

NIVA



RAPPORT LNR 4529-2002

**PCB**-konsentrasjoner i  
sedimenter fra NSBs båthavn i  
Åkersvika og i nærliggende  
område i Åkersvika Natur-  
reservat etter at de mest PCB-  
belastede sedimenter er fjernet



*Fjerning av PCB-holdige sedimenter mars 2001  
Foto: Jarl Eivind Løvik*

**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  
5005 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 PCB-konsentrasjoner i sedimenter fra NSBs båthavn i Åkersvika og i nærliggende område i Åkersvika Naturresevat etter at de mest PCB-belastede sedimenter er fjernet.	Løpenr. (for bestilling) 4529-2002	Dato Mars 2003
	Prosjektnr. Undernr. 0-21962	Sider Pris 30
Forfatter(e) Gøsta Kjellberg	Fagområde Miljøgifter ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Hedmark	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Statsbaner (NSB BA)	Oppdragsreferanse Miljøvernrådsgiver Sigmund Haugsjå
--	--

<p><b>Sammenheng</b></p> <p>Våren 2001 fjernet NSB et ca 20-30 cm tykt lag av sjøbunnen i NSBs båthavn, en liten vik av Åkersvika Naturresevat mellom Jernbanebrua og Stangebrua, og erstattet dette med ren masse. Undersøkelser foretatt av NIVA i 1990 og 1999 hadde vist at sedimentene i dette område var sterkt forurenset av oljeforbindelser, men også var påvirket av polyklorete bifenyler (PCB) med konsentrasjoner på opp til 1000 µg tot. PCB/kg tørrvekt. Årsaken til forurensningen var tidligere utslipp fra NSBs verkstedsområde på Hamar. I alt ble de ved oppryddingen fjernet ca. 5000 kubikkmeter olje- og PCB-holdig masse, og mengde PCB som ble fjernet er anslått til i overkant av 10 gram.</p> <p>NIVA har på oppdrag av NSB i 2002 undersøkt konsentrasjoner av PCB i toppsedimentet (0-2 cm) fra 8 lokaliteter i Båthavna samt fra 10 lokaliteter i nærliggende områder i Åkersvika og Mjøsa. Resultatene har blitt sammenlignet med resultatene fra det samme område og lokaliteter i 1999. Hensikten med denne etterundersøkelse var å dokumentere om restaureringen av Båthavnsvika fått ønsket effekt samt å se om det i forbindelse med gravearbeidene har skjedd noe uttransport/lekkasje av PCB til nærliggende områder.</p> <p>Teknisk sett ble saneringen av NSBs båthavn vurdert som vellykket. Etterundersøkelsen viste at de utførte tiltakene også gitt ønsket miljøeffekt. De øverste sedimentlaget i det restaurerte området har nå lave konsentrasjoner av PCB med verdier i området &gt;0,2 - 7 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt. Dvs at området kan betegnes som lite til moderat forurenset. Tidligere var området markert til sterkt forurenset av PCB. Sedimentet i det område i "Båthavnsvika" som ble benyttet til å lagre fjernet is på ble forurenset og her fikk vi en økt konsentrasjon av PCB fra 17 (moderat forurenset) til 47 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt (markert forurenset) i det øvre sedimentlaget. Undersøkelsen gav også indikasjon på at området i Åkersvika like utenfor "Båthavnsvika" hadde blitt noe påvirket, men her var det fortsatt lave konsentrasjoner. I berørte del av Mjøsa (området utenfor Esperen) var det klart lavere konsentrasjoner i 2002 jevnført med de forhold som ble registrert i 1999.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCB-konsentrasjoner</li> <li>2. Sedimenter</li> <li>3. Mjøsa</li> <li>4. Fjerning av forurensete sedimenter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concentrations</li> <li>2. Sediments</li> <li>3. Lake Mjøsa</li> <li>4. Restoration of bottom area</li> </ol>
---	--

*Gøsta Kjellberg*  
Prosjektleder

*Anne Lyche Solheim*  
Forskningsleder  
ISBN 82-577-4182-5

*Nils Roar Sælthun*  
Forskningsdirektør

**PCB-konsentrasjoner i sedimenter fra NSBs båthavn  
i Åkersvika og i nærliggende område i Åkersvika  
naturreservat etter at de mest PCB-belastede  
sedimenter er fjernet**

## Forord

Denne rapporten omhandler konsentrasjoner av polyklorete bifenyler (PCB) i sedimentprøver fra NSBs båthavn og i nærliggende område i Åkersvika Naturreservat. Prøvene ble tatt i slutten av april 2002. Sedimentene er analysert med hensyn på 10 PCB-forbindelser inklusive "seven dutch" (PCB<sub>7</sub>).

I perioden 1960 til 1980 benyttet NSB olje som inneholdt PCB i transformatorer og i hydrauliske koblinger i sine diesel- og el-lokomotiver. Reparasjoner og vedlikeholdsarbeider har ført til spill av oljeforbindelser som via en avløpsledning har blitt ført ut i NSBs båthavn, en liten vik av Åkersvika Naturreservat mellom Jernbanebrua og Stangebrua. Våren 2001 fjernet NSB et ca 20-30 cm tykt lag av sjøbunnen i den indre delen av "Båthavnsvika" og erstattet dette med ren masse. Hensikten med her rapporterte undersøkelse har vært å vurdere om fjerning av PCB-holdig sediment fra NSBs båthavn fått ønsket miljøeffekt.

Prosjektet er administrert og finansiert av NSB, BA. Miljøvernrådgiver Sigmund Haugsjå har vært prosjektansvarlig i NSB og Gösta Kjellberg i NIVA. Sistnevnte har sammen med Øyvind Holmen utført feltarbeidet. PCB- analysene er utført av NIVAs kjemiske laboratorium i Oslo under ledelse av Lill-Ann Kronvall. Rapporten er skrevet av G. Kjellberg og med assistanse av Mette-Gun Nordheim (NIVA), Jarl Eivind Løvik (NIVA), Thor Anders Nordhagen ved Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen og S. Haugsjå (NSB).

Prosjektansvarlige vil takke alle for et godt samarbeid

Ottestad, mars 2003.

*Gösta Kjellberg og Sigmund Haugsjå*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. INNLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn og formål	7
1.2 Formål med prosjektet	11
<b>2. MATERIALE OG METODER</b>	<b>12</b>
2.1 Stasjonsnett og prøvetakingstidspunkt	12
2.2 Beskrivelse av sedimenter	13
2.3 Analyser	13
2.4 Vurderingsnormer	14
<b>3. RESULTATER OG VURDERINGER</b>	<b>16</b>
3.1 Forurensningssituasjonen ved de ulike hovedområder	16
3.2 Forurensningssituasjonen i 2002 jevnført med forholdene før sedimentet i NSBs båthavn ble fjernet.	17
3.3 Konklusjon	22
<b>4. LITTERATURLISTE</b>	<b>23</b>
<b>5. VEDLEGG</b>	<b>25</b>

---

## Sammendrag

NIVA har ved flere tidspunkter undersøkt konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og bunndyr i Åkersvika Naturreservat. Undersøkelsene er utført på oppdrag av Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen, Hamar kommune, teknisk etat og Norges Statsbaner (NSB). Polyklorete bifenyler (PCB) ble registrert i samtlige av de undersøkte sedimenter, samt i biologisk materiale (biota) som fjærmygglarver og i dammuslinger fra ulike deler av reservatet. De høyeste konsentrasjonene i sedimentet ble registrert i området mellom Jernbanebrua og Stangebrua der NSB har sin småbåthavn. Dette område er videre benevnt som "Båthavnsvika". Her ble sedimentene karakterisert som sterkt til meget sterkt forurenset av PCB med konsentrasjoner opp mot 1000 µg tot. PCB/kg tørrvekt. I Norge er dette fortsatt det innsjøsediment hvor det er registrert høyest konsentrasjon av PCB. Deler av bunnområdet var også i betydelig grad forurenset av smørfett, smørrolje og dieselolje med konsentrasjoner av olje opp mot 2,5 gram pr. kg tørrvekt.

Kildene til PCB- og oljeutslippene i "Båthavnsvika" er ikke klarlagt, men det er rimelig å anta at dette i hovedsak skyldes utslipp fra NSBs jernbaneverksted på Hamar da vannet fra dreneringen i NSBs verkstedsområde inklusive lokomotivstall, vaskehall, dieseltanker og kontorbygg helt frem til 1994 ble ført ut i dette område. I perioden 1960 til 1980 benyttet NSB PCB-holdig olje i diesel- og ellokomotivenes transformatorer og hydrauliske koblinger. Ved de rutinemessige oljeskiftene på transformatorer, samt ved oljeskiftene og etterfyllingene i hydraulisk koblinger har det skjedd lekkasjer.

NIVA har på oppdrag av NSB foretatt en miljørisikoanalyse og ut fra denne foreslått at de sedimentene i "Båthavnsvika" som var mest forurenset av PCB skulle bli fjernet, deponeres på land og behandles i henhold til foreliggende forskrifter om spesialavfall. NIVA har også tidligere anbefalt at en fjernet de oljeholdige sedimentene i dette område.

NSB vedtok oppryddingen og framla i 2000 en plan for fjerning av de mest forurensede sedimentene. SFT ga myndighet til fylkesmannen til å gi tillatelse til oppgraving og fjerning av aktuelle sedimenter. Den endelige beslutningen om å gjennomføre oppryddingen i indre del av Båthavnsvika ble tatt av NSB høsten 2000, og mars 2001 ble valgt. Oppryddingen måtte skje i løpet av kort tid; det var viktig å være ferdig innen vannstanden i Mjøsa steg, før trekkfuglene kom tilbake og før sesongstart for båtfolket som benytter Båthavnsvika som båthavn. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen har bidratt med råd og gitt nødvendige tillatelser. I forkant av og under selve oppryddingsarbeidet har det vært et tett samarbeide mellom NSB, NIVA og miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Hedmark.

Den 5. mars startet oppryddingsarbeidene som pågikk i tre uker. I denne periode har følgende arbeider blitt utført:

- All is ble fjernet fra det aktuelle område flak for flak. Bunnrester på isens underside ble skrapet av mest mulig. Den fjernede isen ble lagt i et begrenset område på isen i den ytre del av Båthavnsvika (se foto på forsiden). Her fikk isen smelte utover våren. Sediment som var festet på isens underside havnet også i dette område og bidro herved til noe forurensning.
- I den indre del av Båthavnsvika ble ca. 20- 30 cm av de øverste laget av sedimentet fjernet, men her måtte en også fjerne sediment og bunnmateriale (sand, grus og stein) ved og under det gamle avløpsrøret. Selve avløpsrøret med innhold ble også fjernet. I alt ble det fjernet ca. 5000 m<sup>3</sup> sedimenter og grovere bunnmateriale tilsvarende en våtvekt på 2708 tonn.
- Da massene var fjernet ble det lagt ut grus i tilsvarende tykkelse på hele området der en hadde fjernet sedimenter og bunnmasse. Grusen bestod av ren grovkornet grus som ble levert fra Hov grustak.
- I tillegg til saneringen i den innerste del av Båthavnsvika ble sjøbunnen langs foten av brufundamentet for jernbanen tildekket med fiberduk. Duken ble dekket med et 20-30 cm gruslag.

- Alt fjernet sediment og grovere bunns substrat ble kjørt til Oslo og herifra transportert med lektere til Langøya. Langøya ligger i Oslofjorden.

