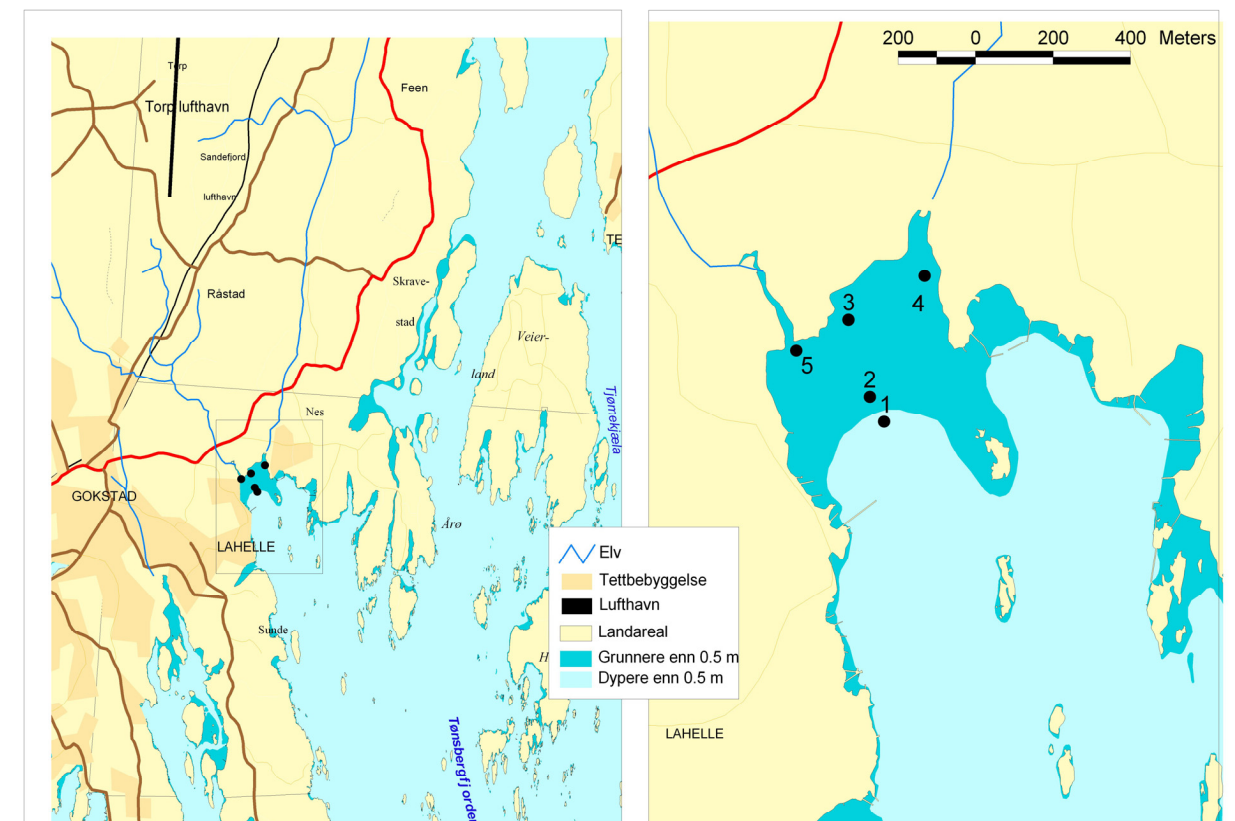




RAPPORT LNR 5136-2006

## Undersøkelse av indre Lahellefjordens marine våtmarksområde

Sedimentundersøkelse og  
tilstandsbefaring



**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

**Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86  
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Undersøkelse av indre Lahellefjordens marine våtmarksområde. Sedimentundersøkelse og tilstandsbeifaring.	Løpenr. (for bestilling) 5136-2006	Dato 19.01.06
	Prosjektnr. Undernr. O-25371	Sider Pris 21
Forfatter(e) Merete Schøyen John Arthur Berge Torgeir Bakke	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Sandefjord, Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sandefjord kommune ved Ole Jakob Hansen	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Rapporten omhandler generell miljøtilstand og innhold av metaller og organiske forbindelser i overflatesedimenter i det marine våtmarksområdet i Lahellefjorden i Sandefjord kommune i Vestfold. Lahellebukta er ubetydelig – lite forurenset (SFTs tilstandsklasse I) av tungmetaller på samtlige stasjoner bortsett fra kadmium (Cd) i klasse II på stasjon 1. Det var litt høyere innhold av tungmetallene ytterst i området, men nivåene lå alle innenfor SFT klasse I og II. Området er moderat forurenset (klasse II) av både PAH og PCB. DDT lå under deteksjonsgrensen som betyr et sted i SFT klasse I-III. Nivået av benzotriazol (fra avisningsvæsker) var under deteksjonsgrensen på samtlige stasjoner og det var ingen geografisk forskjell. Det var altså ikke høyere konsentrasjoner ved stasjon 4 ved Rovebekken nedstrøms flyplassen enn for stasjon 1 ytterst i våtmarksområdet. Også oljeinnholdet i sedimentene lå under deteksjonsnivået og nær forventet bakgrunnsnivå. Ingen av de øvrige organiske miljøgifter analysert viser betenkelige nivåer og alle er under deteksjonsgrensene. Overflatesedimentene utgjør derfor ubetydelig risiko for miljøpåvirkning vurdert ut ifra resultatene i denne undersøkelsen, og det er ikke noe som tyder på en nåtidig tilførsel av de analyserte stoffene. Hvis man ønsker informasjon om risiko for at tidlige utslipp kan påvirke området, anbefales at de lagrede prøvene fra noe dypere sedimentlag analyseres.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Marine sedimenter</li> <li>Miljøgifter</li> <li>Lahellefjorden, Vestfold</li> <li>Våtmarksområde</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Marine sediments</li> <li>Contaminants</li> <li>Lahellefjorden, Vestfold</li> <li>Saltmarsh area</li> </ol>
---	---



Torgeir Bakke  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Øyvind Sørensen  
Ansvarlig

# **Undersøkelse av indre Lahellefjordens marine våtmarksområde**

Sedimentundersøkelse og tilstandsbefaring

## Forord

Denne undersøkelsen er utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) på oppdrag for Sandefjord kommune i henhold til tilbud av 21.12.05. Tilbudsforespørselen ble gitt av Ole Jakob Hansen 21.10.05.

