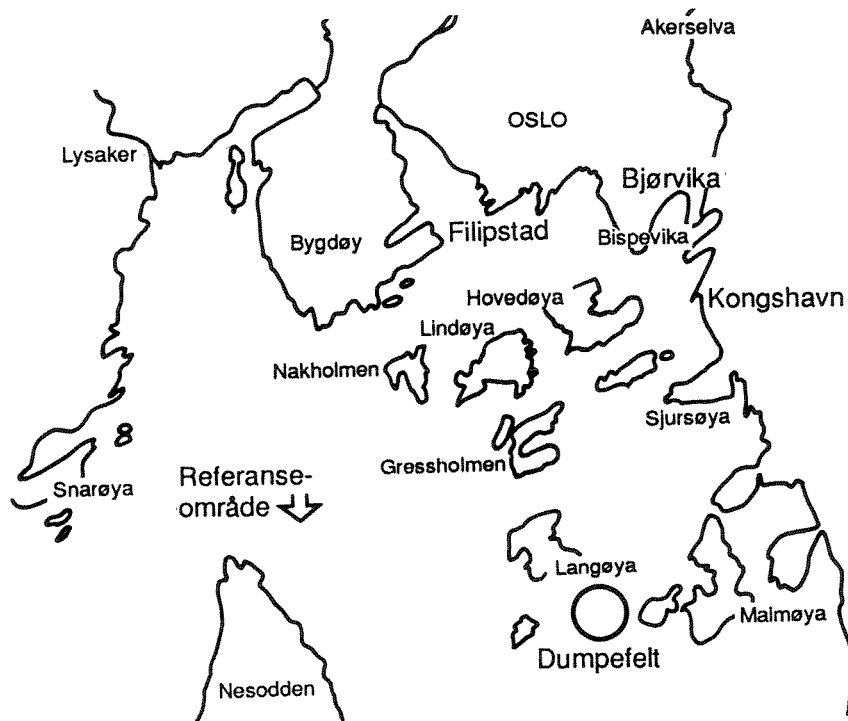


O-91150

Kartlegging og vurdering av forurensnings-situasjonen i bunnsedimenter fra Oslo havneområde



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-91150	Undernr.:
Løpenr.: 2696	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 95 21 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen - Sandviken Telefon (47 5) 95 17 00 Telefax (47 5) 25 78 90	Akvaplan-NIVA AS Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	--	---

Rapportens tittel: KARTLEGGING OG VURDERING AV FORURENSNINGS-SITUASJONEN I BUNNSSEDIMENTER FRA OSLO HAVNEOMRÅDE.	Dato: 27.02.92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Roger M. Konieczny	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 52	Opplag: 150

Oppdragsgiver: Oslo Havnevesen	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
-----------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Med bakgrunn i planlagt med mudring av bunn og utfylling og dumping av løsmasser i Oslo havneområde, er totalt 15 sedimentprøver fra flere lokaliteter i Oslo Havn undersøkt for innholdet av miljøgifter. Analysene omfatter tungmetaller (Hg, Cd og Pb), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), utvalgte klorerte hydrokarboner (5CB, HCB og OCS), pestisider (heksaklorsyklusheksan (α -HCH), lindan (γ -HCH), DDD, DDE og DDT) og total hydrokarboner (THC/olje). Nivåene av miljøgifter er tildels høye i hele undersøkelsesområdet, spesielt i Bjørvika og ved Kongshavn og sedimentene må karakteriseres som moderat til sterkt forurenset, både i overflatelaget (0-2 cm) og i de underliggende lag ned til ca. 50 cm dyp.

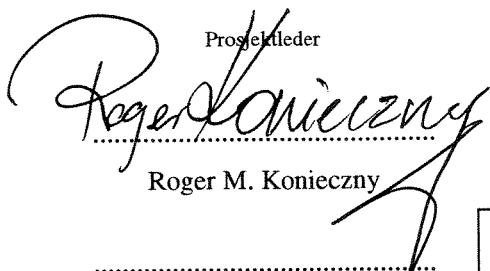
4 emneord, norske

1. Oslofjorden
2. Sedimenter
3. Tungmetaller
4. Organiske miljøgifter

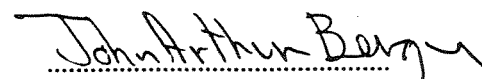
4 emneord, engelske

1. Oslofjorden
2. Sediments
3. Heavy metals
4. Organic contaminants

Prosjektleder


.....
Roger M. Konieczny
.....

For administrasjonen


.....
John A. Berge
.....

ISBN82-577-2054-2

Norsk institutt for vannforskning - NIVA

O-91150

**KARTLEGGING OG VURDERING AV FORURENSNINGS-
SITUASJONEN I BUNNSEDIMENTER FRA OSLO HAVNEOMRÅDE**

Oslo, 27. februar 1992

Prosjektleder: Roger M. Konieczny

Medarbeidere: Lasse Berglind

Einar M. Brevik

Liv Bryn

Unni Efraimsen

Aud Helland

Frank Kjellberg

Grete L. Sigernes

Tom Tellefsen

Mats Walday

FORORD

På oppdrag av Oslo Havnevesen, utarbeidet Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) et forslag til undersøkelser av bunnsedimentene i Oslo havneområde, datert 17. juni 1991, senere revidert den 28. oktober 1991. Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært, Havnekaptein Tor Berg og senere Havneinspektør Asbjørn Sandnes.

Det er under prosjektets gang rapportert fortløpende til oppdragsgiver i 4 fremdriftsrapporter:

Fremdriftsrapport 1: Forundersøkelse ("hurtiganalyse") for innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer, PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) og total hydrokarboner/olje (THC) i en sedimentprøve fra bunnen utenfor Loelvas munning, Kongshavn. (19. november 1991).

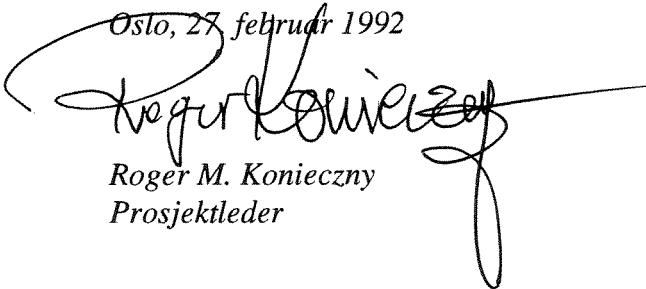
Fremdriftsrapport 2: Resultater for innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer, PAH), i overflatesedimenter og ulike sedimentnivåer, fra Filipstad, Bjørvika og Kongshavn, i relasjon til kjente nivåer i indre fjordområde. (7. januar 1992).

Fremdriftsrapport 3: Konsentrasjoner av tungmetallene, kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb) i bunnsedimentene utenfor Filipstad, i Bjørvika, ved Kongshavn og på dumpefeltet utenfor Malmøykalven. (17. januar 1992).

Fremdriftsrapport 4: Konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB), andre klororganiske forbindelser (5CB, HCB, OCS), Lindan (γ -HCH), α -HCH og pestisider (DDE, DDD, DDT) i bunnsedimentene utenfor Filipstad, i Bjørvika og ved Kongshavn. (5. februar 1992).

Ved NIVA har Roger M. Konieczny ledet prosjektet. Feltarbeidet ble utført av Unni Efraimsen, Frank Kjellberg, Aud Helland og Mats Waldøy, alle NIVA. Ved NIVAs laboratorier har Einar M. Brevik og Lasse Berglind ledet det organiske analysearbeidet. Metallanalyser ble utført av Liv Bryn og hennes medarbeidere. Eksternt analysearbeid ble foretatt ved Senter for Industrieforskning (SI), av Arne Lund Kvernheim, Grete Tveten, Nina Gjøs og Tone Øfsti.

Oslo, 27. februar 1992


Roger M. Konieczny
Prosjektleder

INNHold	SIDE
FORORD	2
SAMMENDRAG	4
1. BAKGRUNN OG MÅLSETTING	6
2. OMRÅDEBESKRIVELSE OG FELTARBEID	7
2.1 Områdebeskrivelse	7
2.2 Feltarbeid	7
3. PRØVETAKING OG ANALYSER	11
3.1 Prøvematerialet	11
3.2 Tungmetall-analyser	11
3.3 Organiske analyser	11
3.4 Bakgrunnsnivåer og forurensningsgrader	13
4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER	15
4.1 Sedimentundersøkelser	15
4.2 Andre undersøkelser	16
5. RESULTATER OG EVALUERING	18
5.1 Forundersøkelse ("hurtiganalyse")	18
5.2 Tungmetaller	18
5.3 Organiske miljøgifter	23
5.3.1 Polyklorerte bifenyler-PCB	23
5.3.2 Andre klorerte forbindelser	24
5.3.3 Total hydrokarboner-THC	25
5.3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner-PAH	25
5.4 Evaluering av belastning	27
5.4.1 Referanseområdet (Sone 3B)	27
5.4.2 Dumpefeltet ved Malmøykalven (Sone 2)	27
5.4.3 Kongshavn (Sone 1)	28
5.4.4 Bjørvika (Sone 1)	29
5.4.5 Filipstad (Sone 1)	29
6. REFERANSER	31
VEDLEGGSTABELLER	35
VEDLEGG	39

SAMMENDRAG

Siden slutten av 60-tallet er det påvist forhøyede nivåer av tungmetaller, som bly, kobber og sink, i bunnsedimentene i flere områder i Indre Oslofjord (Doff 1969). Mot slutten av 1970-årene synes nivåene fortsatt å være vedvarende høye. I denne perioden ble det registrert høye konsentrasjoner av kvikksølv i flere områder og de første indikasjoner på kontaminering av organiske miljøgifter, bl.a. polyklorerte bifenyler (PCB), ble rapportert (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979). Kartlegging av klororganiske forbindelser og tungmetaller i sedimenter, ble intensivt noe gjennom det neste tiåret og omfattet etterhvert også målinger i vannsøylen og nivåer i organismer (jfr. bl.a. Abdullah et al. 1982, Ringstad 1983, Abdullah 1986, Agerup 1986, Green 1987b, 1989a, 1989b).

Nyere data indikerer at situasjonen ikke er vesentlig endret og at miljøgiftnivåene i sedimentene og organismer i deler av indre fjordområde, fortsatt er tildels høye (Green 1991, 1992, Konieczny 1991). Dette gir grunnlag for følgende oppsummering med vurderinger:

1. De påviste kvikksølv-verdiene, 0.41-5.86 mgHg/kg tørt sediment, indikerer at alle lokaliteter i undersøkelsesområdet, er fra moderat til sterkt forurensset, både i overflatelagene og i de underliggende lag (Tabell 1). Konsentrasjonen av kvikksølv var størst i Bjørvika, hvor den høyeste enkeltverdien ble registrert øst i innløpet (17-22cm sediment dyp), tilsvarende 39x et antatt bakgrunnsnivå. Dette synes å være i overensstemmelse med tidligere undersøkelser fra området rundt utløpet av Akerselva.
2. Kadmium-konsentrasjonene lå i intervallet 0.28-5.11 mgCd/kg tørt sediment i overflatelaget. Høyeste enkeltverdi, også målt øst i Bjørvika (17-22cm), var 11.6 mgCd/kg. Dette tilsvarer 46x bakgrunnsnivå og synes å være noe høyere enn hva som tidligere er rapportert for Cd i indre havneområde. Trolig er dette den høyeste konsentrasjonen som er rapportert for Indre Oslofjord. Det ble det målt Cd-konsentrasjoner ned mot bakgrunnsnivå, i referanseområdet (Sone 3B) og nord i dumpfeltet (Sone 2). Resterende lokaliteter er markert til sterkt belastet med Cd (Tabell 1).
3. Konsentrasjonene av bly varierte noe mindre enn for de andre metallene og viste kun en svak økning i konsentrasjoner ned i dypere lag. De målte nivåer lå i intervallet 55.5-387 mgPb/kg tørt sediment i overflatelaget og indikerer en moderat til betydelig forurensning (Tabell 1). Høyeste enkeltverdi, som for de andre metallene, ble målt i i prøven fra Bjørvika, og var på 529 mgPb/kg tørt sediment. Dette tilsvarer 18x over bakgrunnsnivå. Overflatenivåene synes å være sammenlignbare med hva som er målt tidligere i store deler av Indre Oslofjord, men ligger generelt noe lavere enn nivåer tidligere registrert i Bekkelagsbassenget.
4. Den undersøkte sedimentprøven fra Kongshavn (Sone 1), inneholdt 7400 mgTHC/kg tørt sediment og må karakteriseres som sterkt forurensset av total hydrokarboner/olje (Tabell 1). Dette tilsvarer tilnærmet 750x det som er ansett å være et høyt normalnivået i Nordsjøsedimenter. Analysen av THC er kun representativ for området Kongshavn og gir ikke grunnlag for vurdering av omfanget av denne belastningen i undersøkelsesområdet.
5. PCB-nivåene i overflatesedimentene var gjennomgående noe lavere enn konsentrasjoner målt i de underliggende lag på flere lokaliteter. Verdiene som ble estimert som total PCB, lå mellom 0.15-0.82 mgPCB/kg tørt sediment. Den høyeste verdien tilsvarer ca. 165x et

antatt høyt bakgrunnsnivå. Sedimentene i hele undersøkelsesområdet må karakteriseres som sterkt PCB forurenset (Tabell 1) og nivåene var høyest i områdene Bjørvika og Kongshavn (Sone 1). PCB belastningen i Indre Oslofjord har endret seg lite gjennom de siste 15 årene.

6. Forekomsten av pestisider og andre klororganiske komponenter (HCB, sum HCH, sum DDT o.a.), var ikke like fremtredende som nivåene av total PCB. Både enkeltvis og samlet synes disse komponentene, å være jevnt fordelt både i overflaten og i de dypere sedimentlag. Samlet kom de 8 undersøkte forbindelsene maksimalt opp i 40 µg/kg tørt sediment (ppb), i sedimentene ved Kongshavn. Dette indikerer at sedimentene er noe belastet (Tabell 1). Det bemerkes at DDT nivåene tidligere er funnet å være ekstremt høye lokalt, spesielt i deler av det indre havneområdet (Sone 1), hvor det målt hele 1.7 mgDDT/kg tørt sediment og som er 213x høyeste nivå som ble registret i denne undersøkelsen.
7. Sedimentene i hele undersøkelses området må anses å være sterkt forurenset med polysykliske aromatiske hydrokarboner (tjærestoffer) og nivåene lå generelt mellom 3-30 mgPAH/kg. Lokalt kan konsentrasjonene komme opp i ca. 100 mg/kg tørt sediment. Summen av de potensielt kreftfremkallende komponentene (sum KPAH) varierte mellom 20-40% som anses å være relativt høyt. Videre tyder dette på at de lette og flyktige komponentene ikke lenger er til stede i sedimentene og at PAH-sammensetningen domineres av de tunge komponentene (Næs og Oug 1991). Den høyeste registrerte verdien på 98 mgPAH/kg ved Kongshavn, tilsvarer ca. 200x et høyt bakgrunnsnivå.

Tabell 1. Sammenfattende vurdering av forureningsgraden av tungmetaller og organiske miljøgifter i undersøkelsesområdet, Indre Oslofjord, basert på foreslått klassifikasjon (Knutzen og Skei 1990).

Lokalitet	Hg	Cd	Pb	PCB ¹	CHC ²	PAH ³	THC ⁴
Filipstad	Betydelig forurenset	Betydelig forurenset	Betydelig forurenset	Sterkt forurenset	Lite forurenset?	Sterkt forurenset	Betydelig forurenset?
Bjørvika	Sterkt forurenset	Sterkt forurenset	Betydelig forurenset	Sterkt forurenset	Lite forurenset?	Sterkt forurenset	Sterkt forurenset?
Kongshavn	Betydelig forurenset	Sterkt forurenset	Betydelig forurenset	Sterkt forurenset	Moderat forurenset?	Sterkt forurenset	Sterkt forurenset
Dumpefeltet	Betydelig forurenset	Betydelig forurenset	Moderat forurenset	Sterkt forurenset	-	Sterkt forurenset	Betydelig forurenset?
Referansen	Betydelig forurenset	Lite forurenset	Betydelig forurenset	Sterkt forurenset	Lite forurenset?	Betydelig forurenset	Betydelig forurenset?

1) Total PCB estimert fra PCB₇ x2 (se diskusjon i tekst).

2) Sum av andre klororganiske forbindelser; 5CB, HCB, pestisider etc., (?) = usikre pga. mangelfull informasjon om bakgrunnsnivåer.

3) Sum av 27 PAH-komponenter.

4) (?) = Antatte nivåer basert på forekomst av aromater, som utgjør en del av THC.