Teknisk sett ble saneringen av Båthavnsvika vurdert som vellykket.

En etterkontroll, utført av NIVA på oppdrag fra NSB, skulle dokumentere om tiltaket hadde fått ønsket miljøeffekt, dvs at saneringstiltakene hadde bidratt til redusert forekomst av olje og PCB i de øvre sedimentlag i NSBs båthavn, samt at arbeidene ved oppryddingen ikke i større grad hadde bidratt til spredning av oljeforbindelser og PCB til nærliggende bunnområder i Åkersvika og Mjøsa.

Etterundersøkelsen viste at den utførte oppryddingen i NSBs båthavn ga ønsket miljøeffekt. Det restaurerte området har nå lave konsentrasjoner av PCB med verdier i området  $< 0,2 - 7,0 \mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Dvs at området nå kan betegnes som lite til moderat forurenset. Tidligere var dette område markert til sterkt forurenset. Det område i ytre del av Båthavnsvika som ble benyttet til å lagre fjernet is på ble likevel påvirket og her fikk vi en konsentrasjonsøkning fra 17 (moderat forurenset) til  $47 \mu\text{g PCB}/\text{kg}$  tørrvekt (markert forurenset). Undersøkelsen ga også indikasjon på at området i Åkersvika like utenfor Båthavnsvika hadde blitt noe påvirket, men her var det fortsatt lave konsentrasjoner. Bortsett fra dette var det ikke noen indikasjon på at de nærliggende områdene i Åkersvika og Mjøsa blitt berørt p.g.a. restaureringsarbeidene. I den undersøkte del av Mjøsa var det klart lavere konsentrasjoner i 2002 jevnført med de forhold som ble registrert i 1999.

# 1. INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn og formål

NIVA har i perioden 1990-92 samt i 1999 undersøkt konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og bunndyr i Åkersvika Naturreservat (Kjellberg 1991, 1992 og 1993, Kjellberg og Løvik 2000). Undersøkelsene i 1990-92 ble utført på oppdrag av Fylkesmannen i Hedmark, miljøvern avdelingen og Hamar kommune, teknisk etat i forbindelse med byggingen av Vikingskipet og utfylling av Åkersvika i forbindelse med OL-94. Det ble da registrert polyklorerte bifenyler (PCB) i samtlige av de undersøkte sedimentprøvene og i prøver av fjærmygglarver (*Chironomus*-larver) som den gangen var viktig matkilde for fisk og enkelte våtmarks- fugl. Videre ble det også påvist PCB i dammusling. De høyeste konsentrasjonene ble registrert i sedimentet mellom Jernbanebrua og Stangebrua, hvor NSB har sin småbåthavn. Sedimentet i Mjøsa like utenfor industriområdet på Esperen hadde også høye konsentrasjoner. Disse områdene kalles heretter "Båthavnsvika" og Esperen ( se Fig. 3 i kap. 2). I disse to områdene ble forurensningsgraden i sedimentene betegnet som stor. I "Båthavnsvika" var konsentrasjonene lokalt meget høye med konsentrasjoner av sum "seven dutch" i området 300 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt. Med en omregningsfaktor på ca. 3 tilsvarte dette konsentrasjoner av sum PCB opp mot 1000 µg PCB/kg tørrvekt. Sedimentene ble karakterisert som sterkt til meget sterkt forurenset. I Norge er dette fortsatt det innsjøsediment hvor det er målt høyest konsentrasjon av PCB (Rognerud et al. 1997).

I "Båthavnsvika" var deler av bunnområdet også i betydelig grad forurenset med oljeforbindelser. Det var to ulike oljeforbindelser som dominerte. En lettløselig fraksjon som i hovedsak bestod av dieselolje samt en tykkere og mer resistent type som nærmest kunne karakteriseres som smøreolje med innslag av fett (Kjellberg 1991). Smøreoljen og fettene er relativt stabilt og i liten grad mobilt, mens dieseloljen raskt flyter opp fra sedimentene og til dels blandes ut i vannet når de forstyrres (Torgeir Bakke, NIVA pers. medd.). Det er vanlig at PCB-forbindelser er relativt sterkt bundet til oljeforbindelser i PCB-forurensede innsjøsedimenter hvor kildene har vært industriaktivitet (Zwiernik et al. 1999, Bedard and Quensen 1995 og T. Bakke NIVA pers. medd.).

Sedimentene langs kanten av jernbanefyllingen var mest påvirket av oljeforbindelser (se figur A i vedlegg C). I det øvre sedimentlaget ble det i dette område registrert opptil 2,4 gram olje/kg tørrvekt. Sedimenter vurderes oftest som sterkt forurenset når de inneholder konsentrasjoner av olje >10 gram/kg tørrstoff (Melnikov og Vlasov 1994). De sedimenter i "Båthavnsvika" som hadde størst konsentrasjon av oljeforbindelser bør derfor kunne betegnes som markert forurenset. Langs kanten av jernbanevallen ligger et betongrør som frem til 1994 drenerte NSBs verkstedsområde inklusive lokomotivstall, vaskehall, dieseltanker og kontorbygg. Fra kontorbygget ble tidligere også kloakken tilført dette rørsystem.

I forbindelse med OL-94 og byggingen av Vikingskipet og utfylling av Åkersvika anbefalte NIVA Hamar kommune å fjerne de sedimenter som var mest belastet med oljeforbindelser (Kjellberg 1991). Videre ble det anbefalt at NSB skulle rehabilitere ledningssystemet inne på sitt verkstedsområde. Årsaken til dette var at oljeforekomsten i indre del av Båthavnsvika og utsiget hit da var så stor at dette kunne utgjøre en miljøtrussel for Åkersvika Naturreservat. De som benyttet NSBs småbåthavn ønsket også at området ble rensset opp.

I 1994 ble det lagt et avskjærende rørsystem og samtidig foretatt miljøsanering som bl.a. innebar fjerning av de jordmasser som var sterkt forurenset av dieselolje. Likevel kom det fortsatt ut oljeforbindelser via det gamle rørsystemet. Oljelekkasjen var mest synlig der røret hadde bruddskader.



Undersøkelser av bunndyr i 1991 viste at det generelt sett var normalt med bunndyr i "Båthavnsvika" og nær de mengdene som ble funnet i resten av Åkersvika. Antall individ varierte i området 800-1600 ind./m<sup>2</sup> tilsvarende en biomasse på 1,3 – 3,2 gram våtvekt/m<sup>2</sup>. Det var likevel en klar reduksjon i mangfold og biomasse (dvs. et produksjonstap) i de sedimentene som var mest forurenset av oljeforbindelser.

Finske undersøkelser har vist at dammusling er godt egnet som bioindikator og biomarkør spesielt for klorerte mikroforurensninger i ferskvann (Heinonen, Poasivirta og Herve 1986, Herve et al. 1988, Herve 1989). I 1992 undersøkte NIVA konsentrasjoner av PCB i dammuslinger i Åkersvika Naturreservat (Kjellberg 1993). Resultatene viste at den sentrale delen av Åkersvika var mer forurenset av biologisk tilgjengelige PCB-forbindelser enn områdene ved innløpet av Flagstadelva og Svartelva, mellom Jernbanebrua og Stangebrua og i selve Mjøsa mellom Esperen og Sandvika. Konsentrasjonene varierte i området 236 til 414 µg sum PCB pr. kg fett. Dette ble betegnet som lave konsentrasjoner av PCB da de lå godt under det som regnes som generelt nulleffektnivå for biota (Bjørklund 1992). I fjærmygglarvene ble det målt konsentrasjoner i området 608 – 1440 µg PCB<sub>7</sub>/kg fett som også må betegnes som lave verdier. Vi kan her nevne at fettvektbaserte konsentrasjoner av PCB i fisk (ørret, abbor, gjedde, lagesild, sik og lake) fra Mjøsa, målt som sum PCB<sub>7</sub>, ligger i området 1800 – 6800 µg PCB<sub>7</sub>/kg fett (Fjeld et al. 1999). Da konsentrasjonene av PCB i fjærmygg og dammusling var relativt lave så ble ikke PCB-forurensningen ved denne tidspunkt vurdert som noe akutt miljøproblem for Åkersvika (Thor A. Nordhagen ved Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen pers. medd.).

Forurensningsgraden av dammusling ble vurdert som liten til moderat (Kjellberg 1993). Dette indikerte at PCB-forbindelsene i "Båthavnsvika" antagelig var sterkt bundet i sedimentet og i liten grad biotilgjengelig. Dette støttes av undersøkelser som har vist at PCB-forbindelser som er adsorbent og kompleksbundet til oljeforbindelser blir lite mobile (Killidromitou og Bonazountas 1993, Mackay 1982) og lite bioakkumulerbare (Zwiernik et al. 1999). Nedbrytning, eller rettere avkloring, av PCB skjer også mye seinere når PCB er bundet til oljeforbindelser enn når de er bundet til andre organiske forbindelser (Quensen et al. 1998, Mousa et al. 1996). PCB-forbindelser kan likevel bli mer biotilgjengelige dersom oljeforbindelsene brytes ned over tid. Oljeforbindelser som fett og smørølje vil imidlertid ha meget lang nedbrytningstid i innsjøsedimenter såfremt ikke sedimentene virvles opp og tilføres oksygen (T. Bakke, NIVA pers. medd.). Båttrafikken i "Båthavnsvika", som har økt i senere tid (flere båter og båtplasser), vil derfor kunne bidra til økt nedbrytningshastighet for de oljeforbindelser som finnes der ved at sedimentene kan virvles opp og herved tilføres oksygen. Dette vil også gi mulighet for økt utsig av PCB-forbindelser fra Båthavnsvika til nærliggende områder i Åkersvika og Mjøsa.

Kildene til PCB-forurensningen i "Båthavnsvika" og Esperen er ikke klarlagt, men det er rimelig å anta at aktiviteten ved NSBs verkstedsområde kan være en av årsakene. PCB-olje ble i perioden 1960 til og med 1980 benyttet i transformatorene og i hydrauliske koblinger i NSBs diesel- og ellokomotiver (Thore Nilsen, NSB pers. medd.). NSB anslår at de har brukt ca. 2-3000 liter PCB-holdige oljer ved jernbaneverkstedet i Hamar, hvorav det meste er brukt som transformatorolje. Totalt spill i denne perioden er anslått til ca 100 liter. Årsaken til oljespillet var lekkasjer ved de rutinemessige oljeskiftene på transformatorer og ved oljeskifte og etterfyll i hydrauliske koblinger. Det er derfor høyst sannsynlig at lekkasjer av særlig transformatorolje fra NSBs verkstedområde er en av hovedkildene til PCB-forurensningen i "Båthavnsvika" og i nærliggende område. Etter 1979 ble det ikke kjøpt inn oljer med PCB av NSB, og fra og med 1985 var all PCB-holdig olje utskiftet i alt materiell. PCB etterlater et kjemisk "fingeravtrykk", som er unikt for det enkelte bruksområde, og det er derfor som regel lett å spore hvem som har forurenset hvor (Per-Erik Schulze, Norges Naturvernforbund pers. medd.).

NSB, Teknisk sektor ba høsten 1998 NIVA om å utrede omfanget av PCB-forurensningen i "Båthavnsvika" og i nærliggende områder i Åkersvika og Mjøsa. Undersøkelsen skulle ende opp i en miljørisikovurdering der NIVA skulle ta stilling til om de mest PCB-belastede sedimentene burde fjernes. Det var derfor nødvendig å utføre en mer omfattende undersøkelse av sedimentene i det aktuelle området enn den undersøkelse som ble gjort i 1990.

