Overvåkningsrapport nr. 809/00 - TA nr. 1769/2000

Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000

Kartlegging av PCB-kilder i indre Sørfjorden
ved hjelp av semi-permeable lav tetthets
polyetylen membraner (LDPE - SPMD)

Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor
Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen
Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen
Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen
Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel	Løpenr. (for bestilling)	Dato
Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lavtetthets polyetylen membraner (LDPE- SPMD)	4319	19.12.00
	Prosjektnr. Undernr. 800309	Sider Pris 19
Forfatter(e) Jens Skei Tom Tellefsen	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkningsrapport nr. 809/00. TA nr. 1769/2000)	

Sammendrag

Bruk av semi-permeable membraner (SPMD) som oppkonsentrerer PCB fra vann for å spore strandnære kilder for PCB avslørte tre potensielle kildeområder: nær kraftstasjonen i Tyssedal, nær den kommunale fyllingen på Lindenes og nær ESSOs tankanlegg på Holmen. Nivåene av PCB i membranene som stod ute ca. 1 måned på disse lokalitetene var omtrent dobbelt så høye som på de andre lokalitetene (totalt 12 lokaliteter). Det anbefales at det iverksettes detaljerte undersøkelser i første omgang ved Tyssedal og ved den kommunale fyllingen på Lindenes med tanke på mulige tiltak. Analysene av membranene avslørte også en betydelig transport av plantevernmidlet DDT og heksaklorbensen i Opo. Årsaken til dette er ikke klar, men det er fremsatt noen hypoteser.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Sørfjorden	1. Sørfjorden
2. PCB	2. PCB
3. SPMD	3. SPMD (semi-permeable membrane device)
4. Kildekartlegging	4. Source identification

Jens Skei
Prosjektleder

Forskningsleder

Bjørn Braaten
Forskningssjef

ISBN 82-577-3951-0

O-800309

Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000

Kartlegging av PCB-kilder i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lav tetthets polyetylen membraner (LDPE - SPMD)

Forord

Resultater fra analyser av fisk og blåskjell fra Sørfjorden har i en årrekke vist forhøyede konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB). I forbindelse med statlig program for forurensningsovervåkning for år 2000 ble det besluttet å forsøke å kartlegge kildene til PCB ved å sette ut passive prøvetakere i overflatevannet utenfor potensielle landbasert kilder innerst i Sørfjorden.

Etter en befaring 22.03.00 med representanter fra industrien, SFT, Odda kommune, Fylkets miljøvernavdeling og NIVA ble det enighet om hvor prøvetakerne skulle plasseres. Prøvetakerne kom på plass 22-23.8.00 og ble tatt opp 18-19.9.00. Feltarbeidet ble utført av Tom Tellefsen og Jan Rokne, NIVA. Alex Stewart i Odda bistod med ettersyn av SPMD-riggene. NIVAs laboratorium gjorde analysene av membranene.

Oslo, 19.12.00

Jens Skei

Innhold

Sammendrag **5**

Summary **6**

1. Innledning **7**

2. Målsetting **7**

3. Undersøkelsesområdet **7**

4. Metoder og feltarbeid **10**

5. Resultater **12**
5.1 PCB 12
5.2 Andre klororganiske forbindelser. 15

6. Konklusjoner og anbefalinger **15**

7. Referanser **16**

Vedlegg A. **17**

Sammendrag

Forhøyede nivåer av polyklorerte bifenyler (PCB) er tidligere registrert i Sørfjorden i fiskelever, blåskjell og i sedimenter. Det har vært antatt at det skyldes en eller flere lokale kilder. For å identifisere spesifikke kildeområder langs land på strekningen Tyssedal – Odda – Mulaneset ble det satt ut SPMD-rigger (passive prøvetakere som oppkonsentrerer PCB og andre fettløslige forbindelser som er løst i vannet, og ikke foreligger partikulært bundet) på 12 lokaliteter som ble valgt ut på grunnlag av en befaring. Prøvetakerne stod ute ca. 1 måned i 1 m dyp nært land på de utvalgte lokalitetene. Opptaket av PCB vil indikere om det er noen av de 12 lokalitetene som skiller seg ut med et høyere opptak. Resultatene kan oppsummeres på følgende måte:

1. **Prøvetakere som stod nær Kraftstasjonen i Tyssedal, ved den kommunale fyllplassen og forbrenningsanlegget på Lindenes og ved ESSOs tankanlegg på Holmen viste en oppkonsentrering som var dobbelt så høy som på de andre lokalitetene (beregnet som ΣPCB_7 per prøve). Dette sannsynliggjør at det befinner seg lokale PCB-kilder i disse områdene.**

2. **Det anbefales at det gjøres detaljert kartlegging i første rekke ved Tyssedal og Lindenes hvor mistanken om PCB-kilder er størst. Undersøkelsene bør gjøres med sikte på anbefaling av tiltak.**

3. **Målinger av heksaklorbensen (HCB) og spesielt plantevernmidlet DDT viste forhøyede verdier i prøvetakerne som stod i Opo i forhold til de som stod i fjorden. Årsaken kan være utvasking av DDT-forurenset jordsmonn i Opo`s nedbørfelt eller transport av DDT med smeltevann fra Folgefonna. Det har tidligere vært framsatt en hypotese om at sprøyting av frukthager langs Sørfjorden med DDT før 1970 førte til at mye DDT ble ført med vind og ble avsatt på breen. Ved økt avsmelting vil DDT lagret i snø og is føres tilbake til fjorden med brevann.**

Summary

Title: Monitoring of Sørfjorden and Hardangerfjorden. Mapping of PCB in inner Sørfjord by semi-permeable low density polyetylene membranes (LPDE-SPMD)
Year: 2000
Author: Skei, J. and T.Tellefsen
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3951-0

