

Vurdering av utlekking av PAH og tungmetaller fra sjøbunnen utenfor kaiområder i Indre Ranfjorden



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Vurdering av utlekking av PAH og tungmetaller fra sjøbunnen utenfor kaiområder i Indre Ranfjorden	Løpenr. (for bestilling) 6672-2014	Dato 4.6.2014
	Prosjektnr. O-13284	Sider 98
Forfatter(e) Sigurd Øxnevad Oddvar Røyset Morten Thorne Schaanning	Fagområde Marin forurensning	Distribusjon
	Geografisk område Mo i Rana	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Nordland	Oppdragsreferanse Oddlaug Ellen Knutsen
---	--

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har undersøkt utlekking av PAH og tungmetaller fra sjøbunnen utenfor fire kaiområder i Indre Ranfjorden i Mo i Rana. Det ble også gjort en undersøkelse for å kvantifisere hvor mye tungmetaller og PAH som tas opp av sedimentlevende dyr. Resultatene fra utlekkingstesten indikerer at utlekkingen av PAH-forbindelser er mye lavere enn det som kommer fram ved beregning med regnearket til risikoveilederen. Det ble målt høyest utlekking av PAH-forbindelser fra sediment fra området utenfor Toraneskaia. Sedimentprøvene tatt utenfor terminalanlegget til Rana Gruber var minst forurenset av tungmetaller og PAH-forbindelser, og hadde også lavest utlekking av PAH-forbindelser. Undersøkelsen viste også at børstemark og nettsnegl eksponert for sediment fra området utenfor Toraneskaia hadde høyest optak av PAH-forbindelser. Det anbefales at PAH-kilder fra land reduseres før det eventuelt gjøres sedimentrettede tiltak.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mo i Rana 2. PAH 3. Utlekking 4. Bioakkumulering 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mo i Rana 2. PAH 3. Leaching 4. Bioaccumulation
---	--

Sigurd Øxnevad

Prosjektleder

Morten Thorne Schaanning

Forskningsleder

**Vurdering av utlekking av PAH og tungmetaller fra
sjøbunnen utenfor kaiområder i Indre Ranfjorden**

Forord

NIVA har på oppdrag for Fylkesmannen i Nordland undersøkt utlekking av PAH og metaller fra sjøbunnen utenfor fire kaiområder i Mo i Rana. Prøvetaking med bokscorer ble gjennomført av Sigurd Øxnevad og Per-Ivar Johannessen, med god hjelp fra Frode Johnsen og Harald Lorentzen fra Mo i Rana Havn KF. Prøvetakingen ble gjort 9. oktober 2013 fra taubåten Toranes. Utlekkingsforsøk og bioakkumulasjonsforsøk ble utført på NIVAs forskningsstasjon på Solbergstrand av Sigurd Øxnevad og Joachim Tørum Johansen. Kjemiske analyser av vannprøver, sedimentprøver og prøver av børstemark og nettsnegl ble utført av Eurofins. Kjemisk analyse av passive prøvetakere ble utført av NIVA.

Oslo, 4.6. 2014

Sigurd Øxnevad

Innhold

Sammendrag	6
Summary	7
1. Innledning	8
2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	9
3. Materiale og metoder	10
3.1 Innsamling av sediment med boxcorer	10
3.2 Utlekkingsforsøk	13
3.2.1 Vannprøver	14
3.2.2 Analyse av PAH i vann ved bruk av passive prøvetakere (LDPEer)	15
3.2.3 Analyse av metaller i porevann ved bruk av passive prøvetakere, DGT-prober	15
3.2.4 Sedimentprøver	17
3.3 Bioakkumuleringstest med <i>Hediste diversicolor</i> og <i>Hinia reticulata</i>	18
3.3.1 Bakgrunn	18
3.3.2 Organismene	18
3.3.3 Bioakkumulasjonstesten	19
3.4 Metode for risikovurdering	20
4. Resultater	21
4.1 Metaller i sedimentprøvene	21
4.2 PAH i sedimentprøvene	22
4.3 Utlekking av PAH fra sedimentet	24
4.4 Metallioner i porevannet i sedimentet	26
4.5 Opptak av metaller i børstemark og nettsnegl	28
4.6 Opptak av PAH i børstemark og nettsnegl	29
4.7 Risikovurdering av området utenfor Toraneskaia	33
4.7.1 Trinn 1	33
4.7.2 Trinn 2	33
4.8 Risikovurdering av området utenfor Rana Industriterminal	38
4.8.1 Trinn 1	38
4.8.2 Trinn 2	39
4.9 Risikovurdering av området utenfor Bulkterminalen	45
4.9.1 Trinn 1	45
4.9.2 Trinn 2	45
4.10 Risikovurdering av området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber	51
4.10.1 Trinn 1	51
4.10.2 Trinn 2	51

5. Diskusjon	57
6. Referanser	61
Vedlegg A. Analyserapporter	64
Vedlegg B. Passiv prøvetaking av metallioner i vann med DGT-teknologi	97

Sammendrag

NIVA har undersøkt utlekking av PAH og tungmetaller fra sjøbunnen utenfor fire kaiområder i Indre Ranfjorden i Mo i Rana. Sedimentene utenfor Rana Industriterminal, Toraneskaia og Bulkterminalen var forurenset av PAH-forbindelser og tungmetaller. Sedimentprøvene tatt utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber hadde kun lave konsentrasjoner av tungmetaller, og det var også lave konsentrasjoner av de fleste PAH-forbindelsene. Risikovurderingen viser at de undersøkte områdene har sedimenter med konsentrasjoner av miljøgifter som overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sediment.

I utlekkingsforsøket ble det målt høyest utlekking av PAH-forbindelser fra sediment fra området utenfor Toraneskaia. Sedimentprøvene tatt utenfor utskipningsanlegget til Rana Gruber var minst forurenset av tungmetaller og PAH-forbindelser, og hadde også lavest utlekking av PAH-forbindelser og lite metaller i porevannet. Måling med DGT-prober viste området utenfor Rana Industriterminal var det området som hadde høyest konsentrasjon av bly, kadmium og sink i porevann i sediment. Børstemark eksponert i det samme sedimentet hadde også svært høyt innhold av metaller, mens nettsnegl som lever nærmere sedimentoverflaten og er beskyttet mot porevannet av et skall som dekker det meste av bløtdelene ikke viste tilsvarende forhøyet nivå.