1. BAKGRUNN OG MÅLSETTING

For å kunne drive normal havnedrift i Oslo Havn er Oslo Havnevesen i perioder nødt til å utføre mudringsarbeid, bla. for å opprettholde tilfredstillende seilingsdyp. Hovedårsaken til redusert seilingsdyp er tilførsel av sedimenter via elvene, som munner ut i de indre deler av fjorden. Mudring kan også være nødvendig ved modernisering og utbygging av kaianlegg. I slike tilfeller tilføres ofte de aktuelle kaiområdene store mengder løsmasser til fundamentering. Utfyllinger kan i sin tur føre til at de bløte bunnmassene presses opp.

I forbindelse med pågående mudring av bunn, utfylling og dumping av løsmasser, har behovet for å undersøke bunnsedimentene på flere lokaliteter i Oslo Havn meldt seg. Det stilles stadig større krav til å undersøke innhold av miljøgifter i de masser som skal flyttes, fjernes eller tilføres fjorden. Tidligere undersøkelser har vist at store deler av de indre fjordområder er tildels kraftig forurenset både av tungmetaller og en rekke organiske miljøgifter (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979, Ringstad 1983 og Konieczny 1991). Dette skyldes at fjorden i flere tiår er tilført miljøgifter via luft og vann, fra lokal industri, husholdning, trafikk, avrenning og andre aktiviteter. Mange av miljøgiftene omsettes meget sakte i naturen, slik at disse hele tiden akkumuleres i bunnsedimentene.

Generelt kan man si at betydningen av sedimentlageret vil være begrenset når de forurensete sedimentene får ligge uforstyrret. Forstyrrelser, som propellvann, mudring o.l., men også naturlige prosesser (vind, bølger, strøm), kan føre til en uønsket spredning av miljøgiftene. Mange av de påviste stoffene, som for eksempel kvikksølv, kadmium og tjærestoffer (PAH) har påvisbare negative effekter i det marine miljø.

Oslo Havnevesen har bedt NIVA om å undersøke bunnsedimentene på en del lokaliteter med pågående og planlagte aktiviteter. Undersøkelsen har under tiden endret noe karakter gjennom gjentatte utvidelser av antallet prøvelokaliteter, antallet prøver og analyseparametere. Målsettingen kan sammenfattes slik:

1. Å kartlegge nivåer av utvalgte tungmetaller og organiske miljøgifter i de øvre sedimentlag (0-2cm) og tildels i underliggende lag (<50cm), i noen utvalgte områder i Oslo Havn.
2. Å vurdere forureningsgrader og belastning i disse områdene, basert på de påviste konsentrasjoner av de ulike miljøgiftene i sedimentene.
3. Å sammenligne resultatene med tidligere undersøkelser i Oslofjorden.

Denne rapporten vil være et innspill til forureningsmyndighetene i reguleringen av fremtidige mudrings-, dumpings- og utfyllingsaktiviteter i Oslo havneområde. Videre er den en innledende og orienterende del av en større kartleggingsundersøkelse, som vil omfatte hele det området hvor det i dag drives havnedrift fra Oslo Havnevesens side.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE OG FELTARBEID

2.1 Områdebeskrivelse

Indre Oslofjord kan defineres som området nord for Drøbak. Det er funnet hensiktsmessig for å inndele fjorden inn i geografiske soner grovt sett basert på de ulike bassengenes naturlige avgrensning.

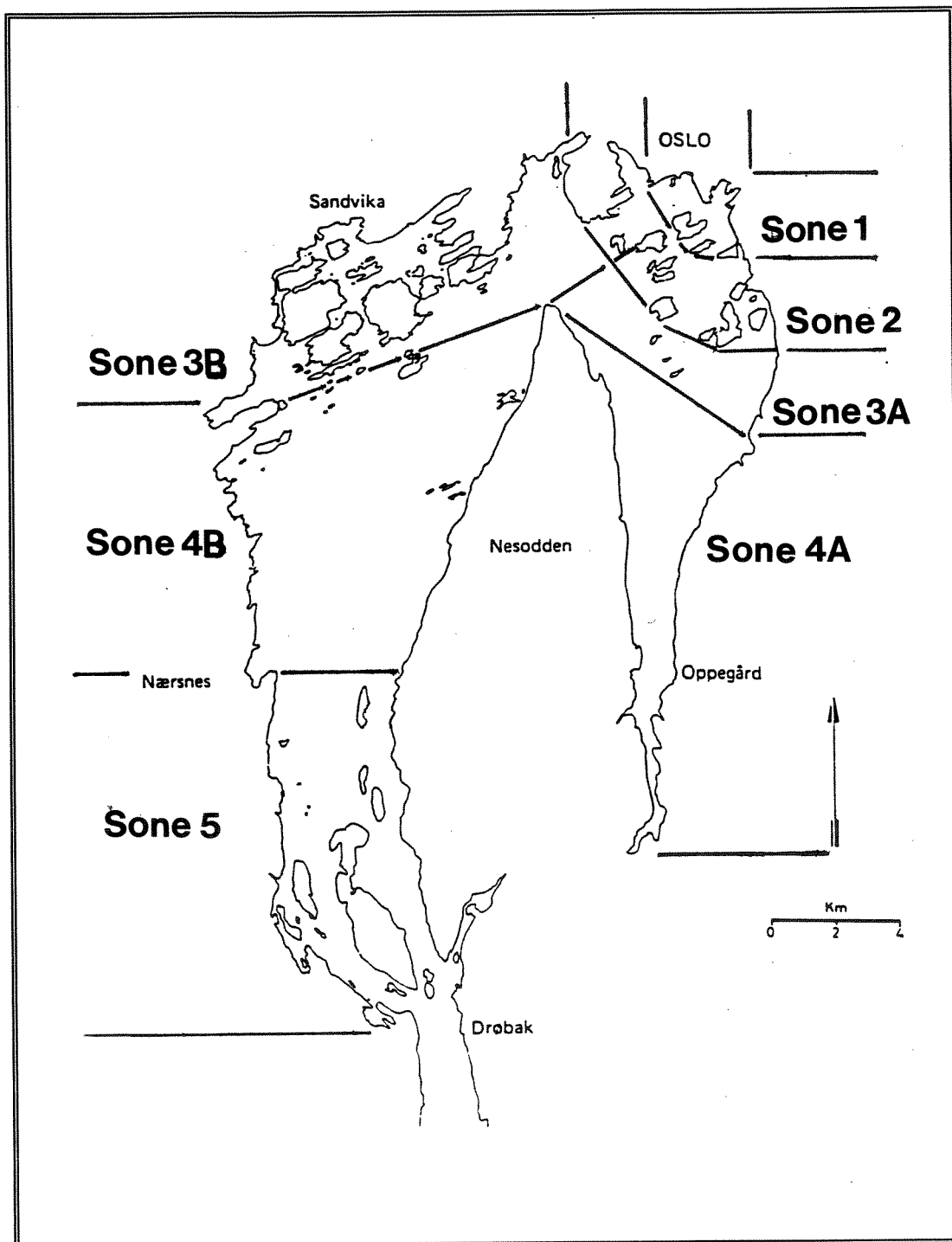
Sedimenttilveksten i det indre fjordområdet varierer og kan lokalt komme opp i 5mm/år (Risdal 1963). Skei og Paus (1979) anslo sedimenttilveksten i Bunnefjorden (Sone 4A), til å være 4.8mm/år ved hjelp av Pb²¹⁰-datering. Dette ble også senere bekreftet av Skei og Melsom (1982), som beregnet en hastighet på 4-5mm/år. Med ulike metoder er sedimentasjonshastigheten antatt å være gjennomsnittlig ca. 1-2mm/år i de dype bassengene (Abdullah 1986, Haugen 1986). En må anta noe lavere hastigheter i grunne områder, på grunn av turbulens og resuspensjon. Basert på dette vil 0-2cm laget representere 10-20 års sedimentasjon og det ble av den grunn valgt å ikke prøveta dypere enn ca. 50cm.

2.2 Feltarbeid

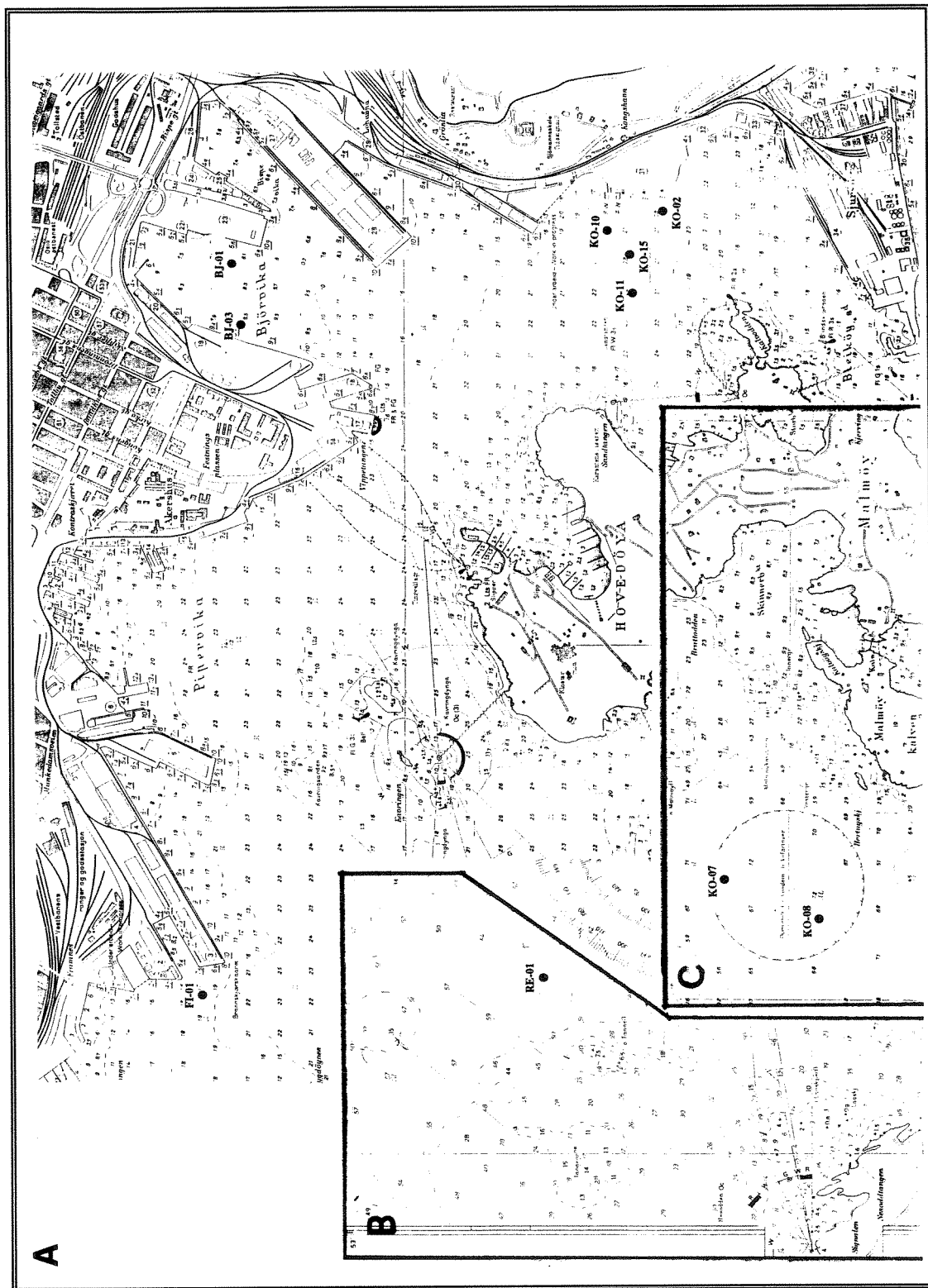
De respektive prøvestasjoner beliggenhet er vist i Fig. 2. Undersøkellesområdet som rapporten omfatter, utgjøres av lokaliteter innenfor Sone 1 (Filipstad, Bjørvika og Kongshavn) og Sone 2 (dumpefeltet). I tillegg ligger den utvalgte "referansestasjon" i Sone 3B (Fig. 1). De enkelte lokaliteter er nærmere beskrevet og gjenngitt i tabell 2 nedenfor.

Tabell 2. Data vedrørende prøvestasjonenes beliggenhet i undersøkelsesområdet og stasjonsbeskrivelse, med referanse til Fig. 2.

OMRÅDE/ LOKALITET	POSISJON	KJERNE Nr.	STASJONSBESKRIVELSE	VANN DYP	SONE
Filipstad	N595444 Ø104260	FI-01	Utenfor nytt kaianlegg syd for Hjortneskaia, utløpet av Frognerkilen	16m	1
Bjørvika	N595442 Ø104514	BJ-01	Øst i munningen av Bjørvika, vest for Akerselvas munning	6.5	1
	N595438 Ø104494	BJ-03	Vest i munningen mot kaianlegg, Revierbrygga	10.8m	1
Kongshavn	N595367 Ø104531	KO-02	Langs utfylling i Kongshavn, syd for Loelvas munning	7m	1
	N595377 Ø104522	KO-10	Ved mudringsbøye i utløprt av Loelva, Kongshavn	2.2m	1
	N595373 Ø104502	KO-11	Vest av mudringsbøye sentralt i hovedskipsleia	17m	1
	N595373 Ø104515	KO-15	På linje mellom mudringsbøye og stasjon KO-11	12m	1
Dumpefeltet	N595216 Ø104420	KO-07	Nord i dumpefeltet vest for Malmøykalven	70m	2
	N595202 Ø104409	KO-08	Syd i dumpefeltet vest for Malmøykalven	70m	2
Referansen	N595277 Ø104060	RE-01	Nordøst av Nesoddtangen	60m	3A



Figur 1. Kart over Indre Oslofjord, med geografisk soneinndeling. Sone 1 begrenser seg til området innenfor linjen Filipstad - Hovedøyas sydspiss - Ormsundet og utgjør Vesthavna, Sentralhavna og Østhavna. Den ytre begrensnig av Sone 2 går fra Huk - Langøya syd - Malmøyodden - Nordstrand. Videre er Sone 3 todelt, hvor Sone 3A begrenses i syd og vest av linjen Lindøya syd - Nesoddtangen - Hvervenbukta og Sone 3B, tilsvarende, av linjen Lindøya syd - Nesoddtangen - Konglungen. Resten av Bunnefjorden er kalt Sone 4A og Sone 4B begrenses i syd av linjen mellom Nærnes og Nesoddlandet. Sone 5 utgjør resten av Indre Oslofjord.



Figur 2. Kart over undersøkelsesområdet i indre Oslofjord. Stasjoner for prøvetaking av sedimenter er angitt.
 A: Filipstad, Bjørnvika og Kongshavn. B: Nesoddtangen. C: Malmøykalven.

Feltarbeidet ble gjennomført i to omganger. Den 10. oktober 1991, ble "M/S Siddis Girl" benyttet til innledende prøvetaking i området fra Kongshavn til Bekkelagsbassenget. Det ble også innhentet sedimenter fra dumpefeltet vest for Malmøykalven (Fig. 2). Det ble totalt tatt 8 sedimentkjerner under dette feltarbeidet, hvorav 3 utvalgte ble benyttet i undersøkelsen (se Tabell 3).

Hovedinnsamlingen av sedimenter ble gjort den 31. oktober 1991 med "F/F Trygve Braarud", i områdene Filipstad, Bjørvika, Kongshavn og i "referanseområdet" nord for Nesoddtangen (Fig. 2). "Referanseområdet" (i det følgende kalt referansen), ble valgt som sammenlikningsgrunnlag for antatt mer belastede sedimenter lenger inn i havneområdet. Totalt ble det tatt 9 sedimentkjerner, hvorav 7 ble benyttet videre (Tabell 3).

Selve prøvetakingen ble utført med en gravitasjonsprøvetaker (Niemistö 1974), som er egnet for sedimentkjerner av inntil 0.5-1m lengde, noe avhengig av sedimentenes beskaffenhet. Alle kjerner ble snittet i 0-2cm nivået og sedimentmaterialet oppbevart i egnet emballasje for analyse. Basert på kjernelengde og visuell vurdering av sedimentkvaliteter, ble det tatt noen snitt fra dypere nivåer i noen av kjernene (<50cm).

3. PRØVEMATERIALET OG ANALYSER

3.1 Prøvematerialet

Totalt ble det valgt ut 15 sedimentprøver fra det innsamlede materialet, hvorav 14 ble analysert med hensyn på innhold av tungmetallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd) og bly (Pb). Alle 15 prøver ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Videre ble 13 prøver analysert for innhold av polyklorerte bifenyler (PCB) og relaterte klororganiske forbindelser.