Elevated levels of polychlorinated biphenyls (PCB) have been observed earlier in Sørfjorden in fish liver, mussels and sediments. It has assumed that this is due to one or several local sources. To identify specific source areas along the shoreline between Tyssedal - Odda – Mulaneset, SPMD-membranes (passive samplers accumulating dissolved PCB and other lipophilic compounds from the water) were applied at 12 sites. The membranes were out for 1 month close to shore of the selected sites. The accumulation of PCB will indicate if some of these 12 sites may be considered as potential source areas for PCB. The results can be summarised as follows:

1. **Membranes placed closed to the hydroelectric power plant in Tyssedal, near an incineration facility for garbage (Lindenes) and near some oil tanks (Holmen) showed levels of PCB twice as high compared to membranes from the other sites. This suggests at least three local sources for PCB.**
2. **It is recommended that a detailed mapping is carried out first of all near Tyssedal and Lindenes. The investigations should conclude with respect to potential remedial action.**
3. **Measurements of hexachlorobenzene (HCB) and pesticides (DDT) showed elevated levels in membranes placed in the river Opo. This may be due to leaching of DDT from contaminated soil in the catchment area of the river Opo or transport of DDT via the meltwater of the glacier Folgefonna. It has been speculated that spraying of fruit orchards with DDT prior to 1970 caused airborne DDT to be deposited on the nearby glacier. Due to increased melting of the glacier during the last decade the deposited DDT is transported by meltwater to the river Opo.**

1. Innledning

Forhøyede nivåer av PCB i fiskelever og i blåskjell er målt i en årrekke i forbindelse med overvåkingen av Sørfjorden (se Skei et al., 1998). Det har derfor vært konkludert med at det befinner seg en eller flere kilder for PCB innerst i Sørfjorden. Målinger i sediment har også stadfestet at det finnes PCB-kilder i området. Det ble gjort et forsøk på å detaljkartlegge sedimentene sør for Tyssedal i håp om å avsløre en eller flere punktkilder (Skei og Klungsøyr, 1990), uten å lykkes.
Det ble derfor besluttet å bruke passive prøvetakere som oppkonsentrerer bl.a. PCB som er løst i vannmassene (SPMD tar opp løste "biotilgjengelige" molekyler av PCB, DDT, PAH, TBT, THC, dioksin mm. i vann og luft).

I motsetning til levende organismer som omsetter kjemiske komponenter via metabolisme, er SPMD et passivt termodynamisk system. Innretningen etterligner den prosessen hvor akvatiske organismer oppkonsentrerer fettløslige organiske miljøgifter fra vannfasen (f.eks. via fiskegjeller).
Siden det er snakk om en fysikalsk prosess (kontrollert dialyse) foreligger det ingen biologiske forskjeller mellom membranene, og heller ikke noen metabolisme av organiske forbindelser inni membranen, og resultatet er et mønster av de fettløslige forbindelsene i vannet.

Det er to sannsynlige kilder for PCB-kontamineringen i Sørfjorden:

1. Lekkasje av PCB fra strandnære deponier (kommunale fyllinger, industrifyllinger).
2. Dumping av PCB-holdig materiale på dypt vann (lokal forurensning av bunnsedimentene).

Den første kilden ble vurdert som mest sannsynlig ettersom det også er funnet forhøyet nivå av PCB i blåskjell nær Tyssedal (Knutzen et al., 1998). Det innebærer at overflatevannet må være påvirket av PCB. Forurensning fra deponier som ligger nær sjøen eller som påvirkes av elver eller bekker vil gi opphav til forhøyede nivåer i overflatevannet i fjorden. Av den grunn ble de passive prøvetakerne (SPMD) satt ut i overflatevannet.

2. Målsetting

Målsettingen med dette delprosjektet innenfor program for statlig forurensningsovervåkning i Sørfjorden var å:

- Kartlegge mulige kilder i strandkanten mellom Tyssedal – Odda (inkl. Opo) – Eitrheim – Mulaneset ved hjelp av passive prøvetakere (SPMD) som akkumulerer løste PCB-fraksjoner (og andre fettløslige miljøgifter) fra overflatevannet.
- Målet var ikke å beregne kvantitativt innholdet av PCB i vann, men å se på relative forskjeller mellom lokalitetene for å kunne peke ut en eller flere potensielle kilder. Begrunnelsen for ikke å omregne resultatene til vannkonsentrasjoner (ng/l) er at dette er forbundet med stor usikkerhet.
- På grunnlag av resultatene foreslå videre arbeid for å eliminere/begrense kilden(e).

3. Undersøkelsesområdet

Det ble gjennomført en befaring med båt og bil langs land i området Tyssedal-Odda (på østsiden av fjorden) og Odda-Mulaneset (på vestsiden av fjorden) 22.03.00. Det var deltagere fra industribedriftene i Odda (TTI, Odda Smelteverk og Norzink), SFT, Odda kommune, Fylkets

Miljøvernavdeling og NIVA. Hensikten var å ta i øyesyn strandområder hvor det kjent at deponering av avfall har funnet sted i tidsrommet 1950 og frem til i dag. På grunnlag av visuelle observasjoner og lokal informasjon ble det besluttet å undersøke 12 lokaliteter (tabell 1).

Tabell 1. Beskrivelse av undersøkelseslokalitetene på fjordens øst og vestside.

