

Organiske miljøfremmede stoffer og tungmetaller i havsedimenter

Arne Jensen og Kim Gustavson
DHI - Institut for Vand og Miljø

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	6
SUMMARY AND CONCLUSIONS	12
1 BAGGRUND	18
2 BESKRIVELSE AF UNDERSØGELSEN	19
2.1 PRØVETAGNING	19
2.2 KEMISK ANALYSE	20
3 RESULTATER	21
3.1 SAMMENLIGNING AF ANALYSER	22
3.2 DISKUSSION AF RESULTATERNE	22
3.3 ORGANISKE STOFFER	22
3.3.1 Blødgørere	23
3.3.2 Nonylphenoler	23
3.3.3 P-triester	23
3.3.4 PAH	23
3.3.5 Individuelle chlorbiphenyl (CB) - PCB	26
3.3.6 Chlorerede pesticider	26
3.3.7 LAS	30
3.3.8 Total hydrocarboner (THC)	30
3.3.9 Organiske stoffer beregnet på glødetabsbasis	30
3.3.10 Korrelation til glødetabet.	30
3.4 ANTIBEGRONINGSMIDLER	33
3.5 SPORMETALLER	33
3.5.1 Kviksølv (Hg)	33
3.5.2 Cadmium (Cd)	33
3.5.3 Kobber (Cu)	33
3.5.4 Nikkel (Ni)	33
3.5.5 Bly (Pb)	40
3.5.6 Zink (Zn)	40
3.5.7 Generelt om spormetallerne	40
3.5.8 Korrelations- og regressionsanalyse	40
4 REFERENCER	42
PRØVETAGNINGSPPOSITIONER OG SEDIMENTBESKRIVELSE	44
1 BESKRIVELSE AF ANALYSEMETODER	46
1.1 BESTEMMELSE AF MILJØFREMMEDE STOFFER VED GC-MS MULTIMETODE.	46
1.2 BESTEMMELSE AF METALLER OG SPORELEMENTER I SEDIMENT	47
1.3 BESTEMMELSE AF LAS I SEDIMENTER VED HPLC	48
1.4 BESTEMMELSE AF BIOCIDER I SEDIMENT VED LC-MS	48
1.5 BESTEMMELSE AF TOTALKULBRINTER I SEDIMENT	48
1 ANALYSERESULTATER	49

Bilag A
Bilag B
Bilag C

Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med projekterne "Organiske miljøfremmede stoffer og tungmetaller i havsedimenter" (benævnt projekt I) og "Indhold af udvalgte stoffer i havne- og havsedimenter (benævnt projekt II – ikke publiceret pt.). Projekterne er gennemført for Miljøstyrelsens midler for forskning og udvikling. Projekt I er udført af DHI - Institut for Vand og Miljø med Arne Jensen som projektleder og Kim Gustavson som projektmedarbejder. Projekt II er udført af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) med Britta Pedersen som projektleder og Jørgen Vikelsø og Jesper Platz som projektmedarbejdere.

Nærværende rapport er udarbejdet af DHI - Institut for Vand og Miljø.

Projektet har været fulgt af en styregruppe, der har afholdt et styregruppemøde i løbet af projektperioden. Rapporten blev sendt til skriftlig høring. Styregruppen havde følgende medlemmer:

Kjeld Frank Jørgensen,	Miljøstyrelsen
Alf Aagaard,	Miljøstyrelsen
Henrik Søren Larsen	Miljøstyrelsen
Pia Ølgård Nielsen	Miljøstyrelsen
Britta Pedersen	Danmarks Miljøundersøgelser
Christian A. Jensen	Århus Amt
Arne Jensen (projektleder)	DHI-Institut for Vand og Miljø
Kim Gustavson	DHI-Institut for Vand og Miljø

Styregruppens medlemmer takkes for et konstruktivt samarbejde under udførelsen af projektet. Desuden takkes Frederiksborg Amt, Fyns Amt, Miljøkontrollen, Nordjyllands Amt, Vejle Amt og Århus Amt for arbejdet med prøvetagningen af sedimenter på de udvalgte positioner

Hørsholm, den 22. juni 2001

Sammenfatning og konklusioner

Formålet med denne undersøgelse har været at kortlægge forureningen af organiske miljøfremmede stoffer, antibegroningsmidler og spormetaller i havsedimenter fra danske farvande.

Sedimentprøver blev udtaget på følgende ti lokaliteter:

- Åbne farvande:
Mecklenburg Bugt, Øresund syd for Ven og Kattegat sydøst for Anholt;
- Kystnære områder:
Kongedybet (Øresund), Karrebæksminde Bugt og Smålandsfarvandet;
- Fjorde:
Roskilde, Odense, Horsens Fjord og Nibe Bredning (Limfjorden).

Alle sedimentprøverne blev analyseret for 74 miljøfremmede organiske forbindelser, fem antibegroningsmidler og seks spormetaller samt aluminium. Desuden blev en sedimentprøve fra Marselisborg Havn, som blev analyseret i havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000), genanalyseret for alle stofferne, idet der i nærværende undersøgelse er anvendt en anden mere følsom metode til bestemmelse af de organiske forbindelser. Genanalysen viste en fin overensstemmelse med de tidligere udførte analyser, idet hovedparten af resultaterne afviger mindre end 10-30%. For seks stoffer var der omkring en faktor to i forskel.

Med den anvendte analysemetode blev der også detekteret mange flere stoffer, som i den tidligere undersøgelse var under detektionsgrænsen.

Tabel 1-3 viser antallet af påviste organiske, miljøfremmede stoffer og hvor mange sedimentprøver, som de er fundet i. Desuden viser tabellerne gennemsnit, minimum, maximum og standard afvigelse for hvert enkelt af de organiske stoffer.

Tabel 4 viser de tilsvarende værdier for spormetaller. Spormetallerne blev fundet i alle prøver. Af antibegroningsmidlerne blev TBT kun fundet i tre prøver. Koncentrationerne af DBT, MBT, diuron og irgarol var under detektionsgrænserne i alle prøver.

Generelt er niveauerne som forventet signifikant lavere end niveauerne, som blev fundet i havnesedimenterne (Jensen & Gustavson, 2000).

Områder med de højeste til tredjehøjeste koncentrationer på tørstofbasis af de enkelte stofgrupper er vist i tabel 5 (havnesedimentresultaterne ikke inkluderet). På basis af hyppigheden af 1.-3. pladser er, som vist i tabel 5, Roskilde Fjord den mest forurenede sammen med Mecklenburg Bugt og Kattegat, hvilket kan hænge sammen med de høje glødetabsindhold.

Tabel 1 Antal af påviste stoffer, gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af blødgørere, nonylphenoler og P-triesterer i havsedimenter.

Havsedimenter µg/kg TS Parameter	Antal parametre påvist	Fundet i antal sediment- prøver	Gennemsnit	Minimum	Maximum	Standard- afvigelse
Blødgørere	1					
Di-iso-nonylphthalat	0	0		<5		
Di(2-ethylhexyl)adipat	0	0		<5		
Di(2-ethylhexyl)phthalat	0	0		< 10		
Butylbenzylphthalat	0	0		<5		
Diethylphthalat	0	0		<5		
Dimethylphthalat	0	0		<5		
Di-n-butylphthalat	1	2	16	15	17	1,4
Di-n-octylphthalat	0	0		<5		
Nonylphenoler	1					
4-Octylphenol	0	0		<20		
Bisphenol A	0	0		<10		
Nonylphenol (+EO1 og EO2)	1	3	20	11	32	11
P-triesterer	3					
Tributylphosphat	1	5	8	5,2	18	5,6
Tricresylphosphat	1	1	370	370	370	
Triphenylphosphat	0	0		<10		
Tris-1.3-dichlorisopropylphosphat	1	3	19	7,2	32	12

Tabel 2 Antal af påviste stoffer, gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af PAH'er¹

Havsedimenter µg/kg TS Parameter	Antal parametre påvist	Fundet i antal sediment- prøver	Gennemsnit	Minimum	Maximum	Standard- afvigelse
PAH	32					
Naphthalen	1	9	11	3,4	39	11
2-Methylnaphthalen	1	9	13	3,1	57	17
1-Methylnaphthalen	1	7	10	3,1	37	12
Biphenyl	1	6	6,7	3,1	18	5,8
1.5-Dimethylnaphthalen	1	6	9,4	3,1	32	11
Acenaphthylen	1	9	6,3	3,1	11	2,3
Acenaphthen	1	7	7,4	3,8	12	3,0
Dibenzofuran	1	9	12	3,8	37	11
2.3.5-trimethylnaphthalen	1	9	10	4,1	37	10
Fluoren	1	7	8,9	4,6	14	4,3
1-Methylfluoren	1	4	6,4	3,4	14	5,1
Dibenzothiophen	1	8	4,8	3,1	7,5	1,8
Phenanthren	1	9	46	25	67	16
Anthracen	1	9	11	6,7	18	3,4
Carbazol	1	5	5,9	5,4	6,6	0,5
2-Methylphenanthren	1	9	14	7,3	23	4,9
2-Methylanthracen	1	5	4,2	3,1	6,5	1,3
1-Methylphenanthren	1	9	7,6	3,8	12	2,6
3.6-Dimethylphenanthren	1	5	4,6	3,5	7,1	1,5
Fluoranthren	1	9	130	49	270	61
Pyren	1	9	116	49	240	54
1-Benzofluoren	1	9	23	11	44	9,7
1-Methylpyren	1	9	6,9	3,9	10	2,2
Benz(a)anthracen	1	9	80	34	130	31
Chrysen/Triphenylen	1	9	92	42	150	42
Benzo(b+k+j)fluoranthren	1	10	295	6,9	600	221
Benzo(e)pyren	1	10	122	4,8	260	91
Benzo(a)pyren	1	7	73	14	130	42
Perylen	1	6	21	12	31,5	8,2
Indeno(1.2.3-cd)pyren	1	10	121	3,3	390	128
Dibenzo(a,h)anthracen	1	9	23	5,2	130	40
Benzo(ghi)perylen	1	9	114	7	320	107
Sum PAH	32	10	1288	15	2643	865

¹ I en prøve er kun tre af PAH'er over detektionsgrænsen. I flere prøver er 2-13 PAH'er under detektionsgrænsen.

Tabel 3 Antal af påviste stoffer, gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af CB'er¹, pesticider, LAS og total hydrocarboner

Havsedimenter µg/kg TS Parameter	Antal parametre påvist	Fundet i antal sediment- prøver	Gennemsnit	Minimum	Maximum	Standard- afvigelse
Individuel chlorbiphenyl (PCB)	7					
CB#28	1	9	0,35	0,12	0,75	0,22
CB#52	1	9	0,32	0,16	0,61	0,19
CB#101	1	9	0,50	0,14	0,94	0,28
CB#118	1	9	0,56	0,19	1,3	0,33
CB#138	1	9	1,3	0,41	3,8	1,07
CB#153	1	9	1,3	0,41	3,7	1,05
CB#180	1	6	0,70	0,36	1,085	0,28
Sum CB-7		10	4,32	0,39	11,0	3,21
Pesticider	14					
Aldrin	1	2	0,27	0,16	0,38	0,16
HCH, alpha-	1	1	12	12	12	
HCH, beta-	1	2	6,6	1,2	12	7,64
HCH, delta-	1	6	0,85	0,29	1,6	0,56
HCH, gamma-	1	9	3,3	1,3	5,8	1,55
DDD, p,p'-	1	7	0,95	0,34	1,5	0,52
DDE, p,p'-	1	9	0,67	0,14	1,8	0,50
DDT, p,p'-	1	10	2,2	0,92	3,5	0,90
Dieldrin	1	1	0,64	0,64	0,64	
Endosulfan I	1	8	2,2	1,2	3,8	0,80
Endosulfan II	1	5	1,7	0,69	4,5	1,58
Endosulfan sulfat	1	1	0,39	0,39	0,39	
Endrin	1	1	2	2	2	
Endrin Aldehyd	0	0		<0.1		
Endrin Keton	0	0		<0.1		
Heptachlor	0	0		<0.1		
Heptachlorepoxyd	1	2	0,36	0,34	0,38	0,03
Methoxychlor	0	0		<0.1		
Sum pesticider		10	12,6	4,23	29,9	7,41
LAS	1	2	3020	540	5500	3507
Total hydrocarboner mg/kg TS	1	10	56	3	480	149

¹ I en prøve er kun påvist CB #52.

Tabel 4 Gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af spormetaller beregnet på tørstofbasis (mg/kg TS).

Variabel på tørstofbasis	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Al %	Glødetab %
Gennemsnit	0,11	0,64	27	16,6	32	96	1,18	7,35
Minimum	0,03	0,05	1,1	1,6	1,7	6,1	0,12	0,60
Maximum	0,21	1,80	141	35	63,0	277	2,36	14,50
Standardafvigelse	0,05	0,60	39	11,6	22,5	78	0,82	4,96

Tabel 5 Oversigt over områder med de højest til tredjehøjest indhold af de undersøgte stoffer

Stofgruppe	Område med		
	Højest indhold	Næsthøjest indhold	Tredje højest indhold
Blødgørere – di-n-butylphthalat	Mecklenburg Bugt	Roskilde Fjord	
Nonylphenoler	Roskilde Fjord	Horsens Fjord	Ikke fundet andre steder
P-triesterer	Roskilde Fjord	Odense Fjord	Kongedybet
Sum PAH	Smålandsfarvandet	Kattegat	Mecklenburg Bugt
Sum PCB	Horsens Fjord	Roskilde Fjord	Mecklenburg Bugt
Sum chlorerede pesticider	Kongedybet	Roskilde Fjord	Kattegat og Mecklenburg Bugt
LAS	Horsens Fjord	Mecklenburg Bugt	Ikke fundet andre steder
Hydrocarboner	Horsens Fjord	Kongedybet	Kattegat
TBT ¹	Roskilde Fjord	Odense Fjord	Kongedybet
Kviksølv	Horsens Fjord	Kattegat	Mecklenburg Bugt
Cadmium	Smålandsfarvandet	Roskilde Fjord	Horsens Fjord
Kobber	Roskilde Fjord	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bugt
Nikkel	Kattegat	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bugt
Bly	Mecklenburg Bugt	Smålandsfarvandet	Roskilde Fjord
Zink	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bugt	Kattegat

¹ TBT blev kun fundet i disse tre prøver. Koncentrationerne af DBT, MBT, diuron og irgarol var under detektionsgrænserne i alle prøver.

De fundne stoffer er også omregnet til koncentrationer på glødetabsbasis (svarende til organisk stof), idet både de organiske stoffer og spormetallerne generelt binder sig til organiske stoffer. Rækkefølgen af de mest forurenende sedimenter ændrer sig ofte, når der sammenlignes på glødetabsbasis i stedet for tørstofbasis. Dette er også relevant set fra et biologisk synspunkt, idet dyrene, som lever i og på sedimentoverfladen lever af det organiske stof. Korrelation mellem glødetab og de fundne stofkoncentration er kun signifikant for ca. 10% af stofferne.

Spormetallerne er desuden normaliseret til aluminiumindholdet (tabel 6), idet denne enhed anvendes for at kompensere for geologiske forskelle imellem sedimenterne.

Tabel 6 Gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af spormetaller normaliseret til Al (mg/kg Al).

