

FFI RAPPORT

SAMMENHENG MELLOM KONSENTRASJON AV PCB I SEDIMENTER, SJØVANN OG BIOTA

ROSSLAND Helle Kristin, JOHNSEN Arnt

FFI/RAPPORT-2004/03399

**SAMMENHENG MELLOM KONSENTRASJON AV
PCB I SEDIMENTER, SJØVANN OG BIOTA**

ROSSLAND Helle Kristin, JOHNSEN Arnt

FFI/RAPPORT-2004/03399

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

| | | |
|--|--|--------------------------|
| 1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2004/03399 | 2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED | 3) NUMBER OF PAGES 43 |
| 1a) PROJECT REFERENCE FFI | 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE - | |
| 4) TITLE SAMMENHENG MELLOM KONSENTRASJON AV PCB I SEDIMENTER, SJØVANN OG BIOTA CORRELATION BETWEEN THE PCB CONCENTRATION IN SEDIMENTS, SEAWATER AND BIOTA | | |
| 5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) ROSSLAND Helle Kristin, JOHNSEN Arnt | | |
| 6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig) | | |
| 7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN: | | |
| a) <u>PCB</u> | a) <u>PCB</u> | |
| b) <u>Sediment</u> | b) <u>Sediment</u> | |
| c) <u>Seawater</u> | c) <u>Sjøvann</u> | |
| d) <u>Blue Mussels</u> | d) <u>Blåskjell</u> | |
| e) <u>Semipermeable membrane devices</u> | e) <u>Semipermeable membraner</u> | |
| THESAURUS REFERENCE: | | |
| 8) ABSTRACT FFI has conducted a study to get knowledge of the concentration of PCB in seawater along the Norwegian coast and how these levels are related to the levels of PCB found in sediments and biota. A total of seven locations along the coast were selected, four locations were known contaminated and three locations were expected to be clean. No distinct correlation between the PCB concentrations in the three compartments was found, but the correlation between semipermeable membrane devices (SPMDs) and Blue Mussels was relatively good and a correlation between sediment and Blue Mussels was observed at low sediment concentrations. A supplementary study of SPMDs versus a high volume water sampler to establish the PCB concentration in seawater was conducted at Haakonsværn Naval Base. Results from the sampling at Haakonsværn indicated that the SPMD had an uptake rate of 4.9 l/day, which is exactly the same rate found under laboratory condition by the supplier for PCB-52. If data from the survey along the Norwegian coast is used the uptake rate is estimated to 1.4 l/day. | | |
| 9) DATE 2005-08-25 | AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan | POSITION Director |

ISBN 82-464-0955-7

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

INNHOOLD

| | Side | |
|---------|--|----|
| 1 | INNLEDNING | 7 |
| 2 | MATERIALER OG METODER | 8 |
| 2.1 | Prøvetaking | 8 |
| 2.1.1 | Bygdøy | 9 |
| 2.1.2 | Mågerø | 10 |
| 2.1.3 | Marvika | 10 |
| 2.1.4 | Haakonsvern | 11 |
| 2.1.5 | Hysnes/Hasselvika | 12 |
| 2.1.6 | Ramsund | 12 |
| 2.1.7 | Vardø | 13 |
| 2.2 | Innsamling og bearbeiding | 13 |
| 2.3 | Analysemetoder | 14 |
| 2.3.1 | PCB i blåskjell | 14 |
| 2.3.2 | PCB i SPMD | 14 |
| 2.3.3 | PCB i sediment | 14 |
| 2.3.4 | Partikler | 14 |
| 2.3.5 | Glødetap | 15 |
| 2.3.6 | Fin fraksjon | 15 |
| 2.3.7 | Sjøvann | 15 |
| 2.3.7.1 | Løst PCB | 15 |
| 2.3.7.2 | Partikulært PCB | 15 |
| 3 | RESULTATER | 15 |
| 3.1 | Sammenligning av SPMD og høyvolum prøvetaker ved Haakonsvern | 15 |
| 3.2 | Innhold av PCB i sedimentene | 18 |
| 3.3 | Innhold av PCB i blåskjell | 21 |
| 3.4 | Innhold av PCB i sjøvann | 22 |
| 3.5 | Innhold av PCB i SPMD | 25 |
| 3.6 | Sammenheng mellom nivået av PCB i sediment, blåskjell, sjøvann og SPMD | 27 |
| 3.6.1 | Blåskjell/sediment | 28 |
| 3.6.2 | SPMD/sediment | 29 |
| 3.6.3 | Sjøvann/sediment | 30 |
| 3.6.4 | Glødetap/sediment | 31 |
| 3.6.5 | SPMD/blåskjell | 31 |
| 3.6.6 | Blåskjell/sjøvann | 32 |
| 3.6.7 | Løst PCB/partikkelbundet PCB i sjøvann | 33 |
| 3.6.8 | SPMD/sjøvann | 33 |
| 3.7 | Kongenerfordeling av PCB i de ulike prøvene for hver lokalitet | 35 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4 | KONKLUSJON | 38 |
| | OVERSIKT OVER INNSAMLING AV PRØVER | 39 |
| A.1 | Bygdøy, Mågerø, Marvika, Haakonsvern, Hysnes, Ramsund og Vardø | 39 |
| A.1.1 | Sediment | 39 |
| A.1.2 | Blåskjell | 39 |
| A.1.3 | Partikler | 39 |
| A.1.4 | Sjøvann | 40 |
| A.1.5 | SPMD | 40 |
| A.2 | Haakonsvern i 2000 | 41 |
| A.2.1 | Sjøvann | 41 |
| A.2.2 | SPMD | 41 |

SAMMENHENG MELLOM KONSENTRASJON AV PCB I SEDIMENTER, SJØVANN OG BIOTA

1 INNLEDNING

Det er i dag innført en rekke kostholdsrestriksjoner langs norskekysten på grunn av høyt innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) i sjømat. Enkelte områder er det også innført omsetningsforbud (1). Forurensning av PCB i marint miljø begrenser derfor mulighetene for utnyttelse av områder til fiske og oppdrettsvirksomhet. Forurensningen bidrar samtidig til reduksjon av områdets friluftsliv og kan begrense eller fordyre utbygginger i havneområder (2).

Hele norskekysten er påvirket av langtransportert PCB forurensning, men det er i tillegg mange områder som domineres av lokal forurensning. Ved kartlegging av en lokalitet brukes det forskjellige prøvetakingsprogram, etter hva som er målet med undersøkelsen. Det benyttes i stor grad sediment og eller fisk og skalldyr som indikatorer på forurensningsnivå i området og i mindre grad vann og annen biota. Sammenhengen mellom konsentrasjon av PCB i sedimenter, sjøvann og biota er imidlertid ikke godt dokumentert. Dette kan vanskeliggjøre sammenligning av forurensningsnivå på ulike lokaliteter, og et prøvetakingsprogram basert på en type indikator kan medføre et ufullstendig beslutningsgrunnlag.

Laverestående organismer vil i stor grad akkumulere PCB fra vannmassene, både gjennom et direkte opptak av partikler som inneholder PCB og en passiv diffusjon av løst PCB. Ettersom PCB i liten grad brytes ned i organismer vil PCB bioakkumuleres. De laverestående organismene vil i stor grad fungere som mat for høyerestående organismer, slik at PCB vil biomagnifiseres i næringskjeden. Dette fører til at fisk og skalldyr som spises av mennesker vil kunne akkumulere så store mengder av PCB at det blir anbefalt å ikke spise denne sjømaten. Det er liten eller ingen kunnskap om nivået av PCB i vannmassene langs norskekysten. Selv om løseligheten av PCB i vann er meget lav er det viktig å ha kjennskap til dette for å vurdere miljørisikoen av PCB. Vannmassene vil bli relativt raskt transporteres fra forurensede områder og dermed kunne føre til at relativt rene områder blir mer forurenset.

For å få kunnskap om konsentrasjonen til PCB i ulike vannmasser og hvordan denne konsentrasjonen forholder seg til konsentrasjonen i sediment og biota, har Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) tatt prøver langs kysten fra Vardø i nord til indre Oslofjord i sør. Bortsett fra i Vardø og i indre Oslofjord er det valgt ut prøvesteder på Forsvarets områder og det er tatt prøver fra både forurensede områder og antatt lite forurensede områder.

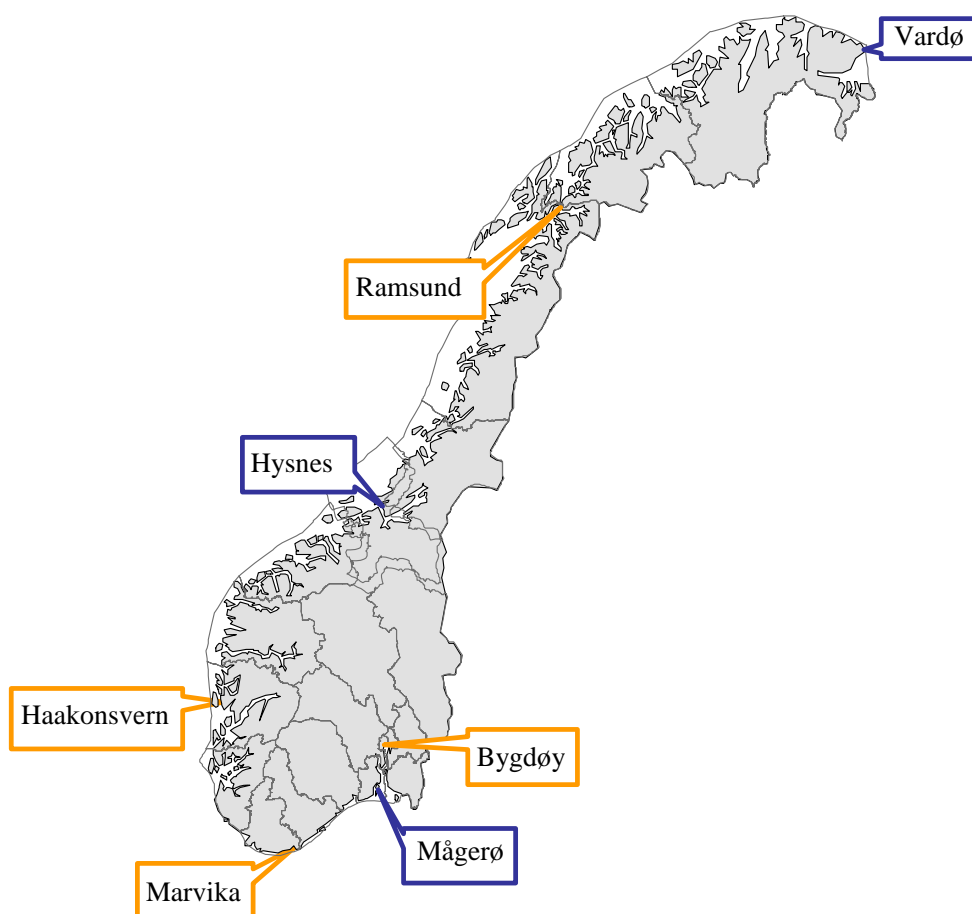
FFI har i en lengre tid benyttet semipermeable membraner (SPMD) fylt med et lipid for å estimere konsentrasjonen av løst PCB i vannmassene. Disse membranene fungerer som virtuell fisk og simulerer opptaket av PCB. Opptaksraten av PCB i SPMD er lav og det er derfor nødvendig at disse membranene er utplassert i en måned for å få målbare verdier av PCB. De vil derfor fange opp tilførsel av forurensning over lenger tid. Et annet mål med undersøkelsene

var å se om det var mulig å korrelere akkumulert mengde PCB i SPMD og målt konsentrasjon av PCB i vannmassene ved høyvolum prøvetaking som gir et mer øyeblikksbilde av forurensningssituasjonen.

2 MATERIALER OG METODER

2.1 Prøvetaking

En oversikt over de områder der det er foretatt prøvetaking er vist i Figur 2-1. Lokalitetene for prøvetaking ble valgt ut for å undersøke områder som var kjent PCB forurenset og områder der det ble antatt liten eller ingen forurensning av PCB, samtidig som hele norskekysten ble representert. Det ble i hovedsak valgt å foreta prøvetaking på Forsvarets områder; Luftforsvarets stasjon Mågerø, samt på Ramsund, Hysnes, Marvika, og Haakonsvern orlogsstasjoner. Tilgangen til disse områdene var god og utplassert utstyr i sjøen ville ligge relativt sikkert, i tillegg kunne utplassert utstyr overvåkes av Forsvarets personell. Havnevesenet i Vardø var behjelpelig med prøvetaking ved Hornøya og Kystlaget Viken med utlån av lokaliteter på Bygdøy.

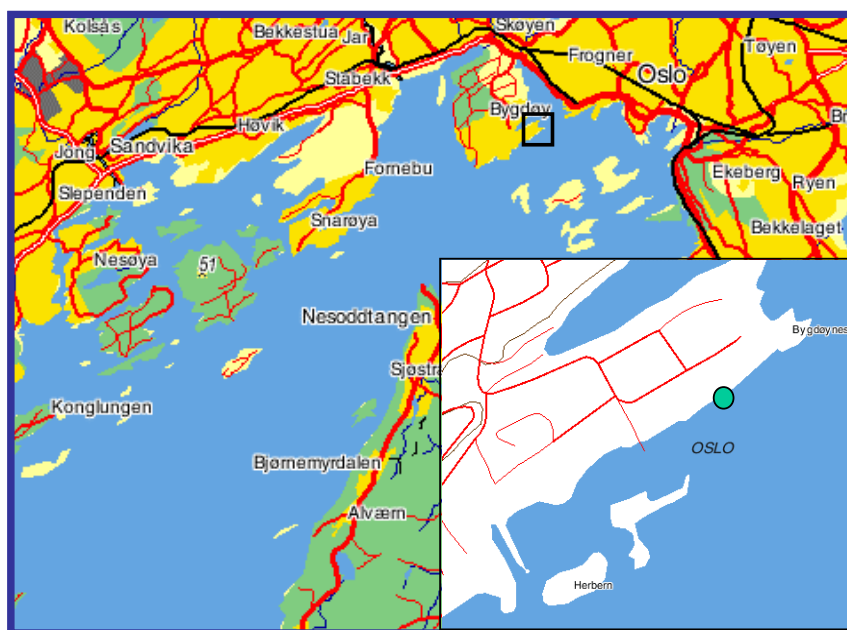


Figur 2-1 Lokalisering av prøvetakingspunkter. Blå markering angir antatt uforurenset område, mens oransje markering angir forurenset område

For hver av de 7 lokalitetene ble det tatt en vannprøve på omkring 500 l ved hjelp av FFI sitt høyvolum vannprøvetakningsutstyr for å bestemme konsentrasjonen av PCB i vannmassene. Det ble hentet en sedimentprøve og en prøve av blåskjell i nærheten av der vannprøven ble tatt. Det ble også satt ut en SPMD på samme lokalitet, som stod ute i omkring en måned, før den ble innsamlet for å estimere konsentrasjonen av løst PCB i vannmassene. For de fleste lokalitetene ble det også tatt separate vannprøver for bestemmelse av partikkelmengden i sjøvannet. I år 2000 ble det mens oppryddingstiltak ble gjennomført ved Haakonsværn, tatt flere vannprøver både i og utenfor deponiene, samtidig som SPMD var utplassert for å vurdere sammenhengen mellom akkumulert mengde i SPMD og målt mengde i vannmassene. Disse dataene er tatt med i denne rapporten for å komplettere denne sammenhengen.

2.1.1 Bygdøy

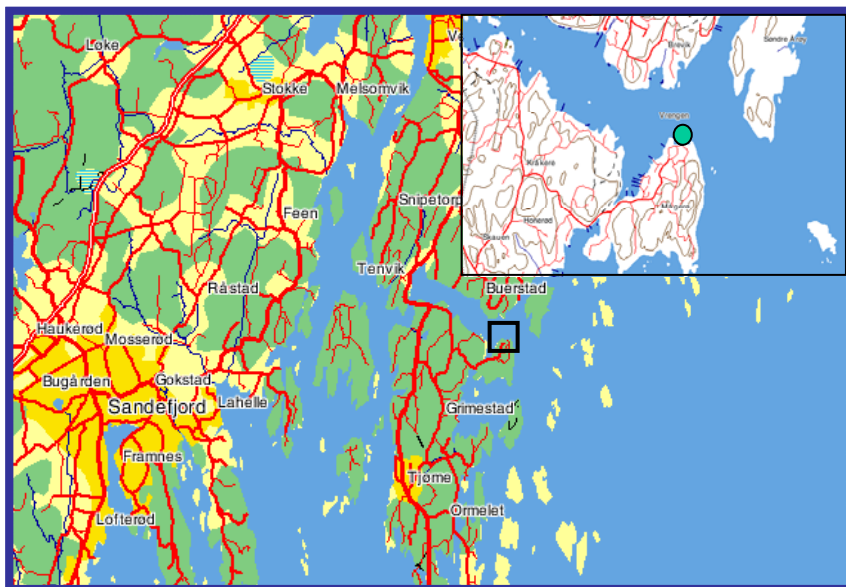
Prøver av sjøvann, blåskjell og sediment ble tatt 17 oktober 2002. SPMD ble satt ut 17 oktober 2002 og tatt inn igjen 22 november 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-2.