Det ble gjort en undersøkelse for å kvantifisere hvor mye tungmetaller og PAH som tas opp av sedimentlevende dyr. Undersøkelsen viste at PAH og tungmetaller blir tatt opp i sedimentlevende dyr i Indre Ranfjorden. Børstemark og nettsnegl som var eksponert for sediment fra området utenfor Toraneskaia hadde høyest opptak av PAH-forbindelser. Resultatene fra utlekkingstesten indikerer at utlekkingen av PAH-forbindelser er på et mye lavere nivå enn det som kommer fram ved beregning med regnearket til risikoveilederen.

Det slippes årlig ut betydelige mengder PAH fra industrien i Mo i Rana. I 2012 var rapportert utslipp av PAH til vann fra landbasert industri i Rana på 98,3 kg, og rapportert utslipp av PAH til luft var på 718,8 kg. Beregnet total utlekking av PAH fra sediment fra de fire undersøkte områdene er på ca 51 kg pr år, og dette er et konservativt estimat. Det anbefales at PAH-kilder fra land reduseres før det eventuelt gjøres sedimentrettede tiltak.

Summary

Title: Assessment of leakage of PAH and heavy metals from contaminated sediments in the Inner Ranfjord

Year: 2014

Authors: Sigurd Øxnevad, Oddvar Røyset, Morten Thorne Schaanning

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6407-4

NIVA has investigated leaking of PAHs and heavy metals from the seabed outside the quay areas in the Inner Ranfjord. The sediments outside Rana Industriterminal, Toraneskaia and Bulkterminalen were highly contaminated with PAHs and heavy metals. The sediment samples taken outside the terminal of Rana Gruber had only low concentrations of heavy metals and most of the PAHs were also low. The risk assessment shows that the areas have sediments with concentrations of contaminants that have ecological effects on organisms in sediments.

A test was also done to quantify the uptake of heavy metals and PAHs in sediment living organisms. Highest flux of PAHs was measured from sediment from outside Toraneskaia. The sediments taken outside Rana Gruber had the lowest concentrations of contaminants, and also had the lowest fluxes of PAHs. Measurements with DGT probes showed that sediment from outside Rana Industriterminal had highest concentrations of lead, zinc and cadmium in the pore water. The bioaccumulation test showed that PAHs and heavy metals accumulate in sediment living organisms in the Inner Ranfjord. Polychaetes and snails exposed to sediment from outside Toraneskaia had highest uptake of PAHs.

The results from the leakage study indicate that the leakage of PAHs is much lower than estimated from the risk assessment tool.

1. Innledning

Den indre delen av Ranfjorden har i flere tiår blitt påvirket av utslipp fra industrivirksomheten i Mo i Rana. Ranfjorden har særlig blitt forurenset av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og tungmetaller. Fjorden har vært overvåket gjennom Statlig program for forurensningsovervåking siden midten av 1970 årene. NIVA har utført en rekke miljøundersøkelser i Ranfjorden (Kirkerud m.fl. 1977, Kirkerud m.fl. 1985, Helland m.fl. 1995, Johnsen m.fl. 2004, Walday m.fl. 2004, Helland & Uriansrud 2006, Saloranta 2006, Golmen & Norli 2013). Miljøtilstanden i Ranfjorden er mye bedre i dag enn den var på 70-tallet. Dette er en følge av omlegging av Jernverket, nedleggelse av Koksverket og en rekke utslippsreducerende tiltak fra den lokale industrien. Mattilsynet har på grunn av miljøgifter i blåskjell innført kostholdsråd med advarsler mot å spise skjell fanget i indre del av Ranfjorden innenfor en linje som strekker seg fra Alterneset til Bjørnebærvika. Grunnlaget for kostholdsrådene er risikovurderinger utført av vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM).

Høsten 2012 ble det gjennomført prøvetaking av sedimenter og blåskjell for kartlegging av forurensningsnivået i den indre delen av Ranfjorden. Det ble også gjort en risikovurdering av forurenset sediment utenfor kaiområdene (Øxnevad & Bakke 2013).

Formålet med denne undersøkelsen har vært å få et bedre mål på hvor mye PAH som lekker ut av sedimentene i den indre delen av Ranfjorden. Det skulle også testes om tungmetaller og PAH tas opp i bunnlevende dyr.

2. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH er naturlige, allestedsnærværende stoffer i det marine miljø. De representerer en stor gruppe forskjellige forbindelser som spenner fra 2-ring naftalener til komplekse ring-strukturer som inneholder opp til 10 aromatiske ringer. De ulike stoffene har forskjellige egenskaper og virker gjennom ulike mekanismer for interaksjoner med og effekter på biologiske systemer (Hylland 2006).

I sedimenter skjer langsom nedbrytning av PAH hovedsakelig mikrobielt. Selv om PAH-forbindelser finnes naturlig, så har menneskelig aktivitet mange steder i stor grad økt nivåene av disse stoffene i miljøet. Praktisk talt alle forbrenningsprosesser genererer PAH.

Enkelte av PAH-forbindelsene er særlig viktige miljømessig, siden de er (eller kan bli) karsinogene eller mutagene. The US Environmental Protection Agency har identifisert 16 PAH-forbindelser som særlig viktige på grunn av deres toksisitet overfor pattedyr og akvatiske organismer (EPA 1987). Disse forbindelsene har to til seks sammensatte ringer og molekylvekter fra 128 til 278 g/mol. De rangerer fra moderat til høy fettløselighet. Høy fettløselighet betyr også høy partikkelaffinitet. Dette er faktorer som er av betydning for biotilgjengeligheten (f.eks. Mackay & Fraser 2000). Egenskaper ved PAH-forbindelsene (fettløselighet/vannløselighet, opprinnelse) og sammensetningen av ulike sedimenter (bl.a. partikkelstørrelse og innhold av organisk karbon, sotkarbon, kerogen etc.) er avgjørende for biotilgjengeligheten av disse stoffene. Det er flere aspekter ved fordelingen av PAH mellom ulike faser som en bør ta hensyn til for å kunne gjøre presise vurderinger av biotilgjengelighet (og dermed miljøfarlighet) av sedimentet. Det kan derfor synes vanskelig å utvikle generiske modeller for å estimere biotilgjengelighet av PAH i et gitt sediment (disse blir nødvendigvis konservative for å dekke alle sedimentforhold). Stedsspesifikke observasjoner gir den mest nøyaktige informasjonen om biotilgjengelighet av PAH i sedimenter.

