

Hovedkontor

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

Sørlandsavdelingen

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

Østlandsavdelingen

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

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

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

Tittel Oljeforurensning i sedimentene utenfor Sjursøya Oljehavn. 2002	Løpenr. (for bestilling) 4651-03	Dato 07.03.03
	Prosjektnr. Undernr. O-21373	Sider Pris 20 + Vedlegg
Forfatter(e) Aud Helland Torgeir Bakke Merete Schøyen	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Oslo kommune Havnevesenet v/ Norges Geotekniske Institutt (NGI)	Oppdragsreferanse Tilbud av 18.09.02
--	---

Sammendrag :

Sedimentene utenfor Sjursøya er sterkt forurenset av olje, konsentrasjonene er like høye eller høyere i dag sammenlignet med undersøkelsene i 1993. Andelen NPD (oljerelatert PAH) var høyere i dag enn i 1993. Konsentrasjonen av sumPAH var noe lavere enn i 1993. Undersøkelsene tyder på at sedimentene kontinuerlig mottar olje fra Sjursøya eller nærliggende landområde. Den høye konsentrasjonen av olje i sedimentene utenfor Sjursøya kan ikke forklares med spredning fra sterkt forurensede sedimenter i inder deler av Oslo havn. Det er ikke sannsynlig at en reduksjon i oljeforurensning vil føre til noen bedring av en generelt forurensningsbelastet bunnfauna i området. De forurensede sedimentene ligger på dypt vann (>30 m) og med unntak av området nærmest kaia er de utsatt for lite forstyrrelse. Før en vurderer eventuelle tiltak på bunnsedimentene må tilførslene fra land stoppes eller reduseres betydelig.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bunnsedimenter 2. Olje 3. PAH 4. Oljeterminal 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bottom sediments 2. Oil 3. PAH 4. Oil terminal
--	---


Aud Helland
Prosjektleder


Kristoffer Næs
Forskningsleder


Jens Skei
Forskningsdirektor

**Oljeforurensning i sedimentene utenfor Sjursøya
Oljehavn**

2002

Forord

Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) innga i samarbeid med Norges Geotekniske Institutt (NGI) tilbud (den 18.09.02) til Oslo kommune Havnevesenet på utarbeidelse av tilstandsrapport for forurensning i grunnen på og ved Sjursøya.

NIVA har vært underleverandør til NGI på arbeidene i sjøen.

Gudny Okkenhaug har vært prosjektleder ved NGI og Aud Helland har hatt ansvar for arbeidet ved NIVA.

Ved NIVA har Merete Schøyen og Leif Lien utført feltarbeidet med innsamling av sedimentprøver. Torgeir Bakke har hatt ansvar for tilbudsutarbeidelse og kvalitetsikring av rapporten.

De kjemiske analysene er utført ved Sintef-Oslo hvor Frøydis Oreld har vært kontaktperson.

Oslo, januar 2003

Aud Helland

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Bakgrunn	8
2. Materiale og metode	8
2.1 Feltarbeid med valg av stasjoner	8
2.2 Kjemiske analyser	9
2.3 Klassifisering av miljøkvalitet	10
2.4 Statistiske analyser	10
3. Resultater og diskusjon	10
3.1 Forurensningssituasjon i sedimentene	10
3.1.1 Olje	10
3.1.2 Tjæreforbindelser	11
3.1.3 Sammensetningen av olje og tjæreforbindelsene	14
3.1.4 Sammenfattende vurdering av forurensningsutvikling	16
3.2 Spredning og sedimentasjon	16
3.3 Effekter på marine organismer	17
4. Konklusjoner og tilrådninger	18
5. Referanser	19
Vedlegg A.	20

Sammendrag

Målet med undersøkelsene er å fremskaffe et beslutningsgrunnlag for Havnevesenet og oljeselskapene til å kunne vurdere hvilke oppryddingstiltak som må gjennomføres med hensyn til forurensningen fra oljeterminalen.

For å avklare om det har vært endringer i forurensnings situasjonen siden 1993 ble det tatt prøver fra 11 posisjoner utenfor Sjursøya. Dette var stasjoner som også var prøvetatt i 1993. Totalt ble 10 prøver analysert for olje (THC), tjærestoffer (PAH) og oljerelatert PAH (NPD).

Analysene viste at overflatesedimentene var sterkt forurenset av olje, opp til 4000 mg/kg (t.v.) og fra markert til sterkt forurenset av tjærestoffer (PAH). Innholdet av NPD (oljerelatert PAH) var mer enn 100 ganger høyere enn i ikke-forurensete områder. Konsentrasjonen av olje i overflatesedimentene var generelt høyere sammenlignet med konsentrasjonene i 1993, mens konsentrasjonen av PAH var lavere. Andelen av oljerelatert PAH (NPD) hadde imidlertid økt siden 1993.

Sedimentene grunnere enn 20 m vanddyb var betydelig mer grovkornet enn sedimentene på dypere vann og besto for en stor del av skjellsand. Miljøgiftinnholdet vil naturlig være lavere i disse sedimentene enn det som ble påvist i de mer finkornete lenger ut, på dypere vann.

Analysen av sedimentkjerner viste at konsentrasjonen av olje var avtagende med økende sedimentdyb. **Tykkelsen på det tydelig forurensete laget** (svart sediment) varierte fra ca 5 til 20 cm. Den grå, tilsynelatende rene leira et stykke ned i sedimentene hadde markert lavere konsentrasjon enn toppsedimentet, men likevel konsentrasjoner på ca 1000 mgTHC/kg (t.v.) sediment.

Denne avtagende konsentrasjonen var ikke like åpenbar for PAH, hvor konsentrasjonene heller økte med økende sedimentdyb. Konsentrasjonen av Benzo(a)pyren fulgte samme trend som innholdet av PAH, både i overflatesediment og med økende sedimentdyb. Den relative andelen NPD i forhold til PAH avtok med økende sedimentdyb. Dette kan skyldes at tilførslene av "frisk" olje har blitt mer dominerende med årene.

Generelt var prøvene fra 2002 mer dominert av phenanthren, benzo(g,h,i)perylene, benzo(b,j,k)fluoranthren og dibenzo(a,h)anthracen enn prøvene fra 1993. Det er vanskelig å si hvorvidt forskjellene skyldes nedbrytning, endringer i tilførsler eller analytiske variasjoner. Det var ingen geografiske forskjeller i PAH-sammensetning i 2002.

Den høye konsentrasjonen av olje i sedimentene utenfor Sjursøya kan ikke forklares ved spredning fra forurensete områder lenger inn i havnebassenget.

Konsentrasjonene av olje i sedimentene utenfor Sjursøya vil alene gi en negativ **effekt på bunnfaunaen**. Forurensningen i Oslo Havnebasseng er imidlertid generelt høy og har en negativ effekt på bunnfaunaen i området. Det er derfor ikke sannsynlig at en reduksjon i oljekonsentrasjonen i sedimentene utenfor Sjursøya vil føre til noen bedring i bunnfaunaen.

De forurensete sedimentene utenfor Sjursøya ligger på dypt vann (>30m) og med unntak av området nærmest kaia er de lite utsatt for forstyrrelse. Før en vurderer eventuelle tiltak på bunnsedimentene må tilførslene fra land stoppes eller reduseres betydelig. Eventuelle tiltak på bunnsedimentene bør sees i sammenheng med tiltaksplanen for sedimenter i Oslofjorden som skal foreligge innen 2005.

Summary

Title: Oil pollution in sediments outside the Sjørsøya oil terminal

Year: 2003

Author: Aud Helland, Torgeir Bakke and Merete Schøyen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4315-1

The purpose of the investigations is to produce a basis for decisions for the Port Authority and the oil companies with respect to potential remedial actions on the pollution from the oil terminal.

In order to find out whether there had been any **changes in the pollution situation since 1993** sediment samples were taken from 11 stations outside the Sjørsøya oil terminal. Ten samples were analysed for total hydrocarbon content (THC), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and oil related PAH (the NPDs).

The analyses showed that the **surface sediments** were severely polluted by oil, with concentrations up to 4000 mgTHC/kg (d.w.) and markedly to severely polluted by PAH. The concentrations of NPD (oil related PAH) were more than 100 times higher than in non-polluted areas. The concentrations of oil in the surface sediments were generally higher than in 1993, while the concentrations of PAH were lower. The amounts of NPD relative to PAH had increased since 1993.

Sediments in shallow water (<20 m) consisted of shell sand and were considerably coarser than sediments at larger depths. Although not analysed the concentrations of micro pollutants will naturally be lower in these coarse sediments compared to what was found in the more fine-grained sediments at deeper water.

Analyses of sediment cores showed decreasing oil concentration with increasing sediment depth. **The thickness of the visually polluted layer** (black sediments) varied from about 5 to 20 cm. The underlying grey, apparently non-polluted clay had lower concentrations than the surface sediments, but still concentrations of oil of about 1000 mgTHC/kg (d.w.).

The decreasing concentration with increasing sediment depth was not so evident for PAH, which increased rather than decreased. The concentrations of Benzo(a)pyrene followed the same trend as sum PAH, both in the surface sediments and with increasing sediment depth. The relative amount of NPD to PAH decreased with increasing sediment depth. The supply of "fresh" oil may thus have increased through the years.

Compared to the 1993 samples, the samples from 2002 were more dominated by phenanthrene, benzo(g,h,i)perylene, benzo(b,j,k)fluoranthene and dibenzo(a,h)anthracene. It is difficult to say whether the differences are caused by degradation, changes in supply or analytical variability. There were no geographical differences in PAH composition in 2002.

The high concentration of oil in the sediments outside the Sjørsøya cannot be explained by spreading of sediments from the polluted areas in the inner harbour by surface water.

The concentrations of oil in the sediments outside the Sjørsøya would alone have negative **effects on soft bottom fauna**. The general very high pollution in the Oslo Harbour has, however, a strong negative effect on the bottom fauna, and it is not likely that a reduced oil concentration in the sediments outside Sjørsøya alone will lead to an improved fauna.

The polluted sediments outside Sjursøya are found at deep water (<30m), and except for the area close to the quay they are exposed to little disturbances. The discharge of oil from land has to be reduced or stopped before any **remediation** of the bottom sediments is worth considering. Any remediation of the bottom sediments outside Sjursøya should be evaluated in connection with the overall remediation plans for the Oslofjord, which are to be finished within 2005.

1. Bakgrunn

I forbindelse med realiseringen av Fjordbyprosjektet i Oslo kommune, skal store deler av dagens oljeterminalområde på Sjursøya utvikles til containerhavn. Som ledd i dette arbeidet ønsket Oslo Havnevesen og de aktuelle oljeselskapene en undersøkelse av forurensnings situasjonen i området.

Målsettingen med undersøkelsene er å fremskaffe et beslutningsgrunnlag for Havnevesenet og oljeselskapene til å kunne vurdere hvilke oppryddingstiltak som må gjennomføres med hensyn til forurensningen fra oljeterminalen.