Figur 2-2 Lokalisering av prøvetaking på Bygdøy

2.1.2 Mågerø

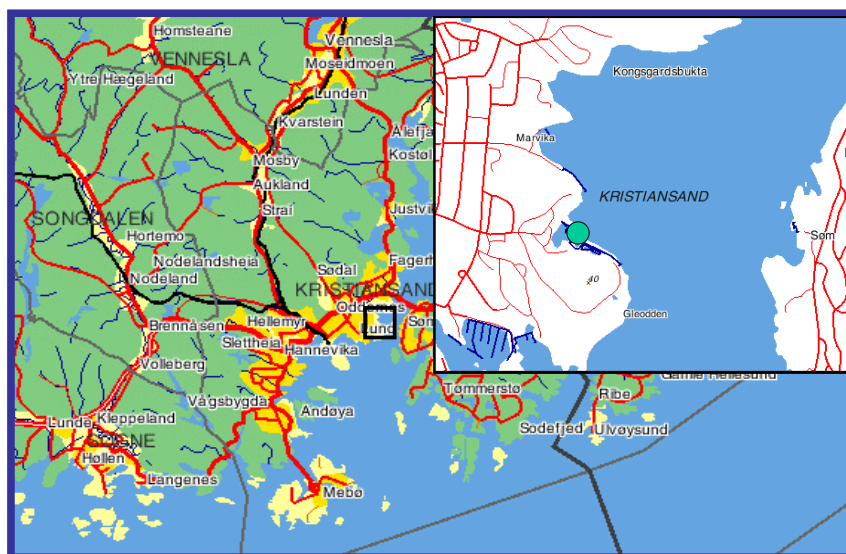
Prøver av sjøvann, blåskjell og sediment ble tatt 28 august 2002. SPMD ble satt ut 28 august 2002 og tatt inn igjen 10 oktober 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-3.



Figur 2-3 Lokalisering av prøvetaking på Mågerø

2.1.3 Marvika

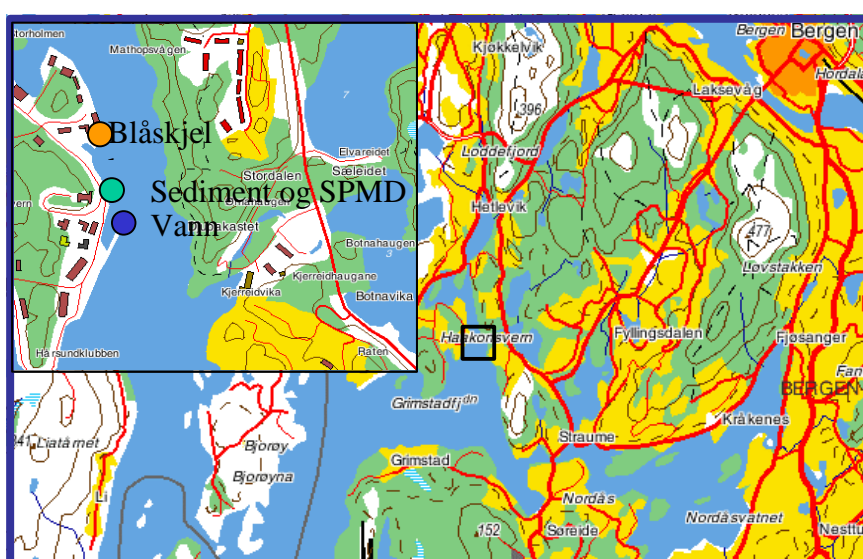
Prøver av sjøvann ble tatt 30 august 2002. SPMD ble satt ut 30 august 2002 og tatt inn igjen 17 oktober 2002. Prøver av sediment og blåskjell ble tatt 24 mars 2003. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-4.



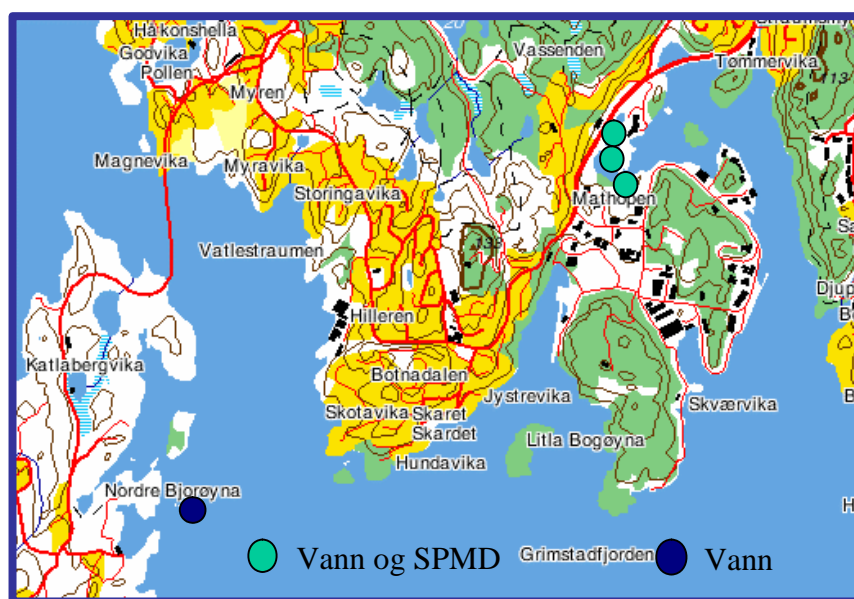
Figur 2-4 Lokalisering av prøvetaking i Marvika

2.1.4 Haakonsvern

FFI har tatt en rekke prøver ved Haakonsvern orlogsstasjon fra 1998 og frem til i dag. Det ble derfor ikke gjort en undersøkelse samtidig med de andre lokalitetene, men det ble benyttet prøver som ble tatt i tilnærmet samme tidsrom. Blåskjell ble fanget inn 11 mars 2002, sedimentprøve ble samlet inn 11 desember 2001 og vannprøve ble samlet inn 30 januar 2003. SPMD ble satt ut 10 april 2002 og hentet inn 28 mai 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av disse prøvestasjonene er vist i Figur 2-5. I tillegg til disse prøvene ble det tatt vannprøver 3 ganger i løpet av august/september i 2000 ved sjøkantdeponiene for å sammenligne med akkumulert mengde PCB i SPMD i samme tidsrom. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.2. Lokaliseringen av disse prøvestasjonene er vist i Figur 2-6.



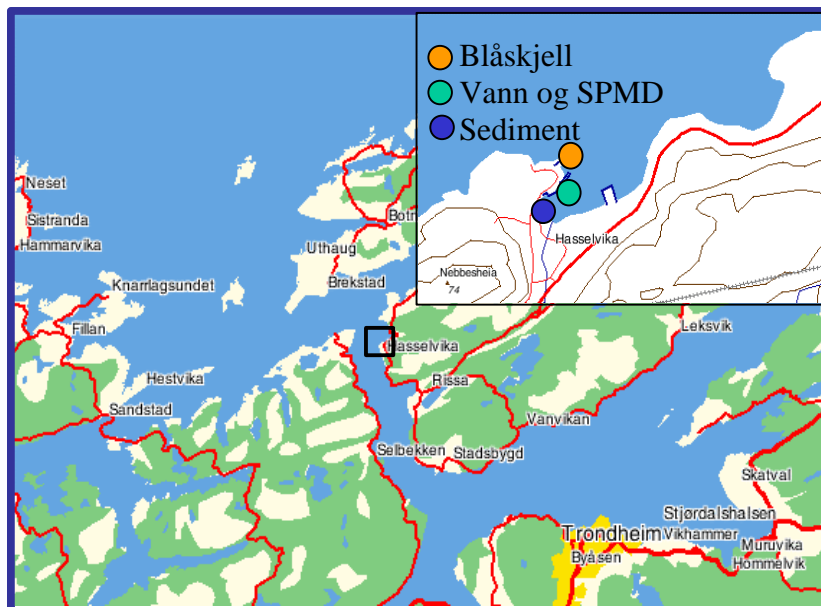
Figur 2-5 Lokalisering av prøvepunkter ved Haakonsvern



Figur 2-6 Lokalisering av prøver tatt i august 2000

2.1.5 Hysnes/Hasselvika

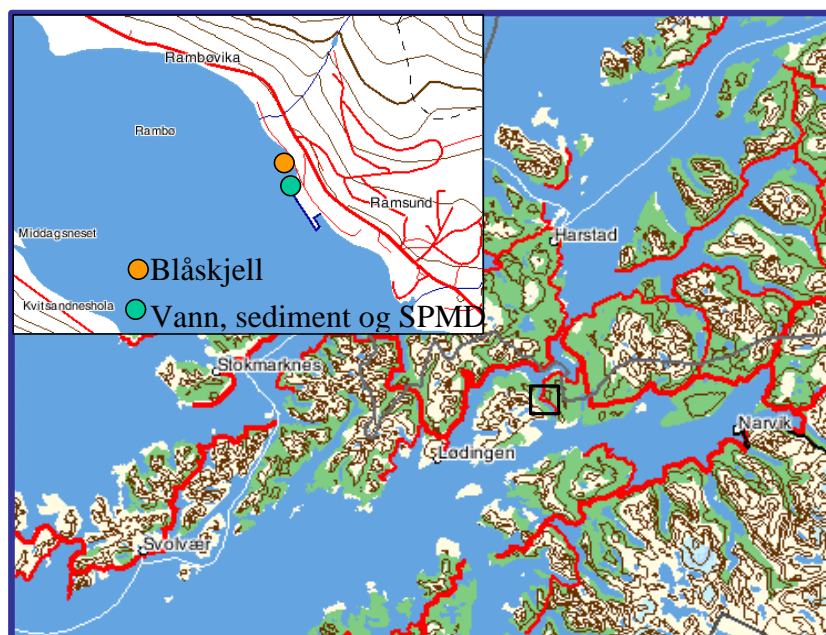
Prøver av sjøvann, sediment og blåskjell ble tatt 3 oktober 2002. SPMD ble satt ut 3 oktober 2002 og tatt inn igjen 18 november 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-7.



Figur 2-7 Lokalisering av prøvepunkter på Hysnes

2.1.6 Ramsund

Prøver av sjøvann, sediment og blåskjell ble tatt 1 oktober 2002. SPMD ble satt ut 1 oktober 2002 og tatt inn igjen 13 november 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-8.



Figur 2-8 Lokalisering av prøvepunkter i Ramsund

2.1.7 Vardø

Prøver av sjøvann og blåskjell ble tatt 2 oktober 2002. SPMD ble satt ut 2 oktober 2002 og tatt inn igjen 8 november 2002. Sedimentprøve ble tatt 8 november 2002. En nærmere oversikt over prøvetakingen er gitt i Appendiks A.1. Lokaliseringen av prøvetakingen er vist i Figur 2-9.



Figur 2-9 Lokalisering av prøvepunkter utenfor Vardø

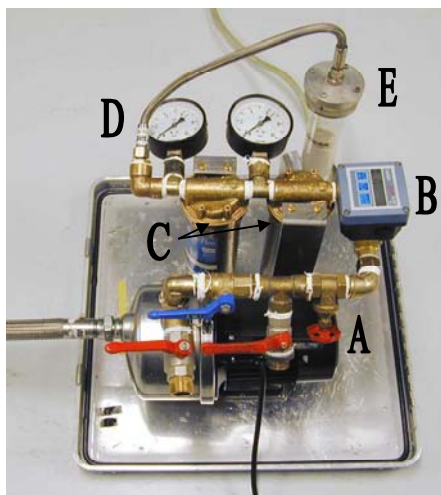
2.2 Innsamling og bearbeiding

Blåskjell (*Mytilus edulis*) ble hentet fra bryggestolper, under flytebrygger og flytebøyer eller på steiner i strandsonen. Der det var mulig ble fortrinnsvis store blåskjell samlet, men ved Ramsund orlogstasjon ble det kun funnet små blåskjell. Blåskjellene ble dissekert og homogenisert.

Sediment ble hentet opp med en mini van-Veen grabb eller kjerneprøvetaker. Det ble tatt en prøve av de øverste 5 cm av sedimentene. Prøvene ble tørket i varmeskap og siktet med en 2 mm sikt.

Omtrent tre liter sjøvann ble samlet i den øverste ½ meteren av vannsøylen til bestemmelse av partikkelmengden i sjøvannet. Det ble kun samlet inn en liter ved prøvetaking på Mågerø og i Marvika, dette viste seg å være for lite til å bestemme partikkelmengden. Ved Haakonssvern ble det ikke tatt prøve for bestemmelse av partikkelmengde.

Sjøvann til PCB analyse ble samlet inn med FFIs egen vannprøvetaker, Figur 2-10. Sjøvannet pumpes igjennom et 1 µm patronfilter hvor partiklene vil feste seg og deretter igjennom en kolonne med XAD-2 hvor PCB som er løst i vannet vil adsorberes (3). Filteret ble frosset ned og XAD-2 ble tørket i varmeskap.



- A Pumpe
- B Strømningsmåler
- C Partikkelfilter
- D Trykkmåler
- E XAD-2 kolonne

Figur 2-10 Vannprøvetaker for PCB i vann

SPMD fylt med 1 ml triolein, levert av Origo AB, Sverige, ble plassert ut i bur av rustfrittstål, noen meter over sjøbunnen i omtrent 1 måned. Etter innhenting ble overflaten på membranene tørket med papir fuktet i metanol og ultrarent vann for å fjerne avsetninger på membranen (4).

2.3 Analysemetoder

2.3.1 PCB i blåskjell

Biologisk materiale ble homogenisert og en delprøve overført til ekstraksjon. Prøvene ble tilsatt internstandard PCB-112, aceton og heptan og ekstrahert i mikrobølgeovn. Fettmengden ble deretter bestemt og ekstraktet ble renset med konsentrert svovelsyre. Prøven ble analysert med en gasskromatograf med elektroninnfagningsdetektor (ECD). Kvantifiseringen ble utført med en internstandard kalibreringskurve. Det ble foretatt måling av syv PCB kongenerer, henholdsvis PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 og PCB-180.

2.3.2 PCB i SPMD

Membranen ble ekstrahert med heptan tilsatt internstandard PCB-112 på ristebord. Fettmengden ble deretter bestemt og ekstraktet ble renset med konsentrert svovelsyre før det ble analysert som beskrevet i kapittel 2.3.1.

2.3.3 PCB i sediment

Omtrent 2 gram tørr prøve ble veid ut, tilsatt internstandard PCB-112, aceton og heptan og ekstrahert i mikrobølgeovn. Ekstraktet ble renset for svovel og med konsentrert svovelsyre før det ble analysert som beskrevet i kapittel 2.3.1.

2.3.4 Partikler

Prøvene ble filtrert igjennom et 0,45 µm membranfilter og avsatt mengde på filtret ble veid.

2.3.5 Glødetap

Glødetap ble bestemt i henhold til Norsk standard 4764.

2.3.6 Fin fraksjon

Sedimentprøvene ble tørrsiktet med en 63 µm sikt og fraksjonen under 63 µm ble veid.

2.3.7 Sjøvann

2.3.7.1 Løst PCB

Tørre XAD-2 prøver ble ekstrahert med diklormetan tilsatt internstandard PCB-112 på ristebord. Ekstraktet ble renset med konsentrert svovelsyre og gelpermasjon kromatografi (GPC) før det ble analysert som beskrevet i kapittel 2.3.1.

2.3.7.2 Partikulært PCB

En delprøve ble saget av det frosne filteret og ekstrahert med heptan tilsatt internstandard PCB-112 på ristebord. Ekstraktet ble renset med konsentrert svovelsyre før det ble analysert som beskrevet i kapittel 2.3.1.

3 RESULTATER

3.1 Sammenligning av SPMD og høyvolum prøvetaker ved Haakonsvern

Konsentrasjonen av PCB i sjøvann var som forventet høyest i Deponi 1 med en gradient utover til referansestasjonen på Ringaskjæret, Tabell 3.3 og Tabell 3.4. Deponi 1 var bare tidvis i bruk i begynnelsen av prøveperioden, først i midten av august startet fyllingen av forurensede sedimenter fra havneområdet for fullt. Det var samtidig av og til noe innfylling i Deponi 2.

