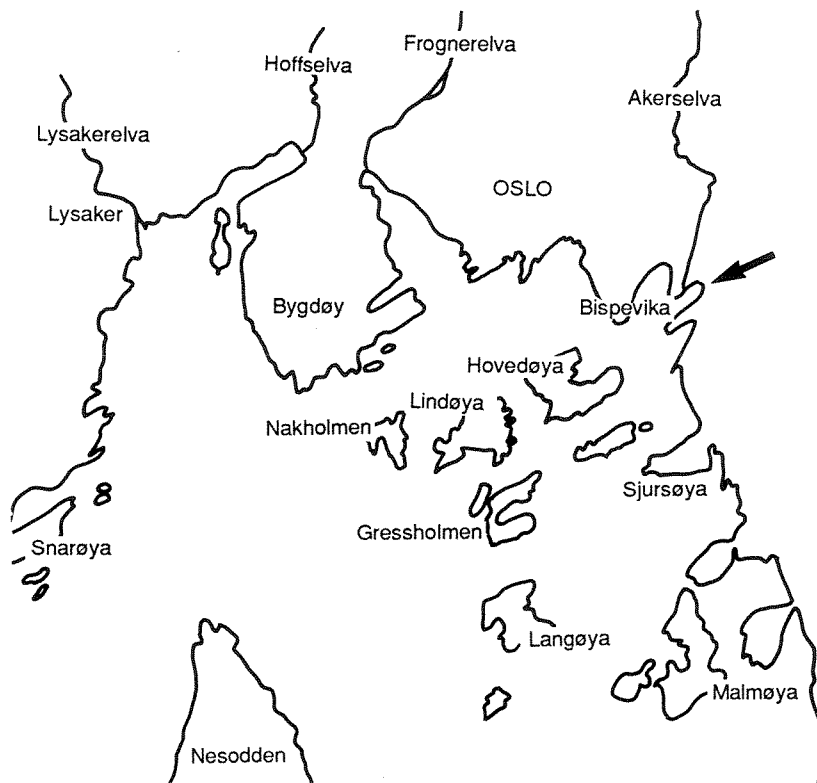


O-91099

Undersøkelse av tungmetall- og
PAH-forurensede bunnsedimenter
fra Bispevika, Indre Oslofjord,
i forbindelse med snøtipping fra Bispekaia.



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-91099	Undernr.:
Løpenr.: 2654	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo B Telefon (47 2) 23 52 80 Telefax (47 2) 39 41 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 A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rapportens tittel: Undersøkelse av tungmetall- og PAH-forurensede bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord, i forbindelse med snøtipping fra Bispekaia.	Dato: 18.10.1991	Trykket: NIVA 1991
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Roger M. Konieczny	Geografisk område: Oslo	
	Antall sider: 19	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Veivesenet, Oslo Kommune og Oslo Havnevesen	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---------------------------------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

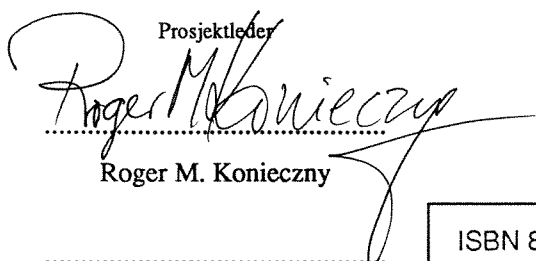
Sedimentprøver fra Bispevika inneholdt høye overkonsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, tjærestoffer), kvikksølv, bly og kadmium. Mindre fremtredende var innholdet av kobber, sink, nikkel og krom. Sedimentene kan klassifiseres som sterkt forurenset både i overflaten og tildels i dypet, men avviker ikke fra sammenlignbare områder utenfor resipienten. Forurensningsgraden tilsier at forstyrrelser av sedimentene er ikke tilråddig, da dette kan føre til mobilisering av miljøgiftene. Betydningen av snøtipping som kilde har ikke latt seg kvantifisert, men antas å bidra til de høye nivåene, så lenge det dreier seg om gammel snø. Tilførsel av ny snø vil neppe ha noen konsekvenser for tilstanden i dette området.

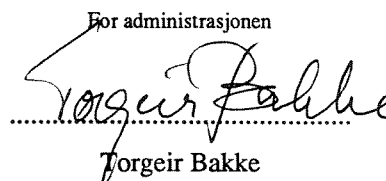
4 emneord, norske

1. PAH
2. Tungmetaller
3. Sedimenter
4. Marin økologi

4 emneord, engelske

1. PAH
2. Heavy metals
3. Sediments
4. Marine ecology

Prosjektleder

Roger M. Konieczny

For administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2004-6

Norsk institutt for vannforskning

O-91099

**UNDERSØKELSE AV TUNGMETALL- OG PAH-
FORURENSEDE BUNNSEDIMENTER FRA BISPEVIKA,
INDRE OSLOFJORD, I FORBINDELSE MED
SNØTIPPING FRA BISPEKAIA.**

Oslo, den 22. november 1991

**Prosjektleder:
Medarbeidere:**

**Roger M. Konieczny
Lasse Berglind
Liv Bryn
Aud Helland
Bente H. Lauritzen
Tom Tellefsen**

Forord

Undersøkelsen er utført på oppdrag fra Veivesenet og Havnevesenet, Oslo Kommune, og er ment å danne grunnlag for fremtidige avgjørelser i forbindelse med praksisen rundt snørydding i Oslo by. Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), ble etter møte mellom Havnevesenet, Vannverket, Statens forurensningstilsyn, Fylkesmannens miljøvernnavdeling, Teknisk direktør og Veivesenet den 7. mai 1991, bedt om å belyse problematikken vedrørende snøtipping ved Oslo havn. Programforslag ble oversendt oppdragsgiverne 17. juni 1991.

Kontaktpersoner ved etatene har vært driftsjef Arne Eide, Veivesenet, samt havnekaptein Tor Berg og havneinspektør Asbjørn Sandnes, Havnevesenet. Sistnevnte ledet også befaringen i undersøkelsesområdet.