Selv om organismer på spesifikke trinn i næringskjeden blir eksponert for og eventuelt akkumulerer PAH, blir ikke nødvendigvis forbindelsene overført til høyere trinn i næringskjeden. Dette skyldes at flere organismer har stor evne til å bryte ned og skille ut PAH-forbindelser. Transport av PAH fra sedimentet vil kunne eksponere organismer som ellers ikke er i direkte kontakt med sedimentet. Både løst og partikkelbundet PAH kan transporteres fra sedimentet. PAH kan finnes løst i porevann (vannet innimellom sedimentpartiklene) og det skjer en utveksling (partisjon) mellom PAH bundet til partiklene og PAH som er løst. PAH-fraksjonen som foreligger løst kan transporteres ut av sedimentet via ulike prosesser: diffusjon, adveksjon og som følge av biologisk aktivitet (bioturbasjon). PAH assosiert med sedimentpartikler kan transporteres ved at partiklene virvles opp i vannmassene som følge av bioturbasjon eller bevegelser i bunnvannet. Små partikler bidrar mest til transport av partikkelbundne miljøgifter og leire er den partikkelfraksjonen som holder seg lengst suspendert i vannsøylen etter oppvirvling. Forstyrrelse av sedimenter som følge av skipsanløp er en viktig transportmekanisme i flere grunne områder med forurenset sediment.

Benzo[a]pyren (BaP) er en av de best undersøkte og mest potente kreftfremkallende PAH-forbindelsene. BaP var inntil nylig regnet som en god indikator for alle kreftfremkallende PAH som kan forekomme i ulike næringsmidler. Mattilsynet har gitt kostholdsrad for konsum av skjell i områder med 5 ng BaP/g skjellmat eller mer. I EU har grenseverdien for omsetning av skjell til konsum vært 10 ng BaP/g skjellmat. Det europeiske mattrygghetsorganet (EFSA) konkluderte i 2008 med at summen av fire PAH-forbindelser (PAH4: benzo[a]antracen, benzo[a]pyren, benzo[b]fluoranten og krysen) gir et bedre uttrykk for kreftfremkallende PAH-forbindelser enn BaP alene. Gjennomgang av analysedata for blåskjell høstet fra ulike steder langs norskekysten viser at foreslått grenseverdi for PAH4 (30 ng/g skjellmat) gir noe mer beskyttelse for befolkningen enn den nasjonale tiltaksgrensen for kostholdsrad (5 ng BaP/g skjellmat) som er sammenfallende med EUs foreslåtte grenseverdi for BaP (5 ng BaP/g skjellmat), og klart mer beskyttende enn EUs gjeldende grenseverdi for BaP (10 ng BaP/g skjellmat) (VKM 10-506).

3. Materiale og metoder

3.1 Innsamling av sediment med boxcorer

Sedimentprøvene ble tatt med en 0,1 m² KC-Denmark™ box-corer (bilde 1). Box-coreren hadde gjennomsiktige bokser av polykarbonat på innsiden av stålboksen. Når box-coreren ble satt på dekk ble en stålplate skjøvet inn i bunnen på boksen for å danne bunn i box-corer prøven. Boksen med en ca 30 cm dyp uforstyrret sedimentprøve ble så tatt ut av stålboksen og satt på dekk. Vannet på toppen av sedimentet ble sugd ut med en hevertslange for å redusere erosjon av sedimentoverflaten i løpet av den videre håndteringen og transporten. Det ble satt et lokk på boksene, og de ble deretter plassert på biltilhenger og transportert til NIVAs forskningsstasjon på Solbergstrand i løpet av neste dag (10.10.2013).



Bilde 1. Prøvetaking med box-corer (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

Det ble tatt prøver av sjøbunnen utenfor fire kaiområder i Mo i Rana. Prøvene ble tatt utenfor Toraneskaia (Figur 1), utenfor Rana Industriterminal (Figur 2), utenfor Bulkterminalen og fra området utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber (Figur 3). Prøvene ble samlet inn 9.10.2013.

Rana Industriterminal



Figur 1. Kart som viser hvor det ble tatt prøver med boxcorer utenfor Rana Industriterminal. Det ble tatt tre sedimentprøver (RIT1 – RIT3).

Toraneskaia



Figur 2. Kart som viser prøvetakingspunktene ved Toraneskaia. Det ble tatt tre sedimentprøver (T1-T3) med bokscorer.

Bulketerminalen og Rana Gruber



Figur 3. Kart som viser prøvetakingspunktene utenfor Bulkterminalen og utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber. Det ble tatt tre sedimentprøver utenfor Bulkterminalen med boxcorer, og det ble laget to blandprøver fra seks prøvetakingspunkter utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber.