Konsentrasjonene av løst PCB₇ i vannmassene og akkumulert mengde PCB i SPMD er vist i Tabell 3.1 og Tabell 3.4. Ved bruk av høyvolum prøvetaker ble det målt konsentrasjoner av PCB₇ fra 680 til 3510 pg/l, mens bruk av SPMD ga en beregnet konsentrasjon av PCB₇ på 2267 pg/l i Deponi 1 under samme tidsperiode. Det ble også observert god korrelasjon mellom høyvolum prøvetaker og SPMD utenfor Deponi 2 med henholdsvis 100-210 pg/l og 104 pg/l. I Deponi 2 ble det målt lavere konsentrasjon med høyvolum prøvetaker enn det som ble beregnet fra SPMD, henholdsvis 80-120 pg/l og 328 pg/l. SPMD fra referansestasjonen forsvant før innhenting og er derfor utelatt. SPMD fra Ringaskjæret i 1998 (4) og fra Vikaskjær i 2002 (5) hadde konsentrasjoner på henholdsvis 40 og 10 pg/l som samsvarer godt med prøven tatt med høyvolum prøvetaker som inneholdt 80 ng/l. Det er heller ingen store forskjeller i kongenermønster bortsett fra i SPMD fra Deponi 1, som inneholder mer lavklorerte PCB enn prøvene tatt med høyvolum prøvetaker. Dette kan skyldes den store oppvirvlingen, ved tidvis innpumping av slam fra oppryddingsfartøyet, som ikke ble fanget opp ved høyvolum prøvetaking. Sammenligningene ovenfor er basert på en ekstraksjonshastighet i SPMD på

4,9 liter/dag, som er oppgitt av produsenten som ekstraksjonshastighet for PCB-52 ved 18 °C og minimal begroing på membranen (6). En sammenligning av løst PCB og SPMD er vist i Figur 3-1.

Konsentrasjonen i Deponi 1 økte til det dobbelte i løpet av prøveperioden. Ellers var konsentrasjonen jevn med unntak av innholdet av partikulært PCB i Deponi 2 ved siste måling, Tabell 3.2. Det var ingen økning i konsentrasjonen av løst PCB på dette prøvepunktet. Forholdet mellom partikulært bundet og løst PCB₇ var 1,5-15, med unntak av målingen i Deponi 2 hvor det var 100 ganger forskjell. Gjennomsnittet var et forhold på 5. Den totale konsentrasjonen av PCB₇ i sjøvann var på det høyeste 13 ng/l i Deponi 1 og på det laveste 0,3 ng/l på Ringaskjæret.

| <i>Prøvested og dato i 2000</i> | <i>PCB-28 pg/l</i> | <i>PCB-52 pg/l</i> | <i>PCB-101 pg/l</i> | <i>PCB-118 pg/l</i> | <i>PCB-153 pg/l</i> | <i>PCB-138 pg/l</i> | <i>PCB-180 pg/l</i> | <i>pg PCB₇/l sjøvann</i> |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Deponi 1, 0808 | 69 | 84 | 90 | 88 | 116 | 151 | 75 | 673 |
| Deponi 1, 2308 | 88 | < 1 | 681 | 681 | 698 | 819 | 538 | 3510 |
| Deponi 1, 1809 | 238 | 42 | 525 | 268 | 249 | 336 | 234 | 1890 |
| Deponi 2, 0808 | 27 | 19 | 18 | 9 | 13 | 19 | 9 | 113 |
| Deponi 2, 2308 | 43 | 33 | 22 | 7 | 4 | 11 | 1 | 122 |
| Deponi 2, 1809 | 23 | 28 | 8 | 4 | 6 | 6 | 3 | 78 |
| Utenfor Deponi 2, 0808 | 50 | 19 | 38 | 3 | 30 | 50 | 16 | 205 |
| Utenfor Deponi 2, 1909 | 17 | 14 | 13 | 5 | 16 | 20 | 11 | 96 |
| Ringaskjæret, 0808 | 11 | < 1 | 14 | 4 | 15 | 29 | 13 | 85 |

Tabell 3.1 *Konsentrasjonen av løst PCB₇ i vannmassene i og utenfor deponiene ved Haakonsvern orlogsstasjon i 2000 målt med høyvolum prøvetaker*

| <i>Prøvested og dato i 2000</i> | <i>PCB-28 pg/l</i> | <i>PCB-52 pg/l</i> | <i>PCB-101 pg/l</i> | <i>PCB-118 pg/l</i> | <i>PCB-153 pg/l</i> | <i>PCB-138 pg/l</i> | <i>PCB-180 pg/l</i> | <i>pg PCB₇/l sjøvann</i> |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Deponi 1, 0808 | 581 | 789 | 1030 | 800 | 1030 | 1270 | 411 | 5910 |
| Deponi 1, 2308 | 1620 | 1590 | 1130 | 929 | 802 | 1050 | 280 | 7400 |
| Deponi 1, 1809 | 1800 | 2780 | 2030 | 1700 | 1100 | 1360 | 309 | 11100 |
| Deponi 2, 0808 | 400 | 221 | 100 | 29 | 879 | 50 | < 10 | 1680 |
| Deponi 2, 2308 | 210 | 180 | 90 | 60 | 49 | 49 | 10 | 648 |
| Deponi 2, 1809 | 170 | 170 | 620 | 510 | 2190 | 2820 | 2060 | 8540 |
| Utenfor Deponi 2, 0808 | 220 | 50 | 10 | 20 | 10 | < 10 | < 10 | 309 |
| Utenfor Deponi 2, 1909 | 109 | 100 | 30 | 10 | 10 | < 10 | 10 | 269 |
| Ringaskjæret, 0808 | 129 | 49 | < 10 | < 10 | 20 | 10 | < 10 | 209 |

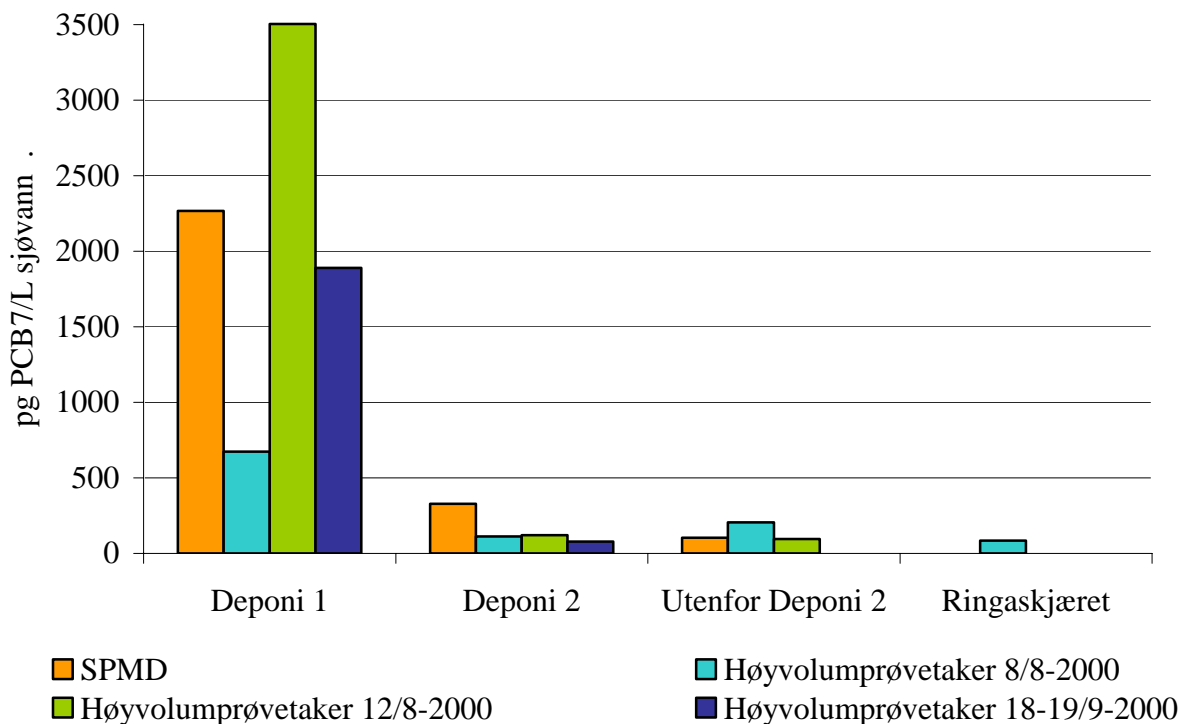
Tabell 3.2 *Konsentrasjonen av partikulært PCB₇ i vannmassene i og utenfor deponiene ved Haakonsvern orlogsstasjon i 2000 målt med høyvolum prøvetaker*

| <i>Prøvested og dato i 2000</i> | <i>PCB-28 pg/l</i> | <i>PCB-52 pg/l</i> | <i>PCB-101 pg/l</i> | <i>PCB-118 pg/l</i> | <i>PCB-138 pg/l</i> | <i>PCB-153 pg/l</i> | <i>PCB-180 pg/l</i> | <i>pg PCB₇/l sjøvann</i> |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| Deponi 1 0808 | 649 | 873 | 1120 | 888 | 1150 | 1420 | 486 | 6590 |
| Deponi 1 2308 | 1710 | 1590 | 1810 | 1610 | 1500 | 1870 | 819 | 10900 |
| Deponi 1 1809 | 2040 | 2820 | 2560 | 1970 | 1350 | 1690 | 543 | 13000 |
| Deponi 2 0808 | 427 | 240 | 118 | 38 | 892 | 69 | 9 | 1790 |
| Deponi 2 2308 | 253 | 213 | 112 | 67 | 53 | 60 | 11 | 770 |
| Deponi 2 1809 | 193 | 198 | 628 | 514 | 2200 | 2830 | 2060 | 8620 |
| Utenfor Deponi 2 0808 | 269 | 69 | 48 | 23 | 40 | 50 | 16 | 515 |
| Utenfor Deponi 2 1909 | 126 | 114 | 42 | 15 | 26 | 20 | 21 | 365 |
| Ringaskjæret 0808 | 140 | 49 | 14 | 4 | 35 | 39 | 13 | 294 |

Tabell 3.3 Totalkonsentrasjonen av PCB₇ i vannmassene i og utenfor deponiene ved Haakonssvern orlogsstasjon i 2000 målt med høyvolum prøvetaker

| <i>Prøvested</i> | <i>PCB-28 pg/dag</i> | <i>PCB-52 pg/dag</i> | <i>PCB-101 pg/dag</i> | <i>PCB-118 pg/dag</i> | <i>PCB-153 pg/dag</i> | <i>PCB-138 pg/dag</i> | <i>PCB-180 pg/dag</i> | <i>PCB₇ pg/dag</i> | <i>pg PCB₇/l sjøvann</i> |
|------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---|
| Deponi 1 | 3000 | 3530 | 1750 | 959 | 776 | 856 | 240 | 11100 | 2270 |
| Deponi 2 | 329 | 455 | 533 | 126 | 57 | 79 | 28 | 1610 | 328 |
| Utenfor Deponi 2 | 88 | 77 | 128 | 86 | 61 | 31 | 39 | 511 | 104 |
| Ringaskjæret | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabell 3.4 Akkumulert mengde PCB₇ i SPMD i og utenfor deponiene ved Haakonssvern orlogsstasjon i 2000



Figur 3-1 Konsentrasjonen av løst PCB₇ prøvetatt med SPMD og høyvolum prøvetaker i og utenfor deponiene ved Haakonssvern orlogsstasjon i 2000

3.2 Innhold av PCB i sedimentene

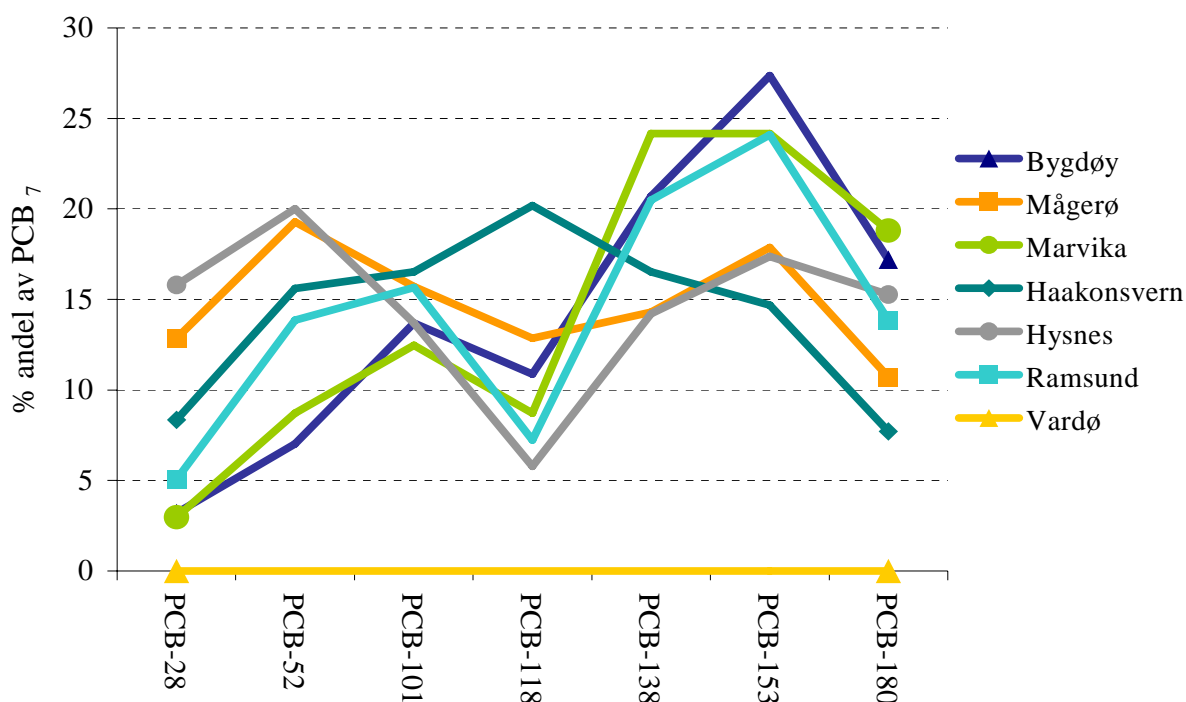
Konsentrasjonen av PCB₇ i sedimentene ved de ulike lokalitetene er vist i Tabell 3.5. Det ble funnet lave konsentrasjoner av PCB ved de tre lokalitetene som i utgangspunktet ble antatt å være lite forurenset. I Vardø ble det ikke påvist PCB over deteksjonsgrensen, mens det ved Hysnes og Mågerø ble funnet nivåer av PCB som ligger i Statens forurensningstilsyns (SFTs) tilstandsklasse II, moderat forurenset (7). Prøven tatt ved Marvika inneholdt den høyeste konsentrasjonen av PCB₇, med litt over 500 ng/g. Forurensningsnivået her ligger dermed i tilstandsklasse V, meget sterkt forurenset. For de tre andre forurensete områdene ble nivået av PCB₇ funnet å ligge i SFTs tilstandsklasse IV, sterkt forurenset.

| <i>Prøvested</i> | <i>PCB-28</i> | <i>PCB-52</i> | <i>PCB-101</i> | <i>PCB-118</i> | <i>PCB-138</i> | <i>PCB-153</i> | <i>PCB-180</i> | <i>PCB₇</i> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> | <i>ng/g</i> |
| Bygdøy | 9,1 | 20 | 39 | 31 | 59 | 78 | 49 | 285 |
| Mågerø | 1,8 | 2,7 | 2,2 | 1,8 | 2,0 | 2,5 | 1,5 | 14 |
| Marvika | 15 | 44 | 63 | 44 | 122 | 122 | 95 | 505 |
| Haakonssvern | 9,1 | 17 | 18 | 22 | 18 | 16 | 8,4 | 109 |
| Hysnes | 3,0 | 3,8 | 2,6 | 1,1 | 2,7 | 3,3 | 2,9 | 19 |
| Ramsund | 8,4 | 23 | 26 | 12 | 34 | 40 | 23 | 166 |
| Vardø | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 | < 0,4 |

Tabell 3.5 *Konsentrasjonen av PCB₇ (ng/g tørrvekt) i sedimentene ved de forskjellige lokalitetene*

Oversikt over tilstandsklasser i sedimentene, på de ulike lokalitetene, før og nå er gitt i Figur 3-3. I indre Oslofjord er det tidligere funnet tilsvarende konsentrasjoner av PCB₇ i sedimentene som ved Bygdøy (8). Nivået av PCB₇ som ble funnet ved Mågerø stemmer godt med det som ble funnet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i 1999 i en sedimentprøve tatt i området mellom Mågerø og Søndre Årøy, det var imidlertid store lokale forskjeller i denne undersøkelsen (9). Prøven tatt i Marvika ligger i midtsjiktet av de meget varierende konsentrasjonene Forsvaret fant ved undersøkelsene av forurensning i dette området i 1999 (10). Ved Haakonssvern ble det i forbindelse med oppryddingen av forurensete sedimenter tatt hundrevis av sedimentprøver (11). I denne rapporten er det kun tatt med en prøve som er tatt der SPMD var plassert og i nærheten av der blåskjell ble innsamlet (5). Sedimentprøven ved Haakonssvern er tatt før opprydding var gjennomført i dette delområdet. Tidligere undersøkelser av dette området har vist at det er meget varierende konsentrasjoner i sedimentene. Det er ikke kjent at det tidligere har vært tatt prøver av sediment for bestemmelse av PCB ved Hysnes, i Ramsund er det derimot tatt en rekke sedimentprøver i forbindelse med Forsvarets kartlegging av forurensningsnivået i området (12). Konsentrasjonen i sedimentprøven er i samme størrelsesorden som resultatene fra disse undersøkelsene. Sedimentprøven fra Vardø stemmer også godt overens med tidligere rapporterte resultater i forbindelse med mudring av Vardø Havn i 2001 (13) og av NIVA i 1996 et stykke utenfor havnen (14).