Denne undersøkelse ble på oppdrag fra NSB gjennomført av NIVA i april i 1999 (Kjellberg og Løvik 2000). Undersøkelsen viste at:

- Det øverste laget av sedimentene i den undersøkte delen av Mjøsa og Åkersvika fortsatt var forurenset av PCB. De registrerte konsentrasjoner ble betegnet som lave til middels høye med verdier i området 0,2 – 121 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt.
- Det hadde skjedd en klar reduksjon av PCB- konsentrasjonen ved de enkelte lokalitetene jevnført med konsentrasjonene som ble målt i 1990.
- Med unntak av sedimentene inne i selve "Båthavnsvika" så var PCB konsentrasjonene (6 – 13 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt) stort sett lave, med nivåer som ofte observeres i sedimenter hvor glødetapet er ca 10 % og atmosfæriske avsetninger av PCB er eneste kilde. Forurensningsgraden ble derfor vurdert som liten unntatt for sedimentene like ved industriområdet på Esperen og i selve "Båthavnsvika".
- Sedimentene i området ved Esperen ble karakterisert som moderat forurenset av PCB.
- Sedimentene inne i "Båthavnsvika" hadde klart forhøyede konsentrasjoner av PCB-forbindelser (16 – 121 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt), og betydelig høyere (Ca. 10 ganger) enn de som observeres i sedimenter fra innsjøer som bare mottar atmosfæriske avsetninger av PCB. Forurensningsgraden ble karakterisert som moderat til sterk.
- De høyeste konsentrasjonene i likhet med forholdene i 1990 ble registrert like ved det gamle avløpsrøret som tidligere drenerte jernbaneverkstedet. I dette område var sedimentene, som tidligere, også betydelig forurenset av oljeforbindelser som smørefett, smøreolje og dieselolje.
- Fordelingen av ulike PCB-forbindelser og spesielt forholdet mellom klorbifenylenene CB118 og CB153 indikerte at det meste av PCB-forurensningen var av "eldre" årgang og høyst sannsynlig stammet fra tidligere utslipp fra NSBs jernbaneverksted.

NIVA anbefalte NSB å fjerne de mest forurensete sedimentene i "Båthavnsvika" og deponere dette på land. Dette ble gjort ut fra foreliggende resultater og følgende momenter:

- Prinsippet om at det er spesielt viktig at PCB-forbindelser mest mulig fjernes fra vannmiljøet da det er i slike økosystemer PCB har skapt og fortsatt skaper de største problemer.
- At det er registrert svært høye konsentrasjoner av PCB i lever i lake fra Furnesfjorden og Mjøsas hovedbasseng, og at det er påvist moderat til markert PCB-konsentrasjon i filet i mjøsørret. (Fjeld et al. 1999, Fjeld et al. 2001 og ikke publisert NIVA-materiale). Statens næringsmiddeltilsyn (SNT) fraråder nå folk fra å spise lever av lake fanget i Furnesfjorden og de sentrale deler av Mjøsa p.g.a. høy konsentrasjon av PCB (Fjeld et al. 2001). Videre har SNT f.o.m. 2002 innført kostholdsregler for mjøsørret. Høyst sannsynlig er det lekkasje fra "gamle synder" dvs PCB-utsig fra Mjøsas sedimenter og diffuse utslipp og lekkasjer fra landbaserte deponier som er årsaken til de høye nivåene. Fjerntransport via nedbør vil også kunne være en kilde av betydning. Det er ikke ønskelig at enkelte "mjøsfisk" har så høye konsentrasjoner av miljøgifter at de blir berørt av restriksjoner for omsetning og kostholdsregler.
- At det f.o.m. 1990 er et nasjonalt og interkommunalt miljøkvalitetsmål for Mjøsa at "Innhold av miljøgifter og tilførsel av miljøgifter skal reduseres" (SFT 1989). Det er derfor viktig med konkrete tiltak som kan bidra til at bl.a. konsentrasjonen av PCB i berørte fisk i Mjøsa på sikt kan bli redusert. Fjeld et al. (2001) har bl.a. nevnt forekomsten av PCB i "Båthavnsvika" som en sannsynlig kilde.

For mer informasjon om "Miljørisikoanalysen" se kapittel 1.3, 1.4 og 1.5 samt kapittel 4 og vedlegg D i Kjellberg og Løvik (2002).

Det område som skulle saneres hadde et areal av ca. 0,3 ha og tykkelsen på de forurensede sedimentet var 5-20 cm. Den totale PCB- mengden som fantes i dette området og som kunne fjernes ble beregnet til ca. 10 gram. NIVA foreslo at det øverste 20 cm av sedimentet ble tatt ut fra hele området. Det ble beregnet at disse masser tilsvarte en våtvekt på ca. 600 tonn våtvekt.

NSB vedtok oppryddingen og i brev av 22. juni 2000 framla NSB en plan for fjerning av de mest forurensede sedimentmasser utenfor utslippet fra verkstedsområdet. Med brev av 18. august 2000 delegerte SFT myndighet til fylkesmannen i Hedmark til å gi tillatelse til oppgraving og fjerning av aktuelle sedimenter. Den endelige beslutningen om å gjennomføre oppryddingen i indre del av "Båthavnsvika" ble tatt av NSB høsten 2000. NIVA anbefalte at uttak av masse skjedde ved lavvannstand, og mars 2001 ble valgt. Oppryddingen måtte skje i løpet av kort tid; det var viktig å være ferdig innen vannstanden i Mjøsa steg, før trekkfuglene kom tilbake og før sesongstart for båtfolket som benytter NSBs båthavn. Fylkesmannen i Hedmark, miljøvernavdelingen har bidratt med råd og gitt nødvendige tillatelser. I forkant av og under selve oppryddingsarbeidet har det vært et tett samarbeide mellom NSB, NIVA og miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Hedmark.

Den 5. mars 2001 startet oppryddingsarbeidene som pågikk i tre uker. I denne periode har følgende arbeider blitt utført:

- All is ble fjernet fra det område som skulle saneres flak for flak. Sedimentrester på isens underside ble avskrapet mest mulig. Den fjernede isen ble lagt på den is som var igjen i et begrenset område i den ytre del av "Båthavnsvika" (se foto på forsiden). Her fikk isen smelte utover våren. Noe av sedimentet på isens underside havnet også i dette område og bidro herved til noe forurensning.
- I den indre del av Båthavnsvika ble ca. 20- 30 cm av de øverste sedimentlaget fjernet, men her måtte en også fjerne sediment og bunnmateriale (sand ,grus og stein) som lå ved og under det gamle avløpsrøret. Selve avløpsrøret med innhold ble også fjernet. I alt ble det fjernet ca. 5000 m<sup>3</sup> sedimenter og grovere bunnmateriale tilsvarende en våtvekt på 2708 tonn.
- Regnvær bidro i slutten av arbeidsperioden til så stor vanntilførsel at en måtte avvanne deler av området. Dette ble gjort ved å pumpe ut vann fra en dreneringsgrøft som ble etablert sentralt i arbeidsområdet. For å redusere faren for forurensning fra området ble det brukt sandfangskummer sammen med tette ledninger i mellom. Videre ble det etablert en pumpesykk anordnet slik at vanninntaket låg i en pukkfylling innpakket i fiberduk.
- Da massene var fjernet ble det lagt ut grus i tilsvarende tykkelse på hele område der en hadde fjernet sedimenter og bunnmasse. Grusen bestod av ren grovkornet grus som ble levert fra Hov grustak.
- I tillegg til saneringen i den innerste del av "Båthavnsvika" ble sjøbunnen langs foten av brufundamentet for jernbanen tildekket med fiberduk. Duken ble lagt med 15 meters bredde og alle skjøter ble sydd sammen. Dette tilsvarte en areal på 1350 m<sup>2</sup>. Duken ble dekket med et 20-30 cm gruslag.
- Sediment og grovere bunnsstrat som ble fjernet ble med semitrailer kjørt til Bjørsvika, Oslo havn der massene ble dumpet i lektere og kjørt ut til Langøya.

Oppryddingsarbeidet inklusiv transport og deponeringsavgifter på Langøya har kostet NSB 4,5 millioner kroner. Teknisk sett ble saneringen av Båthavnsvika vurdert som vellykket. Arbeidet ble utført av entreprenørfirmaet Oslo Anlegg AS.

En etterkontroll av PCB i sedimenter i "Båthavnsvika" og i nærliggende områder i Åkersvika Naturreservat skulle dokumentere om tiltaket også hadde fått ønsket miljøeffekt, dvs at saneringstiltakene hadde ført til redusert forekomst av olje og særlig PCB i de øvre sedimentlag i indre del av "Båthavnsvika" samt at oppryddingsarbeidene ikke hadde bidratt til spredning av oljeforbindelser og PCB til ytre del av Båthavnsvika og nærliggende bunnområder i Mjøsa og Åkersvika. NSB ba NIVA utføre disse undersøkelser våren 2002. Prosjektet ble kontraktfestet den 6. mai 2002.

## **1.2 Formål med prosjektet**

Hovedmål med etterkontrollen i 2002 var å:

- Måle konsentrasjonen av PCB i de øvre sedimentlaget (blandprøve av de øverste 2 cm) ved 8 lokaliteter i Båthavnsvika og fra 10 lokaliteter fra nærliggende områder i Åkersvika og Mjøsa. En skulle bruke de samme lokaliteter som ble brukt ved undersøkelsen i 1999.
- Resultatene skulle sammenlignes med resultatene fra det samme område i 1999.

## 2. MATERIALE OG METODER

### 2.1 Stasjonsnett og prøve takingstidspunkt

Den 14. og 15. April 2002 ble det samlet inn sedimentprøver fra 18 lokaliteter fordelt på fire hovedområder (I, II, III og IV) som representerte "Båthavnsvika" og nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika. Hele det undersøkte område ligger i Åkersvika Naturreservat. Stasjonsplassering som ble brukt i 1999 og 2002 er vist i figur 3. De deler av hovedområdene som ble brukt i 2002 omfattet følgende stasjoner:

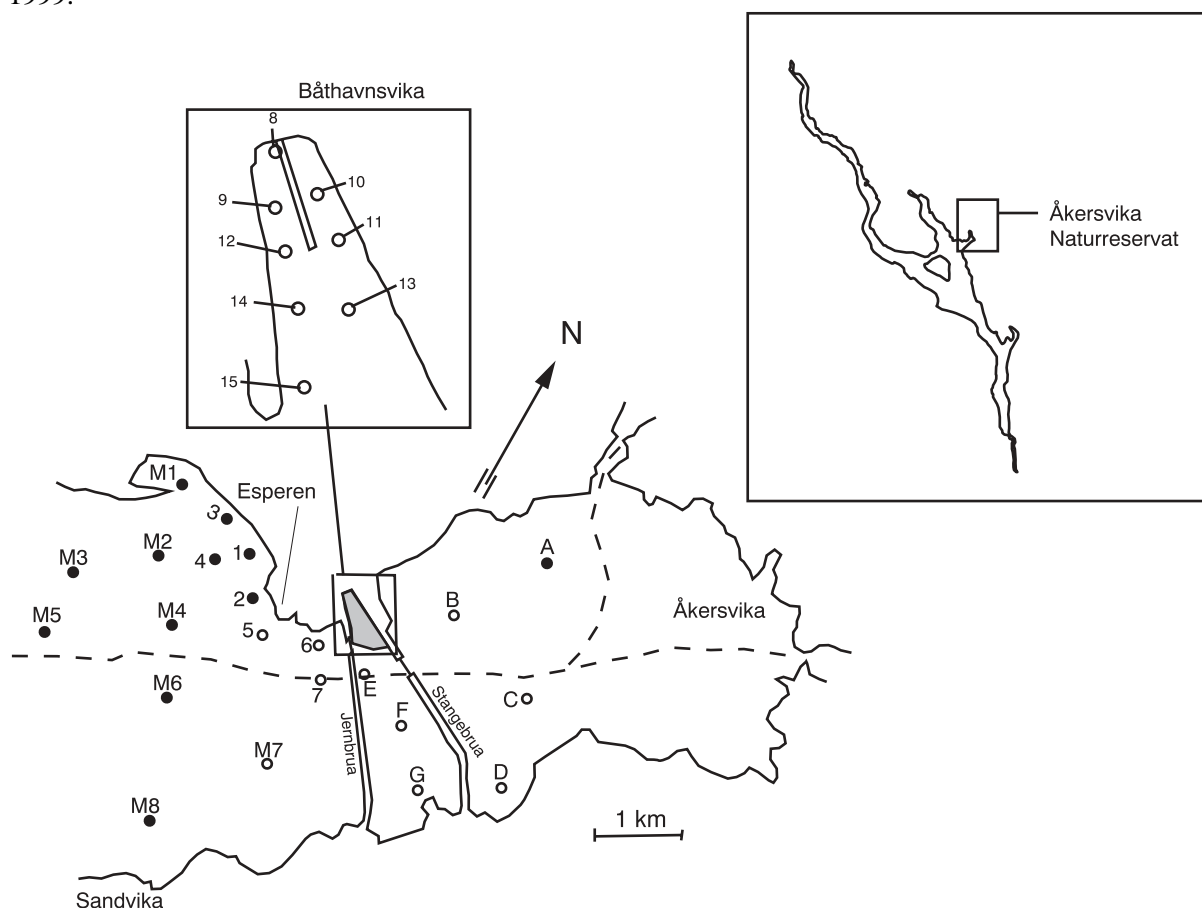
Hovedområde I (Mjøsa utenfor Esperen): st. M7 og st. 5, 6 og 7.

Hovedområde II (mellom "Jernbrua" og "Stangebrua" unntatt Båthavnsvika): st. E, F og G.

Hovedområde III (Åkersvika): st. B, C og D.

Hovedområde IV ("Båthavnsvika"): st. 8-15 dvs. 8 stasjoner.

Da en av intensjonene med undersøkelsen var å jevnføre resultatene fra 2002 med resultatene fra 1999 så har vi i så stor grad som mulig benyttet de samme lokaliteter som ble benyttet ved undersøkelsen i 1999.



**Figur 1.** Plassering av prøvetakingsstasjoner som har blitt benyttet ved PCB-undersøkelsen i sedimenter fra NSBs båthavn ("Båthavnsvika") og fra nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika. De stasjoner som ble benyttet i både 1999 og 2002 er markert med åpne ringe. Sort markering angir stasjoner som bare ble benyttet i 1999.

## 2.2 Beskrivelse av sedimenter

Beskrivelser av bunnssubstrat (visuelt bedømt ved prøvetakingen) er gitt i tabell 1 nedenfor. Målt % glødetap ut fra tørrvekt er gitt i tabell 5 i vedlegg B.

### Tabell 1.

Visuell beskrivelse av bunnssubstratet ved de ulike prøvetakingsstasjonene i 2002.

Type bunnssubstrat.	Antall stasjoner.	Stasjonsnummer.
Grovkornet sediment med stein og grus.	3	5, 6 og 7
Grovkornet sediment med sand og grus.	6	9, 10, 11, 12, 14 og 15.
Grovkornet sediment med sand.	0	
Finkornet sediment med sand og silt.	7	B, C, D, E F, G og M7.
Finkornet sediment med leire.	1	8.
Finkornet sediment.	1	13.

Det finkorna sedimentet på stasjonene 8 og 13 (dvs. to av stasjonene som ligger inne i "Båthavnsvika") hadde synlig innslag av lett løselige oljeforbindelser (sannsynligvis dieselolje). Forekomsten av oljeforbindelser var likevel kraftig redusert jevnført med de observasjoner som ble gjort i det samme området i 1991 og 1999 (Kjellberg 1991, Kjellberg og Løvik 2000). Se også figur A og B i Vedlegg C.

## 2.3 Analyser

En blandprøve av de øverste 2 cm av sedimentet ble analysert. Samtlige prøver ble analysert med hensyn på glødetap (innhold av organisk stoff), kornstørrelse og følgende 10 PCB-forbindelser: CB 28, CB 52, CB 101, CB 105, CB 118, CB 138, CB 153, CB 156, CB 180 og CB 209. Summen av de 7 understreketete forbindelsene benevnes som sum "seven dutch" (PCB<sub>7</sub>). Det er denne summen som det ofte refereres til i forbindelse med miljøundersøkelser, og PCB<sub>7</sub> utgjør som regel 40 – 70 % av den totale sum av de identifiserbare PCB-forbindelsene vi vanligvis finner i PCB blandinger (Kannan et al. 1992). Jon Knutzen (NIVA, pers. medd.) oppgir at PCB<sub>7</sub> utgjør 50 – 70 % og mener at man kan bruke en faktor på 2-3 for å beregne sum PCB-konsentrasjon utfra analyse av PCB<sub>7</sub>. Analysene er utført av NIVAs laboratorium i Oslo og nøyaktighet og presisjon er gitt i vedlegg A.

Innhold av organisk stoff er angitt som % glødetap i tørt sediment (% GT). Prøvene er glødet ved 500 °C i 2 timer. En kalsiumkarbonat-standard brennes rutinemessig sammen med prøvene for å kontrollere at uorganisk karbon ikke fjernes ved analysen.

Kornstørrelse er angitt som % korn < 63 µm i tørr prøve og blir angitt som KORN < 63 µm % t.v.

PCB-konsentrasjonene er oppgitt som µg/kg frysetørket sediment. En frysetørret prøve blir tilsatt internstandard (PCB 53) og ekstrahert to ganger med sykloheksan/acetone blanding (pesticid kvalitet) ved hjelp av ultralydkanon. Det kombinerte ekstraktet sentrifugeres og vaskes med NaCl før det oppkonsentreres og renses på en Envirogel GPC Cleanup kolonne. Etter oppkonsentrering foretas det et løsemiddelskifte. Prøven vaskes med konsentrert svovelsyre før den blir analysert ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangingsdetektor (GC/ECD). De forskjellige organokloridene blir identifisert ut fra retensjonstidene på HP-5 kolonne. Intern standard benyttes til kvantifisering av de forskjellige organokloridene. For mer informasjon se vedlegg A.

## 2.4 Vurderingsnormer

Vi har brukt de samme normer som ble benyttet ved undersøkelsen i 1999. (se Kjellberg og Løvik 2000).

Det foreligger ikke konkrete normverdier eller effektgrenseverdier, såkalte "toxicity threshold", for PCB for å kunne bedømme om konsentrasjonene i innsjøsedimenter kan representere risiko for skade på menneskers helse eller naturmiljøet. Det foreligger imidlertid klassifiseringssystemer og normer som angir om konsentrasjonene skal vurderes som høye eller lave, hvilket nivå som kan betegnes som forventet konsentrasjon når atmosfæriske avsetninger er eneste PCB-kilde (dvs referanseverdier), samt i hvilken grad sedimentene er forurenset.

### *Effektgrense "Toxicity threshold".*

Som nevnt foreligger ikke noen konkrete tallverdier når det gjelder skadegrense i innsjøsedimenter, men Rognerud et al. (1997) mener at biologiske effekter ikke kan utelukkes ved en konsentrasjon på 120 µg PCB<sub>7</sub>/kg og høyere.

### *Forventede konsentrasjoner i sedimentet når atmosfæriske avsetninger er eneste PCB kilde.*

I Sverige brukes konsentrasjoner på opp til 10 µg sum PCB/kg tørrvekt i akkumulasjons-sediment som forventet konsentrasjon/referanseverdi i innsjøer som ligger langt fra lokale kilder og bare er påvirket av langtransportert atmosfæriske avsetninger (Tommy Hammar, pers. medd.). Rognerud et al. (1997) oppgir konsentrasjoner i området 2 til 20 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt som forventede konsentrasjoner i slike innsjøer avhengig av beliggenhet i Sør-Norge og sedimentenes innhold av organisk materiale. Innhold av PCB øker som regel med økt mengde organisk stoff. I forbindelse med undersøkelsene i Åkersvika i 1990-91 ble det brukt en total konsentrasjon av PCB på 10 µg/kg tørrvekt som forventet konsentrasjon hvis atmosfæren hadde vært eneste kilde (Kjellberg 1992). Dette tilsvarer en konsentrasjon i området 3-5 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt. De relativt lave verdiene som ble funnet i Åkersvika skyldes blant annet et lavt innhold av organisk materiale.

### *Forurensningsgrad.*

SFT har fått utarbeidet et klassifiseringssystem som benyttes for bedømmelse av forurensningsgrad av PCB i marine sedimenter (SFT 1997, se Tabell 3). Dette systemet ble også brukt for å klassifisere forurensningsgraden i innsjøsedimenter i forbindelse med den regionale undersøkelsen av miljøgifter i innsjøsedimenter (Rognerud et al. 1997).

### **Tabell 2.**

Forurensningsgraden av PCB vurdert på bakgrunn av konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub> (µg/kg tørrvekt) i marine sedimenter (SFT 1997).

Klasse	Forurensningsgrad	Fargeangivelse	Konsentrasjonsnivå
I	Liten	Blå	< 5
II	Moderat	Grønn	5 – 25
III	Markert	Gul	25 – 100
IV	Sterk	Brun-Rød	100 – 300
V	Meget sterk	Rød	> 300

### *Konsentrasjonsnivå.*

I forbindelse med undersøkelsene i Åkersvika i 1990-91 ble PCB-konsentrasjonene i sedimentene klassifisert som lave, middels høye, høye og meget høye etter et vurderingssystem utarbeidet av Kjellberg (1992). Klassifiseringssystemet er gitt i Tabell 4 og bygger på svenske erfaringer (Tommy Hammar, Länsstyrelsen i Kalmar Län, pers. medd.).

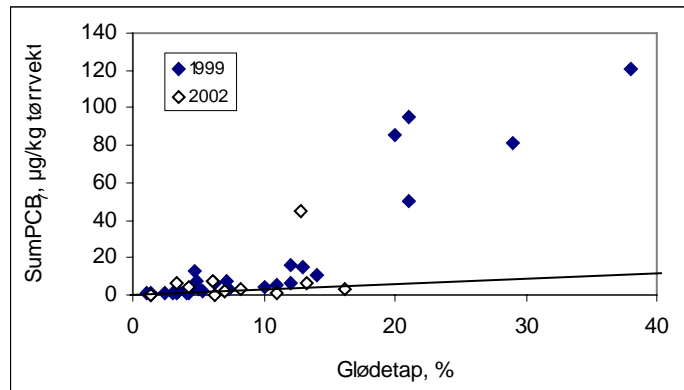
**Tabell 3.** Klasseinndeling på bakgrunn av PCB konsentrasjoner ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  tørrvekt) i ferskvannssedimenter. Verdiene for sum PCB er estimert som tre ganger verdiene for sum PCB<sub>7</sub>.