I detalj skal undersøkelsene av sedimentene svare på:

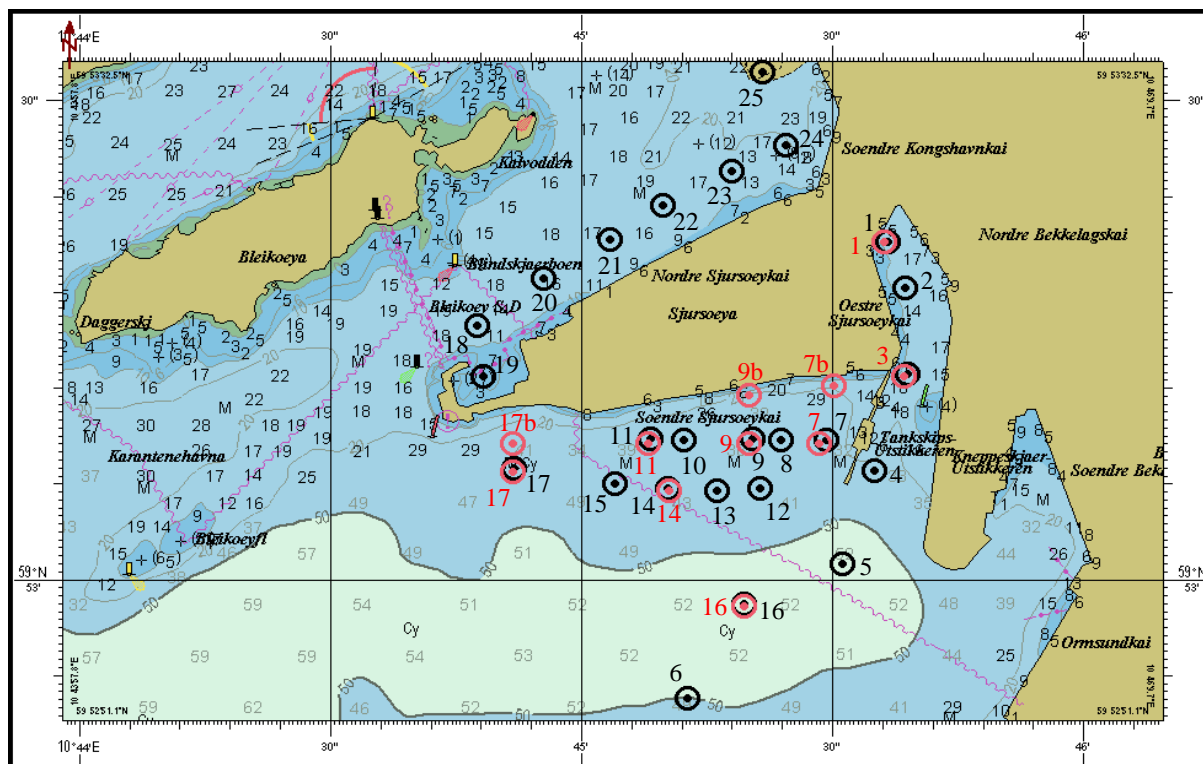
- om det har vært endringer i forurensnings situasjonen siden 1993
- mektighet av forurensningen
- om forurensningen påvirker livet i sjøen
- om det er behov for opprydding

I 1993 ble oljeforurensningen i overflatesedimentene (0-2 cm) utenfor Sjursøya undersøkt på totalt 25 punkter, hvorav 17 på sørsiden av øya hvor forurensningen var størst (Konieczny, 1994). Sedimentene var kraftig forurenset av ulike typer olje- og hydrokarbonforbindelser. Forurensningen ble knyttet til forurensninger i grunnen på land med lekkasje til sjø. Episodisk uhell, spill og lekkasjer over tid ble antatt å være årsak til forurensningen.

2. Materiale og metode

2.1 Feltarbeid med valg av stasjoner

Undersøkelsene ble foretatt i sjøbunnen utenfor Sjursøya langs søndre- og østre kai (Figur 1) den 19.11.2002 fra Havnevesenets båt Mjølner. Prøvetakingen ble konsentrert til dette området fordi her finnes de fleste oljeutskillerene. Overflateprøvene (0-2 cm) ble tatt med KC Van Veen grab (ett hugg, 250 cm², alle stasjoner) og bland- og leirprøvene ble tatt med en KC kjerneprøvetaker (to stasjoner, 9 og 11). Bland- og leirprøvene besto av tre kjerner på hver av stasjonene (jfr. **Tabell 1**, blandprøve av sedimentene fra 2 cm til overgang grå leire = øvre blandprøve, blandprøve av grå leire = nedre blandprøve). Det ble tilsammen tatt prøver på 11 stasjoner, hvorav 8 av disse ga sedimenter, mens på 3 stasjoner var bunnen dekket med grus. Lokalitetene var hovedsakelig identiske med Konieczny (1994) slik at nummereringen er de samme som i 1993, med unntak av 7b, 9b og 17b (Tabell 1). For beskrivelse av sedimentene se Tabell 1.



Figur 1. Posisjoner for sedimentprøvetaking utenfor Sjørsøya 1993 og 2002. Stasjonsplasseringen for 2002 er markert med rødt og tilsvarende stasjonene fra prøvetakingen i 1993 som er markert med svart (Konieczny, 1994).

Tabell 1. Stasjon- og sedimentbeskrivelse fra 11 stasjoner utenfor oljehavnen på Sjørsøya 19.11.2002. Beliggenhet refererer til Figur 1.

Stasjon	Område	Vanddyb (m)	E posisjon	N posisjon	prøve (cm)	Beskrivelse av og kommentarer til sedimenter
1	Øst	8,70	10°45.62	59°53.35	-	stein (gjorde 3 forsøk)
3	Øst	10,5	10°45.66	59°53.21	0-2	svart sediment
7	Sør	32	10°45.49	59°53.14	0-2	svart sediment
7b	Sør	20	10°45.52	59°53.20	0-2	mye skjellsand i sedimentet
9	Sør	38-40	10°45.35	59°53.14	0-2	svart sediment
9	Sør	38-40	10°45.35	59°53.14	bland *	17 cm svart, 5,5 cm leire (totalt 22,5 cm)
9	Sør	38-40	10°45.35	59°53.14	leire **	
9b	Sør	16,5	10°45.35	59°53.19	0-2	skjellsand
11	Sør	35	10°45.15	59°53.14	0-2	grått sediment
11	Sør	35	10°45.15	59°53.14	bland *	1. gang: 4 cm brunt, 3cm svart, 3 cm leire/ grått (totalt 10 cm). 2. gang: 3 cm grått, 8 cm svart, 3 cm leire/ grått (totalt 14 cm)
11	Sør	35	10°45.15	59°53.14	leire **	
14	Sør	44,6	10°45.19	59°53.09	0-2	H ₂ S lukt
16	Sør	53,74	10°45.34	59°52.97	0-2	H ₂ S lukt
17	Sør	44,5	10°44.88	59°53.11	-	stein, fylte opp stein her for ca. 3-4 år siden
17b	Sør	20-21	10°44.88	59°53.14	-	stein (3 forsøk), fylte opp stein her for ca. 3-4 år siden

* blandprøve av sedimentene fra 3 kjerner fra 2 cm til overgang grå leire

** blandprøve av grå leire fra 3 kjerner (antatt uforurenset)

2.2 Kjemiske analyser

Prøvene fra stasjonene 3, 9, 11, 14 og 16, totalt 10 prøver, ble sendt til Sintef for analyse av olje (THC: totalt hydrokarbon-innhold). Oljeanalysene omfatter alkaner i området C10 – C40. Kilden til alkaner er petroleum. Det ble også analyser på utvalgte aromatiske forbindelser, tjærestoffer (PAH: polysykliske aromatiske hydrokarboner) herunder NPD (Naphthalener, Phenanthrener, Dibenzothiophener og deres metylerte forbindelser) som er typisk for olje. NPD-forbindelsene Dibenzothiophene, samt alle de metylerte forbindelsene inngår ikke i sum PAH. Sintef utførte også analysene i 1993, slik at resultatene kan sammenlignes med resultatene fra den gang.

Alle konsentrasjoner er oppgitt på tørrvektbasis (t.v.). Opparbeiding og analysemetodikk er gitt i vedlegg.

2.3 Klassifisering av miljøkvalitet

Konsentrasjonene av sumPAH og Benzo(a)pyren er sammenholdt med SFTs miljøkvalitetskriterier for fjorder og kystfarvann (Molvær et al., 1997). For olje (THC) er det ikke etablert miljøkvalitetskriterier.

2.4 Statistiske analyser

For å spore eventuelle forskjeller i komponentsammensetning av NPD og PAH ble det benyttet en multivariat principal komponentanalyse (PCA) ved hjelp av programmet Statgraphics plus 3.1. Forenklet kan en si at analysen sammenligner alle prøver og orienterer prøver og variabler etter likhet i et aksesystem. Akse 1 (PC-1) indikerer den mest fremtredende trenden, mens akse 2 (PC-2), akse 3 osv. representerer uavhengige sekundære og tertiære trender med avtagende viktighet. I denne analysen er både konsentrasjoner og relativ fordeling benyttet (prosentfordeling av de ulike NPD, PAHene).

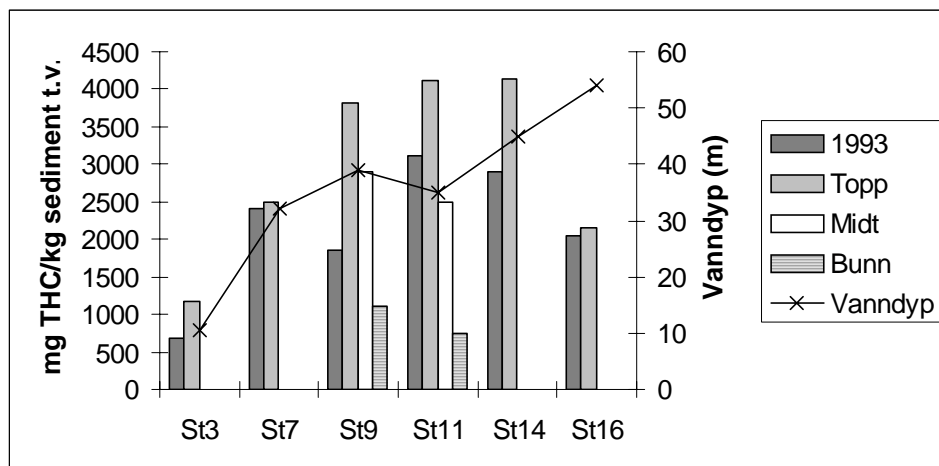
3. Resultater og diskusjon

3.1 Forurensnings situasjon i sedimentene

3.1.1 Olje

Innholdet av olje (THC) i overflatesedimentene varierte fra 1180 til 4140 mg/kg. Analyseresultatene er gitt i vedlegg. Olje inngår ikke i SFTs miljøkvalitetskriterier for fjorder og kystvann (Molvær et al. 1997). Olje regnes ikke som en miljøgift, da den er nedbrytbar og ikke oppkonsentreres i næringskjeden. Bakgrunnskonsentrasjon av olje i kystnære marine sedimenter regnes å ligge mellom 2 og 5 mg THC kg⁻¹ (t.v.) (Bakke et al. 1990). 1000 mgTHC/kg sediment er således mer enn 100 ganger høyere i forhold til diffust belastede områder. For noen miljøgifter tilsvarer en slik økning en ”tilstandsklasse V” eller ”sterkt forurenset” i forhold til SFTs miljøkvalitetskriterier. Dette betyr at alle de undersøkte stasjonene var sterkt forurenset av olje. Generelt var konsentrasjonen i overflatesedimentene høyere i dag sammenlignet med undersøkelsene i 1993 fra de samme stasjonene (**Figur 2**). Det kan også nevnes at selv diffust belastede områder i indre Oslofjord har høye konsentrasjoner av olje. I eksempelvis Bjørnhodebukta utenfor H-øya er det registrert i underkant av 200 mgTHC/kg sediment (*upubliserte data J.Berge NIVA*).

