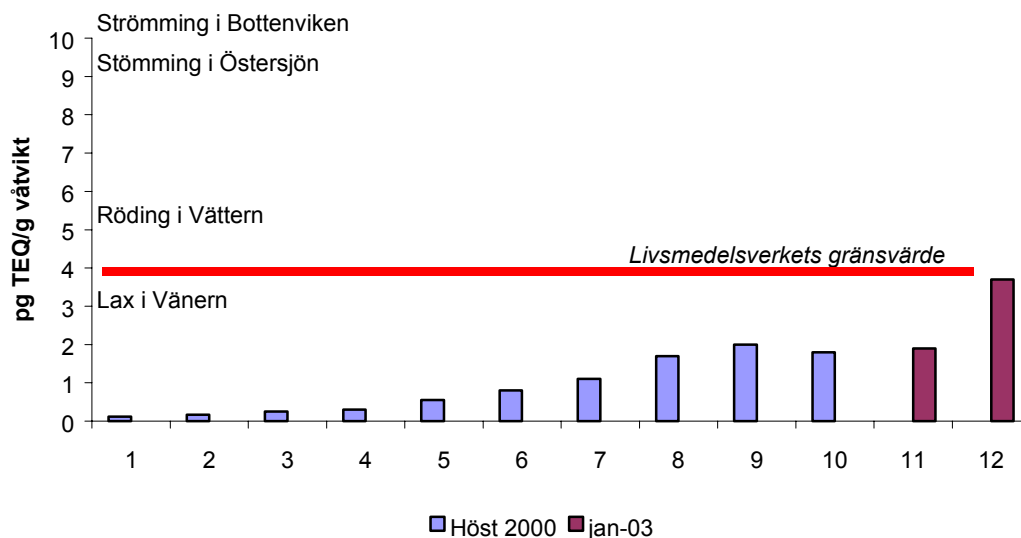
Figur 8. Uppmätta kvicksilverhalter i abborre (honor, 15 – 20 cm) i Bengtsbrohöljen. Undersökningar hösten 2000 och vintern 2003.

6.4.2 Dioxiner

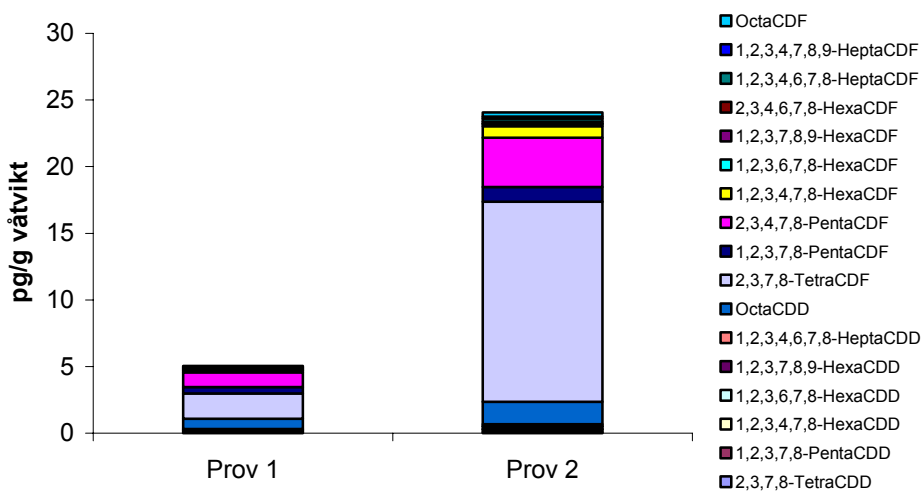
Uppmätta dioxinhalter i abborre (samlingsprov) från Bengtsbrohöljen (prov 1 – 5 och 11 – 12 i Figur 9) varierar mellan 0,12 och 3,7 pg TEQ/g vv. Furankongener utgör mellan ca 80 och 90 % av det totala dioxin och furankoncentrationen i fisk (Figur 10, 11). Resultaten från Elert & Fanger 2001 tyder på att dioxiner biomagnifieras⁶ i abborre. Föroreningshalterna i öring från Höljerudsforsarna (prov 6 – 10 i Figur 9) liksom uppmätta halter i abborre ligger under Livsmedelsverkets gränsvärde (4 pg WHO-TEQ/g vv) (Livsmedelsverket 2002). Tidigare mätningar av dioxinhalter i öring och gädda från Bengtsbrohöljen har visat på halter i storleksordningen 1,4 respektive 1,6 pg TEQ/kg vv (Bergek *et al* 1991).