Oslo, den 22. november 1991

Roger M. Konieczny

Prosjektleder

Sammendrag og konklusjoner

Seks sedimentprøver fra 5 stasjoner i Bispevika er analysert for innholdet av tungmetallene; kvikksølv (Hg), kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni) og krom (Cr), samt polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Det synes å være en svak økning i konsentrasjoner av de enkelte komponentene, fra innerste stasjon (St. 1) og ut mot Akerselvns munning (St.4 og 5). En "referanseprøve" tatt i sedimentnivået 42-45 cm (antatt uforurenset sediment) på ytterste stasjon (St. 5), viste ikke nevneverdige avvik fra overflatesedimentene (0-2 cm). Høyeste enkeltverdier for de respektive metaller var 6.06 mgHg/kg, 5.5 mgCd/kg, 340 mgPb/kg, 570 mgCu/kg, 1200 mgZn/kg, 55.2 mgNi/kg og 142 mgCr/kg tørt sediment.

Sett i relasjon til bakgrunnsnivåer for metaller i marine sedimenter, var overkonsentrasjonene av Hg, Pb og Cd mest markert. Gjennomsnittlige overkonsentrasjoner, basert på øvre grense, var tilnærmet 25x for Hg og i overkant av 10x og 15 for Cd og Pb. Tilsvarende fremkom Cu og Zn med overkonsentrasjoner mellom 5-10x, mens Ni og Cr gjennomsnittlig viste ca. bakgrunnsnivå. Til tross for de høye konsentrasjoner av tungmetaller, synes ikke disse å være avvikende fra hva som tidligere er rapportert fra indre deler av Oslofjorden (Bekkelagsbassenget og utløpet av Akerselven).

Hva PAH (tjærestoffer) angår så foreligger det lite informasjon om konsentrasjoner og nivåer i det indre fjordområdet. De målte konsentrasjoner i Bispevika, ca. 17-50 mgPAH/kg tørt sediment, kan derfor foreløpig best sammenlignes med det naturlige bakgrunnsnivå for marine sedimenter. En slik sammenligning gir øvre grense 30-100x overkonsentrasjon av PAH i de undersøkte sedimentene. De lette (flyktige) PAH-komponentene utgjorde i overflatesedimentene rundt 10%. Av total-PAH utgjorde de potensielt kreftfremkallende fordindelsene (KPAH) mellom 30-40 %, noe som anses å være svæet høyt.

Ut fra dette kan det konkluderes med:

- at bunnsedimentene i Bispevika er tildels kraftig forurenset av tungmetaller, spesielt kvikksølv, kadmium og bly, og noe mindre fremtredende av kobber, sink, nikkel og krom.
- at nivåene av tungmetaller i sedimentene ikke er uventet høye sett i forhold til sammenlignbare områder i indre Oslofjord, og at nivåene, med unntak av Pb, har holdt seg tilnærmet konstant de siste 10-12 årene.
- at bunnen i Bispevika også inneholder meget høye konsentrasjoner av tunge PAH-komponenter, med høy andel potensielt kreftfremkallende forbindelser, sett i forhold til marine sedimenterens naturlige innhold.
- at Bispevika klassifiseres som et sterkt forurenset område, men at fortsatt tipping av tilnærmet ny snø, ikke behøver å ha nevneverdige konsekvenser.

- at tipping av gammel snø, antas å medføre økt tilførsel av partikler og forurensende komponenter, slik at nivåene eventuelt opprettholdes eller øker. Dette gjelder spesielt PAH som er sterkt partikkelbundet.
- at forurensningsgraden og type miljøgifter i dette området er av en slik art, at forstyrrelse av sedimentene i form av båttrafikk, mudring, utfylling etc. ikke er tilrådelig.
- at forstyrrelse av bunnsedimentene i Bispevika kan føre til mobilisering og spredning av flere miljøfarlige komponenter, som i sin tur kan påvirke organismer direkte eller via opptak i disse.

Innhold	Side
Forord.....	2
Sammendrag og konklusjoner	3
BAKGRUNN.....	6
FORMÅL	6
FELTARBEID.....	8
PRØVEMATERIALET	8
RESULTATER OG DISKUSJON	9
TUNGMETALLER.....	9
Kvikksølv (Hg)	10
Kadmium (Cd).....	11
Bly (Pb)	11
Kobber (Cu).....	12
Sink (Zn).....	13
Nikkel (Ni).....	14
Krom (Cr)	14
PAH	15
AVSLUTTENDE KOMMENTARER.....	16
REFERANSER.....	18
VEDLEGG	19

1. BAKGRUNN

Veivesenet, Oslo kommune har i alle år tømt store mengder snø i havnebassenget, i forbindelse med rydding av indre by. Med snø fra gatene følger primært søppel, asfaltslitasje, sand etc., men også mer betenkelige komponenter som tungmetaller og ulike organiske mikroforurensninger. Kildene til de aktuelle miljøgiftene i snø kan tenkes å være både luftnedfall og den stadig økende trafikken i indre by. I tillegg til tilførselen av forurensende komponenter via snøtipping, må en regne med noe tilførsel direkte til resipienten (avrenning, båttrafikk, kloakk- og mindre industriutslipp, nærnedfall etc.). Det er stadig reist spørsmål til denne praksisen med snøtipping og hvilken betydning dette har for de aktuelle deler av fjorden.

Havnevesenet tok derfor konsekvensen av dette sist vinter (1990/1991) og stanset all snøtømming i havnebassenget, til eventuell videre tømming blir godkjent av Statens forurensningstilsyn (SFT). Dette vil under tiden skape problemer for Veivesenet, spesielt i snørike vintre (800 000 m³/år). Snøtømming på de store landtippene (Østensjø og Maridalen) er også midlertidig stanset og da bystyrets retningslinjer krever at all snø fra indre bykjerne skal fjernes innen 14 dager etter snøfall, synes behovet for alternativer til havnebassenget å være stort.

Det ble derfor fremmet ønske om at Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) belyser omfanget av den aktuelle belastningen, gjennom prøvetagning og analyser av bunnen utenfor Bispekaia, med hensyn på noen av de mest skadelige komponenter.