Torgeir Bakke har vært prosjektleder for undersøkelsen. John Arthur Berge har foretatt feltarbeidet og Merete Schøyen har deltatt på rapporteringen.

Sedimentprøvene ble innsamlet 08.12.05 innerst i Lahellefjordens marine våtmarksområde. De kjemiske analysene er utført av Analytica AB i Oslo.

Undersøkelsene av forurensninger i sedimentene skal danne grunnlag for å vurdere om våtmarksområdet i indre del av Lahellefjorden er og har vært utsatt for forurensning som har gitt negative konsekvenser for økosystemet.

Oslo, 16.01.06

*Torgeir Bakke*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Bakgrunn</b>	<b>7</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>8</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>11</b>
<b>4. Diskusjon og konklusjoner</b>	<b>14</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>16</b>
<b>Vedlegg. Analyseresultater</b>	<b>17</b>

---

## Sammendrag

NIVA har på oppdrag for Sandefjord kommune utført sedimentundersøkelser i indre Lahellefjordens marine våtmarksområde. Målet for undersøkelsen var å kartlegge forurensningsnivået av et bredere utvalg miljøgifter, og analysene omfattet polysykliske aromatiske hydrokarboner PAH (de 16 viktigste forbindelsene iflg. US EPA), lette PAH-forbindelser (BTEX), klorerte og bromerte alifater, alkylerte benzener, benzotriazol (fra eldre avisningsvæsker), klorerte benzener, klorerte bifenyler PCB (de 7 viktigste kongenerene), klorfenoler (18 forbindelser), DDT derivater, oljehydrokarboner og tungmetaller (13 elementer).

Analysene av overflatesedimentene viste at Lahellebukta er ubetydelig/lite forurenset (SFTs klasse I) av tungmetaller på samtlige stasjoner bortsett fra kadmium (Cd) på stasjon 1 ytterst i området som var i klasse II. Generelt sett falt alle de fem sedimentstasjonene inn under de samme tilstandsklassene/bakgrunnsnivåer for de ulike metallene (med unntak av Cd). En svak geografisk tendens ble funnet, men nivåene ligger innenfor klasse I og II.

Området er moderat forurenset (klasse II) av både PAH og PCB. Nivåene av DDT var under deteksjonsgrensen, og ligger ut fra dette i området SFT klasse I-III. Nivåene av benzotriazol var også under deteksjonsgrensen. Sedimentprøven fra stasjon nr 4 ved Rovebekken nedstrøms flyplassen hadde ikke mer benzotriazol enn stasjon 1 ytterst i våtmarksområdet, så det er intet som tyder på tilførsel av stoffet med bekken. Også oljeinnholdet i sedimentene lå under deteksjonsgrensen og stort sett innenfor normalt bakgrunnsnivå.

Ingen av de øvrige organiske miljøgiftene viste betenkelige nivåer og alle er under deteksjonsgrensene. Det ble ikke observert noen geografisk forskjell i konsentrasjonene av de organiske forbindelsene.

Overflatesedimentene utgjør derfor ubetydelig risiko for miljøpåvirkning vurdert ut ifra resultatene i denne undersøkelsen, og det er ikke noe som tyder på en nåtidig tilførsel av de analyserte stoffene. Hvis man ønsker å få informasjon om eventuelle tidligere tilførsler fortsatt kan påvirke våtmarksområdet, bør de lagrede prøvene fra litt dypere sedimentlag analyseres for miljøgifter.

Hovedinntrykket av en visuell befaring i området er at det i hovedsak ikke bærer preg av unormal påvirkning. Observasjonen av hydrogensulfid/ olje noe ned i sedimentet ved munningen av Unneberg-/Frombekken kan likevel tyde på en viss lokal antropogen påvirkning.

## Summary

Title: Investigations of micro pollutants in sediments in the inner Lahellefjorden wetlands area, Sandefjord

Year: 2005

Author: Merete Schøyen, John Arthur Berge, Torgeir Bakke

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4847-1

NIVA has on behalf of Sandefjord Municipality performed sediment investigations in the inner tidal flat area of Lahellefjorden. The fjord is a part of the Tønsbergfjorden north of Sandefjord. The aim of the study was to map the sediment surface levels of a wide variety of contaminants including polycyclic aromatic hydrocarbons PAH (the 16 most important compounds pursuant to US EPA), the more volatile monoaromatic compounds (BTEX), chlorinated and brominated aliphatics, alkylated benzenes, benzotriazol (from older de-icing fluids), chlorinated benzenes, chlorinated biphenyls (PCB - the 7 most important congeners), chlorophenols (18 compounds), DDT derivates, oil hydrocarbons and heavy metals (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn).

The analyses showed that the surface sediments were insignificantly to moderately polluted by the heavy metals (SFT contamination class II-II). There was a weak geographical tendency with highest levels at the most seaward station of the tidal flat.

The investigated areas were moderately polluted by PAH and PCB. The levels of DDT were below the analytical detection limit, and are in the range of SFT class I-III. Benzotriazol was below the detection limits at all stations. Hence there was no indication that this chemical is being transported to the tidal flat from the airport. Oil hydrocarbon content was also below the detection limit and close to background level. None of the other organic compounds showed levels above the detection limits or had levels of concern.