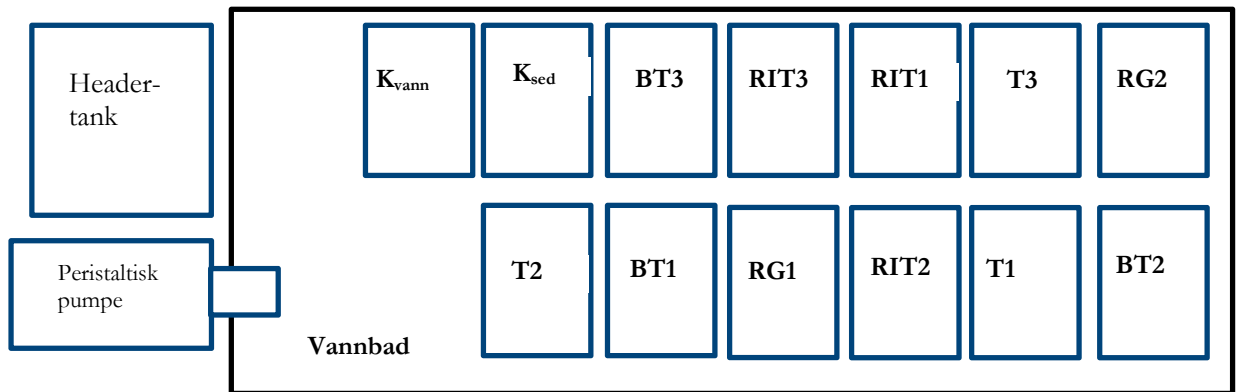
På grunn av hardt sediment med innslag av små og store steiner i prøvetakingsområdene var det mange steder ikke lett å få gode prøver med bokscoreren. En beskrivelse av sedimentet og posisjoner for prøvetakingen er gitt i Tabell 1. Sedimentet utenfor området til Rana Gruber var spesielt hardt og kompakt. Dette resulterte i relativt grunne prøver i boksen. Også utenfor Bulkterminalen, Toraneskaia og Rana Industriterminal var det områder med hardt sediment, men der ble det oppnådd å få gode prøver. Store deler av sedimentene utenfor Toraneskaia bestod av grus og stein, med lite bløt bunn. Området utenfor den indre del av Toraneskaia bestod av bløtt, gråsvart sediment med lukt av tjære.

Tabell 1. Posisjoner for prøvetakingsstasjonene i Indre Ranfjorden.

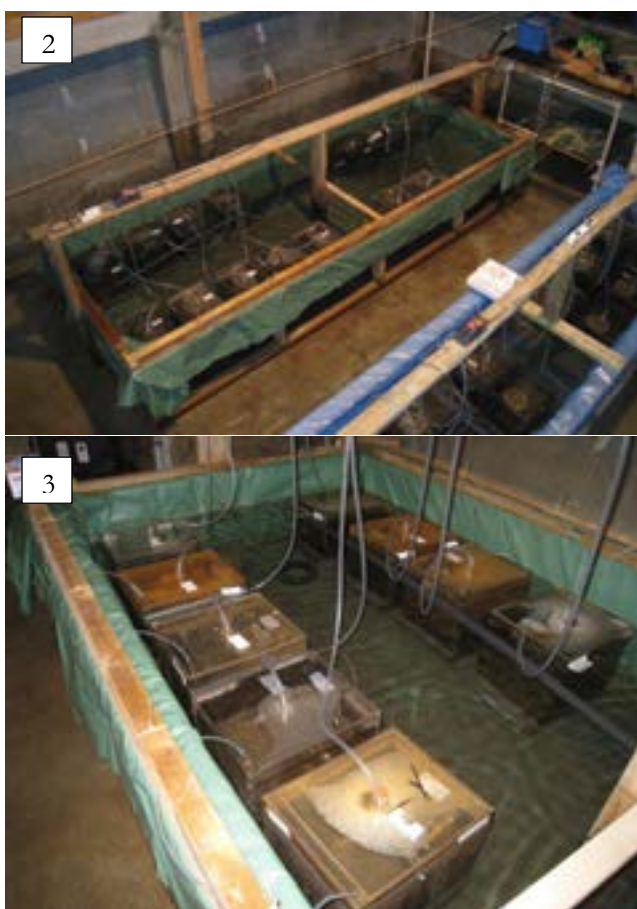
Sedimentprøve	WGS84		Beskrivelse
	Nord	Øst	
RIT1	66° 18.457'	14° 07.010'	Leire med noe sand, hardt sediment, mye stein
RIT2	66° 18.439'	14° 06.908'	Børstemark, erimitkreps, slangestjerner
RIT3	66° 18.340'	14° 06.567'	Skjell, påfuglmark
T1	66° 19.050'	14° 07.760'	Mykt, finkornet sediment, gråsvart farge, tjærelukt
T2	66° 19.050'	14° 07.680'	Børstemark, slangestjerner
T2	66° 19.060'	14° 07.730'	
BT1	66° 19.479'	14° 08.170'	Hardt, finkornet sediment, grått og fiolett i farge
BT2	66° 19.493'	14° 08.180'	Børstemark, slangestjerner, sjøstjerne, sjøkjeks
BT3	66° 19.449'	14° 08.175'	
Prøve til RG1	66° 19.745'	14° 08.580'	Finkornet, meget kompakt sediment, fiolett farge
Prøve til RG1	66° 19.723'	14° 08.568'	Børstemark
Prøve til RG1	66° 19.707'	14° 08.582'	
Prøve til RG2	66° 19.675'	14° 08.534'	
Prøve til RG2	66° 19.691'	14° 08.487'	
Prøve til RG2	66° 19.657'	14° 08.489'	

3.2 Utlekkingsforsøk

På Solbergstrand ble sedimentboksene plassert i et stort vannbad. Hver boks ble forsynt med gjennomstrømmende vann fra 60 m dyp i Oslofjorden via en Watson-Marlow multikanal peristaltisk pumpe. Dette vannet hadde saltholdighet på 34 PSU og temperatur ca 9 °C. Vannet over sedimentet i boksene ble tilført oksygen ved luftbobling fra akvariepumper. Dette ga et høyt O₂ innhold (nær metning) i vannet, og skulle sikre tilstrekkelig omrøring til å hindre oppbygging av konsentrasjonsgradienter i vannet over sedimentene. I oppsettet ble det brukt tre bokser med sediment fra Toraneskaia (T1, T2 og T3), tre bokser fra området utenfor Rana Industriterminal (RIT1, RIT2 og RIT3) og tre bokser fra området utenfor Bulkterminalen (BT1, BT2 og BT3). Det ble også brukt to bokser med blandprøver av sediment fra flere stasjoner utenfor utskipningsanlegget til Rana Gruber (RG1 og RG2). Sedimentet der var så hardt at det ikke var mulig å få gode prøver med bokscoreren. I tillegg ble det brukt en boks med et referansesediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden, og det ble også brukt en boks uten sediment (som hadde samme tilførsel av vann). En skjematisk tegning av oppsettet er vist i figur 4, og et bilde av oppsettet er vist i bilde 2.