På stasjon 9 og 11 ble det tatt prøver av dypere lag i sedimentene. Konsentrasjonen av THC var avtagende med økende sedimentdyp. Den grå, tilsynelatende rene leira i bunn hadde markert lavere konsentrasjon enn toppsedimentet, men likevel konsentrasjoner på ca 1000 mgTHC/kg sediment.



Figur 2. Konsentrasjonen av olje (THC = total hydrokarboner) i sedimenter utenfor Sjursøya 1993 og 2002. Topp, Midt, Bunn representerer prøver fra økende sedimentdyp i sedimentkjerner fra 2002 (jfr. tabell 1).

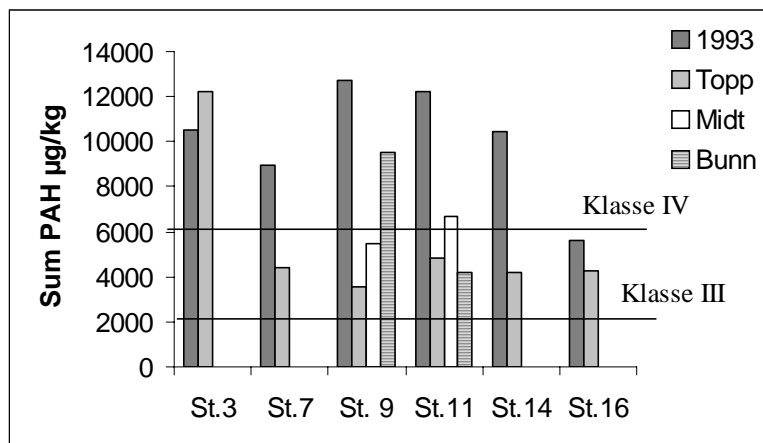
Konsentrasjonsmønsteret mellom stasjonene var det samme i dag som i 1993. Stasjonene med de høyeste konsentrasjonene i dag var også de høyeste i 1993. Dette tyder på at kildene er de samme som før og at spredningen og sedimentasjonen foregår på samme måten. Som vanlig for olje i sedimenter, mangler det typiske alkanmønsteret en finner i fersk mineralolje, som følge av nedbrytning. Det er derfor ikke mulig å fastslå hvilken type olje som er tilstede.

Det lyktes ikke å ta prøver i den vestlige enden av området (tilsvarende stasjon 17 fra 1993), siden dette området nå var fylt ut med stein. Stasjon 17 hadde i 1993 samme konsentrasjon av olje i sedimentene som sedimentene på stasjon 16.

3.1.2 Tjæreforbindelser

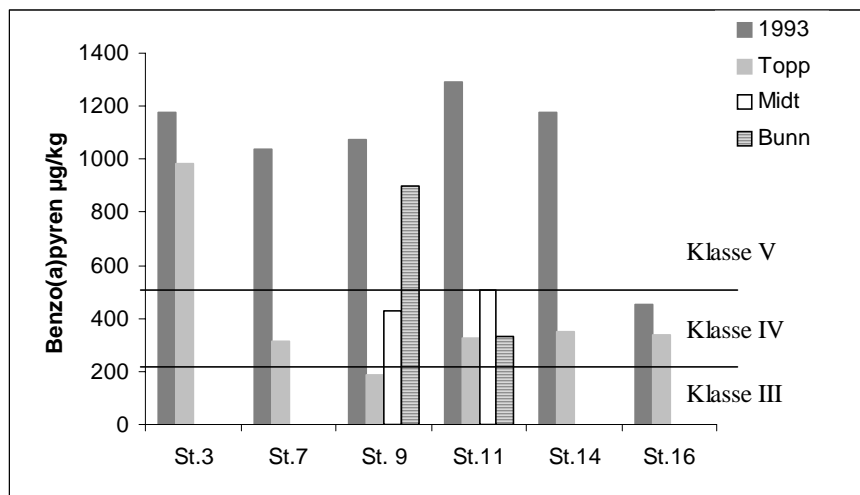
Tjærestoff- eller PAH-konsentrasjonene i overflatesedimentene lå fra 3500 til 12200 μg sumPAH/kg sediment (**Figur 3**). Dette tilsvarer fra markert til sterkt forurenset (klasse III og IV) i følge SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær et al. 1997). Det var imidlertid bare på stasjon 3 at sedimentene var sterkt forurenset, ellers var det liten forskjell mellom stasjonene. Konsentrasjonen i overflatesedimentene var generelt lavere sammenlignet med tilstanden i 1993. På stasjon 3 og 16 var konsentrasjonen tilnærmet den samme som i 1993. På stasjon 3 hvor konsentrasjonen fortsatt var høy kan det tenkes at liten sedimentasjon kan være årsaken. Stasjon 3 ligger på relativt grunt vann (10m). En del av de øvre 2 cm kan derfor utgjøre noe av de samme lagene som ble prøvetatt i 1993.

PAH-konsentrasjonen økte med økende sedimentdyp på stasjon 9, denne trenden var ikke like entydig på stasjon 11 (**Figur 3**).



Figur 3. Konsentrasjonen av sum PAH i sedimenter utenfor Sjursøya 1993 og 2002. Topp, Midt, Bunn representerer prøver fra økende sedimentdyb i sedimentkjerner fra 2002 (jfr. tabell 1). Klasse III til V er i hht. SFTs miljøkvalitetskriterer (Molvær et al., 1997).

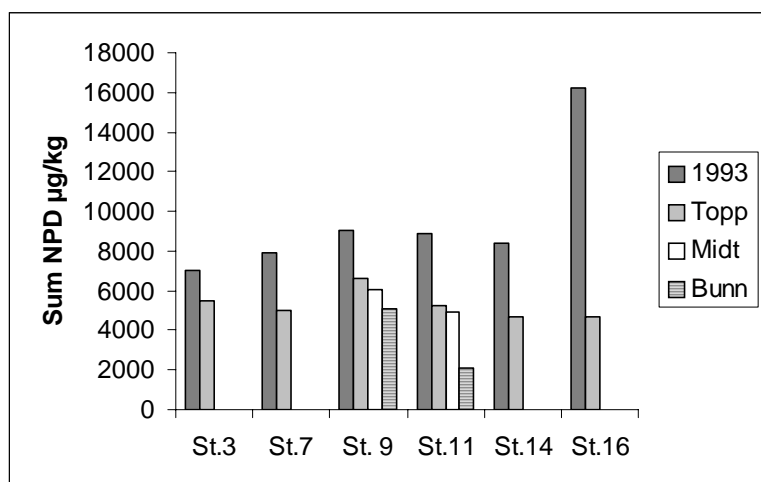
Konsentrasjonen av Benzo(a)pyren følger samme trend som innholdet av sum PAH, både i overflatesediment og med økende sedimentdyb. Benzo(a)pyren er en potensielt kreftfremkallende PAH og reduksjonen i konsentrasjonene i overflatesedimentene utenfor Sjursøya fra 1993 til 2002 har ført til at miljøkvaliteten er endret fra klasse V "meget sterkt forurenset" til klasse IV "sterkt forurenset" (**Figur 4**). Reduksjonen er minst på stasjon 3 og stasjon 6.



Figur 4. Konsentrasjonen av Benzo(a)pyren i sedimenter utenfor Sjursøya i 1993 og 2002. Topp, Midt, Bunn representerer prøver fra økende sedimentdyb i sedimentkjerner fra 2002 (jfr. tabell 1). Klasse III til V er i hht. SFTs miljøkvalitetskriterer (Molvær et al., 1997).

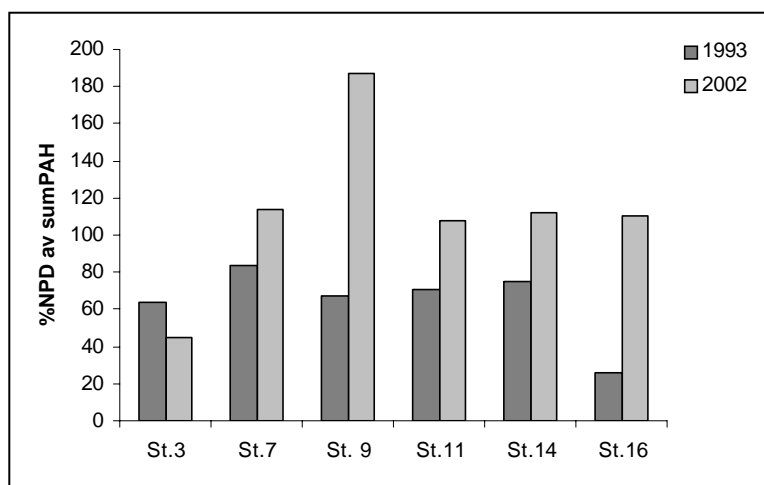
Konsentrasjonen av NPD- eller oljerelaterte PAH-forbindelser i overflatesedimentene varierte fra 4700 til 6600 $\mu\text{gNPD}/\text{kg}$ sediment (**Figur 5**). I ikke-forurensede sedimenter ligger NPD-konsentrasjonen på 10 – 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ sediment (Bakke et al. 1990). Konsentrasjonene i overflatesedimentene var generelt lavere sammenlignet med konsentrasjonene i 1993. Forskjellene var minst på stasjon 3 og størst på stasjon 16.

Som for THC avtok konsentrasjonen av sumNPD med økende sedimentdyp på både stasjon 9 og 11 (**Figur 5**).



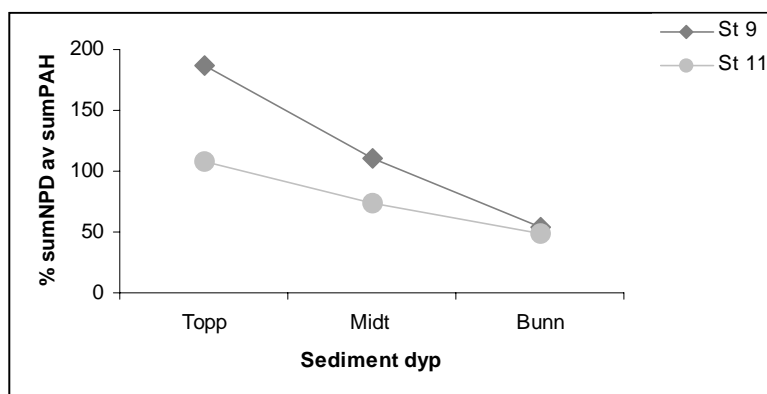
Figur 5. Konsentrasjonen av sum NPD ("oljerelaterte PAH") i sedimenter utenfor Sjursøya 1993 og 2002. Topp, Midt, Bunn representerer prøver fra økende sedimentdyp i sedimentkjerner fra 2002 (jfr. tabell 1).

I 1993 utgjorde NPDene i gjennomsnitt 90% av PAHene i sedimentene, mens i dag er konsentrasjonen av NPD større enn PAH (**Figur 6**). På stasjon 3 var %NPD av sumPAH mer lik de to årene enn på øvrige stasjoner. Dette er i overensstemmelse med det som er nevnt tidligere at det antagelig er liten sedimentasjon på stasjon 3.



