

Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment

Sarah Josefsson

november, 2017

SGU-rapport 2017:12



Omslagsbilden visar ett kustområde i Bottenhavet.
Foto: Sarah Josefsson.

Granskad av: Anna Apler
Ansvarig enhetschef: Lovisa Zillén Snowball
Projektnamn: Uppdatering av bedömningsgrunder
för sediment, NV 502 1024, SGU dnr 08-2085/2010

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning.....	5
Underlagsmaterial	5
Tillståndsklassning	7
Användning	7
Indelning.....	7
Avvikande indelning för organiska tennföreningar.....	7
Skillnad mot tidigare tillståndsklassning.....	8
Ämnen och beräkningar av summaparametrar.....	8
Undersöknings- och provtagningsmetodik.....	13
Kemiska analyser	13
Referenser.....	14

INLEDNING

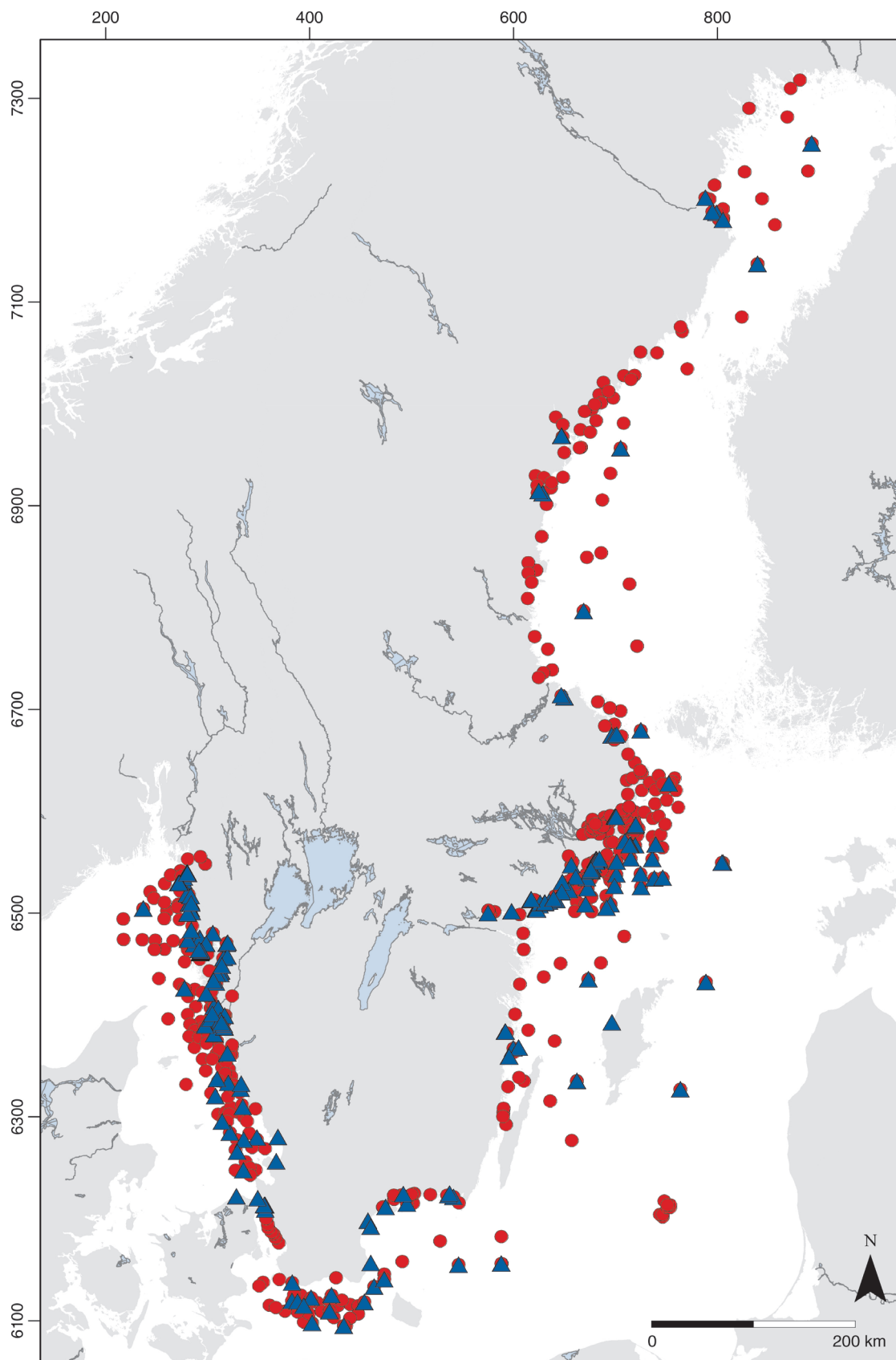
Klassningen av organiska miljöföroreningar i sediment baseras på uppmätta halter i svenska kust- och utsjösediment, och är en uppdatering av tillståndsklassningen i tabell 30 i Naturvårdsverket rapport 4914 *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav* från år 1999. Klassningen är avsedd att användas som stöd vid tolkning av analysresultat för sedimentprover för att få en uppfattning om föroreningsgraden i det undersökta området, och ger möjlighet att identifiera områden med förhöjda halter. Klassningen är inte relaterad till ekotoxikologiska effekter utan beskriver hur halten i provet ligger i förhållande till andra prover tagna i svenska kust- och utsjöområden.