	1	2	3	4
	Lave kons.	Middels høye kons.	Høye kons.	Meget høye kons.
Fargekode	Blå	Grønn	Gul	Rød
Sum PCB	< 100	100 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Sum PCB <sub>7</sub>	< 30	30 - 1000	1000 - 1500	> 1500

Vi har valgt å bruke disse klassifiseringssystemene (dvs. tabell 2 og 3) for å illustrere forurensningssituasjonen i det undersøkte området. På bakgrunn av resultatene fra Rognerud et al. (1997) er det rimelig å anta konsentrasjoner i området 1-8  $\mu\text{g}$  PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt her kan være representative referanseverdier hvis sedimentene bare hadde vært forurenset av atmosfæriske avsetninger. PCB har høy affinitet til organiske komplekser og variasjonen skyldes bl.a. sedimentenes ulike innhold av organisk materiale. Sedimenter med stort innhold av organisk stoff har derfor ofte også høyere konsentrasjon av PCB (se figur 2).

#### Forurensningens alder.

Vi har brukt forholdet mellom forbindelsene CB 118 og CB 153 for å få en oppfatning om alderen på PCB-forurensningen. Det er generelt antatt at CB 118 har en relativt kort "levetid", mens CB153 er eksempel på en persistent forbindelse med lang "levetid". Derfor vil et høyt forhold som regel gi indikasjon på at forurensningen er relativt ny og/eller fortsatt pågår, mens et lavt forhold vil gi indikasjon på at forurensningen er av "eldre" årgang (Naturvårdsverket 1999). De beste resultatene får en når benytter målresultater fra biologisk materiale (biota), men metodikken kan også benyttes til å vurdere data fra sedimenter (Niklas Johansson og Lars Asplund, Naturvårdsverket, pers. medd.).



**Figur 2.** Sammenhengen mellom organisk innhold i sedimentet uttrykt som prosent glødetap og konsentrasjonene av sum PCB<sub>7</sub> i sedimenter fra Åkersvika Naturreservat. Den trukne linjen viser antatt sammenheng i innsjøsedimenter der innsjøene bare er belastet med atmosfærisk PCB-forurensning.



### 3. RESULTATER OG VURDERINGER

Rådata fra undersøkelsen i 2002 er gitt i Tabell 4 og 5 i vedlegg B og rådata fra 1999 er gitt i Tabell 6 i vedlegg C. Konsentrasjonsnivåer, forhold mellom av forbindelsene CB118 og CB153, tilstandsklasse og forurensningsgrad for de ulike lokalitetene er vist i figur 3, 4, 5 og 6 i teksten. I figurene har vi tatt med resultatene fra undersøkelsen i 1999 og 2002. En har da direkte mulighet å jevnføre situasjonen før og etter restaureringen av bunnområdet i NSBs båthavn.

#### 3.1 Forurensningssituasjonen ved de ulike hovedområder

##### Hovedområde I: Mjøsa ved Esperen

I dette område hadde bunnsedimentet i stor grad endret karakter jevnført med forholdene i 1999. Nå bestod bunnssubstratet hovedsakelig av stein og grus med noe innslag av sand. Det var likevel noe mudder på enkelte områder og på disse områder var det også rik forekomst av kvister og fragmenter av bark og løv. Stasjon M7 representerte et slik område. Økt erosjon og utvasking av finsediment grunnet flom og bølgeslag er sannsynlig årsak til den forandring som skjedd. Muligens kan det også ha vært en økt nedbrytning av det organiske materialet. Minket forekomst av finsediment og organisk materiale vil bidra til lavere konsentrasjon av PCB.

Dette var også i samsvar med våre resultater som viste at vi nå hadde meget lave konsentrasjoner av PCB i de øvre sedimentlag i dette område med konsentrasjoner som varierte i området  $< 0,20 - 0,33$   $\mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Den høyeste konsentrasjonen ble registrert på stasjon M7, og den PCB-forbindelsene som hadde størst forekomst var CB138. Forbindelsene CB 118 og CB153 forekom i så lave konsentrasjoner at det ikke var mulig og beregne kvoten CB118/CB153.

##### Hovedområde II: Området mellom Jernbrua og Stangebrua unntatt "Båthavnsvika"

Unntatt området like ved elvefaret (stasjon E) så hadde bunnssubstratet i dette område stort sett samme karakter som ved undersøkelsen i 1999. Like ved elvefaret hadde det likevel skjedd store forandringer ved at det her hadde blitt opphoppet store mengder av finmateriale med stort innhold av organisk stoff.

I område II registrerte vi PCB-konsentrasjoner som varierte i området  $< 0,58 - 3,72$   $\mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Dette var lave verdier som er i samsvar med den konsentrasjonsnivå vi finner i innsjøsedimenter som bare er påvirket av luftbåren PCB-forurensning. Høgest konsentrasjon ble registret ved stasjon E, og de PCB-forbindelsene som hadde størst forekomst var CB110, CB153, CB138 og CB 180. Forholdet CB118/CB153 var generelt sett lav med verdier nær 0,5. Område II synes derfor i hovedsak å være belastet med "eldre" PCB-forurensning.

##### Hovedområde III: Åkersvika

I den undersøkte del av selve Åkersvika (området like ved Stangebrua) var det stort sett det samme bunnssubstrat som ved prøvetakingen i 1999. Unntak var forholdene ved lokalitet C der prøven nå ble tatt fra et område med større innhold av finmateriale og organisk stoff.

De tre stasjonene i Åkersvikas vestre del hadde PCB-konsentrasjoner som varierte i intervallet  $2,87 - 7,64$   $\mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Dette vurderer vi som lave konsentrasjoner som var i samsvar med det konsentrasjonsnivå vi finner i innsjøsedimenter som bare er påvirket av luftbåren PCB-forurensning. Høyeste konsentrasjon ble registret ved stasjon D og størst forekomst hadde PCB-forbindelsene CB153, CB138 og CB180. Kvoten CB118/CB153 var generelt sett lav med verdier som varierte i området  $0,41 - 0,56$ . Dette indikerte at området i hovedsak var belastet med "eldre" PCB-forurensning.

**Hovedområde IV: "Båthavnsvika"**

Saneringen av "Båthavnsvika" har bidratt til at bunnssubstratet i den indre del og langs jernbanefyllingen blitt helt forandret. Fra å hatt en bunn med finkornet sediment med lokalt stort innhold av organisk stoff og olje så består nå de øvre bunnssubstratet av grovt grus med lite innhold av organisk stoff. Forekomsten av olje har også blitt kraftig redusert. Stasjon 13 der det ikke ble foretatt noen sanering hadde stort sett det samme bunnssubstrat som ved prøvetakingen i 1999. Vi kan videre nevne at området ved stasjon 13 ble brukt til deponering av is ved oppryddingsarbeidet. Sediment som var fjernet til isens underside har sannsynligvis tilført området noe PCB-forurensning.

I "Båthavnsvika" registrerte vi PCB-konsentrasjoner som varierte fra  $< 0,20$  til  $44,4 \mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. I det sanerte området hadde fire av stasjonene verdier  $< 0,20 \mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt (dvs under deteksjonsgrensen), mens de tre øvrige hadde lave konsentrasjoner med verdier i området  $0,41 - 4,77 \mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Høyest konsentrasjon ble registrert i den innerste del (st. 8). Størst forekomst var det av PCB-forbindelsene CB153, CB138 og CB180. Ved stasjon 8, men også ved stasjon 10 var det også relativt stor forekomst av forbindelse CB118.

Ved stasjon 13, der området hadde blitt brukt til deponering av fjernet is, ble det registrert en PCB-konsentrasjon på  $44,4 \mu\text{g PCB}_7/\text{kg}$  tørrvekt. Dvs at lokaliteten hadde middels høy konsentrasjon og ble vurdert som markert påvirket. Størst forekomst hadde her PCB-forbindelsene CB153, CB138 og CB180.

P.g.a. de lave konsentrasjonene som nå ble registrert så har det bare vært mulig å vurdere alderen på PCB-forekomsten ved stasjon 8 og 13. Ved lokalitet 8, som ligger lengst inne i vika var forholdet  $\text{CB118}/\text{CB153} = 1,05$ . Dvs relativt høy og kan således være en indikasjon på at det her fortsatt lekker eller nylig har lekket ut noe PCB fra NSBs verkstedsområde. Ved stasjon 13 var forholdet  $\text{CB118}/\text{CB153}$  generelt sett lav med en verdi på  $0,29$ . Dette indikerte at området der en under oppryddingen hadde deponert is i hovedsak var/ble forurenset med "eldre" PCB.

**3.2 Forurensningssituasjonen i 2002 jevnført med forholdene før sedimentet i NSBs båthavn ble fjernet.****Hovedområde I: Mjøsa ved Esperen**

I dette område registrerte vi en markert reduksjon av PCB-forekomsten i det øvre sedimentlaget jevnført med de forhold som ble registrert i 1999. Reduksjonen har vært opp til 90 %. Årsaken til denne reduksjon er høyst sannsynlig at det skjedd erosjon og utvasking av finsedimenter og organisk stoff fra området. Det er i finsedimenter og mudder vi tidligere har hatt den største forekomsten av PCB. Minket tilførsel av PCB til området og en viss nedbrytning av PCB har sannsynligvis også bidratt til reduksjonen.

Med hensyn til de lave konsentrasjonene synes det for tiden ikke å foreligge noe direkte forurensningsproblem med PCB i dette området.

**Hovedområde II: Området mellom Jernbrua og Stangebrua unntatt "Båthavnsvika"**

I dette område hadde det også skjedd forandringer i PCB-forekomsten jevnført med forholdene i 1999. I den del av område II som ligger sør for elvefaret var konsentrasjonene redusert med 40 til 90 %. Størst reduksjon var det i områdets midtre del. Årsaken til den reduserte PCB-forekomsten har vi ikke kunnet klarlegge. Mulig forklaring kan være at sedimentene hadde fått minket innhold av organisk stoff samt at tilførsel av PCB til dette område har blitt redusert. Nedbrytning og/eller avkloring av PCB kan også ha hatt betydning.

Området like ved elvefaret hadde på den annen side fått økt konsentrasjon av PCB. Ved stasjon E registrerte vi nå en konsentrasjon som var 5 ganger så høy som på samme sted i 1999. Hovedårsaken

til den økte PCB-forekomsten var høyst sannsynlig at området blitt tilført store mengder finsedimenter og organisk stoff som nå danner store mudderbanker i deler av dette område. Muligens kan dette område også ha blitt tilført noe PCB og mudder i forbindelse med gravearbeidene inne i "Båthavnsvika".

Konsentrasjonene som ble registret var lave og for tiden synes det derfor ikke å foreligge noe stort eller akutt forurensningsproblem med hensyn til PCB i område II.