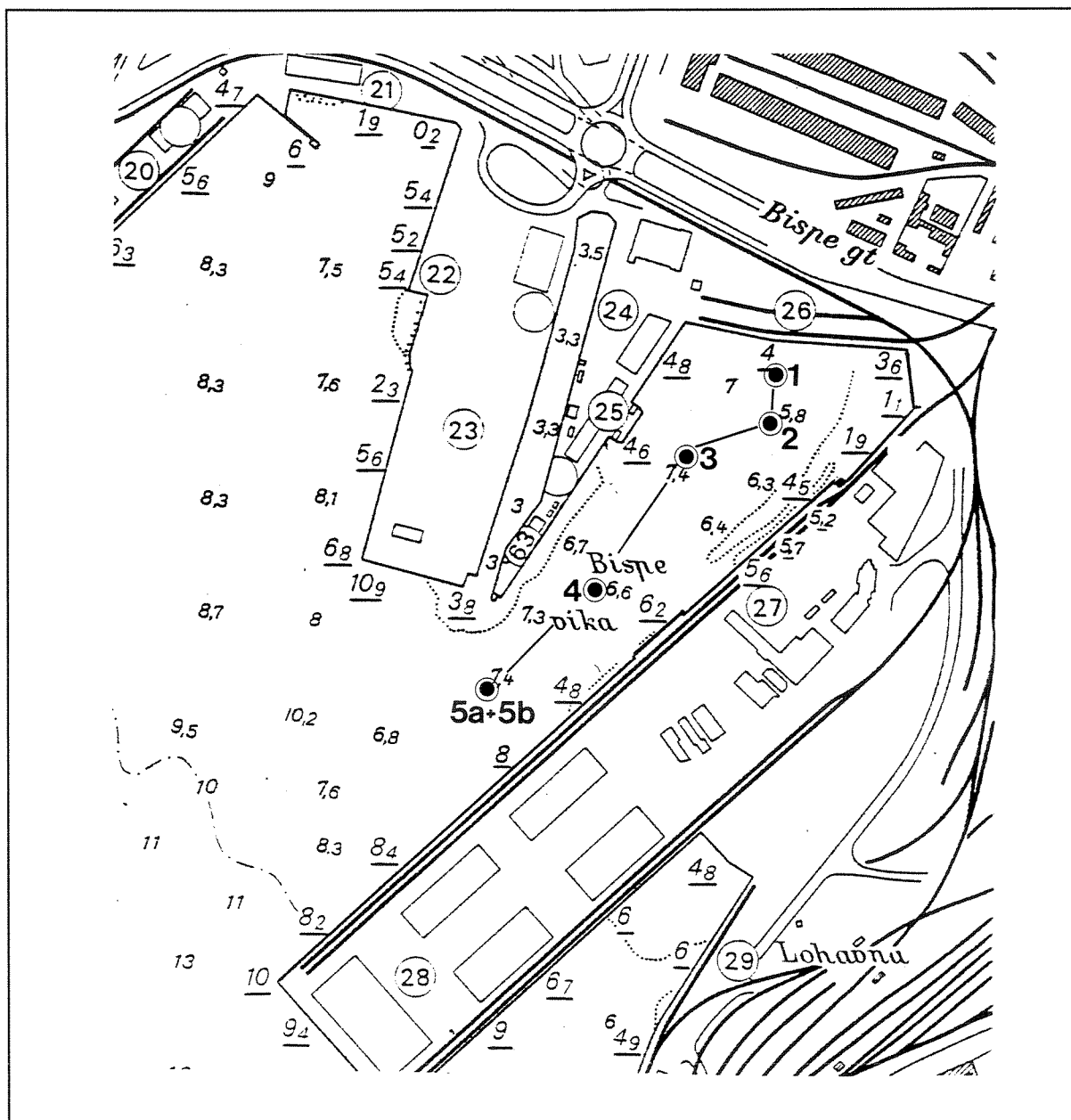
I tillegg til å belyse problemer forbundet med forurensning av fjordbunnen gjennom tilførsel via snø, gir resultatene i undersøkelsen et viktig bidrag til en generell kartlegging av forholdene i Indre Oslofjord. Tilgjengelig data vedrørende de fleste av de undersøkte komponentene er foreløpig noe begrenset for de aktuelle deler av fjorden.

2. FORMÅL

Formålene med denne undersøkelsen var:

Fastslå om og i hvilken grad tilførsel av forurenset snø fra indre by har ført til oppkonsentrering av de 7 tungmetallene; bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn) krom (Cr), nikkel (Ni) og kvikksølv (Hg), samt polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), i overflaten (0-2 cm) av bunnsedimentene utenfor Bispekaia.

Belyse om de målte konsentrasjonene på denne lokaliteten representerer overkonsentrasjoner i forhold til Oslofjordens og marine sedimenters naturlige bakgrunnsnivå.



Figur 1. Kart over undersøkelsesområdet, Bispevika, med inntegnet plassering av de utvalgte prøvestasjoner.

3. FELTARBEID

Feltarbeidet ble innledet den 4. juli 1991 med en befaring av lokaliteten Bispevika og området utenfor, sammen med representanter fra Havnevesenet, som også stilte båt til disposisjon. Under befaringen ble gitt nødvendig informasjon om bunnforholdene og tidligere/pågående/fremtidige aktiviteter i undersøkelsesområdet. Selve innsamlingen av sedimentprøvene for analyse, ble foretatt den 11. juli 1991, og til dette arbeidet ble F/F "Trygve Braarud", tilhørende Universitetet i Oslo, benyttet.

Sedimentkjernene ble tatt med egnet kjerneprøvetaker (Niemistö 1974) og det ble ialt prøvetatt 5 stasjoner i et transekt fra "Bispekaia tvers" og utover til utløpet av Akerselven (Figur 1). De innsamlede sedimentkjerner ble etter kort karakterisering snittet i de nødvendige nivåer, og de enkelte sedimentprøvene ble plassert i egnede skåler. Alt prøvemateriale ble oppbevart tørt, mørkt og kjølig til analysene ble igangsatt.

4. PRØVEMATERIALET

En generell beskrivelse av de utvalgte sedimentprøver som ble analysert er gitt i tabell 1. Det bemerkes at i de innerste deler av området, nær kaianlegget, var bunnen lite egnet for kjerneprøvetaking. Bunnsedimentenes topplag hadde her en bløt, "suppeaktig" konsistens, iblandet en del sand og grus. Innslaget av grovere materiale var også markert i flere av kjernene.