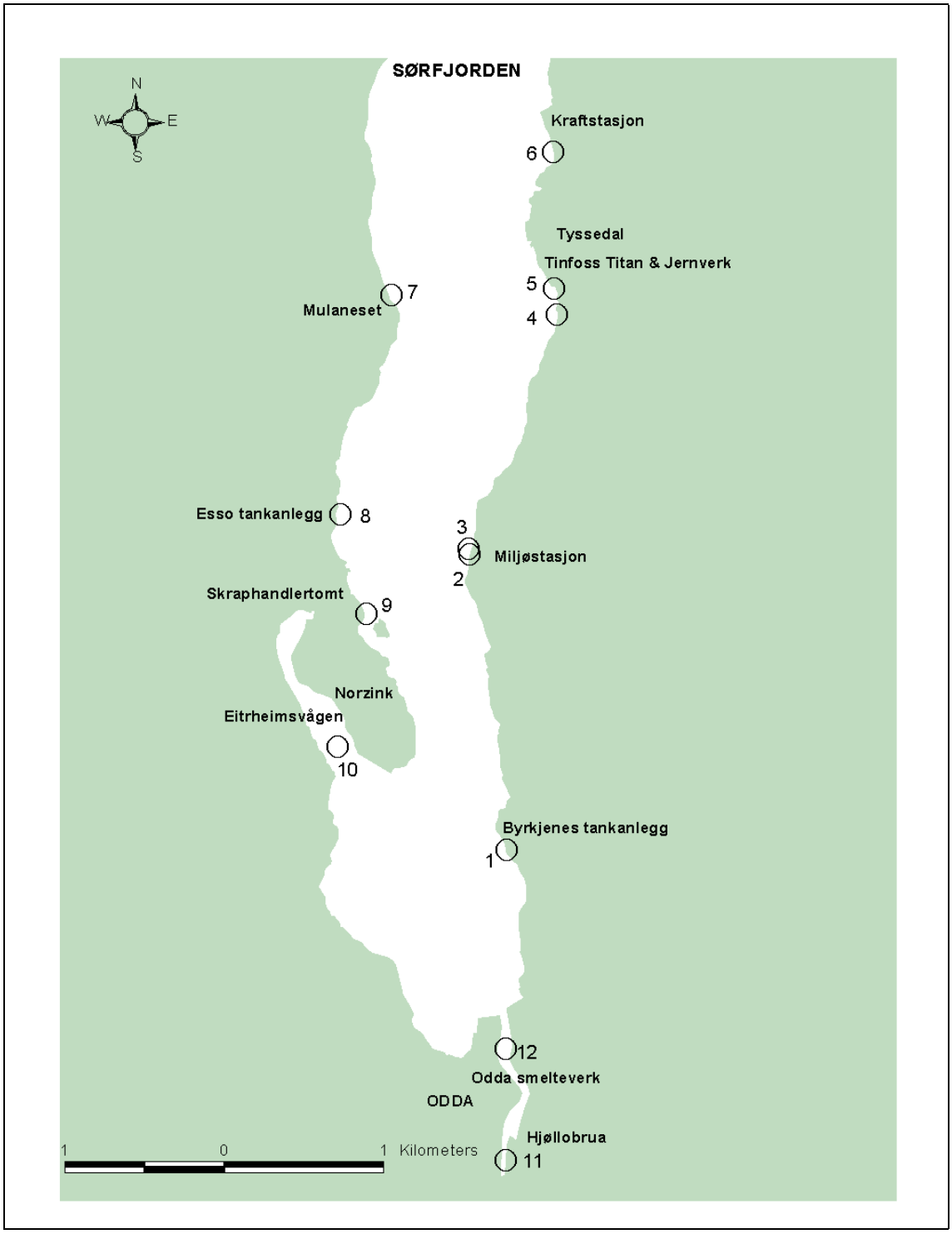
Fjordens østside (Tyssedal – Odda)

Lokalitet	**Stasjonsnr.**	**Beskrivelse**
Tankanlegg/Byrkjenes	1	Like nord for Statoils tankanlegg ved Byrkjenes (like nord for et naust). Fylling som var i bruk i 50-åra. Det renner en bekk gjennom fyllingen.
Kommunal fylling/Miljøstasjon	2	Nedenfor miljøstasjonen ved Lindenes. Nord for fyllingen ved naust. Slaggfylling fra forbrenningsanlegget.
Kommunal fylling /Miljøstasjon	3	Samme område som nr.2 , men i sydkant av fyllingen
Forbrenning av kabler /sør for TTI	4	Lokalitet for brenning av kabler (metallgjennvinning). Bratt skråning
TTI`s tipp for gamle ovnsbunner	5	I sydkant av TTI`s fabrikkområde
Kraftstasjon/Tyssedal	6	Rett syd for kraftstasjonen i Tyssedal

Fjordens vestside (Mulaneset – Odda – Opo))

Lokalitet	**Stasjonsnr.**	**Beskrivelse**
Mulaneset / kommunal fylling	7	Gammel (1960-1980) kommunal fylling like nord for Mulaneset
ESSO tankanlegg/Holmen	8	Tankanlegg like ved betongsilo på Holmen
Nær nedlagt skraphandlertomt/Holmen	9	Like i nærheten av rødt lagerskur. Skraphandel nedlagt for 10 år siden.
Eitrheimsvågen	10	Rigg festet til markeringsbøye midt i vågen
Hjøllo-brua (Opo)	11	Ovenfor Odda Smelteverk i Opo
Veibrua nederst i Opo	12	Nedstrøms Odda Smelteverk

Lokalitetene er vist på figur 1.



Figur 1. Posisjoner for utplassering av SPMD – rigger.

4. Metoder og feltarbeid

Det ble benyttet LDPE - SPMD membraner som er laget av lavtetthets polyetylen (LDPE = low density polyethylene) tilsatt 1 ml. (0,95 g) med syntetisk triolin (1,2,3-tri-(cis-9-octadecenoyl) glyserol) på laboratoriet og forseglet. Triolin er et nøytralt høy-molekylærvekts lipid, > 600 Dalton (Huckins et al., 1997). Den har en molekylvekt på over 700 g/mol, og utgjør hovedbestanddelen av nøytralt fett i fisk.