Kongenersammensetningen av PCB i sedimentene er vist i Figur 3-2. I sedimentene tatt ved Bygdøy, Marvika og Ramsund er det en overvekt av høyklorerte PCB kongenerer. Dette er også de tre lokalitetene som hadde høyest konsentrasjon av PCB i sedimentene og viser at kildene til PCB ved disse tre lokalitetene er relativt like. For de andre lokalitetene er det en mer jevn fordeling mellom lav- og høyklorerte PCB. Dette kan indikere at kilden til PCB i disse områdene er en blanding av lav- og høyklorerte PCB. De lavklorerte PCB kongenerene transporteres lettere i miljøet etter som de har større vannløselighet, slik at i områder med lav konsentrasjon av PCB er det mulig av lavklorerte PCB fra regional forurensning er en vesentlig del av den totale forurensningen av PCB i sedimentene. Dette kan være aktuelt for Mågerø og Hysnes. Haakonsvern har derimot en mye høyere konsentrasjon av lav- og høyklorerte PCB kongenerer enn Hysnes og Mågerø og er derfor mest sannsynlig påvirket av en lokal kilde også når det gjelder de lavklorerte PCB kongenerene.

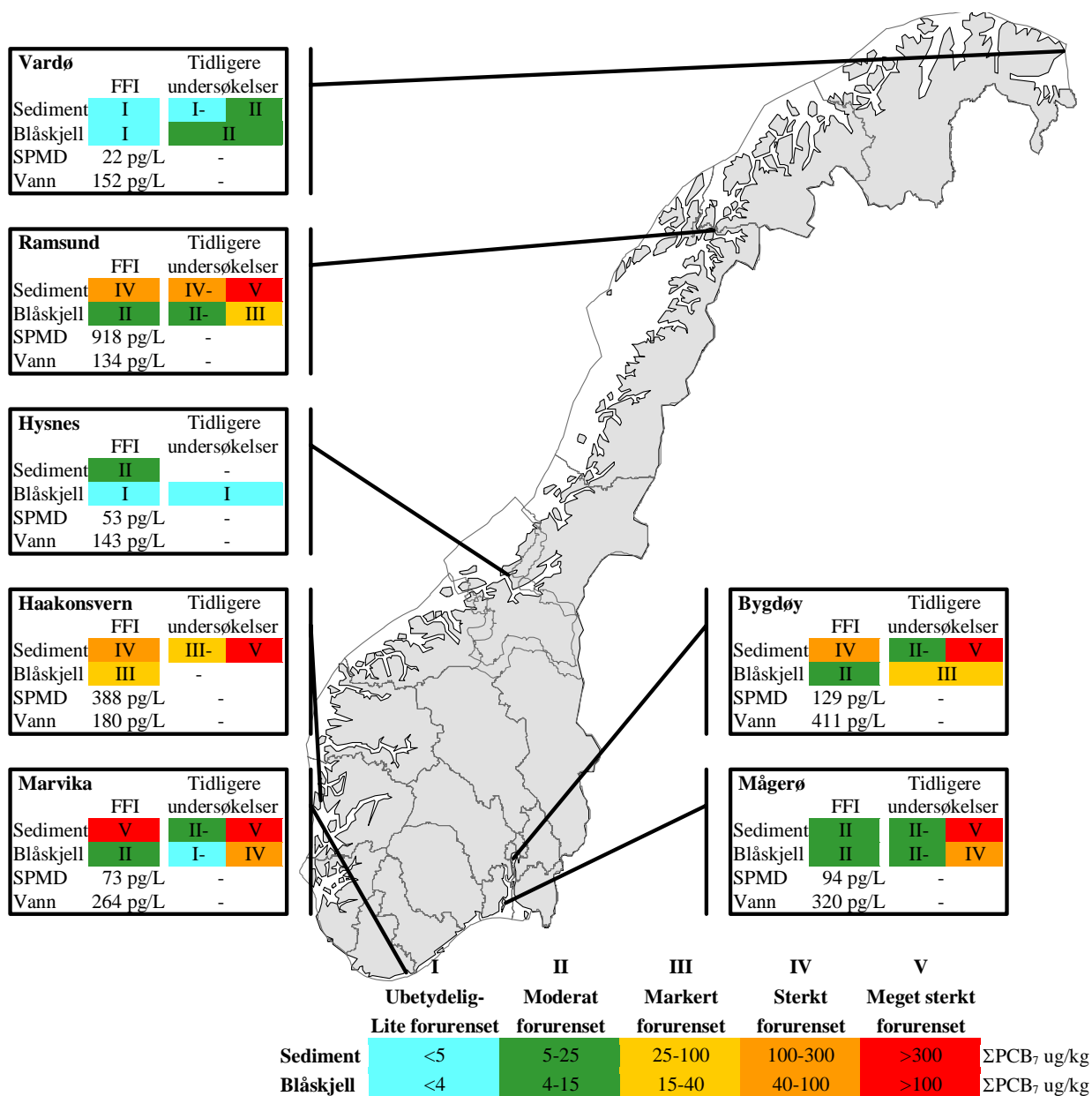


Figur 3-2 Fordeling av PCB kongenerer i sedimentprøver fra de ulike lokalitetene

PCB er godt bundet til organisk materiale og det ble derfor foretatt måling av glødetap for å se om det var store forskjeller ved de ulike lokalitetene. Det ble også foretatt en sikting for å bestemme fraksjonen under $63 \mu\text{m}$. Resultatene fra disse målingene er vist i Tabell 3.6. Høyest innhold av organisk materiale og størst andel av fraksjonen under $63 \mu\text{m}$ ble funnet i Marvika og ved Bygdøy. Det var også ved disse to lokalitetene det ble funnet høyest konsentrasjon av PCB i sedimentene. Dette stemmer godt med tidligere beskrivelser av PCB sin interaksjon med sediment (15), hvor sediment bestående av fine fraksjoner og høyt innhold av organisk karbon, har større kapasitet til å binde PCB og mindre evne til desorpsjon enn mer grovkornet sediment.

| Lokalitet | Glødetap (%) | Fraksjon < 63 μm (%) |
|-------------|--------------|---------------------------------|
| Bygdøy | 6,8 | 21 |
| Mågerø | 1,8 | 3,0 |
| Marvika | 7,3 | 12 |
| Haakonsvern | 4,3 | 7,9 |
| Hysnes | 1,4 | 5,5 |
| Ramsund | 1,4 | 1,2 |
| Vardø | 2,5 | 0,12 |

Tabell 3.6 Glødetapet (%) og fraksjon < 63 μm (%) i sedimentprøvene fra de ulike lokalitetene



Figur 3-3 Konsentrasjonsnivå og tilstandsklasser (7) på de ulike lokalitetene. SPMD konsentrasjon er basert på en ekstraksjonshastighet på 4,9 l/dag (6) og 1 ml fett

3.3 Innhold av PCB i blåskjell

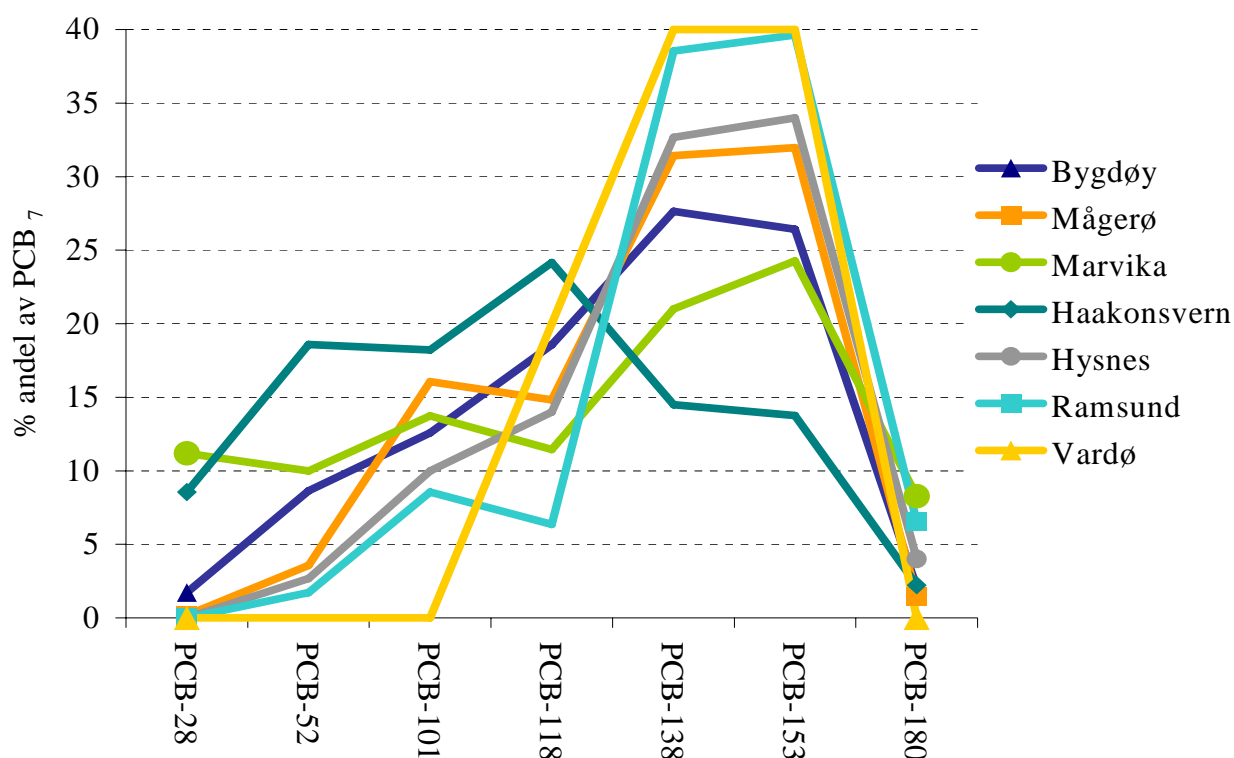
Innholdet av PCB i blåskjell fra de ulike prøvestedene er vist i Tabell 3.7. Bortsett fra Haakonsvern ligger nivået av PCB₇ på alle lokalitetene innenfor SFTs tilstandsklasse I-II, ubetydelig til moderat forurenset (7). Ved Haakonsvern ligger nivået av PCB₇ i blåskjell i tilstandsklasse III, markert forurenset. Antatt bakgrunnsnivå for PCB₇ er 1,39 ng/g våtvekt eller 93 ng/g fett (16). Dette betyr at nivået av PCB både ved Hysnes og i Vardø ligger på nivå med det som blir betraktet som bakgrunnsnivå. For alle de andre lokalitetene er det sannsynlig at det finnes lokale eller regionale kilder av PCB som gjør at nivået ligger over antatt bakgrunnsnivå.

| <i>Prøvested</i> | <i>Fett %</i> | <i>PCB-28 ng/g</i> | <i>PCB-52 ng/g</i> | <i>PCB-101 ng/g</i> | <i>PCB-118 ng/g</i> | <i>PCB-138 ng/g</i> | <i>PCB-153 ng/g</i> | <i>PCB-180 ng/g</i> | <i>PCB₇ ng/g</i> | <i>PCB₇ ng/g fett</i> |
|------------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Bygdøy | 1,3 | 0,2 | 1,2 | 1,8 | 2,6 | 3,9 | 3,7 | 0,3 | 14 | 1080 |
| Mågerø | 1,2 | < 0,05 | 0,2 | 0,9 | 0,8 | 1,8 | 1,8 | 0,08 | 5,6 | 467 |
| Marvika | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 2,3 | 2,7 | 0,9 | 11 | 1000 |
| Haakonsvern | 2,1 | 2,3 | 5 | 4,9 | 6,5 | 3,9 | 3,7 | 0,6 | 27 | 1290 |
| Hysnes | 2,4 | < 0,05 | < 0,05 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,06 | 1,5 | 63 |
| Ramsund | 1,1 | < 0,05 | 0,2 | 0,9 | 0,7 | 4,2 | 4,4 | 0,7 | 11 | 1010 |
| Vardø | 1,8 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | < 0,05 | 0,5 | 28 |

Tabell 3.7 Konsentrasjonen av PCB (ng/g våtvekt) i blåskjell ved de forskjellige lokalitetene

Oversikt over tilstandsklasser i blåskjellene, på de ulike lokalitetene, før og nå er vist i Figur 3-3. I indre Oslofjord er det tidligere funnet tilsvarende konsentrasjoner av PCB₇ i blåskjellene som ved Bygdøy (16). Undersøkelser gjort av NIVA i 1999 i Vrengensundet noen kilometer fra Mågerø viste at det var store lokale forskjeller i konsentrasjonen av PCB (9). Blåskjellprøven tatt ved Mågerø var som sedimentprøven i nedre del av konsentrasjonsområdet. I Marvika er det også funnet veldig varierende konsentrasjoner av PCB₇ i blåskjell i forbindelse med Forsvarets undersøkelser (10). Blåskjellprøven tatt ved denne lokaliteten var også her i nedre del av konsentrasjonsområdet for PCB₇. Det er prøvetatt blåskjell ved en rekke lokaliteter ved Haakonsvern og nivåene av PCB varierer også her. De høyeste verdiene er blitt registrert i indre havne basseng (5), det er imidlertid ikke tatt noen prøve tidligere i sammenlignbar nærhet. Ved Hysnes og ved Hornøya utenfor Vardø er det ikke tidligere foretatt målinger av PCB i blåskjell og det er derfor heller ikke her noe sammenligningsgrunnlag. Imidlertid er det tatt prøver ytterst i Trondheimsfjorden som stemmer godt med resultatet fra Hysnes (17) og i Vardø havn ble det i 1994 rapportert om blåskjell med en konsentrasjon i tilstandsklasse II, moderat forurenset (18) som ikke uventet er noe høyere enn ute ved Hornøya p g a mulig lokal forurensning i havneområdet. Konsentrasjonen av PCB₇ i blåskjell hentet litt nord for hovedkaaien i Ramsund var noe lavere enn ved hovedkaaien i 1998 (12). Dette kan skyldes at blåskjellene var veldig små ved prøvetaking eller at forurensningsnivået ved Ramsund er redusert noe siden 1998, etter som utsatte blåskjell ved hovedkaaien i 2000 kun oppnådde en konsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse II, moderat forurenset mot tidligere tilstandsklasse III, markert forurenset (19). Når konsentrasjonen av PCB blir justert for fettinnholdet i blåskjell er verdiene ved de lokalitetene der det allerede er påvist forurensning av PCB relativt like.

Kongenersammensetningen av PCB i blåskjell ved de ulike lokalitetene er vist i Figur 3-4. Med unntak av blåskjell fra Haakonsvern er det en overvekt av høyklorete PCB, der PCB-138 og PCB-153 dominerer. Det er observert fra tidligere at det er en relativt jevn fordeling mellom PCB kongenerene ved Haakonsvern (4)(5)(20), der PCB-52 og PCB-101 er de kongenerene som stort sett har høyest konsentrasjon. Det kan derfor se ut til at blåskjell er mer eksponert for lavklorete PCB i vannmassene ved Haakonsvern enn ved de andre lokalitetene. I forhold til kongenerfordelingen av PCB i sedimentene er det en høyere anrikning av høyklorete PCB i blåskjell på de fleste lokalitetene. Dette vil være naturlig med bakgrunn i at høyklorete PCB har en høyere vann/oktanol fordelingskoeffisient enn lavklorete PCB, noe som gir opphav til en høyere bioakkumuleringsfaktor for høyklorete PCB (21)(22). Av samme årsak vil utskillelsen av høyklorete PCB være langsommere enn for lavklorete PCB.



