



Naturhistoriska
riksmuseet

Underlag för dimensionering av nationell miljögiftsövervakning i kust och hav

Sakrapport

Överenskommelse 219 0635, Dnr 721-4538-06-Mm

SWEDISH · MUSEUM · OF · NATURAL · HISTORY

Contaminant Research Group

P.O. Box 50007

SE-104 05 Stockholm

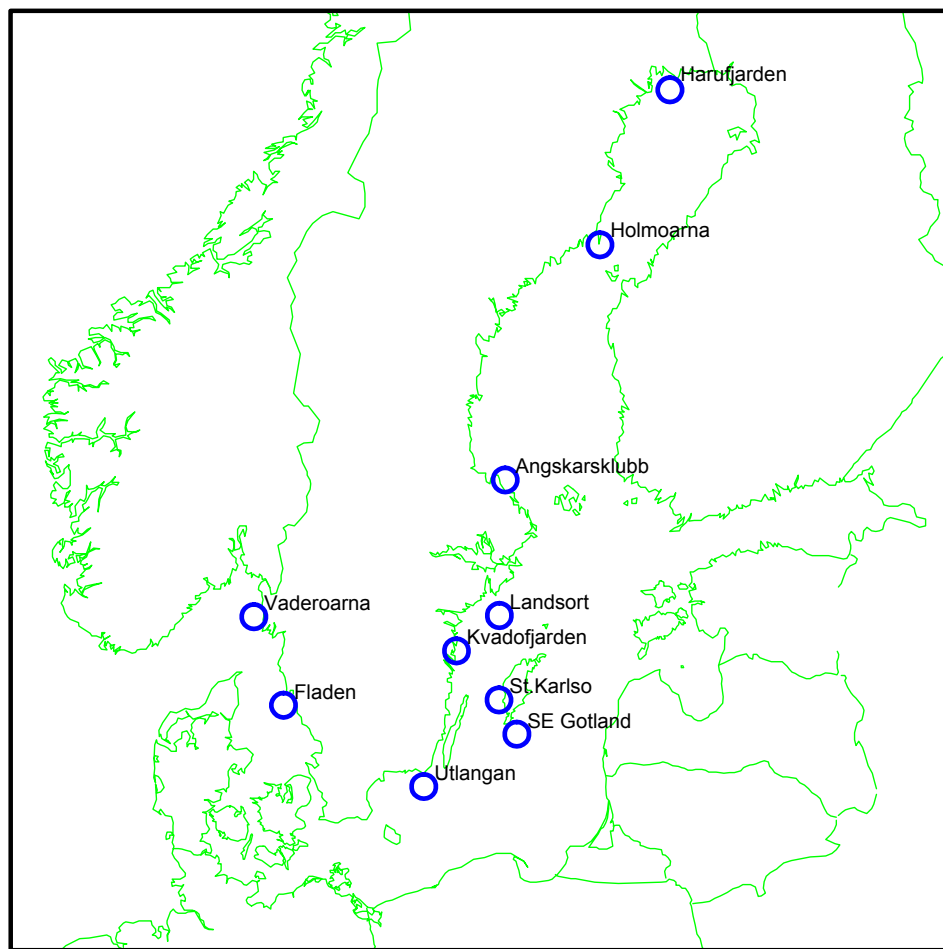
2006-09-30

Underlag för dimensionering av nationell miljögiftsövervakning i kust och hav

Anders Bignert, Elisabeth Nyberg, Enheten för miljögiftsforskning, Naturhistoriska riksmuseet.

Dagens program

I dagens program insamlas prov från 10 olika områden (Figur 1). På vissa lokaler insamlas fler arter. Insamling sker normalt 1 gång per år men på 2 lokaler sker insamling både vår och höst (Tabell 1). Sammanlagt tas 22 årsprover (mellan 20-500 individer, se Tabell 1) in och lagras i provbank. De flesta av dessa provtas för analys (se Tabell 1). Härvid analyseras individuella prov, för närvarande 10 eller 12 (20, sill Väderöarna) beroende på matris (tidigare analyserades 20 (HELCOM-lokaler) eller 25 individuella prov (OSPAR-lokaler). En utförlig beskrivning av det nuvarande programmet ges i Bignert *et al.*, 2006.



TISS - 98.04.22 14:50, mconf1

Figur 1. Insamlingslokaler (10 st) inom det nationella marina programmet för övervakning av miljögifter i biologiska prov.

Tabell 1. Insamlingslokaler, säsong och art inom det nationella marina programmet för övervakning av miljögifter i biologiska prov. Material från kursiverade insamlingslokaler bankas för närvarande utan att analyseras. Kod: C=höstfångad strömning/sill, V=vårfångad strömning/sill, G = torsk, P=abborre, Z=tånglake, M=blåmussla, U=sillgrissleägg. Typ: H=utsjölokal, K=kustlokal