Figur 6. SumNPD (oljerelatert PAH) i prosent av sumPAH i overflatesedimenter utefor Sjursøya 1993 og 2002.

Analysene fra stasjonen 9 og 11 indikerer at andelen sumNPD av sumPAH endrer seg med dypet i sedimentene, med avtagende konsentrasjon med økende dyp (**Figur 7**). Dette kan skyldes at tilførselene av "frisk" olje har blitt mer dominerende med årene. Det skal imidlertid ikke utelukkes at endel av reduksjonen med dypet skyldes nedbrytning av oljen. NPD-forbindelsene har relativt lav molekylvekt og er lettere nedbrytbare enn tynge PAH-forbindelser. Reduksjonen med dypet er imidlertid i overensstemmelse med den økende konsentrasjonen av totalhydrokarboner fra 1993 til i dag.



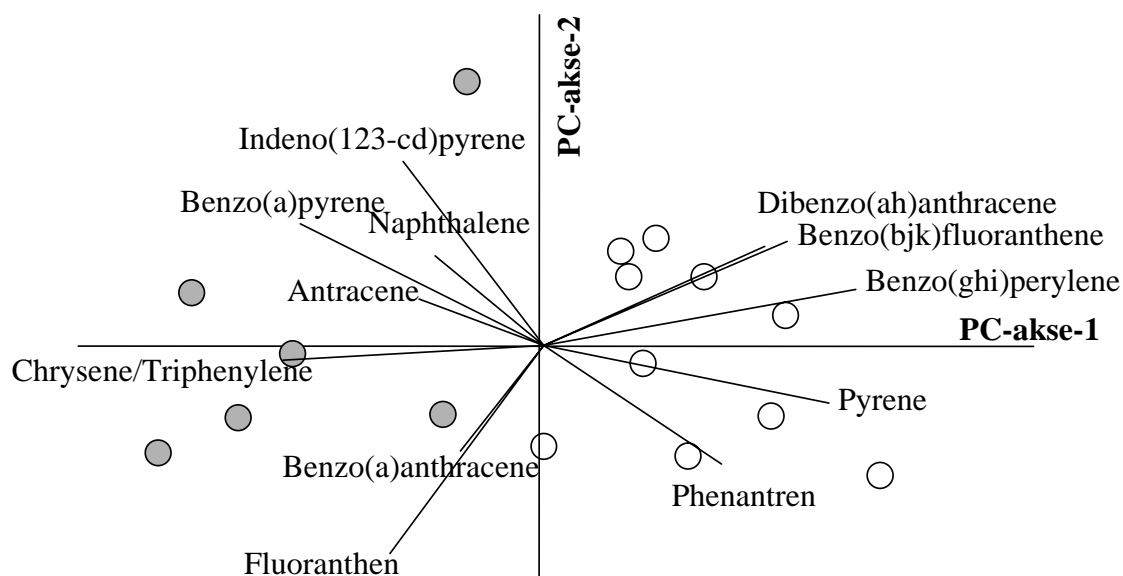
Figur 7. Andel sumNPD (oljerelatert PAH) av sumPAH med økende sedimentdyp (Topp = 2x1 prøve, Midt = 2x3 prøver, Bunn = 2x3 prøver) på stasjon 9 og 11 utenfor Sjursøya 2002.

3.1.3 Sammensetningen av olje og tjæreforbindelsene

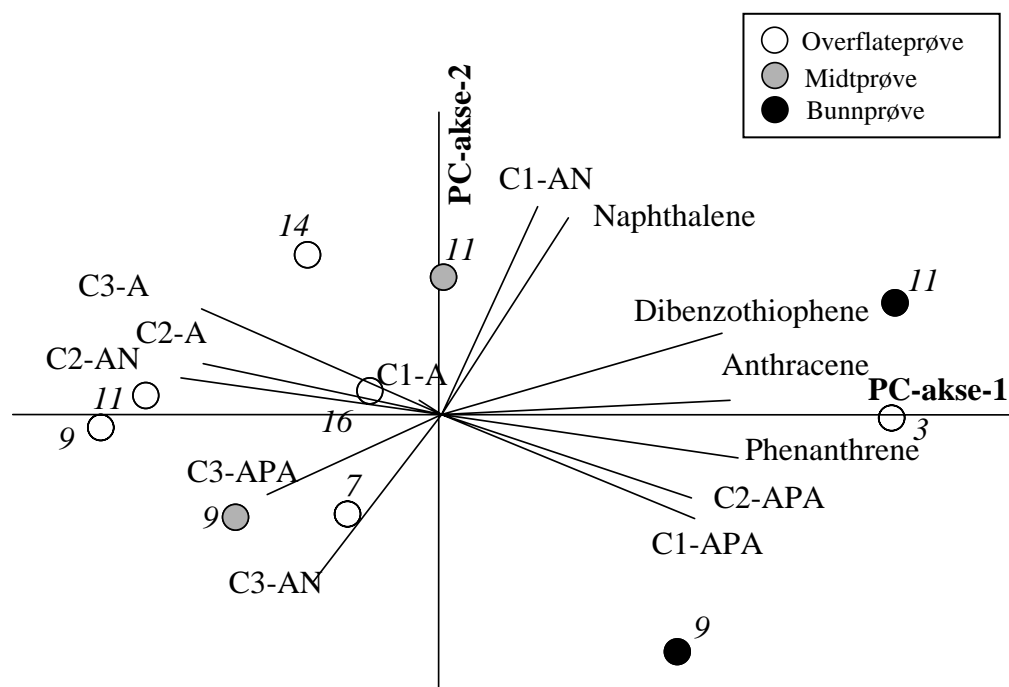
Som nevnt over, er det ikke mulig å skille de ulike alkanene i total-hydrokarbon-(THC) analysen, til det er oljen for nedbrutt. Nedbrytningen av olje vil foregå fra den slippes ut til den avsettes i sedimentene. I de frie vannmasser vil det være nok oksygen til stede til at nedbrytning kan gå, men etter avsetning på sedimentoverflaten og på dypt vann utenfor Sjursøya hvor det er mangel på oksygen vil nedbrytningen skje langt langsommere.

PAH-forbindelsene og da de lettere NPDene, er imidlertid typiske for oljerelatert PAH. I en prinsipalkomponentanalyse av relativ PAH-fordeling eliminerer vi innvirkningen av konsentrasjon. **Figur 8** viser at prøvene fra 1993 har en annen PAH-sammensetning enn prøvene fra 2002 (separert langs akse 1). Generelt er prøvene fra 2002 dominert av phenanthren, benzo(g,h,i)perylene, benzo(b,j,k)fluoranthren og dibenzo(a,h)anthracen, mens prøvene fra 1993 er dominert av de øvrige forbindelsene. Hvis disse forskjellene skyldes endringer i tilførsler, ville en forvente at de dypeste prøvene (midtprøven og bunnprøven) fra 2002 ble gruppert sammen med prøvene fra 1993 i **Figur 8**. Endringer i PAH-sammensetning kan skyldes endringer i tilførsler, nedbrytning eller analyseforskjeller. Forskjeller med årsak i nedbrytning eller analysemetode ville en forvente skulle vises som forskjeller i fordeling av tunge og lette komponenter. Siden slike forskjeller ikke forekom, kan en anta at forskjellene mellom 2002- og 1993-prøvene ikke har årsak i nedbrytning eller analytisk metode, men at kilden til PAH kan være endret siden 1993. Det var ingen geografiske forskjeller i PAH-sammensetning i prøvene fra 2002.

Det ble benyttet en tilsvarende analyse på relativ fordeling av NPDer for å avklare om det var forskjeller mellom prøvene. Det er en tendens til dominans av modernmolekylene naphtalen, debenzothiophen, anthracene og phenantrene i de dypeste sedimentprøvene (bunnprøvene) og overflatesedimentet fra stasjon 3 i forhold til de øvrige prøvene som er mer dominert av de metylerte forbindelsene (**Figur 9**). Det er imidlertid ingen forskjell mellom stasjonene som antyder ulike kildepåvirkning.



Figur 8. Prinsipal komponent-analyse (PCA) av relativ PAH-fordeling i prøver utenfor Sjørøya. Gråtonet punkter er prøver fra 1993 (Konieczny, 1994), hvite er fra foreliggende undersøkelse.



Figur 9. Prinsipal komponent-analyse (PCA) av relative NPD-fordeling i sedimenter utenfor Sjørøya 2002 (foreliggende undersøkelse). (A = Alkylidibenzothiophener, AN = Alkylnaphthalener, APA = Alkylphenantrener/Anthracener).

3.1.4 Sammenfattende vurdering av forurensningsutvikling

Vi har to muligheter for å se på tidsutviklingen i forurensnings situasjonen. Den ene er å sammenligne overflateprøvene tatt i 2002 med overflateprøvene tatt i 1993. Som kartet viser (**Figur 1**), er det god overenstemmelse mellom stasjonene tatt i 1993 og 2002. Vi sammenligner her 6 stasjoner, det er stasjoner innenfor et relativt lite område og kan således i seg selv sees på som parallelle prøver innenfor et avgrenset område. Analysene viser at det var tilnærmet lik eller høyere konsentrasjon av olje i overflatesedimentene i 2002 sammenlignet med 1993. Kjører man en parvis T-test vil forskjellen være signifikant. Konsentrasjonen av PAH har derimot gått ned fra 1993 til 2002, likedan konsentrasjonen av NPD. Sammensetningen har imidlertid endret seg gjennom disse årene ved at oljerelatert-PAH har blitt mer dominerende (%NPD av sumPAH). Dette er det generelle bildet.

Videre kan man se på sedimentkjerner. Det er gjort på to stasjoner. Som nevnt tidligere består "dyp-prøvene" i sedimentene av prøver fra 3 kjerner (for å fange opp evt. variabilitet). Disse kjernene viser den samme trenden for olje og NPDer, som det generelle bildet av alle overflatesedimentene fra 2002 sammenlignet med 1993.

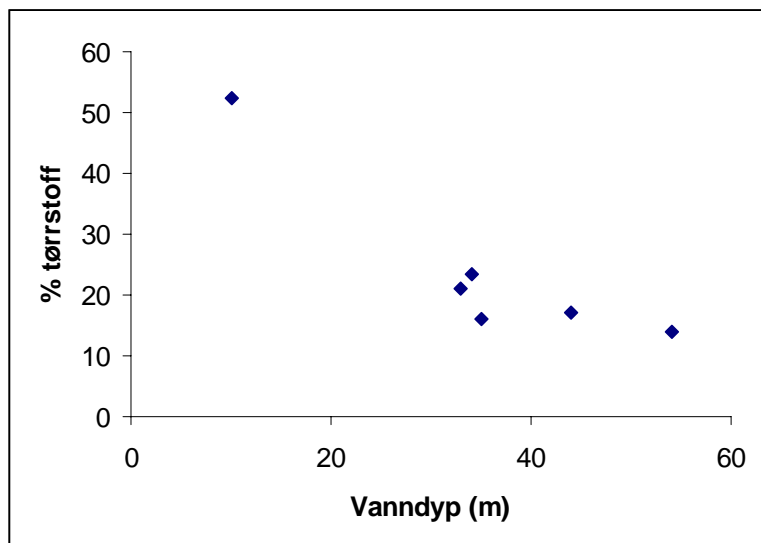
En har derfor et godt grunnlag for å si at innholdet av olje i overflatesedimentene har økt de siste 10 årene.