Vid jämförelse av dioxinhalter i fisk från olika delar av landet kan konstateras att stora variationer finns mellan arter, geografiskt område och olika mättillfällen (de Wit & Strandell 2000) (Figur 9). Vid en av de senare analyserna av fisk från Väneren och Vättern (öring, lake, röding) varierade dioxinhalterna mellan 0,65 och 4,8 ng WHO-TEQ/kg vv (Naturvårdsverket 2003).

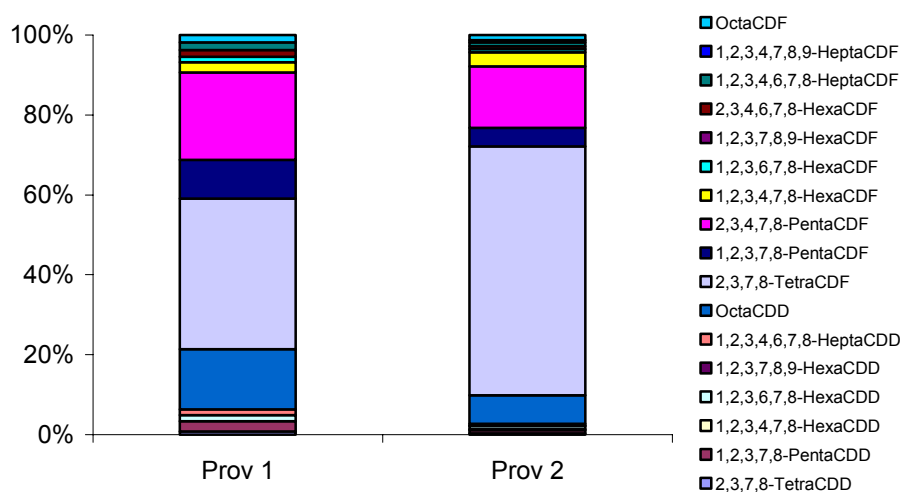
⁶ Biomagnifikation = ökande halter med öka trofinivå, dvs artens position i näringskedjan.



Figur 9 Uppmätta dioxinhalter i abborre (15 – 20 cm) i Bengtsbrohöljen (prov 1 – 5 och 11 – 12). Prov 6 – 10 öring från Höljerudsforsen. Undersökningar hösten 2000 och vintern 2003. Enhet pg TEQ/g våtvikt. Jämförelser med uppgifter om medelkoncentration av dioxiner i olika fiskarterer från sammanställning i Elert & Fanger 2001.



Figur 10. Totalhalt och fördelning mellan olika dioxin och furankongener i analyserade abborrar(15 – 20 cm) i Bengtsbrohöljen. Samlingsprov. Undersökning vintern 2003. Enhet pg/g våtvikt.



Figur 11. Relativ fördelningen mellan olika dioxin- och furankongener i analyserade abborrar(15 – 20 cm) i Bengtsbrohöljen. Samlingsprov. Undersökning vintern 2003.

6.5 BEVATTNINGSANLÄGGNINGAR

6.5.1 Metaller

Kvikksilverhalten i analyserade vattenprover är låga och underskrider Livsmedelsverkets gränsvärde för dricksvatten (1 µg/l) och svenska bakgrundshalter i ytvatten (0,002 - 0,004 µg/l) (Tabell 5). Koncentrationen underskrider också det kanadensiska riktvärdet för skydd av akvatiskt liv (0,1µg/l) (CCME 2002). Skillnaden mellan provtagningspunkterna ligger inom analysosäkerheten. Uppmätta kvikksilverhalter i ytvatten bedöms inte utgöra någon fara vid bevattning.