Lokal	Kod	Typ	Säsong	Art	Antal insamlade prov per år	Startår, insamling bankning
Harufjärden	C1	H	höst	strömning	450	1978 -
Ängskärsklubb	C2	H	höst	strömning	250	1978 -
Ängskärsklubb	V2	H	vår	strömning	200	1972 -
Landsort	C3	H	höst	strömning	250	1978 -
Utlängan	C4	H	höst	sill	450	1979 -
Utlängan	V4	H	vår	sill	200	1972 -
Fladen	C6	H	höst	sill	450	1980 -
Väderöarna	C7	H	höst	sill	250	1995 -
SO Gotland	G5	H	höst	torsk	50	1980 -
Fladen	G6	H	höst	torsk	50	1979 -
Holmöarna	P1	K	höst	abborre	100	1980 -
Kvädöfjärden	P2	K	höst	abborre	100	1980 -
Holmöarna	Z1	K	höst	tånglake	50	1995 -
Kvädöfjärden	Z2	K	höst	tånglake	50	1995 -
Väderöarna	Z3	K	höst	tånglake	50	1995 -
<i>Fladen</i>		<i>H</i>	<i>höst</i>	<i>sandskädga</i>	<i>50</i>	<i>1981 -</i>
<i>Kvädöfjärden</i>		<i>K</i>	<i>höst</i>	<i>skrubba</i>	<i>50</i>	<i>1980 -</i>
<i>Väderöarna</i>		<i>H</i>	<i>höst</i>	<i>skrubba</i>	<i>50</i>	<i>1980 -</i>
Kvädöfjärden	M2	K	höst	blåmussla	500	1995 -
Fladen	M6	K	höst	blåmussla	200	1984 -
Väderöarna	M3	K	höst	blåmussla	200	1984 -
St Karlsö	U8	H	vår	sillgrissleägg	20	1968 -

Det nuvarande programmet har fokuserat på tidseriestudier men har även medgivit stor-regionala jämförelser. Internationellt sett karakteriseras det nuvarande programmet av mycket god kvalitet dels genom sina unikt långa tidsserier och relativt sett låga mellanårsvariation som beror på kontinuitet beträffande den kemiska analysen (samma laboratorium av god kvalitet har använts under hela tiden) samt att guidelines följts på ett noggrant sätt och gett jämförbara prov över tid.

Ett annat syfte med det nationella programmet har varit att ge referens/ bakgrundsvärden till regionala och lokala miljögiftsundersökningar.

Ur geografisk synvinkel är dock stationsnätet glest. Vid en internationell jämförelse har exempelvis Island 12, Norge 41, Tyskland 22, Holland 12 lokaler, motsvarande våra 10 svenska lokaler.

Precision och styrka för trendanalys

För det nuvarande programmet har följande kvantitativa mål, beträffande trendanalys, ställts upp (Bignert *et al.*, 2006):

- to monitor long term time trends and to estimate the rate of found changes.
quantified objective: to detect an annual change of 10% within a time period of 10 years with a power of 80% at a significance level of 5%.
- to estimate the response in marine biota of measures taken to reduce the discharges of various contaminants
quantified objective: to detect a 50% decrease within a time period of 10 years with a power of 80% at a significance level of 5%.
- to detect incidents of regional influence or widespread incidents of 'Chernobyl'-character and to act as watchdog monitoring to detect renewed usage of banned contaminants.
quantified objective: to detect an increase of 200% a single year with a power of 80% at a significance level of 5%.

Med några få undantag uppfylls dessa mål (Bignert *et al.*, 2006, kapitel 8). Internationellt sett klarar sig Sverige bra (Bignert *et al.*, 2004, Bignert 2002)

Övervakningen följer de riktlinjer som föreslagits av OSPAR och HELCOM vilket innebär analys av individuella prov. De individuella proven medger normaliseringar för exempelvis fetthalt, ålder etcetera som i sin tur ökar förmågan att hitta relativt små förändringar över tid. Med individuella prov kan geometriska medelvärden beräknas som ger årsmedelvärden mindre känsliga för extrema, avvikande värden och analysfel än ett enskilt poolat prov (Bignert *et al.*, 1993).

Omdrev, insamling med lägre frekvens

Insamling, provtagning och analys sker för närvarande 1 gång per år (vid två lokaler, 2 ggr per år). Ett sätt att utöka antalet stationer och öka den geografiska täckningen vid oförändrad budget skulle kunna vara att provta mer sällan och införa ett omdrevsförfarande. Att analysera med en lägre frekvens, exempelvis vartannat år, skulle kraftigt försämra den statistiska styrkan vid tidsseriestudier (Bignert *et al.*, 2004).

Även om omdrevsprincipen bara skulle omfatta stationer uteslutande avsedda för geografiska studier (vilket i sig inte kan betraktas som optimalt) kan förfarandet ifrågasättas. Med tanke på systematiska skillnader mellan år (exempelvis onormal temperatur, nederbörd etc) kan tolkningen av geografiska skillnader och mönster försvåras.

Matrisval

På flera lokaler tas prov av flera arter. Detta har medgivit att vi kunnat studera artskillnader men också en större säkerhet vid tolkning av tidstrender. På ett par kustlokaler sker integrerad övervakning av fysiologiska biomarkörer och populationsstudier (Sandström *et al.*, 2005, Ronisz *et al.*, 2005).

Tabell 2. Använda arter med motiv.

Art	Motiv
Strömming/sill	Fet fisk med relativt höga koncentrationer av organiska miljögifter. Viktig föda för exempelvis både säl och människa. Strömming provtas även i Finland, Polen och Tyskland. Strömming ingår bland de feta fiskarter som är belagt med försäljningsförbud inom EU p g a av höga dioxinkoncentrationer.
Torsk	Levern fet med relativt höga koncentrationer av organiska miljögifter. Viktig föda för exempelvis både säl och människa
Abborre	Vanligt förekommande vid kusten. Förhållandevis stationär. Konsumeras även av människa. Används som indikatorart även för biomarkörer och ingår i det integrerade övervakningen. Vanligaste arten för övervakning av miljögifter inom det limniska programmet vilket medger jämförelser mellan de marina och limniska programmen.
Tånglake	Vanligt förekommande vid kusten. Förhållandevis stationär. Används som indikatorart även för biomarkörer och ingår i den integrerade övervakningen. Är särskilt enkel att använda för reproduktionsstudier.
Blåmussla	Stationär. Internationellt mycket flitigt använd miljögiftsindikator i ”musselwatch”- program (Norge, Frankrike, Holland, USA, Japan mfl)
Sillgrissleägg	Äter uteslutande fik (skarpsill, strömming). Övervintrar i Östersjön. Hög och stabil fetthalt med höga koncentrationer av organiska miljögifter. Låg slumpmässig mellan-årsvariation, hög statistisk styrka vid tidseriestudier.