Figur 3-4 Kongenerfordeling av PCB i blåskjell ved de ulike lokalitetene

3.4 Innhold av PCB i sjøvann

Konsentrasjonen av løst PCB i vannmassene ved de ulike lokalitetene er vist i Tabell 3.8. Det ble funnet lave konsentrasjoner av løst PCB ved alle lokalitetene og det var stort sett bare de lavklorete PCB kongenerene som var detekterbare. Konsentrasjonen av løst PCB ser ut til å være i samme størrelsesorden ved de ulike lokalitetene bortsett fra i Marvika, der det så vidt ble påvist PCB. Konsentrasjonen av løst PCB er lav i forhold til konsentrasjonen av partikkelbundet PCB (Tabell 3.9). Undersøkelser foretatt ved FFI viser at en stor andel av løst PCB vil feste seg til partikkelfiltret og dermed gi en for lav konsentrasjon av løst PCB i

vannmassene. Det ble ikke funnet vesentlige forskjeller i mengden partikler i sjøvann, der dette ble undersøkt (Tabell 3.10). I vurderingen av PCB nivået i sjøvann er det derfor benyttet den totale konsentrasjonen av PCB i sjøvann, løst PCB pluss partikkelbundet PCB, som vist i Tabell 3.11.

| <i>Prøvested</i> | <i>PCB-28</i> | <i>PCB-52</i> | <i>PCB-101</i> | <i>PCB-118</i> | <i>PCB-138</i> | <i>PCB-153</i> | <i>PCB-180</i> | <i>PCB₇</i> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> |
| Bygdøy | 4,9 | 1,5 | 5,4 | 3,9 | 1,5 | < 0,7 | < 0,7 | 17 |
| Mågerø | 14 | 2,1 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 16 |
| Marvika | 1,3 | 2,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 4 |
| Haakonssvern | 3,2 | 4,5 | 5,9 | 4,1 | 3,8 | 4,1 | 1,1 | 27 |
| Hysnes | 8,6 | 9,1 | 2,1 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 21 |
| Ramsund | 4,8 | 20 | < 0,7 | 3,4 | < 0,7 | 3,4 | < 0,7 | 31 |
| Vardø | 3,0 | 7,0 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 10 |

Tabell 3.8 Konsentrasjonen av løst PCB₇ (pg/l) ved de forskjellige lokalitetene målt med høyvolum prøvetaker

| <i>Prøvested</i> | <i>PCB-28</i> | <i>PCB-52</i> | <i>PCB-101</i> | <i>PCB-118</i> | <i>PCB-138</i> | <i>PCB-153</i> | <i>PCB-180</i> | <i>PCB₇</i> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> |
| Bygdøy | 329 | 64 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | 393 |
| Mågerø | 146 | 71 | 24 | 5,0 | 24 | 24 | 12 | 306 |
| Marvika | 94 | 156 | 3,0 | < 1,5 | 5,0 | < 1,5 | 2,9 | 261 |
| Haakonssvern | 46 | 27 | 18 | 12 | 19 | 19 | 12 | 153 |
| Hysnes | 38 | 84 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | 122 |
| Ramsund | 16 | 33 | < 1,5 | 24 | 8,0 | 24 | < 1,5 | 105 |
| Vardø | 84 | 58 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | < 1,5 | 142 |

Tabell 3.9 Konsentrasjonen av partikkelbundet PCB₇ (pg/l) ved de forskjellige lokalitetene målt med høyvolum prøvetaker

| <i>Prøvested</i> | <i>mg/l</i> |
|------------------|-------------|
| Bygdøy | 0,79 |
| Mågerø | Ikke målt |
| Marvika | Ikke målt |
| Haakonssvern | Ikke målt |
| Hysnes | 0,49 |
| Ramsund | 0,49 |
| Vardø | 0,43 |

Tabell 3.10 Mengden av partikulært materiale i sjøvann ved de forskjellige lokalitetene

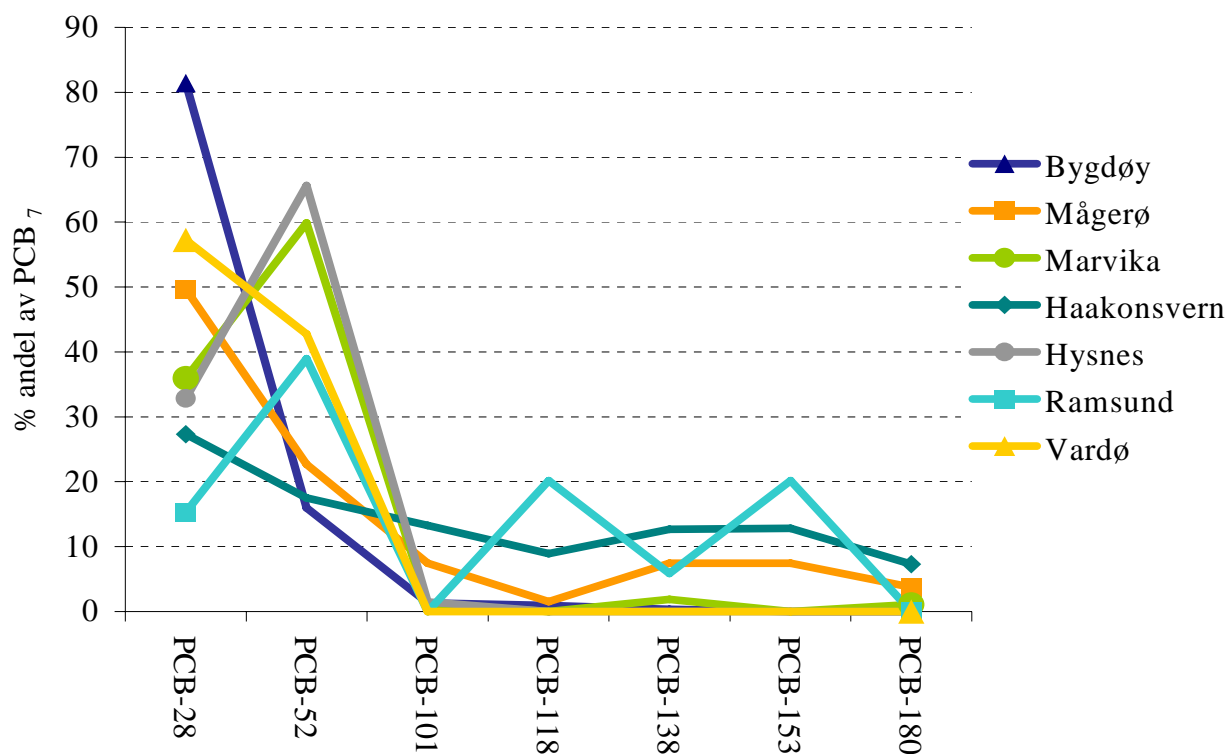
| <i>Prøvested</i> | <i>PCB-28</i> | <i>PCB-52</i> | <i>PCB-101</i> | <i>PCB-118</i> | <i>PCB-138</i> | <i>PCB-153</i> | <i>PCB-180</i> | <i>PCB₇</i> |
|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> | <i>pg/l</i> |
| Bygdøy | 334 | 66 | 5,4 | 3,9 | 1,5 | < 0,7 | < 0,7 | 410 |
| Mågerø | 160 | 73 | 24 | 5 | 24 | 24 | 12 | 322 |
| Marvika | 95 | 159 | 3 | < 0,7 | 5 | < 0,7 | 2,9 | 265 |
| Haakonsvern | 49 | 32 | 24 | 16 | 23 | 23 | 13 | 180 |
| Hysnes | 47 | 93 | 2,1 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 142 |
| Ramsund | 21 | 53 | < 0,7 | 27 | 8 | 27 | < 0,7 | 136 |
| Vardø | 87 | 65 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | < 0,7 | 152 |

Tabell 3.11 Totalkonsentrasjonen av PCB₇ (pg/l) i sjøvann ved det forskjellige lokalitetene målt med høyvolum prøvetaker

Oversikt over konsentrasjoner i vannet, på de ulike lokalitetene, er også gitt i Figur 3-3. Konsentrasjonen av PCB i sjøvann ser ut til å være økende innover i Oslofjorden med høyest konsentrasjon ved Bygdøy. Fra Haakonsvern og nordover ser det ut til at konsentrasjonen av PCB i vannmassene er noenlunde lik, selv om det både ved Haakonsvern og Ramsund er konstatert forurensninger av PCB i sedimentene. Fra Haakonsvern og nordover er et stor tidevannsforskjell og det er mulig at det på grunn av dette er en større vannutskiftning i disse områdene, noe som vil føre til en kraftigere fortykning av PCB som lekker ut fra sedimentene. Mindre områder med forurenset sjøbunn vil derfor i liten grad føre til økninger av konsentrasjonen til PCB i vannmassene etter som utlekkingen fra sedimentene i utgangspunktet er lav. En vil derfor ikke lokalt kunne påvise forhøyet nivå i vannmassene, selv om sedimentene er betydelig forurenset. En annen årsak kan være at det i Oslofjorden er et større sammenhengende areal med forurensete sedimenter enn ellers langs norskekysten. Arealet av forurenset sjøbunn kan her være så stort at det gir økninger i vannkonsentrasjonen av PCB. I Oslofjorden er det liten tidevannsforskjell og dette sammen med et stort forurenset areal kan gi seg utslag i en økende konsentrasjon av PCB i vannmassene innover i Oslofjorden.

Vannprøvene ble tatt i overflaten og det ikke usannsynlig at vann nærmere sjøbunnen vil ha en høyere konsentrasjon av PCB enn det som ble målt i overflaten. Målinger fra Ramsund viser en betydelig større konsentrasjon av PCB i oskjell som lever nede på bunnen i forhold til blåskjell som ble tatt fra kaipilarer som i mindre grad er eksponert fra sedimentet (23).

Fordelingen av PCB kongenerer i sjøvann fra de ulike lokalitetene er vist i Figur 3-5. Andelen lavklorert PCB dominerer for de fleste lokalitetene, selv om det for Haakonsvern og Ramsund er en betydelig andel høyklorerte PCB. Årsaken til at lavklorerte PCB dominerer i vannmassene er sannsynligvis at disse kongenerene har mye bedre vannløselighet enn høyklorerte PCB. Selv om høyklorerte PCB kongenerer dominerer i sedimentene vil vannmassene likevel være dominert av lavklorerte PCB.



Figur 3-5 Kongenersammensetningen av PCB i sjøvann fra de ulike lokalitetene

3.5 Innhold av PCB i SPMD

Akkumulert mengde PCB i SPMD ved de ulike lokalitetene er vist i Tabell 3.12. Verdiene er omregnet til pg/dag, da de var plassert ut i sjøen i ulikt antall dager ved de forskjellige lokalitetene (Appendiks A.1.5). Som for blåskjell og sediment ble det laveste nivået av PCB funnet ved Vardø. Den høyeste akkumulerte mengden av PCB ble observert i Ramsund, der akkumulert mengde er over dobbelt så stor som ved Haakonsvern. De antatt uforurensede lokalitetene (Figur 2-1) viser lavest akkumulering av PCB.

| Prøvested | PCB-28 | PCB-52 | PCB-101 | PCB-118 | PCB-138 | PCB-153 | PCB-180 | PCB ₇ |
|-------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| | pg/dag | pg/dag | pg/dag | pg/dag | pg/dag | pg/dag | pg/dag | pg/dag |
| Bygdøy | 95 | 150 | 110 | 85 | 92 | 80 | 19 | 630 |
| Mågerø | 83 | 110 | 78 | 53 | 60 | 50 | 23 | 460 |
| Marvika | 24 | 49 | 71 | 67 | 68 | 63 | 20 | 360 |
| Haakonsvern | 350 | 630 | 380 | 290 | 130 | 100 | 43 | 1900 |
| Hysnes | 150 | 35 | 31 | < 10 | 16 | 23 | < 10 | 260 |
| Ramsund | 99 | 170 | 360 | 200 | 1400 | 1200 | 1100 | 4500 |
| Vardø | 30 | 75 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | 110 |

Tabell 3.12 Akkumulert mengde PCB₇ (pg/dag) i SPMD ved de forskjellige lokalitetene

Oversikt over konsentrasjoner i SPMD på de ulike lokalitetene, er også gitt i Figur 3-3.

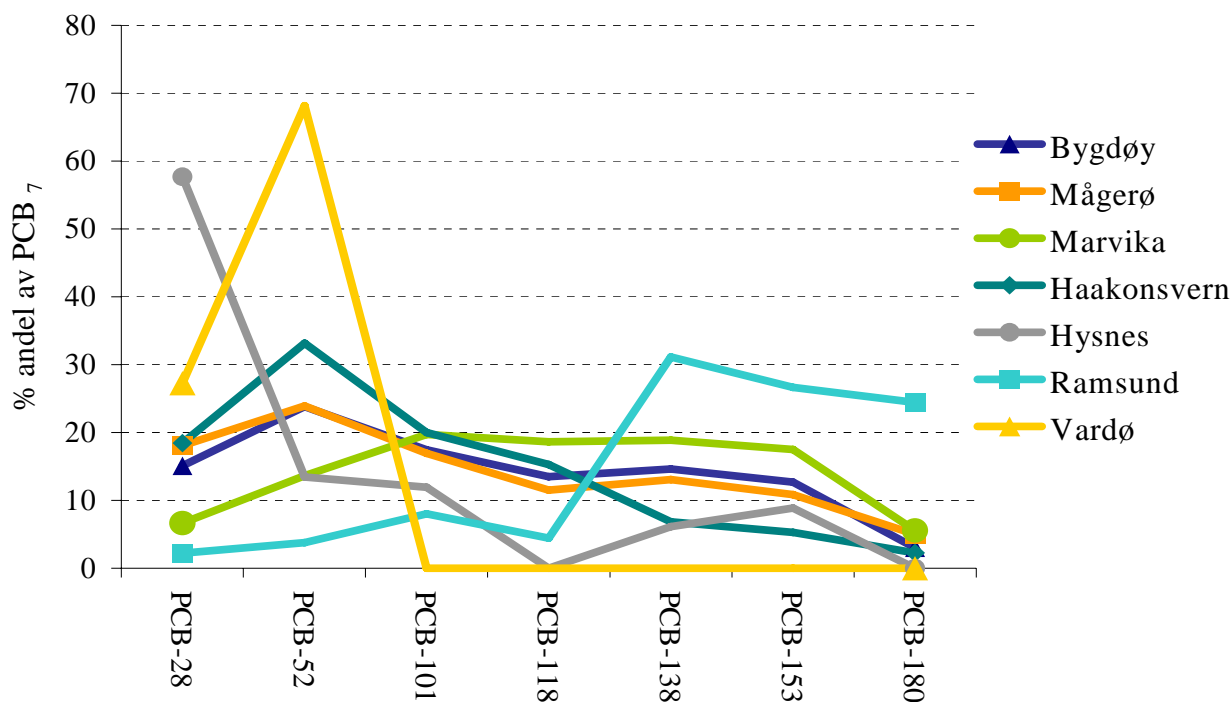
FFI har foretatt en rekke målinger av utplasserte SPMD ved Haakonsvern (4)(5)(20). Nivået er noe høyere enn det som er rapportert tidligere. Ved de andre lokalitetene er det ikke tidligere foretatt målinger av PCB i SPMD. Det er benyttet SPMD til overvåkning i Sørfjorden i 2000 (24). I dette området ble det funnet nivåer av PCB som kan sammenlignes med våre målinger ved Hysnes. I 2003 ble det under overvåkning av mudring i Trondheim havn benyttet SPMD (25). Der ble det så vidt funnet konsentrasjoner av PCB over deteksjonsgrensen og kan sammenlignes med det vi fant i Vardø.

Om en ser bort fra resultatene ved Haakonsvern og Ramsund er det et relativt likt forholdstall mellom daglig mengde akkumulert i SPMD og målt totalkonsentrasjon av PCB i vannmassene, se Tabell 3.15. Ut fra disse resultatene kan det tyde på at SPMD ekstraherer omkring 1,4 liter sjøvann/dag. FFI har i tidligere rapporter benyttet 4,9 liter/dag som er oppgitt av produsenten som ekstraksjonshastighet for PCB-52 ved 18 °C og minimal begroing på membranen (6). Ekstraksjonshastigheten kan også være merkbart lavere ved prøvetakingene langs norskekysten, da disse prøvetakingene foregikk ved mye lavere vanntemperaturer enn for eksempel ved deponiene ved Haakonsvern (Avsnitt 3.1). Tidligere resultater er også justert for fettvekt, denne er nå i stedet satt til 1 ml. Konsentrasjon av PCB₇ i sjøvann ved bruk av ekstraksjonshastighet på 1,4 og 4,9 l/dag er vist i Tabell 3.13.

| <i>Prøvested</i> | <i>pg PCB₇/liter sjøvann</i> | |
|------------------|---|------------------|
| | <i>1,4 l/dag</i> | <i>4,9 l/dag</i> |
| Bygdøy | 450 | 129 |
| Mågerø | 329 | 94 |
| Marvika | 257 | 73 |
| Haakonsvern | 1357 | 388 |
| Hysnes | 186 | 53 |
| Ramsund | 3214 | 918 |
| Vardø | 79 | 22 |

Tabell 3.13 Konsentrasjon av PCB i SPMD ved ulike ekstraksjonshastigheter

Ved Ramsund er det de høyklorerte PCB kongenerene som dominerer, mens det ved de andre lokalitetene observeres en overvekt av lavklorerte eller en mer jevn fordeling mellom lav- og høyklorerte PCB kongenerer. Lavklorerte PCB kongenerer vil oppnå raskere likevekt med SPMD enn høyklorerte PCB kongenerer. SPMD vil derfor inneholde mer lavklorerte PCB kongenerer enn høyklorerte om konsentrasjonen i sjøvann var lik for disse (6). Det tyder derfor på at det ved Ramsund er veldig mye høyklorerte PCB kongenerer som er løst i vannmassene. I forhold til Haakonsvern kan det være løst over 10 ganger mer høyklorerte PCB i vannmassene. Ved Hysnes ble det funnet lav akkumulering av PCB og her var det også en dominans av lavklorerte PCB. I Vardø ble det kun funnet konsentrasjoner over deteksjonsgrensen av lavklorerte PCB. Det kan derfor se ut til at det i uforurensede områder er de lavklorerte PCB kongenerene som dominerer.