From these results the surface sediments of the mud flat did not pose any significant pollution risk, and there were no indications of present input of the contaminants analyzed. If there is a request for information about the possibility that earlier contaminant inputs still may affect the ecosystem, one should analyze the samples from deeper sediment layers that are stored at NIVA.

The general impression from a visual inspection of the marsh and mudflat area was no apparent anthropogenic influence. Observations of oil/ hydrogen sulphide in the deeper layer of the sediment where the Unneberg-/ Frombekken creek enters the tidal flat, however, can indicate a local anthropogenic influence.

# 1. Bakgrunn

NIVA fikk i oppdrag å undersøke miljøtilstanden i det marine våtmarksområdet innerst i Lahellefjorden i Sandefjord kommune. Undersøkelsen fokuserer på nivåer av miljøgifter og kjemikalier i sedimentene og eventuelle tilførsler via to bekker som har utløp i dette våtmarksområdet. Unneberg-/ Frombekken ligger vest i området mens Rovebekken ligger øst, og nedbørsfeltet til sistnevnte omfatter også Sandefjord Lufthavn AS. Undersøkelsen beskriver videre en generell miljøtilstand i våtmarksområdet.

Oppdragsgiverne ønsker å få en vurdering hvorvidt våtmarksområdet har vært og fremdeles er utsatt for forurensning med negative konsekvenser for økosystemet. De aktuelle kildene kan være avrenning fra dyrket mark, utslipp av avløpsvann fra spredt bebyggelse, utslipp fra næringsliv (Sandefjord lufthavn og den tidligere Torp militære luftstasjon), villfyllinger, eventuelle akuttutslipp i nedbørsfeltet, sprøytemidler fra landbruket og oljeforurensning fra sjøen utenfor.

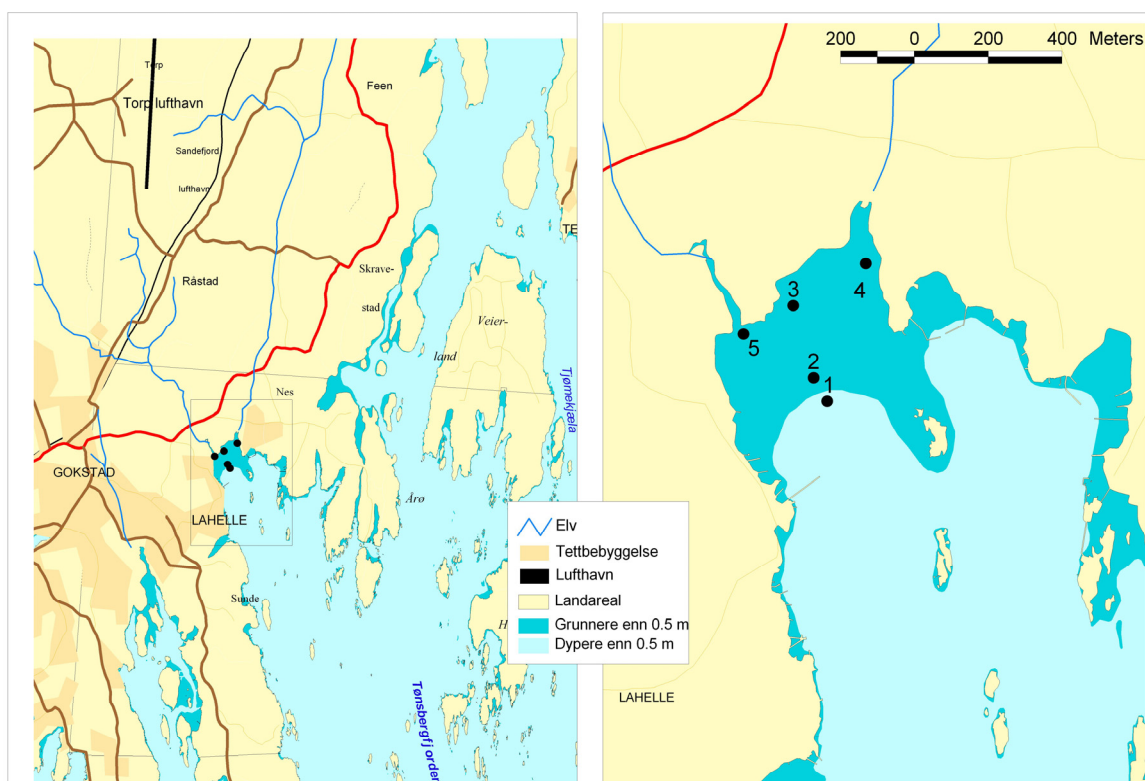
Det ble gjort en kjemisk undersøkelse av miljøgiftinnholdet i de øvre 0-2 cm av sedimentene i selve våtmarksområdet i en gradient fra bukten og ut fjorden (stasjon 3 innerst, stasjon 2 i midten og stasjon 1 ytterst) og ved munningen i de to bekkene (stasjon 5 vest ved Unneberg-/ Frombekken og stasjon 4 øst ved Rovebekken). Det ble også gjort en visuell befaringsmessig bedømmelse av generell miljøtilstand for området. Det ble i tillegg tatt sedimentprøver i sjiktet fra 10–15 cm dyp for eventuelle senere analyser.



## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Områdebeskrivelse

Befaring og innsamling av sedimentene ble foretatt 08.12.05 fra kl 09.30 til 15.00 fra land og fra båt ved fem stasjoner (Figur 1) innerst i Lahellefjorden (Figur 2). Området er en del av Tønsbergfjorden beliggende i Sandefjord kommune i Vestfold fylke.