Om vi vill öka antalet stationer på bekostnad av trendprogrammet kan man möjligen överväga att utesluta en art på någon eller alla lokaler hellre än att minska insamlingsfrekvensen. Insamling och bankning av den eller dessa arter bör emellertid fortsätta.

Från ett övervakningsperspektiv torde de viktigaste arterna vara sillgrissleägg, strömming/sill, abborre, torsk, blåmussla och tånglake i nämnd ordning. Tidigare har även sandskägga och skrubba från västkusten analyserats. Dessa arter insamlas fortfarande men analyseras inte längre av kostnadsskäl.

Pooling av prover

Som ovan nämnts finns det fördelar med individuella prov. Flera individuella prov ger mer information än ett enskilt individuellt prov men kostnaden kan bli betydligt högre. Ett poolat prov med material från många individer blir betydligt mer

representativt än ett enskilt prov från en individ (men lite dyrare p g a en dyrare provberedning).

För vissa prov, exempelvis metallhalter i torsklever (Grimås *et al.*, 1985), organiska föreningar i vårffångad strömming (Bignert 2002) har normalisering mot individuell fetthalt stor betydelse. För andra tidsserier har normalisering mindre betydelse, förutsatt att jämförbara prov (m a p ålder, kön etcetera) kan tas från till år.

För att få en större geografisk täckning inom programmet bör analys av poolade prov övervägas. Det bör emellertid påpekas att om vi tar ett poolat prov per år vid två lokaler inte som nu (med 12 individuella prov per lokal och år) kan vi göra en formell statistisk test av medelvärdesskillnader mellan dessa lokaler för ett speciellt år (i praktiken kan man dock ifrågasätta en sådan test med hänvisning till den mellanårsvariation vi känner). Vinsten, i form av ett ökat antal lokaler, genom att använda poolade prov ökar naturligtvis när analysen blir dyrare. Räkneexemplet i tabell 3 visar att vid en fix budget kan vi fördubbla mängden lokaler om vi analyserar metaller, tredubbla antalet för klororganiska analyser (PCB, DDT, HCH, HCB) eller sexdubbla antalet lokaler för dioxiner, dibensofuraner och dioxinlika PCBer.

Tabell 3. Räkneexempel över ungefärliga kostnader för individuella respektive poolade prov vid olika typer av kemisk analys (metaller, klororganiska analyser d v s PCB, DDT, HCH, HCB samt dioxiner, dibensofuraner och dioxinlika PCBer. Kostnaden för provberedning för varje individuellt prov i det poolade provet har minskats eftersom individuell åldersbestämning i dessa fall inte bedömts som nödvändig. Antalet delprov som ingår i poolen har däremot ökats från 12 till 15. Vid beräkning av antal områden kan analyseras för en total kostnad av 1 miljon kr har en schablonkostnad av 10.000 kr per lokal tagits ut för insamlingskostnader. Dessa varierar i praktiken mellan ca 5.000 – 20.000 kr.

	Antal		Analyskostnad	Kostnad för 12	Antal områden med
	delprov	Provberedning	per prov	individuella prov	en budget på 1 miljon kr
Metaller	12	350	1000	16200	38
CIC	12	350	3500	46200	18
Dioxin	12	350	10000	124200	7
				Kostnad för 1 poolat prov	
Metaller	15	200	1000	4000	71
CIC	15	200	3500	6500	61
Dioxin	15	200	10000	13000	43

Representativitet

De nuvarande 10 lokalerna är tänkta att grovt representera Bottenviken, Bottenhavet, norra respektive södra egentliga Östersjön samt Kattegatt och Skagerack på västkusten. Resultaten från programmet ska beskriva tillstånd och trender i regionen samt tillhandahålla referensvärden till regional och lokal miljögiftsövervakning.

Förutom att koncentrationen av olika typer av industrianläggningar, befolkningstryck, färjetrafik mm varierar kraftigt utmed våra kuster finns också tydliga gradienter av temperatur och salthalt från söder till norr men också från kust till utsjö. Östersjöns bassänger karakteriseras av olikheter i vattenomsättning, näringsrikedom och art sammansättning. Vi kan också räkna med en större variation i kustnära områden speciellt med skärgård jämfört med utsjölokaler samt förmodligen en mer

komplexerad föroreningsbild i södra Östersjön närmare en större mängd potentiella källor. Allt detta är faktorer som påverkar de miljögiftskoncentrationer vi mäter.

Avståndet mellan de närmaste grannlokalerna är i allmänhet stort (Tabell 4).

Tabell 4. Ungefärligt avstånd (km), fågelvägen, mellan de närmaste grannlokalerna i det nuvarande marina övervakningsprogrammet. Koderna (se tabell 1) i övre raden utmärker de arter som insamlas på de olika lokalerna.