En utvalgt sedimentprøve, KO-14 (12-17 cm sedimentdyp), fra bunnen utenfor Loelvas munning i Kongshavn (Tabell 3), ble tidlig i undersøkelsen analysert separat ved Senter for Industriforskning (SI). Prøven ble sendt til forundersøkelse ("hurtiganalyse") for innhold PAH, PCB, samt total hydrokarboner (THC) eller olje, og skulle være retningsgivende for valg av analysekomponenter. Metaller ble ikke analysert i dette tilfelle (Tabell 4).

Av det analyserte materiale stammer 10 av prøvene fra de øvre 2cm av sedimentene. De resterende 5 prøver er tatt fra varierende sedimentdyp, for å indikere eventuelle variasjoner i miljøgiftkonsentrasjonene i de underliggende lag (Tabell 3). Tørrstoffinnholdet i prøvematerialet var på ca. 30-50% (jfr. vedlegg 4 og 5).

3.2 Tungmetall-analyser

Forurensningsmyndighetenes liste over prioriterte tungmetaller i miljøgiftanalyser av marine sedimenter, omfatter de 8 metallene kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), krom (Cr) og arsen (As). På bakgrunn av tidligere og nylig fremkomne data ble det valgt å konsentrere undersøkelsen om de tre mest fremtredende av disse; Hg, Cd og Pb. Disse synes å forekomme i forhøyede konsentrasjoner i store deler av Indre Oslofjord, mens de resterende kun har høy forekomst lokalt (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979 og Konieczny 1991).

Metallanalysene er gjort ved flamme-atomabsorpsjon etter frysetørring av ufraksjonerte sedimentprøver og påfølgende oppslutning i 50% salpetersyre (HNO_3).

3.3 Organiske analyser

De anvendte analysemetoder for PCB, ved henholdsvis SI og NIVA, avviker noe i beregning av konsentrasjoner og kan ikke sammenlignes direkte. Ved SI er det analysert på total PCB, dvs. summen av de 209 komponentene som teoretisk kan være til stede (jfr. metode i vedlegg 1). Ved NIVA er det analysert på de antatt 7 viktigste PCB komponenter ("the seven Dutch"), som omfatter PCB nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. Disse utgjør samlet normalt ca. 50% av total PCB (L. Berglund pers. med) og blir i det følgende angitt som PCB₇. Martinsen et al. (1991) angir for biologisk materiale total PCB = 1.5xPCB₇, men dette vurderes å være lavt av Berge (1991) hvor det angis en faktor på 2.4. Det er foreløpig ukjent om dette lå seg overføre til sedimenter, men det er i denne undersøkelsen likevel valgt å multiplisere målte verdier for PCB₇ med en faktor på 2 (middelverdi), som estimerer for tilnærmede verdier av total PCB.

Tabell 3. Beskrivelse av de undersøkte sedimentkjernene og prøvematerialet fra lokaliteter i undersøkelsesområdet, Indre Oslofjord.

PRØVE Nr.	KJERNE LENGDE	PRØVE NIVÅ	KJERNE BESKRIVELSE
FI-01 FI-02	45cm	0-2cm 12-17cm	Topplag 5cm brungrønt løst slam, over i noe fastere leire ned mot 10cm. Fra 10-15cm innslag av grov, glimmerrik sand, fyllingsmasse?. Sort overgangslag 15-20cm av siltig leire, iblandet glimmersand, svak H ₂ S-lukt. Lysere grå fast leire mot bunnen.
BJ-01 BJ-02	45cm	0-2cm 17-22cm	Topplag 1 cm brungrønt løst slam, etterfulgt av sort løst slam, noe fastere ned mot 15cm. Metan-gass bobbler og kraftig H ₂ S-lukt. Fast tjære/oljeaktig sort sediment mot bunnen. Lukt og svetting av petroleum.
BJ-03		0-2cm	Topplag 3cm tykt grågrønt med innslag av sort, løst slam. Noe fastere gråsort leire fra 7cm. Petroleums-lukt. Fastere grå leire mot bunnen.
KO-02	67cm	0-2cm	Topplag 3cm gråsort løst slam med svak H ₂ S-lukt. Sort siltig leire ned mot 20cm. Derfra noe finere, mørkgrå til sort tjæreaktig leire, som igjen ble grovere mot bunnen. Grov sand.
KO-10	27cm	0-2cm	Topplaget 4cm med løst brungrønt slam. Veksling sort og grå siltig leire, sandholdig mot bunnen. Det meste av kjernen luktet og "svettet" olje/tjære.
KO-11 KO-12 KO-13	55cm	0-2cm 32-37cm 42-47cm	Topplag 5cm med løst sort slam med Nematoder. Metan-gass bobbler. Sort og grå blandet siltig leire, Olje/tjæreaktig noe lysere mot bunnen.
KO-15 KO-14	44cm	0-2cm 12-17cm	Topplag 1cm brungrønt slam. Under dette løst sort slam ned til 10cm med svak lukt av petroleum. Går derfra over i fastere sort olje/tjæreaktig leire ned til bunnen.
KO-07	23cm	0-2cm	Topplaget blanding av grå, hvitt og sort grovt materiale, iblandet noe slam, 2cm tykt. Resten av kjernen grå fastere leire. Dumpemasse ?
KO-08	10cm	0-2cm	Topplaget 3cm tykt, grå leire med mye sorte og hvite, grove fragmenter. Dumpemasse? Svak H ₂ S-lukt. Fastere grå leire nedre 7cm.
RE-01	54cm	0-2cm	Topplag 5cm tykt, brungrønt løst slam med mye pellets. Bioturbert ned til 25cm iblandet skjellsand. Nedre deler lys grå fast leire. Rørbyggende Polycheater i topplaget.

I tillegg kan også dekaloribifenyyl (10CB = PCB nr. 209), inkluderes i Σ PCB. Disse estimatene har først og fremst betydning dersom de aktuelle verdier skal sammenliknes med andre og spesielt eldre data da førstnevnte metode har vært hyppigst i bruk. I de tilfeller der det er nyttet andre analysekombinasjoner enn total PCB i sammenlikningsgrunnlaget, er det foretatt liknende estimer.

I tillegg til PCB (inkludert 10CB) gir analysemetoden ved NIVA data for 8 andre klorerte forbindelser; pentaklorbenzen (5CB), heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS), og pestisidene Lindan eller γ -heksaklorsyklusheksan (γ -HCH), α -heksaklorsyklusheksan (α -HCH) og Σ DDT (p,p-DDD p,p-DDE og DDT). Under den anvendte analysemetode omdannes DDT til DDE (L.Berglund pers. med.), slik at " Σ DDT", omfatter i det følgende DDT+DDE+DDD. Disse forbindelser er ikke oppgitt ved analysen på SI (jfr. vedlegg 1).

Deteksjonsgrensene har vært henholdsvis 0.008 mgPCB/kg (SI, vedlegg 1) og 0.001 mgPCB/kg tørt sediment (NIVA, vedlegg 3).

Det bemerkes at prøveopparbeidingen av sedimentmaterialet før analyse av PCB ble noe mer komplisert enn forventet. Årsaken var at materialet generelt sett var svært kontaminert og hadde et høyt innhold av sulfider. Vedlagt følger en intern rapport på opparbeidingsmetodikken som ble anvendt (vedlegg 2).

På grunn av visuelle inntrykk av enkelte sedimentprøver under innsamlingen, ble det foretatt en enkel orienterende analyse av total hydrokarboner (THC) ved SI. Primært omfatter en slik "oljeanalyse" en kvantifisering av mengden hydrokarboner/petroleumprodukter. Aromatiske forbindelser faller også inn under denne kategorien, slik at THC-konsentrasjonene i realiteten også kan innehold PAH (jfr. 5.1 og vedlegg 1).

Det ble ikke påvist detekterbare mengder PAH i sedimentprøven fra Kongshavn under forundersøkelsen, trolig grunnet interferens/maskering. Under normale omstendigheter skal en kunne påvise konsentrasjoner tilsvarende et bakgrunnsnivå. Dette burde vært angitt og resultatet må derfor trekkes i tvil (jfr. vedlegg 1).

3.6 Bakgrunnsverdier og forurensningsgrader

Bakgrunnsnivåene som analyseresultatene relateres til, er hentet fra Knutzen og Skei (1990) og refererer seg til antatte høye nivåer eller normale konsentrasjoner i diffust påvirkede marine sedimenter uten punktkilder. For de analyserte metallene er disse henholdsvis 0.15 mgHg/kg, 0.25 mgCd/kg og 30 mgPb/kg tørt sediment. For total PCB er høyt bakgrunnsnivået antatt å være 0.005 mg/kg tørt sediment. Hva bakgrunnsnivå for sum PAH angår, så opereres det med intervallet 0.2-0.5 mg/kg, hvor øvre grense er foreslått som nivå for uforurensede fjordsedimenter i Norge (vedleggstabell 1).

For THC er bakgrunnsnivået <5-10 mgTHC/kg tørt sediment, antatt å gjelde for hele Nordsjøen (Kaarstad og Telfer 1991) Betydelig høyere verdier er imidlertid målt lokalt i kystnære farvann. Det er denne øvre grense som er benyttet i rapporten (vedleggstabell 1).

Det benyttes i det følgende betegnelsen overkonsentrasjon, som er en tilnærmet verdi for konsentrasjoner et antall ganger over bakgrunnsnivået. Dette benyttes for å lette tilgjengeligheten av tallmaterialet. Men det er de målte konsentrasjoner som danner grunnlaget for vurdering og karakterisering av forurensningsbelastning (vedleggstabell 2).

Et foreslått klassifiseringssystem for forurensningsgrad i fjordsedimenter (Knutzen og Skei 1990), karakteriserer belastningen av sedimenter etter deres innhold av de ulike miljøgiftforbindelser. Det er foreslått følgende 4 klasser og følger i prinsippet inndelingen som er benyttet i Rotterdam Havn (Jansen 1987):

Klasse 1 - Svakt forurensset/lite eller ubetydelig berørt

Klasse 2 - Moderat forurensset/moderat belastet

Klasse 3 - Betydelig Forurensset/markert belastet

Klasse 4 - Sterkt forurensset/sterkt belastet

Det er valgt å modifisere klasse 3 ved å benevne denne betydelig forurensset. Vedleggstabell 2 gir en oversikt over grenseverdiene for klasseinndelingen som er angitt over.

4. TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Som et delmål og supplement til undersøkelsen, er det forsøkt sammenstilt tilgjengelig informasjonen vedrørende miljøgiftnivåer og forurensningssituasjonen i Indre Oslofjord. Primært er sammenstillingen fokusert på tungmetall- og organiske miljøgiftnivåer i sedimentene, men det er også tatt med relevant arbeid på konsentrasjoner i vannsøylen over sedimentene og nivåer i marine organismer. I tilknytning til dette er også bløtbunnsundersøkelser og tilførselsdata nevnt summarisk. Omfanget av undersøkelsene varierer med hensyn til antallet prøvestasjoner og hvilke områder disse dekker. De enkelte undersøkelsene er derfor knyttet til den foreslåtte soneinndelingen, for å lette sammenlikningen. De viktigste arbeidene er også referert i resultat og evalueringsdelen nedenfor. Vedleggstabell 3 oppsummerer deler av datamaterialet, hvor det refereres til gjennomsnittskonsentrasjoner.

4.1 Sedimentundersøkelser

Det er i de senere 20-25 år fokusert mest på nivåer av tungmetaller i sedimentene innenfor undersøkelsesområdet. Doff (1969) undersøkte forekomsten av enkelte metaller i Oslofjorden, hvorav ca. 60 prøvestasjoner lå innenfor Sone 1-4 (Fig. 1) og totalt 144 stasjoner ble undersøkt i hele fjorden. Det ble i denne upubliserte doktoravhandlingen lagt vekt på forskjeller i metallforekomstene i overflatesedimenter i oksygenfrie (anoksiske) bassenger og friske, oksiske områder.

I Bekkelagsbassenget (6 stasjoner i Sone 2) ble det registrert klart forurensede sedimenter, inneholdende 345 mgCu/kg, 351 mgPb/kg og 1292 mgZn/kg tørt sediment. I Bærumsbassenget (6 stasjoner i Sone 3B) ble det påvist klart lavere, men fortsatt forhøyede verdier, på henholdsvis 144 mgCu/kg, 120 mgPb/kg og 702 mgZn/kg tørt sediment. Områdene Bunnefjorden (23 stasjoner i Sone 4A) og Vestfjorden (25 stasjoner i Sone 4B), hadde moderat belastede sedimenter, tilnærmet gjennomsnittsnivået for de 114 stasjonene fra hele Oslofjorden (se vedleggstabell 3).

Overvåking av indre Oslofjord startet på 1970-tallet og det har i ettertid vært fokusert på belastningen i forbindelsen med etablering av kloakkrensaneanlegg. En større sedimentundersøkelse i Bekkelagsbassenget (Sone 2), ble utført av Skei (1977) og omfattet i alt 13 stasjoner. Totalt ble det analysert på 8 tungmetaller (se vedleggstabell 3), hvorav kvikksølv, kopper og bly var mest fremtredende (4.5 mgHg/kg, 450 mgCu/kg og 226 mgPb/kg) og indikerte en betydelig belastning i sedimentene. Mindre markert, men fortsatt høy, var forekomsten av Zn, Ni, Cr og Fe. På 4 av stasjonene ble det undersøkt underliggende sedimentlag (maksimalt 0-26cm), med tildels stor variasjon i konsentrasjonene av de ulike metallene.

I den samme undersøkelsen ble det foretatt enkelte orienterende analyser på klororganiske forbindelser. Verdier i intervallene 0.17-0.30 mgPCB/kg, 0.5-5 µgSCB/kg og 3-12 µgHCB/kg antyder en klar belastning i dette fjordområdet (vedleggstabell 4).

Kirkerud et al. (1979) rapporterte tungmetalldata fra 18 sedimentstasjoner, fordelt på 3 stasjoner i Sone 1 og 2. Resterende stasjoner var fordelt i Sone 3-5 (Fig. 2). Det ble registret Hg-konsentrasjoner på mellom 0.25-25.6 mgHg/kg i de øvre 10cm av sedimentet og de høyeste verdiene ble målt i indre havneområde og lokalt nedover i Bunnefjorden (Sone 1, 2 og

4A). Forekomstene av Cd varierte fra bakgrunnsnivåer 0.15 til 9.3 mgCd/kg tørt sediment, men de høyeste nivåene var knyttet til Sone 1 og lokalt i Bestumkilen (Fig. 1). Det ble også registrert mindre regionale variasjoner i forekomsten av flere andre metallene, ofte med de høyeste konsentrasjoner i indre havneområde (jfr. vedleggstabell 3).

Undersøkelser av organiske miljøgifter i Oslofjorden kom først igang på 80-tallet og har vært mest fokusert på nivåer i organismer (jfr. 4.2 nedenfor). Av større sedimentundersøkelser bør nevnes et hovedfagsarbeid på PCB i sedimenter, som omfattet totalt 16 stasjoner innfor Sone 1-5 (Ringstad 1983). Kun 4 av disse lå i tilknytning til undersøkelsesområdet (indre deler av Oslo Havn). Resultatene viste at store deler av indre fjordområde var belastet med PCB og med karakteristiske gradienter i de øvre sedimentlag. Gradientene reflekterte bl.a. tilførsler (historisk) og vertikal transporten av PCB (Abdullah et al. 1982). Konsentrasjoner lå mellom 0.01-0.702 mg/kg tørt sediment for total PCB. Også høye verdier av pestisider ble registrert, med hele 1.7 mg/kg for Σ DDT på en stasjon i Bekkelagsbassenget (Sone 2). Indikasjoner på forhøyede nivåer av PCB og andre klororganiske komponenter i dette området ble tidligere rapportert av Skei (1977).

Statlig program for forurensningsovervåking og Norges deltagelse i JMP (Joint Monitoring Programme) startet i 1981 og ble konsentrert om tungmetaller og organiske miljøgifter i vannmassene og organismer (jfr. 4.2 under). Sedimentene har vært undersøkt siden 1986 og inkluderer stasjonene Færder, Mølen og Steilene (Green 1989a, 1992). Resultater av sedimentanalyser fra disse undersøkelsene indikerer at området ved Steilene (Sone 4B) kun var moderat forurenset (kl. 2 sedimenter) av Hg, Pb, Cu og Zn i 1986 og at nivåene har økt mest for Hg (6x bakgrunn), og noe for Pb og Zn frem til 1990. (jfr. vedleggstabell 3).