3.2 Spredning og sedimentasjon

Analysene har vist at stasjon 3 og 16 skilte seg mest fra de øvrige stasjonene. Stasjon 3 er den grunneste stasjonen og stasjon 16 den dypeste. Som **Figur 10** viser, har disse stasjonene hhv. det høyeste og det lavest tørrstoffinnholdet. Sedimentene på stasjon 3 er noe siltige og blir sannsynligvis virvlet opp av skipstrafikken til kaiområdet. Sedimentasjonstilveksten vil da være lav. Stasjon 7 ligger nær piren hvor også båter legger til. Sedimentene her vil sannsynligvis motta en større mengde erodert materiale fra gunnrområdene enn stasjonene lenger vestover og på dypere vann. Dette kan være med på å forklare den noe lavere konsentrasjonene av olje og NPD på disse to stasjonene. Sedimentene grunnere enn 20 m (stasjon 7b, 9b) var betydelig mer grovkornet enn sedimentene på dypere vann og besto for en stor del av skjellsand. Miljøgiftinnholdet vil derfor naturlig være lavere i disse sedimentene enn i de mer finkornete lenger ut.

De høyeste konsentrasjonene av olje og NPD finner en på stasjonene 9, 11 og 14. Om dette skyldes nærhet til kildene på land eller strømningsmønster og sedimentasjon har vi ikke grunnlag for å bedømme. Men sedimentene her ligger på relativt dypt vann samtidig som de ikke ligger så nær kaiområdet, at de blir eksponert for propellbruk ved anløp og avgang av båter.

Sedimentene i øvrige deler av Oslo havneområde er også sterkt forurenset. Oljekonsentrasjonene registrert utenfor Sjursøya er imidlertid like høye eller høyere enn det en finner i eksempelvis Bjørvika (Hauge, Eek og Skei, 1999). Forurensningen i indre del av Oslo havn, som Bjørvika, vil i stor grad forbli i indre deler av havna (Rudberg et al. 1994). Stor vannføring i Akerselva driver overflatevann ut av Bjørvika, men har ingen innvirkning utenfor Bjørvika. Gjennomgående spres partikler i overflatevannet i motsatt retning av vinden innenfor øyene (Rudberg et al. 1994). Den høye konsentrasjonen av olje i sedimentene utenfor Sjursøya kan derfor ikke forklares ved spredning fra forurensede områder lenger inn i havnebassenget.



Figur 10. Mengde tørrstoff i overflate sedimentene (0-2cm) som funksjon av vanddyp utenfor Sjursøya 2002.

3.3 Effekter på marine organismer

I følge Bakke et al. (1990) vil følsomme arter av bunnfauna få redusert tetthet allerede ved THC-konsentrasjoner i sedimentet på mellom 10 og 100 mg kg⁻¹ (t.v), mens man i området 100 – 1000 mg THC kg⁻¹ (t.v) får klare effekter på total samfunnsstruktur f.eks som redusert biodiversitet og artsrikhet. Konsentrasjonene ved Sjursøya ligger langt over dette og på et nivå som isolert sett klart vil påvirke en naturlig bunnfauna negativt. Bunnfaunaen i havneområdet er imidlertid også sterkt påvirket av ulike andre typer forurensning, og er karakterisert som meget fattig og til dels fraværende (*pers. med. B. Rygg*). Faunaen består av få arter som har høy toleranse for forurensning. I slike tilfeller er det vist at en ekstrabelastning med olje ikke nødvendigvis gir en ekstra effekt på faunaen.

Berge (1990) viste gjennom forsøk at en tilførsel av ca 4000 mg olje kg⁻¹ sediment ikke hadde noen negative effekter på samfunnsstrukturen i makrofaunaen i sedimenter fra Oslofjorden, mens samme belastning ga negative effekter på faunaen i en ikke-forurenset fjord sør for Bergen. Forsøkene viser at bunnfaunaen i Oslofjorden har en artssammensetning tilpasset forurensningsstresset i fjorden. Disse tolerante artene forblir upåvirket av en ytterligere belastning av den tilførte oljen. En bør derfor ikke forvente at en reduksjon i THC-belastningen i sedimentene rundt Sjursøya i seg selv vil gi en bedring i bunnfaunaen så lenge øvrige forurensningsbelastninger i havneområdet er høye.

4. Konklusjoner og tilrådninger

Konsentrasjonen av olje i overflatesedimentene var svært høye, tildels høyere enn i 1993. På grunn av nedbrytning i sedimentene gir ikke analysene grunnlag for å vurdere hva slags olje som er tilstede. Sedimentene hadde også et høyt innhold av PAH og Benzo(a)pyren. Konsentrasjonene var imidlertid redusert siden 1993, men klassifiseres fortsatt som sterkt forurenset.

Forholdet mellom NPD (oljerelatert PAH) og PAH var høyere enn i 1993. Dette sammen med de høye oljekonsentrasjonene, viser at sedimentene har en stadig tilførsel av olje. Forskjeller i sammensetningen av PAH fra 1993 til 2002 kan indikere at kilden til PAH er endret i dette tidsrommet.

Kilden til oljeforurensningen i sedimentene ansees å være tilførsler fra Sjursøya og nærområdet innenfor. Det er ikke sannsynlig at forurensningen skyldes spredning fra sterkt forurensete områder lenger inn i havna.

Konsentrasjonene av olje i sedimentene utenfor Sjursøya vil alene gi en negativ effekt på bunnfaunaen. Forurensningen i Oslo Havnebasseng er imidlertid generelt høy og har en negativ effekt på bunnfaunaen i området. Det er derfor ikke sannsynlig at en reduksjon i oljekonsentrasjonen i sedimentene utenfor Sjursøya vil føre til noen bedring i bunnfaunaen.

De forurensete sedimentene utenfor Sjursøya ligger på dypt vann (>30m) og med unntak av området nærmest kaia er de utsatt for lite forstyrrelse. Før en vurderer eventuelle tiltak på bunnsedimentene må tilførslene fra land stoppes eller reduseres betydelig.

5. Referanser

- T. Bakke, J.S. Gray, L.-O. Reiersen, 1990. Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms: environmental status in the Norwegian sector in 1987-1989. Pp 623- 633 in Proceedings: First Int. Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Waste Management Practices, New Orleans, USA 1990. US EPA.
- J.A. Berge, 1990. Macrofauna recolonization of subtidal sediments. Experimental studies on defaunated sediment contaminated with crude oil in two Norwegian fjords with unequal eutrophication status. I. Community responses. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66, 103-115.
- A. Hauge, E. Eek, J. Skei, 1999. Oslo Havn – forurensede sedimenter. Karlegging av forurenset sediment i Oslo Havn . tykkelse av slamsjikt. NGI-rap. 984139-2, 20 s + vedlegg.
- J. Molvær, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-veiledning 97:03, 36s
- A. Rudberg, B. Hackett, Røed, L.P. 1994. Miljøgifter i indre Oslofjord. Delrapport 1. Simulering av partikkelspredning fra Oslo havnebasseng. Overvåkingsrap. Nr. 593/93 TA nr. 1000/1993. NIVA-rap. 2991, 19s.

Vedlegg A.

Analysereport fra Sintef:



NIVA
Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

att.: Aud Helland



SINTEF Kjemi

Adresse/Address:
Postboks 124 Blindern
N-0314 Oslo 3, NORWAY

Besøksadresse/Location:
Forskningsveien 1

Telefon/Telephone:
+47 22 06 73 00

Telefax:
+47 22 06 73 50

Telex:
71 536 SI N

Foretaksregisteret:
NO 948 007 029 MVA

Prøvingsrapport

Deres ref.:
Torgeir Bakke,
mail datert 21.10.02

Vår ref.:
FRO/00-14

Direkte innvalg:
22 06 76 32

Oslo,
2003-01-03

Oppdrag nr.:
664195.45

Oppdragets tittel:
Oljeanalyse av sedimenter fra Sjursøya

Prøveserie:
2002-457

Sammendrag

Analysen viser at alle sedimentprøvene inneholder nedbrutt mineralolje. Mengden olje varierer fra 742 til 4140 mg/kg tørt sediment.

Innledning

Den 26.11.02 ble det mottatt 10 sedimentprøver som skulle analyseres for totalmengde hydrokarbonert (THC) og utvalgte aromatiske forbindelser (NPD/PAH).

Følgende prøver ble mottatt i glasskrukker med skrulokk:

ID nr.	Prøvenavn:
2002-457-1	Stasjon 3 prøve 0-2
2002-457-2	Stasjon 7 prøve 0-2
2002-457-3	Stasjon 9 prøve 0-2
2002-457-4	Stasjon 9 prøve bland
2002-457-5	Stasjon 9 prøve leire
2002-457-6	Stasjon 11 prøve 0-2
2002-457-7	Stasjon 11 prøve bland
2002-457-8	Stasjon 11 prøve leire
2002-457-9	Stasjon 14 prøve 0-2
2002-457-10	Stasjon 16 prøve 0-2

Innholdet av THC i sedimentprøvene ble utført etter akkreditert metode KS 66-40-A-502, og NPD/PAH ble utført etter akkreditert metode KS 66-40-A-506.

Akkrediteringen omfatter ikke bestemmelse av % tørrstoff i prøvene.

Analysene ble utført i tidsrommet 28.11.02 til 6.12.02.

Ekspérimentelt

THC

Ca 20 g våt prøve forsåpes med 80 ml 0.5 N metanolisk NaOH under koking med tilbakeløpskjøling i 2 timer. Etter forsåpning sentrifugeres prøvene og vaskes med 50 ml metanol og 75 ml diklormetan (første ekstraksjonsvolum). Filtratet overføres til skilletrakt og ristes. Diklormetanfasen tappes av, og filtratet ekstraheres ytterligere en gang med 50 ml diklormetan. Det samlede diklormetanekestraktet tørkes med natriumsulfat (Na_2SO_4), oppkonsentreres og polare komponenter fjernes ved kromatografering på Bond-Elut Silica kolonne (Analytichem International). Etter eluering med heksan fra Bond Elut blir ekstraktene justert til et passende volum og analysert med gasskromatografi (GC).

Tørrvekt av prøven bestemmes ved at en aliquot av prøven veies inn og tørkes ved 105°C i 2 døgn.

Gasskromatografi benyttes til å bestemme prøvens innhold av hydrokarboner (THC). Kvantifisering gjøres med en flammeionisasjonsdetektor. Detektorresponsen (arealet) fra prøven sammenlignes med responsen fra en kjent standard. Arealet måles i kokepunktområdet n-C₁₀ til n-C₄₀ alkan.

NPD/PAH

NPD, PAH blir bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner. Kvantifisering blir foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekylionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren/antracen, dibenzotiofen og deres C₁-, C₂- og C₃-alkylerte derivater, acenaften, acenaftylene, fluoren, pyren/fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenzo(a,h)antracen. De oppgitte verdiene er korrigert for bidrag fra løsningsmidlene (blindverdier).

Resultat

GC-kromatogrammene av de analyserte prøvene sammen med kromatogrammet av en standard mineralolje er gitt i Figur 1 og 2.

Resultatene fra THC og NPD/PAH analysene er gitt i resultsttabellen.

Analysebetingelsene for GC og GC/MS analysen er gitt i Vedlegg 1.

Analysen viser at alle de analyserte prøvene inneholder mineralolje. Oljen er nedbrutt.