	C1	C2	C3	C4	C6, G6	C7	P1, Z1	P2, Z2 M2	G5	U8
Harufjärden	-	610					230			
Ängskärskl.	610	-	260				380			
Landsort		260	-	330				110	240	
Utlängan			330	-	450			250	200	
Fladen				450	-	150				
Väderöarna					150	-				
Holmöarna	230	380					-			
Kvädöfjärden			110	250				-	180	110
SO Gotland			240	200				180	-	70
St. Karlsö								110	70	-

Vid ett fåtal tillfällen har ett samarbete med regional övervakning medgivit ett betydligt tätare stationsnät. Eftersom insamling, provtagning och analys skett på samma sätt som inom det nationella programmet har detta gett visa möjligheter att studera hur representativa resultat från de nuvarande referens-stationerna varit. Ett gott exempel på detta är en undersökning som finansierades och genomfördes i samarbete med länsstyrelsen i Gävleborg där sammanlagt 31 poolade strömmingsprov analyserades m a p dioxiner, dibensofuraner, och PCB-er (Bignert *et al.* 2005A, 2005B).

Variogram

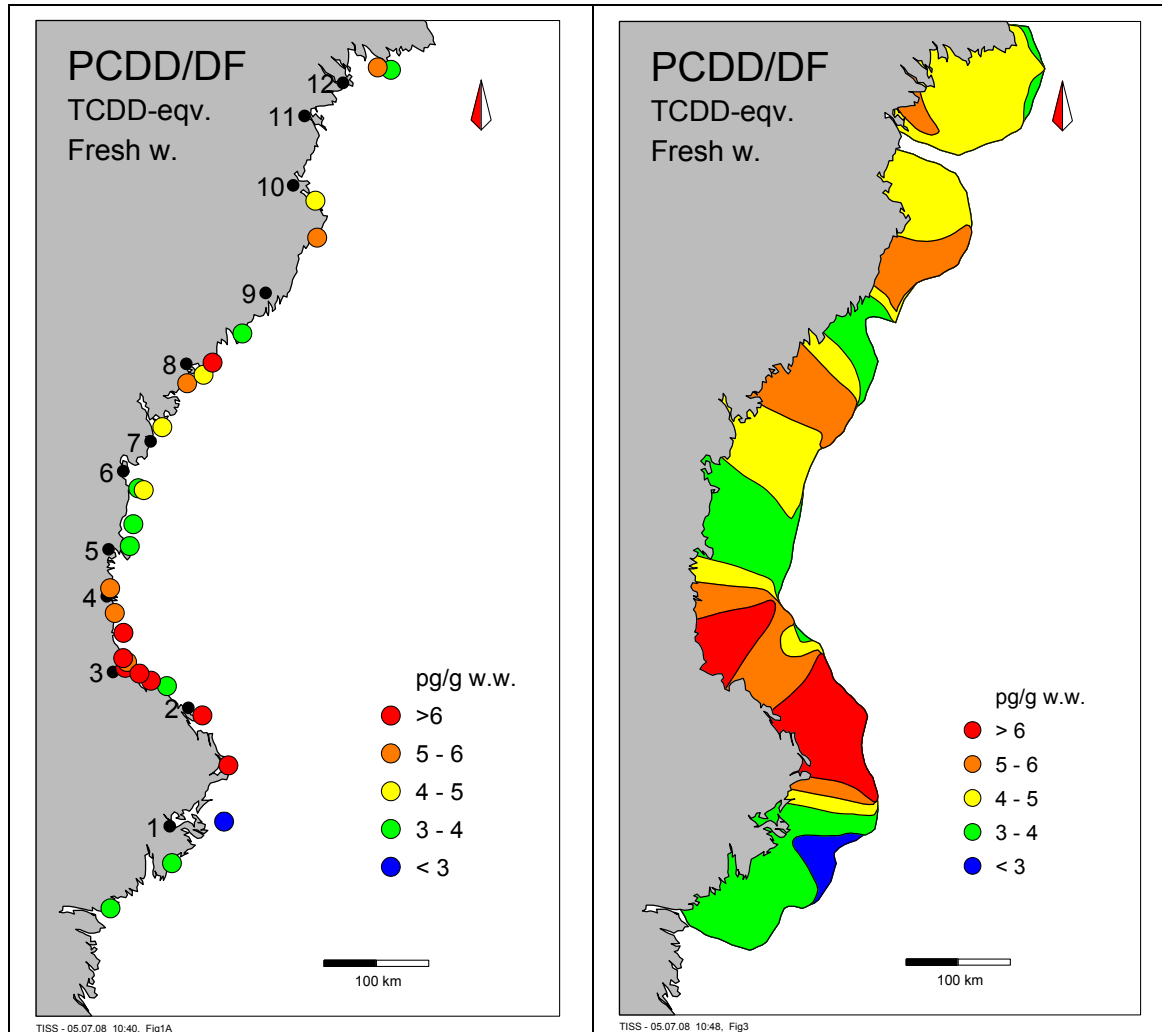
Av Figur 2 framgår att lokaler som ligger nära varandra förefaller att ha mer lika koncentrationer och att skillnaderna ökar med ökande avstånd (Figur 3-4). För de 27 proven som togs under sommaren studerades den spatiala korrelationsstrukturen med hjälp av variogram. Variogrammen visar semivariansen/ s^2 (där s^2 är total variansen) plottad mot avståndet mellan proverna (Figur 3). Semivariansen definieras som:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_i^{n-h} (x_i - x_{i+h})^2, \text{ där } x_i - x_{i+h} \text{ är skillnaden mellan två värden som skiljs åt av}$$