SPMD membranene har transportkanaler på 5 - 10 Å (0,5 - 1 nm). Cellemembranen hos fisk har en poreåpning på 9 - 11 Å, og dette gjør SPMD svært sammenlignbart med hensyn til opptak av organiske forbindelser i fisk. Membran tykkelse**,** membran overflate**,** og substrat volum er faktorer som sterkt innvirker på den tiden det tar før likevekt mellom SPMD og vannfasen oppnås. Opptak i SPMD er først og fremst en funksjon av motstanden i membranen. Massetransportskoeffisienten for kongenerene (komponentene) gjennom membranen er kontrollert av tykkelsen og overflatearealet til membranen.

Tverrsnittdiameteren av de fleste organiske molekyler er litt mindre enn transportkanalene i membranen, og kan dermed oppkonsentreres i løst form. Assosiert med partikler og kolloider er disse for store til å transporteres gjennom kanalene i membranen (Huckins et al., 1997).
SPMD membraner med triolin har vist seg å være svært effektive med hensyn til å ekstrahere persistente organiske forbindelser som PCB fra både vann og luft.

En SPMD-membrans evne til og oppkonsentrere en organisk forbindelse fra vann, er avhengig av vannkonsentrasjonen av forbindelsen, og forbindelsens KTW (fordelingskoeffisienten triolin-vann) (Huckins et al., 1993). Når en semi-permeabel membran eksponeres i forurenset vann, oppstår det en konsentrasjonsgradient mellom vannet og membranen. De fettløslige organiske forbindelsene vil diffundere fra vannet og inn i den fettrike membranen. SPMD eksponeres vanligvis for kontaminering over et tidsrom, slik at innholdet i membranen etter eksponering representerer et tidsintegrert opptak. Eventuelle episodiske utslipp i et området vil dermed kunne registreres (Huckins et al., 1997). Opptaksraten av kontaminanten i en SPMD defineres som antall liter vann renset for kontaminanten med en SPMD per dag (liter/døgn). Det vil si at opptaksraten er uavhengig av konsentrasjonen av kontaminanten i den omliggende vannfasen. Opptaksraten påvirkes blant annet av vannets temperatur, pH, fordelingskoeffisienter og begroing på utsiden av membranen (Huckins et al., 1997). Temperaturfaktorens innvirkning på opptakshastigheten i LDPE-SPMD viser seg å ikke være lineær, men mer eksponensiell (Bergqvist, Per-Anders, ORIGO Hb pers.med). Opptaksraten vil øke med økende temperatur.

Store mengder begroing av mikroalger på membranen kan begrense opptaket med 30 - 70% (Prest et al., 1995, Huckins et al., 1997). Dette kan kompenseres med og forlenge eksponeringstiden fra 1 til 2 måneder. Opptaksraten influeres ikke av vannets saltholdighet (Huckins et al., 1997). I de fleste feltforsøk har man oppnådd likevekt i systemet fra 7 - 30 dager alt avhengig av kloreringsgraden på kongenerene. SPMD klarer best å ta opp kongenerer med inntil 6 klor effektivt, og deretter er det sterkt dalende opptakskurve.

Ved eksponering av semi-permeable membraner i vann må man ta hensyn til membranenes evne til å ta opp luftbårne, organiske miljøgifter (Huckins et al., 1996). Til dette formålet benyttes en felt – blindprøve. Dette er en egen membran som eksponeres for luft i den tiden det tar fra forsøksmembranene er tatt ut av boksene og satt ut i vannet, og tiden det tar fra membranene er tatt opp av vannet til de er trygt forseglet i egne rene oppbevaringsbokser. Feltblindprøven vil da inneholde kontaminering fra atmosfæren, og eventuell annen kontaminering som vil kunne oppstå under utsetting og innhenting. I tillegg til feltblindprøven beholdes en ueksponert membran som laboratorieblindprøve fra samme serien. Figur 2 viser et bilde av SPMD-membraner.

Figur 2. Oppbygging av semi-permeable membraner (SPMD). Figurene er hentet fra Huckins et al., 1993

Det ble satt ut 12 SPMD-bur (stålbur: lengde 35 cm, diameter 15 cm og hulldiameter 6 mm) fra lettbåt hvor hver rigg består av en overflatebøye og et bunnlodd med landtau (se Figur 3). Burene ble plassert på ca. 1m dyp. Vi valgte å bruke 3 membraner i hvert bur slik at det ble gjort 3 parallelle analyser fra hver lokalitet. Membranen er en lang flat og myk plasttube. Den er ca. 91 cm lang, 2,5 cm bred og har en veggtykkelse på ~ 80 µm. Membranene var på forhånd fylt med 1 ml syntetisk triolin olje som er jevnt fordelt utover hele lengden. Triolinen danner en tynn væskefilm inni membranen for å oppnå maksimalt forhold mellom overflate og volum. Membranholderne (spindlene) sørget for at nesten hele membranoverflata har kontakt med vannfasen. Håndtering av membranene foregår ved bruk av rensede pinsetter og engangshansker.

Membranene er produsert av Origo Hb v/ Per – Anders Bergqvist, Miljøkjemi, Umeå universitet, Sverige.

Riggene ble satt ut 22-23.08.00 og tatt opp 18-19.09.00. Riggene stod 1- 5 m fra land. Temperaturen i vannet ved utsetting var mellom 10 og 12.4 °C og ved opptak mellom 10 og 13.7 °C. Temperaturen har betydning for opptak av PCB i membranene. I det man øker temperaturen i vannfasen forsterkes opptaket av PCB. Opptaksoptimum er ca. +18 °C hvor en membran av denne type og størrelse kan ekstrahere 5 liter pr døgn.. Likevekt mellom PCB i vannet og trioleinen i membranene oppnås vanligvis i løpet av 30 dager, avhengig av kloreringsgrad. Det bør påpekes at membranene i større grad oppkonsenterer lavklorerte forbindelser enn høyklorerte (Schaanning et al., 1998).