Nivåene av organiske miljøgifter i dette området ble rapportert å ligge rundt 20-30 μ gPCB/kg og 1.6 mgPAH/kg tørt sediment. Dette tilsvarer inntil 6x bakgrunnsnivå for PCB og 3x for PAH og indikerte at sedimentene var forurenset (kl. 2/3 sedimenter), men likevel langt under nivåene i de innerste deler av fjorden (Green 1989a, 1992).

Undersøkelsen i forbindelse med eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord omfattet kun 2 stasjoner i Drøbaksundet (Sone 5) som kan sammenliknes med indre fjordområde (Abdullah og Danielsen 1989a og 1989b). Av andre begrensede og enkeltstående undersøkelser kan nevnes en undersøkelse av metaller i Kudammen ved Slemmestad (Sone 4B, Konieczny 1989) og en undersøkelse av metaller og PAH i Bispevika (Sone 1, Konieczny 1991). Sedimentene i Bispevika ble funnet å være tildels kraftig forurenset av Hg, Cd og PAH (jfr. vedleggstabeller 3 og 4).

Avslutningsvis nevnes det at sedimenter fra Bjørnehodebukta (Sone 5) og sentralt i Drøbaksundet, ofte har vært brukt som kontrollsediment under eksperimentelle undersøkelser (Skei et al. 1987, Næs 1989, 1991, Berge og Knutzen 1991) og analyser viser at sedimentet er moderat kontaminert av de fleste viktige tungmetaller, og svakt belastet med PAH (jfr. vedleggstabeller 3 og 4).

4.2 Andre undersøkelser

Oslofjorden har vært gjenstand for en rekke undersøkelser av tungmetaller og organiske miljøgifter løst i vannmassen (Agerup 1984, Enger et al. 1985, Abdullah 1986, Green 1987b, 1988, 1989a, Abdullah og Danielsen 1989). Flere av disse undersøkelsene er utført i

tilknytning til de indre deler av havneområdet, og har gitt indikasjoner på potensielle tilførsler av forurensende komponenter eller frigivelse av miljøgifter fra sedimentene.

Miljøgiftnivåer i organismer (blåskjell og fiskefilet og -lever), har i vesentlig grad blitt kartlagt gjennom overvåkingsprogrammet JMP siden 1981. I tillegg kommer en del enkeltstående undersøkelser. Nivåene har variert betydelig i perioden, og har ofte overskredet bakgrunnsnivåene (jfr. Martinsen 1982, Enger et al. 1983, 1985, Kirkerud og Green 1985, Abdullah 1986, Green 1986, 1987a, 1987b, 1988, 1989a, 1989b, 1991, 1992, Grande et al. 1990).

Ved høye nivåer av ulike metaller og organiske forbindelser synes bløtbunnsfaunaen i marine resipienter å kunne reflektere en slik belastning (Rygg 1985). Koblingen mellom belastning og faunasammensetning er foreløpig mangelfull, men bløtbunnsfaunaen alene i Indre Oslofjord har blitt studert over flere tiår (jfr. Braaten 1968, Mirza og Gray 1981, Valderhaug og Gray 1984, Skullerud 1985, Aschan og Skullerud 1990).

Forurensningssituasjonen i det indre fjordområdet skyldes tilførsler av miljøgifter via renseanleggene og elvene som munner ut i havnebassenget, samt en diffus belastning fra annen antropogen aktivitet. En omfattende undersøkelse av sedimentene på flere lokaliteter langs Akerselva er rapportert av Lingsten et al. (1989). Store områder langs elva er dekket av glødeskall fra produksjonen ved Spikerverket og sedimentene ble analysert på metaller, PCB, PAH og olje. Mest markert var nivåene av forekomsten av Cu, PAH og olje. Resultatene er inkludert i vedleggstabellene 3 og 4. Det bemerkes i den forbindelse at grenseverdier for nivåer i marine og ferskvannssedimenter avviker noe og ikke kan sammenliknes direkte (Knutzen og Skei 1990).

5. RESULTATER

Det er funnet hensiktsmessig å presentere resultatene i to deler ved innledningsvis å beskrive variasjonene i forekomsten av de enkelte tungmetaller og organiske komponenter som er analysert. Deretter belyses forurensningssituasjonen på de ulike hovedlokalitetene i undersøkelsesområdet. Det er også i enkelte tilfeller referert til data fra tidligere undersøkelser for å belyse eventuelle endringer over tid.

5.1 Forundersøkelse "Hurtiganalyse"

Det noe spesielle sedimentet som ble observert under overflatelaget i bunnen utenfor Kongshavn (se Tabell 3) ble analysert med hensyn på Σ PAH, Σ PCB og THC. Analysen var i utgangspunktet ment å skulle være retningssigende for valg av organiske analyseparametere, så metaller er ikke inkludert. Det ble ikke funnet detekterbare mengder PAH i prøven.

Tabell 4. Resultater fra hurtiganalyse ved SI av PAH, PCB og THC i sedimentprøve fra bunnen utenfor Kongshavn.

Prøve nr. KO-14 (12-17 cm)	Målt konsentrasjon i mg/g tørt sediment	Bakgrunnsverdi i mg/g tørt sediment	Antall ganger bakgrunn
Tørrstoff	47%	-	-
Σ PAH	i. d.	0.2-0.5	-
Σ PCB	0.65	0.005?	130x
THC - OLJE	7400	<5-10?	740x

i.d. = ikke detektert (analyseproblem)

- = ikke målt

? = usiker verdi

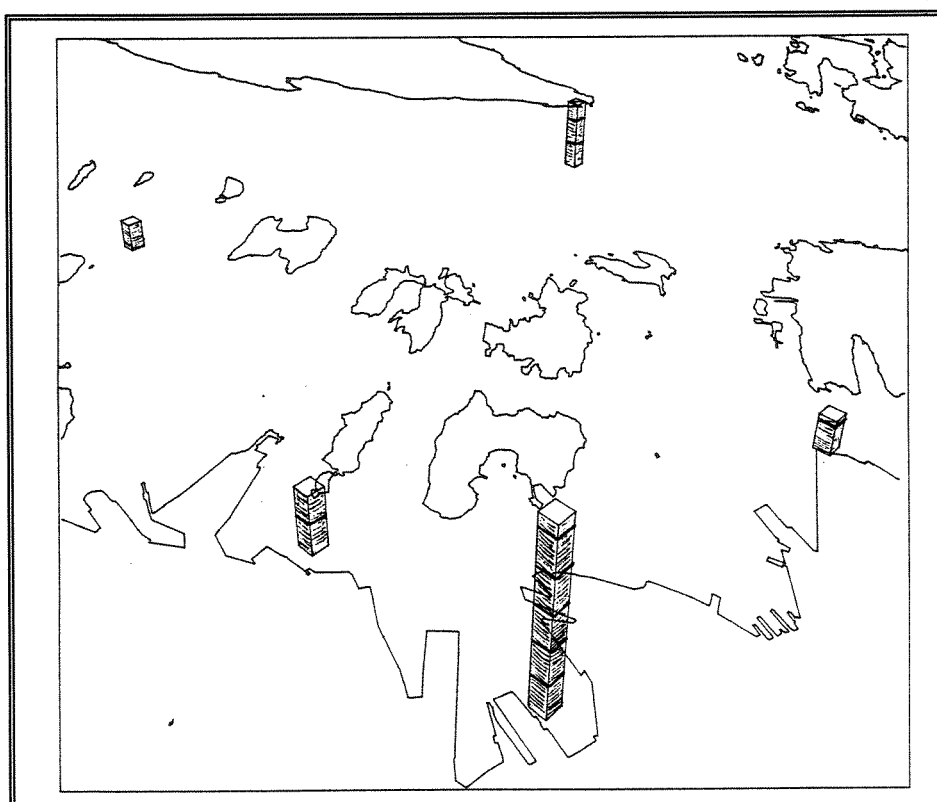
Derimot ble det målt en forholdsvis høy verdi for total PCB i prøven på 0.65 mg/kg tørt sediment og en ekstrem verdi for THC på 7400 mg/kg (Tabell 4). Oljen var tildels biodegradert og ble karakterisert som en mulig bunkersolje (jfr. vedlegg 1). På bakgrunn av dette resultatet ble analyser på PAH og PCB prioritert (på grunn av deres potensielle giftighet) i tillegg til tungmetaller.

5.2 Tungmetaller

De målte kvikksølv-konsentrasjonene varierte betydelig innen undersøkelsesområdet og lå i intervallet 0.41-5.37 mg/kg tørt sediment i overflatelaget (Fig. 3). På de stasjoner, hvor underliggende sedimentlag også ble undersøkt (2-47cm), er konsentrasjonene høyere enn i overflaten.

Tabell 5. Innhold av Hg (mg/kg tørt sediment = ppm) i overflatesedimenter og ulike sedimentnivåer, fra deler av indre fjordområde. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense for bakgrunnsnivåer benyttet og for forurensningsgrad foreslått klasseinndeling (modifisert etter Knutzen og Skei 1990). KO-14 er ikke analysert for metaller.

PRØVE Nr.	SED. DYP i cm	Sone	Hg mg/kg	Over-kons	Forurensningsgrad/ sedimentklasse
RE-01	0-2	3B	2.68	18x	Betydelig forurenset kl. 3
FI-01	0-2	1	1.16	8x	Betydelig forurenset kl. 3
FI-02	12-17	1	2.33	16x	Betydelig forurenset kl. 3
BJ-01	0-2	1	5.37	36x	Sterkt forurenset kl. 4
BJ-02	17-22	1	5.84	39x	Sterkt forurenset kl. 4
BJ-03	0-2	1	4.09	27x	Sterkt forurenset kl. 4
KO-02	0-2	1	1.63	11x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-10	0-2	1	1.82	12x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-11	0-2	1	1.87	12x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-12	32-37	1	1.64	11x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-13	42-47	1	2.38	16x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-15	0-2	1	1.76	12x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-14	12-17	1	-	-	-
KO-07	0-2	2	0.41	3x	Moderat forurenset kl. 2
KO-08	0-2	2	1.00	7x	Betydelig forurenset kl. 3



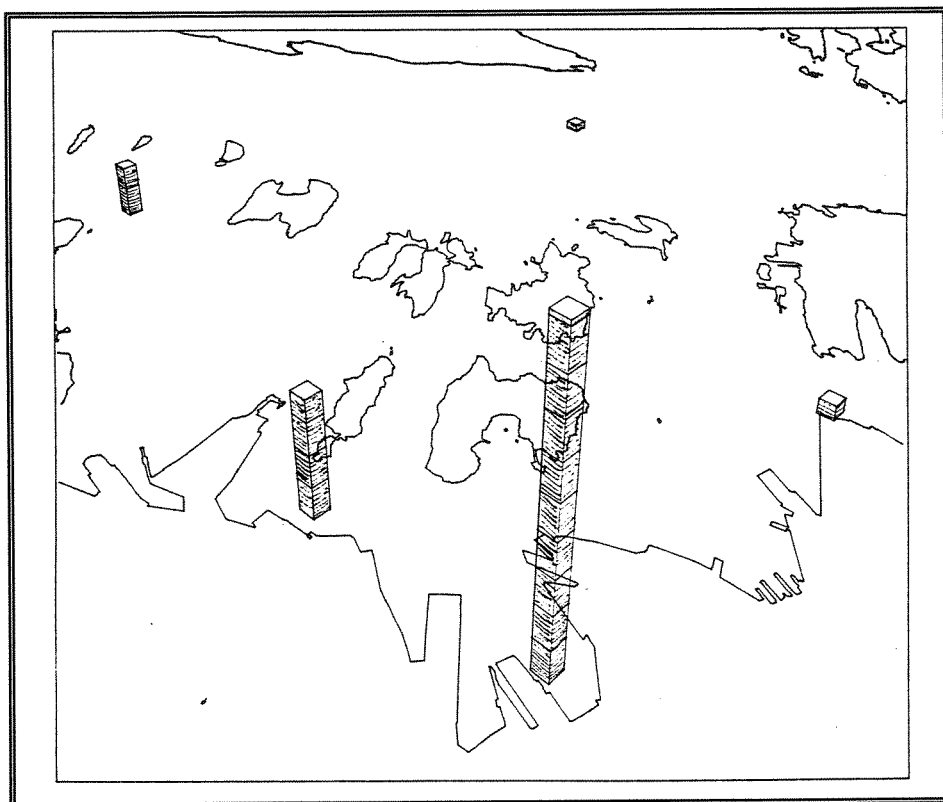
Figur 3. Maksimum Hg-konsentrasjon i overflatesedimentene (0-2cm) i mg/kg tørt sediment. Enhet 1 mg/kg pr. boks (jfr. Fig. 2 og Tabell 5).

Høyeste enkeltverdi ble målt i Bjørvika, øst i innløpet (17-22cm) og var på 5.84 mgHg/kg. Dette tilsvarer 39x overkonsentrasjon (Tabell 5). Det tildels høye Hg-nivået synes å være i overensstemmelse med tidligere undersøkelser i tilgrensende områder, utløpet av Akerselva og Bispevika (Kirkerud et al. 1979 og Konieczny 1991). Lokalt er verdier på 20-25 mgHg/kg tørt sediment tidligere registrert (Skei 1977, Kirkerud et al. 1979). Gjennomsnittkonsentrasjonen for prøvestasjonene ligger derimot betydelig lavere enn hva som tidligere er målt (vedleggstabell 3).

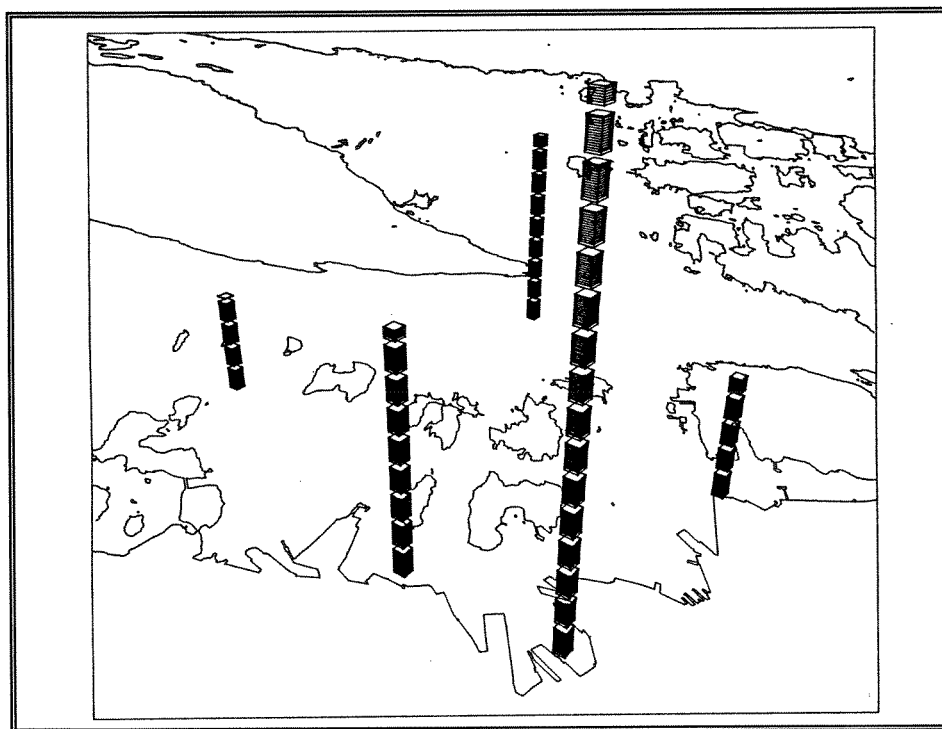
De målte kadmium-konsentrasjonene varierte også betydelig og lå i intervallet 0.28-5.11 mgCd/kg tørt sediment i overflatelaget (Fig. 4). De ble også her registrert forhøyede verdier i underliggende lag. Høyeste enkeltverdi ble også for kadmium målt øst i innløpet av Bjørvika (17-22cm, 11.6 mgCd/kg) noe som tilsvarer 46x overkonsentrasjon (Tabell 6). Det synes å være noe høyere enn hva som tidligere er rapportert for Cd i indre havneområde (Kirkerud et al. 1979, Konieczny 1991).

Tabell 6. Innhold av Cd (mg/kg tørt sediment = ppm) i overflatesedimenter og ulike sedimentnivåer, fra deler av indre fjordområde. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense for bakgrunnsnivåer benyttet og for forurensningsgrad foreslått klasseinndeling (modifisert etter Knutzen og Skei 1990). KO-14 er ikke analysert for metaller. *= tilnærmet bakrunnsnivå.