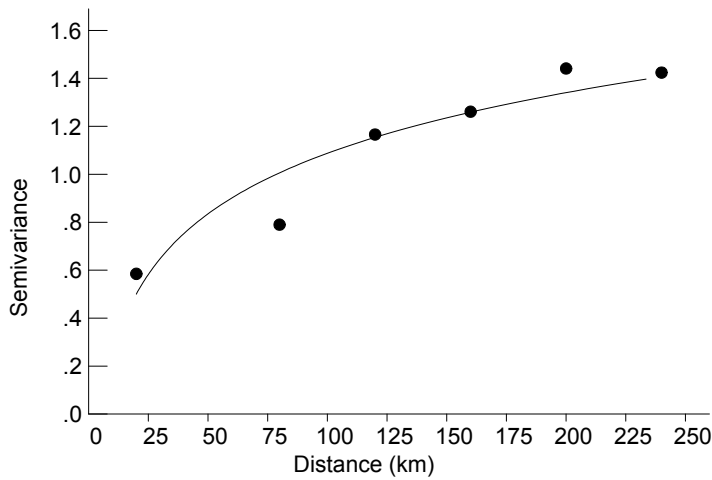
avståndet h (se t ex. Davis 1986). Om vi antar att den spatiala autokorrelationen är mer eller mindre konstant i hela undersökningsområdet kan variogrammen användas för att ge lämpliga parametrar vid interpolering (även extrapolering) av resultaten till generaliserade kartbilder. Koncentrationen i varje 2.5 x 2.5-km-ruta inom det undersökta området uppskattades med hjälp av normerad inverterad exponentiell avståndsviktning, dvs koncentrationen uppmätt i närbelägna prov viktades (w_i) omvänt proportionellt mot avståndet r_i till den aktuella rutans mittpunkt enligt:

$w_i = (1 - r_i / r_{max})^a$, där exponenten a sattes till 4 och den maximala radien r_{max} sattes till 75 km. Minst två prov krävdes för att ett medelvärde i rutan skulle beräknas.

Trots att strömning av den storlek som insamlats kan röra sig över relativt stora avstånd (Parmanne, 1990), visade variogrammen ett successivt avtagande samband mellan närliggande stationer (Figur 3). Om vi antar att detta är riktigt kan vi tillåta oss att extrapolera resultaten för att beräkna generaliserade kartor. I Figur 2B redovisas ett sådant exempel med användning av omvänd proportionell avståndsviktning upp till en radie av 75 km.

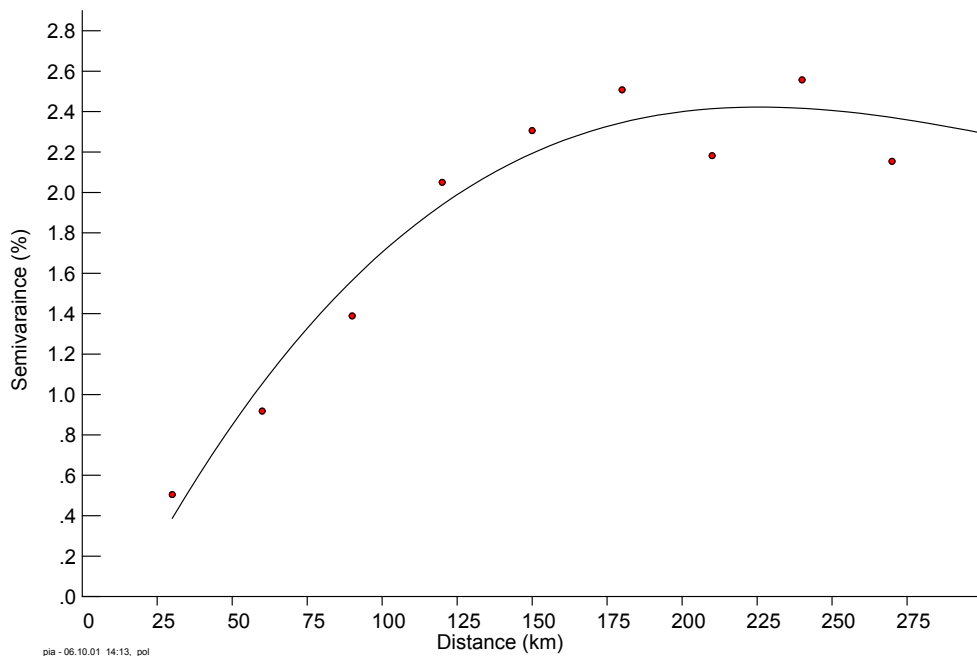


Figur 2. A) Koncentrationer av klorerade dioxiner och dibensofuraner (TCDD-ekvivalenter, pg/g färskvikt) i muskel utan skinn från strömning fångad under sommaren 2004 från lokaler längs norra egentliga Östersjön och Bottniska viken. 1) Stockholm, 2) Öregrund, 3) Gävle, 4) Söderhamn, 5) Hudiksvall, 6) Sundsvall, 7) Härnösand, 8) Örnsköldsvik, 9) Umeå, 10) Skellefteå, 11) Piteå, 12) Luleå. Gult, orange och rött överskrider gällande gränsvärde (4 pg/g färskvikt). **B)** Generaliserad karta som visar koncentrationer av klorerade dioxiner och dibensofuraner (TCDD-ekvivalenter, pg/g färskvikt) i muskel utan skinn från strömning fångad under sommaren 2004 från lokaler längs norra egentliga Östersjön och Bottniska viken. Gult, orange och rött överskrider gällande gränsvärde.



pla - 05.05.08 01:57, Fig2

Figur 3. Variogram som visar hur skillnaden mellan prov (PCDD/DF-TEQ, pg/g färskvikt) ökar med ökande avstånd.



pla - 06.10.01 14:13, poi

Figur 4. Variogram som visar hur skillnaden mellan prov (CB-118, pg/g färskvikt) ökar med ökande avstånd.