Spormetaller normaliseret til Al	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Gennemsnit	14,0	57,5	2053	1383	2733	7993
Minimum	5,4	6,0	750	1123	1394	5079
Maximum	41	144	7542	1858	5070	14756
Standardafvigelse	10,5	38	1914	235	1116	2887

De fundne resultater for spormetaller beregnet på glødetabsbasis (tabel 7) er sammenlignet med Miljøstyrelsens grænseværdier for spormetaller beregnet på glødetabsbasis for diffust belastet sediment. Niveauer under to gange denne værdi betragtes som diffust forurenet sediment.

Tabel 7 Gennemsnit, minimum, maximum og standardafvigelse for indhold af spormetaller beregnet på glødetabsbasis (mg/kg GT).

Spormetaller normaliseret til glødetab	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Gennemsnit	2,5	8,4	330	233	450	1304
Minimum	0,64	1,4	170	120	224	743
Maximum	7,4	14	1262	311	710	2470
Standardafvigelse	2,1	3,6	314	58	172	435

Følgende områder overskrider denne værdi for:

- Hg: Kongedybet, Nibe Bredning og Øresund;
- Pb: Mecklenburg Bugt og Kongedybet.

To gange grænseværdien overskrides ikke for Cd, Cu og Zn. Der er ingen grænseværdi for Ni. Generelt kan det konkluderes, at de fundne spormetalindhold svarer til diffust belastet sediment.

En korrelationsanalyse viste, at spormetallerne er signifikant korreleret med glødetabet og aluminium med undtagelse af Cd normaliseret til aluminium. Spormetallerne korrelerer med hinanden med undtagelse af Cd-Hg, Cd-Ni og Cd-Pb, hvilket formentlig skyldes, at Cd i det marine miljø er mere mobilt end de andre spormetaller.

Summary and conclusions

The purpose of this study has been to describe the pollution of marine sediments from selected areas close to and far from pollution sources. The parameters examined were organic pollutants, antifouling compounds and trace elements.

Sediment samples were taken from ten areas:

- Open Danish sea: Mecklenburg Bight, Øresund south of Ven and Kattegat southeast of Anholt.
- Coastal areas: Kongedybet (Øresund), Karrebæksminde Bight and Smålandsfarvandet.
- Bays: Roskilde, Odense, Horsens Bay and Nibe broad (Limfjorden).

All ten sediment samples were analysed for 74 organic pollutants, five antifouling compounds, six trace metals and aluminium. Apart from this, a sediment sample from Marselisborg Marina, which was analysed in the harbour sediment study (Jensen & Gustavson, 2000), was reanalysed as a more sensitive method for analysing the organic pollutants was used in this study.

The new results were in fine accordance with the former results as the majority of the results deviated less than 10-30%. There was a factor of about two in difference for six of the substances.

Many more organic pollutants, which were below the detection limit in the former study, were quantified with the new method. The occurrence of the different substances is summarised in the tables below.

Table 1-3 show number of organic pollutants detected in how many sediment samples. In addition, the tables show average, minimum, maximum and standard deviation for each of the compounds.

Table 4 shows the corresponding values for the trace elements which were found in all samples. The antifouling compound TBT was only found in three samples. The concentrations of the other antifouling compounds DBT, MBT, diuron og irgarol was below the detection limits in all samples.

Generally, the levels found were as expected significant lower the levels found in the harbour sediments (Jensen & Gustavson, 2000).

The highest to third highest concentrations on dry weight of the different group of substances (excluding the harbour sediment) were found in the areas as shown in the table 5. Ranking above the most polluted area based on the frequency of 1st-3rd is: Roskilde Bay together with Mecklenburg Bight and Kattegat, which may be related to the high concentrations of loss on ignition.

Tabel 1 Number of identified organic substances, average, minimum, maximum og standard deviation for content of softener, nonylphenols and P-triesters in sediments.

Marine sediments µg/kg DW Parameter	No. of parameter identified	Found in No. of samples	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation
1						
Softener						
Di-iso-nonylphthalat	0	0		<5		
Di(2-ethylhexyl)adipat	0	0		<5		
Di(2-ethylhexyl)phthalat	0	0		< 10		
Butylbenzylphthalat	0	0		<5		
Diethylphthalat	0	0		<5		
Dimethylphthalat	0	0		<5		
Di-n-butylphthalat	1	2	16	15	17	1,4
Di-n-octylphthalat	0	0		<5		
1						
Nonylphenols						
4-Octylphenol	0	0		<20		
Bisphenol A	0	0		<10		
Nonylphenol (+EO1 og EO2)	1	3	20	11	32	11
3						
P-triesters						
Tributylphosphat	1	5	8	5,2	18	5,6
Tricresylphosphat	1	1	370	370	370	
Triphenylphosphat	0	0		<10		
Tris-1.3-dichlorisopropylphosphat	1	3	19	7,2	32	12

Tabel 2 Number of identified organic substances, average, minimum, maximum og standard deviation for content of PAH'es¹ in sediments.

Marine sediments µg/kg DW Parameter	No. of parameter identified	Found in No. of samples	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation
PAH	32					
Naphthalen	1	9	11	3,4	39	11
2-Methylnaphthalen	1	9	13	3,1	57	17
1-Methylnaphthalen	1	7	10	3,1	37	12
Biphenyl	1	6	6,7	3,1	18	5,8
1.5-Dimethylnaphthalen	1	6	9,4	3,1	32	11
Acenaphthylen	1	9	6,3	3,1	11	2,3
Acenaphthen	1	7	7,4	3,8	12	3,0
Dibenzofuran	1	9	12	3,8	37	11
2.3.5-trimethylnaphthalen	1	9	10	4,1	37	10
Fluoren	1	7	8,9	4,6	14	4,3
1-Methylfluoren	1	4	6,4	3,4	14	5,1
Dibenzothiophen	1	8	4,8	3,1	7,5	1,8
Phenanthren	1	9	46	25	67	16
Anthracen	1	9	11	6,7	18	3,4
Carbazol	1	5	5,9	5,4	6,6	0,5
2-Methylphenanthren	1	9	14	7,3	23	4,9
2-Methylanthracen	1	5	4,2	3,1	6,5	1,3
1-Methylphenanthren	1	9	7,6	3,8	12	2,6
3.6-Dimethylphenanthren	1	5	4,6	3,5	7,1	1,5
Fluoranthen	1	9	130	49	270	61
Pyren	1	9	116	49	240	54
1-Benzofluoren	1	9	23	11	44	9,7
1-Methylpyren	1	9	6,9	3,9	10	2,2
Benz(a)anthracen	1	9	80	34	130	31
Chrysen/Triphenylen	1	9	92	42	150	42
Benzo(b+k+j)fluoranthen	1	10	295	6,9	600	221
Benz(e)pyren	1	10	122	4,8	260	91
Benz(a)pyren	1	7	73	14	130	42
Perylen	1	6	21	12	31,5	8,2
Indeno(1.2.3-cd)pyren	1	10	121	3,3	390	128
Dibenzo(a,h)anthracen	1	9	23	5,2	130	40
Benzo(ghi)perylen	1	9	114	7	320	107
Sum PAH	32	10	1288	15	2643	865

¹ In one sample is only three of the PAH'es above the detection limit.

Tabel 3 Number of identified organic substances, average, minimum, maximum og standard deviation for content of CB's¹, pesticides, LAS and total hydrocarbons in sediments.

Marine sediments µg/kg DW Parameter	No. of parameter identified	Found in No. of samples	Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation
Individuel chlorobiphenyls (PCB)	7					
CB#28	1	9	0,35	0,12	0,75	0,22
CB#52	1	9	0,32	0,16	0,61	0,19
CB#101	1	9	0,50	0,14	0,94	0,28
CB#118	1	9	0,56	0,19	1,3	0,33
CB#138	1	9	1,3	0,41	3,8	1,07
CB#153	1	9	1,3	0,41	3,7	1,05
CB#180	1	6	0,70	0,36	1,085	0,28
Sum CB-7		10	4,32	0,39	11,0	3,21
Pesticides	14					
Aldrin	1	2	0,27	0,16	0,38	0,16
HCH, alpha-	1	1	12	12	12	
HCH, beta-	1	2	6,6	1,2	12	7,64
HCH, delta-	1	6	0,85	0,29	1,6	0,56
HCH, gamma-	1	9	3,3	1,3	5,8	1,55
DDD, p,p'-	1	7	0,95	0,34	1,5	0,52
DDE, p,p'-	1	9	0,67	0,14	1,8	0,50
DDT, p,p'-	1	10	2,2	0,92	3,5	0,90
Dieldrin	1	1	0,64	0,64	0,64	
Endosulfan I	1	8	2,2	1,2	3,8	0,80
Endosulfan II	1	5	1,7	0,69	4,5	1,58
Endosulfan sulfat	1	1	0,39	0,39	0,39	
Endrin	1	1	2	2	2	
Endrin Aldehyd	0	0		<0.1		
Endrin Keton	0	0		<0.1		
Heptachlor	0	0		<0.1		
Heptachloreoxid	1	2	0,36	0,34	0,38	0,03
Methoxychlor	0	0		<0.1		
Sum pesticides		10	12,6	4,23	29,9	7,41
LAS	1	2	3020	540	5500	3507
Total hydrocarbons mg/kg DW	1	10	56	3	480	149

¹ In one sample is only identified CB #52.

Tabel 4 Average, minimum, maximum og standard deviation for content of trace elements (mg/kg dry weight).

Variabel på tørstofbasis	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Al %	Glødetab %
Gennemsnit	0,11	0,64	27	16,6	32	96	1,18	7,35
Minimum	0,03	0,05	1,1	1,6	1,7	6,1	0,12	0,60
Maximum	0,21	1,80	141	35	63,0	277	2,36	14,50
Standardafvigelse	0,05	0,60	39	11,6	22,5	78	0,82	4,96

Table 5 Overview of areas ranked 1-3 for the level of examined substances

Group of substances	Area with		
	Highest level	Second highest level	Third highest level
Softener	Mecklenburg Bight	Roskilde Bay	Not found in other areas
Nonylphenols	Roskilde Bay	Horsens Bay	Not found in other areas
P-triesters	Roskilde Bay	Odense Bay	Kongedybet
Sum PAH	Smålandsfarvandet	Kattegat	Mecklenburg Bight
Sum PCB	Horsens Bay	Roskilde Bay	Mecklenburg Bight
Sum chlorinated pesticides	Kongedybet	Roskilde Bay	Kattegat og Mecklenburg Bight
LAS	Horsens Bay	Mecklenburg Bight	Not found in other areas
Hydrocarbons	Horsens Bay	Kongedybet	Kattegat
TBT ¹	Roskilde Bay	Odense Bay	Kongedybet
Mercury	Horsens Bay	Kattegat	Mecklenburg Bight
Cadmium	Smålandsfarvandet	Roskilde Bay	Horsens Bay
Copper	Roskilde Bay	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bight
Nikkel	Kattegat	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bight
Lead	Mecklenburg Bight	Smålandsfarvandet	Roskilde Bay
Zinc	Smålandsfarvandet	Mecklenburg Bight	Kattegat

¹ TBT was only found in these three samples. The concentrations of DBT, MBT, diuron og irgarol was below the detection limits in all samples.

The measured concentrations have also been calculated on loss on ignition (equivalent to organic matter) as both the organic pollutants and trace metals have a high affinity to organic carbon. The sequence of the most polluted sediments was often changed when the comparisons were done on loss on ignition instead of on dry matter. It is relevant from a biological viewpoint to use this expression because the animals living in the sediments mainly eat the organic matter.

The trace elements were also normalised to aluminium (table 6) as this unit is often applied to compensate for geological differences.

Tabel 6 Average, minimum, maximum og standard deviation for content of trace elements normalised to Al (mg/kg Al).

Trace elements normalised to Al	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Average	14,0	57,5	2053	1383	2733	7993
Minimum	5,4	6,0	750	1123	1394	5079
Maximum	41	144	7542	1858	5070	14756
Standard deviation	10,5	38	1914	235	1116	2887

The levels of trace metals calculated as loss on ignition (table 7) were compared with the limit values calculated on loss on ignition developed by the Danish EPA for diffuse impacted sediments. Levels below twice these values are only considered as diffuse impacted sediments.

Tabel 7 Average, minimum, maximum og standard deviation for content of trace elements (mg/kg loss on ignition).

Trace elements normalised to loss on ignition	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Average	2,5	8,4	330	233	450	1304
Minimum	0,64	1,4	170	120	224	743
Maximum	7,4	14	1262	311	710	2470
Standard deviation	2,1	3,6	314	58	172	435

The following areas exceed these values:

- Hg: Kongedybet, Nibe Broad and Øresund;
- Pb: Mecklenburg Bight and Kongedybet.

These values are not exceeded for Cd, Cu and Zn. No value exists for Ni. Generally, it may be concluded that the detected level of trace elements in the sediments were equivalent to diffuse impacted areas.

A correlation analysis showed that the level of trace elements were significantly correlated with loss on ignition and Al with the exception of Cd normalised to Al. The trace elements correlate with each other with the exception of Cd-Hg, Cd-Ni and Cd-Pb. This may be due to

caused by the fact that Cd in the marine environment is more mobile than the other trace elements.

1 Baggrund

En netop afsluttet undersøgelse (Jensen & Gustavson, 2000) påviste, at havnesedimenter ofte er forurenede med kemiske stoffer i større eller mindre grad. Forskellige undersøgelser af marine sedimenter for disse stoffer i Danmark er bl.a. udført af Lillebæltsamterne og Århus Amt (Lillebæltssamarbejdet 1998, Århus Amt 1998 og Bennetzen *et al.*, 2000) samt i nordisk regi (Østfeld *et al.*, 1994). De danske undersøgelser er hovedsagelig foretaget i fjorde og i nærheden af spildevandsudløb, mens det nordiske projekt udelukkende undersøgte chlorerede forbindelser. Der mangler derfor oplysninger om baggrundsniveauer i sedimenter fra de åbne farvande for ikke chlorerede forbindelser.

Miljøstyrelsen har endvidere ønsket, at den ovenfor nævnte undersøgelse (Jensen & Gustavson, 2000) suppleres med yderligere undersøgelser af en række stoffer/stofgrupper, bl.a. dioxiner, furaner og co-planar PCB forbindelser, for at få et mere fuldstændigt billede af forureningen af havnesedimenter. Desuden blev havsedimenterne også undersøgt for de samme stoffer og spormetaller.

2 Beskrivelse af undersøgelsen

I det følgende gives en beskrivelse af prøvetagningen, de anvendte kemiske analysemetoder og resultaterne.

2.1 Prøvetagning

Styringsgruppen bestemte, at de i tabel 1 viste lokaliteter skulle indgå i undersøgelsen. Tabellen viser endvidere, hvem der var ansvarlig for prøvetagningen samt, hvor prøverne skulle analyseres.