Arbetet har utförts av Sveriges geologiska undersökning (SGU), Enheten för marin miljö och planering, på uppdrag av Naturvårdsverket.

UNDERLAGSMATERIAL

Materialet omfattar både kust- och utsjösediment. Kustvatten motsvarar vatten från strandlinjen till och med en nautisk mil utanför baslinjen, medan utsjövatten motsvarar vatten från en nautisk mil utanför baslinjen till och med den yttersta gränsen för svensk ekonomisk zon, EEZ (se exempelvis EUs ramdirektiv för vatten 200/60/EG). De halter som sammanställts utgår från de prover som finns samlade i SGUs databas (www.sgu.se). Dessa prover kommer till största delen från det omfattande material som SGU samlat in inom ramen för den marin-geologiska kartläggningen av svenskt territorialhav (inre och yttre vatten) och svensk ekonomisk zon, dvs. samtliga svenska havsområden. Detta material har kompletterats med andra data tillgängliga i SGUs databas som härrör från den nationella miljöövervakningen av utsjösediment (16 stationer), och andra projekt som genomförts av SGU på uppdrag av bland annat Naturvårdsverket. Endast sedimentprov som är ytsediment, företrädesvis 0–1 cm men även 0–2 cm, har inkluderats i underlagsmaterialet, och ingen tidsgräns har använts, dvs. prov som tagits mellan 1986 och 2014 ingår. Totala antalet prover är cirka 500, och de har tagits på cirka 480 olika stationer eftersom provtagningen vid stationer som ingår i den nationella miljöövervakningen av utsjösediment har upprepats. Provernas geografiska position visas i figur 1 och antalet prover för respektive miljöförorening eller grupp av miljöföroreningar redovisas i tabell 1.

Underlagsmaterialet för organiska tennföroreningar avviker från övriga organiska miljöföroreningar eftersom dessa ämnen överlag inte har ingått i ordinarie analyser för prover inom SGUs kartläggning. Data kommer därför i huvudsak från ett SGU-finansierat forskningsprojekt kompletterat med ytterligare data från två forskningsprojekt som genomförts av konsultföretaget Marine Monitoring AB respektive Länsstyrelsen i Västra Götaland. De två senare projekten utfördes i samverkan med SGU och med finansiering från Naturvårdsverket. Även data från den nationella miljöövervakningen av utsjösediment och andra SGU-utförda projekt där organiska tennföroreningar har analyserats i sedimentprover ingår i underlagsmaterialet. Totalt antal prover är cirka 300. De tre forskningsprojekten har emellertid varit inriktade på marinor och hamnar, vilket innebär att underlagsmaterialet för tillståndsklassningen av organiska tennföroreningar är underrepresenterat med avseende på mer opåverkade kust- och utsjödata (figur 1).



Figur 1. Karta över Sveriges omgivande havsområden med röda punkter (cirka 500) för de prover som ingår i dataunderlaget för bedömningsgrunder för organiska miljöföroreningar, med undantag för organiska tennföroreningar där blå trianglar istället markerar de prover som ingår i dataunderlaget (cirka 300).

TILLSTÅNDSKLASSNING

Användning

Klassningen av organiska miljöföroreningar i sediment baseras på den statistiska fördelningen av uppmätta halter i finkornigt ytsediment från ackumulationsbottnar i svenska kust- och utsjöområden. Detta är bottenar som har en kontinuerlig nutida (recent) sedimentpåbyggnad av kornstorleksfraktioner <63 µm.