Det øvre sedimentlaget i resten av området synes generelt rikt på organisk materiale (planterester, dyr o.a.), og varierte svært i farge, konsistens og tykkelse over små avstander (innenfor samme stasjon). Mulig indikerer dette ujevn tilførsel og akkumulering av materiale. Alternativt lar den løse overflaten seg lett påvirke fysisk og er i stadig bevegelse. Generelt var sedimentene i dypet relativt homogene og bar preg av at området har vært muddret.

Det ble ikke tatt en egen kontrollstasjon utenfor undersøkelsesområdet, for referanse til upåvirket sediment. Derimot ble kjernen fra stasjon 5 snittet i 42-45 cm nivået, et nivå som så ut til å være uforurenset (St.5b). Denne sedimentprøven (idf. "referanseprøven") skulle danne grunnlag for sammenligning med konsentrasjoner av enkeltkomponenter i overflatelaget (0-2 cm). Det viste seg imidlertid at denne prøven generelt var like forurenset som de andre prøvene og kunne ikke tilfredstille intensjonene.

Tabell 1. Data vedrørende prøvestasjonene i Bispevika og karakteristikk av prøvematerialet.

STASJON	KJERNE- LENGDE i cm	SNITT- NIVÅ i cm	VANN- DYP i m	KOMMENTARER
1	43	0-2	4.0	Topplag ca. 10 cm svart, løs leire/slam med mye grus, går over i grå fastere leire. Nematoder observert levende i toppen. H ₂ S lukt.
2	105	0-2	5.5	Topplag ca. 50 cm svart, løs leire/slam som st. 1, men med mindre andel grus og sand, går over i grå fastere leire. Gasslommer m/ metan i hele kjernen.
3	105	0-2	5.8	Brun-grønt topplag av leire med mye rørbyggende polychaeter. Grå leire/silt mot bunnen.
4	75	0-2	7.0	Topplag som stasjon 3, men noe finere sediment nedover kjernen.
5a	120	0-2	8.0	Topplaget som stasjon 3 og 4, men noe mørkere i farge. Overgang til mørk grå leire på ca. 40 cm. Nematoder observert levende i topplaget.
5b	-	42-45	-	Mørk grå leire i prøvenivået ellers som for 5a.

5. RESULTATER OG DISKUSJON

Det er ikke etablert noen reell bakgrunnsverdi for de respektive metaller og PAH i Indre Oslofjords sedimenter, slik at det er mest nærliggende å sammenligne resultatene både med eldre data fra samme område og noe nyere data fra områder noe lenger ut i fjorden. Overkonsentrasjonene gitt i tabellmaterialet er beregnet på bakgrunn av målte konsentrasjoner i relasjon til øvre grense for naturlig bakgrunn i marine sedimenter (Knutzen og Skei 1990).

5.1. TUNGMETALLER

Resultatene fra analysene av tungmetaller er gitt i tabell 2-8 nedenfor. Generelt viser de målte konsentrasjoner for samtlige metaller en svakt økende konsentrasjon fra innerste stasjon (St. 1) og utover i undersøkelsesområdet (St.2-4) og med en mindre nedgang på den ytterste stasjonen (St. 5). "referanseprøven" på 42-45 cm sedimentdyp på St. 5, som var forventet å inneholde de laveste konsentrasjonene for de ulike metaller, viste seg i flere tilfeller å inneholde like mye som overflateprøvene. Dette indikerer at sedimentene i Bispevika også er forurenset i dypet.

5.1.1. Kvikksølv (Hg)

Gjennomgående var Hg konsentrasjonene mest fremtredende på alle stasjoner, med overkonsentrasjoner på 13-40x den naturlige bakgrunnsverdi for marine sedimenter. Høyeste enkeltverdi (St. 4) var 6.06 mgHg/kg tørt sediment og "referanseprøven" på 4.21 mgHg/kg, tilsvarte den nest høyeste verdien i prøveserien. Dette indikerer at Hg også finnes akkumulert nede i dypet. Etter klassifisering av forurensninggrad (Knutzen og Skei 1990), skulle dette tilsi at sedimentene i Bispevika er sterkt forurenset av Hg (også i dypet), med unntak av St. 1 (tabell 2).

Tabell 2. Konsentrasjoner av kvikksølv (Hg) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Hg i marine sedimenter 0.05-0.15 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgHg/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	1.95	13x	Forurenset, kl. 3
2	3.59	24x	Sterkt forurenset, kl. 4
3	3.61	24x	Sterkt forurenset, kl. 4
4	6.06	40x	Sterkt forurenset, kl. 4
5a	3.37	22x	Sterkt forurenset, kl. 4
5b	4.21	28x	Sterkt forurenset, kl. 4

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

Sedimentenes innhold av Hg i Bispevika, synes ikke å være avvikende fra hva som tidligere er funnet i indre deler av Oslofjorden, men markert høyere enn verdier målt ved Steilene. En undersøkelse av overflatesedimentene i Bekkelagsbassenget viste verdier mellom 1.04-19.6 mgHg/kg med et gjennomsnitt på 4.5 mgHg/kg for de 13 målestasjonene (Skei 1977). Ser en bort fra ekstremverdien på 19.6 mgHg/kg utenfor renseanlegget, fås et gjennomsnitt på 3.2 mgHg/kg for de resterende 12 stasjoner (Skei 1977).

Kirkerud et al. (1979) målte et gjennomsnitt på 8.3 mgHg/kg i overflaten utenfor Akerselvns munning. Av dette ses at både den høyeste verdien på 6.06 mgHg/kg og gjennomsnittet på 3.8 mgHg/kg for de 6 prøvene i Bispevika faller innenfor nivået i Indre Oslofjord uten at dette kan anses å være et reelt bakgrunnsnivå. Resultater fra 1987 i sedimenter utenfor Steilene viser et Hg-innhold på 0.56 mg/kg eller ca. 4x overkonsentrasjon (Green 1989).

5.1.2. Kadmium (Cd)

Konsentrasjonene for Cd i de undersøkte sedimentene var også gjennomgående høye, hvor overkonsentrasjonene sentralt i Bispevika var i overkant av 20x og sedimentene kan klassifiseres som forurenset til sterkt forurenset (tabell 3). Høyeste enkeltverdi for Cd ble målt på St. 4 og var 5.5 mgCd/kg tørt sediment, mens "referanseprøven" viste den laveste verdien 1.6 mg/kg for dette elementet.