Variogrammen, i exemplen ovan, visar alltså en avtagande likhet mellan närliggande stationer upp till ca 100 - 150 km. Det innebär i princip att ett prov taget längre bort än 100 km från en aktuell geografisk position, inte säger mer om den positionen än vilket annat prov som helst i hela Östersjön (längre bort än 100 km). Avståndet mellan strömmingen som fångas i Bottenviken till närmaste strömmingslokal söderut (Ängskärsklubb) är över 600 km. Det pekar på att bristen på lokaler är som allra störst i Bottenhavet. Avståndet är dock stort även från Utlängan i Karlskrona skärgård till Fladen i Kattgatt. Utefter en sträcka på 450 km (fågelvägen) längs större delen av

Blekinges, hela Skånes och Hallands kust saknas övervakningslokaler inom det nationella programmet.

Även utsjölokalerna ligger förhållandevis nära kusten i dagens program. En förtätning av lokalerna samt ett par lokaler längre ut till havs skulle ge en betydligt mer representativ bild av tillståndet i den marina miljön, förbättra möjligheten att identifiera nya och gamla källor samt ge information om fördelningen av det proportionella tillskottet från vår egen kust och omgivande nationers miljögiftsbidrag.

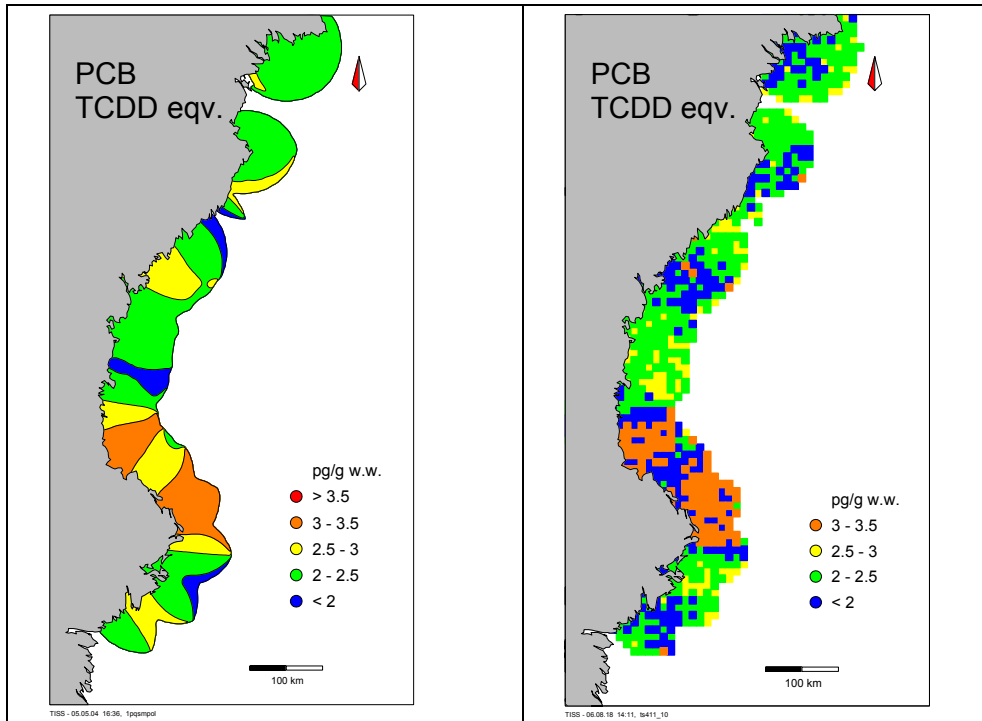
Antal prov som krävs vid geografiska studier

Ett annat angreppssätt för att försöka beräkna hur många prov man bör ta om man med 80% chans att ge ett korrekt svar, vill beskriva att medelkoncentrationen inom ett specificerat område ligger under ett gränsvärde eller en klassgräns för bedömningsgrunder, beskrivs nedan (från Bignert, "Provtagningsdesign – spatial övervakning", *in prep.*) Med samma teknik beräknas hur många prov som bör tas inom en viss region för att visa att medelkoncentrationerna skiljer sig från en annan region.

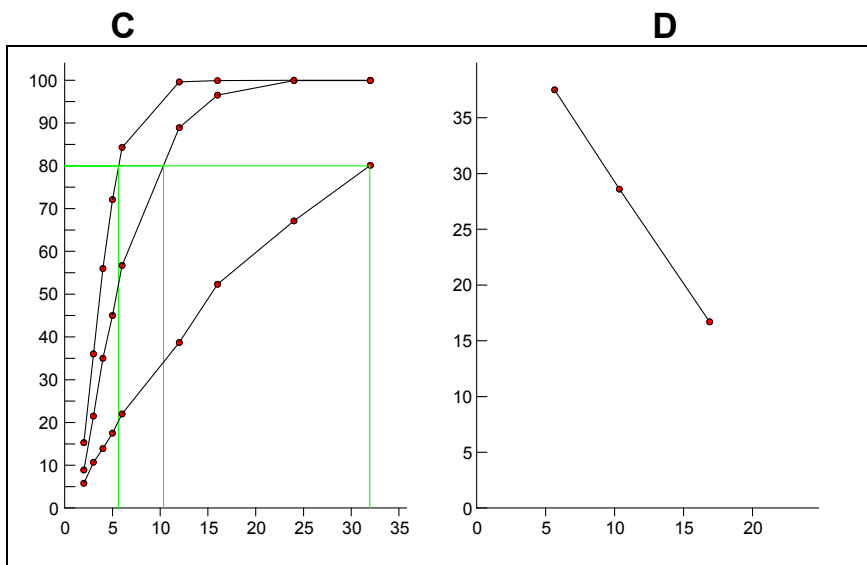
Antal prov som krävs beror naturligtvis på hur stor variationen inom området är, hur stor skillnaden mellan två områden är (eller hur långt avståndet till en klassgräns är) samt vilken risk man är beredd att ta för att dra fel slutsats. Antydningvis pekar även detta exempel på att antalet stationer bör ökas i Bottenhavet och i sydligaste delen av Östersjön.