Klassningen baseras på halter normaliserade mot torrvikten på sedimentet. Data ska således inte normaliseras mot organiskt kol (TOC), utan det är det faktiska analysvärdet från sediment med en kornstorleksfraktion <63 µm som skall användas. Klassningen är i första hand avsedd för recenta ytsediment men den kan också användas för äldre finkorniga sediment (leror). Det är då viktigt att ha i åtanke att postglaciala leror äldre än ca 200 år samt glaciala leror, som avsattes under den senaste istiden, inte förväntas innehålla antropogena organiska föroreningar. Ett undantag kan vara polycykliska aromatiska kolväten (PAH) som bland annat bildas vid förbränning av organiskt material som kol eller ved.

Indelning

Klassningen redovisas i tabell 2. Föroreningshalterna delas in i fem klasser utifrån fördelningen av halter i dataunderlaget. Gränsen mellan klass 1 (*Mycket låg halt*) och klass 2 (*Låg halt*) har satts vid 5-percentilen av alla data, gränsen mellan klass 2 och klass 3 (*Medelhög halt*) vid 25-percentilen, gränsen mellan klass 3 och klass 4 (*Hög halt*) vid 75-percentilen, och gränsen mellan klass 4 och klass 5 (*Mycket hög halt*) vid 95-percentilen. Detta innebär att hälften av värdena faller i klass 3, som sträcker sig från 25-percentilen till 75-percentilen. Figur 2 illustrerar indelningen av halter i olika klasser. Gränsen mellan klass 1 och klass 2 motsvarar ungefär de lägsta halterna i prover tagna i områden långt från punktkällor, dvs. i utsjön, medan prover från områden med en hög föroreningsgrad, ofta kustnära, hamnar i klass 5. I klassningen har alla data inkluderats, inklusive de prover som har analyserats men som har värden under rapporteringsgränsen. För dessa går det bara att säga att halten är under ett visst värde, inte exakt vad halten är, men om dessa inte hade inkluderats skulle dataunderlaget bli skevt till förmån för prover med höga halter.

För några ämnen som är svåranalyserade har många prover halter under laboratoriernas rapporteringsgräns. Om fler än 5 % av proverna har halter som inte kan rapporteras av ett ämne går det inte att säkert ange en gräns mellan klass 1 och klass 2 för detta ämne. På samma sätt är det inte möjligt att ange en gräns mellan klass 2 och klass 3 om fler än 25 % av proverna har halter under rapporteringsgränsen. Ett prov kan i sådana fall komma att klassificeras som klass 1–2 eller 1–3. Detta framgår i tabell 2. Antalet analyserade prover och antalet prover med halter under rapporteringsgränsen redovisas även i tabell 1.

Avvikande indelning för organiska tennföreningar

I underlagsmaterialet för organiska tennföreningar dominerar prover från hamnar och marinor vilket har gjort att en större andel höga halter ingår i underlaget. Eftersom tillståndsklassningen är tänkt att användas för prover från både opåverkade och påverkade områden har klassgränserna för dessa ämnen justerats jämfört med övriga organiska föroreningar. Gränsen mellan klass 4 och klass 5 har satts vid 75-percentilen av alla data istället för 95-percentilen. Gränsen mellan klass 3 och klass 4 har satts vid 50-percentilen istället för 75-percentilen, och gränsen mellan klass 2 och klass 3 har satts vid 15-percentilen istället för 25-percentilen, vilket ungefär motsvarar de generella rapporteringsgränserna. Det finns således ingen av-

gränsning mellan klass 1 och klass 2 då den, om den motsvarat 5-percentilen, inte skulle ha kunna fastställas på grund av att den är under laboratoriernas rapporteringsgränser. Gränsen mellan klass 2 och klass 3, den generella rapporteringsgränsen, motsvarar ungefär de lägsta halterna i prover tagna i områden i utsjön långt från punktkällor, och majoriteten av utsjö- och opåverkade kustprover kategoriseras i klass 3 eller lägre. Prover med en hög föroreningsgrad, ofta tagna i närheten av hamnar, kategoriseras i klass 5.

De tre organiska tennföreningar som har klassats är mono-, di- och tributyltenn. Underlagsmaterialet för organiska tennföreningar omfattade ursprungligen även tetrabutyltenn, mono- och dioktyltenn, tricyklohexyltenn, samt mono-, di- och trifenyltenn. På grund av en hög andel prover med värden under rapporteringsgränsen (>65 %), och därmed ett lågt antal prover (<100) över rapporteringsgränsen för respektive ämne, kunde emellertid inte en tillståndsklassning göras.