Figur 3. Skisse av de anvendte riggene. f = flottør, s= perforert stålsylinder med SPMD, b= bunnanker, l= landtau

5. Resultater

5.1 PCB

Resultatene av analysene 38 SPMD-membraner (12 lokaliteter à 3 paralleller pluss to blindprøver for korreksjon av data) er vist i Vedlegg. Laboratorieblindprøven er ikke-eksponert, mens feltblindprøven er eksponert under utsetting og innhenting av membranene. I tillegg til analyser av 10 PCB-kongenere er også analyser av andre klororganiske forbindelser tatt med, f.eks. heksaklorbensen (HCB), okotoklorstyren (OCS) og DDT og DDE. Resultatene er angitt som ng/prøve (dvs. hvor mye som er tatt opp i triolein i membranene) i løpet av ca. 1 måned.

PCB

Tabell 2 viser en oppsummering av mengde ΣPCB_7 (CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) på hver stasjon (aritmetisk gjennomsnitt av 3 paralleller).

Tabell 2. Innholdet av PCB i SPMD-er fra 12 lokaliteter i indre Sørfjord, september 2000 (ΣPCB_7 ,ng/prøve). Komponenter hvor konsentrasjonen er målt til < deteksjonsgrensen er satt lik deteksjonsgrensen.

Lokalitet (østsiden av fjorden)	**Stasjon nr.**	**sum PCB-7**
Nord for tankanlegg/nord for naust	1	5,8
Nedenfor miljøstasjon/kommunal fylling/nord	2	11,1
Nedenfor miljøstasjon/kommunal fylling/syd	3	8,5
Kabelbrenning sør for TTI	4	5,7
TTI tipp/gamle ovnsbunner	5	5,3
Tyssedal kraftstasjon/syd	6	12,7
Lokalitet (vestsiden av fjorden)		
Fylling nord for Mulaneset	7	5,0
Esso tankanlegg/Holmen	8	10,2
Nedlagt skraphandel/Holmen	9	5,5
Eitrheimsvågen	10	6,0
Hjøllo-brua /Opo	11	3,9
Veibrua/Opo	12	5,6

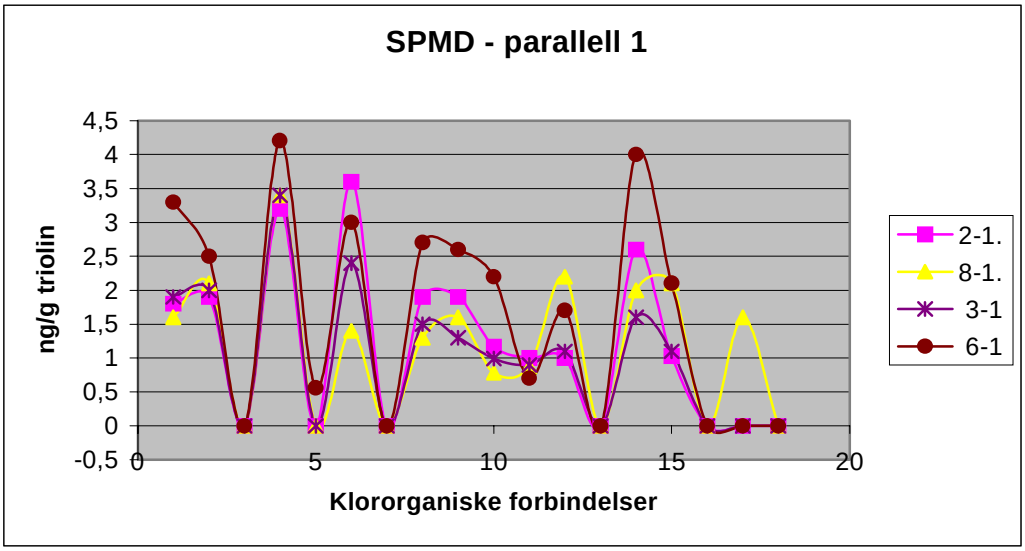
Av resultatene fremgår at det er 4 lokaliteter som utpeker seg med forhøyede PCB-verdier. Det er området ved Tyssedal kraftstasjon (St. 6), området ved den store kommunal fyllingen ved Lindenes (St. 2 & 3 Miljøstasjonen – Sør og Nord for fyllingen) og området ved ESSOs tankanlegg ved Holmen (St. 8). Konsentrasjonene på disse lokalitetene er ca. dobbelt så høy som på de andre lokalitetene. Den laveste konsentrasjonen ble målt oppstrøms Odda Smelteverk i Opo.

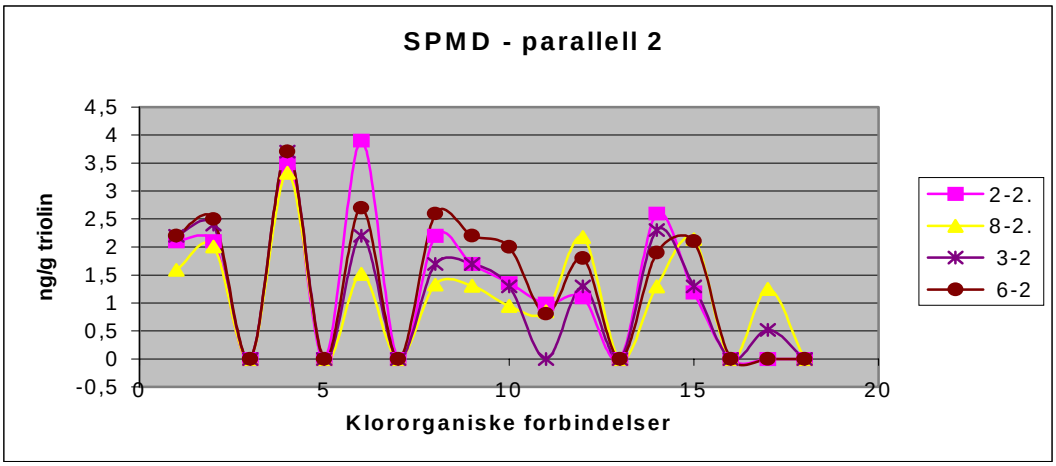
Høyeste konsentrasjon ble målt ved Tyssedal kraftstasjon. Her var SPMD-buret betydelig begrodd med alger, slik at opptaket i membranene kan ha blitt noe hindret. Det betyr at nivåene målt sannsynligvis representerer minimumsverdier. I følge Prest et al. 1995 og Huckins et al., 1997 kan begroing nedsette opptaksaktiviteten med 30 - 70 %.