Tabell 3. Konsentrasjoner av kadmium (Cd) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Cd i marine sedimenter 0.15-0.25 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgCd/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	2.7	11x	Forurenset, kl. 3
2	5.2	21x	Sterkt forurenset, kl. 4
3	5.1	20x	Sterkt forurenset, kl. 4
4	5.5	22x	Sterkt forurenset, kl. 4
5a	4.6	18x	Forurenset, kl. 3
5b	1.6	6x	Forurenset, kl. 3

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

Det forligger lite informasjon om konsentrasjoner av Cd i sedimentene i området, men verdiene som ble funnet i Bispevika synes å være sammenlignbare med hva som tidligere er rapportert. I overflatesedimentene utenfor Akerselven er det tidligere blitt målt et gjennomsnitt på 4.8 mgCd/kg (Kirkerud et al. 1979), mens denne undersøkelsen viste et tilsvarende gjennomsnitt på 4.6 mgCd/kg. Dette antyder at forekomsten av Cd har endret seg lite de siste 10-12 årene, selv om strenge krav til bruk og utslipp av Cd ble gitt allerede på midten av 70-tallet. Tilsvarende verdier målt ved Steilene var på 0.14 mgCd/kg noe som anses å indikere bakgrunnsnivåer i denne delen av fjorden (Green 1989).

5.1.3. Bly (Pb)

Variasjonene i konsentrasjonen av Pb var ikke så store som for metallene ovenfor. Det ble målt til mellom 200-430 mgPb/kg tørt sediment, med et gjennomsnitt på 325 mgPb/kg for de 6 prøvene. Dette representerer overkonsentrasjoner i forhold til marine sedimenters naturlige innhold av Pb på 7-14x. På bakgrunn av dette klassifiseres sedimentene i Bispevika som gjennomgående forurenset av Pb, også i dypet. På St. 5 viste sedimentene samme innhold av Pb i overflaten som i det nivå som var antatt å være upåvirket (tabell 4).

Tabell 4. Konsentrasjoner av bly (Pb) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Pb i marine sedimenter 10-30 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgPb/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	200	7x	Forurenset, kl. 3
2	360	12x	Forurenset, kl. 3
3	410	14x	Forurenset, kl. 3
4	430	14x	Forurenset, kl. 3
5a	280	9x	Forurenset, kl. 3
5b	270	9x	Forurenset, kl. 3

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

Tidligere er det rapportert konsentrasjoner av Pb i Bekkelagsbassenget (6 stasjoner) på 351 mg/kg (Doff 1969). Skei (1977) fant at sedimentene i samme område var moderat til sterkt forurenset av Pb, med en spredning på 115-900 mgPb/kg og gjennomsnittlig konsentrasjon på 226 mgPb/kg. Av nyere data fra Steilene oppgis verdien 119 mgPb/kg. Ses verdiene funnet i denne undersøkelsen i relasjon til dette, synes det ikke å foreligge noe større avvik. Derimot sammenlignet med målingene utenfor Akerselven (Kirkerud et al. 1979), viser dagens situasjon i Bispevika en tilnærmet firedobbling av Pb-konsentrasjonen på de siste 10-12 år. Årsaken til dette kan ligge i økt omsetning i sedimentene.

5.1.4. Kobber (Cu)

Variasjonene av sedimentenes innhold av Cu var noe større enn for Pb og som for de andre metallene viste St. 4. høyeste konsentrasjon på 570 mgCu/kg tørt sediment. Dette tilsvarer 16x bakgrunnsnivå og indikerer at overflate sedimentet i hele Bispevika er forurenset av Cu. Bare "referanseprøven" viser en moderat forurensningsgrad, tilsvarende 3x bakgrunnsnivå (tabell 5).

Fra tidligere undersøkelser med oppgitte verdier som 345 mgCu/kg (Doff 1969) og 450 mgCu/kg (Skei 1977) i Bekkelagsbassenget og 347 mgCu/kg utenfor Akerselva (Kirkerud et al. 1979) kan det sluttet at de indre deler av Oslofjorden har vært forurenset av Cu det siste tiåret. Gjennomsnittet for overflatesedimentene i Bispevika, 430 mgCu/kg, ligger da også innefor disse verdiene, men samtidig ca. 4x høyere enn hva som ble målt utenfor Steilene (Green 1989). Kun "referanseprøven" nede i sedimentet på St. 5 viste verdier som er sammenlignbare med Steilene, men må fortsatt klassifiseres som moderat forurenset.

Tabell 5. Konsentrasjoner av kobber (Cu) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Cu i marine sedimenter 15-35 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgCu/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	260	7x	Forurenset, kl. 3
2	480	14x	Forurenset, kl. 3
3	480	14x	Forurenset, kl. 3
4	570	16x	Forurenset, kl. 3
5a	360	10x	Forurenset, kl. 3
5b	110	3x	Moderat forurenset, kl. 2

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

5.1.5. Sink (Zn)

Det siste av de undersøkte elementene som viser nivåer som tilsvarer et forurenset sediment er Zn, og resultatene viser relativt store variasjoner, mellom 1200 mgZn/kg tørt sediment og 460 mgZn/kg i "referanseprøven". Stasjonene viser overkonsentrasjoner av Zn på 3-8x bakgrunnsnivå i overflatelaget, høyest St.4. Samtlige prøver, med unntak av St. 1 og referansen antyder et Zn-forurenset (kl. 3) sediment (tabell 6).

Tabell 6. Konsentrasjoner av sink (Zn) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Zn i marine sedimenter 50-150 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgZn/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	560	4x	Moderat forurenset, kl. 2
2	1060	7x	Forurenset, kl. 3
3	1020	7x	Forurenset, kl. 3
4	1200	8x	Forurenset, kl. 3
5a	790	5x	Forurenset, kl. 3
5b	460	3x	Moderat forurenset, kl. 2

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

Også tidligere undersøkelser viser også store variasjoner i Zn-konsentrasjoner i undersøkelsesområdet, hvor verdier på rundt 1000-1300 mgZn/kg tørt sediment er vanlig og at området er forurenset av dette metallet (Doff 1969, Skei 1977 og Kirkerud et al. 1979). Gjennomsnittet for overflatesedimentene i Bispevika kan angis å være ca. 925 mgZn/kg, noe som underbygger dette. Til sammenligning er verdier av nyere dato fra Steilene angitt å være ca. 300 mgZn/kg eller 2x naturlig bakgrunnsnivå for marine sedimenter (Green 1989).