Skillnad mot tidigare tillståndsklassning

Den nya indelningen har tagits fram på ett sätt som skiljer sig något från den tidigare tillståndsklassningen från Naturvårdsverket 1999. Där sattes klass 1 till halten noll eftersom de flesta organiska föroreningar inte har naturliga källor och bakgrundsvärdet, utan påverkan från antropogena källor, således bör vara noll. I analys-sammanhang kan man emellertid inte uppmäta ett nollvärde utan endast säga att halten är under en rapporteringsgräns. Denna rapporteringsgräns kan variera beroende på bland annat hur avancerad analysmetoden är och hur komplicerat provet är att analysera, till exempel på grund av närvaro av störande ämnen. Det går därmed inte att automatiskt klassa en halt under rapporteringsgränsen som låg eller ett nollvärde.

I den tidigare klassningen utgjordes gränsen mellan klass 2 och klass 3 av 5-percentilen av data; i den nya tillståndsklassningen är detta istället gränsen mellan klass 1 och klass 2. Den tidigare gränsen mellan klass 4 och klass 5 vid 95-percentilen har inte ändrats. I den tidigare indelningen (1999) för EOC1 användes dock 90-percentilen istället för 95-percentilen på grund av att en stor andel av proverna kom från Bottniska viken med diffus påverkan från skogsindustriutsläpp. Detta har ändrats i dataunderlaget till den nuvarande klassningen och därför används nu 95-percentilen även för denna parameter. I den tidigare klassningen beräknades gränsen mellan klass 3 och 4 genom att multiplicera 5-percentilen med kvadratroten ur kvoten mellan 95-percentilen och 5-percentilen. I den nya klassningen är istället gränserna mellan klass 2 och 3 respektive 3 och 4 satta vid 25- respektive 75-percentilen. Även data under laboratoriernas rapporteringsgränser har inkluderats i den nya klassningen, vilket gör att några ämnen inte kan delas in i fem separata klasser (se *Indelning*).

Andra skillnader jämfört med tidigare indelning är att ytterligare några PAH-ämnen (naftalen, acenaften och fluoren) har inkluderats i tillståndsklassningen och även summaparametrarna Summa PAH₁₅, Summa PAH M och Summa PAH H. Andra ämnen som har inkluderats är polybromerade difenyletrar (PBDE) och organiska tennföreningar, medan Total PCB har uteslutits.

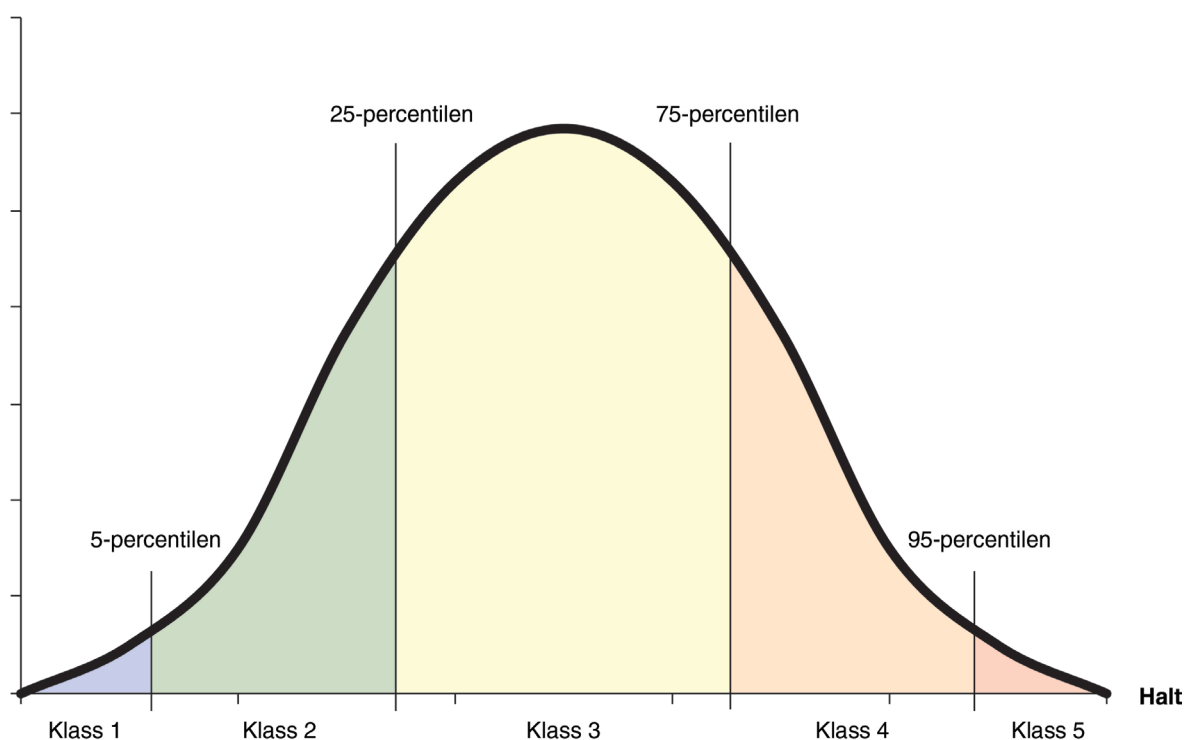
Ämnen och beräkningar av summaparametrar