Figur 3-6 Kongenersammensetningen av PCB i SPMD fra de ulike lokalitetene

3.6 Sammenheng mellom nivået av PCB i sediment, blåskjell, sjøvann og SPMD

Et av formålene med undersøkelsene var å se om det var noen sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sediment, blåskjell, sjøvann og SPMD. Det er vist en oversikt over de målte konsentrasjonene av PCB₇ i de ulike prøvene i Tabell 3.14 og disse er benyttet til å undersøke om det er klare sammenhenger i datamaterialet.

| Prøvested | PCB ₇ i sediment ng/g t v | PCB ₇ i blåskjell ng/g v v | PCB ₇ i sjøvann pg/l | PCB ₇ i SPMD pg/dag |
|--------------|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Bygdøy | 285 | 14 | 410 | 630 |
| Mågerø | 14 | 5,6 | 322 | 460 |
| Marvika | 505 | 11 | 265 | 360 |
| Haakonssvern | 109 | 27 | 180 | 1900 |
| Hysnes | 19 | 1,5 | 143 | 260 |
| Ramsund | 166 | 11 | 136 | 4500 |
| Vardø | < 0,4 | 0,5 | 152 | 110 |

Tabell 3.14 Oversikt over målte konsentrasjoner av PCB₇ i de ulike prøvetypene

Forholdstall mellom konsentrasjonen av PCB i de ulike prøvene er vist i Tabell 3.15. Det er ikke funnet noen entydig sammenheng mellom konsentrasjoner av PCB i sediment, blåskjell, vann og SPMD.

| | <i>Blåskjell/ sediment</i> | <i>SPMD/ sediment</i> | <i>Sjøvann/ sediment</i> | <i>Glødetap/ sediment</i> | <i>SPMD/ blåskjell</i> | <i>Sjøvann/ blåskjell</i> | <i>SPMD/ sjøvann</i> | <i>Partikkelbundet/ løst PCB i vann</i> |
|-------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|---|
| Bygdøy | 0,05 | 2,2 | 1,4 | 0,02 | 45 | 29 | 1,5 | 23 |
| Mågerø | 0,33 | 33 | 23 | 0,13 | 82 | 58 | 1,4 | 19 |
| Marvika | 0,022 | 0,7 | 0,5 | 0,01 | 33 | 24 | 1,4 | 65 |
| Haakonsvern | 0,25 | 17 | 1,7 | 0,04 | 71 | 7 | 11 | 6 |
| Hysnes | 0,077 | 14 | 7,5 | 0,07 | 173 | 95 | 1,8 | 6 |
| Ramsund | 0,067 | 27 | 0,8 | 0,01 | 409 | 12 | 33 | 3 |
| Vardø | < 1 | > 325 | > 380 | >6 | 183 | 253 | 0,7 | 14 |

Tabell 3.15 Forholdstall (merk! ikke konsentrasjonsfaktor) mellom konsentrasjonen av PCB i de ulike prøvene. Benevning se Tabell 3.14 og Tabell 3.6

3.6.1 Blåskjell/sediment

Forholdstallet mellom konsentrasjon av PCB i blåskjell og sediment varierer mye og viser at det vil være vanskelig å avgjøre konsentrasjonen av PCB i blåskjell ut fra målinger av PCB i sediment. Blåskjell vil i hovedsak akkumulere PCB fra vannmassene over tid og vil derfor fungere som en aktiv integrerende prøvetaker for PCB. Blåskjellene vil i mindre grad være direkte eksponert for forurensede sedimenter.

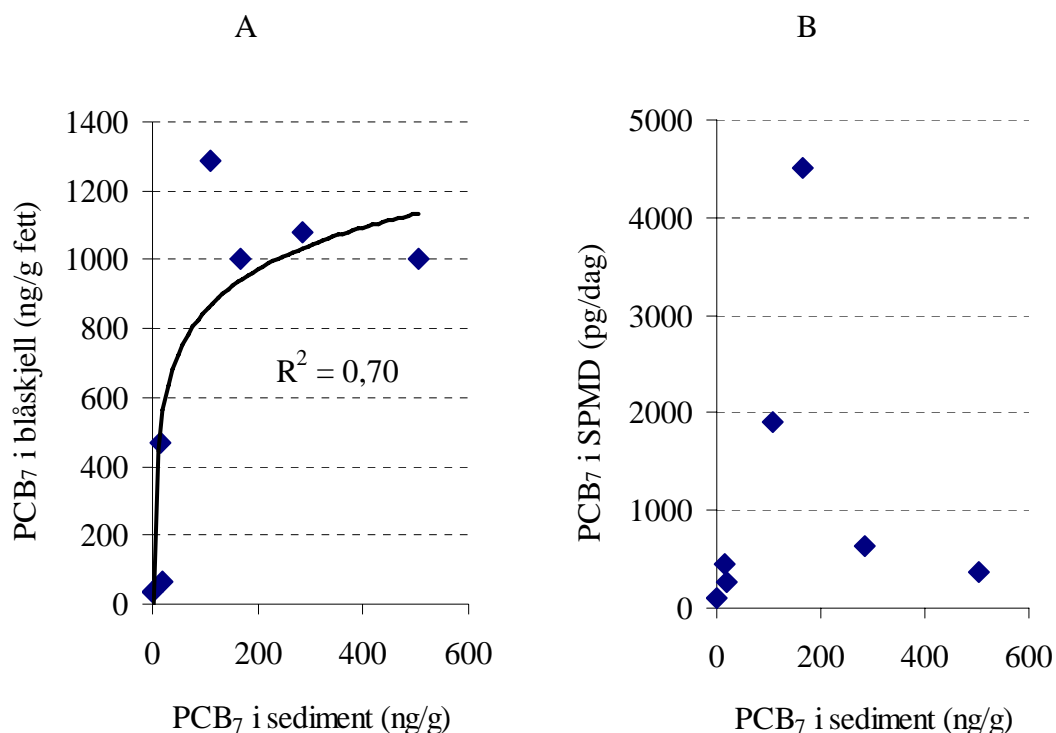
Sedimentene vil imidlertid lekke ut PCB til vannmassene som blåskjell igjen kan påvirkes av. På grunn av strøm vil vannmassene transporteres over større områder, slik at PCB som lekker ut fra de forurensede sedimentene vil spres og fortynnes. Erfaringer fra tidligere undersøkelser er at konsentrasjonen av PCB i sedimentene kan variere mye, både i samme prøve og i prøver tatt på samme plass (5). Det er derfor mye som tyder på at PCB er veldig uhomogent fordelt i sedimentene, noe som gjør det vanskelig å ta et lite antall sedimentprøver for å avdekke forurensninger av PCB. Prøvetaking av blåskjell i et område som skal undersøkes for forurensning av PCB vil derfor være å anbefale, da blåskjellene vil påvirkes av forurensninger fra et relativt stort område. Blåskjell vil derfor gi indikasjoner på om det finnes forurensninger i området som prøvetaking av sediment ikke avdekker. Det ser imidlertid ut til at blåskjell raskt oppnår en metning av PCB, slik at det vil være vanskelig å benytte blåskjell for å avgjøre graderinger av forurensningsnivået (Figur 3-7).

Av de lokalitetene der det var påvisbare konsentrasjoner av PCB i sedimentene er det ved Mågerø og ved Haakonsvern at forholdstallet mellom blåskjell og sediment er høyest. Det kan derfor virke som om den sedimentprøven som er tatt ved disse to lokalitetene ikke er representative for området. Ut fra de målte konsentrasjonene av PCB i blåskjell tyder det på at konsentrasjonen av PCB i sedimentene kan være høyere enn det som ble målt i disse to områdene.

Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB sedimentene og blåskjell er vist i Figur 3-7. Det er brukt en eksponentiell trendkurve da tidligere undersøkelser har vist at det er en slik sammenheng (26). Konsentrasjonen av PCB₇ i blåskjell begynner å flate ut når konsentrasjonen i sedimentene overstiger 50 ng/g og endres i liten grad ved konsentrasjoner over 100 ng/g. Det kan også se ut til at det oppnås en likevekt mellom blåskjell og omkringliggende vannmasser når blåskjell oppnår en konsentrasjon i overkant av 1000 ng PCB₇/g fett.

3.6.2 SPMD/sediment

SPMD vil som tidligere nevnt kun akkumulere løst PCB fra vannmassene. Løst PCB som lekker fra sedimentene og over i vannmassene vil derfor kunne akkumuleres i SPMD. I forhold til de målte konsentrasjonene i sedimentene er det høyest akkumulering av PCB i SPMD ved Mågerø og Ramsund, mens Marvika og Bygdøy har lavest akkumulering i SPMD i forhold til sedimentene. Dette kan bety at det ved Mågerø og ved Ramsund er kilder til PCB i vannmassene som ikke bare kommer fra den lokale forurensningen av sedimenter eller at den sedimentprøven som er tatt ikke er representativ for området. Som det er vist i Figur 3-7 ser det ikke ut til at det er noen sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sedimentene og det som blir akkumulert i SPMD.

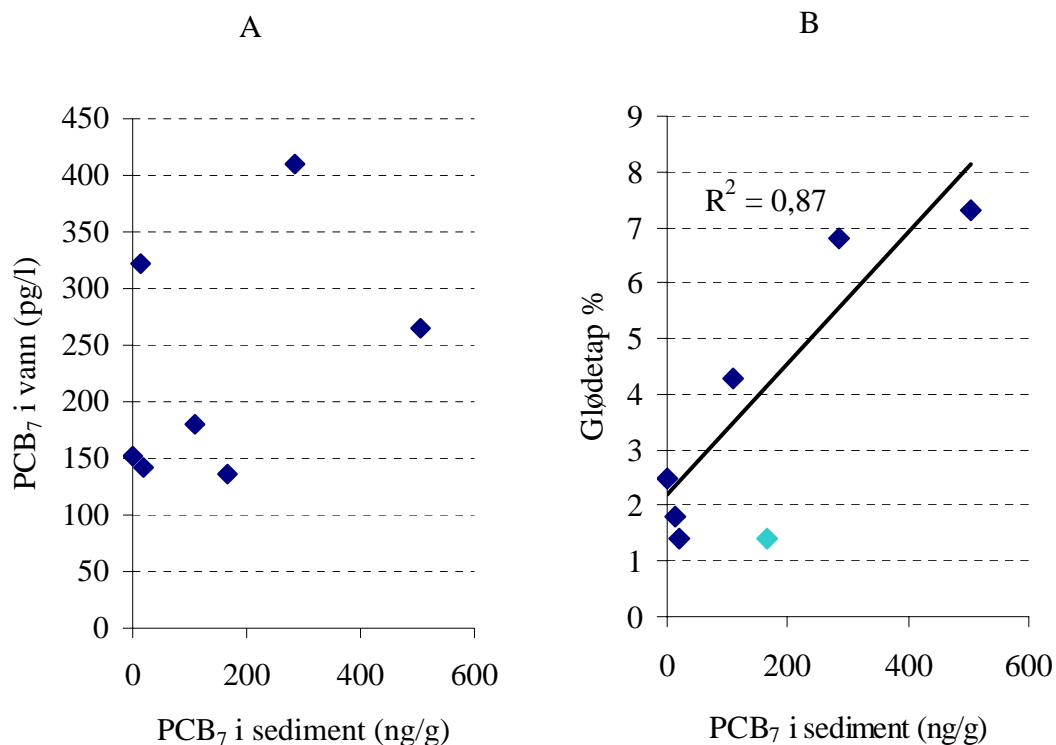


Figur 3-7 Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB i sedimentene og henholdsvis blåskjell (A) og SPMD (B). Trendlinjen i A antyder at det er en eksponentiell sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i blåskjell og sediment, der konsentrasjonen av PCB i blåskjell begynner å flate ut når sedimentkonsentrasjonen av PCB₇ kommer over 50 ng/g. Det er ingen tydelig korrelasjon mellom konsentrasjonen av PCB i sediment og SPMD

3.6.3 Sjøvann/sediment

PCB vil lekkе fra sedimentene ved at porevann fraktes til overflaten av sedimentene og blandes med overliggende vannmasser. PCB har veldig dårlig løselighet i vann og utlekkingen fra sedimenter vil derfor foregå langsomt. På grunn av hav- og tidevannsstrømmer vil PCB blandes i sjøvannet og transporteres over større områder. Dette fører til at konsentrasjonen av PCB i sjøvann ikke vil være veldig forskjellig i områder med forurensede sedimenter sammenlignet med områder som har rene sedimenter. På grunn av de lave konsentrasjonene av PCB i vannmasser er det nødvendig med store mengder sjøvann for å detektere PCB. PCB har også den egenskapen at det fester seg lett til stort sett alle flater, noe som gjør det vanskelig å få tatt prøver som viser de reelle konsentrasjonene av PCB i vannmassene. Rapporterte konsentrasjoner av PCB i vannmasser fra litteraturen ser ut til å variere mye og kan skyldes ulike metoder for prøvetaking og ekstraksjon (27). I Nordsjøen er det rapportert om tilsvarende konsentrasjoner (27), mens det i Nord-Atlanteren er funnet lavere verdier enn i denne undersøkelsen langs norskekysten (28).

For de lokalitetene der det ble påvist PCB over deteksjonsgrensen, er det fire lokaliteter som har relativt likt forholdstall mellom sjøvann og sediment, varierende fra 0,5 til 1,7. Ved Mågerø og Hysnes er dette forholdstallet en del høyere enn de andre fire lokalitetene. Som nevnt tidligere kan det være at sedimentprøven ved Mågerø ikke er representativ for området og at konsentrasjonen av PCB i sedimentene derfor egentlig er høyere i området. Noe tilsvarende kan også være tilfelle ved Hysnes. Dataene indikerer at det ikke er noen direkte sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sedimentene og sjøvann (Figur 3-8).



Figur 3-8 Det blir ikke observert noen sammenheng mellom konsentrasjon av PCB i sedimentene og sjøvann (A). Det ser ut til at det kan være en lineær sammenheng mellom glødetap og konsentrasjonen av PCB sediment om data fra Ramsund utelates (B).

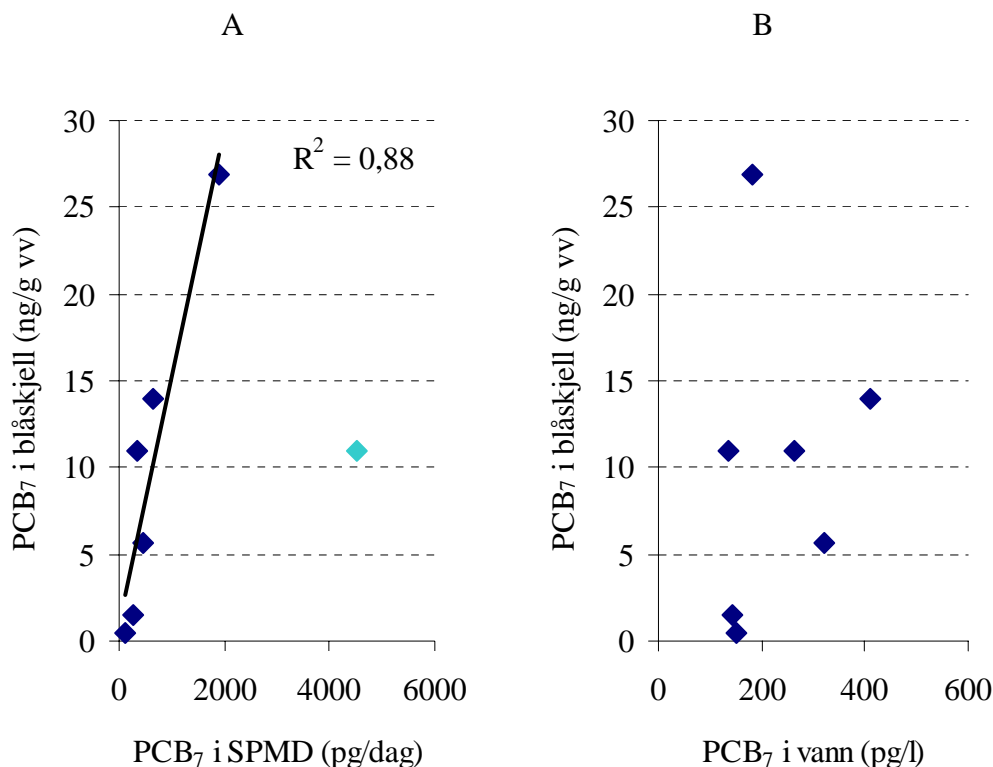
3.6.4 Glødetap/sediment

Forholdstallet er høyest ved Vardø, Mågerø og Hysnes, og disse lokalitetene har også lavest konsentrasjon i sedimentet og et lite glødetap. Håkonsvern ligger i midtsjiktet, mens Bygdøy og Marvika har et lavt forholdstall og har høyest konsentrasjon i sedimentet og et høyere glødetap enn de andre lokalitetene. Ramsund skiller seg ut ved å ha et meget lavt forholdstall selv om konsentrasjonen av PCB i sedimentet er høy og både andelen organisk karbon og andelen av fraksjonen under 63 μm er lav. Dette viser at det her er forholdsvis høy konsentrasjon av PCB₇ i et grovkornet sediment, noe som kan skyldes at sedimentet inneholder biter med PCB holdig materiale. Det ser ut til å være en lineær sammenheng mellom glødetap og konsentrasjonen av PCB i sedimentet når data fra Ramsund utelates (Figur 3-8).