5.1.6. Nikkel (Ni)

Resultatene fra analyse med hensyn på Ni, viser konsentrasjoner i intervallet 27.5 mgNi/kg (St. 1) til 55.2 mgNi/kg tørt sediment (St. 4), tilsvarende ca 2x overkonsentrasjon i forholdet til naturlig bakgrunn (tabell 7). "Referanseprøven" viste ingen større avvik fra overflatesedimentene. Sammenlignet med undersøkelsen i Bekkelagsbassenget, med et gjennomsnitt i overflatelaget på 39.1 mgNi/kg (Skei 1977), ligger Bispevika noe høyere med et gjennomsnitt på 43.6 mgNi/kg. Begge verdier indikerer en moderat forurensningsgrad av dette metallet, selv om konsentrasjonene ligger ned mot bakgrunnsnivåer.

Tabell 7. Konsentrasjoner av nikkel (Ni) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for Ni i marine sedimenter 10-30 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgNi/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	27.5	-	Svakt forurenset, kl. 1
2	48.4	2x	Moderat forurenset, kl. 2
3	46.6	2x	Moderat forurenset, kl. 2
4	55.2	2x	Moderat forurenset, kl. 2
5a	45.6	2x	Moderat forurenset, kl. 2
5b	38.2	-	Moderat forurenset, kl. 2

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

Noe annet sammenligningsgrunnlag fra de indre fjordområder foreligger ikke, men Abdullah og Danielsen (1989) rapporterte Ni-konsentrasjoner i Drøbaksundet på ca. 43.5 mgNi/kg og et gjennomsnitt for hele ytre Oslofjord på 35.6 mgNi/kg. Dette indikerer at hele Oslofjorden er svakt til moderat forurenset av Ni og at Bispevika ikke skiller seg ut i så måte.

5.1.7. Krom (Cr)

Resultatene fra analyse av Cr viste tilnærmedesvis samme trend som for Ni. Sedimentene inneholdt mellom 63.9 og 142.0 mgCr/kg tørt sediment, noe som representerer 2x overkonsentrasjon. "referanseprøven" viste lavest innhold med 55.8 mgCr/kg (tabell 8). Dette viser en svak til moderat forurensning i sedimentene. Nivået av Cr på 81.5 mgCr/kg rapportert fra den tidligere undersøkelsen utenfor Akerselva (Kirkerud et al. 1979), er noe lavere enn gjennomsnittet for Bispevika innenfor, men viser at forekomsten av Cr har vært stabil det siste tiåret. Men til gjengjeld ligger verdiene på kun det halve av hva som ble funnet i Bekkelagsbassenget. Her ble det rapportert konsentrasjoner i overflatesedimentene på mellom 122-561 mgCr/kg, med et gjennomsnitt på 222 mgCr/kg (Skei 1977).

Tabell 8. Konsentrasjoner av krom (Cr) i mg/kg tørt sediment, målt i bunnsedimenter fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakrunnsverdi for Cr i marine sedimenter 30-70 mg/kg tørt sediment. For beregning av overkonsentrasjoner er øvre grense benyttet.

STASJON	mgCr/kg	Overkons.	Klassifisering ¹⁾
1	63.9	-	Svakt forurenset, kl. 1
2	121	2x	Moderat forurenset, kl. 2
3	110	2x	Moderat forurenset, kl. 2
4	142	2x	Moderat forurenset, kl. 2
5a	110	2x	Moderat forurenset, kl. 2
5b	55.8	-	Svakt forurenset, kl. 1

1) Klassifisering iht. Knutzen og Skei 1990.

5.2. PAH

Resultatet av PAH analysene er oppsummert og gitt i Tabell 9 nedenfor. For mer detaljer vedrørende konsentrasjoner av de enkelte PAH-komponenter henvises det til vedlegg 1. Den høyeste enkelt verdi ble målt på St. 4, hvor overflatelaget inneholdt ca. 50 mgPAH/kg. Dette tilsvarer i "verste tilfelle" ca. 250x naturlig bakgrunn i marine sedimenter (nedre grense, Knutzen og Skei 1990). Videre ble det som for tungmetaller målt avtagende konsentrasjoner inn mot innerste stasjon (fig. 1). Laveste konsentrasjon, 17 mgPAH/kg ble funnet i overflaten på St. 5, mens "referanseprøven" i 42-45 cm nivået lå nest høyest med 36 mgPAH/kg (tabell 9).

"Referanseprøven" hadde samtidig også den største prosentvis andel av den lette fraksjonen (18%), mens overflaten på samme stasjon hadde tilsvarende lavest (7 %). Til gjengjeld ble det funnet høyest andel potensielle kreftfremkallende komponenter (KPAH) i denne overflateprøven, med hele 41%.

På bakgrunn av dette klassifiseres Bispevika som sterkt forurenset (klasse 4, nedre grense 6 mg/kg) av PAH (Knutzen og Skei 1990). Det finnes lite informasjon om PAH-konsentrasjoner og normalnivåer i sedimenter fra Indre Oslofjord, men et mulig sammenligningsgrunnlag er resultater fra analyser av sediment fra Drøbaksundet. Her ble det funnet i antatt ukontaminert sediment fra 200 m dyp utenfor Solbergstrand, konsentrasjoner på 1.2-1.5 mgPAH/kg tørt sediment (Næs 1991). Dette tilsvarer ca. 2-3x marine sedimenters naturlige innhold av PAH, verdier som kan tenkes å være normale for Oslofjorden, selv om dette imidlertid er noe usikkert.

Med de høye konsentrasjoner som ble funnet i Bispevikas sedimenter anses det av underordnet betydning i dette tilfelle, om man velger verdiene fra Drøbaksundet eller naturlig bakgrunn som referanser for beregning av overkonsentrasjoner.