PRØVE Nr.	SED. DYP i cm	Sone	Cd mg/kg	Over-kons.	Forurensningsgrad/sedimentklasse
RE-01	0-2	3B	0.28	*	Svakt forurenset kl. 1
FI-01	0-2	1	0.50	2x	Moderat forurenset kl. 2
FI-02	12-17	1	1.45	6x	Betydelig forurenset kl. 3
BJ-01	0-2	1	9.13	37x	Sterkt forurenset kl. 4
BJ-02	17-22	1	11.6	46x	Sterkt forurenset kl. 4
BJ-03	0-2	1	5.11	20x	Sterkt forurenset kl. 4
KO-02	0-2	1	2.96	12x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-10	0-2	1	3.33	13x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-11	0-2	1	3.69	15x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-12	32-37	1	7.12	28x	Sterkt forurenset kl. 4
KO-13	42-47	1	4.66	19x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-15	0-2	1	3.12	12x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-14	12-17	1	-	-	-
KO-07	0-2	2	0.38	2x	Moderat forurenset kl. 2
KO-08	0-2	2	1.81	7x	Betydelig forurenset kl. 3



Figur 4. Maksimum Cd-konsentrasjon i overflatesedimentene (0-2cm) i mg/kg tørt sediment. Enhet 1 mg/kg pr. boks (jfr. Fig. 2 og Tabell 6).



Figur 5. Maksimum Pb-konsentrasjon i overflatesedimentene (0-2cm) i mg/kg tørt sediment. Enhet 25 mg/kg pr. boks (jfr. Fig. 2 og Tabell 7).

Konsentrasjonene av bly varierte noe mindre enn for de to andre metallene, men med samme tendens til økende konsentrasjoner i dypere lag. De målte nivåer lå i intervallet 55.5-387 mgPb/kg tørt sediment i overflatelaget (Fig. 5). Høyeste enkeltverdi ble målt i prøven fra Bjørvika, og var på 529 ppm Pb (Tabell 7). Dette tilsvarer 18x overkonsentrasjon, sett i relasjon til et antatt høyt bakgrunnsnivå. Overflatenivåene synes å være sammenlignbare med hva som er målt tidligere i store deler av Indre Oslofjord (Kirkerud et al. 1979, Abdullah 1986, Konieczny 1991), men ligger noe lavere enn nivåer registret i Bekkelagsbassenget (Døff 1969, Skei 1977).

Tabell 7. Innhold av Pb (mg/kg tørt sediment = ppm) i overflatesedimenter og ulike sedimentnivåer, fra deler av indre fjordområde. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense for bakgrunnsnivåer benyttet og for forurensningsgrad foreslått klasseinndeling (modifisert etter Knutzen og Skei 1990). KO-14 er ikke analysert for metaller.

PRØVE Nr.	SED. DYP i cm	Sone	Pb mg/kg	Over-kons.	Forurensningsgrad/ sedimentklasse
RE-01	0-2	3B	214	7x	Betydelig forurenset kl. 3
FI-01	0-2	1	116	4x	Moderat forurenset kl. 2
FI-02	12-17	1	172	6x	Betydelig forurenset kl. 3
BJ-01	0-2	1	387	13x	Betydelig forurenset kl. 3
BJ-02	17-22	1	529	18x	Betydelig forurenset kl. 3
BJ-03	0-2	1	305	10x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-02	0-2	1	206	7x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-10	0-2	1	207	7x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-11	0-2	1	211	7x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-12	32-37	1	260	9x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-13	42-47	1	280	9x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-15	0-2	1	209	7x	Betydelig forurenset kl. 3
KO-14	12-17	1	-	-	-
KO-07	0-2	2	55.5	2x	Moderat forurenset kl. 2
KO-08	0-2	2	103	3x	Moderat forurenset kl. 2

5.3 Organiske miljøgifter

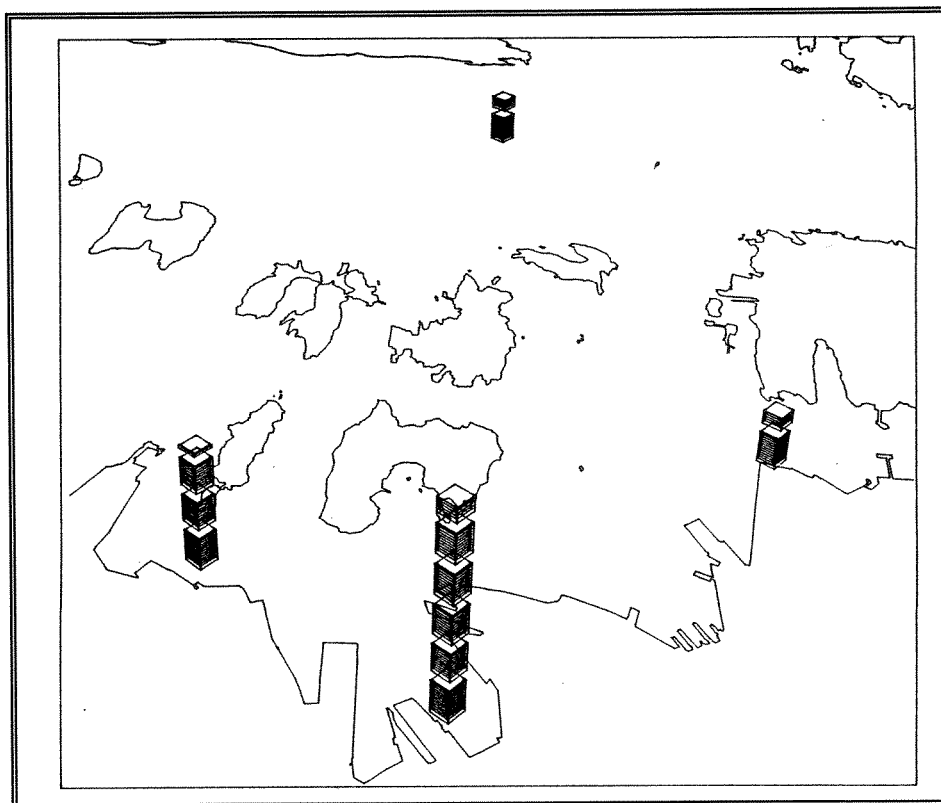
Rådata for de utførte analyser av organiske miljøgifter (enkelt komponenter) vises i vedlegg 3 og vedlegg 4.

5.3.1 Polyklorerte bifenyler-PCB

De målte PCB-konsentrasjonene varierte tildels betydelig innen undersøkelsesområdet og lå i intervallet 0.15-0.55 mg/kg tørt sediment i overflatelaget (Fig. 6). På de stasjoner hvor underliggende sedimentlag også er undersøkt (2-47cm), er konsentrasjonene markert høyere enn i overflaten. Høyeste enkeltverdi ble målt i Bjørvika, øst i innløpet (17-22cm) og var på 0.82 mgPCB/kg, noe som tilsvarer 164x overkonsentrasjon (Tabell 8).

Gjennomgående er det en tendens til en oppkonsentrering av PCB i nivåer et stykke under sedimentoverflaten, og dette synes å være vedvarende ned til ca. 50cm. Dette bekreftes av en tidligere undersøkelse av indre fjordområde (Abdullah et al. 1982, Ringstad 1983), hvor de høyeste total PCB-verdiene ble målt i intervallet 2-20cm under overflaten. Informasjon om lag dypere enn antydnet er foreløpig ikke kjent for Oslofjordens vedkommende.

Gjennomsnittet av total PCB innholdet for de 13 sedimentprøvene var 0.4 ppm og synes å være noe høyere enn hva som tidligere er rapportert innen undersøkelsesområdet (Skei 1977, Abdullah et al. 1982, Ringstad 1983).



Figur 6. Maksimum Σ PCB-konsentrasjon i overflatesedimentene (0-2cm) i mg/kg tørt sediment. Enhet 0.1 mg/kg pr. boks (jfr. Fig. 2 og Tabell 8).

Tabell 8. Målte konsentrasjoner, beregnede gjennomsnittsverdier og summeparametre for PCB og andre klororganiske forbindelser i sedimentene fra indre Oslofjord, angitt i $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment. (*) = beregnede verdier for total PCB, basert på PCB₇ (x faktor 2) angitt i mg/kg tørt sediment. Tot. PCB er grunnlaget for beregning av overkonsentrasjon og sedimentklasser. (-) = ikke målte verdier.

Stasjoner/ parameter	RE-01	FI-01	FI-02	BJ-01	BJ-02	BJ-03	KO-02	KO-10	KO-11	KO-12	KO-13	KO-14	KO-15	Gj.snitt nivå
	0-2 cm	0-2 cm	12-17 cm	0-2 cm	17-22 cm	0-2 cm	0-2 cm	0-2 cm	0-2 cm	32-37 cm	42-47 cm	12-17 cm	0-2 cm	
5-CB	1	1	1	2	2	2	2	1	2	5	4	-	1	2
a-HCH	2	1	1	4	6	2	3	2	5	16	23	-	4	6
HCB	4	3	1	3	2	3	2	2	3	2	2	-	2	2
g-HCH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1
OCS	2	1	2	2	3	2	1	1	2	2	2	-	1	2
p,p-DDE	4	2	3	7	3	5	3	4	4	7	5	-	3	4
P,p-DDD	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-	1	1
PCB 28	3	4	25	16	26	12	10	13	14	18	14	-	9	14
PCB 52	4	5	32	33	51	22	10	21	16	31	25	-	12	23
PCB 101	8	11	35	47	71	35	19	26	25	49	39	-	19	33
PCB 118	12	7	22	41	63	29	17	19	23	48	38	-	17	29
PCB 138	17	16	50	50	76	34	22	29	29	52	43	-	22	38
PCB 153	19	19	55	55	78	38	24	33	32	52	45	-	23	41
PCB 180	11	13	35	33	43	20	14	19	18	26	24	-	13	23
PCB 209	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	-	1	1
SUM	90	86	265	296	428	208	130	173	176	311	267	650	129	257
% T.S.	31.4	37.4	53.5	35.2	35.6	34.4	43.2	45.5	31,3	35.2	37.2	47.0	44.0	31
SUM CHC	8	6	5	8	8	9	6	5	8	10	9	0	5	7
SUM DDT	5	3	4	8	5	6	4	5	5	8	6	0	4	5
SUM HCH	3	2	2	5	7	3	4	3	6	17	24	0	5	6
SUM PCB	75	76	255	276	409	192	117	161	158	277	229	650	116	240
TOT PCB*	0,15	0,15	0,51	0,55	0,82	0,38	0,23	0,32	0,32	0,55	0,46	0,65	0,23	0,40
Overkons.	30x	30x	102x	110x	164x	76x	46x	64x	64x	110x	92x	130x	46x	80x
Sed. kl.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

5.3.2 Andre klororganiske forbindelser

De klororganiske komponentene; 5CB, HCB og OCS forekommer relativt beskjedent i alle deler av undersøkelsesområdet, samlet 5-10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ eller tilnærmet 5-10x et antatt bakgrunnsnivå (Tabell 8). Det var små forskjeller i forekomsten av disse komponentene i overflatelaget utover området og likeledes i de underliggende lag. Høyeste enkeltforekomst var 5CB på 4-5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, et stykke ned i sedimentene ved Kongshavn. Til gjengjeld hadde HCB sin høyeste verdi på i overflaten på referansestasjonen ved Nesoddtangen (Tabell 8).

Liknende forekomster synes også å gjelde for summen av pestisider ($\Sigma\text{DDT} = \text{DDE} + \text{DDD} + \text{DDT}$), hvor høyeste målte verdi var 8 $\mu\text{gDDT}/\text{kg}$ tørt sediment. Noe høyere nivåer ble målt for α -HCH i de dypere lag ved Kongshavn, 16-23 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Samlet kom alle de klororganiske komponentene (andre enn PCB) opp i ca. 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Opplysningene omkring flere av disse forbindelsene er meget sparsom, da kun noe få er inkludert i tidligere

undersøkelser i Oslofjorden. Informasjonen om normalnivåer er også mangelfull, slik at det foreløpig er vanskelig å trekke konklusjoner om belastningen av disse forbindelsene.

5.3.3 Total hydrokarboner-THC

Det ble kun analysert på total hydrokarboner i en sedimentprøve fra Kongshavn (jfr. hurtiganalyse (vedlegg 1). Innholdet av olje i sedimentprøven var svært høyt (7400 mg/kg tørt sediment). Dette er nær 2 størrelsesordener over de konsentrasjoner som angis å ha begynnende effekter på marine miljøer (Bakke et al. 1990), men bare 1 størrelsesorden over nivået som er målt på 200 m vanddyp i Drøbaksundet (Sone 5) (T. Bakke pers. med.). Det lot seg ikke gjøre å identifisere oljen tilfredsstillende, men analysen indikerer at det kan dreie seg om bunkersolje og at oljen har vært gjenstand for nedbrytning (biodegradering). Data vedrørende THC i Oslofjordområdet er foreløpig mangelfull, men en undersøkelse av Sporstøl et al. (1983) fra lokaliteter i Sone 4, viste en aromatisk fraksjon (C₁-C₃) på 0.6-1.2 mg/kg tørt sediment. Siljeholm (1985) rapporterte THC-verdier på 15.6-155 mg/kg utenfor Slagentangen syd for Sone 5.

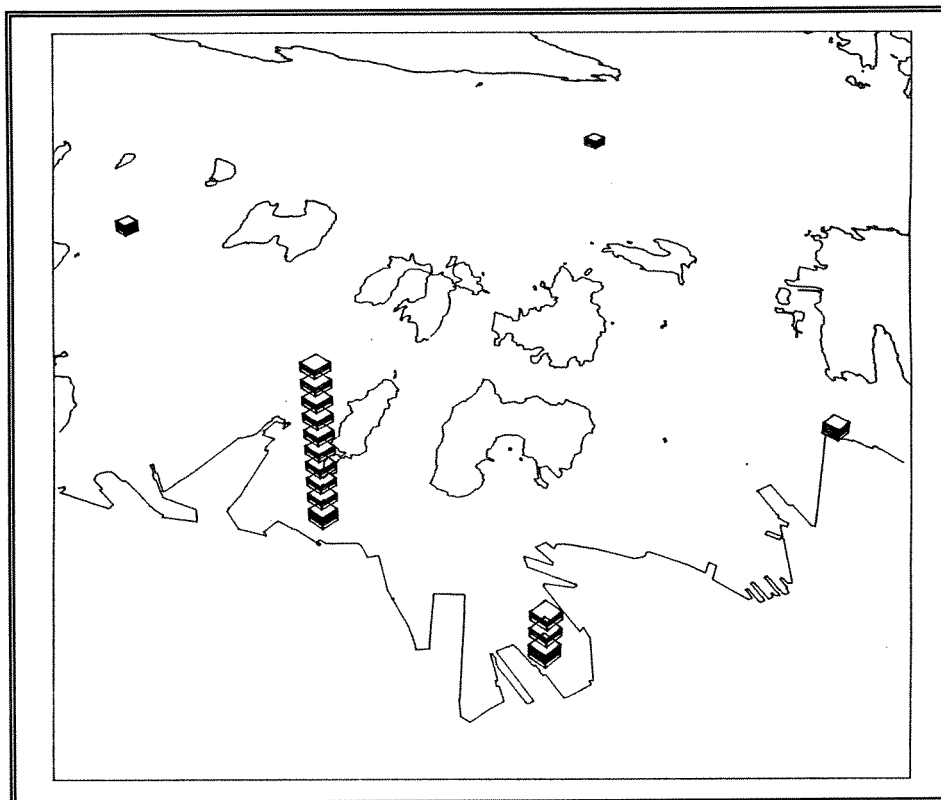
5.3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner-PAH

Forekomsten av PAH var betydelig og nivåene lå generelt mellom 3-30 mgPAH/kg (Tabell 9). Lokalt kom konsentrasjonene opp i ca. 50-100 mg/kg tørt sediment (Konieczny 1991 og Tabell 9). Summen av de potensielt kreftfremkallende komponentene (Σ KPAH) varierte mellom 20-40%, noe som anses å være relativt høyt ved de konsentrasjoner som her er funnet. Det er vanlig å finne omkring 40-50 % KPAH i PAH-forurensede sedimenter utenfor mange av de største smelteverkene i Norge (Næs og Oug 1991). Den viktigste komponenten, B(a)P = benzo(a)pyren, utgjorde ca. 15-25 % av KPAH og 5-10% av Σ PAH (Tabell 9).

Tabell. 9. Konsentrasjoner av Σ PAH, Σ KPAH, B(a)P, %-andeler, overkonsentrasjoner og forurensningsgrader i sedimenter fra lokaliteter i Indre Oslofjord.