### **Hovedområde III: Åkersvika**

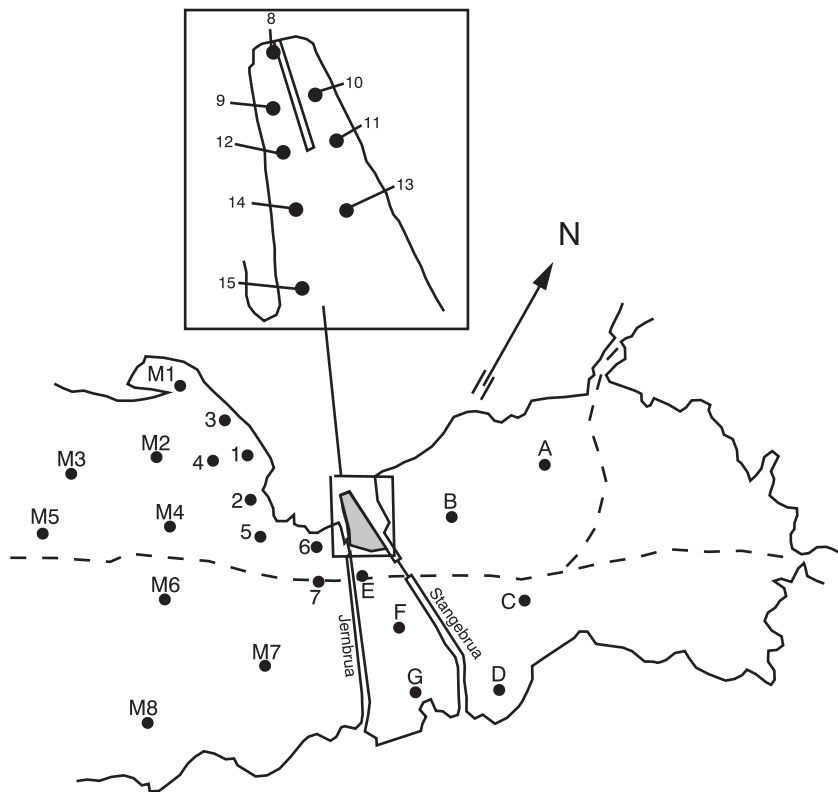
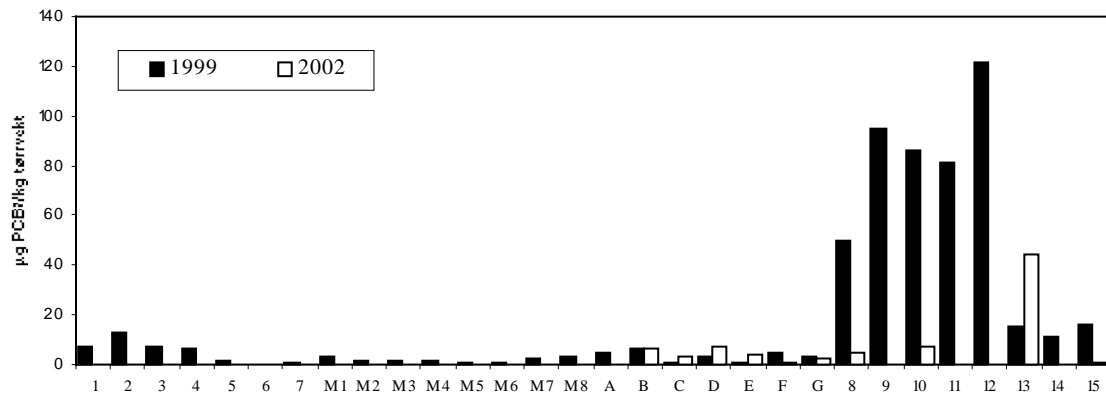
Tar vi hensyn til at prøvene blitt tatt fra noe ulike substrat ved de to undersøkelsene så var det små forandringer i vestre del av selve Åkersvika. Da konsentrasjonene var lave synes det ikke å foreligge noe stort eller akutt forurensningsproblem med hensyn til PCB i denne del av Åkersvika.

### **Hovedområde IV: "Båthavnsvika"**

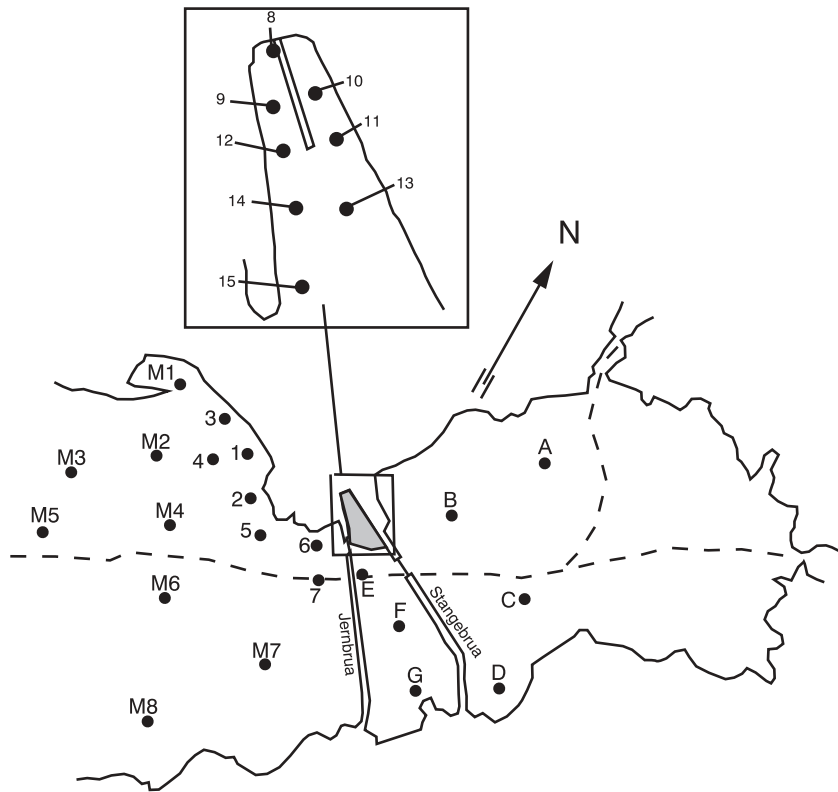
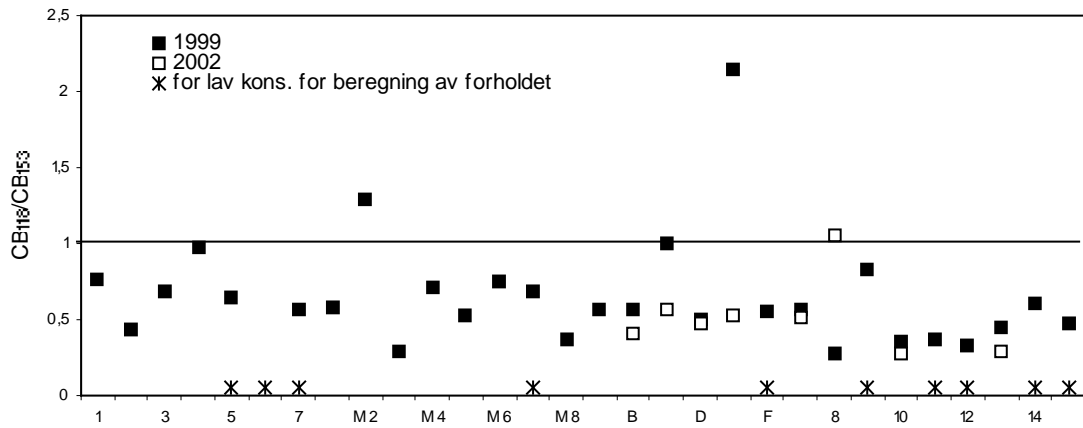
I "Båthavnsvika" hadde det skjedd store forandringer. Den del av "vika" som blitt restaurert hadde nå konsentrasjoner av PCB som var 10 til 600 ganger lavere jevnført med situasjonen i 1999 dvs i tiden før vika ble restaurert.

Samtidig har konsentrasjon av PCB økt i sedimentet i det område (stasjon 13) som en under restaureringsarbeidet ble benyttet til lagringsplass for fjernet is. Årsaken til dette var høyst sannsynlig at området blitt tilført PCB-holdig mudder som var festet på isblokkenes underside. Da isen smeltet ble trolig noe av dette mudder liggende igjen.

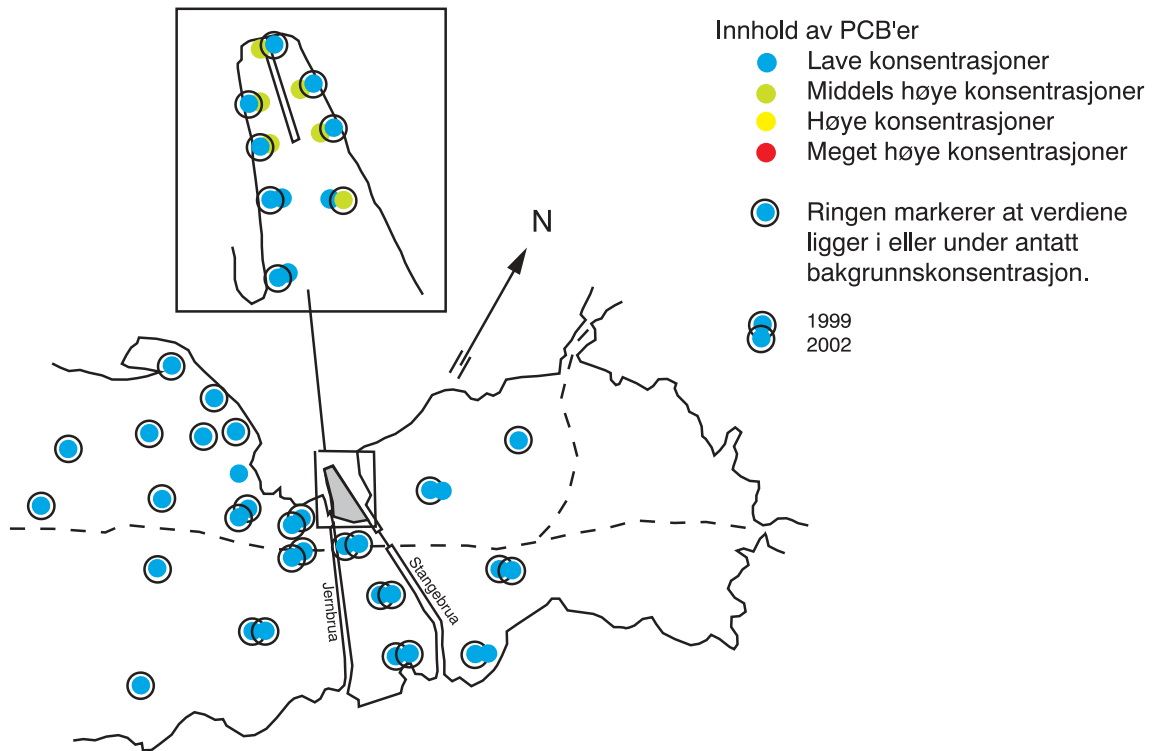
For tiden synes det ikke å foreligge noen stort eller akutt forurensningsproblem med hensyn til PCB i "Båthavnsvika". Unntak er muligens det område i ytre del av "vika" som ble benyttet til lagringsplass for is. Konsentrasjonen her var likevel å betrakte som lav og er i samsvar med den konsentrasjonsnivå (40 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt) en har satt som akseptabel i Sverige bl.a. i forbindelse med restaureringen av Jernsjöen. Dvs at en i Sverige tillater at innsjøsedimenter etter en restaureringen kan ha konsentrasjoner opp til 40 µg PCB<sub>7</sub>/kg tørrvekt (Tommy Hammar pers. medd).