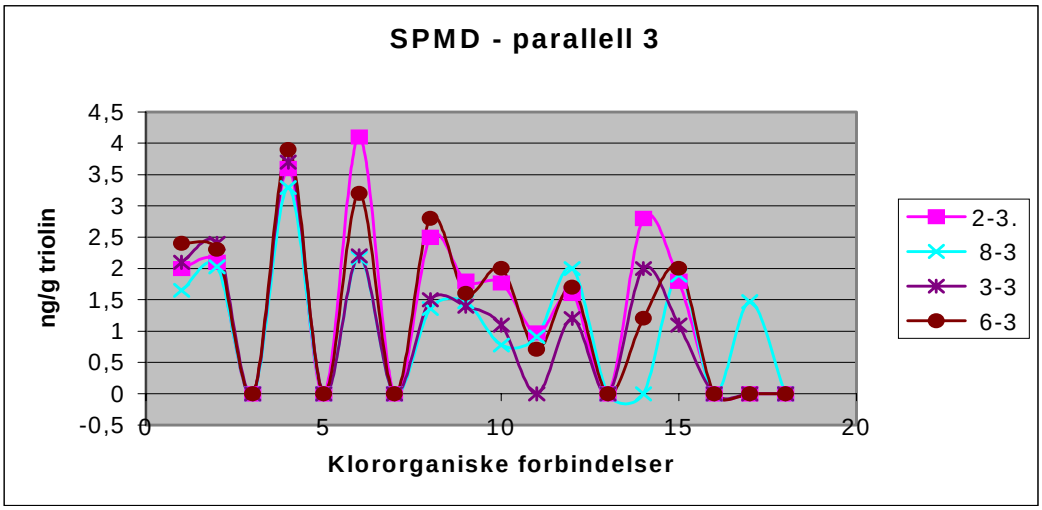
Buret som var plassert nord for Mulaneset (St.7) var dekket med et lag av fint steinstøv (trolig i forbindelse med steintipping fra fjellhallene, og fjerning av steinmasser fra sjøsiden med lekter og gravemaskin 7 –9.9.00), så også her kan opptaksaktiviteten ha vært hindret.

Membraner som var utplassert i Opo var mindre utsatt for begroing enn membraner som stod i sjøen. I tillegg vil en større vannstrøm forbi membranene i elva ha bidratt til mere effektivt opptak. Det bør imidlertid påpekes at så lenge membranene står i en vannmasse som er i bevegelse vil vannstrømmen neppe ha mye å bety. Membranene kan uansett ikke ekstrahere fettløslige substanser fra mere enn 3-3.5 l vann pr.dag under de rådende temperaturforhold.

Figur 4 viser kongenermønsteret på fire lokaliteter i tre parallelle prøver. Figuren viser ingen store forskjeller mellom kongenersammensetningen på de ulike lokalitetene. Det er også verdt å merke seg en god overenstemmelse mellom de ulike parallellene.







Figur 4. Figurene viser sammenstilling av en parallellprøve fra følgende stasjoner: St. 2 og 3 Miljøstasjonen – kommunal fylling (henholdsvis Sørlig og Nordlig SPMD – rigg), St. 6 Tyssdal kraftstasjon, og St. 8 Esso tankanlegg. Sammenstillingen er gjort på de stasjoner hvor vi fikk høyest konsentrasjon av PCB for å se om det foreligger likheter i kongenersammensetningen.

5.2 Andre klororganiske forbindelser.

I tillegg til kongenerspesifikke målinger av PCB gir også analysene resultater for en del andre forbindelser. Dette er vist i tabell 3.

Tabell 3. HCB og DDT i SPMD-membraner fra indre Sørfjorden – september 2000 (ng/prøve).

Lokalitet (østsiden av fjorden)	**Stasjon nr.**	**HCB**	**DDTpp**	
Nord for tankanlegg/nord for naust	1	5,0	2,7	
Nedenfor miljøstasjon/kommunal fylling/nord	2	3,7	2,7	
Nedenfor miljøstasjon/kommunal fylling/syd	3	4,0	2,0	
Kabelbrenning sør for TTI	4	4,3	3,0	
TTI tipp/gamle ovnsbunner	5	4,4	3,6	
Tyssedal kraftstasjon/syd	6	4,8	2,4	
Lokalitet (vestsiden av fjorden)				
Fylling nord for Mulaneset	7	4,3	2,8	
Esso tankanlegg/Holmen	8	3,8	1,5	
Nedlagt skraphandel/Holmen	9	3,7	1,6	
Eitrheimsvågen	10	4,2	3,3	
Hjøllo-brua /Opo	11	8,5	9,3	
Veibrua/Opo	12	8,6	5,6	

Nivåene målt i overflatevannet i fjorden viser ingen store endringer fra en lokalitet til en annen. Det er således ingen ting som tyder på at områdene rundt de lokalitetene som ble undersøkt er spesifikke kilder for heksaklorbensen (HCB) eller pesticider (DDT). Derimot viser nivåene i Opo nesten dobbelt så høye verdier som i fjorden. Det som kanskje er mest oppsiktsvekkende er de forhøyede verdiene av DDT i Opo. Det var betydelig vannføring i Opo i den perioden membranene stod ute, men vannstrømmen i elva kan neppe forklare et høyere opptak enn i fjorden. Det bør påpekes at opptaket av PCB i membranene som stod i elva var det laveste som ble målt.