Prøve nr.	Sed. dyp i cm	Sone	Σ PAH i mg/kg	B(a)P i mg/kg	B(a)P % av Σ PAH	Σ KPAH i mg/kg	KPAH % av Σ PAH	B(a)P % av KPAH	Over-kons.	Forurensningsgrad/sediment klasse
RE-01	0-2	3B	5.9	0.29	5	1.8	30	16	12x	Betydelig forurensset - kl.3
FI-01	0-2	1	11.2	0.79	7	3.1	28	25	22x	sterkt forurensset - kl.4
FI-02	12-17	1	8.7	0.62	7	2.9	33	21	17x	sterkt forurensset - kl.4
BJ-01	0-2	1	29.6	2.6	9	11.6	39	22	59x	sterkt forurensset - kl.4
BJ-02	17-22	1	30.7	2.8	9	12.3	40	23	61x	sterkt forurensset - kl.4
BJ-03	0-2	1	21.7	1.8	8	8.4	39	21	43x	sterkt forurensset - kl.4
KO-02	0-2	1	10.4	0.8	8	4.0	38	20	21x	sterkt forurensset - kl.4
KO-10	0-2	1	97.5	4.6	5	19.9	20	23	195x	sterkt forurensset - kl.4
KO-11	0-2	1	9.8	0.7	7	3.8	37	18	20x	sterkt forurensset - kl.4
KO-12	32-37	1	9.1	0.7	8	3.6	40	19	18x	sterkt forurensset - kl.4
KO-13	42-47	1	9.4	0.7	7	3.5	37	20	19x	sterkt forurensset - kl.4
KO-15	0-2	1	15.4	1.0	6	4.8	31	21	31x	sterkt forurensset - kl.4
KO-14	12-17	1	i.d.	i.d.	-	i.d.	-	-	-	-
KO-07	0-2	2	3.3	0.2	6	1.1	32	18	7x	Betydelig forurensset - kl.3
KO-08	0-2	2	8.6	0.5	6	2.9	34	17	17x	sterkt forurensset - kl.4

Resultatene tyder på at de lette og flyktige komponentene, ikke lenger er til stede i sedimentene og at PAH-sammensetningen i havneområdet domineres av tunge komponenter (Næs og Oug 1991). Den høyeste registrerte verdien på 97.5 mgPAH/kg ved Kongshavn, tilsvarer ca. 200x et høyt bakgrunnsnivå. Sedimentene i hele undersøkelses området må anses å være sterkt forurenset med PAH.



Figur 7. Maksimum Σ PAH-konsentrasjon i overflatesedimentene (0-2cm) i mg/kg tørt sediment. Enhet 10 mg/kg pr. boks (jfr. Fig. 2 og Tabell 9).

Sammenlikningsgrunnlaget for PAH-nivåer i Oslofjordområdet er dårlig, da tidligere undersøkte områder ligger relativt langt fra havnebassenget. I en undersøkelse i Gilhusbukta i Drammensfjorden, ble det i forbindelse med et tjæreutslipp målt konsentrasjoner på 3-50 mgPAH/kg tørt sediment. Undersøkelsen indikerte et bakgrunnsnivå i Drammensfjorden på 1.3 ppm (Næs 1984). Nyere data fra 200m dyp i Drøbaksundet utenfor NIVAs Marine Forskningsstasjon Solbergstrand, viser at sedimentene her inneholder 1.3-1.5 mgPAH/kg tørt sediment (Næs 1991). Data fra dypet utenfor Steilene, viste tilsvarende konsentrasjoner på 1.6 mgPAH/kg (Green 1992).

5.4 Evaluering av belastning

5.4.1 Referanseområdet (Sone 3B)

Overflatesedimentet i det utvalgte referanseområdet ved Nesoddtangen (RE-01) inneholdt 2.68 mgHg/kg (18x høyt bakgrunnsnivå), og viste at sedimentene her er markert Hg belastet (kl. 3 sediment), nær grensen til sterkt forurenset (kl. 4 sediment). Tilsvarende ble det målt 0.28 mgCd/kg (svarende til antatt bakgrunnsnivå), dvs. den utvalgte referanseprøven var lite eller ubetydelig belastet (kl. 1 sediment). Det ble målt 214 mgPb/kg (ca. 7x høyt bakgrunnsnivå), noe som indikerer betydelige Pb forurensede sediment (kl. 3 sediment). Dette betyr at denne lokaliteten også er belastet og derfor lite egnet som referanse. Samlet gir resultatene imidlertid et bilde av havnesedimentenes forurensningsgrad i forhold til andre deler av indre Oslofjord.

Sedimentene i området inneholdt 0.15 mgPCB/kg tørt sediment og totalt 17 µg/kg av de andre klororganiske forbindelsene. PCB nivået var det laveste som ble registrert i undersøkelsen, men likevel ca. 30x et antatt bakgrunnsnivå. Dette ligger innenfor konsentrasjonsområdet sterkt forurensede sediment (kl. 4 sediment). Det bemerkes at både HCB og DDE enkeltvis ble målt til 4 µg/kg tørt sediment og lå i overkant av gjennomsnittet for alle lokalitene. THC ble ikke målt på lokaliteten.

PAH-nivået var ca. 6 mgPAH/kg (12x høyt bakgrunnsnivå), tilsvarende nedre grense for høyeste forurensningsgrad (kl. 4 sediment). Andelen KPAH var 30% og B(a)p utgjorde 16% av dette. Konsentrasjonen av B(a)P, som viste 29x overkonsentrasjon, indikerer alene et sterkt forurenset sediment (kl. 4 sediment, jfr. Tabell 9 og vedleggstabell 2). Sammenligningsgrunnlaget for PAH i denne delen av Oslofjorden er mangelfullt, men nivået ligger ca. 4x høyere enn hva som er registrert utenfor Steilene (Sone 4B) og i Drøbaksundet (Sone 5).

5.4.2 Dumpfeltet ved Malmøykalven (Sone 2)

To overflateprøver (0-2cm) sentralt i dumpfeltet (KO-07 og KO-08) viste et innhold av Hg i intervallet 0.41-1.0 mg/kg tørt sediment (ca. 3-7x høy bakgrunn). Begge verdier ligger lavere enn hva som ble målt i referansen ved Nesodden. Innholdet av Cd i de samme prøver var på 0.38-1.81 mg/kg tørt sediment (inntil 7x høy bakgrunn) og begge disse verdier lå til gjengjeld høyere enn i referanseområdet. Tilsvarende lå innholdet av Pb i intervallet 55.5-103 mg/kg tørt sediment (maksimalt i overkant av 3x bakgrunn) og synes å være på linje med forholdene for Hg. Verdiene som ble målt for Hg og Pb i sedimentene fra dumpfeltet ga noe uventede resultater i forhold til hva som tidligere er målt i tilgrensende områder (Skei 1977). Dette kan ha årsak i at sedimentene her tildels er svært grove, på grunn av dumpet materiale og at finere og mer forurenset materiale trolig ligger i ytterkant av feltet. Tross dette må sedimentene karakteriseres som moderat til markert belastet (kl. 2/3 sediment) for de 3 undersøkte metaller (Knutzen og Skei 1990).

PAH-nivåene i dette området lå mellom ca. 3-9 mgPAH/kg tørt sediment eller 7-17x overkonsentrasjon. Andelen KPAH var i overkant av 30% og B(a)P utgjorde 17-18% av dette (Tabell 9). Tidligere bakgrunnsdata for nivåer i sedimentene i denne delen av fjorden

mangler, men sammenliknet med referansen, synes det å være en jevn regional fordeling av PAH syd for Sone 2 (Fig. 1).

THC, PCB og andre klororganiske forbindelser ble ikke målt på denne lokaliteten.

5.4.3 Kongshavn (Sone 1)

Overflateprøvene fra området Kongshavn nær Loelvas munning (KO-02, KO-10, KO-11 og KO-15) ga et svært entydig bilde da verdiene for Hg lå i intervallet 1.64-1.87 mg/kg tørt sediment (11-12x overkonsentrasjon). Noe høyere konsentrasjon 2.38 mg/kg, ble målt på 42-45cm sedimentdyp (KO-13), tilsvarende 16x overkonsentrasjon (Tabell 5). Verdiene lå i intervallet 2.96-3.69 mgCd/kg tørt sediment (12-15x overkonsentrasjon). Markert høyere konsentrasjon på 4.66 og 7.12 mg/kg tørt sediment, ble målt på henholdsvis 32-37cm og 42-45cm sedimentdyp (KO-12 og KO-13), tilsvarende 19-28x overkonsentrasjon.

De 4 overflateprøvene viste ingen variasjon i konsentrasjonen av Pb og lå i intervallet 206-211 mgPb/kg tørt sediment, som gir ca. 7x overkonsentrasjon. Svakt høyere konsentrasjoner ble også for dette metallet målt i dypet; 260-280 mgPb/kg tørt sediment, tilsvarende 8-9x overkonsentrasjon (Tabell 7). Hg- forurensningen viser klart forurensede sedimenter (kl. 3 sedimenter) også i dypet. Det samme gjelder nivåene for Cd i overflaten, mens sedimentene må karakteriseres som tildels sterkt Cd forurenset i underliggende nivåer (kl. 4 sedimenter). Belastningen av Pb ligger innenfor klassen betydelig forurenset (kl. 3 sedimenter) og synes å være vedvarende i de dypere lag.

PCB-nivåene i overflatesedimentene ved Kongshavn lå mellom 0.23 og 0.32 mgPCB/kg tørt sediment, som var noe under gjennomsnittet for hele prøvematerialet. I de dypere lag ned til 47cm var nivåene normalt noe høyere og lå i intervallet 0.46-0.65 mgPCB/kg tørt sediment. Forekomsten representerer overkonsentrasjoner på 46-130x (Tabell 8). Det bemerkes at resultatet fra forundersøkelsen av total PCB og de estimerte verdier fra PCB₇, x2 stemte bra overens. PCB-konsentrasjoner av denne størrelsen indikerer at området er sterkt forurenset (kl. 4 sedimenter) i alle undersøkte sedimentlag, og nivåene er klart høyere (2-3x) enn hva som tidligere er rapportert fra de indre deler av fjorden (Skei 1977, Ringstad 1983).

Andre klororganiske forbindelser forelå i lave konsentrasjoner med unntak av de noe forhøyede verdier for α -HCH i ca. 30-50cm nivået. Her ble det målt 16-23 μ g/kg tørt sediment, som er langt over gjennomsnittet (3-4x), for prøvematerialet i undersøkelsen (Tabell 8).

THC nivået er tidligere beskrevet (jfr. 5.1 over) og konsentrasjoner på 7400 mgTHC/kg tørt sediment anses å utgjøre en meget betydelig belastning.

Nivåene av PAH synes å variere noe med lokalt svært høye verdier. Det generelle innholdet i sedimentene, både overflate og underliggende lag, var ca. 9-15 mgPAH/kg tørt sediment. Overflateprøven KO-10 viste derimot et innhold på 97.5 mgPAH/kg tørt sediment. Dette er trolig den høyeste verdien registret i Oslofjorden til nå og representerer en overkonsentrasjon på nærmere 200x. Det bemerkes at prøven ble reanalysert 3 ganger for å verifisere resultatet, og den anvendte verdien var den laveste av disse. PAH-nivåer i denne størrelsesorden fører ofte til høye KPAH verdier, som i dette tilfelle var 19.9 mgKPAH/kg tørt sediment. B(a)P

utgjorde 23 % av dette (Tabell 9). Hele området vurderes som sterkt PAH forurenset (kl. 4 sedimenter).

5.4.4 Bjørvika (Sone 1)

Det ble prøvetatt 2 stasjoner i innløpet til Bjørvika (BJ-01 og BJ-03) og målingene viser klart de høyeste metallkonsentrasjonene (Tabell 5-7), både i overflaten og i dypet for hele undersøkelsesområdet. Hg-konsentrasjonene lå i intervallet 4.09-5.84 mgHg/kg tørt sediment (27-39x overkonsentrasjon). Videre ble det målt verdier for Cd i intervallet 5.11- 11.6 mg/kg tørt sediment (inntil 46x overkonsentrasjon relatert høy bakgrunn, BJ-02) og Pb i intervallet 305-529 mg/kg tørt sediment (11-18x overkonsentrasjon). Alle de 3 prøvene i Bjørvika viste svært høye konsentrasjoner av Hg og Cd i sedimentene (kl. 4 sedimenter) i alle nivåer. Belastningen av Pb tilsvarte kategorien betydelig forurenset sediment (kl. 3).

Også PCB nivåene var blant de høyeste, med et maksimum på 0.82 mgPCB/kg i BJ-02 (Tabell 8). Totalt var forekomsten av de andre klororganiske forbindelsene lav, igjen med unntak av α -HCH (gjennomsnitt 6 μ g /kg tørt sediment) noe som antyder at α -HCH trolig følger høye PCB-verdier, med noe oppkonsentrering i dypet. Generelt sett er nivåene ca. 4x høyere enn hva tidligere målinger viser (Ringstad 1983).

THC ble ikke målt i sedimentene på denne lokaliteten.

Forekomsten av PAH i Bjørvikas bunnsedimenter var jevnt høye i de lag som er undersøkt. Omkring 20-30 mgPAH/kg tørt sediment, med ca. 40% andel KPAH. Av dette utgjorde B(a)P 21-23 % (Tabell 9). Analyse av bunnsedimentene i Bispevika (Fig. 2) viser at dataene er sammenlignbare, da det her ble funnet et gjennomsnitt på 5 stasjoner på ca. 30 mgPAH/kg tørt sediment, sum KPAH på 30-40% og B(a)P på 20% (Konieczny 1991). Dette kan tyde på at PAH-belastningen i områdene rundt Akerselvas utløp har hatt eller har samme kilde.

5.4.5 Filipstad (Sone 1)

Prøvene utenfor kaianlegget ved Filipstad, ved utløpet av Frongnerkilen (FI-01 og FI-02), viste de laveste konsentrasjoner av tungmetaller i de indre deler av undersøkelsesområdet. De 2 prøvene viste henholdsvis 1.16 mgHg/kg tørt sediment i overflaten og 2.33 mgHg/kg tørt sediment noe lenger ned (Tabell 5). Tilsvarende ble det målt forholdsvis lave Cd-konsentrasjoner; 0.50 mgCd/kg tørt sediment i overflaten (2x bakgrunn) og 1.45 mgCd/kg tørt sediment (ca. 6x bakgrunn) noe lenger ned. Videre inneholdt overflatelaget 116 mgPb/kg tørt sediment, mens det ble målt 172 mgPb/kg tørt sediment eller ca. 6x overkonsentrasjon noe dypere.

Sedimentene på denne lokaliteten karakteriseres som moderat forurenset av Cd og Pb i overflaten (kl. 2 sedimenter) og forurenset (kl. 3 sedimenter) i dypere lag. Hva Hg angår viste begge undersøkte sedimentnivåer markert belastning (kl. 3 sedimenter). Sammenlignet med tidligere undersøkelser ses et rimelig samsvar, selvom det tidligere er rapporter tildels langt høyere konsentrasjoner av tungmetaller, bla. Hg i tilgrensende områder (Doff 1969, Kirkerud et al. 1979).

PCB nivået var relativt lavt i overflaten 0.15 mgPCB/kg tørt sediment og tilsvarende høyt i underliggende lag 0.51 mgPCB/kg tørt sediment. Dette tilsvarer overkonsentrasjoner på ca. 30-100x bakgrunnsnivået, som indikerer sterkt PCB forurensede sedimenter (Tabell 8). Summen av de andre målte klororganiske komponentene var også her av underordnet betydning. Resultatet er tilnærmet identisk med hva som ble registrert på denne lokaliteten av Ringstad (1983).

THC ble ikke analysert i dette sedimentmaterialet.

PAH nivået i de 2 prøvene lå rundt 10 mg/kg tørt sediment og ca. 20x bakgrunnsnivået. Dette ga en KPAH-andel på ca. 30 %, med den høyeste B(a)P-andelen i denne undersøkelsen på 25 % (Tabell 9). Disse konsentrasjonene tilsvarer de som ble målt i hele det indre fjordområdet og sedimentene på lokaliteten karakteriseres som sterkt forurenset av PAH.