Tabel 1 Oversigt over prøvetagningslokaliteterne

Lokalitet	Indsamlet af	Prøvetagningsudstyr	Analyselaboratorium
Mecklenburg Bugt Øresund, syd for Ven Kattegat, sydøst for Anholt	DMU	Haps	DHI + DMU
Karrebæksminde bugt Smålandsfarvandet Skellerev	Storestrøms Amt	Haps	DHI
Øresund, Kongedybet	Københavns kommune	Haps	DHI + DMU
Roskilde fjord ved Frd. Værk	Fred. Borg Amt	Haps	DHI
Odense Fjord	Fyns Amt	Haps	DHI + DMU
Horsens Fjord	Vejle Amt	Haps	DHI + DMU
Limfjorden, Nibe Bredning	Nrd. Jyllands Amt	Haps	DHI
Marselisborg havn*	Århus Amt	van Veen	DHI

* Den tørrede sedimentprøve fra 1999 havneundersøgelsen genanalyseres, idet de mere følsomme analysemetoder anvendes.

Sedimentprøverne er udtaget med et HAPS prøvetagningsudstyr med stålrør med undtagelse af Marselisborg Lystbådehavn og stationen i Kattegat, hvor prøven er udtaget med en van Veen grab. Kun de øverste 2 cm blev udtaget fra hver sedimentsøjle. Der blev udtaget så mange sedimentsøjler, så man til sidst havde min. 1 kg prøve. Alle segmenter blev samlet i en Rilsanpose og blandet godt og nedfrosset¹. Prøverne blev derefter fremsendt til DHI, hvor de efter optøning blev fordelt på tre Rilsanposer til fordeling til de forskellige laboratorier. Prøverne blev nedfrosset igen inden fremsendelsen. Ved håndtering af prøverne brugtes kun instrumenter af rustfrit stål. Plast kan forurene prøven, da det kan indeholde forskellige organiske forbindelser.

I bilag A er positionerne angivet sammen med en kort beskrivelse af de udtagne sedimentprøver. Prøvetagningen er foregået i september/oktober 2000.

¹ DMU neddelte prøverne på stedet og frøs dem ned straks efter prøvetagningen.

2.2 Kemisk Analyse

Sedimentprøverne blev analyseret med DHI's GC-MS Multimetode efter følgende metode: Sur dichlormethan-ekstraktion af 10 g prøve og gaschromatografi med massespektrometrisk detektion (GC-MS), som beskrevet i bilag B, afsnit 1.1. Den anvendte analysemetode er udviklet til brug i forbindelse med US EPAs liste over prioriterede forurenede stoffer (Standard Methods). I forhold til den metode, som blev anvendt i havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000), er detektionsgrænserne sænket med en faktor 2-5 på bekostning af, at færre stoffer bliver identificeret, bl.a. chlorbenzener og phenoler.

Analysemetoderne for spormetaller er vedlagt i bilag B, afsnit 1.2.

Sedimentprøverne til analyse for Lineære Alkylbenzen Sulfonater (LAS) er blevet analyseret med en HPLC-metode (bilag B, afsnit 1.3).

Analysemetoden for biocider er vedlagt i bilag B, afsnit 1.4 og for totalkulbrinter i afsnit 1.5. Analysemetoden for TBT er beskrevet af Jacobsen *et. al.*, 1997. Endvidere blev tørstof og glødetab bestemt i prøverne efter DS204.

3 Resultater

Resultaterne af de kemiske analyser er i fuldt omfang angivet i bilag C, idet sedimenternes tørstofindhold og glødetab er vist i tabel 1, organiske stoffer i tabel 2 og 3 på henholdsvis tørstof- og glødetabsbasis, antibegroningsmidler i tabel 4 og spormetaller i tabel 5. Analyseresultaterne er i bilag C inddelt efter stofgrupper:

- blødgørere;
- nonylphenoler;
- P-triesterer (phosphat-triesterer);
- PAH;
- PCB (individuel chlorbiphenyl);
- chlorerede pesticider;
- LAS;
- total hydrocarboner;
- antibegroningsmidler;
- spormetaller.

Tabel 2 Oversigt over påviste stoffer i de 11 sedimentprøver (inkl. Marselisborg Lystbådehavn)

Stofgruppe	Antal parametre målt	Antal parametre påvist	Fundet i antal sedimentprøver
Blødgørere	8	2	3
Nonylphenoler	3	1	4
P-triesterer	4	3	1-6
PAH	32	32	32 ¹
PCB	7	7	10 ²
Chlorerede pesticider	18	14	11 ³
LAS	1	1	3
Hydrocarboner	1	1	11
Antibegroningsmidler	5	3	4 ⁴
Spormetaller + Al	7	7	11
Totalt	86	72	

¹ I en prøve er kun tre af PAH'er over detektionsgrænsen. I flere prøver er 2-13 PAH'er under detektionsgrænsen.

² I en prøver er kun påvist CB #52.

³ Fra 2 til 11 pesticider er blevet påvist i de enkelte prøver.

⁴ TBT kun påvist i fire prøver og diuron og irgarol i en prøve (Marselisborg Lystbådehavn).

Enheden for alle stoffer er µg/kg TS med undtagelse af spormetallerne og total hydrocarboner, som er angivet som mg/kg TS samt Al i %. For de 32 identificerede PAH'er er beregnet en sum (Sum PAH). Der er ligeledes beregnet en sum for de syv CB'er og pesticiderne. For nogle af de organiske stoffer og antibegroningsmidle er koncentrationen under metodens detektionsgrænse, hvilket er angivet med tegnet < efterfulgt af det specifikke stof.

Af de i alt 86 stoffer, der blev analyseret for, er 72 stoffer påvist i koncentrationer over detektionsgrænsen. Det er stort set de samme stoffer,

som forekommer i alle sedimenterne. Antallet af påviste stoffer er opsummeret i tabel 2.

3.1 Sammenligning af analyser

Som beskrevet i afsnit 2.2 har der i nærværende undersøgelse været anvendt analysemetoder med lavere detektionsgrænser end i havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000), idet DHI i mellemtiden har udviklet en mere følsom GC-MS metode. Resterne af den tørrede sedimentprøve fra Marselisborg Lystbådehavn (Jensen & Gustavson, 2000) er genanalyseret og resultaterne af de to analyseserier er vist i bilag C. Det fremgår af tabellerne, at

- for hovedparten af de organiske stoffer ligger differencen indenfor 10-30%, hvilket er et fint resultat, da der er anvendt forskellige analysemetoder;
- dårlig ovenensstemmelse omkring faktor to eller mere er fundet for benz(a)pyren, dibenzo(a,h)anthracen, total hydrocarboner, TBT, irgarol og diuron,
- Kobber er blevet analyseret i begge undersøgelser, hvor der er fundet henholdsvis 141 og 142 mg/kg TS, hvilket bekræfter prøvens homogenitet.

Resultaterne har også vist, at det var en rigtig beslutning at anvende mere følsomme, dyrere analysemetoder, idet mange stoffer, bl.a. PCB og chlorerede pesticider, er blevet kvantificeret. I den tidligere undersøgelse var mange resultater under detektionsgrænsen.

Antibegroningsmidlerne diuron og irgarol var under detektionsgrænsen i alle havsedimentprøverne sammen med nedbrydningsprodukterne for TBT, som er DBT og MBT.

3.2 Diskussion af resultaterne

Resultaterne af de kemiske analyser præsenteres hovedsagelig som koncentration beregnet på tørstofbasis, idet de fleste andre sammenlignelige undersøgelser har anvendt denne enhed. Imidlertid har stort set alle de undersøgte stoffer, inkl. spormetallerne, en høj affinitet til organisk stof svarende til glødetabet, hvorfor resultaterne også præsenteres som koncentration på glødetabsbasis i bilag C, tabel 3 for de organiske stoffer og i bilag C, tabel 6 for spormetallerne. Dette er også relevant set fra et biologisk synspunkt, idet dyrene, som lever i og på sedimentoverfladen lever af det organiske stof.

Spormetallerne er desuden normaliseret til aluminiumindholdet (bilag C, tabel 7), idet denne enhed anvendes for at kompensere for geologiske forskelle imellem sedimenterne.

3.3 Organiske stoffer

I de følgende afsnit præsenteres de enkelte resultater per stofgruppe, idet de også kort sammenlignes med resultater fra andre undersøgelser. Resultaterne fra Marselisborg Lystbådehavn indgår ikke i præsentationen.

3.3.1 Blødgørere

Det fremgår af bilag C, tabel 2, at kun 1 ud af 8 stoffer er blevet påvist, mens de øvrige niveauer har været under detektionsgrænsen på 5-10 $\mu\text{g/kg TS}$. Di-n-butylphthalat er kun fundet i prøverne fra Mecklenburg Bugt (15 $\mu\text{g/kg TS}$) og Roskilde Fjord (17 $\mu\text{g/kg TS}$). Di-n-butylphthalat blev fundet i alle 12 havnesedimenter med et variationsinterval på 50-950 $\mu\text{g/kg TS}$ med den højeste koncentration i Svanemøllen Lystbådehavn (Jensen & Gustavson, 2000).

Di-n-butylphthalat blev fundet i næsten alle 66 sedimentprøver i niveauer fra 35-2.400 $\mu\text{g/kg TS}$ i Lillebæltsamternes undersøgelser (Lillebæltssamarbejdet 1998).

3.3.2 Nonylphenoler

Nonylphenol blev kun påvist i sedimenterne fra Roskilde Fjord (17 $\mu\text{g/kg TS}$), Kongedybet (11 $\mu\text{g/kg TS}$) og Horsens Fjord (32 $\mu\text{g/kg TS}$), (bilag C, tabel 2). 4-octylphenol og bisphenol A var under detektionsgrænsen.

I havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) blev nonylphenoler fundet i alle 12 prøver (170-3.400 $\mu\text{g/kg TS}$). I Lillebæltsamternes undersøgelser (Lillebæltssamarbejdet 1998) blev de også fundet i alle 66 prøver (150-33.000 $\mu\text{g/kg TS}$ med et gennemsnit på 1.877 $\mu\text{g/kg TS}$). I Århus Bugt er der målt 86-120 $\mu\text{g/kg TS}$ og i Randers Fjord og Mariager Fjord henholdsvis 150 og 100 $\mu\text{g/kg TS}$ (Århus Amt, 1998).

3.3.3 P-triesterer

Fig. 1 viser, at tributylphosphat blev fundet i fem havsedimenter og tris-1,3-dichlorisopropylphosphat i Odense Fjord, Kongedybet og Horsens Fjord samt et meget højt niveau af tricresylphosphat i Roskilde Fjord. Triphenylphosphat blev ikke påvist. Ingen af P-triesterne blev påvist i prøverne fra de mere åbne farvande: Nibe Bredning, Kattegat, Øresund, Smålandsfarvandet og Mecklenburg Bugt.

I havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) var alle niveauer <35 $\mu\text{g/kg TS}$. I Lillebæltsamternes undersøgelser (Lillebæltssamarbejdet 1998) blev P-triesterer fundet i 11 ud af 66 prøver med **tricresylphosphat i tre prøver** (33-59-140 $\mu\text{g/kg TS}$), triphenylphosphat (10-27-40 $\mu\text{g/kg TS}$) og tributylphosphat i fem prøver (14-220 $\mu\text{g/kg TS}$).

3.3.4 PAH

De 32 PAH'er blev fundet i næsten alle sedimentprøverne. I prøven fra Nibe Bredning blev kun tre PAH'er påvist og i andre prøver var 2-13 PAH'er under detektionsgrænsen. Fig. 2 viser summen af PAH'erne samt udvalgte PAH'er, som forekommer i de højeste koncentrationer. Alle stationerne er generelt belastet med PAH'er og de højeste niveauer er fundet i Smålandsfarvandet, Kattegat og Mecklenburg Bugt. I havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) blev de 18 analyserede PAH'er fundet i alle havne med undtagelse af Sønderborg Lystbådehavn, hvor kun 10 PAH'er blev påvist. Sum af PAH'er varierede fra

343 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (Sønderborg Lystbådehavn) til 19.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (Århus Fiskerihavn).

I Lillebæltundersøgelsen (Lillebæltssamarbejdet 1998) blev PAH'er fundet på samtlige 66 stationer. Summen af PAH'erne varierer mellem 80-81.600 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS med den højeste koncentration i Nyborg Fjord. I Århus Bugt er der fundet henholdsvis 930-2.100-2.460 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS, i Randers Fjord 1.600 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS og i Mariager Fjord 2.790 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS (Århus Amt, 1998).

Disse tal viser, at marine sedimenter generelt er belastet med PAH, hvis oprindelse enten er petrogen oprindelse, f.eks. fra oliespild, eller fra pyrogene kilder, specielt forbrænding af fossilt kulstof.

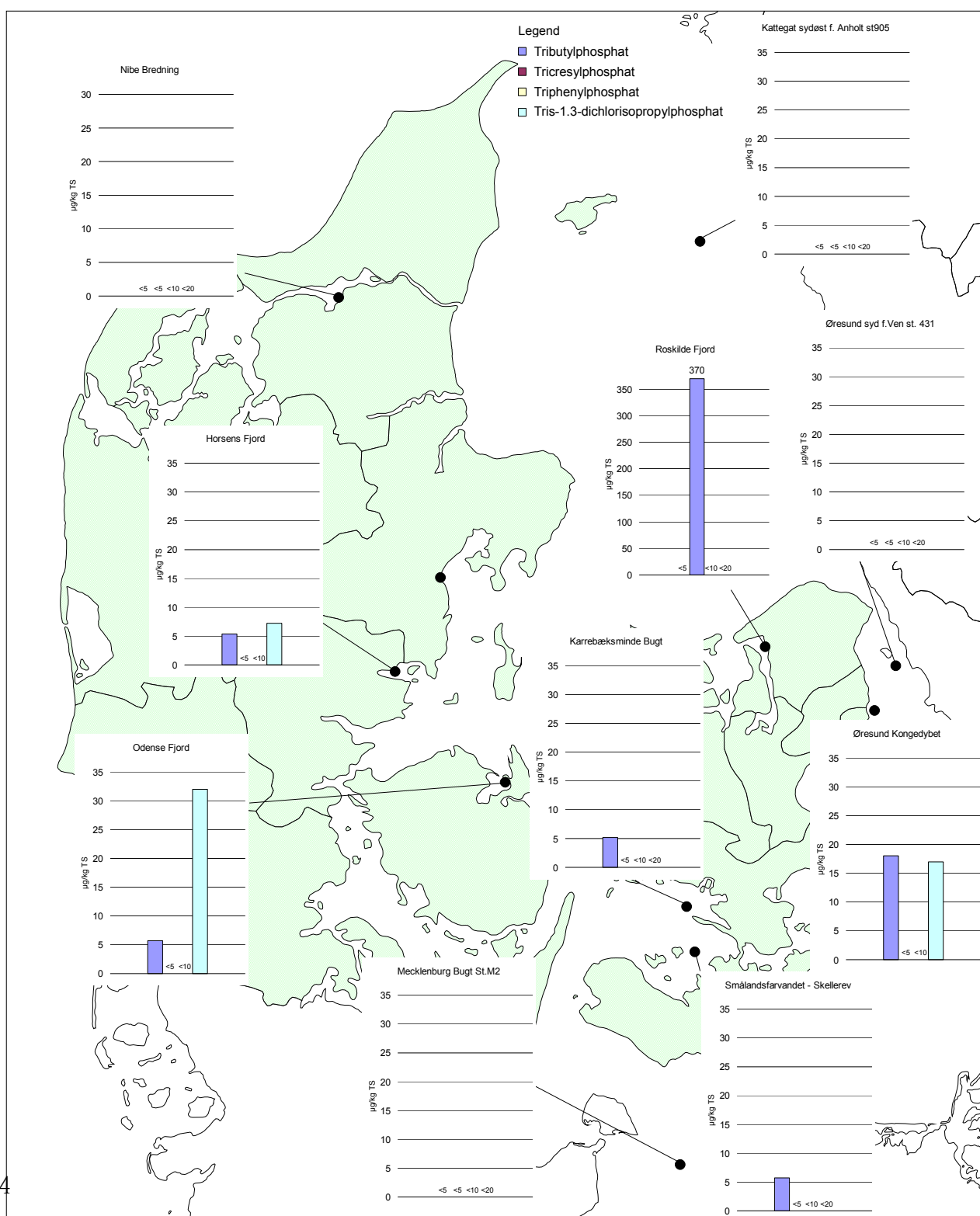


Fig. 1 Koncentrationer af P-triestere i havsedimentprøverne (< angiver detektionsgrænsen).
Figuren med Roskilde Fjord har en 10 gange større enhed.