Tabell 9. Konsentrasjoner (avrundede verdier) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i mg/kg tørt sediment (avrundet verdier), målt i bunnsedimentene fra Bispevika, Indre Oslofjord. Bakgrunnsverdi for PAH i marine sedimenter 0.2-0.5 mg/kg tørt sediment (Knutzen og Skei 1990).

KONSENTRASJON	STASJON					
	1	2	3	4	5a	5b
Σ LETT FRAKSJON mg/kg	2.6	2.6	3.0	3.6	1.1	6.5
% LETT FRAKSJON	11	9	9	7	7	18
Σ PAH i mg/kg	23	30	33	50	17	36
Σ KPAH i mg/kg	7	11	12	18	7	10
% KPAH	30	37	36	36	41	28

6. AVSLUTTENDE KOMMENTARER

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at bunnsedimentene utenfor Bispekaia er kraftig forurenset både med PAH og til dels tungmetaller, hvor kvikksølv (Hg) er mest markert. Disse to komponentene opptrer, maksimalt med konsentrasjoner på henholdsvis ca. 100 og 40 ganger et antatt naturlig bakgrunnsnivå, i deler av resipienten. Hva PAH angår, så opptrer dette som en gruppe komponenter i så vidt høye konsentrasjoner i undersøkelsesområdet, ca. 50 mg/kg, at dette kan tenkes å finnes igjen i organismer. PAH kan bla. bli tatt opp i fisk, men skiller ofte relativt fort ut igjen (Knutzen og Skei 1990). Derimot blåskjell, strandsnegl o.a., akkumulerer denne gruppen miljøgifter i betydelig grad (Knutzen 1991a, 1991b). Høyt totalt PAH innhold, og innholdet av summen potensielt kreftfremkallende komponentene (KPAH, spesielt forbindelsen benzo(a)pyren (B(a)P)) gjør en rekke marine organismer lite egnet til konsum. Det bemerkes i den forbindelse at andelen KPAH i sedimentene i Bispevika utgjorde mellom ca. 30-40%, verdier som kan relateres til hva man finner utenfor mange av våre smelteverk. Av sum KPAH utgjorde B(a)P så mye som 20 %.

Flere av de målte konsentrasjoner av tungmetaller var på et nivå som også kunne ha innvirkning på faunaen. Ved siden av et høyt Hg nivå i disse sedimentene, forekom også kadmium (Cd), bly (Pb) og kobber (Cu) i mer enn ca. 10-20 ganger et antatt naturlig nivå i store deler av området. Tidligere undersøkelser har vist at alle de undersøkte tungmetallene er gjenfunnet i fisk, blåskjell og andre organismer i områder med stor belastning av slike komponenter. For eksempel kan Hg lett akkumuleres i fiskefilet, da fisk synes å ha liten evne til å regulere nivået av dette metallet (Knutzen og Skei 1990). Mange av metallene, som Cd og Pb, kan i varierende grad tas opp i fiskelever, men hvordan disse reguleres er noe mer usikkert. I den grad at det foreligger en spredning av miljøgifter fra resipienten til andre deler av fjorden, vil dette kunne bidra til de generelle nivåer i organismer som kan anvendes i konsum.

Sammenlignet med tidligere undersøkelser synes nivåene av de fleste undersøkte metaller å ha vært tilnærmet konstant de siste 10-12 årene i dette området. Dette tyder på at resipienten tilføres tungmetaller (trolig også PAH), gjennom flere ulike kilder. Tungmetaller og PAH primært knyttet til partikler, spres både via luft og vann. Aktuelt for

Bispevika kan være Akerselva, som hovedbiragsyter. Mindre periodiske utslipp og tilsig, overflateavrenning, overløp og lekkasjer i ledningsnettet, kan tenkes å forårsake tilførsel av miljøfarlige forbindelser, enten via elva eller mer direkte til resipienten. Videre kan det antas et bidrag fra veistøv, nedbør, båttrafikk etc. i nærsonen. Undersøkelser av bla. PAH i nedbør og takvann (Grande et al. 1990), PAH og tungmetaller i avrenning fra vei og i veistøv (Lygren og Gjessing 1984), har vist at dette er potensielle forurensningskilder. For eksempel viste nedbør i Osloområdet (Nesøya-Maridalen, 6 målestasjoner) i perioden 30/6 - 19/10 1989, å inneholde gjennomsnittlig 0.6 µgPAH/l (totalt 24 målinger). Høyeste enkeltmåling var 2.6 µgPAH/l over en 25 dagers periode (Grande et al. 1990). Som en bakrunnsverdi for PAH i smeltevann i høyfjellet, regnes ca. 0.4 µgPAH/l som reelt (L. Berglind pers. med.).

En detaljert undersøkelse av problematikken rundt tungmetaller og PAH nivåer i avrenning fra vei og transport av forurensede partikler til deponering i snø, jordsmonn og vann, ga klare resultater i retning av dette er en betydelig forurensningskilde. Datamaterialet fra undersøkelsen er svært omfattende, så det er valgt kun å gi noen belysende eksempler på hva veistøv og snø kan inneholde. Den 12. mars 1982 ble det målt i overflateavrenningen fra stasjonen ved Jessheim hele 13.7 µgPAH/l. Ved andre enkeltanledninger i perioden 1980-1982 ble det tilsvarende målt, f.eks. 920 µgPb/l, 740 µgZn/l, 28 µgCd/l og 13.2 µgHg/l. Det ble også foretatt beregninger av massetransport for de enkelte komponentene i denne perioden og ble funnet at avrenningen fra 1 km veistrekning inneholder ca. 88 gPAH/år. Beregninger av innholdet i luftnedfall (veistøv, sotpartikler etc.) var opptil 31 µgPAH/dag m² i vinterhalvåret i en avstand av 20 m fra veibanen. Tungmetaller viste seg å følge de samme hovedtrekk som PAH (Lygren og Gjessing 1984). Av dette ses at både avrenningen og luftnedfallet bidrar med å forurense snøen langs veinettet, men er selvfølgelig styrt av trafikkbelastningen. Det ble også målt innhold av PAH og tungmetaller i snø i økende avstand fra en stasjon i Asker, og påvirkningen var markert inntil 300 m fra veibanen. I en avstand av 50 m inneholdt snøen f.eks. 154 µgPb/l, 0.7 µgCd/l, 5 µgHg/l og 12.8 µgPAH/l (Lygren og Gjessing 1984). Det må derfor antas at et betydelig bidrag til forurensningen i Bispevika kommer fra den aktuelle snøtippingen, primært via gammel snø, uten at dette har latt seg kvantifisert i undersøkelsen fordi analyser av de aktuelle snømasser ikke er gjennomført..