3.6.5 SPMD/blåskjell

Forholdstallet mellom akkumulert mengde PCB i SPMD og blåskjell er i samme størrelsesorden ved Bygdøy, Mågerø, Marvika og Haakonsvern, mens forholdstallet ved Hysnes, Ramsund og Vardø er noe høyere. I SPMD vil bare løst PCB fra vannmassene akkumuleres, mens blåskjell både vil akkumulere partikkelbundet og løst PCB fra vannmassene. Derfor kan det tyde på at det ved Hysnes, Ramsund og Vardø er lite partikkelbundet PCB i forhold til de andre lokalitetene. Våre målinger av partikkelbundet PCB viser at de laveste konsentrasjonene ble

funnet ved tre nordligste lokalitetene. Det ser ut til å være en lineær sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i SPMD og blåskjell om data fra Ramsund utelates (Figur 3-9).



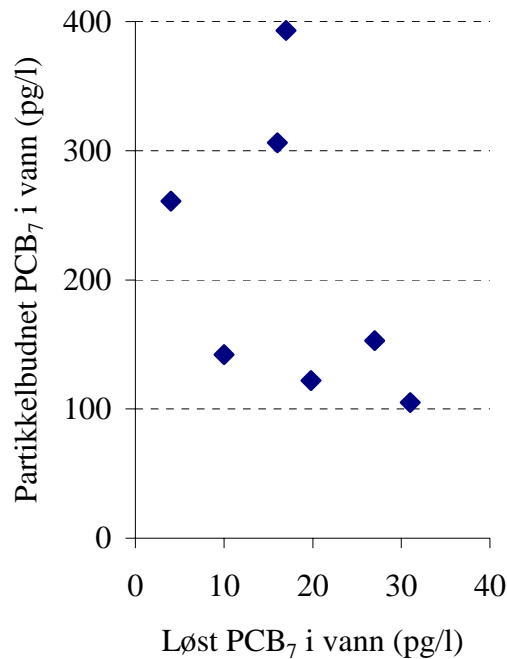
Figur 3-9 Det ser ut til at det kan være en lineær sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i SPMD og blåskjell om data fra Ramsund utelates (A). Det ses ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og konsentrasjonen av PCB i blåskjell (B).

3.6.6 Blåskjell/sjøvann

Konsentrasjonen av PCB i vannmassene burde korrelere godt med nivået av PCB i blåskjell som i likhet med SPMD vil akkumulere PCB herfra. Målingene viser imidlertid at forholdstallet mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og konsentrasjonen av PCB i blåskjell varierer en god del mellom de ulike lokalitetene. Forholdstallet er høyest ved de lokalitetene der det er målt lave konsentrasjoner av PCB i sedimentene. Dette kan være en indikasjon på at blåskjellene til en viss grad blir direkte påvirket av de forurensede sedimentene som følge av en periodevis lokal oppvirvling av forurensede sedimenter fra båter eller tidevannsstrøm. Det blir ikke observert noen klar sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og blåskjell (Figur 3-10).

3.6.7 Løst PCB/partikkelbundet PCB i sjøvann

Forholdstallet varierer en god del mellom de ulike lokalitetene og det blir ikke funnet noen sammenheng mellom konsentrasjonen av løst PCB og partikkelbundet PCB (Figur 3-10).

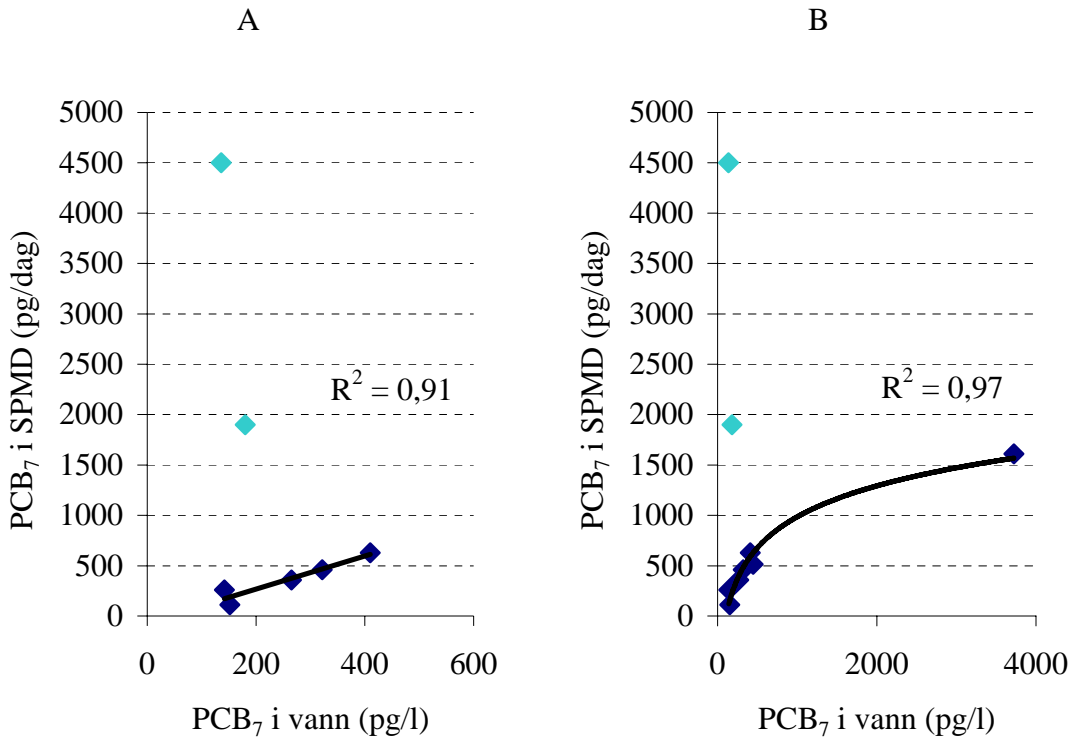


Figur 3-10 Det ses ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av løst PCB i sjøvann og konsentrasjonen av partikkelbundet PCB

3.6.8 SPMD/sjøvann

Forholdstallet mellom konsentrasjonen av PCB i SPMD og konsentrasjonen av PCB i sjøvann er ganske likt for alle lokaliteter bortsett fra ved Haakonsvern og Ramsund. Som nevnt ovenfor kan dette være forårsaket av at det ved disse to lokalitetene har vært oppvirvling av de forurensede sedimentene som igjen har ført til en økt utlekking av PCB i den perioden som SPMD var utplassert. Når vannprøvene ble tatt ble det ikke observert fartøyer i området som kunne virvle opp sedimenter fra havbunnen. Om data fra Haakonsvern og Ramsund blir utelatt, ser det ut til å være en lineær sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og SPMD (Figur 3-11). Hvis målinger tatt i 2000 i deponi 2 og utenfor deponi 2 ved Haakonsvern orlogsstasjon blir inkludert, ser det ut til at det er en eksponentiell sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og SPMD (Figur 3-11). I datamaterialet er det bare en prøve med høy konsentrasjon av PCB i vannmassene, noe som gjør det vanskelig å avgjøre om det er en lineær eller en eksponentiell sammenheng mellom konsentrasjonene av PCB i sjøvann og SPMD. Ved høy konsentrasjon av PCB i vannmassene vil SPMD raskere komme i likevekt med vannmassene, slik at ekstraksjonshastigheten går ned (6). Det er derfor sannsynlig at det i målingene kan være en blanding av en lineær sammenheng ved lave konsentrasjoner i vannmassene og deretter en ulineær fase som følge av at membranen nærmer seg likevekt ved

høye konsentrasjoner av PCB i vannmassene. I starten vil det derfor være et lineært opptak av PCB fra vannmassene, mens opptaket etter hvert vil avta for så å gå over i likevekt uten netto akkumulering fra vannet. Dette betyr at det ved høye konsentrasjoner av PCB i sjøvann sannsynligvis ikke er et lineært opptak av PCB i hele perioden om membranene står ute i vannmassene i omkring en måned.

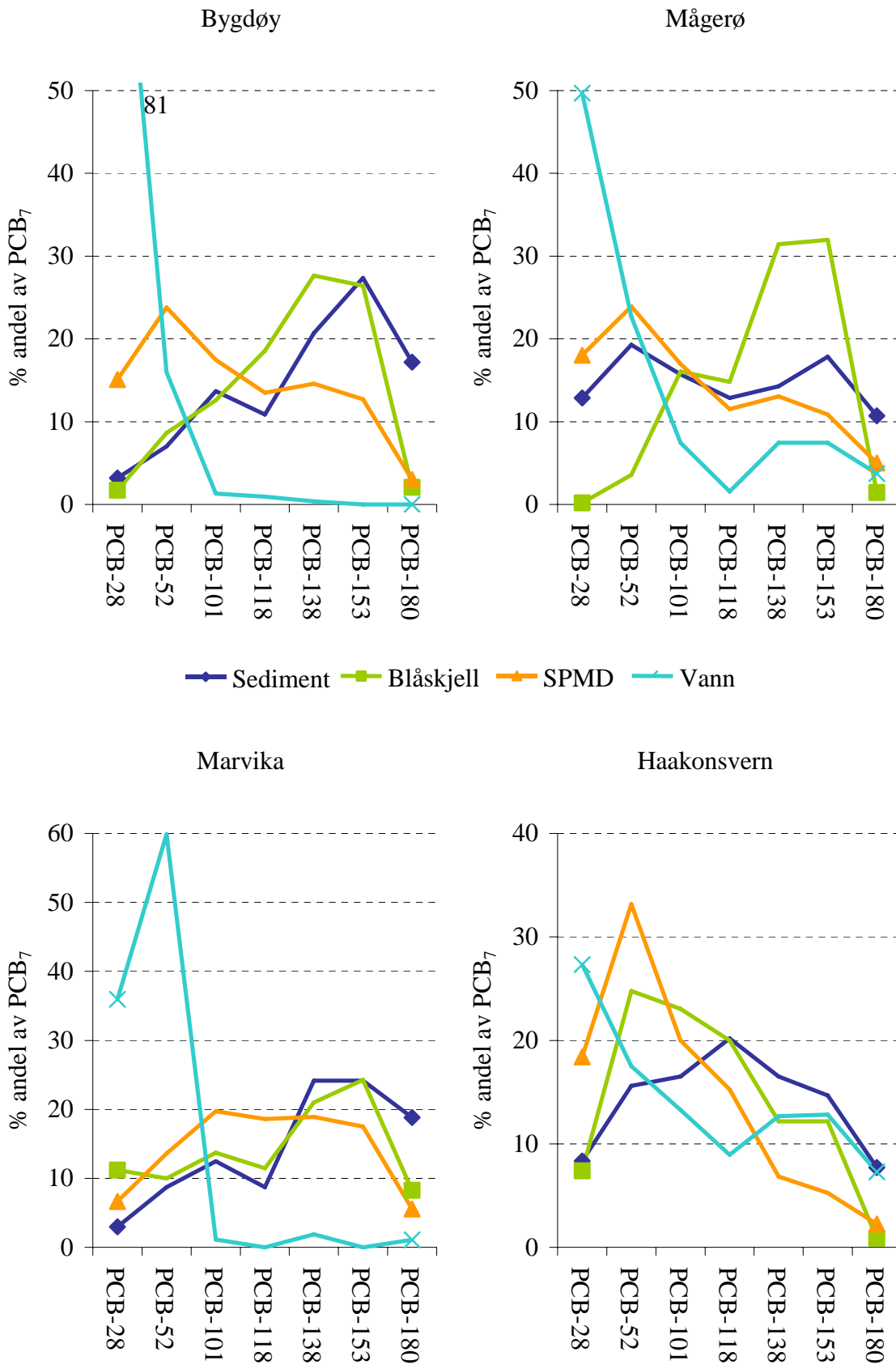


Figur 3-11 Det ser ut til å være en lineær sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og akkumulert mengde PCB i SPMD om målingene fra Haakonsvern og Ramsund utelates (A). Om data fra målinger i deponi 2 og utenfor deponi 2 (kapittel 3.1) tas med og målingene fra Haakonsvern og Ramsund utelates ser det imidlertid ut til at det er en eksponentiell sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i sjøvann og akkumulert mengde PCB i SPMD (B)

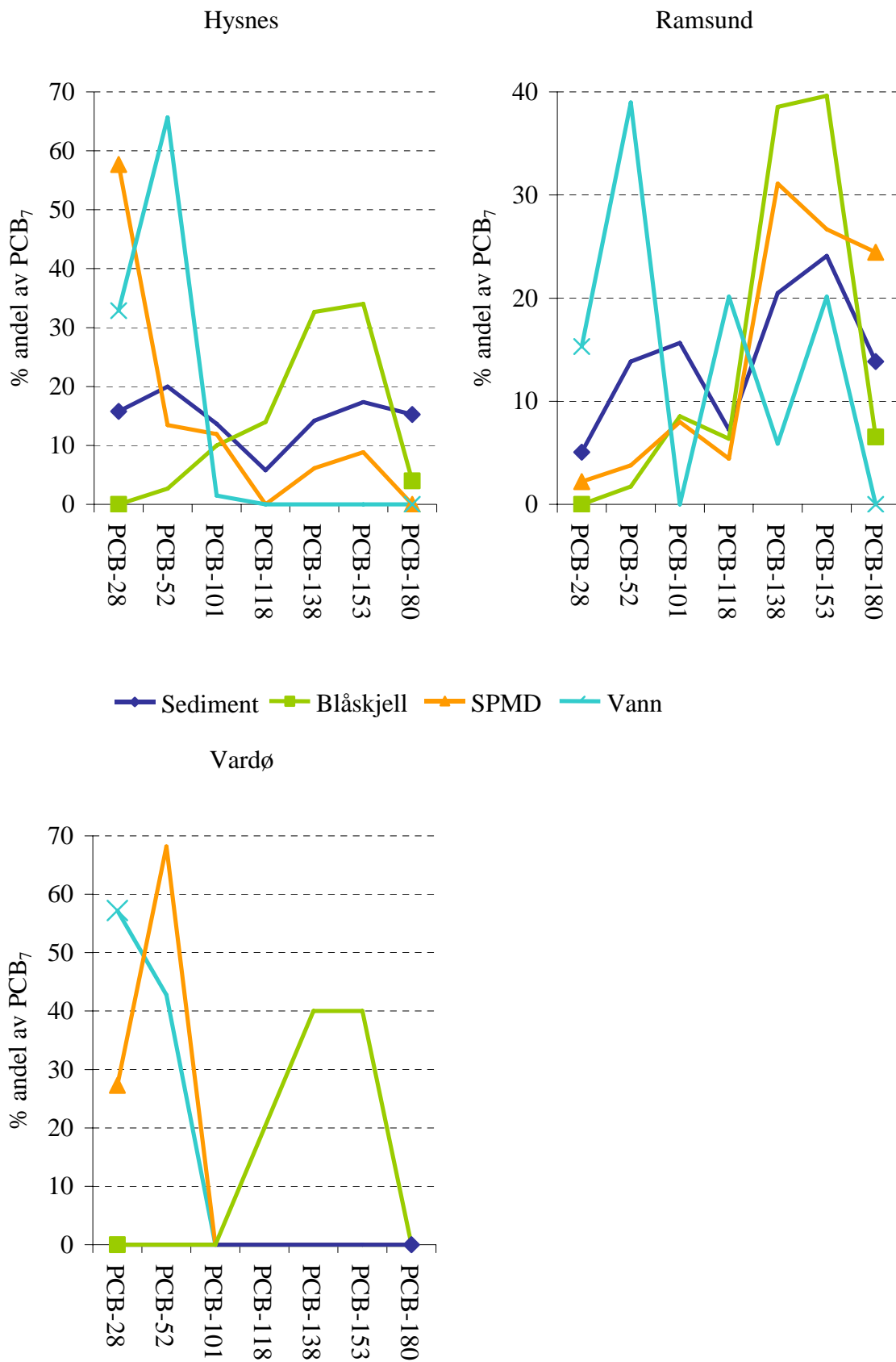
3.7 Kongenerfordeling av PCB i de ulike prøvene for hver lokalitet

Figur 3-12 og Figur 3-13 viser en sammenligning av kongenerfordelingen til PCB i de ulike prøvene for hver av de undersøkte lokalitetene. Det ser ikke ut til å være noen sammenheng uten unntak mellom kongenermønsteret i sediment, sjøvann og biota. I hovedsak vil blåskjell ha en overvekt av høyklorerte PCB kongenerer når sedimentene har en jevn fordeling av lav- og høyklorerte eller en overvekt av høyklorerte PCB. SPMD vil hvis den ikke er påvirket av aktive kilder ha en jevn fordeling eller en overvekt av lavklorerte PCB kongenerer og sjøvannet vil i all hovedsak ha en overvekt av lavklorerte PCB kongenerer.