3.3.5 Individuelle chlorbiphenyler (CB) - PCB

Fig. 3 viser, at de analyserede CB er fundet i alle prøver, idet dog kun CB#52 blev fundet i prøven fra Nibe Bredning. Desuden var enkelte andre CB under detektionsgrænsen på 0,1 µg/kg TS i nogle få prøver. Summen af de 7 CB viser, at Horsens Fjord er mest belastet med CB, hvorefter følger Roskilde Fjord og Mecklenburg Bugt.

I havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) var niveauerne på nær en havn alle under den højere detektionsgrænse på 10 µg/kg TS. I Lillebæltsundersøgelsen (Lillebæltssamarbejdet 1998) blev CB kun fundet på 3 (Vejle og Kolding Fjord) ud af de 66 stationer. Detektionsgrænsen var dog 15 µg/kg TS. I Århus Bugt (Århus Amt, 1998) er summen af 7 CB'er på henholdsvis 7,1-7,4-8,8 µg/kg TS, i Randers Fjord 5,4 µg/kg TS og i Mariager Fjord 8,8 µg/kg TS, hvilket svarer til niveauerne i nærværende undersøgelse.

I en undersøgelse af sedimenter fra Østersøen og de indre danske farvande (Østfeldt *et al.*, 1994) blev der på seks danske sedimentstationer fra de åbne farvande i gennemsnit fundet 164 µg/kg glødetab med en variation på 93-255 µg/kg glødetab. I nærværende undersøgelse er gennemsnittet på 99 µg/kg glødetab med en variation fra 29-371 µg/kg glødetab med den højeste værdi i sedimentet fra Kongedybet.

3.3.6 Chlorerede pesticider

Som vist i fig. 4 er Kongedybet det mest belastede sediment med hensyn til pesticider, idet summen af pesticider er på 30 µg/kg TS med 6 påviste forbindelser, hvoraf α - og β -HCH udgør 80%. Smålandsfarvandet, Kattegat, Mecklenburg Bugt og Roskilde Fjord har alle niveauer af sum-pesticider på omkring 15 µg/kg TS. Aldrin er kun fundet i prøverne fra Smålandsfarvandet og Roskilde Fjord. α -HCH er kun fundet i Kongedybet sammen med β -HCH, som også er fundet i Roskilde Fjord. γ -HCH er fundet i alle prøver med undtagelse af Nibe Bredning. DDT er fundet i alle prøver, hvorimod dieldrin kun er bestemt i prøven fra Karrebæksminde Bugt.

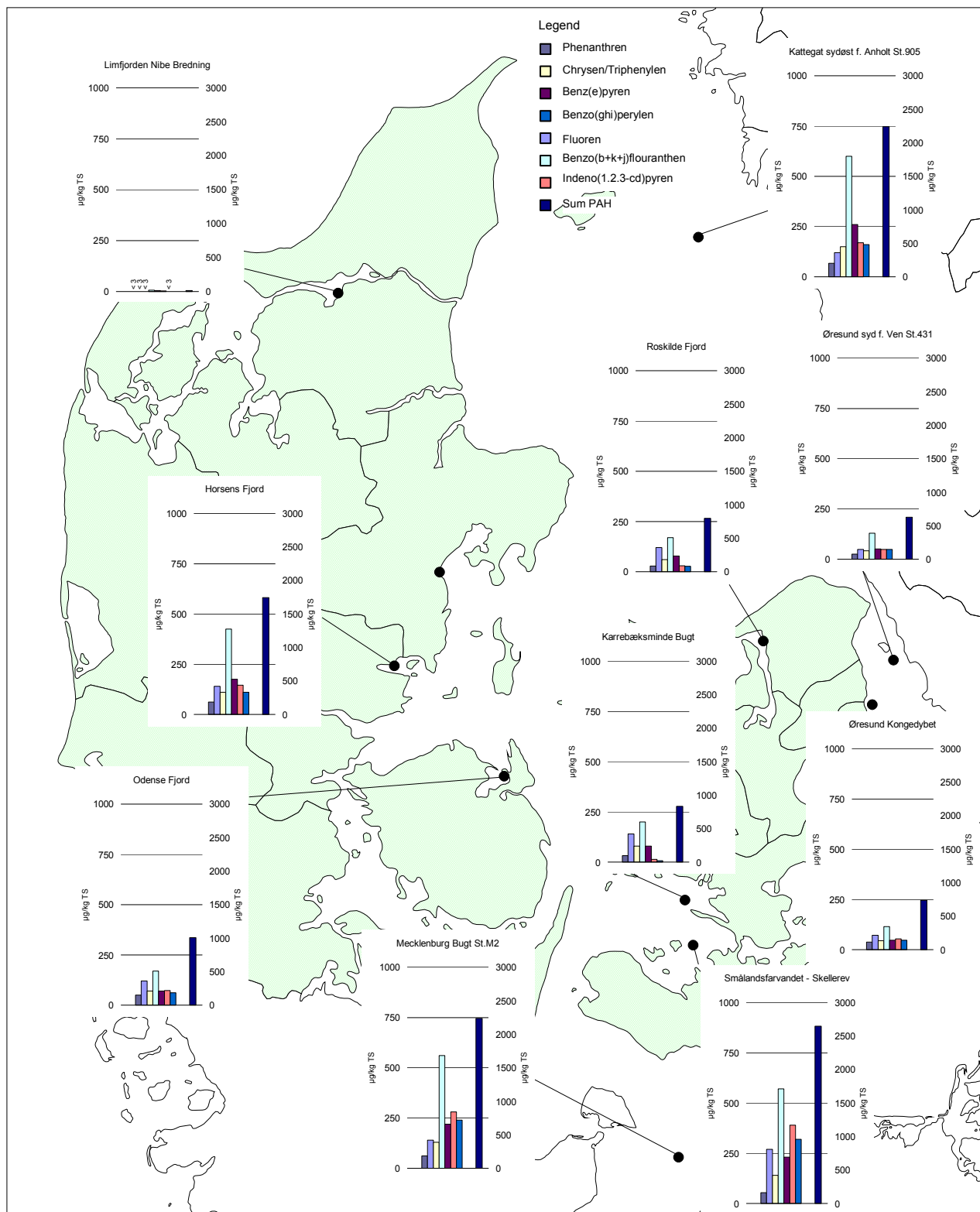


Fig. 2 Koncentrationer af udvalgte PAH'er i havsedimentprøverne (< angiver detektionsgrænsen). Højre ordinat og søjle viser summen af PAH'erne.

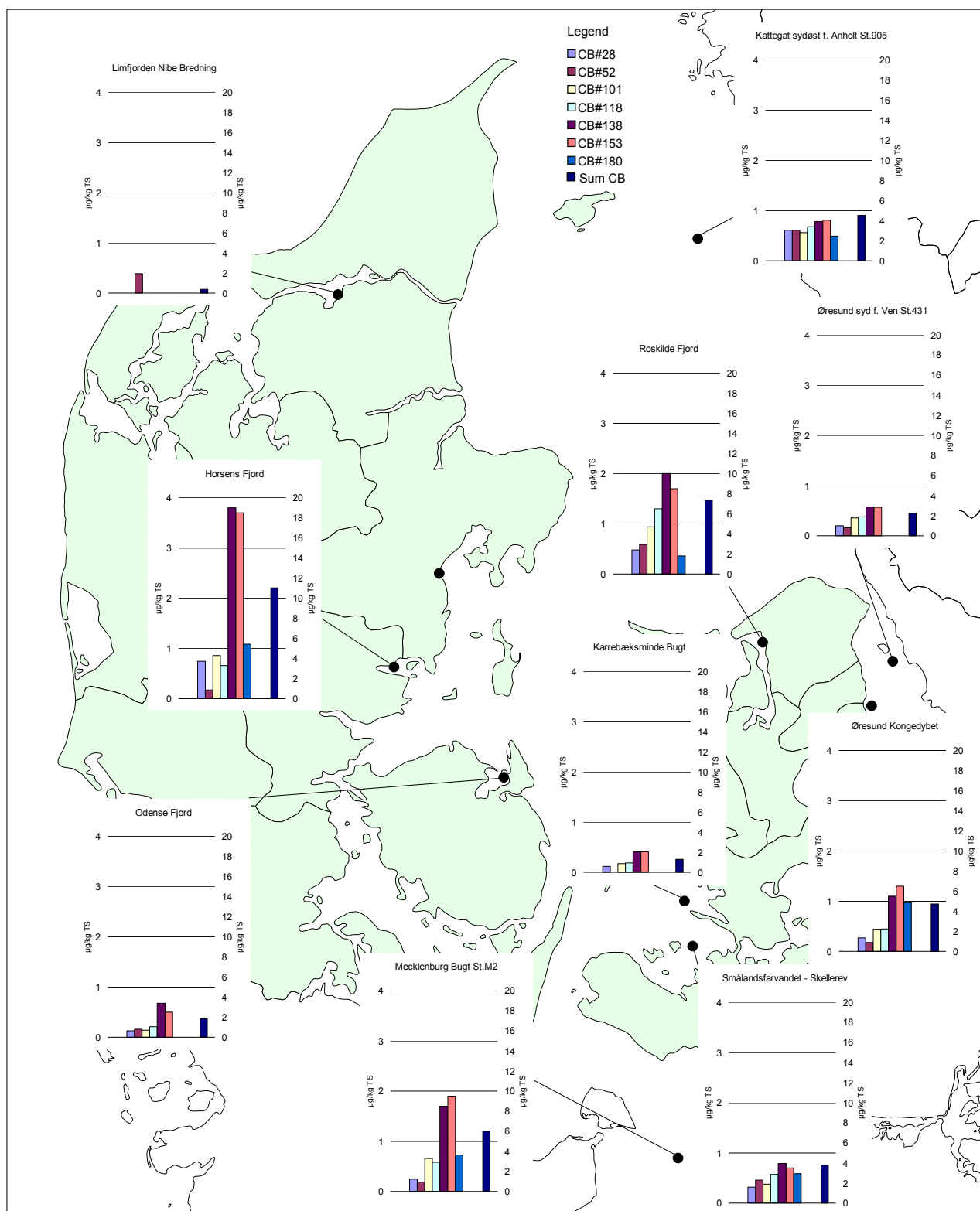


Fig. 3 Koncentrationer af individuelle chlorbiphenyler (CB) i havsedimentprøverne (< angiver detektionsgrænsen). Højre ordinat og søjle viser summen af CB'erne.

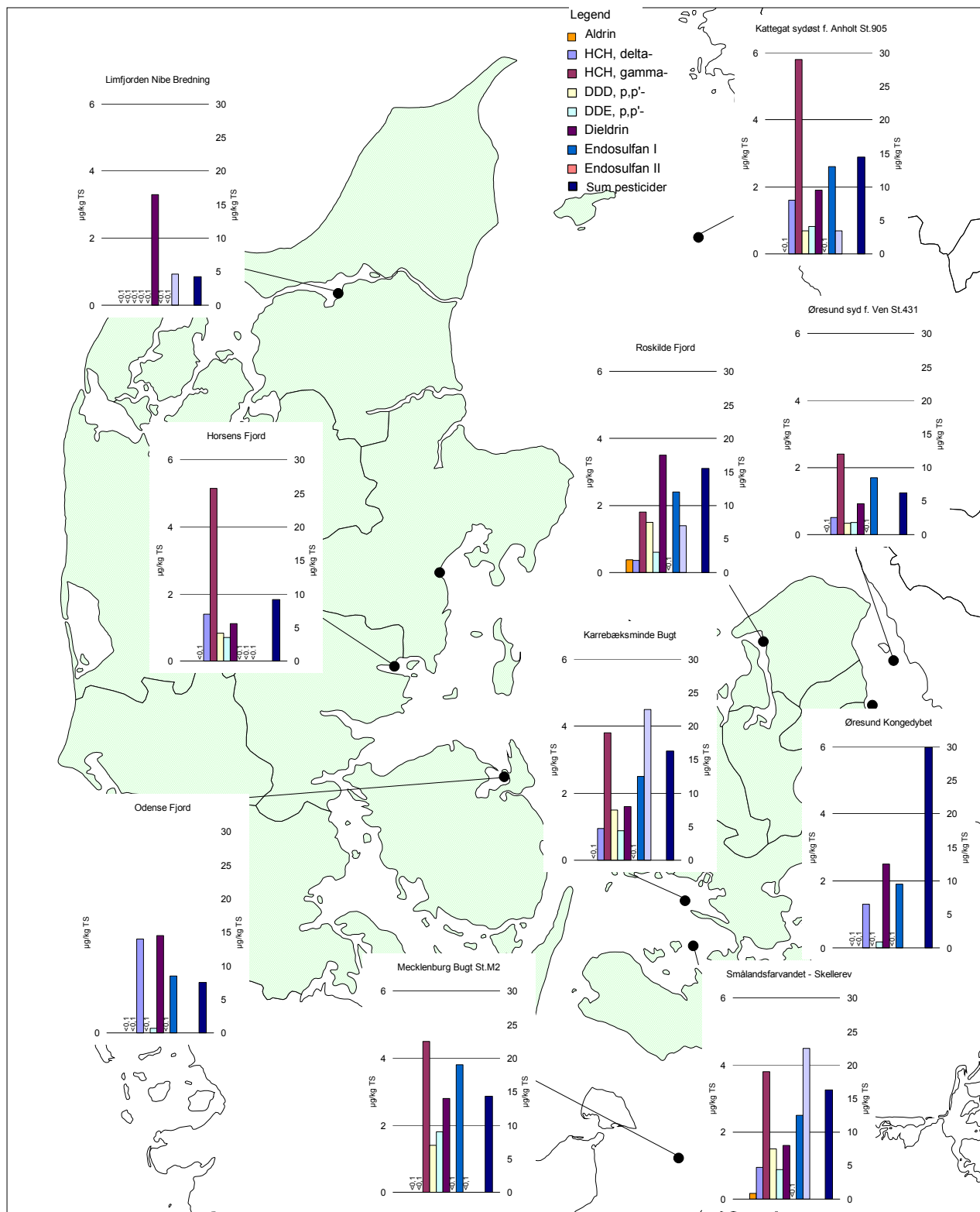


Fig. 4 Koncentrationer af de hyppigste forekommende pesticider i havsedimentprøverne (< angiver detektionsgrænsen). Højre ordinat og søjle viser summen af alle pesticiderne.