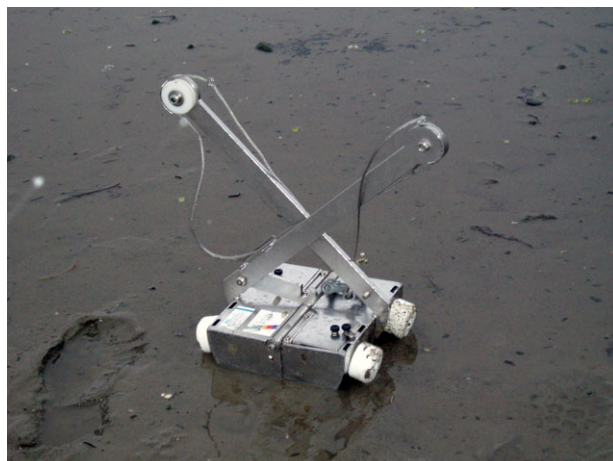


**Figur 1.** Stasjonene 1–5 innerst i Lahellefjorden.

Det var lett regn i starten, som gikk over til overskyet oppholdsvær og svak vind fra nordøst utover dagen. Den visuelle befaringen ble gjort i forbindelse med prøvetakingen av sedimentene og ble ledsaget av foto av utvalgte områder. Hovedvekten ble lagt på å bedømme om forekomst av lett synlige planter og dyr var slik man kan forvente på tidevannsflater i ytre del av Oslofjorden. Forekomst av alger og dyp på hardbunn som omkranser tidevannsflaten ble ikke vurdert. For sedimentprøvetakingen ble det brukt en håndholdt van veen grabb (Figur 3), håndholdt kjerneprøvetaker samt skje direkte for direkte innsamling av overflatesedimentene.



Figur 2. Lahellefjorden.



Figur 3. Van veen grabb.

Posisjonene for innsamling av prøvene er angitt geografisk ved GPS (Tabell 1).

Tabell 1. Posisjoner ved de fem sedimentstasjonene i Lahellebukta.

Stasjons- nr:	Lokalitet	Posisjon nord	Posisjon øst	Dyp (cm) merking	Redskap	Sediment	Status																																															
1	Ytterst i transekt	59°08 237	10°17 148	0-2 a	Liten van Veen grabb	Gråsort og gråaktig sediment, leiraktig, mye ålegress, ingen lukt, levende snegl, ser ok ut	Analysert																																															
				0-2 b				2	Midten i transekt	59° 08 270	10°17 105	0-2 a	Liten van Veen grabb	Fin gråaktig "hardstampet" sand, skjellrester, Cardium++, ingen lukt, ser bra ut, mulig forekomst av fjæremarken <i>Arenicla marina</i>	Analysert	0-2 b	3	Innerst i transekt	59° 08 374	10°17 033	0-2 a	Skje direkte	Gråaktig overflate, "hardstampet" fin sand, litt mørkere lengre ned, ser ok ut, ingen lukt	Analysert	0-2 b	10-15 a	Håndholdt corer	Lagret	10-15 b	4	Ved Rovebekken øst i våtmarks- området	59° 08 442	10°17 230	0-2 a	Skje direkte	Mer leiraktig sediment	Analysert	0-2 b	10-15 a	Håndholdt corer	Lagret	10-15 b	5	Ved Unneberg-/ Frombekken vest i våtmarks- området	59° 08 327	10°16 898	0-2 a	Skje direkte	Mer leiraktig sediment, klar lukt av H <sub>2</sub> S og olje i en svart sone noe ned i sedimentet	Analysert	0-2 b	10-15 a	Håndholdt corer	Lagret
2	Midten i transekt	59° 08 270	10°17 105	0-2 a	Liten van Veen grabb	Fin gråaktig "hardstampet" sand, skjellrester, Cardium++, ingen lukt, ser bra ut, mulig forekomst av fjæremarken <i>Arenicla marina</i>	Analysert																																															
				0-2 b				3	Innerst i transekt	59° 08 374	10°17 033	0-2 a	Skje direkte	Gråaktig overflate, "hardstampet" fin sand, litt mørkere lengre ned, ser ok ut, ingen lukt	Analysert	0-2 b					10-15 a	Håndholdt corer		Lagret	10-15 b	4	Ved Rovebekken øst i våtmarks- området	59° 08 442	10°17 230					0-2 a	Skje direkte		Mer leiraktig sediment	Analysert	0-2 b	10-15 a	Håndholdt corer	Lagret					10-15 b	5		Ved Unneberg-/ Frombekken vest i våtmarks- området	59° 08 327	10°16 898	0-2 a	Skje direkte
3	Innerst i transekt	59° 08 374	10°17 033	0-2 a	Skje direkte	Gråaktig overflate, "hardstampet" fin sand, litt mørkere lengre ned, ser ok ut, ingen lukt	Analysert																																															
				0-2 b																																																		
				10-15 a	Håndholdt corer		Lagret																																															
				10-15 b																																																		
4	Ved Rovebekken øst i våtmarks- området	59° 08 442	10°17 230	0-2 a	Skje direkte	Mer leiraktig sediment	Analysert																																															
				0-2 b																																																		
				10-15 a	Håndholdt corer		Lagret																																															
				10-15 b																																																		
5	Ved Unneberg-/ Frombekken vest i våtmarks- området	59° 08 327	10°16 898	0-2 a	Skje direkte	Mer leiraktig sediment, klar lukt av H <sub>2</sub> S og olje i en svart sone noe ned i sedimentet	Analysert																																															
				0-2 b																																																		
				10-15 a	Håndholdt corer		Lagret																																															
				10-15 b																																																		

På de innerste stasjonene 3, 4 og 5 ble det innsamlet sedimenter fra to dybdeintervaller fra hhv 0-2 cm dyp og 10-15 cm dyp. På de ytterste stasjonene 1 og 2 ble det bare samlet inn overflatesediment fra 0-2 cm dyp. For hver prøve er det to parallelle glass (a og b) for å få nok materiale for analysene. De øvre sedimentene i prøvedypet 0-2 cm ble analysert nå, mens sjiktet 10-15 cm er lagret frosne til eventuelle senere analyser.