6. Konklusjoner og anbefalinger

Målinger av opptak av PCB (og noen andre klororganiske forbindelser) i semi-permeable membraner (SPMD) i perioden august – september 2000 gir grunnlag for følgende konklusjon:

- **Det ble registrert betydelig PCB- opptak i de passive prøvetakerne som stod på 1 m dyp utenfor kraftstasjonen i Tyssedal, utenfor den kommunale fyllingen (Miljøstasjonen) ved Lindeneset og ved ESSOs tankanlegg på Holmen.**
- **Det er grunn til å betrakte alle tre områdene som kildeområder for PCB og som kan bidra til å opprettholde forhøyede nivåer i fiskelever og blåskjell i Sørfjorden.**
- **Det anbefales at det igangsettes detaljerte undersøkelser i første rekke rundt kraftstasjonen i Tyssedal og ved den kommunale fyllingen ved Lindeneset. Det bør påpekes at det tidligere gjennom analyser av PCB i blåskjell nettopp er påvist forhøyede nivåer ved Tyssedal. Likeså har man hatt mistanke om at slaggprodukter fra forbrenningsanlegget på den kommunale fyllingen ved Lindeneset kunne være en viktig kilde.**
- **Den oppfølgende undersøkelsen bør munne ut i forslag til tiltak.**
- **Målinger av heksaklorbensen (HCB) og spesielt plantevernmidler (DDT) viser forhøyede nivåer i Opo i forhold til i Sørfjorden. Det tyder på at Opo transporter betydelige mengder**

DDT som ender i Sørfjorden og som kan bidra til å opprettholde høye nivåer i fisk og blåskjell.

- **Årsaken er uklar men det kan tyde på utvasking av DDT fra jordsmonn i Opos nedbørfelt. Det bør påpekes at Opo mottar smeltevann fra Folgefonna (Buarbreen). Det har vært spekulert om økt avrenning fra Folgefonna fører til at DDT-nedfall fra luft på breen fra den tid da DDT var i lovlig bruk kan forklare dette.**

7. Referanser

Huckins, J.N., Manuweera, G.K., Petty, J.D., Mackay, D., and Lebo, J.A. (1993). Lipid – Containing Semipermeable Membrane Devices for Monitoring Organic Contaminants in Water. Environ. Sci. Technol., 27, 2489 – 2496

Huckins, J.N., Petty, J.D., Lebo, J.A., Orazio, C.E., Prest, H.F., Tillit, D.E., Ellis, G.S., Johnson, B.T., Manuweera, G.K. (1996). Semipermeable membrane devices (SPMD) for the concentration and assessement of bioavailable organic contaminants in the aquatic environment. Techniques in Aquatic Toxicology. Red. Ostrander, G.K.

Huckins, J.N., Petty, J.D., Orazio, C.E., Lebo, J.A., Clark, R.C., Gibson, V.L. (1997). SPMD technology; A tutorial.

Knutzen, J., Green, N. og Brevik, E. (1998). Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1996. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. NIVA-rapport, l.nr. 3832-98, 39 s.

Prest, H.F., Richardson, B.J., Jacobsen, L.A, Vedder, J. and M.Martin (1995). Monitoring organochlorines with semi-permeable membrane devices (SPMDs) and mussels (*Mytilus edulis*) in Corio bay, Victoria, Australia. Env. Toxicol.and Chem., 14, 543-553.

Schaanning, M., Bakke, T. og Tellefsen, T. (1998). Miljøovervåking i Sandefjordsfjorden og Indre Mefjorden 1997/98. Kartlegging av kilder til miljøgifter. NIVA-rapport, 3935-98, 37 s.

Skei, J. and Klungsøyr, J. (1990). Kartlegging av PCB i sedimenter fra indre Sørfjord. NIVA-rapport, l.nr.2528, 16 s.

Skei, J., Rygg, B., Moy, F, Molvær, J., Knutzen, J., Hylland, K., Næs, K., Green, N. and Johnsen, T. (1998). Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1007. Sammenstilling av resultater fra overvåking av vann, sedimenter og organismer. NIVA, l.nr.3922-98, 95 s.

Vedlegg A.

Innhold av klororganiske forbindelser i SPMD fra Sørfjorden.
Resultatene er angitt i ng/prøve. Verdiene er korrigert for bidrag fra ikke-eksponert prøve.

m = Prøven gikk tapt ved et uhell under opparbeidingen.
s = Forbindelsen er delvis dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven.
Det er derfor knyttet noe større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.
i = Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet av prøven.
Eksempel: 10-1: stasjon 1, parallell 1.

Forbind.	Kvant. grense (ikke eksp.)	2158-37 (ikke eksp.)	2158-38 (ikke eksp.)	Kvant. grense for eksp. prøve	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
QCB	0,3	<0,3	<0,3	0,3	1,5	1,8	1,3	1,8	2,1	2,0
HCHA	0,5	<0,5	<0,5	0,5	2,2	2,2	2,2	1,9	2,1	2,1
HCB	0,3	0,38	0,39	0,4	s4,4	s5,0	s5,5	s3,4	s3,9	s3,7
HCHG	0,5	<0,5	<0,5	0,5	3,8	3,6	3,6	3,2	3,5	3,6
CB28	0,5	0,68	0,69	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
CB52	0,5	<0,5	<0,5	0,5	1,7	1,7	1,1	3,6	3,9	4,1
OCS	0,3	<0,3	<0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CB101	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,8	0,82	0,79	1,9	2,2	2,5
DDEpp	0,5	0,58	0,7	0,7	1,8	1,9	2	1,9	1,7	1,8
CB118	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,69	s1,02	s0,66	1,17	1,36	1,77
TDEpp	0,7	<0,7	<0,7	0,7	0,7	0,7	0,73	1	0,99	0,97
CB153	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,88	0,76	0,77	1	1,1	1,6
CB105	0,5	<0,5	<0,5	0,5	i	i	i	s0,58	s0,60	s0,69
DDTpp	1,0	<1,0	1,2	1,2	3,0	3,0	3,3	2,6	2,6	2,8
CB138	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,8	0,63	0,6	1,03	1,19	1,8
CB156	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0.5	0.5	0,5	0,5	0,5	0,5
CB180	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0,57	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CB209	0,5	<0,5	<0,5	0,5	0.5	0.5	0,5	0,5	0,5	0,5