Exempel:

Till ett studieområde med autentiska data (utjämnade resultat av dioxinlika PCB-er i strömning) adderades en normalfördelad variation, $VC=35\%$. Den totala variationen (inklusive mönster) var 39% . Olika antal prov slumpades ut. Resultatet av nedanstående exempel visar att om medelkoncentrationen i hela undersökningsområdet (i detta exempel, hela Bottniska viken) ligger 30% under en klassgräns, så krävs det ca 10 prov för att visa det med det mönster och slumpmässig variation som man kan räkna med. Om vi befinner på en lägre medelkoncentration jämfört med klassgränsen krävs färre prov.



Figur 5. A) Ingen inomlokalsvariation pålagd. **B)** 35% normalfördelad inom-lokalsvariation.



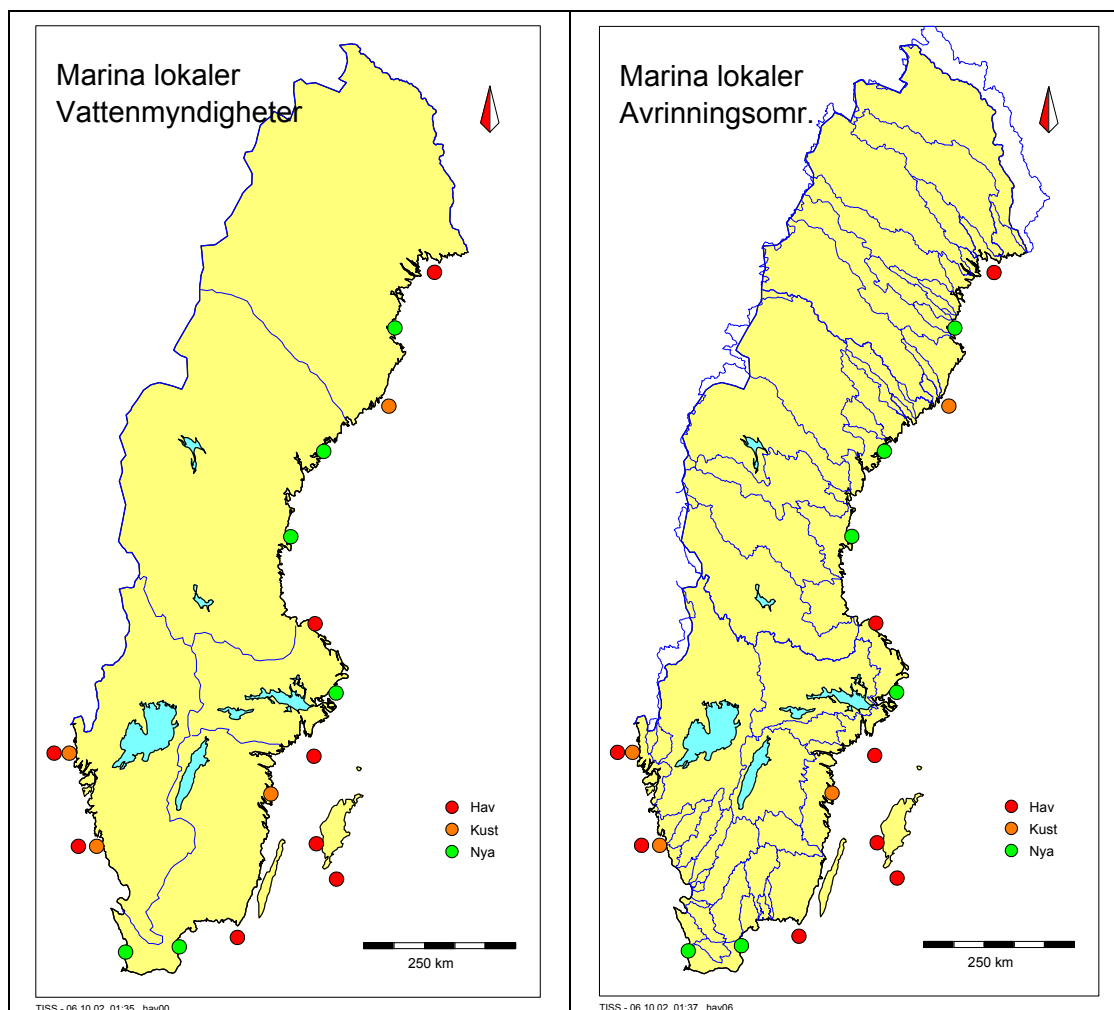
Figur 5. C) Antal prov som krävs för att visa att regionen ligger under 4.0, 3.5, respektive 3.0 pg/g. Det sanna medelvärdet = 2.5 pg/g. Normalfördelad variation. Procentuell andel gånger som det övre konfidsintervall för medelvärdet hamnade under klassgränsen avsett mot antal prov som togs per gång (2000 gånger) vid olika avstånd från klassgränsen; från vänster 37.5%, 28%, 17%. De gröna linjerna markerar hur många prov som krävs för att med 80% chans visa att medelvärdet ligger under klassgränsen. **D)** Avstånd från klassgräns (i procent) avsett mot antal prov som krävs för att med 80% chans visa att medelvärdet ligger under klassgränsen. Antalet prov som krävs minskar brant när avståndet till klassgränsen ökar.