Endosulfanforbindelser er fundet i næsten alle prøver; men ikke i prøven fra Horsens Fjord.

Pesticiderne blev ikke detekteret i havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) formentlig p.g.a. den høje detektionsgrænse på 20-40 µg/kg TS. Derimod blev der fundet pesticider på 23 ud af 66 stationer i Lillebæltsundersøgelsen (Lillebæltssamarbejdet 1998) beliggende i fjordene. I Århus Amts undersøgelser (Århus Amt, 1998) blev der kun fundet DDT og dets nedbrydningsprodukter i sedimentet fra den ene position i Århus Bugt. p,p'-DDE blev påvist i alle fem sedimentprøver (Østfeldt *et al.*, 1994); men ikke p,p'-DDD og p,p'-DDT.

3.3.7 LAS

LAS er kun fundet i prøverne fra Mecklenburg Bugt og Horsens Fjord i koncentrationer på henholdsvis 540 og 5.500 µg/kg TS. I havnesedimenterne (Jensen & Gustavson, 2000) blev LAS målt i alle prøver (300-8.400 µg/kg TS) med undtagelse af Prøvestenen og Sønderborg Havn. LAS blev ligeledes påvist på 24 ud af 66 positioner i Lillebæltsundersøgelsen (Lillebæltssamarbejdet 1998) med en middelværdi på 1.875 µg LAS/kg TS og en maksimalværdi i bunden af Haderslev Fjord tæt på udløbet fra et rensningsanlæg på 22.000 µg/kg TS. I Århus Amts undersøgelser (Århus Amt, 1998) var niveauerne under detektionsgrænsen på 300 µg/kg TS.

3.3.8 Total hydrocarboner (THC)

Fig. 5 viser, at THC blev fundet i alle prøver med det højeste niveau i Horsens Fjord, hvorefter følger Kongedybet og Kattegat. Høje niveauer af THC (30-140 mg/kg TS) i Horsens Fjord er også blevet påvist i en undersøgelse udført for Vejle Amt (DHI, 2000). I havnesedimentundersøgelsen (Jensen & Gustavson, 2000) var niveauerne fra 35-549 mg THC/kg TS.

3.3.9 Organiske stoffer beregnet på glødetabsbasis

I tabel 3 er foretaget en sammenstilling af udvalgte organiske stoffer beregnet som µg/kg TS og som µg/kg GT. Det fremgår af tabellen, at resultater beregnet på glødetabsbasis ofte giver en anden fordeling af forureningsniveauerne. Det mest forurenende sediment er markeret med **fed** og nummer to med understregning i tabel 3. Det fremgår af tabellen, at det ændrer hyppigt på rækkefølgen, f.eks. var Smålandsfarvandet/Kattegat de mest forurenede områder m.h.t. PAH beregnet på tørvægt, mens rækkefølgen på glødetabsbasis blev Kongedybet/Øresund.

3.3.10 Korrelation til glødetabet.

Mange organiske stoffer har en høj affinitet til organisk stof. For at undersøge, om der er en sammenhæng mellem de fundne koncentrationer af miljøfremmede stoffer og indholdet af organisk stof, er korrelationen mellem sedimenternes glødetab og koncentrationerne af miljøfremmede stoffer på tørvægtsbasis undersøgt. For kun ca. 10% af stoffer primært indenfor PAHér og PCBér er der en signifikant korrelation.

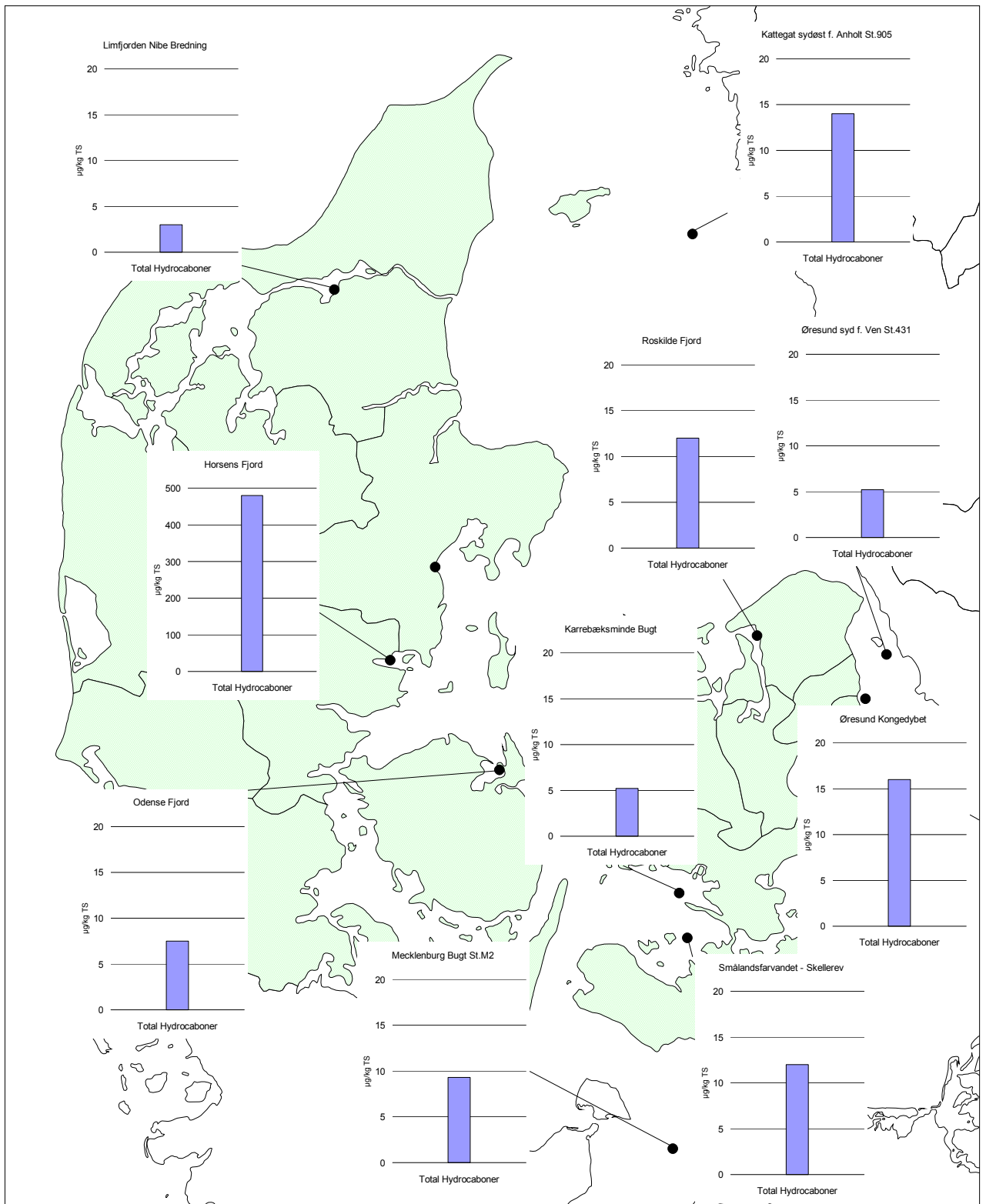


Fig. 5 Koncentrationer af total hydrocarboner i havsedimentprøverne.

Tabel 3 Sammenligning af indhold af organiske stoffer på tørvægts- ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) og glødetabsbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$ GT)

Parameter	Enhed	Kattegat		Øresund		Mecklenburg		Smålandsfar-		Karrebæks-		Roskilde-		Nibe		Odense		Øresund		Horsens
		st. 905	st. 431	st. 431	st. 431	Bugt - st. M2	Vandet - Skellerev	minde bugt	fjord	Bredning	fjord	fjord	Bredning	fjord	Kongedybet	fjord				
Sum PAH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	<u>2241</u>	628	2234	2643	832	797	15	1007	737	1741									
Sum PAH	$\mu\text{g}/\text{kg}$ GT	21547	<u>26855</u>	25188	20814	18814	5497	2500	26489	58063	16269									
Sum CB-7	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	4.54	2.23	6.01	3.81	1.3	<u>7.37</u>	0.39	1.82	4.71	11.0									
Sum CB-7	$\mu\text{g}/\text{kg}$ GT	43.7	95	68	30	29	51	65	48	371	<u>103</u>									
Sum pesticider	$\mu\text{g}/\text{kg}$ TS	14.4	6.2	14.3	<u>16.3</u>	8.2	15.5	4.2	7.5	29.9	9.2									
Sum pesticider	$\mu\text{g}/\text{kg}$ GT	139	266	161	128	186	107	<u>705</u>	198	2353	86									
Total hydrocarboner	mg/kg TS	14	5.2	9.3	12	5.2	12	3	7.5	<u>16</u>	480									
Total hydrocarboner	mg/kg GT	135	222	105	94	118	83	500	197	<u>1260</u>	4486									

3.4 Antibegroningsmidler

Tabel 4 i bilag C viser, at TBT kun blev fundet i prøverne fra Kongedybet (4 $\mu\text{g Sn/kg TS}$), Roskilde Fjord (11 $\mu\text{g Sn/kg TS}$) og Odense Fjord (7 $\mu\text{g Sn/kg TS}$). DBT, MBT, diuron og irgarol blev ikke fundet i nogen af prøverne. I havnesedimentundersøgelsen blev TBT og diuron fundet i alle prøver og irgarol i 11 ud af 12 prøver. DBT og MBT blev ligeledes fundet i en del prøver. Som vist i havnesedimentundersøgelsen ((Jensen & Gustavson, 2000, tabel 8) er TBT, DBT og MBT fundet i utallige danske havnesedimenter.

3.5 Spormetaller

Fig. 6 viser fordelingen af spormetallerne på tørstofbasis, fig. 7 på glødetabsbasis og fig. 8 normaliseret til aluminium. I det følgende vil metalindholdet på glødetabsbasis blive sammenlignet med de værdier (MST-indhold), som Miljøstyrelsen, 1983, har udviklet for diffust belastede sedimenter. Hvis indholdet på glødetabsbasis overskrider to gange MST-indholdet (2xMST), betragtes området som værende påvirket af andre kilder end den diffuse belastning. I det følgende fremhæves de tre mest belastede områder.

3.5.1 Kviksølv (Hg)

Af fig. 6 ses, at de højeste Hg-indhold fandtes i sedimenterne fra Horsens Fjord, Kattegat og Mecklenburg Bugt. Derimod viser de normaliserede resultater i fig. 7 og fig. 8, at Kongedybet har det mest belastede sediment sammen med sedimentet fra Nibe Bredning og Øresund. Det fremgår af fig. 7, at sedimentet fra Kongedybet, Nibe Bredning og Øresund syd for Ven overskrider 2xMST på 4,0 mg Hg/kg GT.

3.5.2 Cadmium (Cd)

De højeste Cd-niveauer er fundet i Smålandsfarvandet, Roskilde Fjord og Horsens Fjord (fig. 6). Omregnet på glødetabsbasis fandtes de højeste niveauer i Smålandsfarvandet, Karrebæksminde og Roskilde Fjord (fig. 7). Ingen af områderne overskrider 2xMST på 20 mg Cd/kg GT. Normaliseret til Al havde Roskilde Fjord, Odense Fjord og Smålandsfarvandet de højeste indhold (fig. 8).

3.5.3 Kobber (Cu)

Fig. 6 viser, at de højeste Cu-indhold fandtes i Roskilde Fjord, Smålandsfarvandet og Mecklenburg Bugt. På glødetabsbasis (fig. 7) fandtes de højeste niveauer i Kongedybet, Øresund og Mecklenburg Bugt. Ingen af værdier overskrider 2xMST på 500 mg Cu/kg GT. Rækkefølgen på data normaliseret til Al var Roskilde Fjord, Kongedybet og Odense Fjord (fig. 8).

3.5.4 Nikkel (Ni)

Kattegat, Smålandsfarvandet og Mecklenburg Bugt havde de højeste indhold på tørvægtsbasis (fig. 6). De normaliserede indhold på glødetabsbasis (fig. 7) viste meget mindre variation, idet fem af stationerne havde næsten ens

indhold. Det samme er tilfældet med dataene normaliseret til Al (fig. 8). Der er ingen MST-værdier for Ni.

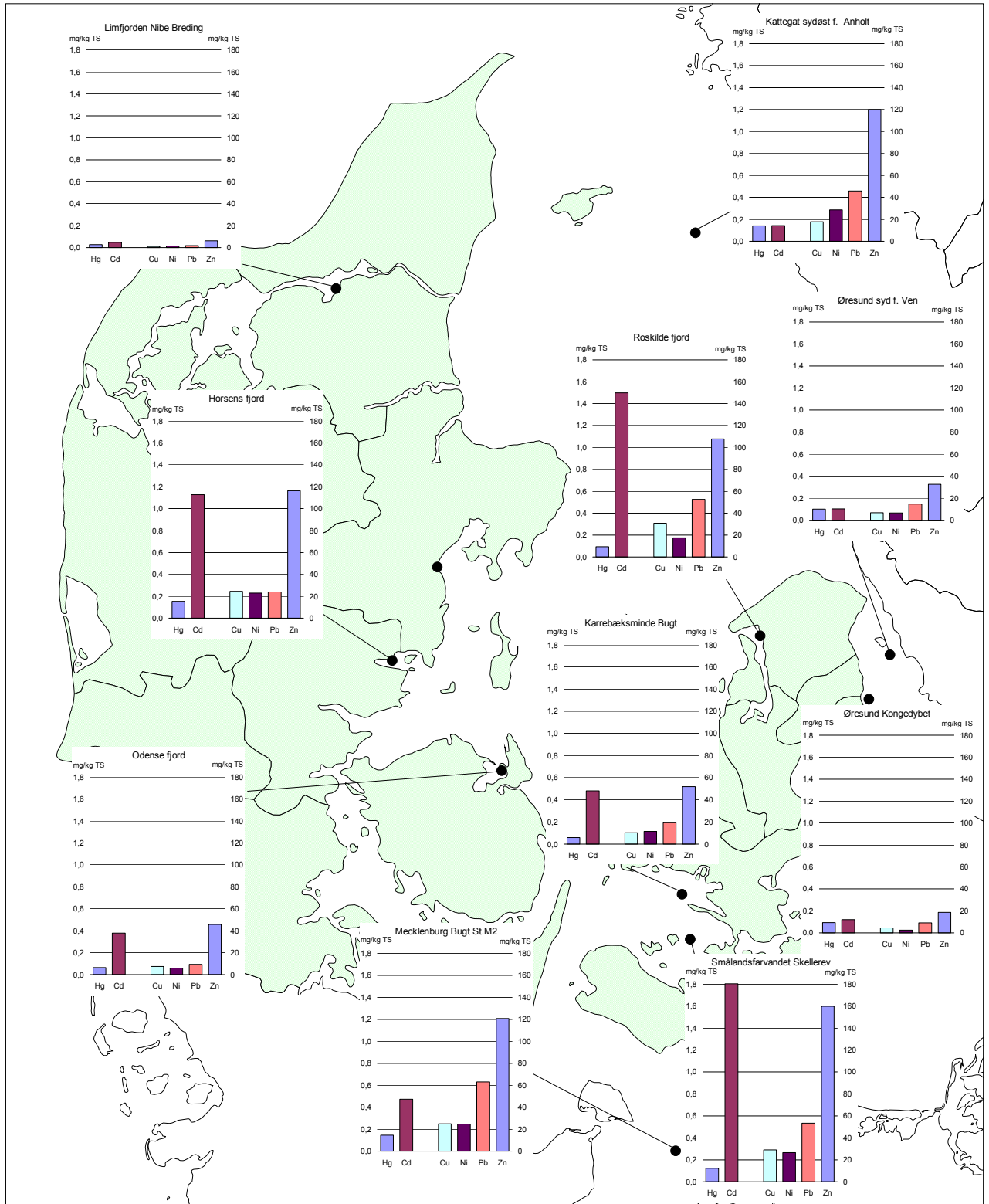


Fig. 6 Koncentrationer af spormetaller i havsedimentprøverne (mg/kg tørstof). Venstre ordinat viser enheden for kviksølv og cadmium og højre ordinat for de øvrige fire spormetaller.