Figur 4. Tegning av forsøksoppsettet installert på Solbergstrand. Boksene T1, T2 og T3 hadde sediment fra området utenfor Toraneskaia. Boksene RIT1, RIT2 og RIT3 hadde sediment fra området utenfor Rana Industriterminal. Boksene BT1, BT2 og BT3 hadde sediment fra området utenfor Bulkterminalen. Boksene RG1 og RG2 hadde sediment fra området utenfor utskipningsanlegget til Rana Gruber. En boks (K_{sed}) inneholdt kontrollsediment, og en boks (K_{vann}) inneholdt bare vann.



Bilde 2 og 3. Forsøksoppsettet med sedimentprøver tatt utenfor fire kaiområder i Mo i Rana (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

Boksene ble stående med jevn vanngjennomstrømning i nesten fire uker for å komme i likevekt før utlekkingsforsøket ble startet ved at passive prøvetakere ble plassert ut i vannfasen i boksene 4.11.2013. Vanngjennomstrømning på ca 0,9 ml pr min ble oppnådd ved hjelp av en peristaltisk pumpe som pumpet vann fra headertanken til hver boks. Gjennomstrømningen ble kontrollmålt i hver enkelt boks ved å veie inn vann samlet inn i en periode på ca 30 min. Det ble gjort målinger av vanngjennomstrømning 20.11.2013, 11.12.2013 og 29.1.2014 (Tabell 2).

Tabell 2. Gjennomsnittshastighet (ml min⁻¹) i boksene.

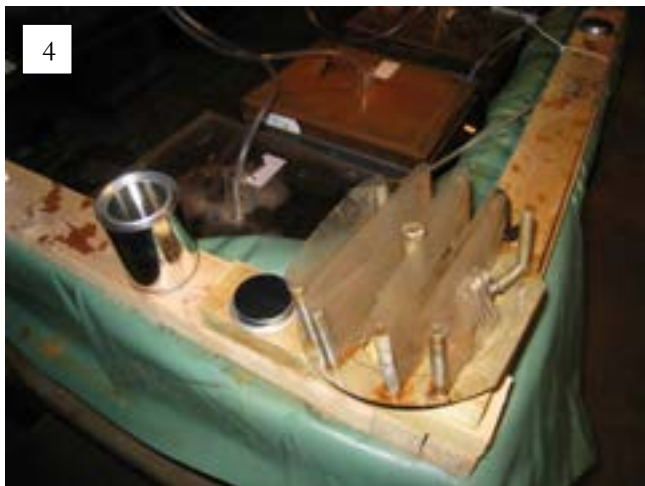
	20. nov.	11. des.	29. jan
Minimum	0,80	0,80	0,80
Middel	0,89	0,87	0,87
Maksimum	0,90	0,90	1,20
Standard avvik	0,035	0,034	0,103

3.2.1 Vannprøver

Det ble tatt ut vannprøver fra headertanken og av vannet i hver boks. Prøvene ble tatt med en hevertslange. Vannprøvene ble analysert for bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn) og kadmium (Cd). Vannprøvene ble analysert av Eurofins.

3.2.2 Analyse av PAH i vann ved bruk av passive prøvetakere (LDPEer)

Passive prøvetakere var av typen LDPE (low density polyetylene), med areal 5 x 96 cm, ble montert på «spider holdere» som ble festet i lokket på boksen. LDPEer fanger opp den fritt løste fraksjonen av lipofile forbindelser i vann. Prøvetakerne ble eksponert i 87 dager, og ble tatt ut 30.1.2014 (bilde 4).



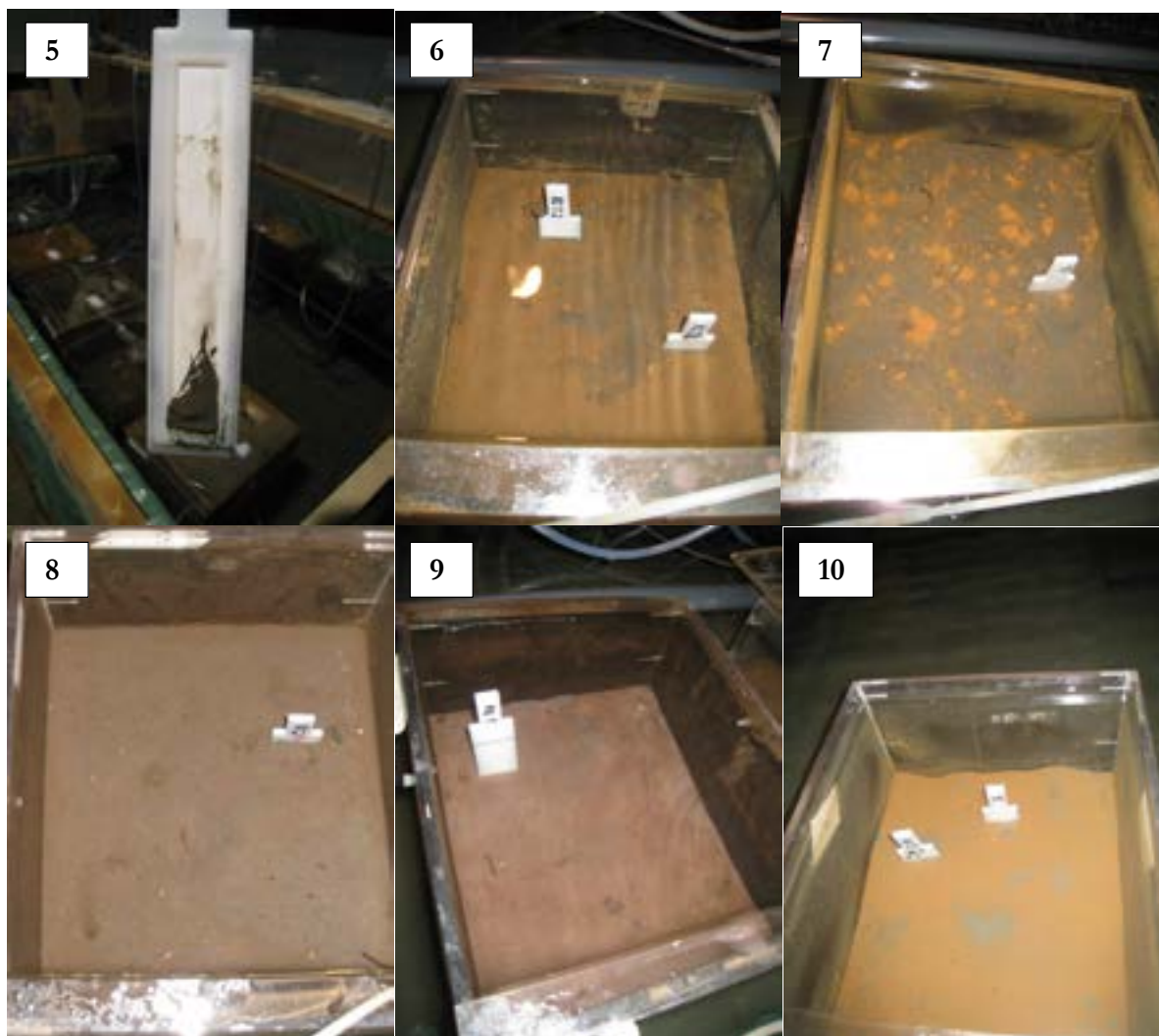
Bilde 4. Passiv prøvetaker, LDPE (low density polyetylene) brukt for å kvantifisere utlekking av PAH fra sedimentet (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