## 2.2 Analyser

Alle de 5 sedimentprøvene ble analysert ved Analyticas laboratorier i Oslo ved bruk av analysepakken ENVIPAC som er en screeningpakke som skal gi oversikt over et stort antall miljøgifter. Prøvene ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner PAH (de 16 viktigste forbindelsene iflg. US EPA), lette monosykliske aromatiske forbindelser (BTEX), klorerte og bromerte alifater, alkylerte benzener, benzotriazol (fra eldre avisningsvæsker), klorerte benzener, klorerte bifenyler PCB (de 7 viktigste kongenerene), klorfenoler (18 forbindelser), DDT derivater, oljehydrokarboner og tungmetaller (13 elementer) se vedlegg. En del av parametrene kan sammenlignes med SFTs tilstandsklassifisering for sedimenter (Molvær et. al 1997) (Tabell 2).

**Tabell 2.** Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og klororganiske forbindelser i vann og sedimenter. \* ved verdien i kl. I markerer forandring fra første utgave av veiledningen (ledsagende justeringer i de øvrige klasser ikke avmerket). Nye parametere er merket \*\*.

Parametere		Tilstandsklasser				
		I Ubetydelig – Lite forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
<b>Metaller m.m. i sedimenter (tørrvekt)</b>	Arsen (mg As/kg)	<20	20-80	80-400	400-1000	>1000
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30-120	120-600	600-1500	>1500
	Fluorid (mg F/kg)	<800	800-3000	3000-8000	8000-20000	>20000
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0.25	0.25-1	1-5	5-10	>10
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35-150	150-700	700-1500	>1500
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70-300	300-1500	1500-5000	>5000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.15	0.15-0.6	0.6-3	3-5	>5
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30-130	130-600	600-1500	>1500
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150-700	700-3000	3000-10000	>10000
	Sølv (mg Ag/kg)	<0.3	0.3-1.3	1.3-5	5-10	>10
TBT ** 1) (µg/kg)	<1	1-5	5-20	20-100	>100	
<b>Organiske miljøgifter i sedimenter (tørrvekt)</b>	Σ PAH <sup>2)</sup> (µg/kg)	<300	300-2000	2000-6000	6000-20000	>20000
	B(a)P <sup>3)</sup> (µg/kg)	<10	10-50	50-200	200-500	>500
	HCB <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0.5	0.5-2.5	2.5-10	10-50	>50
	Σ PCB <sub>7</sub> <sup>5)</sup> (µg/kg)	<5	5-25	25-100	100-300	>300
	EPOCl <sup>6)</sup> (µg/kg)	<0.01*	0.01-0.03	0.04-0.10	0.11-0.5	>0.5
	TE <sub>PCDF/D</sub> <sup>7)</sup> (µg/kg)	<0.5	0.5-2.5	2.5-10	10-50	>50
	Σ DDT <sup>8)</sup> (µg/kg)					

1) TBT: Tributyltinn (antibegroingsmiddel i skipsmalning).

2) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner. Gruppe tjærestoffer der en del forbindelser er potensielt kreftfremkallende (KPAH, deriblant benzo(a)pyren B(a)P). ΣPAH: sum av tri- til heksasykliske forbindelser bestemt ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne. Inkluderer de 16 i EPA protokoll 8310 minus naftalen (disyklisk). Omfatter dessuten alle KPAH (gr. 2A og gr. 2B i IARC, 1987).

3) Se under PAH.

4) HCB: Heksaklorbenzen.

5) PCB: Polyklorerte bifenyler. Gruppe forbindelser (ulike kommersielle blandinger). Σ PCB<sub>7</sub>= sum av de 7 enkeltforbindelsene nr. 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180. I tidligere utgave av veiledningen er PCB angitt som total PCB ut fra likhet med kommersielle blandinger.

Konsentrasjonsangivelsene i første utgave av klassifiseringssystemet refererte seg til total PCB bestemt ved eldre analysemetodikk. Enkelte PCB har dioksinlignende egenskaper (se note 2 til tabell 8).

6) EPOCL: Ekstraherbart persistent organisk bundet klor.

7) Toksitetsekvivalenter, se note 2 til tabell 8.

8) DDT: Diklordifenyltrikloretan. ΣDDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD

## 3. Resultater

### 3.1 Områdebeskrivelse

Undersøkelsesområdet er meget grunt (ca 1,5 m på stasjon 1 og 0,5 m på stasjon 2) og maksimalt 0,1 m på stasjon 3-5 på de aktuelle innsamlingstidspunkt. Lahellebukta blir dypere lenger ut og en må ca 2 km ut før en finner dyp på mer enn 10 m. Lahellebukta er relativt åpen mot syd, men har noen holmer som reduserer eksponeringen noe. På lavvann blir den indre delen tørrlagt flere hundre meter, men siden tidevannsvariasjonene ofte overskygges av effekten av lufttrykk og vindforhold kan det oppstå situasjoner med kontinuerlig høyvann eller lavvann over lengre perioder som kan ha betydning for forekomst av planter og dyr på en tidevannsflate. Den innerste delen av bukta er omkranset med takrør. Innerst i bukta munner det også ut to bekker som fører til redusert saltholdighet i munningsområdet. Unneberg-/ Frombekken (stasjon 5) ligger vest i området mens Rovebekken (stasjon 4) ligger øst og nedbørsfeltet til sistnevnte omfatter også Sandefjord Lufthavn AS.