För huvuddelen av de ämnen som ingår i tillståndsklassningen baserar sig klassningen på cirka 500 prover. För några ämnen har analyser inte skett under alla år. Detta gäller EOC1/EOBr som endast har analyserats fram till mitten på 1990-talet, och bromerade flamskyddsmedel, som har analyserats för prover tagna år 2000 och framåt. Antalet ämnen som har analyserats inom en ämnesgrupp har varierat. Till exempel har acenaftylen (en PAH)

sällan ingått i analyserna, vilket gör att det inte finns tillräckligt med dataunderlag för klassning av detta ämne och av summaparametrar det ingår i, dvs. Summa PAH₁₆ och Summa PAH L vilket omfattar tre PAH med låg molekylvikt. Däremot har summaparametrarna PAH M (fem PAH med medelhög molekylvikt) och PAH H (åtta PAH med hög molekylvikt) kunnat beräknas. Analyser av bromerade flamskyddsmedel har oftast innefattat PBDE 47, 85, 99, 100 och 209, men mer sällan PBDE 153 och 154, vilket gör att det inte finns tillräckligt med dataunderlag för att klassa de två senare ämnena.

Summaparametrar har endast räknats ut när alla de ämnen som ingår i summaparametern har analyserats. Halten för de ämnen som var under rapporteringsgränsen har då ansetts vara noll, dvs. summaparametern är s.k. lägre koncentration (eng. *lower-bound*). Motsatsen, högre koncentration (eng. *upper-bound*), hade inneburit att halter under rapporteringsgränsen ersätts med värdet på rapporteringsgränsen istället för ett nollvärde. Vilka ämnen som ingår i respektive summaparameter, samt antalet analyser för respektive ämne/ämnegrupp, redovisas i tabell 1.

Antal prover



Figur 2. Föroreningshalterna delas in i fem klasser (1–5) utifrån fördelningen av halter i dataunderlaget. Gränsen mellan klass 1 och klass 2 har satts vid 5-percentilen av alla data, gränsen mellan klass 2 och klass 3 vid 25-percentilen, gränsen mellan klass 3 och klass 4 vid 75-percentilen, och gränsen mellan klass 4 och klass 5 vid 95-percentilen. Detta innebär att hälften av värdena faller i klass 3, som sträcker sig från 25-percentilen till 75-percentilen. För de organiska tennföreningarna har andra percentiler använts vid indelningen i klasser. Figuren är schematisk eftersom miljöföroreningsdata snarare tenderar att ha en lognormalfördelning än en normalfördelning.

Tabell 1. Ämnen och summaparametrar med ingående ämnen, samt antal analyserade prov och antal prov av dessa under rapporteringsgränsen (RG) som använts i indelningen av tillståndsklasser för sediment.

Ämne/summaparameter	Ämnen ingående i summaparameter	Antal prover	Under RG
<i>Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)</i>			
Naftalen		329	58
Acenaften		329	101
Fluoren		329	40
Fenantren		503	18
Antracen		503	19
Fluoranten		503	15
Pyren		503	15
Bens(a)antracen		503	15
Krysen		503	15
Bens(b)fluoranten		503	15
Bens(k)fluoranten		503	15
Bens(a)pyren		503	15
Dibens(ah)antracen		329	2
Bens(ghi)perylene		503	16
Indeno(1,2,3-cd)pyren		503	16
Summa PAH ₁₁	fenantren, antracen, fluoranten, pyren, bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, bens(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren	503	15
Summa PAH ₁₅	förutom de ämnen som ingår i Summa PAH 11 även naftalen, acenaften, fluoren och dibens(ah)antracen. ¹	329	0
Summa PAH M	fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren ²	329	0
Summa PAH H	bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, dibens(ah)antracen, bens(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren	329	0
<i>Hexaklorbensen (HCB)</i>			
HCB		499	27
<i>Polyklorerade bifenyler (PCB)</i>			
PCB 28		505	88
PCB 52		505	63
PCB 101		506	20
PCB 118		506	19
PCB 138		506	18
PCB 153		506	17
PCB 180		506	19
Summa PCB ₇	PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	505	17
<i>Hexaklorcyklohexaner (HCH)</i>			
α-HCH		502	46
β-HCH		496	38
γ-HCH		502	44
Summa HCH	α-HCH, β-HCH, γ-HCH	496	22
<i>Klordaner</i>			
γ-klordan		502	101

¹ För Summa PAH 16 skulle även acenaften ingå, men dataunderlaget är för begränsat för en tillståndsklassning (<30 prover).