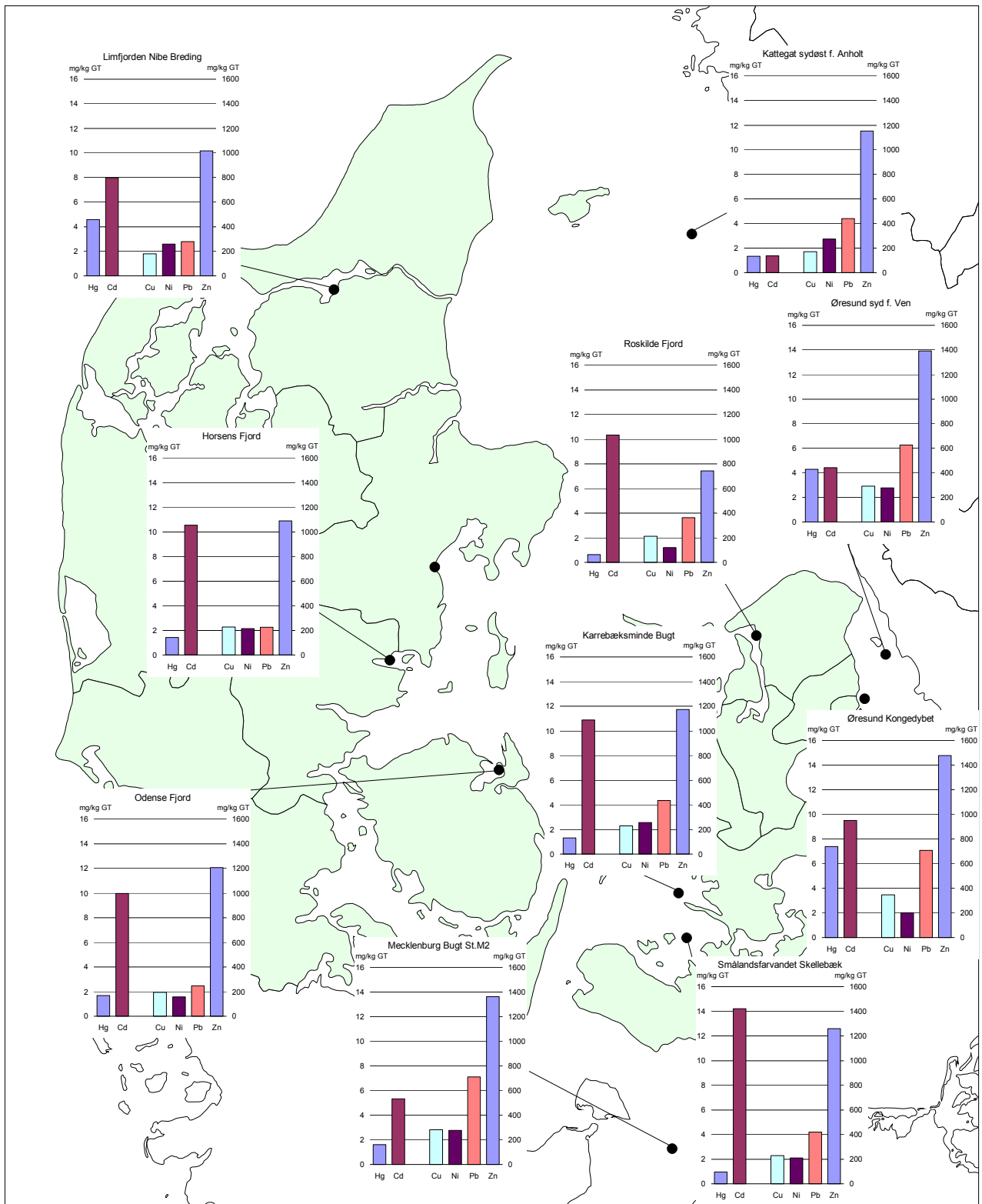


Fig. 7 Koncentrationer af spormetaller i havsedimentprøverne (mg/kg glødetab). Venstre ordinat viser enheden for kviksølv og cadmium og højre ordinat for de øvrige fire spormetaller.

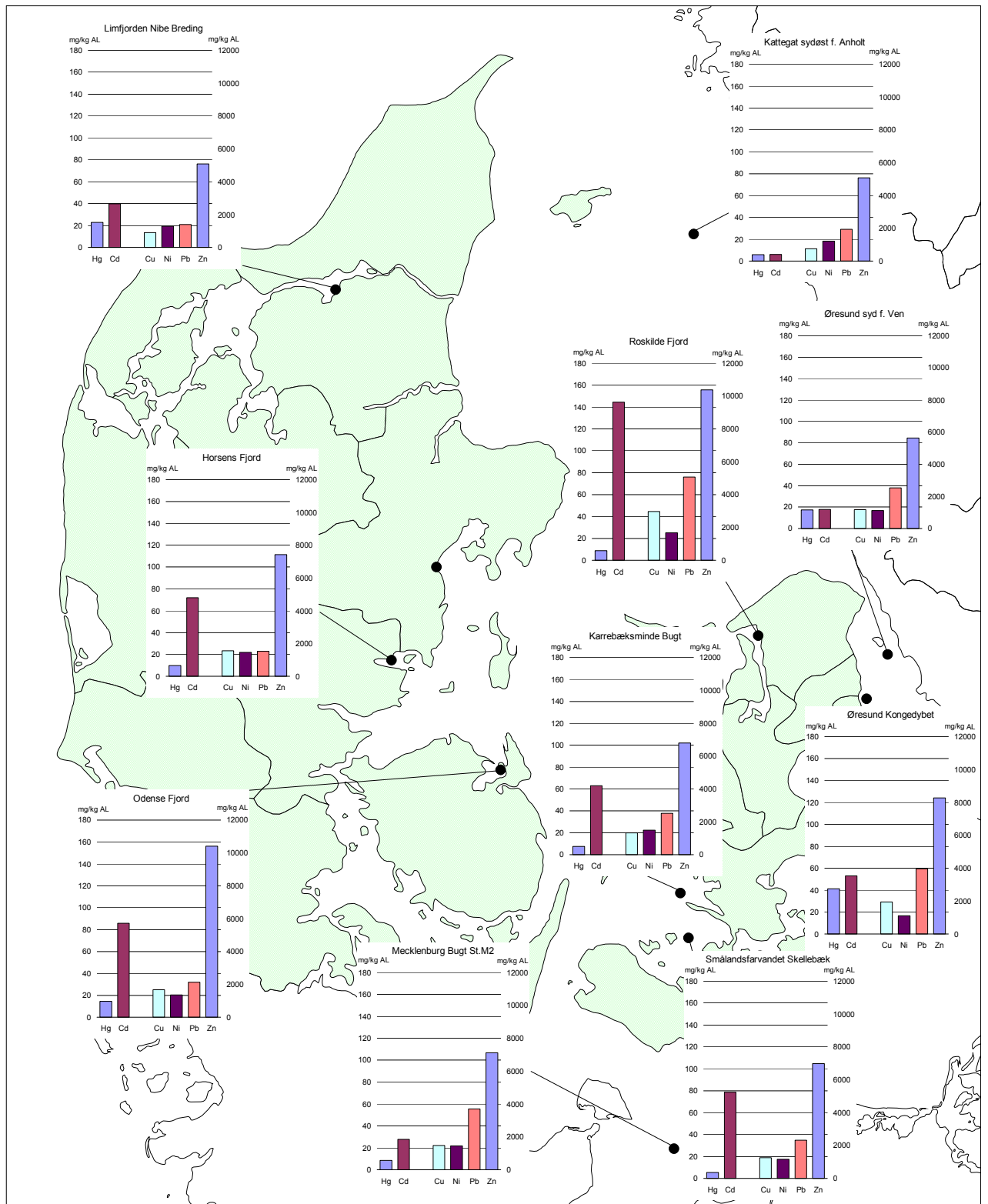


Fig. 8 Koncentrationer af spormetaller i havsedimentprøverne (mg/kg aluminium). Venstre ordinat viser enheden for kviksølv og cadmium og højre ordinat for de øvrige fire spormetaller.

3.5.5 Bly (Pb)

De højeste blyindhold (fig. 6) fandtes i Mecklenburg Bugt, Smålandsfarvandet og Roskilde Fjord. Omregnet til glødetabsbasis (fig. 7) havde Mecklenburg Bugt, Kongedybet og Øresund de højeste niveauer, hvor de to første stationer netop overskred 2xMST på 700 mg Pb/kg GT. Normaliseret til Al var rækkefølgen Roskilde Fjord, Kongedybet og Mecklenburg Bugt (fig. 8).

3.5.6 Zink (Zn)

Smålandsfarvandet, Mecklenburg Bugt og Kattegat havde de højeste indhold af Zn (fig. 6). På glødetabsbasis var rækkefølgen Kongedybet, Øresund og Mecklenburg Bugt (fig. 7). Ingen af niveauerne overskrider 2xMST på 2.600 mg Zn/kg GT. Normaliseret til Al (fig. 8) bliver rækkefølgen Odense Fjord, Roskilde Fjord og Kongedybet.

3.5.7 Generelt om spormetallerne

De fundne resultater viste, at de udtagne sedimentprøver generelt afspejler, at sedimenterne stort set kun er diffust belastet set i relation til 2xMST. Normaliseringen til enten glødetab eller Al giver mere ens koncentrationer; men også en anden rækkefølge med hensyn til belastningen i forhold til tørstofværdierne, f.eks. havde Limfjordstationen altid de laveste indhold på tørvægtsbasis, hvilket ændrede sig ved normaliseringen. Generelt har prøverne fra Smålandsfarvandet og Mecklenburg Bugt ofte nogle af de højeste koncentrationer.

3.5.8 Korrelations- og regressionsanalyse

Som vist ovenfor har spormetallerne en høj affinitet til organisk stof. For at undersøge, om der er en sammenhæng mellem de fundne spormetalkoncentrationer og indholdet af organisk stof og Al, er korrelationen mellem sedimenternes glødetab og Al og spormetalkoncentrationerne på tørvægtsbasis undersøgt samt sammenhænge imellem stofferne (tabel 4). Af tabellen fremgår det, at der er en signifikant positiv korrelation (markeret med **fed**) mellem glødetab og Al og spormetallerne med undtagelse af Cd i relation til Al. Næsten alle metallerne korrelerer med hinanden med undtagelse af Cd-Hg, Cd-Ni og Cd-Pb, hvilket formentlig skyldes, at Cd i det marine miljø er mere mobilt end de andre spormetaller.

Ovennævnte positive resultater af korrelationsanalyse blev endvidere udbygget ved hjælp af en lineær regressionsanalyse med mg spormetal per kg som y-parameter og glødetab (%) eller Al (%) som x-parameter. Resultaterne er vist i tabel 5, hvoraf det fremgår, at der er en statistisk signifikant, lineær sammenhæng imellem spormetallerne og glødetab eller aluminium med undtagelse af Cd/Al.

Tabel 4 Korrelation mellem glødetab/Al og stofkoncentration på tørvægtsbasis. Tabellen angiver r-værdier. Korrelationen er signifikant på 95% signifikansniveau, hvis r-værdien er større end 0,63; f=8.

	Hg	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Al	Glødetab
Hg	1.00							
Cd	0.35	1.00						
Cu	0.69	0.84	1.00					
Ni	0.82	0.55	0.85	1.00				
Pb	0.67	0.58	0.89	0.86	1.00			
Zn	0.77	0.74	0.93	0.96	0.88	1.00		
Al	0.79	0.51	0.77	0.98	0.81	0.94	1.00	
Glødetab	0.65	0.81	0.97	0.87	0.85	0.93	0.80	1.00

Tabel 5 Regressionsanalyse med sammenhæng imellem spormetal og glødetab eller aluminium

Y-parameter	X-parameter	Regressionsligning	F	Signifikans
Hg	GT	$0,0053x+0,063$	5,76	*
Hg	Al	$0,040x+0,056$	13,7	**
Cd	GT	$0,102x-0,09$	15,5	**
Cd	Al	$0,387x+0,19$	2,74	-
Cu	GT	$2,11x+0,96$	131	***
Cu	Al	$10,3x+4,24$	12	**
Ni	GT	$1,80x+2,31$	25	**
Ni	Al	$12,4x+1,08$	178	***
Pb	GT	$3,75x+3,15$	21	**
Pb	Al	$21,9x+4,95$	15,8	**
Zn	GT	$9,72x+10,3$	52	***
Zn	Al	$60,0x+11,5$	58	***

* 95% signifikans; ** 99% signifikans; ***99,9% signifikans

4 Referencer

Bennetzen S., E. Bjørnestad, L. Møller & T. Breindahl (2000). Økotoksikologisk og kemisk karakterisering af organiske forureninger i marine sedimenter indsamlet af Lillebæltssamarbejdet og Fyns Amt. DHI – Institut for Vand og Miljø, rapport til Fyns Amt.

DHI – Institut for Vand og Miljø, 2000. Oleanalyser af sedimentprøver fra Horsens Sejlrende. Brev til Vejle Amt 28 april 2000.

Jacobsen J.A, Stuer-Lauridsen F. and Pritzel G., 1997. Organotin Speciation in Environmental Samples by Capillary Gas Chromatography and Pulsed Flame Photometer Detection (PFPD). *Appl. Organometallic Chem.* **11**, 737-74.

Jensen A. & K. Gustavson (2000). Havnesedimenters indhold af miljøfremmede organiske forbindelser – Kortlægning af nuværende og fremtidige behov for klappning og deponering. DHI – Institut for Vand og Miljø, rapport til Miljøstyrelsen.

Lillebæltssamarbejdet 1998. Fyns Amt, Sønderjyllands Amt og Vejle Amt. Miljøfremmede stoffer i havbunden.

Miljøstyrelsen, 1983. Vejledning fra miljøstyrelsen. Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del II Kystvande. Vejledning nr. 2/1983, tabel 4.

Østfeldt P., Gustavson K., Jansson B., Jonsson P., Miettinen V., Ringstad O. & Wesén C., 1994. Halogenated Organic Compounds in the Marine Environment 1989-1990. *Temandord* 1994:591.

Århus Amt 1998. Miljøfremmede stoffer i Århus Amt Fase 2 og 3, 1997-1998.