Förtätning

En utökning av det marina programmet med förslagsvis 6 nya kustlokaler av abborre skulle innebära en märkbar förtätning och förbättra förutsättningarna för geografiska studier med en betydligt högre spatiell upplösning än tidigare. Ytterliggare två utsjölokaler, längre ut än de nuvarande utsjölokalerna vore också önskvärt.

Vid en otillräcklig budget skulle

- 1) övervakningen vid de nyetablerade lokalerna kunna baseras på poolade prov
- 2) nedskärning av antalet individuella prov av sill från Väderöarna 20 > 12 prov
- 3) övergång av poolade prov för tånglake och torsk
- 4) nedläggning av tånglake i de fall ingen övervakning av biomarkörer längre sker
- 5) förenklad analys av PCB
- 6) övergång till poolade prov på vårffångad strömning
- 7) en nedläggning av HCH-analyser på lokaler där nivåerna närmar sig eller understiger detektionsnivån.



Figur 6. Gamla lokaler (rött=utsjölokaler, orange=kustlokaler) samt förslag på 6 nya lokaler A) i förhållande till vattenmyndigheterna i förhållande till huvudavrinningsområden.

Samordning

Gemensamma utvärderingar på den marina sidan äger rum inom ramen för HELCOM och OSPAR. Detta samarbete skulle kunna utvidgas genom nationella initiativ. För att få helt jämförbara analysresultat krävs t ex någon form av interkalibrering mellan laboratorier. Ett snabbare utbyte av analysresultat skulle underlätta de nationella utvärderingarna. Ett delat ansvar för en gemensam utsjölokal med exempelvis Finland skulle bidra till ett intensifierat samarbete. Ett ökat utbyte med de Baltiska länderna i likhet med vad som sker inom fiskpopulationsövervakningen (COBRA) skulle kunna ge referenslokaler på andra sidan Östersjön.

På nationell nivå sker samordningen mellan nationell och regional eller lokal nivå mer sporadiskt. När så skett, har dock utfallet varit mycket gott. Denna samordning skulle kunna byggas ut väsentligt men förutsätter att gemensamma metoder används. En samordning med etablering av två nya abborrlokaler i Stockholms skärgård är för tillfället under planering.

Förutom Naturvårdsverket bedriver andra myndigheter studier av miljögifter eller andra undersökningar på samma arter vid samma lokaler exempelvis Livsmedelsverket, Jordbruksverket, Fiskeriverket, Sveriges Veterinärmedicinska Anstalt, Strålskyddsinstitutet, flera miljömedicinska institutioner, högskolan i Kalmar m fl. Ett samarbete finns redan idag men skulle kunna utökas och förbättras ytterligare.

Sammanfattning

- De tidsserier som omfattas av det svenska nationella programmet för övervakning av miljögifter i biologiska prov är av god kvalitet av hög internationell klass.
- Stationsnätet är glest även med internationella mått och skulle behöva förtätas, speciellt med tanke på kraven i EU's vattendirektiv. I synnerhet borde övervakningen i Bottenhavet förtätas men även de sydligaste delarna av egentliga Östersjön.
- Nya utsjölokaler skulle förbättra möjligheterna att avgöra grad av påverkan från kustregionen respektive andra länder.
- Förbättrad samordning internationellt mellan regionala program och exempelvis Livsmedelsverket, Fiskeriverket och skulle kunna förtäta det geografiska stationsnätet.

Referenser

- Bignert, A., Nyberg E., Asplund L., Eriksson U., Willander A. 2006. Comments Concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in Marine Biota. Report to the Swedish Environmental Protection Agency, 2006-03-31. 115 pp.
- Bignert A., Sundqvist K., Wiberg K. 2005A. Spatial and seasonal variation of the dioxin and PCB content in herring from the northern Baltic Sea. *25th International Symposium on Halogenated Environmental Organic Pollutants and POPs, 2005, Toronto, Canada.*
- Bignert A., Greyerz E., Nyberg E., Sundqvist K., Wiberg K. 2005B. Geografisk variation i koncentrationer av dioxiner och PCB i strömming från Bottniska viken och norra egentliga Östersjön. Rapport till länsstyrelsen i Gävleborgs län. 22 pp.
- Bignert A., Riget F, Braune B., Outridge P., Wilson S. 2004. Recent temporal trend monitoring of mercury in Arctic biota – how powerful are the existing datasets? *J. Environ. Monit*, 6, 351 – 355).
- Bignert, A. 2002. The power of ICES contaminant trend monitoring. *ICES Marine Science Symposia*, 215: 195-201.
- Bignert A, Göthberg A, Jensen S, Litzen K, Odsjö T, Olsson M. & Reutergårdh L. 1993. The need for adequate biological sampling in ecotoxicological investigations: a retrospective study of twenty years pollution monitoring. *The Science of the Total Environment*, 128 p.121-139.
- Grimås U., A. Göthberg, M. Notter, M. Olsson and L. Reutergårdh. 1985. Fat Amount - A Factor to Consider in Monitoring Studies of Heavy Metals in Cod Liver. *Ambio*
- Davis J.C. 1986. *Statistics and Data Analysis in Geology*, Wiley & Sons, New York, ISBN 0-471-08079-9
- Parmanne R. (1990), *Finn. Fish. Research* 10: 1-48.
- Ronisz D., Lindesjö E., Larson Å., Bignert A., Förlin L. 2005. 13 Years of Monitoring of Selected Biomarkers in Eelpout (*Zoarces viviparous*) from a Reference Site in Fjällbacka Archipelago at the Swedish West Coast. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 8, 175–184.
- Sandström O., Larsson Å., Andersson J., Appelberg M., Bignert A., Ek H., Förlin L., Olsson M. 2005. Integrated fish monitoring in Sweden. *Water Quality Research Journal of Canada*. Volume 40, No. 3.