² I Summa PAH L (låg molekylvikt) skulle naftalen, acenaften och acenaften ingå, men dataunderlaget är för begränsat för en tillståndsklassning (<30 prover).

Ämne/summaparameter	Ämnena ingående i summaparameter	Antal prover	Under RG
α-klordan		502	126
trans-nonaklor		502	94
Summa klordan	α-klordan, γ-klordan och transnonaklor	502	76
<i>Diklordifenyltrikloretan (DDT) och relaterade ämnen</i>			
<i>para, para'</i> - diklordifenyltrikloretan (<i>p,p'</i> -DDT)		502	115
<i>para, para'</i> - diklordifenyldikloretan (<i>p,p'</i> -DDD)		501	28
<i>para, para'</i> - diklordifenylidikloretalen (<i>p,p'</i> -DDE)		502	21
Summa DDT	<i>p,p'</i> -DDT, <i>p,p'</i> -DDD, <i>p,p'</i> -DDE	501	16
<i>Polybromerade difenyletrar (PBDE)</i>			
PBDE 47		242	30
PBDE 100		237	121
PBDE 99		242	22
PBDE 85		219	65
PBDE 209		169	79
<i>Extraherbara organiska halogener</i>			
Extraherbart organiskt bundet klor (EOCI)		141	11
Extraherbart organiskt bundet brom (EOBr)		141	21
Extraherbart persistent organiskt bundet klor (EPOCI)		141	65
Extraherbart persistent organiskt bundet brom (EPOBr)		141	31
<i>Organiska tennföreningar</i>			
Monobutyltenn (MBT)		279	37
Dibutyltenn (DBT)		279	39
Tributyltenn (TBT)		291	45

Tabell 2. Tillståndsklassning av halter av organiska miljöföroreningar i sediment i svenska havsområden. Alla värden anges i enheten µg/kg TS. För alla ämnen utom de organiska tennföreningarna är indelningen som följer: gränsen mellan klass 1 och klass 2 utgörs av 5-percentilen av data för alla analyserade prover, vilket motsvarar ungefär de lägsta halter som påträffats i utsjösediment; gränsen mellan klass 2 och klass 3 utgörs av 25-percentilen; gränsen mellan klass 3 och klass 4 av 75-percentilen; och gränsen mellan klass 4 och klass 5 av 95-percentilen. För de organiska tennföreningarna motsvaras percentilerna istället av 15-percentilen mellan klass 2 och 3, 50-percentilen mellan klass 3 och 4, samt 75-percentilen mellan klass 4 och 5. Alla data har använts, dvs. även prover med halter under rapporteringsgränsen. I de fall då många datapunkter ligger under rapporteringsgränsen saknas därför någon eller några av de lägre klasserna då 5-percentilen eller ibland även 25-percentilen av data ligger under rapporteringsgränsen. Ett prov kan i sådana fall komma att klassificeras som klass 1–2 eller 1–3.

Ämne	Klass 1 <i>Mycket låg halt</i>	Klass 2 <i>Låg halt</i>	Klass 3 <i>Medelhög halt</i>	Klass 4 <i>Hög halt</i>	Klass 5 <i>Mycket hög halt</i>
Naftalen		<4,9	4,9–19	19–63	≥63
Acenaften			<5,5	5,5–33	≥33
Fluoren		<2,0	2,0–9,4	9,4–35	≥35
Fenantren	<7,0	7,0–17	17–50	50–150	≥150
Antracen	<1,0	1,0–3,1	3,1–11	11–45	≥45
Fluoranten	<18	18–45	45–140	140–390	≥390
Pyren	<12	12–30	30–100	100–380	≥380
Bens(a)antracen	<7,5	7,5–19	19–62	62–180	≥180
Krysen	<11	11–26	26–67	67–200	≥200