6.REFERANSER

- ABDULLAH, M.I., 1986. Kjemisk undersøkelse av effekten av utslipp fra SRV på Vestfjorden, Indre Oslofjord. Delrapport i J.S. Gray og I.M. Abdullah (eds.), Resipientundersøkelsen i nærområdet ved SRV, 1980/1981 og 1985. Rapport UiO, 33s.
- ABDULLAH, M.I. og DANIELSEN, M., 1989. Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Sedimentanalyser. Delprosjekt 3.10. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Notat Biol. Inst., UiO, 26s.
- ABDULLAH, M.I. og DANIELSEN, M., 1990. Eutrofisisituasjonen i Ytre Oslofjord. Hydrokjemiske observasjoner i Ytre Oslofjord. Delprosjekt 3.6 b. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Rapp. nr. 421/90, Biol. Inst., UiO, 98s.
- ABDULLAH M. I., RINGSTAD, O. og KVESETH, N.J., 1982. Polychlorinated biphenyls in the sediments of the inner Oslofjord. *Water, Air and Soil Poll.*, 18, 485-497.
- AGERUP, N. H., 1984. Regional and seasonal variations of trace metals in the inner Oslofjord. *Cand. real. Thesis, Univ. Oslo.* 197s.
- ASCHAN, M.M. og SKULLERUD, A.M., 1990. Effects of changes in sewage pollution on soft-bottom macrofauna communities in the inner Oslofjord, Norway. *Sarsia*, 75, 169-190.
- BAKKE, T., GRAY, J.S. og REIERSEN, L.-O., 1990. Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms: Environmental status in the Norwegian sector in 1987-1989. *U.S. EPA Proc., 1st Intern. Symp. Oil and Gas Explor. Prod. Waste Manag. Pract.*, 623-633.
- BERGE, J. A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Koster området. Statlig program for forurensningsovervåking, NIVA rapport nr.2560, 192s.
- BERGE, J. A. og KNUTZEN, J., 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 3. Eksperimentelt opptak av persistente klororganiske forbindelser og kvikksølv i skrubbe og krabbe, opptak/utskillelse i blåskjell og registrering av miljøgiftinnhold i bunndyr fra Frierfjorden og Brevikfjorden. NIVA-rapport nr. 2573, 143s.
- BRAATEN, B.R., 1968. En biologisk helårsundersøkelse (1966-1967) av et forurenset basseng i indre Oslofjord. *Cand. Real. oppg.*, UiO.
- DOFF, D. H., 1969. The geochemistry of Recent oxic and anoxic sediments of Oslo fjord, Norway. *Unpubl. Ph. D. Thesis, Univ. of Edinburgh*, 245s.
- ENGER, B., FRØSLIE, A., KIRKERUD, L., KNUTZEN, J., MADSEN, L., MARTINSEN, K. og NORHEIM, G., 1983. Overvåking av PCB, kvikksølv og Kadmium i sjøvannmiljø. Oslofjordområdet 1981-1982. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT /NIVA Rapp. nr. 119/84, 24s.
- ENGER, B., HÅSTEIN, T., KIRKERUD, L., MARTINSEN, K. og NORHEIM, G., 1985. Overvåking av PCB, kvikksølv og Kadmium i sjøvannmiljø. Oslofjordområdet 1982-1983. Statlig program for forurensningsovervåking, SFT /NIVA Rapp. nr. 183/85, 24s.
- GRANDE, M., BERGLIND, L., HOLTAN, G. og WALDAY, M., 1990. PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu mai-desember, 1989. NIVA-rapp. nr. 2461, 41s.

- GREEN, N. W., 1986. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1986. NIVA-rapport, O-80106, JMG 14/ info 13-E, 47s.
- GREEN, N. W., 1987a. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1985. NIVA-rapport, O-80106, JMG 12/info 24-E, 36s.
- GREEN, N. W., 1987b. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1986. NIVA-rapport, O-80106, 47s.
- GREEN, N. W., 1988. Felles overvåkinggruppen (JMG)-Norge. Overvåking av miljøgifter i sjøvannsmiljø. Oslofjord-området, Sørfjorden, Hardangerfjorden og Orkdalsfjord-området 1984-1985. NIVA-rapport nr. 2139, 76s.
- GREEN, N. W., 1989a. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1987. NIVA-rapport, O-80106, 51s.
- GREEN, N. W., 1989b. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1988. NIVA-rapport, O-80106, 1989, 35s.
- GREEN, N. W., 1991. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1989. NIVA-note, O-80106, JMG 16/info 13-E, 27s.
- GREEN, N.W., 1992. Joint Monitoring Programme (JMP) and North Sea Task Force - Master Monitoring Plan (NSTF/MMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1990, with special emphasis on contaminants in biota. NIVA-note, O-80106, JMG 17/3/18, 65s.
- HAUGEN, J.-E., 1986. Gass-kromatografisk analyse og diagenese av aminosyrer i resente marine sedimenter fra indre Oslofjord. Cand. Scient. oppg., Univ. Oslo, 95s.
- JANSEN, A., 1987. Criteria for sediments. In: Application and interpretation bioessay and biomonitoring: A planning document. S.H. Kay and J.M. Marquenie (eds.). Report No. R 87/266. London. Europ. Res. Off. U. S. Army. 4-48 - 4-52.
- KAARSTAD, I. og TELFER, T., 1991. 1990 environmental monitoring survey of the Gullfaks Field. IKU-report no. 22.1968.00/01/90, 249s.
- KIRKERUD, L. og GREEN, N.W., 1985. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian JMG-Data for 1984. NIVA-note, O-80106, 13s.
- KIRKERUD, L., MAGNUSSON, J., NILSEN, G. og SKEI, J., 1979. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Overvåkingsprogram - Årsrapport 1978. NIVA-rapport nr. 1140, 81s.
- KNUTZEN, J. og SKEI, J., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifisering av miljøkvalitet. NIVA-rapport nr.2540, 139s.
- KONIECZNY, R. M., 1989. Undersøkelse av vann og misfarget sediment fra Kudammen, Slemmestad. NIVA-notat, O-89085, 15s.
- KONIECZNY, R.M., 1991. Undersøkelse av tungmetall- og PAH-forurensede bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord, i forbindelse med snøtipping fra Bispekaia. NIVA-rapport nr. 2654, 19s.

- LINGSTEN, L., BRABRAND, Å., BREMNES, T., BRITAIN, J., EFRAIMSEN, H., KÄLLQVIST, T., SALTVEIT, S.J. og ØKLAND, B., 1989. Undersøkelse i Akerselva 1988. Kartlegging av glødeskallenes beliggenhet og mektighet. Sedimentenes innhold av tungmetaller og organiske miljøgifter samt effekter på bunndyr og fisk. NIVA-rapp. nr. 2342, 84s.
- MARTINSEN, K., 1982. Overvåking av PCB i fisk og blåskjell fra Oslofjorden, vinter-81. SI-rapport nr. 81106-1, 8s.
- MARTHINSEN, I., STAVELAND, G., SKAARE, J.U., UGLAND, K.I. og HAUGEN, A., 1991. Levels of environmental pollutants in male and female Flounder (*Platichthys flesus* L.) og Cod (*Gadus morhua* L.) caught during the year 1988 near or in the waterways og Glomma, the largest river of Norway. I. Polychlorinated biphenyls. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 20, 353-360.
- MIRZA, F.B. og GRAY, J.S., 1981. The fauna of benthic sediments from the organically enriched Oslofjord, Norway. J. exp. mar. Biol. Ecol., 54, 181-207.
- NIEMISTÖ, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst., Skr. Helsinki, 238, 33-38.
- NÆS, K. 1984. Basisundersøkelse i Drammensfjorden. Tjæreutslipp i Gilhusbukta. NIVA-notat av 22.11.1984, O-8000315, 2s.
- NÆS, K., 1989. Miljøgifter i Gunnekleivfjorden. Delrapport 1: Konsentrasjon og mengde av miljøgifter i sedimentene. NIVA-rapp. nr. 2192, 76s.
- NÆS, K. 1991. Frigivelse av PAH fra forurenset sjøbunn. NIVA-rapport nr. 2667, 74s.
- NÆS, K. og OUG, E., 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 1. Konsentrasjoner og mengde klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje. NIVA-rapport nr. 2570, 193s.
- RINGSTAD, O., 1983. PCB and DDT residues in sediments from the Inner Oslofjord. Cand. Real. Thesis., Univ. Oslo, 191s.
- RISDAL, D., 1963. Foraminiferfaunaen i en del sedimentkjerner fra indre Oslofjord. NGU nr. 244, Univ. forl., Oslo, 90s.
- RYGG, B., 1985. Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian Fjords. Mar. Poll. Bull., 15, 469-473.
- SILJEHOLM, J., 1985. Vannforurensninger og tiltak mot vannforurensninger ved Esso raffineriet på Slagentangen. En miljøkjemisk analyse og "kost/nytte" vurdering. Hovedf. oppg., UiO, 255s.
- SKEI, J., 1977. Sedimentundersøkelser i Bekkelagsbassenget Januar 1977. NIVA-rapport nr. O-34/76, 45s.
- SKEI, J. og PAUS, P.E., 1979. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a Norwegian fjord. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 239-246.
- SKEI, J. og MELSOM, S., 1982. Seasonal and vertical variations in the chemical composition of suspended particulate matter in an oxygen-deficient fjord. Estuar. Coast. Shelf Sci., 14, 61-78.

- SKEI, J., PEDERSEN, A., BERGE, J.A., BAKKE, T. og NÆS, K., 1987. Inder Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensete sedimenter. NIVA-rapp. nr. 2067, 101s.
- SKULLERUD, A.M., 1985. Klassifikasjon av bunndyrsamfunn i Vestfjorden, Indre Oslofjord. Cand. Scient. oppg., UiO, 110s.
- SPØRSTØL, S., GJØS, N., LICHTENTHALER, R.G., GUSTAVSEN, K.O., ORELD, F. og SKEI, J., 1983. Source identification of aromatic hydrocarbons in sediments using GC/MS. Environ. Sci. Techn., 17, 282-286.
- VALDERHAUG, V.A. og GRAY, J.S., 1984. Stable macrofauna community in structure despite fluctuating food supply in subtidal soft sediments of Oslofjord, Norway. Mar. Biol., 82, 307-322.

VEDLEGGSTABELLER

Vedleggstabell 1. Antatte og foreslåtte bakgrunnsverdeier for de undersøkte tungmetaller og organiske miljøgifter i finkornige fjordsedimenter og marine sedimenter i mg/kg tørrvekt (=ppm).

Komponent	Konsentrasjon	Referanse
Uorganiske		
Kvikksølv	0.1 ± 0.05	Knutzen og Skei 1990
Kadmium	0.2 ± 0.05	Knutzen og Skei 1990
Bly	20 ± 10	Knutzen og Skei 1990
Organiske		
THC	<5-10?	Kaarstad og Tefler 1991
ΣPAH	<0.2 - 0.5	Knutzen og Skei 1990
B(a)P*	<0.001 - 0.01	Knutzen og Skei 1990
ΣPCB	0.005?	Knutzen og Skei 1990
5CB	0.0005?	Næs og Oug 1991
HCB	0.0005?	Knutzen og Skei 1990
OCS	0.0005?	Knutzen og Skei 1990
10CB	0.0005?	Næs og Oug 1991

* = Benzo(a)pyren

Vedleggstabell 2. Utdrag av forslag til klassifisering av fjordsedimenters øvre lag med hensyn til utvalgte miljøgifter i mg/kg tørrvekt (=ppm) modifisert etter Knutzen og Skei (1990). Grensen Kl. 2/3 er avrunnet nedover.

Komponent	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
	svakt forurenset	moderat forurenset	betydelig forurenset	sterkt forurenset
Bly-Pb	<30	30-120	120-600	>600
Kadmium-Cd	<0.25	0.25-1	1-5	>5
Kvikksølv-Hg	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	>3
ΣPAH	<0.3	0.3-1	1-6	>6
B(a)P*	<0.005	0.005-0.025	0.025-0.1	>0.1
ΣPCB	<0.005?	0.005-0.025	0.025-0.1	>0.1
HCB	<0.0005?	0.0005-0.0025	0.0025-0.01	>0.01

* = Benzo(a)pyren

Vedleggstabell 3. Data for tungmetallnivåer i overflatesedimenter fra Oslofjorden rapportert 1969-1991.

Undersøkellesområde (Gjennomsnitt antall stasjoner)	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	Mn g/kg	Fe %	Al %	Ref.
Oslofjorden total (114)	-	-	104	66	346	55	113	3.1	5.7	-	1
Oslofjorden anoks. (52)	-	-	123	92	499	-	115	-	-	-	1
Oslofjorden oks. (62)	-	-	79	47	310	-	113	-	-	-	1
Bekkelagsbassenget (6)	-	-	351	345	1292	-	-	-	-	-	1
Bærumsbassenget (6)	-	-	120	144	702	-	-	-	-	-	1
Bunnefjorden (23)	-	-	101	74	455	-	-	-	-	-	1
Vestfjorden (25)	-	-	117	65	444	-	-	-	-	-	1
Bekkelagbasseget (13)	4.5	-	226	450	669	36	222	1.6?	3.4	-	2
Indre Oslofjord (18)	3.0	2.80	87	163	438	-	50	-	-	-	3
Oslo Havn , Sone 1 (3)	6.8	7.90	114	343	667	-	70	-	-	-	3
Bunnefjorden (10)	-	1.30	109	58	288	-	-	-	-	-	4
V for Steilene 1981 (1)	-	-	103	60	379	-	-	-	-	-	4
Oslofjorden total (35)	-	1.23	56	34	183	36	-	-	-	-	5
Drøbakundet, Sone 5 (2)	-	1.44	76	38	236	43	-	16.1	3.6	1.9	5
Oslofjorden total (3)	0.30	0.09	87	35	200	-	-	-	-	-	6
Steilene 1986 (1)	0.56	0.14	119	54	312	-	-	-	-	-	6
Oslofjorden total (3)	0.40	0.07	59	37	230	-	-	-	-	6.4	7
Steilene 1990 (1)	0.87	0.08	92	54	338	-	-	-	-	7.4	7
Slemmestad (3)	-	3.5	77	247	690	-	-	220	11.3	1.6	8
Bjørnehodeb., Sone 5 (1)	0.40	0.18	86	39	153	-	-	-	-	-	9
Bispevika (5)	3.72	4.60	336	430	926	45	109	-	-	-	10
Oslo Havn (10)	2.2	3.0	201	-	-	-	-	-	-	-	11
Akerselva (4)	1.15	-	218	737	451	234	181	-	-	-	12

- 1) Doff 1969
- 2) Skei 1977
- 3) Kirkerud et al. 1979
- 4) Abdullah 1986
- 5) Abdullah og Danielsen 1986b
- 6) Green 1989a
- 7) Green 1992
- 8) Konieczny 1989
- 9) Skei et al. 1987
- 10) Konieczny 1991
- 11) Denne undersøkelsen**
- 12) Lingsten et al. 1989

Vedleggstabell 4. Data for nivåer av enkelte organiske miljøgiftkomponenter i overflatesedimenter fra Oslofjorden rapportert 1977-1991. ?= usikker verdi.

	ΣPCB μg/kg	ΣDDT μg/kg	HCB μg/kg	5CB μg/kg	ΣPAH mg/kg	B(a)P mg/kg	THC %	Ref.
Bekkelaget bassenget(4)	223	-	8	2	-	-	-	1
Indre Oslofjord (16)	153	38	-	-	-	-	-	2
Indre Oslofjord (3)	273	122	-	-	-	-	-	2
Drøbaksundet (3)	-	-	-	-	1.5	-	-	3
Drammensfjorden (4)	-	-	-	-	17	-	-	4
Slagentangen (30)	-	-	-	-	0.4	-	0.008	5
Indre Oslofjord (2)	-	-	-	-	-	-	0.0001	6
Steilene 1986 (1)	19	-	-	-	-	-	-	7
Steilene 1990 (1)	27	1.4	1.3	-	1.6	-	-	8
Bispevika (5)	-	-	-	-	30.4	-	-	9
Oslo Havn (10+1)	400	5	2	2	19.0	3.8	0.74	10
Akerselva (4)	73	-	-	-	3.4	0.2?	3.80	11

- 1) Skei 1977
- 2) Abdullah et al. 1982 og Risdal 1983
- 3) Næs 1991 og T.Bakke pers. med.
- 4) Næs 1984
- 5) Siljeholm 1985
- 6) Sporstøl et al. 1983
- 7) Green 1989a
- 8) Green 1992
- 9) Konieczny 1991
- 10) Denne undersøkelsen**
- 11) Lingsten et al. 1989

VEDLEGG

Vedlegg 1

Analyserapport for hurtiganalyser ved SI.

NIVA
P.O.Box 69 Korsvoll
0808 Oslo 8

Rapport

Att.: Roger M. Konieczny

Deres ref.
R.M.Konieczny

Vår ref.
T.Øfati / G.Tveten

Direkte innvalg

Dato
13.11.91

Oppdragets tittel

Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner, PAH, og polyklorerte bifenyler, PCB, i sedimentprøver.