Resultattabell

	Stasjon 3 0-2 mg/kg	Stasjon 7 0-2 mg/kg	Stasjon 9 0-2 mg/kg	Stasjon 9 bland mg/kg	Stasjon 9 leire mg/kg
THC	1180	2490	3820	2900	1110
Naphthalene	0,120	0,058	0,051	0,101	0,073
C1-Alkyl-naphthalenes	0,092	0,062	0,069	0,062	0,060
C2-Alkyl-naphthalenes	0,228	0,227	0,321	0,313	0,200
C3-Alkyl-naphthalenes	0,518	0,529	0,662	0,779	0,673
Phenanthrene	0,829	0,318	0,315	0,397	0,577
Anthracene	0,222	0,060	0,061	0,115	0,200
C1-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,507	0,297	0,275	0,416	0,451
C2-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,882	0,814	0,725	0,760	0,800
C3-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,623	1,022	1,340	1,074	1,093
Dibenzothiophene	0,065	0,019	0,030	0,017	0,032
C1-Alkyldibenzothiophenes	0,146	0,151	0,137	0,160	0,083
C2-Alkyldibenzothiophenes	0,472	0,474	0,728	0,684	0,393
C3-Alkyldibenzothiophenes	0,795	0,994	1,885	1,171	0,475
Sum NPD	5,50	5,02	6,60	6,05	5,11
Naphthalene	0,120	0,058	0,051	0,101	0,073
Acenaphthene	0,042	i.p.	i.p.	i.p.	0,029
Acenaphthylene	0,037	i.p.	i.p.	i.p.	0,034
Fluorene	0,088	i.p.	i.p.	i.p.	0,078
Phenanthrene	0,829	0,318	0,315	0,397	0,577
Antracene	0,222	0,060	0,061	0,115	0,200
Fluoranthene	2,153	0,682	0,527	0,735	1,057
Pyrene	2,251	0,831	0,721	1,214	1,724
Benzo(a)anthracene	0,827	0,469	0,278	0,452	0,609
Chrysene/Triphenylene	1,074	0,289	0,273	0,319	0,773
Benzo(a)pyrene	0,983	0,311	0,190	0,428	0,900
Benzo(b,j,k)fluoranthene	2,104	0,678	0,573	1,029	1,924
Benzo(g,h,i)perylene	0,783	0,396	0,336	0,419	0,862
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,590	0,258	0,159	0,234	0,627
Dibenzo(a,h)anthracene	0,116	0,045	0,052	0,039	0,088
Sum PAH	12,2	4,40	3,54	5,48	9,56
tørrstoff %	52,5	16,0	18,4	23,4	44,8

i.p. = ikke påvist

Resultattabell (forts.)

	Stasjon 11 0-2 mg/kg	Stasjon 11 bland mg/kg	Stasjon 11 leire mg/kg	Stasjon 14 0-2 mg/kg	Stasjon 16 0-2 mg/kg
THC	4110	2490	742	4140	2150
Naphthalene	0,088	0,153	0,077	0,183	0,097
C1-Alkylnaphthalenes	0,107	0,105	0,048	0,108	0,086
C2-Alkylnaphthalenes	0,280	0,246	0,083	0,208	0,217
C3-Alkylnaphthalenes	0,640	0,463	0,164	0,510	0,424
Phenanthrene	0,306	0,360	0,230	0,280	0,310
Anthracene	0,083	0,169	0,112	0,057	0,084
C1-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,311	0,223	0,176	0,227	0,207
C2-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,578	0,678	0,322	0,529	0,675
C3-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,991	0,852	0,332	0,851	1,106
Dibenzothiophene	0,016	0,038	0,023	0,022	0,029
C1-Akyldibenzothiophenes	0,132	0,129	0,046	0,093	0,081
C2-Alkyldibenzothiophenes	0,755	0,539	0,154	0,506	0,384
C3-Alkyldibenzothiophenes	0,968	0,950	0,303	1,136	0,986
Sum NPД	5,25	4,91	2,07	4,71	4,69
Naphthalene	0,088	0,153	0,077	0,183	0,097
Acenaphthene	0,009	i.p	0,016	i.p	i.p
Acenaphthylene	0,010	i.p	0,010	i.p	i.p
Fluorene	0,037	0,070	0,043	i.p	i.p
Phenanthrene	0,306	0,360	0,230	0,280	0,310
Antracene	0,083	0,169	0,112	0,057	0,084
Fluoranthene	0,571	0,761	0,509	0,438	0,517
Pyrene	1,079	1,360	0,676	0,841	0,794
Benzo(a)anthracene	0,290	0,421	0,346	0,274	0,308
Chrysene/Triphenylene	0,382	0,616	0,303	0,400	0,412
Benzo(a)pyrene	0,325	0,509	0,334	0,349	0,338
Benzo(b,j,k)fluoranthene	0,903	1,267	0,904	0,785	0,780
Benzo(g,h,i)perylene	0,426	0,590	0,354	0,340	0,377
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,301	0,379	0,262	0,197	0,195
Dibenzo(a,h)anthracene	0,043	0,047	0,041	0,059	0,029
Sum PAH	4,85	6,70	4,22	4,20	4,24
tørrstoff %	21,0	31,4	53,3	17,1	14,0

i.p. = ikke påvist

Med hilsen
SINTEF Kjemi



Nina Gjøs
Laboratorieleder
Miljøteknologi og analyse



Frøydis Oreld
Prosjektleder

Vedlegg: Analysebetingelser for instrumentanalysene
 2 figurer med gasskromatogram

Spesielle betingelser

Måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt. SINTEF Kjemi tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. *Delvis* kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF Kjemi.

VEDLEGG 1

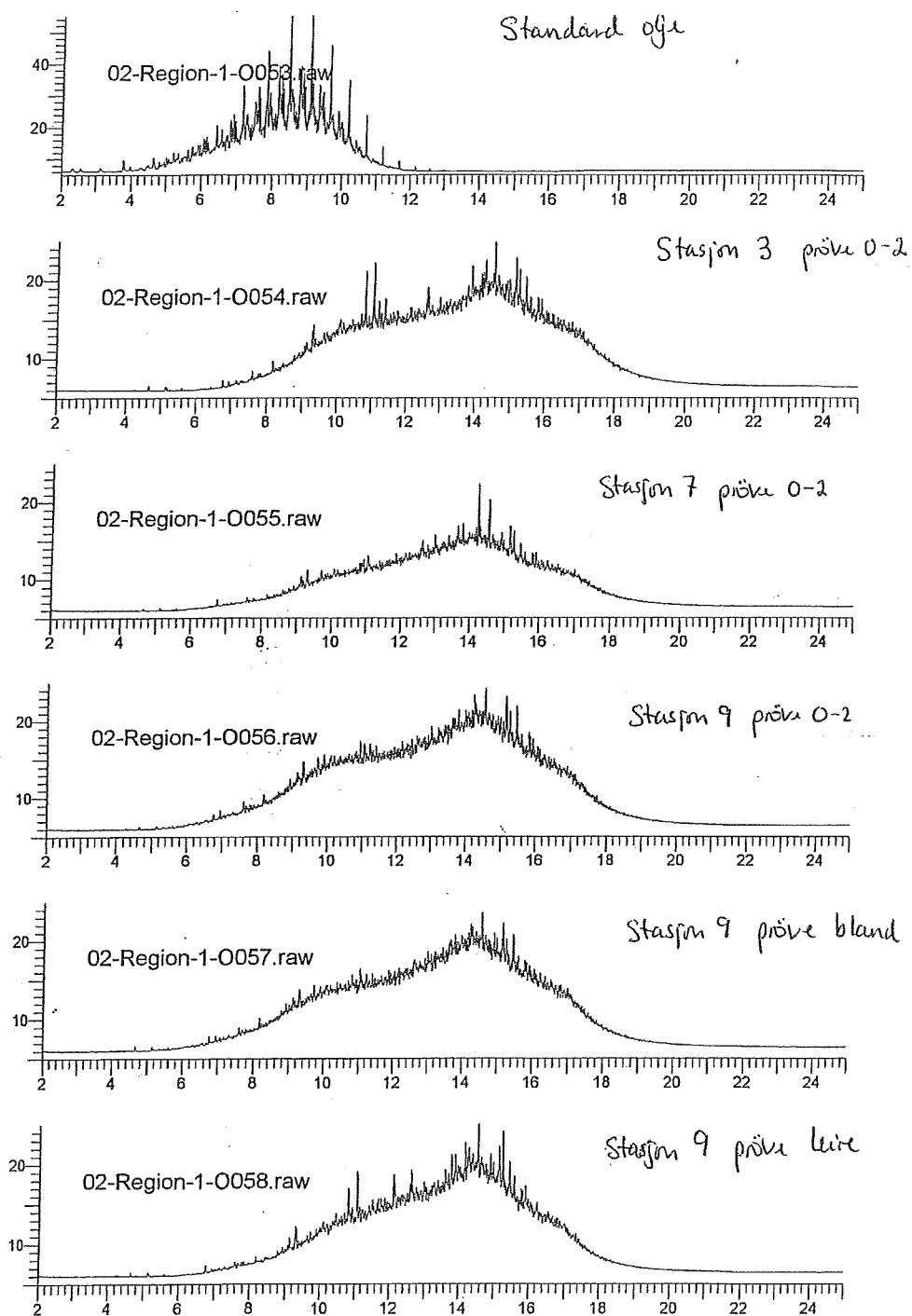
Analysebetingelser for GC og GC/MS

GC betingelser:

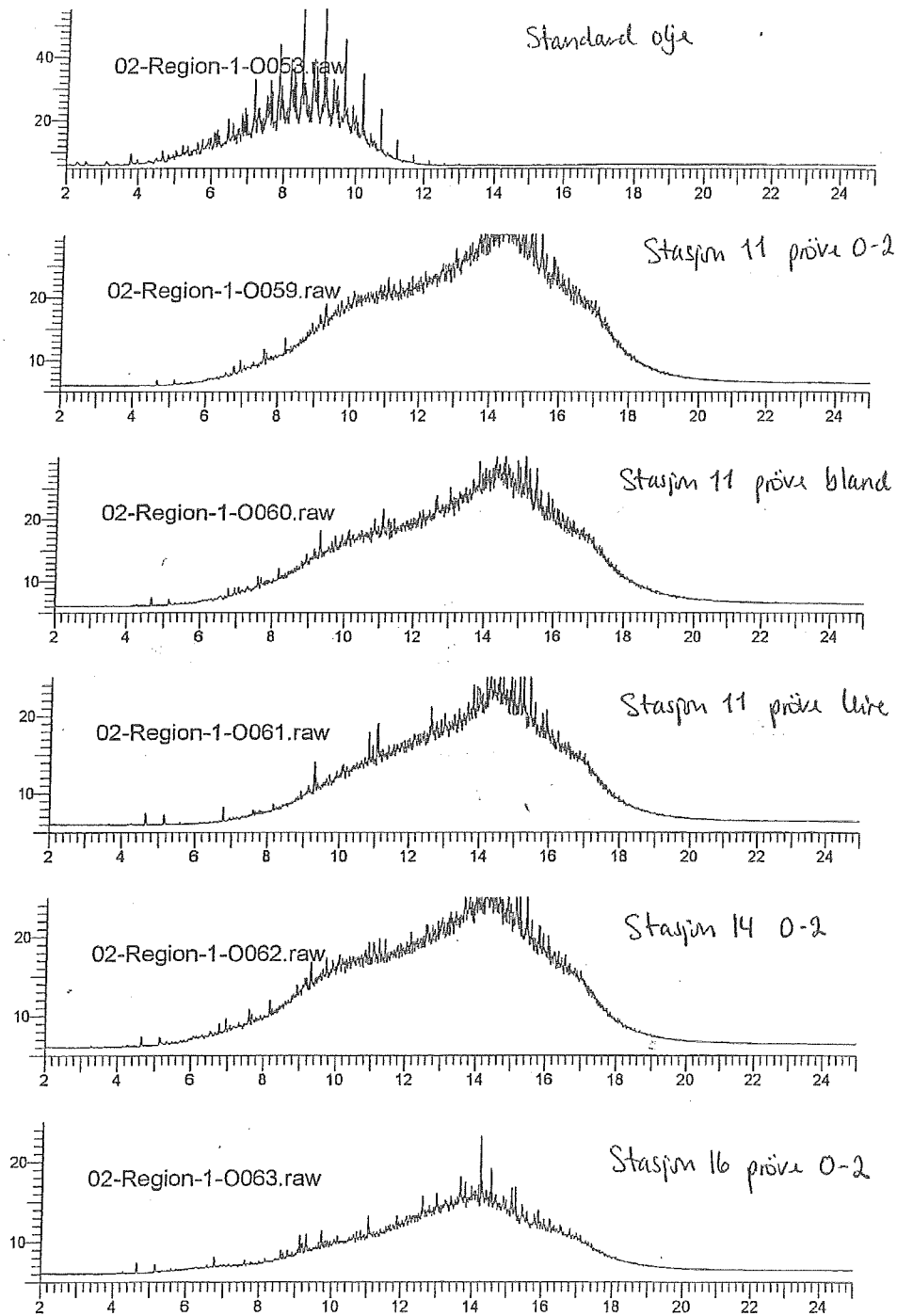
Gasskromatograf		: Perkin Elmer Autosystem XL
Kolonne		: 12.5 meter x 0.20 mm i.d., fused silica, cross-linked med dimetylsilicon
Temperaturer	Kolonne	: 50°C (2 min) - 20°C/min - 350°C (8 min)
	Injektor	: 320°C
	Detektor	: 350°C
Bæregass		: Helium
Injisert mengde		: 1 µl
Datasytem		: Totalchrom 6.2
HDF 200		: 0,1 - 10 mg/ml heksan

GC/MS betingelser:

Massespektrometer		: Finnigan SSQ 700
Datasytem		: DecStation 5000/133
Gasskromatograf		: Varian 3400
Kolonne:		: 30 m fused silica, 0.25 µm DB-5ms
Temperaturer:	Kolonne	: 60°C (1 min) - 15°C/min - 300°C (10 min)
	Injektor	: 250°C
	Ionekilde	: 150°C
Bæregass		: Helium
Ionisasjon		: Elektronstøt, 70 eV
Scan frekvens		: 1 scan/0.6 sec
Masser (m/z)	C ₀ -C ₃ naftalen	: 128, 142, 156, 170
	C ₀ -C ₃ fenantren	: 178, 192, 206, 220
	C ₀ -C ₃ dibenzotiofen	: 184, 198, 212, 226
	PAH	: 152, 154, 166, 202, 228, 252, 276, 278
	Deutererte standarder	: 136, 164, 188, 212, 240, 264
	Injisert mengde	: 2 µl



Figur 1: Gasskromatogram av de analyserte prøvene sammen med en standard olje



Figur 2: Gasskromatogram av de analyserte prøvene sammen med en standard olje

NIVA
Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

att.: Aud Helland

Prøvingsrapport

Deres ref.:
Torgeir Bakke,
mail datert 21.10.02

Vår ref.:
FRO/00-14

Direkte innvalg:
22 06 76 32

Oslo,
2003-01-03

Oppdrag nr.:
664195.45

Oppdragets tittel:
Oljeanalyse av sedimenter fra Sjursøya

Prøveserie:
2002-457

Sammendrag

Analysen viser at alle sedimentprøvene inneholder nedbrutt mineralolje. Mengden olje varierer fra 742 til 4140 mg/kg tørt sediment.

Innledning

Den 26.11.02 ble det mottatt 10 sedimentprøver som skulle analyseres for totalmengde hydrokarbonert (THC) og utvalgte aromatiske forbindelser (NPD/PAH).

Følgende prøver ble mottatt i glasskrukker med skrulokk:

ID nr.	Prøvenavn:
2002-457-1	Stasjon 3 prøve 0-2
2002-457-2	Stasjon 7 prøve 0-2
2002-457-3	Stasjon 9 prøve 0-2
2002-457-4	Stasjon 9 prøve bland
2002-457-5	Stasjon 9 prøve leire
2002-457-6	Stasjon 11 prøve 0-2
2002-457-7	Stasjon 11 prøve bland
2002-457-8	Stasjon 11 prøve leire
2002-457-9	Stasjon 14 prøve 0-2
2002-457-10	Stasjon 16 prøve 0-2

Innholdet av THC i sedimentprøvene ble utført etter akkreditert metode KS 66-40-A-502, og NPD/PAH ble utført etter akkreditert metode KS 66-40-A-506.

Akkrediteringen omfatter ikke bestemmelse av % tørrstoff i prøvene.

Analysene ble utført i tidsrommet 28.11.02 til 6.12.02.

Eksperimentelt

THC

Ca 20 g våt prøve forsåpes med 80 ml 0.5 N metanolisk NaOH under koking med tilbakeløpskjøling i 2 timer. Etter forsåpning sentrifugeres prøvene og vaskes med 50 ml metanol og 75 ml diklormetan (første ekstraksjonsvolum). Filtratet overføres til skilletrakt og ristes. Diklormetanfasen tappes av, og filtratet ekstraheres ytterligere en gang med 50 ml diklormetan. Det samlede diklormetane ekstraktet tørkes med natriumsulfat (Na_2SO_4), oppkonsentreres og polare komponenter fjernes ved kromatografering på Bond-Elut Silica kolonne (Analytichem International). Etter eluering med heksan fra Bond Elut blir ekstraktene justert til et passende volum og analysert med gasskromatografi (GC).

Tørrvekt av prøven bestemmes ved at en aliquot av prøven veies inn og tørkes ved 105°C i 2 døgn.

Gasskromatografi benyttes til å bestemme prøvens innhold av hydrokarboner (THC).

Kvantifiseringen gjøres med en flammeionisasjonsdetektor. Detektorresponsen (arealet) fra prøven sammenlignes med responsen fra en kjent standard. Arealet måles i kokepunktsområdet n-C₁₀ til n-C₄₀ alkan.

NPD/PAH

NPD, PAH blir bestemt med gasskromatografi/massespektrometri og registrering av enkeltioner. Kvantifiseringen blir foretatt i forhold til de tilsatte interne standardene med integrering av molekylionene. Følgende forbindelser ble bestemt: naftalen, fenantren/antracen, dibenzotiofen og deres C₁-, C₂- og C₃-alkylerte derivater, acenaften, acenaftylen, fluoren, pyren/fluoranten, krysen/trifenylen, benzo(a)antracen, benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranten/benzo(j)fluoranten/benzo(k)fluoranten, benzo(g,h,i)perylen, indeno(1,2,3-cd)pyren og dibenzo(a,h)antracen. De oppgitte verdiene er korrigert for bidrag fra løsningsmidlene (blindverdier).

Resultat

GC-kromatogrammene av de analyserte prøvene sammen med kromatogrammet av en standard mineralolje er gitt i Figur 1 og 2.

Resultatene fra THC og NPD/PAH analysene er gitt i resultsttabellen.

Analysebetingelsene for GC og GC/MS analysen er gitt i Vedlegg 1.

Analysen viser at alle de analyserte prøvene inneholder mineralolje. Oljen er nedbrutt.

Resultattabell

	Stasjon 3 0-2 mg/kg	Stasjon 7 0-2 mg/kg	Stasjon 9 0-2 mg/kg	Stasjon 9 bland mg/kg	Stasjon 9 leire mg/kg
THC	1180	2490	3820	2900	1110
Naphthalene	0,120	0,058	0,051	0,101	0,073
C1-Alkylnaphthalenes	0,092	0,062	0,069	0,062	0,060
C2-Alkylnaphthalenes	0,228	0,227	0,321	0,313	0,200
C3-Alkylnaphthalenes	0,518	0,529	0,662	0,779	0,673
Phenanthrene	0,829	0,318	0,315	0,397	0,577
Anthracene	0,222	0,060	0,061	0,115	0,200
C1-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,507	0,297	0,275	0,416	0,451
C2-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,882	0,814	0,725	0,760	0,800
C3-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,623	1,022	1,340	1,074	1,093
Dibenzothiophene	0,065	0,019	0,030	0,017	0,032
C1-Akyldibenzothiophenes	0,146	0,151	0,137	0,160	0,083
C2-Alkyldibenzothiophenes	0,472	0,474	0,728	0,684	0,393
C3-Alkyldibenzothiophenes	0,795	0,994	1,885	1,171	0,475
Sum NPD	5,50	5,02	6,60	6,05	5,11
Naphthalene	0,120	0,058	0,051	0,101	0,073
Acenaphthene	0,042	i.p.	i.p.	i.p.	0,029
Acenaphthylene	0,037	i.p.	i.p.	i.p.	0,034
Fluorene	0,088	i.p.	i.p.	i.p.	0,078
Phenanthrene	0,829	0,318	0,315	0,397	0,577
Antracene	0,222	0,060	0,061	0,115	0,200
Fluoranthene	2,153	0,682	0,527	0,735	1,057
Pyrene	2,251	0,831	0,721	1,214	1,724
Benzo(a)anthracene	0,827	0,469	0,278	0,452	0,609
Chrysene/Triphenylene	1,074	0,289	0,273	0,319	0,773
Benzo(a)pyrene	0,983	0,311	0,190	0,428	0,900
Benzo(b,j,k)fluoranthene	2,104	0,678	0,573	1,029	1,924
Benzo(g,h,i)perylene	0,783	0,396	0,336	0,419	0,862
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,590	0,258	0,159	0,234	0,627
Dibenzo(a,h)anthracene	0,116	0,045	0,052	0,039	0,088
Sum PAH	12,2	4,40	3,54	5,48	9,56
tørrstoff %	52,5	16,0	18,4	23,4	44,8

i.p. = ikke påvist

Resultattabell (forts.)