Sedimentene i den sentrale del av tidevannsflaten på stasjon 2 (Figur 4) og stasjon 3 (Figur 5) består av hardpakket fin sand, mens sedimentet på stasjon 1 ytterst mot selve fjorden var mer leiraktig (Figur 6). Sedimentet var også noe mer leiraktig på stasjon 4 (Figur 7) og stasjon 5 (Figur 8) ved de to bekkemunningene. I det hele så sedimentoverflaten fra farge og lukt ut til å være som forventet på en tidevannsflate som dette. Sedimentet så imidlertid ut til å være noe mer preget av fin sand enn det eksempelvis tidevannsflaten i Presterødkilen ved Tønsberg har vært, noe som kan ha sammenheng med noe sterkere eksponering i Lahellebukta. De dypere liggende delene av sedimentet synes også i hovedsak å være uten spesiell lukt som skulle tilsi dårlig oksygentilgang eller oljeforurensning, bortsett fra på stasjon 5 der det var en klar lukt av hydrogensulfid/olje i en svart sone noe ned i sedimentet.

Befaringen ble foretatt på en tid på året hvor eventuell algevegetasjon (grønnlager) på selve flaten normalt er borte og noen alger ble heller ikke observert på selve flaten. På stasjon 1 ytterst mot fjorden ble det imidlertid observert ålegress (Figur 6). Det ble også i området rundt stasjon 2 observert overflatestrukturer som tyder på forekomst av vanlig fjæremark (*Arenicola marina*). Det ble imidlertid ikke observert forekomst av børstemarken *Nereis diversicolor*, en art som ofte opptrer på tidevannsflater, men dette kan ha naturlige årsaker. For det første er dyrene vanskelige å observere siden det først og fremst er gravehullene man ser. For det andre vandrer de utover mot dypere vann på vinteren.





**Figur 4.** Stasjon 2 i midten av transektet.



**Figur 5.** Stasjon 3 innerst i transektet.



**Figur 6.** Stasjon 1 ytterst i transektet.



**Figur 7.** Stasjon 4 ved Rovebekken.



**Figur 8.** Stasjon 5 ved Unneberg-/ Frombekken.

### 3.2 Metaller i sedimentet

Prøvene ble analysert for de 13 metallene arsen (As), barium (Ba), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), molybden (Mo), nikkel (Ni), bly (Pb), tinn (Sn), vanadium (V) og sink (Zn). Generelt har samtlige metallverdier høyere konsentrasjoner ved munningen av Rovebekken ved stasjon 4 enn ved munningen av Unneberg-/ Frombekken ved stasjon 5. Samtlige metallverdier ytterst i transektet ved stasjon 1 er gjennomgående høyere enn innerst i transektet ved stasjon 3 og ved begge elvemunningsstasjonene 4 og 5.

Sedimentene ved alle de fem stasjonene var ubetydelig – lite forurenset (tilstandsklasse I i SFTs nasjonale klassifiseringssystem for kyst og fjordsediment, Molvær et al., 1997) av arsen (Ar), krom

(Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn). Bortsett fra stasjon 1 ytterst i våtmarkstransekten, som betegnes som moderat forurenset (klasse II), var de andre stasjonene ubetydelig – lite forurenset (klasse I) av kadmium (Cd). Det finnes ikke definerte kriterier for barium (Ba), kobolt (Co), molybden (Mo) og vanadium (V) i SFTs klassifiseringssystem. Observerte konsentrasjoner ved analyser foretatt på NIVAs marine forskningsstasjon på Solbergstrand (MFS) i Drøbak av kontrollsediment (rent sediment) fra Jeløya (Ramberggbukta som ligger på vestsiden av Jeløy i Oslofjorden) viser imidlertid konsentrasjoner på 56,55 mg/kg barium (Ba) (NIVA rapport LNR 4597-02). Verdiene fra Lahellebukta varierer fra 18 mg/kg ved stasjon 2 til 46 mg/kg ved stasjon 1, slik at Ba-innholdet i Lahellebukta sannsynligvis ligger på bakgrunnsnivå. Observerte konsentrasjoner ved analyser fra et annet forsøk som også er foretatt på MFS av kontrollsediment fra Jeløya viser konsentrasjoner på 5,9 µg/g (eller mg/kg) kobolt (Co) (SFT-rapport TA 1864/2002). Verdiene fra Lahellebukta varierer fra 2,0 mg/kg ved stasjon 2 til 5,6 mg/kg ved stasjon 1, slik at Co-innholdet i Lahellebukta også må regnes å ligge på bakgrunnsnivå. MFS-undersøkelsen viser videre at kontrollsedimentet hadde konsentrasjon på 27,6 µg/g (eller mg/kg) vanadium (V). Verdiene fra Lahellebukta varierer fra 12 mg/kg ved stasjon 3 til 33 mg/kg ved stasjon 1, slik at V-innholdet i Lahellebukta sannsynligvis også ligger på bakgrunnsnivå.

### 3.3 Organiske miljøgifter i sedimentet

#### Tjæreforbindelser (PAH)

Konsentrasjonen av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) lå på under 390 µg sum PAH/kg sediment for alle stasjonene. Dette er så vidt over grensen til klasse II som betegnes som moderat forurenset. Reelt sett ligger derfor verdiene for det meste i klasse I og er ubetydelig – lite forurenset.

Summen av de lette monoaromat-forbindelsene (BTEX) er under 1000 µg/kg og alle ligger under deteksjonsgrensen. I oljeforurensede prøver synes monoaromatene ofte å ligge ca en tierpotens høyere i konsentrasjon enn sum PAH slik at det nivå som er funnet sannsynligvis betyr en ubetydelig forurensning.