Tabell 5. Metallhalter i Lelån och Bengtsbrohöljens utlopp (provpunkt L8107 respektive B6206) samt pumpstationerna vid Liverudsvägen (8008) och Östebovägen (8009). Enhet µg/l

Provpunkt	Lelånga utlopp	Bengtsbrohöljens utlopp	Liverudsvägen	Östebovägen
Kvikksilver (tot), IVL	0,001	0,0011	0,0013	0,0011
Metylkvikksilver, IVL	<0,00006	<0,00006	--	--

6.5.2 PCDD och PCDF

I redovisade analyser återfanns de högsta totalhaltererna av rapporterade dioxiner (polyklorerade dibensodioxiner, PCDD) och furaner (polyklorerade dibensodioxiner, PCDF) i provet från Lelång (Figur 12). I analyserade prover dominerar totalhaltererna av den oktakerade dioxinen, som har en relativt låg toxicitet (ca 1/1000 av den mest toxiska kongenen 2, 3, 7, 8 tetraklordibensodioxin, TCDD) (Kutz *et al* 1990) (Figur 13). Uttryckt som toxiska ekvivalenter ligger samtliga prover tagna i juni på en högre nivå jämfört med april och augusti (Tabell 6), med små skillnader mellan provtagningspunkterna. I tidigare provtagningar varierar I-TEQ värdena mellan ca 10 och 38 fg/l. Under höglödet november - december 2000, uppmättes upp mot 80 fg TEQ/l i Bengtsbrohöljens utlopp.

Tabell 6. PCDD och PCDF-koncentrationen uttryckt som toxiska ekvivalenter. Enhet fg TEQ/l.

	April		Juni			Augusti	
	Lelång	B-höljen	Lelång	B-höljen	Pumpstation	Lelång	B-höljen
I-TEQ	3,8	4,2	26	20	25	6,4	6,8

Dioxin och furaner har mycket låg löslighet i vatten (se EKA 2002:5) och transporteras därför bundna till partiklar. Det medför att de uppmätta halterna troligen speglar partikelkoncentrationerna i ytvatten. För att minimera halterna av dioxiner och furaner i vatten för bevattningsändamål är det därför av stor vikt att intagets placering och pumpkapacitet anpassas så att material från botten inte suggs upp. Vid höga flöden sker en större partikeltransport vilket ökar dioxinhalterna i ytvattnet.

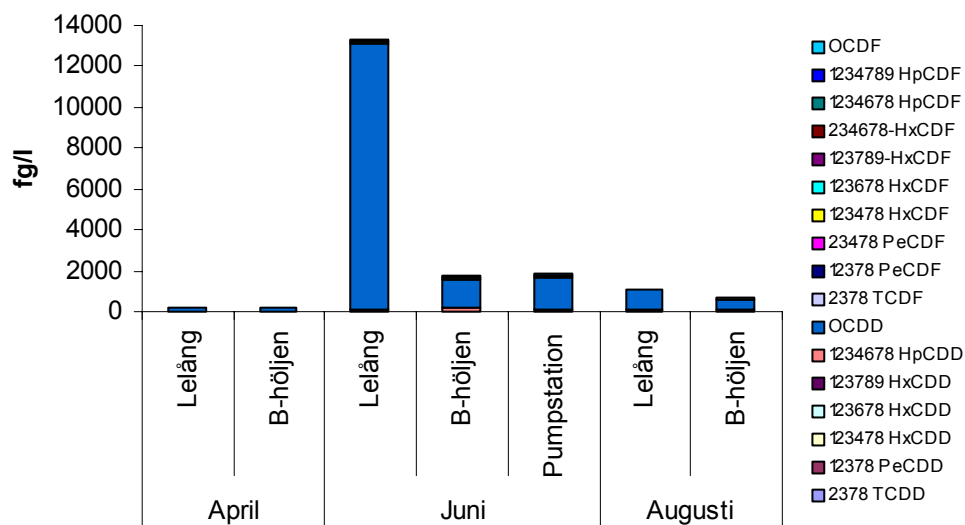
Svenska riktvärden för dioxiner i yt- och grundvattensaknas. I undersökningar av dioxinhalter i dricksvatten har halter mellan 0,18 och 3,4 fg N-TEQ⁷/l rapporterats från ett fåtal undersökta vattenreningsverk (de Wit & Strandell 2000).