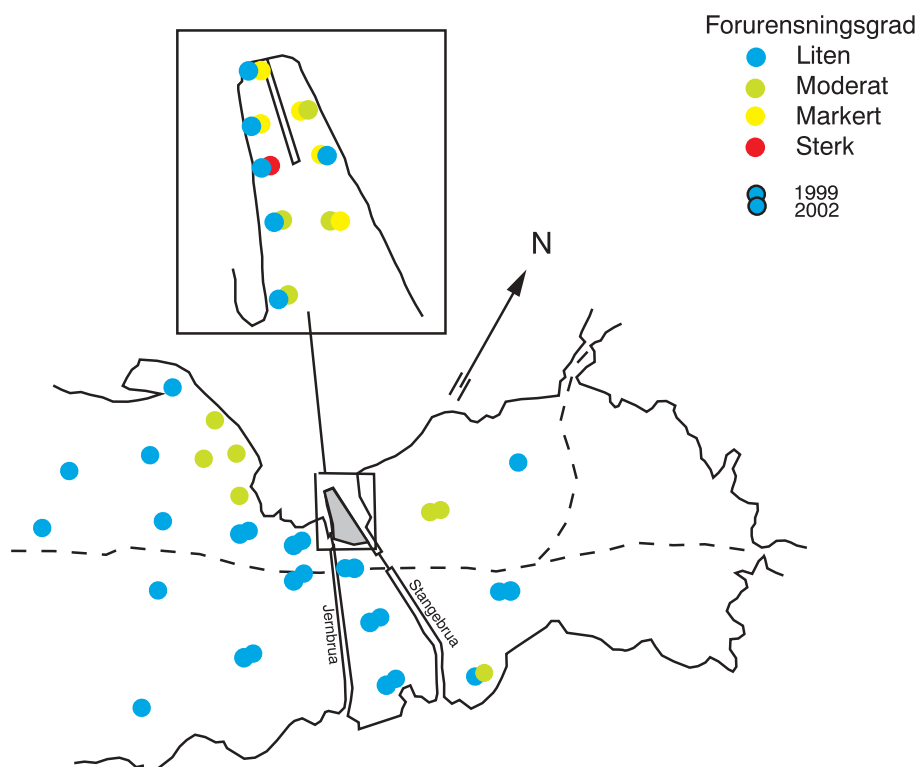
**Figur 3.** Konsentrasjonsnivåer av sum "seven dutch" (PCB<sub>7</sub>) i de undersøkte sedimentene fra NSBs båthavn og fra nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika.



**Figur 4.** Forholdet mellom konsentrasjonene av forbindelsene CB 118 og CB 153 i de undersøkte sedimentene fra NSBs båthavn og fra nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika.



**Figur 5.** Konsentrasjonsnivåer fordelt på tilstandsklasser av sum "seven dutch" (PCB<sub>7</sub>) i overflatesedimenter fra NSBs båthavn og fra nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika.



**Figur 6.** Forurensningsgrad av PCB'er basert på sum "seven dutch" (PCB<sub>7</sub>) vurdert etter vurderingsnorm gitt av Molvær et al. (1997).

### 3.3 Konklusjon

Oppryddingen/saneringen av de mest olje- og PCB-forurensede bunnsedimentene i NSBs båthavn ("Båthavnsvika") bedømmes som vellykket. Utførelsen av arbeidet har skjedd i samsvar med de forutsetninger som var gitt og oppryddingen har gitt ønsket resultat og ønsket miljøeffekt. Følgende miljøforbedringer er oppnådd:

- Olje- og PCB-forurensningen i bunnområdet i NSBs båthavn har blitt sterkt redusert.
- I overkant av 10 gram PCB kan ha blitt fjernet fra økosystemet i Mjøsa.
- 1. Utsiget av oljeforbindelser og PCB fra "Båthavnsvika" til Mjøsa og Åkersvika Naturreservat har høyst sannsynlig allerede blitt redusert og vil på sikt bli redusert.
- "Båthavnsvika" har blitt en reinere og bedre båt plass.

Videre viste etterundersøkelsen at de ulike arbeidsoperasjonene som ble utført ved oppryddingen ikke har påført nærliggende områder i Mjøsa og Åkersvika direkte skadeeffekter eller økt tilførsel av olje og PCB.

Forhåpentligvis vil minket utsig av PCB fra sedimentene i NSBs båthavn bidra til redusert konsentrasjon av PCB i fisk fra Mjøsa.

Viktige årsaker til det gode resultatet var:

- At arealet med PCB-kontaminert sediment hadde lite omfang og var godt lokalisert og kartlagt.
- At sedimentet hadde relativt lav forurensningsgrad.
- At det mest forurensede området var til dels tørrlagt og lå over vann da sedimentet ble fjernet.

## 4. LITTERATURLISTE

- Bedard, D.L. and Quensen, J.F.III. 1995. Microbial reductive dechlorination of polychlorinated biphenyls. In *Microbial Transformation and Degradation of Toxic Organic Chemicals*; Young, L.Y., Cerniglia, C., Eds., John Wiley and Sons: New York, 1995: 127-216.
- Björklund, I. 1992. Sanering av Järnsjön i Emån. Miljöscenarier vid olika PCB-föroreningar. SNV-rapport 40, 1992.
- Fjeld, E., Øxnevad, S., Følsvik, N. og Brevik, E.M. 1999. Miljøgifter i fisk fra Mjøsa, 1998. Kvikksølv, klororganiske og tinnorganiske forbindelser. NIVA-rapport L.nr. 4072-99.
- Fjeld, E., J. Knutzen, E.M. Brevik, M. Schlabach, T. Skotvold, A.R. Borgen og M.L. Woborg. Halogenerte organiske miljøgifter og kvikksølv i norsk ferskvannsfisk, 1995-1999. NIVA-rapport L.nr. 4402-01. 48 s.
- Heinonen, P., Paasivirta, J. and Herve, S. 1986. Periphyton and mussels in monitoring chlorohydrocarbons and chlorophenols in watercourses, *Toxicol. Environ.Chem.* 11:191-201.
- Herve, S. 1989. Uptake of organic micropollutants from pulp and paper industry by mussels. *Water Pollution Research Report* 14. 1989:25-26.
- Herve, S., Heinonen, P., Knuutila, M., Koistinen, J. and Paasivirta, J. 1988. Mussel incubation method for monitoring organochlorine pollutants in watercourses. Four-year application in Finland. *Chemosphere.* 17: 1945-1961.
- Kannan, N., Schultz-Bull., D.E., Petrick, G. and Duinker, J.C. 1992. High resolution PCB analysis of Kenechlor, Phenoclor and Sovol mixtures using multidimensional gas chromatography. *Int. J. Environ. Chem.* 47: 201-215.
- Killidromitou, D. and Bonazountas, M. 1993. Mathematical Hydrocarbon Fate Modeling in Soil Systems. In *Principles and Practices for Petroleum Contaminated Soils*; Calabrese, E.J., Kostecki, P.T. and Eds.; Lewis Publisher: Chelsea, MI, 1993: 131-322.
- Kjellberg, G. 1991. Konsekvensanalyse ved en eventuell utfylling av et 4,6 dekar stort område i Åkersvika Naturreservat ved NSB's båthavn. NIVA-notat datert 1/11-1991.
- Kjellberg, G. 1992. Undersøkelser av bunnsedimenter og bunndyrforekomst i Åkersvika Naturreservat i 1990-91. NIVA-rapport. L.nr. 283
- Kjellberg, G. 1993. PCB konsentrasjoner i dammussling, *Anodonta piscinalis* fra åtte lokaliteter i Åkersvika Naturreservat. NIVA-notat datert april 1993.
- Kjellberg, G. og J.E. Løvik. 2000. PCB-konsentrasjoner i sedimenter fra NSB's båthavn i Åkersvika og Mjøsa utenfor Esperen. Rapport fra undersøkelsen i 1999. NIVA-rapport L.nr. 4167-2000. 38s



- Melnikov, S.A. and S.V. Vlasov. 1994. On the results of examining the region of accident at the oil pipeline Vaozey- Base construction of the JSC "Usinskneft" and the regions of the Pechora River Basin exposed to its impact during the period 4-22 November 1994. Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environmental Protection, Regional Center "Monitoring of the Arctic", St. Petersburg. 53 p.
- Mousa, M.A., Quensen, J.F., III, Chou, K., Boyd, S.A. 1996. Microbial Dechlorination Alleviates Inhibitory Effects of PCBs on Mouse Gamete Fertilization in Vitro. *Environ. Sci. Technol.* Vol. 30. No. 6.
- Naturvårdsverket, 1999. Ökande eller minskande miljögiftshalter i den svenska miljön? NVV-rapport L.nr. 5016, 1999.
- Quensen, J.F., III, Mousa, M.A., Boyd, S.A., Sanderson, J.T., Fruese, K.L., Giesy, J.P. 1998. Reduction of aryl hydrocarbon receptor-mediated activity of polychlorinated biphenyl mixtures due to anaerobic microbial dechlorination. *Environ. Toxicol. Chem.* Vol 17, No 5: 806-813.
- Rognerud, S., Fjeld, E. og Løvik, J.E. 1997. Regional undersøkelse av miljøgifter i innsjøsedimenter. Delrapport 1. Organiske mikroforurensninger. Niva-rapport L.nr. 712/97.
- SFT 1989. "Tiltakspakke for Mjøsa". Mjøsa kan bli ren. Avsluttende forslag til tiltak som vil føre til en mer tilfredsstillende vannkvalitet for alle bruksformer. Avsluttende fagrappport fra et samarbeidsprosjekt mellom Fylkesmennene og Fylkeslandbrukskontorene i Hedmark og Oppland, kommunene i Mjøsa's nedbørfelt og Statens forurensningstilsyn. Desember 1989. 53 s.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. SFT veiledning 97:03. 36 s.
- Zwiernik, M.J., Quensen, J.F. and Boyd, S.A. 1999. Residual petroleum in sediments reduces the bioavailability and rate of reductive dechlorination of arocolor 1242. *Environ. Sci. Technol.* 33.

## **5. VEDLEGG**

**Vedlegg A. Nøyaktighet og presisjon av PCB-analyser.**

**Vedlegg B. Rådata fra undersøkelsen i 2002.**

**Vedlegg C. Rådata fra undersøkelsen i 1999.**

**Vedlegg D. Oljeforurensning i "Båthavnsvika".**

**Vedlegg A. Nøyaktighet og presisjon av PCB-analyser.**

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
<b>H 3-3</b>	<b>Polyklorerte bifenyler</b>	$\mu\text{g/kg t.v.}$	<b>PCB-Sm, PCB7-Sm</b>
<b>Tittel:</b> Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver.			
<b>Anvendelsesområde:</b> Metoden benyttes for bestemmelse av klororganiske forbindelser i sedimenter og slam,. Med klororganiske forbindelser menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenyler (PCB).			
<b>Prinsipp:</b> Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektives retensjonstider. Det kan benyttes to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.			
<b>Instrument(er):</b> Hewlett Packard modell 5890 Series II, med column injector og HP autoinjektor 7673. Systemet er utstyrt med elektroninnfangningsdetektor (ECD).			
<b>Måleusikkerhet:</b> Se NIVA-dokument nr. Y – 3.			
<b>Referanser:</b> Brilis, G.M. & J.Marsden: Chemosphere <b>21</b> , 91- 98, (1990). Brevik, E.M.: Bull. Environ. Cont. Toxicol. <b>19</b> , 281 - 286, (1978). Harvey, A & A.Loomis.: J. Gen. Physiol. <b>15</b> , 147, (1932). Lopez-Avila, V. et al. : J. Assoc. Off. Anal. Chem <b>72</b> , 593 - 602, (1989).			