Sedimentene på de ulike lokalitetene varierer fra å inneholde en overvekt av høyklorerte PCB kongenerer til å ha en mer jevn fordeling, dette kan skyldes ulike typer forurensningskilder. Lokalitetene med lavest konsentrasjon i sedimentet har en mer jevn fordeling enn de med høyest konsentrasjon. I blåskjell er det bare en lokalitet, Haakonsvern, som har overvekt av lavklorerte PCB kongenerer ellers er det gjennomgående en overvekt av høyklorerte PCB i blåskjellene. Haakonsvern er i tillegg den lokaliteten med høyest konsentrasjon i blåskjell, det virker derfor som om det i dette området er en aktiv kilde med lavklorert PCB. Det er vanskelig å se noen klar sammenheng i SPMD resultatene i forhold til konsentrasjon, da de kan være påvirket av periodiske utlipp. Det er imidlertid et klart avvik ved Ramsund, hvor det er overvekt av høyklorerte PCB kongenerer i SPMD og en mer jevn fordeling i sjøvann. Dette kan skyldes en aktiv høyklorert PCB kilde på lokaliteten.



Figur 3-12 Kongenersammensetning av PCB i de ulike prøvene ved Bygdøy, Mågerø, Marvika og Haakonsværn



Figur 3-13 Kongenersammensetning av PCB i de ulike prøvene ved Hysnes, Ramsund og Vardø

4 KONKLUSJON

Det er ikke funnet noen klar eller direkte sammenheng mellom forurensningsnivå av PCB og konsentrasjon i sjøvann og opptak i biota, når alle måledata legges til grunn. Sammenhengen mellom konsentrasjonen av PCB i SPMD og i blåskjell er imidlertid relativt god og det ser ut til å være en sammenheng mellom konsentrasjonen av PCB i blåskjell og i sediment, der forurensningsnivået av PCB i sedimentene er lavt.

Blåskjell vil være en god indikator for å avdekke om et område er forurenset, mens sedimenter mer vil gjenspeile forurensningsnivået lokalt. Konsentrasjonen av PCB i vann vil vise tilgjengelighet for opptak i marine organismer og mengde PCB som kan fraktes ut og inn av et område. Ved bruk av både SPMD og vannprøver kan periodiske lokale utslipp lettere avdekkes.

Resultatene fra prøvetakingen av blåskjell og sediment stemmer godt overens med antatte forurensede og uforurensede lokaliteter, og med resultater fra tidligere undersøkelser. Konsentrasjonen av PCB₇ i sjøvann langs norskekysten ser ut til å være forholdsvis konstant på vestkysten av Norge og nordover, mens konsentrasjonen øker fra Marvika og innover i Oslofjorden. Den samme trenden kan man se med SPMD, men disse resultatene er mindre entydige. Dette kan skyldes periodiske lokale utslipp, eller andre faktorer som forårsaker temporær variasjon i vannkonsentrasjonen.

Undersøkelsen gjort ved Haakonsvern orlogsstasjon i 2000 viser at det er god overensstemmelse mellom målt konsentrasjon av løst PCB ved bruk av høyvolum prøvetaker og beregnet konsentrasjon av løst PCB fra akkumulert mengde PCB i SPMD, når det benyttes en ekstraksjonshastighet på 4,9 l/dag. Resultater fra undersøkelsen langs norskekysten viser en god korrelasjon mellom akkumulert mengde PCB i SPMD og totalkonsentrasjonen av PCB i sjøvann målt ved bruk av høyvolum prøvetaker. Ut fra disse resultatene ble ekstraksjonshastigheten for PCB i SPMD beregnet til rundt 1,4 l/dag, når totalkonsentrasjonen av PCB i vannmassene målt med høyvolum prøvetaker benyttes.

APPENDIKS

OVERSIKT OVER INNSAMLING AV PRØVER

A.1 Bygdøy, Mågerø, Marvika, Haakonsvern, Hysnes, Ramsund og Vardø

A.1.1 Sediment

| <i>Prøvested</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Dato</i> |
|------------------|--------------------|-------------|
| Bygdøy | 02-230 | 17.10.2002 |
| Mågerø | 02-180 | 28.08.2002 |
| Marvika | 03-085 | 24.03.2003 |
| Haakonsvern | 03-148 | 11.12.2001 |
| Hysnes | 02-196 | 03.10.2002 |
| Ramsund | 02-186 | 01.10.2002 |
| Vardø | 02-249 | 08.11.2002 |

A.1.2 Blåskjell

| <i>Prøvested</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Dato</i> |
|------------------|--------------------|-------------|
| Bygdøy | 02-229 | 17.10.2002 |
| Mågerø | 02-177 | 28.08.2002 |
| Marvika | 03-086 | 24.03.2003 |
| Haakonsvern | 02-112 | 11.03.2002 |
| Hysnes | 02-195 | 03.10.2002 |
| Ramsund | 02-193 | 01.10.2002 |
| Vardø | 02-194 | 02.10.2002 |

A.1.3 Partikler

| <i>Prøvested</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Dato</i> | <i>Antall liter</i> |
|------------------|--------------------|-------------|---------------------|
| Bygdøy | 02-231 | 17.10.2002 | 3 |
| Hysnes | 02-199 | 03.10.2002 | 3 |
| Ramsund | 02-187 | 01.10.2002 | 3 |
| Vardø | 02-190 | 02.10.2002 | 3 |

A.1.4 Sjøvann

| <i>Prøvested</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Dato</i> | <i>Prøvetype</i> | <i>Antall liter</i> |
|------------------|--------------------|-------------|------------------|---------------------|
| Bygdøy | 02-227 | 17.10.2002 | XAD-2 | 608 |
| Bygdøy | 02-228 | 17.10.2002 | Filter 1 µm | 608 |
| Mågerø | 02-178 | 28.08.2002 | XAD-2 | 596 |
| Mågerø | 02-179 | 28.08.2002 | Filter 1 µm | 596 |
| Marvika | 02-181 | 30.08.2002 | XAD-2 | 596 |
| Marvika | 02-182 | 30.08.2002 | Filter 1 µm | 596 |
| Haakonsvern | 03-013 | 30.01.2003 | XAD-2 | 649 |
| Haakonsvern | 03-012 | 30.01.2003 | Filter 1 µm | 649 |
| Hysnes | 02-197 | 03.10.2002 | XAD-2 | 601 |
| Hysnes | 02-198 | 03.10.2002 | Filter 1 µm | 601 |
| Ramsund | 02-188 | 01.10.2002 | XAD-2 | 745 |
| Ramsund | 02-189 | 01.10.2002 | Filter 1 µm | 745 |
| Vardø | 02-191 | 02.10.2002 | XAD-2 | 596 |
| Vardø | 02-192 | 02.10.2002 | Filter 1 µm | 596 |

A.1.5 SPMD

| <i>Prøvested</i> | <i>Gram fett</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Satt ut, dato</i> | <i>Samlet inn, dato</i> | <i>Antall dager</i> |
|------------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Bygdøy | 0,87 | 02-254 | 17.10.2002 | 22.11.2002 | 28 |
| Mågerø | 0,75 | 02-223 | 28.08.2002 | 10.10.2002 | 35 |
| Marvika | 0,81 | 02-232 | 30.08.2002 | 17.10.2002 | 40 |
| Haakonsvern | 1,00 | 02-168 | 10.04.2002 | 28.05.2002 | 48 |
| Hysnes | 0,87 | 02-255 | 03.10.2002 | 18.11.2002 | 34 |
| Ramsund | 0,84 | 02-248 | 01.10.2002 | 13.11.2002 | 33 |
| Vardø | 1,00 | 02-247 | 02.10.2002 | 08.11.2002 | 29 |

A.2 Haakonsvern i 2000

A.2.1 Sjøvann

| <i>Prøvested</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Dato</i> | <i>Prøve type</i> | <i>Antall liter</i> |
|------------------|--------------------|-------------|-------------------|---------------------|
| Deponi 1 | 00-118 | 08.08.2000 | XAD-2 | 465 |
| Deponi 1 | 00-130 | 23.08.2000 | XAD-2 | 182 |
| Deponi 1 | 00-144 | 18.09.2000 | XAD-2 | 265 |
| Deponi 1 | 00-119 | 08.08.2000 | Filter 1 µm | 465 |
| Deponi 1 | 00-131 | 23.08.2000 | Filter 1 µm | 182 |
| Deponi 1 | 00-141 | 18.09.2000 | Filter 0.3 µm | 265 |
| Deponi 2 | 00-120 | 08.08.2000 | XAD-2 | 480 |
| Deponi 2 | 00-132 | 23.08.2000 | XAD-2 | 668 |
| Deponi 2 | 00-145 | 18.09.2000 | XAD-2 | 571 |
| Deponi 2 | 00-121 | 08.08.2000 | Filter 1 µm | 480 |
| Deponi 2 | 00-133 | 23.08.2000 | Filter µm | 668 |
| Deponi 2 | 00-142 | 18.09.2000 | Filter 1 µm | 571 |
| Utenfor Deponi 2 | 00-122 | 08.08.2000 | XAD-2 | 501 |
| Utenfor Deponi 2 | 00-146 | 19.09.2000 | XAD-2 | 603 |
| Utenfor Deponi 2 | 00-123 | 08.08.2000 | Filter 1 µm | 501 |
| Utenfor Deponi 2 | 00-143 | 19.09.2000 | Filter 1 µm | 603 |
| Ringaskjæret | 00-124 | 08.08.2000 | XAD-2 | 588 |
| Ringaskjæret | 00-125 | 08.08.2000 | Filter 1 µm | 588 |

A.2.2 SPMD

| <i>Prøvested</i> | <i>Gram fett</i> | <i>Prøvenummer</i> | <i>Satt ut, dato</i> | <i>Samlet inn, dato</i> | <i>Antall dager</i> |
|------------------|------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|
| Deponi 1 | 0,75 | 00-138 | 08.08.2000 | 18.09.2000 | 41 |
| Deponi 2 | 0,73 | 00-139 | 11.08.2000 | 18.09.2000 | 39 |
| Utenfor Deponi 2 | 0,78 | 00-140 | 10.08.2000 | 18.09.2000 | 38 |

Litteratur

- (1) Mattilsynet (2004): http://snt/mattilsynet.no/nytt/kosthold/fisk_skalldyr/kyst.htm.
- (2) Miljøverndepartementet (2002): St.meld. nr. 12 (2001-2002). Rent og rikt hav.
- (3) Johnsen A, Rosslund H, Bøyum O, Christiansen M (2000): Polyklorerte bifenyler(PCB) i sjøvann, 2000/05945, Ugradert.
- (4) Johnsen A, Rosslund H K (2000): Akkumulering av miljøgifter I blåskjell og semipermeable membraner I delområde 1 og deponiene ved Haakonsvern orlogsstasjon. Oppfølgende undersøkelser. FFI/RAPPORT-99/06337. Ugradert.
- (5) Vassenden G, Botnen H, Johannesen P (2004) Undersøkelse av marine miljøforhold ved Haakonsvern orlogsstasjon, 2001-2003.
- (6) Huckins J N, Petty J D, Lebo J A, Orazio C E, Clark R C, Gibson V L (2002): SPMD Technology Tutorial (3rd Edition). Http://www.waux.cerc.cr.usgs.gov/SPMD/SPMD-Tech_tutorial.htm.
- (7) Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J (1997): Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarevann. SFT veiledning 97:03, TA 1467/1997.
- (8) Konieczny R M (1992): Kartlegging og vurdering av forurensningssituasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde. ISBN 82-577-2054-2.
- (9) Næs K, Knutzen J, Håvardstun J, Oug E, Moy F, Lie M C, Knutsen J A, Wiborg M L (2002): Miljøgiftundersøkelse i havner i Telemark, Vestfold, Akershus og Østfold 1999, Statlig program for forurensningsovervåkning, TA 1885/2002.
- (10) Bakke T, Næs K, Moy F, Rygg B, Håvardstun J og Tveiten L (2000): Kartlegging av sjøsedimentene ved Marvika marinebase, ISBN 82-577-3887-5.
- (11) Forsvarsbygg (2003): Haakonsvern orlogsstasjon, bergen. Forurenset grunn og sjøbunnsedimenter. Utførte undersøkelser og tiltak på land og sjø. Sluttrapport. Rapportnr 610012-1.
- (12) Grini R G, Mengshoel P O (2004): Ramsund Orlogstasjon. Miljøtilstand og tiltaksbehov. Samlerapport.
- (13) Andersen L T (2001): Undersøkelse av sedimenter i forbindelse med søknad om mudringstillatelse. Vardø havn. Vardø havnevesen.
- (14) Konieczny R M (1996): Sonderende undersøkelser i norske havner og utvalgte kystområder. Fase 3: Miljøgifter i sedimenter på strekningen Ramsund-Kirkenes, Statlig program for forurensningsovervåkning, Overvåkningsrapport nr 608/95, TA nr 1215/1995.
- (15) Voie Ø A (2000): PCBs oppførsel i luft, vann, jord og sediment, FFI/RAPPORT-2000/04842, Ugradert
- (16) Green N W, Hylland K, Helland A, Knutzen J, Walday M (2001): Overvåking av miljøgifter i marine sedimenter og organismer 1981-1999: Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). Statlig program for forurensningsovervåkning. Overvåkningsrapport 819/01. SFT-rapport TA-1797.

- (17) Green N W, Rønningen A (1995): Contaminants in shellfish and fish 1981-92. Joint Monitoring Programme (JMP) Norwegian biota data. Norwegian State Pollution Monitoring Programme. Report no. 585/94. TA-no. 1156/1994.
- (18) Knutzen J, Berglind L, Brevik E (1995): Klororganiske stoffer og tributyltinn (TBT) I blåskjell 1993-1994, Statlig program for forurensningsovervåking, TA 1224/1995.
- (19) Møskeland T (2000): Prøvingsrapport. Bløtbunnsfauna og sediment i Ramsundet, 2000. DNV-rapport nr 2000-3432.
- (20) Johnsen A, Olsen J S, Rossland H, Ljønes M, Hartvig S K (1998): Akkumulering av miljøgifter I blåskjell og semipermeable membraner under mudring i delområde 1; Haakonsvern. FFI/RAPPORT-98/05088. Ugradert.
- (21) Myhrvold C (2002): Sedimenter som sekundærkilde for polyklorerte bifenyler (PCB). Hovedfagsoppgave ved Biologisk institutt, Universitet i Oslo.
- (22) Hetland Ø (2002): Relative contribution of aqueous and dietary uptake of two PCBs to the body burden in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Hovedfagsoppgave ved Biologisk institutt, Universitet i Oslo.
- (23) Nilsen V H, Bjørnbom E, Jensen T (2002): Ramsund Orlogsstasjon. Miljøovervåking 2001. Rapport nr 2001-1437.
- (24) Skei J, Tellefsen T (2000): Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lavtetthets polyetylen membraner (LDPE-SPMD). Overvåkningsrapport nr 809/00. TA nr 1769/2000.
- (25) Møskeland T (2003): Overvåking av mudring og deponering av forurenset sediment i Trondheim havn – fase 1. Rapport nr 2003-015.
- (26) Rossland H K, Hetland Ø, Myhrvold C, Voie Ø A (2002): Water as an important source for accumulation of polychlorinated biphenyls in aquatic biota, *Organohalogen Compounds* **58**, 77-80.
- (27) Font G, Mañes J, Miltó J C, Picó Y (1996): Current developments in the analysis of water pollution by polychlorinated biphenyls, *Journal of Chromatography A* **733**, 449-471.
- (28) Schulz-Bull D E, Petrick G, Bruhn R, Duinker J C (1998): Chlorbiphenyls (PCB) and PAHs in water masses of the northern North Atlantic, *Marine Chemistry* **61**, 101-114.