Forbind.	3-1	3-2	3-3	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2	5-3
QCB	1,9	2,2	2,1	m	3,5	2,8	3,1	4,0	3
HCHA	2,0	2,4	2,4	m	2,1	1,6	1,5	2,0	1,6
HCB	s3,8	s4,3	s4,0	m	s4,5	s4,1	s4,1	s4,6	s4,6
HCHG	3,4	3,7	3,7	m	3,7	3,3	3,2	3,6	3,4
CB28	0,7	0,7	0,7	m	0,82	0,72	0,67	0,63	0,62
CB52	2,4	2,2	2,2	m	1,6	1,4	1,5	2,4	1,1
OCS	0,3	0,3	0,3	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CB101	1,5	1,7	1,5	m	0,93	0,9	0,72	1,1	0,76
DDEpp	1,3	1,7	1,4	m	1,8	1,7	1,9	2,5	2,5
CB118	0,99	1,3	1,1	m	s0,6	s0,62	i	s0,67	s0,56
TDEpp	0,9	0,7	0,7	m	0,73	0,7	0,71	0,8	0,74
CB153	1,1	1,3	1,2	m	0,79	0,73	0,63	0,77	0,71
CB105	i	s0,72	s0,58	m	i	i	i	i	i
DDTpp	1,6	2,3	2,0	m	3,1	2,8	3,2	4	3,7
CB138	1,1	1,3	1,1	m	0,65	0,56	0,5	0,59	0,52
CB156	0.5	0.5	0.5	m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CB180	0.5	0,52	0,5	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CB209	0.5	0.5	0,5	m	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Forbind.	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3
QCB	3,3	2,2	2,4	1,8	1,8	1,7	1,6	1,59	1,65
HCHA	2,5	2,5	2,3	2,6	2,2	2,2	2,1	2,01	2,03
HCB	s5,1	s4,7	s4,5	s5,1	s3,9	s3,8	s3,7	s3,9	s3,7
HCHG	4,2	3,7	3,9	3,8	3,8	4,0	3,4	3,33	3,29
CB28	0,56	0,7	0,7	<0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
CB52	3,0	2,7	3,2	1,74	1,7	1,7	1,4	1,52	2,17
OCS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CB101	2,7	2,6	2,8	0,81	0,85	0,99	1,3	1,33	1,36
DDEpp	2,6	2,2	1,6	1,9	1,6	1,7	1,6	1,31	1,47
CB118	2,2	2,0	2,0	i	i	i	0,78	0,95	0,78
TDEpp	0,7	0,81	0,71	0,93	0,86	0,86	0,87	0,85	0,91
CB153	1,7	1,8	1,7	0,61	0,65	0,75	2,2	2,18	2
CB105	s0,98	s1,05	s0,89	0,5	i	i	i	i	i
DDTpp	4,0	1,9	1,2	3,1	2,2	3,1	2	1,3	1,2
CB138	2,1	2,1	2,0	0,44	0,55	0,68	2,1	2,14	1,89
CB156	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
CB180	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,6	1,25	1,47
CB209	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Forbind.	9-1	9-2	9-3	10-1	10-2	10-3	11-1	11-2	11-3
QCB	1,59	1,6	1,5	1,4	1,3	1,4	1,1	1,1	1,0
HCHA	2,04	2,1	1,8	1,86	1,9	2,1	2,3	2,1	2,1
HCB	s3,7	s3,8	s3,7	s4,1	s4,4	s4,0	s8,7	s7,9	s8,9
HCHG	3,33	3,4	3,2	3,1	3,1	3,3	3,3	3,2	3,1
CB28	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	<0,7
CB52	1,7	1,4	1,3	2,0	2,1	3,6	0,62	0,67	0,63
OCS	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CB101	0,75	0,85	0,76	0,74	0,68	0,83	1,1	1,1	0,83
DDEpp	1,4	1,4	1,2	1,5	1,8	1,9	3,5	3	2,9
CB118	0,5	0,62	0.55	0,5	0,5	i	i	i	i
TDEpp	0,89	0,92	0,9	0,93	0,89	1,2	1,1	0,91	0,91
CB153	0,69	0,86	0,76	0,6	0,55	0,65	0,55	0,51	0,5
CB105	i	i	i	i	i	i	0,5	0,5	0,5
DDTpp	1,8	1,5	1,5	2,3	3,3	4,2	9,4	9,6	8,8
CB138	0,61	0,82	0,69	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CB156	0.5	0.5	0.5	0,5	0,5	0,5	0.5	0.5	0.5
CB180	0.5	0.5	0.5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CB209	0.5	0.5	0.5	0,5	0,5	0,5	0.5	0.5	0.5

Forbind.	12-1	12-2	12-3
QCB	0,78	0,75	0,86
HCHA	2,0	2,3	2,0
HCB	s7,8	s9,0	s8,9
HCHG	2,9	3,2	2,9
CB28	1,4	1,3	1,1
CB52	0,92	0,93	0,98
OCS	0,3	0,3	0,3
CB101	1,3	1,1	1,1
DDEpp	1,9	2,1	2,3
CB118	i	i	i
TDEpp	0,7	0,7	0,72
CB153	1,4	0,86	0,81
CB105	0,5	i	0,5
DDTpp	5,3	6,3	5,3
CB138	0,95	0,53	0,5
CB156	0.5	0.5	0,5
CB180	0,5	0,5	0,5
CB209	0.5	0.5	0.5