En LDPE ble eksponert i luft ved start og avslutning av forsøket, for å dokumentere eventuell PAH-kontaminering fra luften i hallen hvor forsøket foregikk. LDPEene ble holdt frosne før og etter eksponering. De passive prøvetakerne ble analysert for PAH av NIVAs laboratorium i Oslo. På laboratoriet ble LDPEene ekstrahert ved dialyse med heksan i henhold til standardprotokoller etablert på NIVA. Prøvene ble renset og analysert med en kombinasjon av GS/MS og GC/ECD for polysykliske aromatiske hydrokarboner. PAH ble identifisert med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering ble utført ved hjelp av de tilsatte indre standarder.

3.2.3 Analyse av metaller i porevann ved bruk av passive prøvetakere, DGT-prober

Passive prøvetakere av typen DGT -prober (Diffusive Gradients in Thin films, bilde 5) ble eksponert i sedimentene i en boks fra hvert område. Boksene som ble utvalgt til dette var boks RIT2 (Rana Industriterminal), T1 (Toraneskaia), BT1 (Bulkterminalen), RG1 (Rana Gruber) og K (kontrollsediment). DGT-probene ble eksponert i 24 timer fra 4. til 5. februar. Det ble benyttet to prober i boks RIT2, to prober i boks K og én probe i boks T1 og boks RG1 (bilde 6 til 10). Probene ble skjøvet ned i sedimentet slik at bare de to øverste cm av membranen var over sedimentoverflaten.

Probene ble snittet i 10 mm dybdeintervaller for ekstraksjon og analyse av metaller.



Bilde 5 til 10. Passiv prøvetaking av metaller ved bruk av DGT-prober. DGT-probe fotografert rett etter at den ble tatt opp av sedimentet, før sedimentrestene ble skyllet av (bilde 5). DGT-prober i sedimentprøve RIT2 (bilde 6), DGT-probe i sedimentprøve T1 (bilde 7). DGT-probe i sedimentprøve BT1 (bilde 8). DGT-probe i boks RG1 (bilde 9). DGT-prober i boks K (bilde 10 (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

3.2.4 Sedimentprøver

Sedimentprøver ble tatt 5.2.2014 med en liten kjerneprøvetaker. Det ble tatt ut snitt på 0-2 cm, 2-5 cm og 5-10 cm fra boksen med kontrollsediment, fra boks BT1, boksRIT2, boks T1 og boks RG1. Fra de andre boksene ble det tatt ut blandprøver av de øvre 10 cm av sedimentet (0-10 cm).

Sedimentprøvene ble analysert av Eurofins for PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), metallene Pb, Cu, Zn, Cd, TOC (total organisk karbon) og tørrstoff. De fire metallene ble valgt fordi det var disse som ble påvist i høye konsentrasjoner i forrige undersøkelse fra Indre Ranfjorden (Øxnevad og Bakke 2013).

Miljødirektoratet har fastsatt kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensete forbindelser i sedimenter (Tabell 3). Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra bakgrunn (klasse I) til svært dårlig (klasse V). Klassifiseringen av sedimenter bygger på antatte nivåer for kroniske og akutte toksiske effekter på sedimentlevende organismer. Disse nivåene er enten beregnet fra tilgjengelig informasjon fra toksisitetstester i sedimenter, eller ved beregning av likevektsfordeling, hvor grenseverdiene for eksponering i vannfasen blir omregnet til en sedimentkonsentrasjon med hjelp av valgte litteraturverdier for fordelingskoeffisienten for det aktuelle stoffet mellom sediment og vann.

Tabell 3. Klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter. (fra TA-2229-2007, Bakke m.fl 2007) Konsentrasjonene er oppgitt i tørrvektbasis.

		I	II	III	IV	V
	Parameter	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15 - 0,63	0,63 - 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
PAH	Naftalen (µg/kg)	<2	2 - 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
	Acenaftylen (µg/kg)	<1,6	1,6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
	Acenaften (µg/kg)	<4,8	2,4 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
	Fluoren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
	Fenantren (µg/kg)	<6,8	6,8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
	Antracen (µg/kg)	<1,2	1,2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
	Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
	Pyren (µg/kg)	<5,2	5,2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
	Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3,6	3,6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
	Krysen (µg/kg)	<4,4	4,4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
	Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
	Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	>4800
	Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
	Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
	Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
	Benzo[ghi]perylen (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH16 (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000	