Ämne	Klass 1 <i>Mycket låg halt</i>	Klass 2 <i>Låg halt</i>	Klass 3 <i>Medelhög halt</i>	Klass 4 <i>Hög halt</i>	Klass 5 <i>Mycket hög halt</i>
Bens(b)fluoranten	<32	32–69	69–200	200–440	≥440
Bens(k)fluoranten	<11	11–28	28–79	79–180	≥180
Bens(a)pyren	<12	12–31	31–99	99–240	≥240
Dibens(ah)antracen	<4,4	4,4–8,9	8,9–27	27–79	≥79
Bens(ghi)perylen	<22	22–62	62–180	180–400	≥400
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<24	24–76	76–220	220–530	≥530
Summa PAH₁₁	<170	170–440	440–1200	1200–2800	≥2800
Summa PAH₁₅	<250	250–440	440–1200	1200–4700	≥4700
Summa PAH M	<57	57–110	110–320	320–1700	≥1700
Summa PAH H	<180	180–320	320–940	940–2600	≥2600
HCB	<0,020	0,020–0,15	0,15–0,45	0,45–1,6	≥1,6
PCB 28		<0,066	0,066–0,30	0,30–1,3	≥1,3
PCB 52		<0,12	0,12–0,40	0,40–1,9	≥1,9
PCB 101	<0,10	0,10–0,34	0,34–1,1	1,1–5,5	≥5,5
PCB 118	<0,084	0,084–0,31	0,31–0,84	0,84–3,6	≥3,6
PCB 138	<0,21	0,21–0,67	0,67–2,0	2,0–9,1	≥9,1
PCB 153	<0,20	0,20–0,61	0,61–2,0	2,0–7,9	≥7,9
PCB 180	<0,081	0,081–0,29	0,29–0,90	0,90–4,9	≥4,9
Summa PCB₇	<0,81	0,81–2,5	2,5–7,6	7,6–34	≥34
α-HCH	<0,006	0,006–0,04	0,04–0,17	0,17–0,36	≥0,36
β-HCH	<0,003	0,003–0,11	0,11–0,57	0,57–1,2	≥1,2
γ-HCH	<0,006	0,006–0,034	0,034–0,12	0,12–0,30	≥0,30
Summa HCH	<0,025	0,025–0,21	0,21–0,87	0,87–2,0	≥2,0
γ-klordan		<0,018	0,018–0,090	0,090–0,39	≥0,39
α-klordan		<0,006	0,006–0,082	0,082–0,30	≥0,30
trans-nonaklor		<0,021	0,021–0,088	0,088–0,30	≥0,30
Summa klordaner		<0,063	0,063–0,27	0,27–0,81	≥0,81
p,p'-DDT		<0,019	0,019–0,29	0,29–2,0	≥2,0
p,p'-DDD	<0,029	0,029–0,32	0,32–1,7	1,7–5,3	≥5,3
p,p'-DDE	<0,057	0,057–0,32	0,32–1,2	1,2–3,6	≥3,6
Summa DDT	<0,32	0,32–0,89	0,89–3,5	3,5–10	≥10
PBDE 47		<0,045	0,045–0,11	0,11–0,37	≥0,37
PBDE 100			<0,041	0,041–0,14	≥0,14
PBDE 99		<0,047	0,047–0,13	0,13–0,47	≥0,47
PBDE 85			<0,15	0,15–0,55	≥0,55
PBDE 209			<2,4	2,4–13	≥13
EOCI	<200	200–830	830–2700	2700–5600	≥5600
EOBr	<180	180–590	590–1900	1900–3000	≥3000
EPOCI		<100	100–560	560–2100	≥2100
EPOBr		<88	88–480	480–700	≥700
MBT		<1	1–10	10–20	≥20
DBT		<1	1–10	10–26	≥26
TBT		<1	1–19	19–55	≥55

UNDERSÖKNINGS- OCH PROVTAGNINGSMETODIK

Provtagningen av sediment för miljökemiska analyser har genomförts i ackumulationsbottnar, dvs. i bottnar som har en kontinuerlig nutida sedimentpåbyggnad av kornstorleksfraktioner <63 µm. Eftersom ytlagret provtogs omfattar resultaten de föroreningar som sedimenterat under åren närmast innan provtagning. Exakt antal år som ytlagret motsvarar varierar beroende på sedimentationshastigheten på den aktuella platsen. Generellt är hastigheten 3–14 mm/år i utsjön i havsbassängerna runt Sverige (Cato & Kjellin 2008), medan högre ackumulationshastigheter kan förekomma t.ex. kustnära i estuarier (Mattila m.fl. 2006).