#### Polyklorerte bifenyler (PCB)

PCB-konsentrasjonene for summen av de 7 viktigste kongenerene for samtlige stasjoner var på under 25 µg/kg som karakteriseres som moderat forurenset (klasse II). ΣPCB<sub>7</sub> ligger derfor i klasse I eller II.

Diklordifenyltrikloretan (DDT) og nedbrytningsproduktene DDD og DDE lå alle under deteksjonsgrensen 10 µg/kg på alle stasjonene, og det er ingen grunn til å tro at området er belastet med DDT. Følsomheten av ENVIPAC-metoden er imidlertid ikke lav nok til å skille mellom de tre laveste klassene i SFTs tilstandsklassifisering. Skal man få et reelt bilde av DDT kreves analyser med større følsomhet.

Verdiene for benzotriazol (fra eldre avisningsvæsker) lå på under 50 µg/kg for de analyserte stasjonene 1, 2, 3 og 4, og alle ligger under deteksjonsgrensen. Det er ikke referanser til hvor mye 50 µg/kg er i miljøkvalitetsstandarden til SFT.

Klorbenzenene og klorfenolene ligger under deteksjonsgrensen som normalt lå mellom 10-50 µg/kg.

#### Olje

Innholdet av olje i overflatesedimentene ved alle stasjonene lå på under 20 mg/kg (fraksjonen fra C12 til C35). Olje inngår ikke i SFTs miljøkvalitetskriterier for fjorder og kystvann.

Bakgrunnskonsentrasjonen av olje i kystnære marine sedimenter regnes imidlertid å ligge mellom 2 og 5 mg/kg (Bakke et. al 1990) og alt under 10 mg/kg regnes som normal bakgrunn. Oljeinnholdet i

Lahellebukta ligger over bakgrunnsnivåer, men under grensen (50 mg/kg) for effekter på de mest følsomme dyrene.

## 4. Diskusjon og konklusjoner

### 4.1 Generell miljøtilstand

Observasjoner av flora og fauna ble foretatt i forbindelse med prøveinnsamlingen og på de steder det ble tatt sedimentprøver, men det ble ikke gjort noe forsøk på kvantitativ eller kvalitativ kartlegging av forekomst utover de observasjonene som ble gjort visuelt under selve sedimentprøvetakingen. Det ble med andre ord ikke gjort noen sikting av sediment for å se hva slags evertebrater som måtte befinne seg der.

Befaringen er ikke tilstrekkelige å beskrive den økologiske tilstanden i området, men hovedinntrykket er likevel at området i hovedsak ikke viser tegn på unormal påvirkning. Observasjonen av hydrogensulfid/olje noe nede i sedimentet på stasjon 5 ved munningen av Unneberg-/ Frombekken kan likevel tyde på en lokal antropogen påvirkning.

### 4.2 Miljøgifter i sedimentene

Generelt sett falt alle de fem sedimentstasjonene inn under de samme tilstandsklassene/deteksjongrensene for de ulike metallene (med unntak av Cd) og organiske forbindelsene. Det var relativt små forskjeller mellom stasjonene for de ulike parametrene slik at mulige kilder er vanskelig å lokalisere.

Lahellebukta er altså ubetydelig – lite forurenset (klasse I) av alle metaller på samtlige stasjoner bortsett fra Cd på stasjon 1. Området er moderat forurenset (klasse II) av både PAH og PCB, mens nivåene av DDT ikke kunne klassifiseres nærmere enn et sted i klasse I-III. Nivåene av benzotriazol var under deteksjongrensen på samtlige stasjoner og her var det ingen geografisk forskjell. Det var altså ikke høyere konsentrasjoner ved stasjon 4 (Figur 9) ved Røvebekken nedstrøms flyplassen enn for stasjon 1 ytterst i våtmarksområdet. Resultatene viser derfor at flyplassaktiviteten ikke tilfører påvisbare mengder benzotriazol til våtmarksområdet. Også oljeinnholdet i sedimentene lå under deteksjonsnivået og i nærheten av normale bakgrunnsnivåer.

Det ble observert en svak geografisk tendens mht metallene, men alle nivåene ligger innenfor klasse I og II. Alle de organiske miljøgiftene analysert lå under deteksjongrensene for analysen. Overflatesedimentene utgjør derfor ubetydelig risiko for miljøpåvirkning vurdert ut ifra resultatene i denne undersøkelsen, og det er ikke noe som tyder på en nåtidig tilførsel av de analyserte stoffene.



**Figur 9.** Stasjon 4 helt til venstre.



**Figur 10.** Stasjon 5 sett fra stasjon 3.

### **4.3 Videre anbefalinger**

Overflateprøvene av sediment tyder ikke på at våtmarksområdet er påvirket av aktive kilder til miljøgifter. Det er tatt prøver av de litt dypere sjikt av sedimentet på de tre innerste stasjonene over tidevannsflaten og analyse av disse vil indikere om området er belastet av historiske utslipp som nå er begravd av nye sedimenter. Forurensning i de dypere lag av sedimentet kan eventuelt påvirke planterøtter og gravende fauna. Dersom det er av interesse å få informasjon om dette bør de tre lagrede sedimentprøvene også analyseres.



## 5. Referanser

Bakke, T., Gray, J.S. & Reiersen, O. 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.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT Veiledning 97: 03. SFT. 36 s.

Schaanning, M., Ruus, A., Bakke, T., Hylland, K., Olsgard, F. (2002). Bioavailability of metals in weight materials for drilling muds. NIVA O-21337. Lnr. 4597-2002.

Skei, J., Olsgard, F., Ruus, A., Oug, E., Rygg, B. (2002). Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter: Med fokus på Kristiansandsfjorden. [Risk assessments related to contaminated sediments: With focus on Kristiansandsfjorden] SFT-rapport TA 1864-2002.