3.3 Bioakkumuleringstest med *Hediste diversicolor* og *Hinia reticulata*

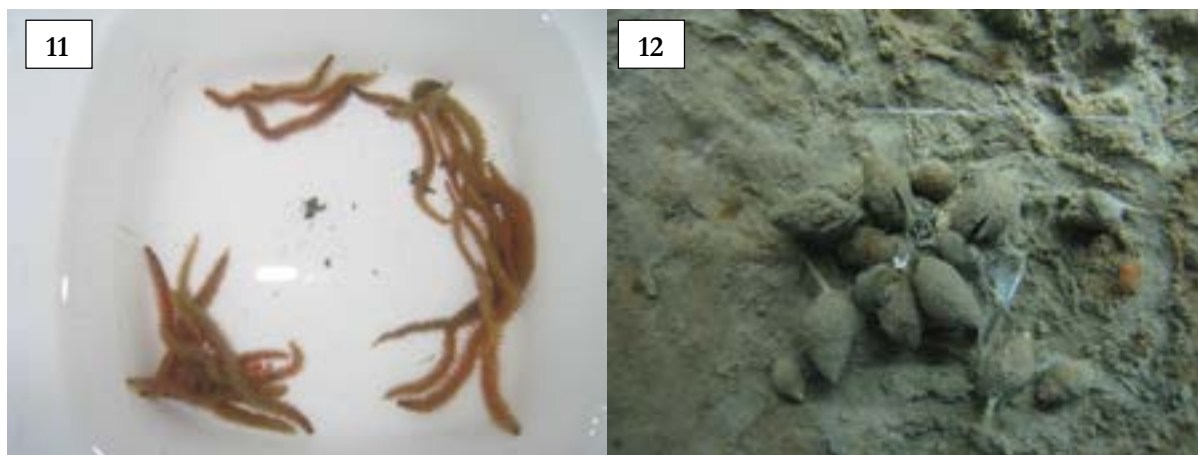
3.3.1 Bakgrunn

I akvatiske organismer er «bioakkumulering» den prosessen som fører til en økt konsentrasjon av et kjemikalie i organismen (i forhold til miljøet den lever i) gjennom ulike eksponeringsveier som opptak gjennom føde, transport over respiratoriske overflater og kroppsoverflaten generelt. Bioakkumulering er således en kombinasjon av opptak fra vann og opptak gjennom føde.

Kunnskap om miljøgifters akkumulering i bunnlevende organismer har både økologisk relevans og relevans for menneskers kosthold (gjennom betydningen av sedimentlevende organismer som byttedyr for fisk). Kunnskap om biotilgjengeligheten til miljøgifter kan vanskelig utledes fra kjemisk analyse av miljøgifter i sedimenter alene. Årsakene er blant annet at ulike fysiske-kjemiske egenskaper hos ulike miljøgifter (f. eks. fettløselighet og motstandsdyktighet mot biologisk nedbrytning), samt egenskaper ved sedimentet (f.eks. partikkelstørrelse og organisk innhold), vil påvirke biotilgjengelighet. Av de samme årsakene kan det også være vanskelig å ekstrapolere resultater fra studier av én miljøgift, over til andre miljøgifter. Det er derfor høyst relevant å evaluere biotilgjengelighet ved å måle opptak eller akkumulering av spesifikke miljøgifter i sedimentlevende organismer. Slike biotilgjengelighetstester for miljøgifter i sedimenter har vært arbeidet med i en rekke land, i de fleste tilfeller som verktøy i vurderinger av miljøfarligheten av mudret sediment. Den mest omfattende dokumentasjonen har blitt produsert av det amerikanske Environmental Protection Agency, EPA (Lee m.fl. 1991).

3.3.2 Organismene

Det ble benyttet to arter for testing av biotilgjengelighet; flerbørstemarken *Hediste diversicolor* og nettsnegl, *Hinia (Nassarius) reticulata* (se bilde 11 og 12).



Bilde 5. Børstemark (*Hediste diversicolor*) og bilde 6, nettsnegl (*Hinia reticulata*) (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

Begge artene er vanlige på grunt vann langs Norskekysten. Flerbørstemarken (*H. diversicolor*) er utbredt langs Europas kyster, fra Middelhavet til Helgelandskysten, samt vest i Østersjøen. Den finnes fortrinnsvis på grunt vann (i tidevannssonen) og kan der forekomme i svært høye tettheter. Nettsnegl finnes i fjæra og ned til ca. 15 m dyp. Den er utbredt fra Kanariøyene og Azorene i sør, til Lofoten i nord. Begge artene foretrekker sand- og mudderbunn og er tolerante overfor lave saltholdigheter. Børstemarken er omnivor (altetende) (Goerke 1971), mens nettsnegl er åtseleter og rovdyr, men kan også nyttiggjøre seg organisk materiale i sedimentet. Sedimentlevende evertebrater, slik som *Hediste* og *Hinia*, er den viktigste næringskilden for mange bunnlevende fisk og vil derfor kunne bidra til transport av enkelte miljøgifter oppover i næringskjeden (Ruus 2001).

3.3.3 Bioakkumulasjonstesten

Bioakkumulasjonstest ble utført med sediment tatt utenfor fire kaiområder: Rana Industriterminal, Toraneskaia, Bulkterminalen, utskipningsanlegget til Rana Gruber og et kontrollsediment. Før det ble tilsatt dyr ble prøver av kontrollsediment (fra Jeløya utenfor Moss) og sedimenter fra Mo i Rana tatt ut til kjemisk analyse. Deretter ble organismene tilsatt (24 børstemark og 20 nettsnegl i hver boks). Eksponeringstiden var på 28 døgn, som er anbefalt av Lee m.fl. (1991). Da ble dyrene silt ut og børstemarkene ble oppbevart i akvarium med vann (fra 60 m dyp) i 8-12 timer for å tømme eventuelle rester av sediment i tarmen. Sneglene ble tatt ut av skallet ved hjelp av en nøtteknekker (bilde 13).



Bilde 7. Etter fire uker ble bioakkumulasjonstesten avsluttet. Skallet på nettsneglene ble knust ved hjelp av en nøtteknekker, og bløtdelene ble lagt i prøveglass (foto: Sigurd Øxnevad, NIVA).

Deretter ble alle dyrene fordelt på prøveglass og frosset. Prøvene ble oppbevart nedfrost (på ca. -25°C) for analyse. De kjemiske analysene ble utført av Eurofins.

3.4 Metode for risikovurdering

Risikovurderingen er utført i henhold til Miljødirektoratets veileder for risikovurdering av forurenset sediment (Bakke m.fl. 2012). Vurderingen er gjennomført separat for hvert av delområdene på basis av analyseresultatene for sedimenter, skipstrafikkmønster (hyppighet, båttyper, traséer), og beregnede arealer påvirket av skipstrafikk. Miljødirektoratets veileder for risikovurdering legger opp til en vurdering i tre trinn med økende kompleksitet og tilknytning til lokale forhold.