Uppmätta värden i Bengtsbrohöljen ligger under den holländska ”Serious Risk Concentration”-nivån för grundvatten (3,1 pg TEQ/l, dvs 3 100 fg TEQ/l) (RIVM 2001b). Enligt USEPA (2000) ligger Maximum allowed Contaminant Level (MCL) i dricksvatten på 0,03 ng TEQ/l (dvs 30 pg TEQ/l, 30 000 fg TEQ/l (cancerrisk 10⁻⁴)), vilket är väsentligt högre än uppmätta ytvattenhalter. I en senare rapport (USEPA 2002) anges vattenkvalitetskriteriet till 5 fg TEQ/l (cancerrisk 10⁻⁶), d v s i nivå med eller lägre än uppmätta ytvattenkoncentrationer.

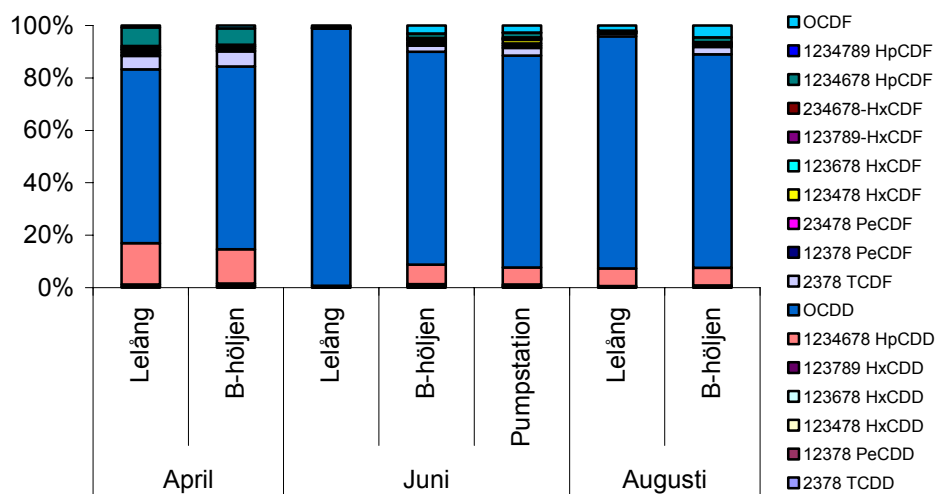
EUs vetenskapliga livsmedelskommitté har angett det tolerabla dagsintaget till 2 pg TEQ/kg kroppsvikt, vilket för ett barn på 10 kg medför ett tolerabelt intag av ca 20 pg TEQ/dag (EG 2001, i Naturvårdsverket 2003). Baserat på uppmätta dioxinhalter i ytvatten (3 – 80 fg/l), kan detta översättas till intag av mellan ca 250 - 5 000 l ytvatten/dag, förutsatt att barnet inte får i sig dioxiner från andra källor.

I en sammanställning gjord av Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environmental Agency (2003) i England konstateras att relativt få referensvärden finns för vatten. I mätningar i ca 40 sjöar uppgick totalhalten av dioxiner och furaner till mindre än 6 ng/l. Vid andra mätningar varierar halterna mellan <0,2 pg TEQ/l (Elbe) till 167 pg TEQ/l (dricksvattenprov i Ryssland). Uppmätta halter i Bengtsbrohöljen ligger väsentligen lägre (26 fg TEQ/l = 0,026 pg TEQ/l = 0,000 026 ng TEQ/l). Intaget via föda bedöms utgöra minst 90 % av bakgrundsexponeringen.

⁷ Nordiska toxicitetsfaktor; omvandlingsfaktor för 1,2,3,7,8 PCDF är lägre (0,01) än i övrigt använda internationella toxicitetsfaktor enligt Kutz et al 1990 (0,05).



Figur 12. PCDD och PCDF-koncentrationen i filtrerat ytvatten i Lelångs och Bengtsbrohöjjen utlopp samt pumpstationen vid Liverudsvägen (provpunkt 8008). Totalhalter, enhet fg/l.



Figur 13. Relativ fördelningen mellan olika dioxin och furankongener i analyserade ytvattenprover) i i Lelångs och Bengtsbrohöjjen utlopp samt pumpstationen vid Liverudsvägen (provpunkt 8008). Totalhalter.

7 SAMMANFATTNING

Struktur och sammansättning av bottenfauna

Sammanfattningsvis visar resultaten på ett förhållandevis högt artantal och en likartad artsammansättning vid samtliga provlokaler. Bland de påträffade arterna fanns istidsrelikter vilket visar på höga naturvärden i sjön. Trots att höga halter av kvicksilver och dioxin mätts upp i sjöns sediment kan inte faunan på djupbottarna bedömas vara kraftigt påverkad. En negativ påverkan märks dock genom att mundelsskador observerades på fjädermyggselarver vid provlokalerna i det så kallade närområdet. Artsammansättning är likartad jämfört med undersökningen 2000. Även individtäthet och artantal varierar förhållandevis lite jämfört med den tidigare undersökningen.