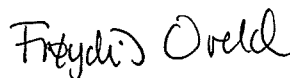
	Stasjon 11 0-2 mg/kg	Stasjon 11 bland mg/kg	Stasjon 11 leire mg/kg	Stasjon 14 0-2 mg/kg	Stasjon 16 0-2 mg/kg
THC	4110	2490	742	4140	2150
Naphthalene	0,088	0,153	0,077	0,183	0,097
C1-Alkylnaphthalenes	0,107	0,105	0,048	0,108	0,086
C2-Alkylnaphthalenes	0,280	0,246	0,083	0,208	0,217
C3-Alkylnaphthalenes	0,640	0,463	0,164	0,510	0,424
Phenanthrene	0,306	0,360	0,230	0,280	0,310
Anthracene	0,083	0,169	0,112	0,057	0,084
C1-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,311	0,223	0,176	0,227	0,207
C2-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,578	0,678	0,322	0,529	0,675
C3-Alkylphenanthrenes/Anthracenes	0,991	0,852	0,332	0,851	1,106
Dibenzothiophene	0,016	0,038	0,023	0,022	0,029
C1-Akyldibenzothiophenes	0,132	0,129	0,046	0,093	0,081
C2-Alkyldibenzothiophenes	0,755	0,539	0,154	0,506	0,384
C3-Alkyldibenzothiophenes	0,968	0,950	0,303	1,136	0,986
Sum NPD	5,25	4,91	2,07	4,71	4,69
Naphthalene	0,088	0,153	0,077	0,183	0,097
Acenaphthene	0,009	i.p	0,016	i.p	i.p
Acenaphthylene	0,010	i.p	0,010	i.p	i.p
Fluorene	0,037	0,070	0,043	i.p	i.p
Phenanthrene	0,306	0,360	0,230	0,280	0,310
Antracene	0,083	0,169	0,112	0,057	0,084
Fluoranthene	0,571	0,761	0,509	0,438	0,517
Pyrene	1,079	1,360	0,676	0,841	0,794
Benzo(a)anthracene	0,290	0,421	0,346	0,274	0,308
Chrysene/Triphenylene	0,382	0,616	0,303	0,400	0,412
Benzo(a)pyrene	0,325	0,509	0,334	0,349	0,338
Benzo(b,j,k)fluoranthene	0,903	1,267	0,904	0,785	0,780
Benzo(g,h,i)perylene	0,426	0,590	0,354	0,340	0,377
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	0,301	0,379	0,262	0,197	0,195
Dibenzo(a,h)anthracene	0,043	0,047	0,041	0,059	0,029
Sum PAH	4,85	6,70	4,22	4,20	4,24
tørrstoff %	21,0	31,4	53,3	17,1	14,0

i.p. = ikke påvist

Med hilsen
SINTEF Kjemi



Nina Gjøs
Laboratorieleder
Miljøteknologi og analyse



Frøydis Oreld
Prosjektleder

Vedlegg: Analysebetingelser for instrumentanalysene
 2 figurer med gasskromatogram

Spesielle betingelser

Måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt. SINTEF Kjemi tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. *Delvis* kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF Kjemi.

VEDLEGG 1

Analysebetingelser for GC og GC/MS

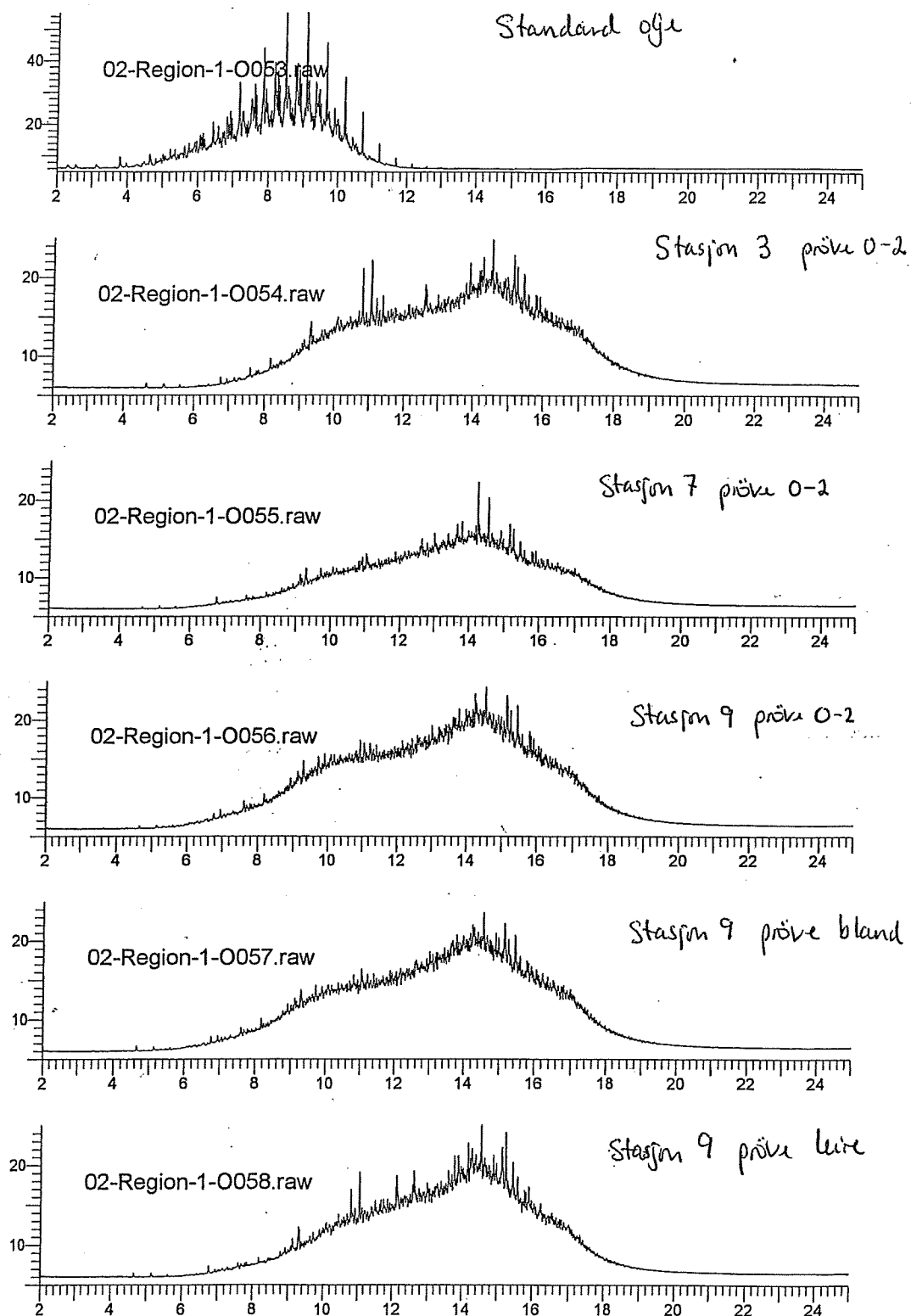
GC betingelser:

Gasskromatograf		: Perkin Elmer Autosystem XL
Kolonne		: 12.5 meter x 0.20 mm i.d., fused silica, cross-linked med dimetylsilicon
Temperaturer	Kolonne	: 50°C (2 min) - 20°C/min - 350°C (8 min)
	Injektor	: 320°C
	Detektor	: 350°C
Bæregass		: Helium
Injisert mengde		: 1 µl
Datasystem		: Totalchrom 6.2
HDF 200		: 0,1 - 10 mg/ml heksan

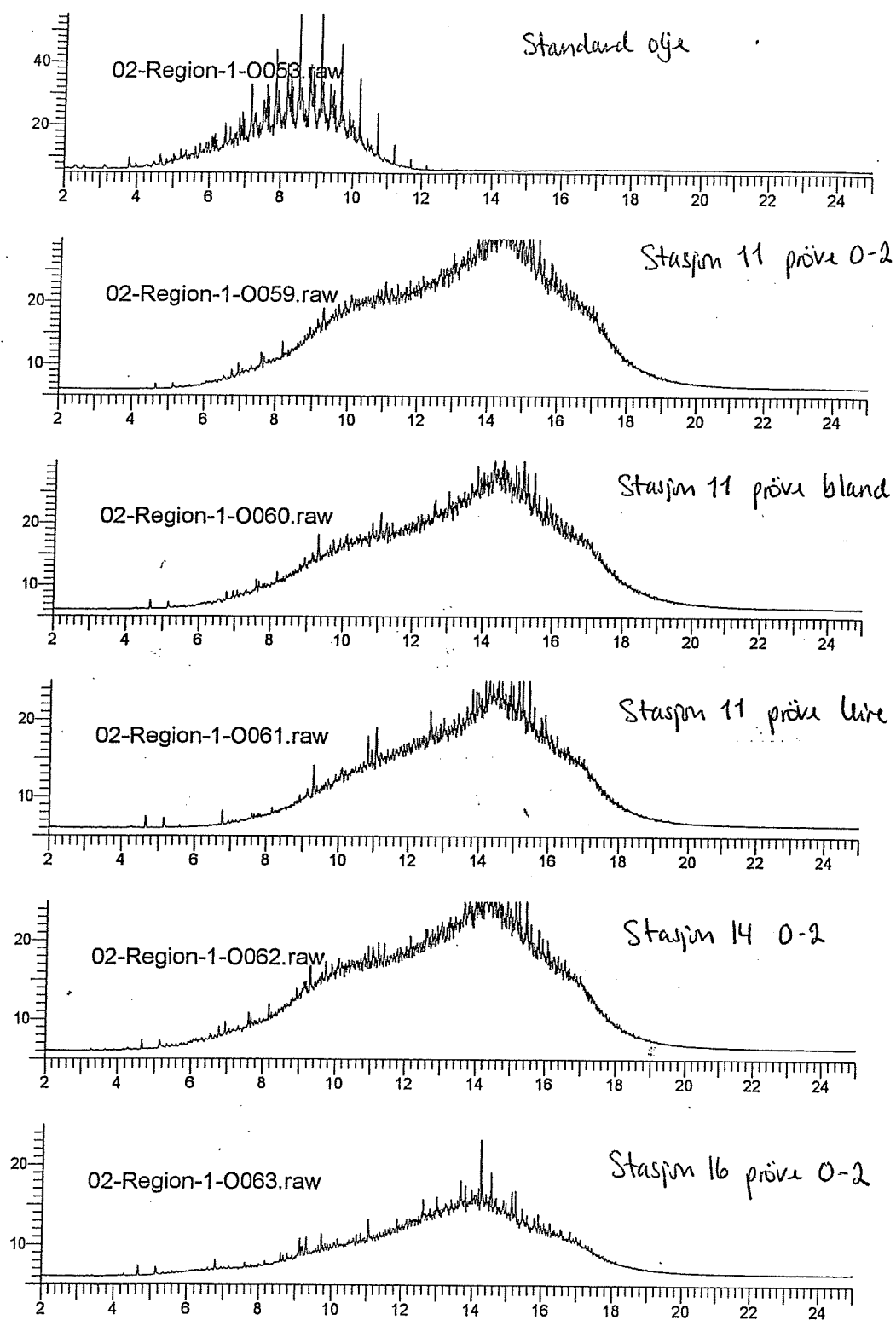
GC/MS betingelser:

Massespektrometer		: Finnigan SSQ 700
Datasystem		: DecStation 5000/133
Gasskromatograf		: Varian 3400
Kolonne:		: 30 m fused silica, 0.25 µm DB-5ms
Temperaturer:	Kolonne	: 60°C (1 min) - 15°C/min - 300°C (10 min)
	Injektor	: 250°C
	Ionekilde	: 150°C
Bæregass		: Helium
Ionisasjon		: Elektronstøt, 70 eV
Scan frekvens		: 1 scan/0.6 sec
Masser (m/z)	C ₀ -C ₃ naftalen	: 128, 142, 156, 170
	C ₀ -C ₃ fenantren	: 178, 192, 206, 220
	C ₀ -C ₃ dibenzotiofen	: 184, 198, 212, 226
	PAH	: 152, 154, 166, 202, 228, 252, 276, 278
	Deutererte standarder	: 136, 164, 188, 212, 240, 264
	Injisert mengde	: 2 µl

ref. 10.1



Figur 1: Gasskromatogram av de analyserte prøvene sammen med en standard olje



Figur 2: Gasskromatogram av de analyserte prøvene sammen med en standard olje