Det forventes ut fra det grunnlaget som er nevnt over, at det med snøen også følger varierende mengder partikler som vil sedimentere i resipienten. Dette fører til at området med jevne mellomrom må mudres for å opprettholde båttrafikken slik at kaianlegget kan benyttes. Dette har imidlertid ikke vært utført de siste 8-10 år. Det foreligger også planer om utvidelse av kaianlegget, ved utfylling av løsmasser i de indre deler av Bispevika. Mobilisering av miljøgifter fra sedimentflater, som får ligge uforstyrret, skjer i svært liten grad og er i så tilfelle en svært langsom prosess. I så måte er Bispevika i dag kun antatt å være et potensielt problem, ved den bløte lett påvirkelige overflaten. Båttrafikk og de forestående aktiviteter i denne grunne resipienten vil kunne påvirke sedimentene og gjøre området til et høyst aktuelt problem. Ytterligere tilførsler av forurensende komponenter via snøtipping, som på sikt vil føre til nødvendig mudring, eller ved tilførsler av løsmasser, vil være faktorer som endrer mobiliseringen av miljøgiftene. Forstyrrelse av sedimentene med påfølgende partikkelspredning, frigivelse av porevann og desorpsjon fra partikler vil kunne påvirke vannmassene, og dyrelivet i og utenfor undersøkelsesområdet (Skei 1991a, 1991b).

7. REFERANSER

- ABDULLAH, M. I. og DANIELSEN, M., 1989. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord. Delområde 3.10: Sedimentanalyser. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT). Notat Biol. inst. UiO, 26s.
- DOFF, D. H., 1969. The geochemistry of Recent oxic and anoxic sediments of Oslo fjord, Norway. Unpubl. Ph. D. Thesis, Univ. of Edinburgh, 245s.
- GRANDE, M., BERGLIND, L., HOLTAN, G. og WALDAY, M., 1990. PAH-forurensning fra flytrafikk på Fornebu mai-desember, 1989. NIVA-rapport nr. 2461, 41s.
- GREEN, N., 1989. Joint Monitoring Programme (JMP). National Comments to the Norwegian Data for 1987. NIVA-rapport, O-80106, 1989, 32s.
- 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., 1991a. Utslipp av avløpsvann fra Lista Aluminiumsverk. Kontrollundersøkelser 1989-1990. NIVA-rapport nr. 2615, 36s.
- KNUTZEN, J., 1991b. Overvåking i Vefsnfjorden for Elkem Aluminium Mosjøen 1989-91. NIVA-rapport nr. 2622, 48s.
- KNUTZEN, J. og SKEI, J., 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport nr.2540, 139s.
- LYGREN, E. og GJESSING, E., 1984. Highway pollution in a Nordic climate. VA-3/84. NIVA-rapport nr. 1603, 83s.
- NIEMISTÖ, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst. Skr. Helsinki, 238, 33.
- NÆS, K., 1991. Utlekking av PAH fra forurenset sjøbunn. En eksperimentell undersøkelse av Sunndalsfjorden og Saudafjorden. NIVA-rapport, 0-8914801, under utarbeidelse.
- SKEI, J., 1977. Sedimentundersøkelser i Bekkelagsbassenget Januar 1977. NIVA-rapport nr. O-34/76, 45s.
- SKEI, J., 1991a. Miljøproblemer knyttet til mudring og dumping av forurensede masser i det marine miljø. Fase 1: Evaluering av dagens kunnskap. NIVA-rapport nr. 2560, 26s.
- SKEI, J., 1991b. Miljøproblemer knyttet til mudring og dumping av forurensede masser i det marine miljø. Fase 2: Utredning om alternative mudrings- og deponeringsmetoder. NIVA-rapport nr. 2614, 19s.

8. VEDLEGG

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : PAHOSLO
 Oppdragsnr. : 91099
 Prøver mottatt : 26.7.91
 Lab.kode : LEV 1-6
 Jobb.nr. : 91/126
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørket materiale
 Dato : 11.8.91
 Analytiker : Brg

1: Bisp.1 0-2
 2: Bisp.2 0-2
 3: Bisp.3 0-2
 4: Bisp.4 0-2
 5: Bisp.5 0-2
 6: Bisp.6 0-2

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	410	438	366	628	106	1674
2-M-Naf.	541	378	234	304	105	1056
1-M-Naf.	382	204	188	137	90	718
Bifenyl						
Acenaftalen	306	509	863	739	154	438
Acenaften	379	407	522	690	179	695
Dibenzofuran	169	229	243	328	144	531
Fluoren	239	260	292	441	162	765
Dibenzotiofen	181	218	269	382	168	535
Fenantren	1104	1485	1741	2518	1092	5068
Antracen	543	741	987	1483	301	1357
2-M-Antracen	459	273	761	714	379	800
1-M-Fenantren	476	257	882	927	338	531
9-M-Antracen						
Fluoranten	3380	3851	3960	6924	1432	3781
Pyren	3099	4056	3532	6301	1619	3878
B(a)A*	1262	2140	2055	3875	1096	1921
Trif/Chry.	1333	1819	2093	3576	1139	1768
B(b)fluoranten*	1938	2529	2629	3730	1636	1661
B(j,k)fluoranten*	572	1806	1906	2888	1121	1514
B(e)P	1327	1900	1998	2838	1247	1562
B(a)P*	1465	2167	2346	3432	1946	1934
Ind.(1,2,3-cd)pyr.*	1527	2364	2537	3638	1599	2099
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1	161	245	266	376	182	144
B(ghi)perylen	1292	1943	1935	2736	1310	1502
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	22655	30120	32605	49605	16944	36382
Derav KPAH(*)	7225	11251	11739	17939	6390	9573
%KPAH						
%Terrorstoff						

* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1967), 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 82-577-2004-6