Lämpliga ackumulationsbottnar har, vad avser kartläggningar och projekt utförda av SGU med undersökningsfartyget Ocean Surveyor och mindre undersökningsbåtar som utgått från Ocean Surveyor, valts ut efter omfattande hydroakustiska mätningar omfattande ytseismik, sedimentekolod och sidoavsökande sonar. Sedimentprovtagningen har föregåtts av en bottenytebesiktning och dokumentation med undervattenskamera. Om besiktningen av bottenytan bekräftade att provtagningsplatserna valda utifrån de hydroakustiska mätningarna var lämpliga för miljökemiska analyser genomfördes en provtagning. Vid provtagningen användes ett dubbelpipigt gravitationslod av typen geminiprovtagare (Niemistö 1974) och i några enstaka fall en stor box-corer (Jonasson & Olausson 1966). Vid provtagningarna i hamnar och marinor för studier av organiska tennföreningar, vilket i regel inte föregicks av hydroakustiska mätningar eller bottenytebesiktningar, användes i huvudsak en liten box-corer (Ekman 1952).

För prover tagna med geminiprovtagare, den huvudsakliga provtagaren, röntgades en provtagen kärna från varje station med en digital sediment-skanner (Cato m.fl. 2000) i fartygets laboratorium. Detta gjordes för att verifiera att kärnan var ostörd innan nya prover togs för bestämning av ackumulationshastighet och miljökemisk analys. För dessa prover snittades sedimentkärnor stående i vertikalt läge i 1-centimeters skivor i en specialkonstruerad snittningsapparat (eng. *geminicore cutter*). Ackumulationshastigheten på sedimentet bestämdes med hjälp av aktivitetsanalys av isotopen ¹³⁷Cs, och användes för att ytterligare verifiera att proverna är tagna i områden med recent sedimentation. Dateringsmetoden som bygger på mätning av aktiviteten av ¹³⁷Cs lämpar sig bäst i havs- och kustområdena i Bottniska viken eftersom nedfallet från Tjernobyl var kraftigast där. Ackumulationshastigheter i sediment provtagna på västkusten är därför bara i undantagsfall beräknade och då har generellt andra dateringsmetoder tillämpats.

För miljökemisk analys togs det översta, recenta skiktet (ofta 0–1 cm) ut. För att få tillräckligt med analysmaterial togs i allmänhet flera ytprover från varje station, vilka slogs samman och homogeniserades innan de frystes in i väntan på kemiska analyser vid anlitade laboratorier. Även vid provtagningar med box-corer var kvalitetskravet att sedimentytan skulle vara ostörd och täckt av bottenvatten. Ytprovet (0–1 eller 0–2 cm) togs ut för analys, men ingen bestämning av ackumulationshastigheten var möjlig att utföra vid denna typ av provtagning.

KEMISKA ANALYSER

Nedan beskrivs kortfattat de metoder som proverna analyserats enligt.

Organiska miljöföroreningar har efter Soxhletextraktion av sedimentprovet och efterföljande rening analyserats med olika analysinstrument. Polycykliska aromatiska kolväten (PAH) har bestämts med hjälp av vätskekromatografi (HPLC), medan klorerade och bromerade ämnen har bestämts med hjälp av gaskromatografi (GC) kombinerat med elektroninfångnings- (EC-) eller masspektrometri- (MS-) detektor. Resultaten har jämförts med certifierade standarder (NIST, SRM 1647, U.S. EPA C-813-01 och NIST, SMR 1492).

Organiska tennföreningar har, efter att sedimentprovet berikats med intern standardmix, alkylrats med natriumtetraetylborat, hexanextraherats och efter efterföljande rening (ISO/DIS 23161) analyserats med gaskromatografi kombinerat med flamfotometri-detektor (GC-FPD).

REFERENSER

Bergh, G., Cato, I., Kjellin, B. & Klingberg, F., 2005: Maringeologiska kartan 9I Landsort-Nynäshamn. *Serie K3:1, K3:2*. Sveriges geologiska undersökning.

Cato, I., Rindby, A. & Rudolfsson, J., 2000: Unik sedimentscanner utvecklad. *Geologiskt Forum* 25, 13–15.

Cato, I. & Kjellin, B., 2008: The national Swedish status and trend monitoring programme based on chemical contamination in offshore sediment – an overview of the results from 2003, An updated version 2008. *SGU-rapport 2008:19*, 31 s. Sveriges geologiska undersökning.

Ekman, S., 1911: Neue Apparate zur qualitativen und quantitativen Erforschung der Bodenfauna der Seen. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 3, 553–564.

Jonasson, A. & Olausson, E., 1966: New devices for sediment-sampling. *Marine Geology* 4, 365–372.

Mattila, J., Kankaanpää, H & Ilus, E., 2006: Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides ^{137}Cs and $^{239, 240}\text{Pu}$ as time markers. *Boreal Environment Research* 11, 95–107.

Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav. *Naturvårdsverket rapport 4914*, 134 s.

Niemistö, L., 1974: A gravity corer for studies of soft sediments. *Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr.* 238, 33–38.