Samband mellan föroreningssituation och bottenfauna

Ett signifikant negativt samband erhöles mellan kvicksilverkoncentration i sediment och diversitet. Det finns dock samtidigt ett signifikant positivt samband mellan kvicksilverhalt och djup, vilket medför att lägre diversitet vid högre kvicksilverhalter kan vara en effekt av ett större vattendjup och/eller högre kvicksilverhalter. Sambandet mellan djup och diversitet är signifikant negativt. Inga signifikanta samband erhöles mellan dioxinkoncentrationen, uttryckt som toxikologiska ekvivalenter, och antalet arter, individtäthet eller abundans.

Föroreningssituationen i Bengtsbrohöljens sediment

Koncentrationen av arsenik, kadmium, krom, nickel, bly och vanadin i sediment ligger i nivå med eller upp mot dubbla bakgrundsvärdet för södra Sverige. Kopparkoncentrationerna ligger 2 – 7 ggr högre, medan kvicksilver ligger mellan 50 och 160 gånger högre än bakgrundsvärdet. Skillnaderna mellan provtagningslokaler är relativt liten, och resultaten ligger i nivå med resultaten i den tidigare undersökningen. Bly- och kvicksilverkoncentrationen ligger över respektive kraftigt över det kanadensiska ”Probable Effect Level”, medan övriga metallhalter underskrider eller ligger i nivå med detta värde.

Halterna av dioxiner och furaner är högre i ett av de analyserade sedimentprover, men ligger i övrigt i nivå med tidigare erhållna resultat. Furankongenerna dominerar och utgör mellan 60 och 80 % av totalhalterna. Uttryckt som toxiska ekvivalenter ligger halterna i sex av sju sedimentprover mellan ca 600 och 1 700 ng TEQ/kg TS. I prov B8, taget strax söder om EKA-området uppgick halten dioxiner till 12 600 ng TEQ/kg TS.

Uppmätta halter max-och medianhalter av PAH-föreningar i Bengtsbrohöljens sediment är förhöjda och ca 25 % av de analyserade PAH-föreningarna ligger medianhalten över en trolig effektnivå.

Vid provtagningen noterades oljeskimmer vid ett flertal av provtagningslokalerna. I analyserade prover var halterna låga och tyngre alifatiska kolväten i fraktionen C₁₆ – C₃₅ dominerar. Halterna varierar mellan ca 100 – 500 mg/kg TS, vilket är i nivå med vad som har uppmätts i opåverkade sediment. Klorfenoler, PCB eller andra semivolatila organiska ämnen detekterades inte.

Föroreningshalter i fisk

Halterna av kvicksilver i abborre bedöms som låga och överskrider inte Livsmedelsverkets gränsvärde. Dioxinhalterna är något förhöjda jämfört med bakgrund, men ligger under Livsmedelsverkets gränsvärde. Livsmedelsverkets kostråd för fisk bör följas.

Föroreningshalter i bevattningsanläggningar:

Vid provtagningstillfället var skillnaderna i kvicksilver- samt dioxinkoncentrationer små mellan vatten taget från bevattningsföreningens pump (-ar) och ytvatten i Lelång och Bengtsbrohöljen. Kviksilverhalten i analyserade vattenprover är låga och underskrider Livsmedelsverkets gränsvärde för dricksvatten och bakgrundshalter i Sverige. Uppmätta kvicksilverhalter bedöms inte utgöra någon fara vid bevattning.

Uppmätta dioxinhalter i ytvatten ligger under det holländska riktvärdet för maximalt tillåten halt i grundvatten men i nivå med eller i vissa fall över, det amerikanska vattenkriteriet. För att minimera halterna av dioxiner och kvicksilver i vatten för bevattningsändamål är det av stor vikt att intagets placering och pumpkapacitet anpassas så att material från botten inte suggs upp. Vid höga flöden sker en större partikeltransport vilket sannolikt ökar dioxinhalterna i ytvattnet. I jämförelse med refererade internationella mätningar i ytvatten ligger dioxinhalterna på en låg nivå.