Prøvetagningspositioner og sedimentbeskrivelse

Lokalitet	Position (datum WGS 84)		Vanddybde	Antal prøver	Sedimentbeskrivelse (tekstur, farve, struktur, lugt m.m.)
	N	Ø			
Øresund, Ven. St. 431	55°51,95	12°44,95	51		brun/sort, frisk lugt, orme og sømus
Mecklenburg Bugt, st. M2	54°18,90	11°33,00	23		olivengrøn/sort, let sulfidlugt, orm, musling
Kattegat, Fladen, st. 905	57°11,08	11°39,62	77		olivengrøn/sort, frisk, ingen dyr
Karrebæksminde bugt	55°07,016	11°35,141	11,8	2x9	0-1 cm brunligt mudder, 1-15 cm sort/gråt mudder, under 15 cm gråligt sand/ler, enkelte små klaser af muslinger i området
Smålandsfarvandet, øst for Femø, Skellerev	54°58,581	11°37,860	17,1	2x9	0-1 mm brunligt iltet mudder, under 1 mm sort mudder med H ₂ S-lugt. Rør af børsteorme, enkelte små klaser af muslinger i området
Roskilde Fjord ved Frederiksværk	55°55,500	12°01,360	6,3		Silt, lysbrun til grålig i de øverste 3-6 cm, derefter gråsort.
Limfjorden, Nibe Bredning	57°00,600	09°39,000	2		Fint sand
Øresund, Kongedybet	55°43,59	12°37,86	7		gråt sand/silt og ler
Horsens Fjord	55°50,86	09°57,82	4,5		sort mudder/ler
Odense Fjord	55°30,200	10°34,620	5,7		gytje, blødt, moderat vandindhold, H ₂ S-lugt, 0-5 mm brunt oxideret, 5-15 cm brunt/gråt, ingen dyr, ingen makrofauna
Marselisborg Lystbådehavn*	56°08,39	10°13,00	2,5		silt+ler, sort og grå

* Prøve udtaget i 1999 havneundersøgelsen.

1 Beskrivelse af analysemetoder

1.1 Bestemmelse af miljøfremmede stoffer ved GC-MS mul timetode.

PRINCIP: Vandige prøver (TS < 10%). Et afmålt volumen vandprøve (ca. 1 l) ekstraheres med dichlormethan efter tilsætning af deuteriummærkede surrogat standarder under basiske (pH > 11) og sure (pH < 2) betingelser. Ekstrakterne behandles med aktiveret kobber for at eliminere svovl (mercaptaner elimineres ligeledes).

Faste prøver (TS > 10%). En afvejet mængde fast prøve (svarende til ca. 10 g tørstof af mineralske prøver og biologiske prøver) ekstraheres med dichlormethan, efter at prøven er gjort sur (pH < 2) og efter tilsætning af deuteriummærkede surrogat standarder. Ekstraktet behandles med aktiveret kobber (og evt. syre men kun hvis det er absolut nødvendigt f.eks. ved analyse af meget fedtholdige prøver).

Det organiske ekstrakt tørres med Na₂SO₄ gennem et faseseparationsfilter, og inddampes til ca. 5 ml på rotationsfordamper ved forsigtig indblæsning under nitrogen, hvorefter det basiske ekstrakt overføres til et 8 ml glas og inddampes forsigtigt under nitrogen til 1 ml.

Dette ekstrakt analyseres direkte efter tilsætning af intern standard. Ekstrakterne analyseres ved GC-MS (i SIM mode) under anvendelse af on-column injektion eller pulsed splitless injektion, kapillar kolonne, og temperaturprogrammering. Der foretages en kvantitativ bestemmelse efter kalibrering over for eksterne standard blandinger med de specifikke forbindelser, og stofferne identificeres ud fra deres retentionstider og massespektre. Beregningen foretages ved hjælp af en karakteristisk málion under anvendelse af surrogat standard og intern sprøjtstandard.

DETEKTIONSGRÆNSER: Detektionsgrænsen i vandprøver er mellem 0,01 og 0,6 µg/l. Detektionsgrænsen i faste prøver er mellem 0,1 og 20 µg/kg TS.

INTERN KVALITETSKONTROL: I forbindelse med hver analyseserie (10-12 prøver) udføres følgende kontrolanalyser: 2 reagensblind (Merck lichrosolv), 2 tilsætningsforsøg på et niveau, der højst er ca. 10 gange detektionsgrænsen (~2,5 ppm i det endelige ekstrakt) og 1 prøve i duplikat, hvis tilstrækkeligt prøvemateriale haves.

USIKKERHED: Ved kontrolanalyse af spikede, naturlige prøver er der en analyseusikkerhed, CV_{Total}, på 15-20 %.

1.2 Bestemmelse af metaller og sporelementer i sediment

PRINCIP:

Forbehandling: Prøvematerialet homogeniseres.

Destruktion: En repræsentativt udtaget delprøve af det foreliggende prøvemateriale afvejes i specialrensede glasflasker. 20 ml 7 M salpetersyre tilsættes. Prøveblandingerne destrueres under tryk ved opvarmning i autoklave til 120 °C (200 kPa) i 30 minutter. Blindprøver samt referencemateriale destrueres parallelt med prøverne.

Analyse:

Cd, Cu, Ni, Pb: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af højtopløselig induktiv koblet plasma massespektrometri (HR-ICPMS), idet der anvendes ekstern kalibrering og rentrumsteknik.

Zn: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med flammeteknik (FAAS), idet der anvendes baggrundskorrektion, og måling foretages ved brug af en kalibreringskurve.

Al: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med acetylen-dinitrogenoxid flamme (FAAS, N₂O). Der anvendes baggrundskorrektion, og måling foretages ved brug af en kalibreringskurve.

Hg: De destruerede prøver analyseres ved hjælp af atomabsorptionsspektrometri med cold vapour teknik (CVAAS) under anvendelse af natriumborhydrid, idet der anvendes baggrundskorrektion, standardadditionsteknik og amalgamteknik.

REFERENCE:

Destruktion; Dansk Standard DS 259, DS 2210.

Måling ved HR-ICPMS: U.S. Environmental Protection Agency method 200.8 : 1991: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled plasma - mass spectrometry

Måling ved FAAS; Dansk Standard DS 238, DS 263, DS 284, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 3111 A+B+D, 18th edition (1992). Perkin Elmer Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry 1990.

Måling ved CVAAS; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 3112 B, 18th edition (1992). Perkin Elmer Analytical Methods using the MHS Mercury/hydride System 1979.

INTERN KVALITETSKONTROL:

Resultaterne er kontrolleret ved samtidig analyse af syntetiske og naturlige referencematerialer.

USIKKERHED:

Ved kontrolanalyse er der en analyseusikkerhed, CV_{Total} , på 5-10 %, dog 10-15 % for Hg.

1.3 Bestemmelse af LAS i sedimenter ved HPLC

PRINCIP: Prøven tørres ved 105°C, neddeles og homogeniseres. 10 g prøve ekstraheres med methanol ved soxhlet i 12 timer. Ekstraktet inddampes, oprensnes på C18 og analyseres ved omvendt fase væskrokromatografi med UV og fluorescens detektion. Der anvendes en C8-LAS som intern standard til kvantificeringen. Identiteten bestemmes ved sammenligning med Marlon A. LAS bestemmes som summen af C10 - C14-LAS.

DETEKTIONSGRÆNSE: 0,2 mg/kg TS

INTERN KVALITETSKONTROL: Resultatet kontrolleres ved samtidig analyse af spikede sedimenter og blindprøver.

1.4 Bestemmelse af biocider i sediment ved LC-MS

Princip:

Sedimentprøven ekstraheres to gange med dichlormethan. Det samlede ekstrakt inddampes, genopløses og analyseres derpå ved væskrokromatografi med massespektrometrisk detektion ved selektiv ion monitoring (LC/MS-SIM). Ved metoden bestemmes atrazin, diuron, irgarol og simazin med en detektionsgrænse på 1 µg/kg tørstof.

Analyseusikkerhed:

RSD 20%, ved værdier mindre end 10 gange detektionsgrænsen dog op til 50%.

1.5 Bestemmelse af total kulbrinter i sediment

PRINCIP: 50-100 g sediment koges med basisk metanol i 2 timer, hvorefter de organiske forbindelser rystes over i pentan. Kulbrinter bestemmes efter, at polære forbindelser er fjernet ved oprensning på en søjle med aluminiumoxid og silica. Derefter bestemmes indholdet af kulbrinter ved gaskromatografi med flammeionisationsdetektion, GC-FID.

INTERN KVALITETSKONTROL: Resultaterne kontrolleres ved samtidig analyse af spikede sedimenter.

DETEKTIONSGRÆNSER: 0,5 mg/kg TS for total kulbrinter.

REFERENCE: Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides No 11, UNESCO 1982

1 Analyseresultater

Tabel 1 Tørstof- og glødetabsindhold i de udtagne sedimentprøver

Lokalitet	Tørstof %	Glødetab %
Øresund, Ven. st. 431	67,5	2,34
Mecklenburg Bugt, st. M2	38,1	8,87
Kattegat, Fladen, st. 905	35,0	10,4
Karrebæksminde bugt	52,0	4,42
Smålandsfarvandet, øst for Femø, Skellerev	24,4	12,7
Roskilde Fjord ved Frederiksværk	24,7	14,5
Limfjorden, Nibe Bredning	83,6	0,60
Øresund, Kongedybet	74,6	1,27
Horsens Fjord	27,5	10,7
Odense Fjord	50,2	3,80
Marselisborg Lystbådehavn (1999-prøve)	29,7	11,2

Tablet 2 Koncentrationer af organiske miljøfremmede stoffer beregnet på tørstof

Havsedimenter Enhed: µg/kg ts Parameter	Kattegat st. 905 O-71-1	Øresund st. 431 O-71-2a	Mecklenburg Bugt - st. M2 O-71-3	Smålandsfar- vandet - Skellerev O-71-4	Karrebæks- minde Bugt O-71-6	Roskilde Fjord O-71-7	Nibe Bredning O-71-8	Marselisborg Lystbådehavn ¹ 140-15 (99)	Odense Fjord O-72-2	Øresund Konge- dybet O-72-3	Horsens Fjord O-72-6
	2000										
Blødgørere											
Di-iso-nonylphthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Di(2-ethylhexyl)adipat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	i.a.	<5	<5	<5
Di(2-ethylhexyl)phthalat	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	850	<10	<10	<10
Butylbenzylphthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<40	<5	<5	<5
Diethylphthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<40	<5	<5	<5
Dimethylphthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<40	<5	<5	<5
Di-n-butylphthalat	<10	<10	15	<10	<10	17	<10	87	<10	<10	<10
Di-n-octylphthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<40	<5	<5	<5
Nonylphenoler											
4-Octylphenol	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Bisphenol A	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	i.a.	<10	<10	<10
Nonylphenol (+EO1 og EO2)	<10	<10	<10	<10	<10	17	<10	170	<10	<10	32
P-triesterer											
Tributylphosphat	<5	<5	<5	5.7	5.2	<5	<5	28.6	5.7	18	5.4
Tricresylphosphat	<5	<5	<5	<5	<5	370	<5	<5	<5	<5	<5
Triphenylphosphat	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Tris-1,3-dichlorisopropylphosphat	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	32	17	7.2
PAH											
Naphthalen	39	5.8	18	7.5	3.4	4.4	<3	34	4.7	11	8.9
2-Methylnaphthalen	57	6.8	16	6.2	3.1	3.9	<3	31	4.0	11	7.6
1-Methylnaphthalen	37	4.7	9.4	4.2	<3	3.1	<3	25	<3	6.7	7.3
Biphenyl	18	3.1	7.4	3.2	<3	<3	<3	11	<3	4.2	4.1
1,5-Dimethylnaphthalen	32	4.7	8.0	4.8	<3	<3	<3	24	<3	3.1	4.0
Acenaphthylene	5.3	3.1	6.2	5.2	4.8	5.6	<3	60	11	6.9	8.2
Acenaphthen	12	5.2	7.8	5.8	<3	<3	<3	31	3.8	6.8	11
Dibenzofuran	37	6.9	20	11.3	4.4	4.4	<3	29	3.8	6.8	15

2,3,5-trimethylnaphthalen	37	5.2	9.5	9.5	4.1	4.8	<3	41	i.a.	4.1	6.8	14
Fluoren	14	5.7	12	6.9	<3	<3	<3	38	31	4.6	4.9	14
1-Methylfluoren	<3	3.4	3.5	<3	<3	<3	<3	11	i.a.	<3	14	4.6
Dibenzothiophen	7.5	3.1	5.9	6.1	<3	3.1	<3	31	i.a.	3.3	3.1	6.4
Phenanthren	67	25	62	54	32	28	<3	360	300	50	38	62
Anthracen	11	11	14	12	6.7	7.5	<3	64	81	13	10	18
Carbazol	5.4	<3	6.6	<3	<3	<3	<3	41	i.a.	5.4	6.3	5.7
2-Methylphenanthren	23	7.3	19	15	11	12	<3	80	i.a.	14	9.1	12
2-Methylanthracen	<3	<3	3.9	3.1	<3	<3	<3	16	i.a.	4.1	3.5	6.5
1-Methylphenanthren	12	5.8	9.5	10.1	5.4	6.8	<3	35	i.a.	6.1	3.8	8.8
3,6-Dimethylphenanthren	7.1	<3	3.7	4.5	<3	<3	<3	13	i.a.	4.2	<3	3.5
Fluoranthren	120	49	140	270	140	120	<3	940	960	120	72	140
Pyren	100	49	140	240	120	110	<3	840	850	100	67	120
1-Benzofluoren	23	11	24	44	25	19	<3	110	i.a.	19	12	26
1-Methylpyren	8.6	4.6	9.8	10	5.0	6.5	<3	49	i.a.	6.2	3.9	7.1
Benz(a)anthracen	110	34	100	130	80	70	<3	410	420	67	43	89
Chrysen/Triphenylen	150	42	130	140	80	60	<3	450	490	70	45	110
Benzo(b+k+l)fluoranthren	600	130	560	570	200	170	6.9	1100	920	170	115	425
Benz(e)pyren	260	51	220	230 ²	80 ²	78	4.8	460	i.a.	70	47	175
Benz(a)pyren	81	39	120	<3	<3	14	<3	300	620	76	50	130
Perylen	20	12	14	<3	<3	<3	<3	75	i.a.	30	20	32
Indeno(1,2,3-cd)pyren	170	49	280	390	13	29	3.3	320	300	73	54	145
Dibenzo(a,h)anthracen	17	5.2	14	130	6.7	10	<3	95	57	7.3	5.5	13
Benzo(ghi)perylen	160	49	240	320	7.0	27	<3	343	270	62	47	110
Sum PAH	2241	628	2234	2643	832	797	15	6467	5399	1007	737	1741
Individuelle chlorbiphenyle (PCB)												
CB#28	0.61	0.2	0.25	0.32	0.12	0.48	<0.1	0.36	<10	0.13	0.27	0.75
CB#52	0.61	0.16	0.19	0.46	<0.1	0.59	0.39	1.3	<10	0.16	0.18	0.18
CB#101	0.56	0.36	0.66	0.38	0.17	0.94	<0.1	2.1	<10	0.14	0.44	0.86
CB#118	0.68	0.38	0.58	0.57	0.19	1.3	<0.1	2.0	<10	0.21	0.45	0.66
CB#138	0.78	0.57	1.7	0.79	0.41	2.0	<0.1	4.5	<10	0.68	1.1	3.8
CB#153	0.81	0.57	1.9	0.70	0.41	1.7	<0.1	4.0	<10	0.50	1.3	3.7
CB#180	0.49	<0.1	0.73	0.59	<0.1	0.36	<0.1	2.0	<10	<0.1	0.97	1.1
Sum CB-7	4.54	2.23	6.01	3.81	1.3	7.37	0.39	16.26	<10	1.82	4.71	11.02
Chlorerede pesticider												