## Vedlegg B. Rådata fra undersøkelsen i 2002

**Tabell 5.** Konsentrasjon av utvalgte PCB- kongener i sedimenter fra NSBs båthavn i Åkersvika og fra nærliggende områder i Åkersvika og Mjøsa. Sedimentprøvene er tatt i mars 2002 og representerer en bladprøve fra 0-2 cm. PCB-kongenerne merket ° tilhører gruppen som inngår i sum PCB7 ("seven dutch"). Alle konsentrasjonene er oppgitt i µg/kg tørrvekt.

stasjon	5	6	7	M7	B	C	D	E	F	G
PCB-kongen										
PCB 28°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,25	0,21	0,58	0,28	<0,20	0,2
PCB 52°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,28	<0,20	0,41	0,36	<0,20	<0,20
PCB 101°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,84	0,28	0,79	0,58	<0,20	0,26
PCB 118°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,62	0,25	0,76	0,39	<0,20	0,24
PCB 105°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,34	<0,20	0,4	0,2	<0,20	<0,20
PCB 153°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,5	0,45	1,6	0,74	0,27	0,47
PCB 138°	<0,20	<0,20	<0,20	0,33	1,7	1,4	2,3	0,9	0,31	0,67
PCB 156°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,2	<0,20	0,23	<0,20	<0,20	<0,20
PCB 180°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1	0,28	1,2	0,47	<0,20	0,32
PCB 209°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Σ PCB	0	0	0	0,33	6,73	2,87	8,27	3,92	0,58	2,16
Σ PCB <sub>7</sub>	0	0	0	0,33	6,19	2,87	7,64	3,72	0,58	2,16
	Område I Mjøsa utenfor Esperen				Område III Åkersvika			Område II Åkersvika mellom bruene		

stasjon	8	9	10	11	12	13	14	15
PCB-kongen								
PCB 28°	<0,20	<0,20	0,23	<0,20	<0,20	2,1	<0,20	<0,20
PCB 52°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	2,1	<0,20	<0,20
PCB 101°	0,33	<0,20	0,52	<0,20	<0,20	5,3	<0,20	<0,20
PCB 118°	0,9	<0,20	0,4	<0,20	<0,20	2,9	<0,20	<0,20
PCB 105°	<0,20	<0,20	0,27	<0,20	<0,20	1,4	<0,20	<0,20
PCB 153°	0,86	<0,20	1,5	<0,20	<0,20	10	<0,20	<0,20
PCB 138°	1,7	<0,20	2,7	<0,20	<0,20	12	<0,20	0,41
PCB 156°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1,3	<0,20	<0,20
PCB 180°	0,98	<0,20	1,5	<0,20	<0,20	10	<0,20	<0,20
PCB 209°	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,33	<0,20	<0,20
Σ PCB	4,77	0	7,12	0	0	47,43	0	0,41
Σ PCB <sub>7</sub>	4,77	0	6,85	0	0	44,4	0	0,41
	Område IV Båthavnsvika							

**Tabell 6.** Kornstørrelse og innhold av organisk stoff i de undersøkte sedimenter.

Stasjon	Korn < 63 $\mu\text{m}$ % tørrvekt	Glødetap	GT %
5	2	1,6	
6	1	1,2	
7	8	2,1	
8	22	4,3	
9	14	1,0	
10	14	3,4	
11	55	1,4	
12	15	1,1	
13	48	12,9	
14	8	1,0	
15	19	1,3	
B	72	13,3	
C	43	8,2	
D	60	6,1	
E	17	16,2	
F	32	11,0	
G	28	7,0	
M7	18	6,2	

**Vedlegg C. Rådata fra undersøkelsen i 1999**

Tabell 5. Konsentrasjonene av utvalgte PCB-kongener i sedimenter fra NSB's båthavn i Åkersvika og fra Mjøsa utenfor Esperen. Sedimentprøvene er tatt i 1999. Sedimentprøvene er fra de øverste 2cm. PCB-kongenerene merket ° tilhører gruppen som inngår i sum PCB7 ("seven dutch"). Alle konsentrasjoner er oppgitt i µg/kg tørrvekt.

NIVA kode	Variabel	1	2	3	4	5	6	7	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Glødetap	GT%	4,9	4,8	7,2	6,2	3,4	1,4	3,0	5,0	5,3	3,5	4,2	4,1	2,4	7,0	7,3
CB28-Sm	PCB 28°	1,6	1,3	1,8	1,4	0,24	0,06	0,15	0,47	0,34	0,12	0,19	0,10	0,07	0,33	0,19
CB52-Sm	PCB 52°	0,59	4,1	0,69	0,65	0,09	0,08	0,18	0,35	0,32	0,71	0,30	0,12	0,11	0,53	0,22
CB101-Sm	PCB101°	1,1	1,4	1,1	0,83	0,26	<0,05	0,13	0,60	0,29	0,15	0,20	0,12	0,10	0,29	0,43
CB118-Sm	PCB118°	0,84	0,80	0,76	0,87	0,13	<0,05	0,09	0,37	0,35	0,12	0,15	0,08	0,09	0,27	0,23
CB105-Sm	PCB105	0,46	0,63	0,45	0,35	0,13	<0,05	0,06	0,24	0,19	0,15	0,08	0,06	0,05	0,17	0,17
CB153-Sm	PCB153°	1,1	1,8	1,1	0,90	0,20	<0,05	0,16	0,64	0,27	0,41	0,21	0,15	0,12	0,39	0,62
CB138-Sm	PCB138°	1,2	1,9	1,2	1,4	0,42	0,06	0,12	0,72	0,29	0,21	0,20	0,15	0,13	0,34	0,61
CB156-Sm	PCB156	0,23	0,39	0,21	0,18	0,17	<0,05	<0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,12
CB180-Sm	PCB180°	0,72	1,4	0,70	0,54	0,14	<0,05	0,14	0,44	0,15	0,10	0,13	0,09	0,08	0,33	0,53
CB209-Sm	PCB209	0,05	<0,05	0,06	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05
ΣPCB	ΣPCB	7,9	14	8,1	7,2	1,8	0,20	1,0	4,1	2,3	2,0	1,5	0,87	0,75	2,8	3,1
ΣPCB7	ΣPCB7	7,2	13	7,4	6,6	1,5	0,2	0,97	3,6	2,0	1,8	1,4	0,81	0,70	2,5	2,8
	PCB118/PCB153	0,76	0,44	0,69	0,97	0,65	-	0,56	0,58	1,29	0,29	0,71	0,53	0,75	0,69	0,37
Område I Mjøsa utenfor Esperen																
NIVA kode	Variabel	A	B	C	D	E	F	G	8	9	10	11	12	13	14	15
Glødetap	GT%	10	12	1,3	5,0	1,0	11	7,4	21	21	20	29	38	13	14	12
CB28-Sm	PCB 28°	0,31	0,39	0,07	0,18	0,05	0,41	0,29	1,9	3,7	4,3	6,0	6,0	1,6	1,5	2,1
CB52-Sm	PCB 52°	0,29	0,34	0,32	0,40	0,23	0,26	0,24	1,3	2,5	2,9	11	3,9	0,86	0,77	1,0
CB101-Sm	PCB101°	0,79	1,1	0,09	0,47	0,08	0,81	0,52	4,9	8,6	9,3	7,3	14	2,1	1,7	2,3
CB118-Sm	PCB118°	0,56	0,79	0,07	0,36	0,15	0,61	0,46	2,7	15	5,7	5,9	8,3	1,4	1,2	1,6
CB105-Sm	PCB105	0,33	0,49	<0,05	0,30	0,09	0,36	0,25	2,3	2,6	7,2	6,5	4,3	1,4	0,82	1,1
CB153-Sm	PCB153°	1,0	1,4	0,07	0,72	0,07	1,1	0,80	10	18	16	16	25	3,1	2,0	3,3
CB138-Sm	PCB138°	1,1	1,6	0,06	0,71	0,07	1,1	0,78	17	29	31	17	40	3,6	2,2	3,0
CB156-Sm	PCB156	0,21	0,27	<0,05	0,15	<0,05	0,20	0,19	1,8	2,8	2,4	2,6	4,3	0,62	0,34	0,68
CB180-Sm	PCB180°	0,66	0,96	<0,05	0,49	0,05	0,71	0,52	12	18	17	18	24	2,6	1,5	2,8
CB209-Sm	PCB209	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	0,06	0,45	0,65	1,3	0,7	0,12	0,08	0,12
ΣPCB	ΣPCB	5,3	7,4	0,68	3,78	0,79	5,7	4,1	54	101	96	92	131	17	12	18
ΣPCB7	ΣPCB7	4,7	6,6	0,68	3,3	0,7	5,0	3,6	50	95	86	81	121	15	11	16
	PCB118/PCB153	0,56	0,56	1,0	0,5	2,1	0,55	0,56	0,27	0,83	0,36	0,37	0,33	0,45	0,6	0,48
Område III Åkersvika				Område II Åkersvika mellom bruene				Område IV Båthavsvika								

Vedlegg D. Oljeforurensning i "Båthavnsvika".

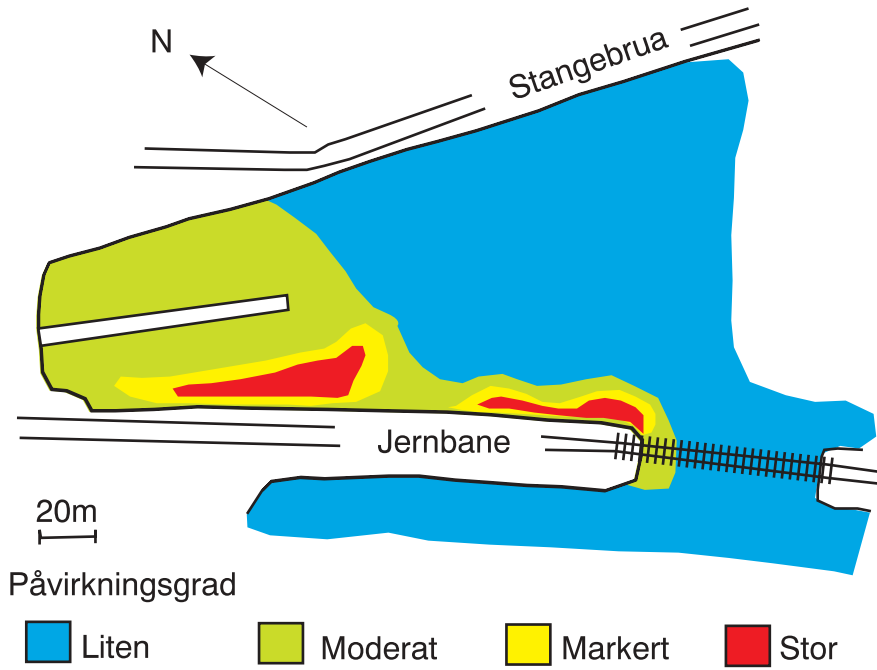


Fig. A Forekomst av oljeforbindelser i Åkersvika Naturreservat ved NSBs båthavn.