## Vedlegg. Analyseresultater

From: Analytica AB, Hoffsvæien 1, 0275 Oslo. Tlf. +47 2213 1800. Faks. +47 2252 5177. Email: oslo@analytica.se

To: NIVA \*

Ref: Torgeir Bakke

[torgeir.bakke@niva.no]

Program: ENVIPACJ

Ordernumber: N0503338 ( O-25371 TBK )

Report created: 2005-12-30 by therese

ELEMENT	SAMPLE	1 0-2	2 0-2	3 0-2	4 0-2	5 0-2
o,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDD	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
o,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDE	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
o,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
p,p'-DDT	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
aldrin	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
dieldrin	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
endrin	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
isodrin	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
telodrin	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
a-HCH	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
b-HCH	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
lindan (g-HCH)	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
heptaklor	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
cis-heptaklorepoxyd	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
trans-heptaklorepoxyd	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
endosulfan-alfa	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
diklormetan	mg/kg TS	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80	<0,80
1,2-dikloretan	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2-diklorpropan	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
trikloreten	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
triklormetan	mg/kg TS	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
tetraklormetan	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1,1,1-trikloreten	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1,1,2-trikloreten	mg/kg TS	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
tetrakloreten	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
vinylklorid	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

From: Analytica AB, Hoffsvveien 1, 0275 Oslo. Tlf. +47 2213 1800. Faks. +47 2252 5177. Email: oslo@analytica.se

To: NIVA \*

Ref: Torgeir Bakke

[torgeir.bakke@niva.no]

Program: ENVIPACJ

Ordernumber: N0503337 ( O-25371 TBK )

Report created: 2005-12-30 by therese

ELEMENT	SAMPLE	1 0-2	2 0-2	3 0-2	4 0-2	5 0-2
As	mg/kg TS	4	1,6	1,6	3,3	1,3
Ba	mg/kg TS	46	18	24	36	23
Cd	mg/kg TS	0,27	<0,20	<0,20	0,23	<0,20
Co	mg/kg TS	5,6	<2,0	2,1	5,4	2,1
Cr	mg/kg TS	25	9,1	8,1	19	8,9
Cu	mg/kg TS	18	4,5	3,2	10	3,3
Hg	mg/kg TS	0,099	0,039	0,039	0,065	0,03
Mo	mg/kg TS	2,4	<1,0	1,2	1,8	1,2
Ni	mg/kg TS	16	5,3	5	15	5,4
Pb	mg/kg TS	15	4,9	4,9	11	4,4
Sn	mg/kg TS	2,4	1,3	<1,0	1,3	<1,0
V	mg/kg TS	33	14	12	27	13
Zn	mg/kg TS	78	30	23	60	28
monoklorbenzen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Diklorbenzener	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2,3-triklorbenzen	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
1,2,4-triklorbenzen	mg/kg TS	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
1,3,5-triklorbenzen	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Sum triklorbenzener	mg/kgTS	ej det	ej det	ej det	ej det	ej det
1234-tetraklorbenzen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1235+1245tetrakl.bens.	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Sum tetrakl.benzener	mg/kgTS	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
pentaklorbenzen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
heksaklorbenzen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2-monoklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3-monoklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
4-monoklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3-diklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4+2,5-diklorfenol	mg/kgTS	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
2,6-diklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,4-diklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,5-diklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,4-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,5-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,3,6-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4,5-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2,4,6-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
3,4,5-triklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2356-tetraklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2345-tetraklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
2346-tetraklorfenol	mg/kgTS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
pentaklorfenol	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

From: Analytica AB, Hoffssveien 1, 0275 Oslo. Tlf. +47 2213 1800. Faks. +47 2252 5177. Email: oslo@analytica.se

To: NIVA \*

Ref: Torgeir Bakke

[torgeir.bakke@niva.no]

Program: ENVIPACJ

Ordernumber: N0503336 ( O-25371 TBK )

Report created: 2005-12-30 by therese

ELEMENT	SAMPLE	1 0-2	2 0-2	3 0-2	4 0-2	5 0-2
TS	%	56,2	74,8	77,5	38,1	78,7
Fraksjon >C5-C8	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10
Fraksjon >C8-C10	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10
Fraksjon >C10-C12	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10
Fraksjon >C12-C16	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10
Fraksjon >C16-C35	mg/kg TS	<10	<10	<10	<10	<10
Benzen	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Toluen	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Etylbenzen	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
m/p-Xylen	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
o-Xylen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Sum aromater	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Styren	mg/kg TS	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040
MTBE	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Naftalen	mg/kg TS	<0,095	<0,095	<0,095	<0,095	<0,095
acenaftylen	mg/kg TS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
acenaften	mg/kg TS	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
fluoren	mg/kg TS	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
fenantren	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
antracen	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
fluoranten	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
pyren	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
bens(a)antracen*	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
krysen*	mg/kg TS	<0,037	<0,037	<0,037	<0,037	<0,037
bens(b)fluoranten*	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
bens(k)fluoranten*	mg/kg TS	<0,0070	<0,0070	<0,0070	<0,0070	<0,0070
bens(a)pyren*	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
dibens(ah)antracen*	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
benso(ghi)perylen	mg/kg TS	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017	<0,017
indeno(123cd)pyren*	mg/kg TS	<0,034	<0,034	<0,034	<0,034	<0,034
Sum 16 EPA-PAH	mg/kg TS	<0,39	<0,39	<0,39	<0,39	<0,39
*Sum PAH Carcinogene	mg/kg TS	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070	<0,070
pcb 28	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 52	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 101	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 118	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 138	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 153	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
pcb 180	mg/kg TS	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
SumDutchSevenPCB	mg/kg TS	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025

Please note: This report is preliminary and does not contain all relevant information.

For the definitive and complete reporting of the results, reference is made to the corresponding written and signed report from Analytica.