Oppdrag nr
114406-013

I den tilsendte sedimentprøven ble det funnet 0.7 µg PCB pr. gram tørt materiale.
PAH ble ikke påvist i prøven

Sedimentprøven merket KO-¹⁴15 (12-17 cm.) ble behandlet og analysert etter vår standardmetode for PAH og PCB i sedimentprøver.
Analysemetoden er vedlagt.

Resultatet er gitt i µg/g tørt materiale

PRØVE	Tørrestoff	Σ PCB	Σ PAH
14	%	µg/g	µg/g
KO-15 (12-17cm)	47	0.65	i.d.

i.d. = ikke detektert.

Deteksjonsgrensen for sum PCB i prøven var 0.008µg/g tørt materiale.

Deteksjonsgrensen for enkeltkomponenter av PAH i prøven var 0.03µg/g tørt materiale.

Til kvantifisering av PCB-innholdet i prøven ble det benyttet to kommersielle PCB-oljer. En med kloreringsgrad på 54 % (PCB 1254) og en med kloreringsgrad på 60 % (PCB 1260). Fordelingen av de to kloreringsgradene i prøven var 68 % av PCB 1260 og 32 % av PCB 1254.

Etter forskrifter fra Miljøverndepartementet skal PCB-holdig materiale inneholdende 50 µg/g PCB eller mer, behandles som spesialavfall.

Med vennlig hilsen
Senter for Industrieforskning

Arne Lund Kvernheim
Arne Lund Kvernheim

Grete Tveten
Grete Tveten

NIVA
P.O.Box 69 Korsvoll
0808 OSLO

 **SENTER FOR
INDUSTRIFORSKNING**
Center for Industrial Research

Att.: Roger M. Konieczny

Rapport

Deres ref. R.M.Konieczny	Vår ref. TØF	Direkte innvalg 02-452933	Dato 18.10.1991
Oppdragets tittel Oljeanalyse av sediment fra Oslo Havn			Oppdrag nr 114406-013

Kjemisk analyse av sedimentet viser et innhold av THC på 7400 ppm. Oljen har en kokepunktsfordeling i området n-C₁₀ til n-C₃₅ alkan (174°-490°C).

INNLEDNING

SI mottok 31.10.91 en sedimentprøve fra Kongshavn indre Oslofjord, merket KO-14 (12-17 cm). Sedimentet skulle analyseres for innhold av olje (THC).

ANALYSE

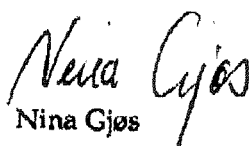
Prøven ble ekstrahert med diklormetan vha. ultrasonisk sonde. Prøveekstrakter ble deretter analysert med gasskromatografi (GC). GC-analysen gir i tillegg til mengdeangivelsen, også et GC-kromatogram som gir et "fingeravtrykk" av ulike oljetyper. Dette kan benyttes til identifikasjon av hva slags olje som foreligger.

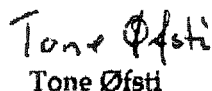
En boreslamsolje ble benyttet som ekstern standard til mengdebestemmelsen av oljen. Mengden av det ekstraherte materialet er angitt i mg olje/kg tørt sediment (ppm). Torrvekten av sedimentet ble bestemt ved at en del av prøven ble tørket i to døgn ved 105°C.

RESULTAT

Resultatet av GC-analysen viser at sedimentet inneholder 7400 mg olje/kg tørt sediment. Figur 1 viser at oljen inneholder topper i kokepunktsonrådet n-C₁₀ til n-C₃₅. Forholdet mellom n-C₁₇/pristan og n-C₁₈/phytan viser at oljen har vært utsatt for en biodegradering. "Humphen" (UCM = unresolved complex mixture) i området n-C₂₁ til n-C₃₂ kan indikere at forurensningen kan være en bunkersolje, se figur 2.

Med hilsen
Senter for Industrieforskning


Nina Gjøs


Tone Øfsti

Vedlegg: Gasskromatogram
Faktura

Postadresse, Postal Address:
Postboks 124 Blindern,
N-0314 Oslo 3, Norway

Kontoradresse, Office Address:
Forskningsveien 1,
Oslo 3

Telephone:
+47-2-45 20 10

Telex:
71 536 SI N

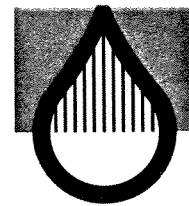
Telefax:
+47-2-45 20 40

Bank:
Kredittkassen
6039.05.18825

Postgiro Acc:
5 16 05 93

Vedlegg 2

Laboratorierapport fra NIVA vedrørende opparbeidelse av prøvematerialet med hensyn på PCB analyser.

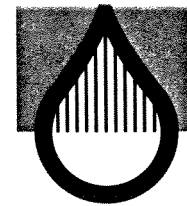


Rapport ang. opparbeidelsen av MQU-serien.
(bunnsedimenter fra indre Oslofjord)

De 12 prøvene ble ekstrahert på vanlig måte med 10 g innveid våtvekt og 200 + 100 ml cykloheksan:isopropanol (1:1). Alle prøvene ble tilsatt 50 µl indre standard, PCB-53. Ekstraktene hadde en sterk gulbrun farge, og de var noe seige. Under inndampingen på vannbadet felte det ut et finfordelt bunnfall som la seg på kantene av rundkolben. Under inndamping med nitrogengass felte det ut mer sediment i de fleste ekstraktene, mest i MQU 10.

Før syrebehandling var alle ekstraktene meget mørke, og etter tilsetning av 6 ml kons. svovelsyre ble syra sterkt farget, tildels rødlig i noen av ekstraktene. Etter at ekstraktene hadde stått over natten var syra helt svart og seigtflytende. Ekstraktene var noe finere etter den første behandlingen, men de hadde fortsatt en gulbrun farge. De ble så tilsatt nye 6 ml syre. Denne gangen ble syra svakt rosa, og det kunne virke som om vi fikk en del emulsjon i ekstraktene. De fikk stå over helga med syre, slik at den skulle få reagert skikkelig. Over helga var syra blitt gul, og i faseskillet lå det en brun "hinne". Ekstraktene ble så pipetert av direkte uten å fjerne syra først. Noen av dem så nå ganske fine ut, andre var fortsatt sterkt misfargede (særlig 7,9,10,11,12). De ble så blåst ned til ca 1 ml v.h.a. nitrogengass, og da felte det ut til dels store mengder krystalinsk svovel i rørene (særlig 5,8,9,10). For å fjerne dette svovelet ble ekstraktene så kjørt på Cu/Al-kolonner. En del av kobberet i kolonnene reagerte med svovelet, men ikke alt. Noe av det svovelet som hadde felte ut la seg på toppen av aluminaen i kolonnene.

Også nå felte det ut fast svovel ved nedblåsing, og ekstraktene ble derfor kvikksølvbehandlet (brukte ca 0.6 g Hg pr prøve). Store mengder kvikksølvulfid felte da ut, og falt ned på bunnen av vialen med en gang. I MQU 1 ble det bare et brunt belegg på kvikksølvkula, og ingen skikkelig reaksjon. For å fjerne rester av kvikksølvulfid ble så ekstraktene filtrert gjennom Na₂SO₄. Fortsatt felte det ut svovel ved nedblåsing, og vi kvikksølvbehandlet ekstraktene en gang til. Etter den andre behandlingen så det ut som om vi hadde fjernet det meste fra MQU 1 og 2, og disse ble forsøkt kjørt. For MQU 1 gikk det fint, men i nr 2 hadde vi fortsatt store forurensinger av svovel. Den ble derfor slemmet opp igjen og kvikksølvbehandlet flere ganger.



Vi fant altså at selv om det ikke felte ut svovel ved nedblåsing til sluttvolum, var det for store mengder igjen i prøvene til at de kunne kjøres. Derfor fortsatte vi behandlingen til vi ikke lenger hadde noen tydelig reaksjon mellom kvikksølv og svovel. Fordi mengdene av svovel var så store, måtte vi behandle ekstraktene svært mange ganger før utfellingen stoppet.

	<u>Kode</u>	<u>Ant.Hg-beh.</u>
MQU	1	2
	2	5
	7	7
	4	9
	3	10
	5,11,12	11
	6,8,	13
	Bl.pr.	14
	9	15
	10	16

Etter at ekstraktene var ferdig rensset ble de overført til nye vials, og pga. forventede store konsentrasjoner brukte vi et sluttvolum på ca 1 ml på alle prøvene.

Nof, 14.1.92

Vedlegg 3

Analyseresultater for PCB i sedimenter fra Indre Oslofjord.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : ORMSUND
 Oppdragsnr. : 91150
 Prøver mottatt : 1.11.91
 Lab.kode : MQU
 Jobb.nr. : 91/175
 Prøvetype : Sed.
 Kons. i : Ug/kg tørrvekt
 Dato : 16.01.92
 Analytiker : EMB

1: RE-01 0-2cm, MQU1
 2: FI-01 0-2cm, MQU2
 3: FI-02 12-17cm, MQU3
 4: BJ-01 0-2cm, MQU4
 5: BJ-02 17-22cm, MQU5
 6: BJ-03 0-2cm, MQU6

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	1	1	1	2	2	2
a-HCH	2	1	1	4	6	2
HCB	4	3	1	3	2	3
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	3	4	25	16	26	12
PCB 52	4	5	32	33	51	22
OCS	2	1	2	2	3	2
PCB 101	8	11	35	47	71	35
p,p-DDE	4	2	3	7	3	5
PCB 118	12	7	22	41	63	29
p,p-DDD	1	<1	1	<1	2	1
PCB 153	19	19	55	55	78	38
PCB 138	17	16	50	50	76	34
PCB 180	11	13	35	33	43	20
PCB 209	1	<1	<1	1	1	2
SUM						
SUM PCB	75	76	255	276	409	192
%Tørrstoff	31.4	37.4	53.5	35.2	35.6	34.4
%Fett						
EOPCL ppb						

Navn/lokalitet : ORMSUND
 Oppdragsnr. : 91150
 Prøver mottatt : 1.11.91
 Lab.kode : MQU
 Jobb.nr. : 91/175
 Prøvetype : Sed.
 Kons. i : ug/kg tørrvekt
 Dato : 16.01.92
 Analytiker : EMB

1: KO-02 0-2cm, MQU7
 2: KO-10 0-2cm, MQU8
 3: KO-11 0-2cm, MQU9
 4: KO-12 32-37cm, MQU10
 5: KO-13 42-47cm, MQU11
 6: KO-14 0-2cm, MQU12

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
5-CB	2	1	2	5	4	1
a-HCH	3	2	5	16	23	4
HCB	2	2	3	2	2	2
g-HCH	<1	<1	<1	<1	<1	<1
PCB 28	10	13	14	18	14	9
PCB 52	10	21	16	31	25	12
OCS	1	1	2	2	2	1
PCB 101	19	26	25	49	39	19
p,p-DDE	3	4	4	7	5	3
PCB 118	17	19	23	48	38	17
p,p-DDD	<1	<1	<1	<1	1	<1
PCB 153	24	33	32	52	45	23
PCB 138	22	29	29	52	43	22
PCB 180	14	19	18	26	24	13
PCB 209	1	1	1	1	1	1
SUM						
SUM PCB	117	161	158	272	229	116
%Tørrstoff	43.2	45.5	31.3	35.2	37.2	44.0
%Fett						
EOPCL ppb						

Vedlegg 4

Analyseresultater for PAH i sedimenter fra Indre Oslofjord.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ormsund
 Oppdragsnr. : 91150
 Prøver mottatt : 1.11.91
 Lab.kode : MQU 1-6
 Jobb.nr. : 91/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. 1 : Ng/g tørrvekt
 Dato : 6.1.92
 Analytiker : Brq

1: MQU 1 = RE-01 (0-2 cm) 4: MQU 4 = BJ-01 (0-2 cm)
 2: MQU 2 = FI-01 (0-2 cm) 5: MQU 5 = BJ-02 (17-22 cm)
 3: MQU 3 = FI-02 (12-17 cm) 6: MQU 6 = BJ-03 (0-2 cm)

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	242	527	190	387	400	262
2-M-Naf.	236	263	95	178	249	150
1-M-Naf.	164	248	82	109	150	98
Bifenyl						
Acenaftylen	153	237	246	718	1063	450
Acenaften	278	226	118	179	239	177
Dibenzofuran	114	91	30	136	138	124
Fluoren	92	80	40	145	142	126
Dibenzotiofen	39	56	37	132	126	105
Fenantren	478	740	448	1140	1111	959
Antracen	86	210	144	670	660	444
2-M-Antracen	45	106	67	238	213	147
1-M-Fenantren	16	47	35	206	210	120
9-M-Antracen		5	4	34	46	17
Fluoranten	630	1970	1352	4735	4193	3420
Pyren	274	874	761	1504	2147	1188
B(a)A*	173	607	447	1381	1572	1242
Trif/Chry.	226	667	490	1452	1861	1178
B(b)fluoranten*	746	1097	1049	4561	5104	3136
B(j,k)fluoranten*		384	363	1000		801
B(e)P	441	827	710	2629	2883	1895
B(a)P*	285	786	623	2593	2792	1816
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*	477	512	615	2474	2637	1750
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	84	107	140	619	236	445
B(ghi)perylen	590	556	609	2391	2537	1690
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	5869	11223	8695	29611	30709	21740
Derav KPAH(*)	1765	3109	2874	11628	12341	8389
%KPAH	30	28	33	39	40	39
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ormsund
 Oppdragsnr. : 91150
 Prøver mottatt : 1.11.91
 Lab.kode : MQU 7-12
 Jobb.nr. : 91/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. 1 : Ng/g tørket materiale
 Dato : 6.1.92
 Analytiker : Brg

1: MQU 7 = K0-02 (0-2cm) 4: MQU 10 = K0-12 (32-37cm)
 2: MQU 8 = K0-10 (0-2cm) 5: MQU 11 = K0-13 (42-47cm)
 3: MQU 9 = K0-11 (0-2cm) 6: MQU 12 = K0-15 (0-2cm)

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	173	2036	178		155	164
2-M-Naf.	144	786	138		127	145
1-M-Naf.	90	514	85		76	92
Bifenyl						
Acenaftylen	191	1382	185		199	327
Acenaften	193	1974	98		93	110
Dibenzofuran	70	1369	61	31	43	38
Fluoren	86	2197	71	46	51	55
Dibenzotiofen	52	1102	51	47	44	50
Fenantren	481	13950	445	381	392	377
Antracen	208	3214	205	212	192	237
2-M-Antracen	161	2006	179	108	110	148
1-M-Fenantren	87	866	93	72	85	123
9-M-Antracen	12	92	24		39	19
Fluoranten	1662	23880	1571	1715	1472	4078
Pyren	703	9623	705	753	742	1758
B(a)A*	602	5357	612	571	504	918
Trif/Chry.	635	6172	577	628	605	1010
B(b)fluoranten*	1147	6479	1281	1306	1300	1709
B(j,k)fluoranten*	458		309	280	280	339
B(e)P	799	3964	781	776	775	1082
B(a)P*	842	4595	732	710	706	1010
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*	729	2937	672	680	662	704
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1	180	~ 500	67	61	59	75
B(ghi)perylen	723	2539	695	695	677	832
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	10428	97534	9815	9072	9388	15400
Derav KPAH(*)	3958	19868	3673	3608	3511	4755
%KPAH	38	20	37	40	37	31
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomerer.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Ormsund
 Oppdragsnr. : 91150
 Prøver mottatt : 1.11.91
 Lab.kode : MQU 8.13.14
 Jobb.nr. : 91/175
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. 1 : Ng/g tørrvekt
 Dato : 16.1.92
 Analytiker : Brg

1: MQU 8. *) Reanalyseres ennå en gang!!
 2: MQU 13 ~~KO-07~~ 5:
 3: MQU 14 ~~KO-08~~ 6:

Parameter/prøve	1*)	2	3	4	5	6
Naftalen		101	251			
2-M-Naf.		65	123			
1-M-Naf.		30	50			
Bifenyl						
Acenaftylene		59	162			
Acenaften		22	58			
Dibenzofuran		27	89			
Fluoren		34	90			
Dibenzotiofen		16	41			
Fenantren		238	419			
Antracen		70	186			
2-M-Antracen		49	80			
1-M-Fenantren		27	68			
9-M-Antracen		7	17			
Fluoranten		624	1687			
Pyren		289	624			
B(a)A*		215	553			
Trif/Chry.		221	599			
B(b)fluoranten*		345	920			
B(j,k)fluoranten*		115	356			
B(e)P		222	588			
B(a)P*		222	538			
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*		146	513			
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)		38	68			
B(ghi)perylene		166	493			
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM		3348	8573			
Derav KPAH(*)		1081	2948			
%KPAH						
%Tørrstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).
 Sum av * utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2054-2