Stockholm dag som ovan

Marie Arnér

8 REFERENSER

- Bergek S, Hjelt M & C Rappe 1991. Resultat från analyser av polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF) i prover från SNV. Öring och gädda i Bengtsbrohöljen och Kesnacksälven. Kartlägningsprojektet, Institutionen för miljökemi, Umeå Universitet, 1991-11-15.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2002. Canadian Environmental Quality Guidelines. Updated 2002.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs and the Environmental Agency 2003. Contaminants in Soil: Collation of toxicological data and intake values for humans. Dioxins, furans and dioxin-like PCBs. March 2003.
- Elert M & G Fanger 2001. Kompletterande undersökningar i Bengtsbrohöljen samt förslag till efterbehandling och kontrollprogram. Kemakta AR 2001-15. Huvudrapport, daterad 2001-05-28.
- Ericsson U & L Vought 2001. Delrapport 4. Undersökning av bottenfauna 2000. Medins Sjö och Åbiologi AB samt EA International. Daterad 2001-01-08. I: Elert M & G Fanger 2001. Kompletterande undersökningar i Bengtsbrohöljen samt förslag till efterbehandling och kontrollprogram. Kemakta AR 2001-15. Huvudrapport, daterad 2001-05-28.
- EKA 2002:3, 2003. Förorenings-spridning från EKA-området i Bengtsfors. Sundberg J, Arnér M & P Östlund. Daterad 2003-10-03.
- EKA 2002:6, 2003. Identifiering och kvantifiering av källor till kvicksilver och dioxiner i systemet Lelång – Bengtsbrohöljen. Östlund P. Daterad 2003-10-03.
- EKA 2002:9, 2003. Miljökontroll. Roktlinjer för provhantering och laboratorieanalyser för fördjupade undersökningar/referensundersökningar. Daterad 2002-12-09.
- EKA 2002:20, 2003. Transport av kvicksilver och dioxiner till, inom och från Bengtsbrohöljen. Östlund P. Daterad 2003-10-03.
- Grotell C & O Sangfors 1997. Undersökningar av abborre inom Dalslands kanal år 1996. Miljöforskargruppen, F97/18:2.
- Grahn O & O Sangfors 2000. Fiskdöd i Bengtsbrohöljen – en sammanfattning av utförda undersökningar och en diskussion kring möjliga orsaker. ÅF-miljöforskargruppen. Daterad 2000-05-16.
- Kutz, F. W., Barnes, D. G., Bottimore, D. P., Greim, H. and Bretthauer, E. W. (1990). The international toxicity equivalency factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds. *Chemosphere*, 20, 751-757.
- Livsmedelsverket 2002. Livsmedelsverkets föreskrift om utförelse och export av fisk från Östersjöområdet. LIVSFS:2002:33.
- Naturvårdsverket 1982. Missbildade chironomidlarver i svenska sjöar. SNV PM 1611.
- Naturvårdsverket 1999a. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- Naturvårdsverket 1999b. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport 2, biologiska parametrar. Rapport 4921.
- Naturvårdsverket 1999c. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Förorenade områden. Rapport 4918.

Naturvårdsverket 2003. Miljögifter i fisk 2001/2002 Vänern-Vättern. I: Ämnen enligt vattendirektivets lista i fisk från Vänern och Vättern. II: Alkylfenoler i reningsverksprover och i fisk. Redovisning från nationell miljöövervakning 2003.

RIVM 2001a. Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds. Report 711701020.

RIVM 2001b. Technical evaluation of the intervention values for soil/sediment and groundwater. Report 711701023.

SGU-SOL 2000. Bakgrundshalter av petroleumkolväten i sediment och grundvatten. Februari 2000.

USEPA 2000. Drinking Water Standards and health Advisories. EPA 822-B-00-001. Summer 2000.

USEPA 2002. National recommended Water Quality Criteria: 2002. EPA 822-R-02-047. November 2002.

de Wit C. A. & M Strandell 2000. Levels, Sources and Trends of Dioxins and Dioxin-like Substances in the Swedish Environment – The Swedish Dioxin Survey. Volume I. Introduction, toxicology, sampling strategies, chemical analyses, biological test methods and results, foodstuffs.