Aldrin	<0.1	<0.1	<0.1	0.16	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HCH, alpha-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HCH, beta-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.2	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
HCH, delta-	1.6	0.51	<0.1	0.95	0.29	0.36	0.36	<0.1	4.3	<20	<0.1	<0.1	<0.1	1.4
HCH, gamma-	5.8	2.4	4.5	3.8	2.5	1.8	1.8	<0.1	16	<20	<0.1	<0.1	<0.1	5.2
DDD, p,p'-	0.69	0.34	1.4	1.5	0.37	1.5	1.5	<0.1	1.3	<20	<0.1	<0.1	<0.1	0.83
DDE, p,p'-	0.82	0.37	1.8	0.88	0.52	0.61	0.61	<0.1	1.8	<40	0.14	0.14	0.18	0.7
DDT, p,p'-	1.9	0.92	2.8	1.6	1.7	3.5	3.5	3.3	23	<20	2.9	2.9	2.5	1.1
Dieldrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.64	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endosulfan I	2.6	1.7	3.8	2.5	1.2	2.4	2.4	<0.1	7.5	<20	1.7	1.7	1.9	<0.1
Endosulfan II	0.69	<0.1	<0.1	4.5	1.0	1.4	1.4	0.93	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endosulfan sulfat	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.39	0.39	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.0	2.0	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin Aldehyd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Endrin Keton	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Heptachlor	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Heptachlorepoxyd	0.34	<0.1	<0.1	0.38	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.32	<20	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Methoxychlor	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<40	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sum pesticider	14.4	6.2	14.3	16.3	8.2	15.5	15.5	4.2	54.6	0.0	7.5	7.5	29.9	9.2
LAS	<200	<200	540	<200	<200	<200	<200	<200	320	300	<200	<200	<200	5500
IHC mg/kg ts	14	5.2	9.3	12	5.2	12	12	3	60	147	7.5	7.5	16	480

i.a. = ikke analyseret

1 Marselisborg Lystbådehavn: 2000 data analyseret efter ny metode til sammenligning er anført 1999 data, som er analyseret med en anden GC/MS-metode.

2 Der er kun angivet et tal for benz(e) og benz(a), da det ikke var muligt at adskille de to toppe chromatografisk.

Tablet 3 Koncentrationer af organiske miljøfremmede stoffer beregnet på glødetab

Havsedimenter Enhed: µg/kg GT	Kattegat st. 905 O-71-1	Øresund st. 431 O-71-2a	Mecklenburg Bugt- st. M2 O-71-3	Smålandsfar- vandet-Skelle rev O-71-4	Karrbæks- minde bugt O-71-6	Roskilde Fjord O-71-7	Nibe Bredning O-71-8	2000		1999	
								Marselisborg Lystbådehavn 140-15 (99)	Ødense Fjord O-72-2	Øresund Kongedybe O-72-3	Horsens Fjord O-72-6
Blødgørere											
Di-iso-nonylphthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Di(2-ethylhexyl)adipat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Di(2-ethylhexyl)phthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	875	7589	i.r.	i.r.
Butylbenzylphthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Diethylphthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Dimethylphthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Di-n-butylphthalat	i.r.	i.r.	144	i.r.	i.r.	163	i.r.	i.r.	777	i.r.	i.r.
Di-n-octylphthalat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Nonylphenoler											
4-Octylphenol	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Bisphenol A	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Nonylphenol (+EO1 og EO2)	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	163	i.r.	394	1635	i.r.	308
P-triesterer											
Tributylphosphat	i.r.	i.r.	i.r.	45	118	i.r.	i.r.	255	i.r.	150	1417
Tricresylphosphat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	2552	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Triphenylphosphat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Tris-1,3-dichlorisopropylphosphat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	842	1339
PAH											
Naphthalen	375	248	203	59	77	30	i.r.	304	214	124	866
2-Methylnaphthalen	548	288	180	49	70	27	i.r.	277	i.r.	105	866
1-Methylnaphthalen	356	201	106	33	i.r.	21	i.r.	223	i.r.	i.r.	528
Biphenyl	173	132	83	25	i.r.	i.r.	i.r.	98	331	i.r.	331
1,5-Dimethylnaphthalen	308	201	90	38	i.r.	i.r.	i.r.	214	i.r.	i.r.	244
Acenaphthylen	51	132	70	41	109	39	i.r.	536	518	289	543
Acenaphthen	115	220	88	46	i.r.	i.r.	i.r.	277	161	100	535

Dibenzofuran	356	293	225	89	100	30	i.r.	259	i.r.	100	535	136
2.3.5-trimethylinaphthalen	356	220	107	75	93	33	i.r.	366	i.r.	108	535	126
Fluoren	135	244	135	54	i.r.	i.r.	i.r.	339	277	121	386	131
1-Methylfluoren	i.r.	145	39	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	98	i.r.	i.r.	1102	43
Dibenzothiophen	72	132	67	48	i.r.	21	i.r.	277	i.r.	87	244	59
Phenanthren	644	1068	699	425	724	193	i.r.	3214	2679	1316	2992	575
Anthracen	106	470	158	94	152	52	i.r.	571	723	342	787	168
Carbazol	52	i.r.	74	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	366	i.r.	142	496	53
2-Methylphenanthren	221	312	214	118	249	83	i.r.	714	i.r.	368	717	112
2-Methylantracen	i.r.	i.r.	44	24	i.r.	i.r.	i.r.	143	i.r.	108	276	61
1-Methylphenanthren	115	248	107	80	122	47	i.r.	313	i.r.	161	299	82
3.6-Dimethylphenanthren	68	i.r.	42	35	i.r.	i.r.	i.r.	116	i.r.	111	i.r.	33
Fluoranthren	1154	2094	1578	2126	3167	828	i.r.	8393	8571	3158	5669	1308
Pyren	962	2073	1578	1890	2715	759	i.r.	7500	7589	2632	5276	1121
1-Benzofluoren	221	470	271	346	566	131	i.r.	982	i.r.	500	945	238
1-Methylpyren	83	197	110	79	113	45	i.r.	438	i.r.	163	307	66
Benz(a)anthracen	1058	1432	1127	1024	1810	483	i.r.	3661	3750	1763	3386	832
Chrysen/Triphenylen	1442	1774	1466	1102	1810	414	i.r.	4018	4375	1842	3543	1028
Benzo(b+k+l)fluoranthren	5769	5556	6313	4488	4525	1172	i.r.	9821	8214	4474	9055	3972
Benz(e)pyren	2500	2179	2480	1811	1810	538	i.r.	4107	i.r.	1842	3701	1636
Benz(a)pyren	779	1645	1353	i.r.	i.r.	97	i.r.	2679	5536	2000	3937	1215
Perylen	192	491	158	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	670	i.r.	789	1575	294
Indeno(1.2.3-cd)pyren	1635	2094	3157	3071	294	200	i.r.	2857	2679	1921	4252	1355
Dibenzo(a,h)anthracen	163	222	158	1024	152	69	i.r.	848	509	192	433	121
Benzo(ghi)perylen	1538	2073	2706	2520	186	186	i.r.	3063	2411	1632	3701	1028
Sum PAH	21547	26855	25188	20814	18814	5497	2500	57741	48205	26489	58063	16269
Individuel chlorbiphenyler (PCB)												
CB#28	5.9	9	3	0	3	3	i.r.	3	i.r.	3	0	0
CB#52	5.9	7	2	4	i.r.	4	65	12	i.r.	4	21	7
CB#101	5.4	15	7	3	4	6	i.r.	19	i.r.	4	14	2
CB#118	6.5	16	7	4	4	9	i.r.	18	i.r.	6	35	8
CB#138	7.5	24	19	6	9	14	i.r.	40	i.r.	18	87	6
CB#153	7.8	24	21	6	9	12	i.r.	36	i.r.	13	102	35

CB#180	4.7	i.r.	8	5	i.r.	2	i.r.	18	i.r.	76	10
Sum CB-7 ug/kg GT	43.7	95	68	30	29	51	65	145	0	48	103
Chlorerede pesticider											
Aldrin	i.r.	i.r.	i.r.	1	i.r.	3	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
HCH, alpha-	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	4	i.r.	i.r.	945
HCH, beta-	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	8	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	945
HCH, delta-	15	22	i.r.	7	7	2	i.r.	38	i.r.	i.r.	13
HCH, gamma-	56	103	51	30	57	12	i.r.	143	i.r.	74	102
DDD, p,p'-	7	15	16	12	8	10	i.r.	12	i.r.	i.r.	8
DDE, p,p'-	8	16	20	7	12	4	i.r.	16	i.r.	4	14
DDT, p,p'-	18	39	32	13	38	24	550	205	i.r.	76	197
Dieldrin	i.a.	i.r.	i.r.	i.r.	14	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Endosulfan I	25	73	43	20	27	17	i.r.	67	i.r.	45	150
Endosulfan II	7	i.r.	i.r.	35	23	10	155	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Endosulfan sulfat	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	3	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Endrin	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	14	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Endrin Aldehyd	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Endrin Keeton	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Heptachlor	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Heptachlorepoxyd	3	i.r.	i.r.	3	i.r.	i.r.	i.r.	3	i.r.	i.r.	i.r.
Methoxychlor	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.
Sum pesticider	139	266	161	128	186	107	705	488	0	198	2353
LAS	i.r.	i.r.	6088	i.r.	i.r.	i.r.	i.r.	2857	2679	i.r.	51402
Total hydrocarboner mg/kg GT	135	222	105	94	118	83	500	536	1313	197	1260
% Glødetab	10.4	2.34	8.87	12.7	4.42	14.5	0.6	11.2	11.2	3.8	1.27

i.r. = ikke analyseret eller under detektionsgrænsen

Tablel 4 Koncentrationer af antibegroningsmidler

Station	TBT µg/kg TS	DBT µg/kg TS	MBT µg/kg TS	Tørstof %	glødetab %	Diuron µg/kg TS	Irgarol µg/kg TS
Øresund – syd for Ven st. 431	<3	<1	<3	62	3	<3	<1
Kattegat - syd øst for Anholt St. 905	<2	<1	<5	31	13	<3	<1
Mecklenburger Bugt, st. M2	<3	<6	<13	23	12	<3	<1
Smålandsfarvandet, Skellerev	<1	<2	<8	24	15	<3	<1
Karrebæksminde bugt	<1	<6	<7	52	6	<3	<1
Øresund Kongedybet	4	<2	<3	74	1,5	<3	<1
Roskilde Fjord	11	<28	<9	20	19,5	<3	<1
Odense Fjord	7	<9	<4	49	4,5	<3	<1
Horsens Fjord	<3	<20	<9	26	14	<3	<1
Limfjorden, Nibe Bredning	<0,2	<2	<3	84	0,8	<3	<1
Marselisborg Lystbådehavn	37	<121	<50	99	15	6	6,4
Marselisborg Lystbådehavn (1999)	93	<79	<13		11,2	12	23

Koncentrationer med kursiv angiver resultater mindre end detektionsgrænsen, da analysen var påvirket af støj. Det kunne ikke udelukkes, at der var tinforbindelser tilstede.

Table 5 Koncentrationer af Hg, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn og Al på tørvægt

Lokalitet	Hg mg/kg TS	Cd mg/kg TS	Cu mg/kg TS	Ni mg/kg TS	Pb mg/kg TS	Zn mg/kg TS	Al %
Kattegat sydøst for Anholt, st. 905	0.14	0.14	18	29	46	120	2.36
Øresund syd for Ven st. 431	0.10	0.10	6.8	6.5	15	33	0.58
Mecklenburg Bugt st. M2	0.14	0.47	25	25	63	121	1.70
Smålandfarvandet Skellerev	0.12	1.8	29	27	53	160	2.29
Karrebæksminde Bugt	0.06	0.48	10	11	19	52	0.76
Roskilde Fjord	0.09	1.5	31	17	53	108	1.04
Limfjorden Nibe Bredning	0.03	0.05	1.1	1.6	1.7	6.1	0.12
Marselisborg Lystbådehavn	0.21	0.83	141*	35	55	277	1.87
Odense Fjord	0.06	0.38	7.4	6.0	9.4	46	0.44
Øresund Kongedybet	0.09	0.12	4.4	2.5	9.0	19	0.23
Horsens Fjord	0.15	1.1	24	23	24	116	1.57

* I 1999 gav analyseresultatet 142 mg Cu/kg TS

Tabel 6 Koncentrationer af Hg, Cd, Cu, Ni, Pb og Zn beregnet på glødetabsbasis

Lokalitet	Hg mg/kg GT	Cd mg/kg GT	Cu mg/kg GT	Ni mg/kg GT	Pb mg/kg GT	Zn mg/kg GT
Kattegat sydøst for Anholt, st. 905	1.3	1.4	170	275	440	1154
Øresund syd for Ven st. 431	4.3	4.4	291	279	627	1393
Mecklenburg Bugt st. M2	1.6	5.3	281	278	710	1361
Smålandfarvandet Skellerev	1.0	14.2	229	210	420	1259
Karrebæksminde Bugt	1.3	10.9	231	257	435	1175
Roskilde Fjord	0.6	10.3	212	120	363	743
Limfjorden Nibe Bredning	4.6	8.0	179	259	279	1017
Marselisborg Lystbådehavn	1.9	7.4	1262	311	494	2470
Odense Fjord	1.7	10.0	194	157	246	1206
Øresund Kongedybet	7.4	9.5	348	201	707	1478
Horsens Fjord	1.4	10.5	228	214	224	1088

Tabel 7 Koncentrationer af Hg, Cd, Cu, Ni, Pb og Zn normaliseret til Al

Lokalitet	Hg mg/kg Al	Cd mg/kg Al	Cu mg/kg Al	Ni mg/kg Al	Pb mg/kg Al	Zn mg/kg Al
Kattegat sydøst for Anholt, st. 905	5.9	6.0	750	1209	1935	5079
Øresund syd for Ven st. 431	17.4	17.9	1179	1128	2538	5640
Mecklenburg Bugt st. M2	8.5	27.8	1469	1453	3710	7111
Smalmandfarvandet Skellerev	5.4	78.7	1270	1163	2325	6975
Karrebæksminde Bugt	7.6	63.0	1335	1487	2520	6803
Roskilde Fjord	9.0	144.3	2964	1677	5070	10374
Limfjorden Nibe Bredning	22.9	39.8	896	1295	1394	5080
Marselisborg Lystbådehavn	11.4	44.3	7542	1858	2951	14756
Odense Fjord	14.5	85.9	1673	1357	2126	10403
Øresund Kongedybet	41.4	53.2	1950	1123	3960	8274
Horsens Fjord	9.7	71.9	1555	1462	1531	7425