Trinn 1 er en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og toksisitet av sedimentet sammenlignes med grenseverdier for økologiske effekter ved kontakt med sedimentet. Trinn 1 omhandler kun risiko for økologiske effekter, ikke risiko for human helse. Grenseverdier er utarbeidet for 45 enkeltstoffer og stoffgrupper. Verdiene samsvarer med grense mellom Klasse II og III i Miljødirektoratets reviderte system for miljøkvalitetsklassifisering av marine sedimenter (TA 2229/2007). Dersom grenseverdiene overskrides gjennomføres Trinn 2.

Trinn 2 er mer omfattende og har som mål å fastslå om risikoen for skade på miljø eller helse forbundet med sedimentene der de ligger er akseptabel, eller om man må vurdere tiltak. Trinn 2 omfatter tre sider av risikobildet:

- **Risiko for spredning** vurderes ut fra beregnet miljøgifttransport fra sediment til vannmassene via biodiffusjon og bioturbasjon, oppvirling som følge av skipstrafikk og opptak i organismer og spredning gjennom næringskjeden.
- **Risiko for skade på human helse** vurderes ut fra aktuelle transportveier til mennesker etter hvordan et sedimentområde brukes: havnevirksomhet, rekreasjon, fangst av sjømat, osv. Den viktigste eksponeringsveien er via konsum av fisk og skalldyr, men inntak av og kontakt med sediment og vann er også tatt med.
- **Risiko for effekter på økosystemet** vurderes ut fra beregnede konsentrasjoner av miljøgifter, som organismer i vann og sediment eksponeres for, sammenliknet med relevante grenseverdier for effekter.

I vurderingen av samlet risiko i Trinn 2 er det rom for å prioritere mellom disse tre sidene av risikobildet på basis av hvilke typer arealbruk som er aktuelle. Det er utarbeidet et EXCEL regneark for beregningene som kreves i Trinn 1 og 2, og som også gjør sammenlikningene med de fastsatte grenseverdier for akseptabel risiko. Dette er anvendt på hvert av delområdene.

Trinn 3. Hvis Trinn 2 viser at risikoen fra sedimentene er uakseptabel kan man velge å gjøre en tiltaksvurdering direkte, eller å øke sikkerheten av resultatene i Trinn 2 ved å gjennomføre et Trinn 3 som i stor grad går ut på å kontrollere/erstatte de foreslåtte sjablongverdiene i Trinn 2 med stedsspesifikke verdier. Deretter gjentas beregningene i Trinn 2. Friheten til skreddersøm av Trinn 3 er stor.

I denne undersøkelsen utgjør utlekkingsforsøket og bioakkumulasjonstesten ekstra lokal informasjon for Trinn 3.

4. Resultater

4.1 Metaller i sedimentprøvene

Sedimentprøvene tatt utenfor Toraneskaia var forurenset av kobber slik at tilstanden var dårlig (klasse IV) og svært dårlig (klasse V). Sedimentprøvene tatt utenfor Rana Industriterminal var forurenset av kadmium, kobber, bly og sink (Tabell 4). Sedimentprøven fra stasjon RIT2 hadde høyest nivå av forurensning i de øverste to cm av sedimentet. I dette øverste laget var sedimentet i tilstand dårlig (klasse IV) for kadmium, og svært dårlig (klasse V) for kobber, bly og sink. Sedimentprøvene tatt utenfor Bulkterminalen var forurenset av kobber, slik at tilstanden var dårlig (klasse IV). Sedimentprøvene var imidlertid ikke forurenset av kadmium, bly eller sink. Sedimentprøvene tatt utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber hadde bare lave konsentrasjoner av tungmetaller.

Tabell 4. Konsentrasjon av metaller i sedimentprøver brukt i utlekkingsstest og bioakkumulasjonstest. Sedimentprøvene var tatt utenfor fire kaiområder i Mo i Rana. Kontrollsedimentet var tatt ved Jeløya i Oslofjorden.

boks		snitt/blandprøve	Cd	Cu	Pb	Zn	TOC
			mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	% TS
Kontroll	Sediment fra Jeløya	0-2 cm	0,024	5,7	6,8	34	
Kontroll		2-5 cm	0,025	5,4	6,1	32	
Kontroll		5-10 cm	0,033	6,0	6,4	34	
Kontroll		0-10 cm blandprøve					0,5
BT1	Bulkterminalen	0-2 cm	0,12	80	17	96	
BT1		2-5 cm	0,11	70	16	88	
BT1		5-10 cm	0,14	78	19	98	
BT1		0-10 cm blandprøve					2,4
BT2		0-10 cm blandprøve	0,11	72	17	87	2,7
BT3		0-10 cm blandprøve	0,11	75	17	92	2,7
RIT1	Rana Industriterminal	0-10 cm blandprøve	0,29	62	71	380	2,4
RIT2		0-2 cm	38	470	6100	79000	
RIT2		2-5 cm	5,4	74	260	1400	
RIT2		5-10 cm	0,66	51	68	310	
RIT2		0-10 cm blandprøve					1,8
RIT3		0-10 cm blandprøve	0,36	53	64	300	2,5
T1	Toraneskaia	0-2 cm	0,16	180	34	200	
T1		2-5 cm	0,26	170	46	180	
T1		5-10 cm	0,19	45	30	130	
T1		0-10 cm blandprøve					1,8
T2		0-10 cm blandprøve	0,58	120	58	320	4,2
T3		0-10 cm blandprøve	0,25	400	43	190	5,8
RG1	Rana Gruber	0-2 cm	0,076	49	10	70	
RG1		2-5 cm	0,063	38	8,4	55	
RG1		5-10 cm	0,054	34	7,7	50	
RG1		0-10 cm blandprøve					1,3
RG2		0-10 cm blandprøve	0,037	25	5,4	42	0,8

4.2 PAH i sedimentprøvene

Sedimentprøvene tatt utenfor Bulkterminalen, Rana Industriterminal og Toraneskaia hadde høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser (Tabell 5). Fra disse områdene var summen av de analyserte PAH-forbindelsene (sum PAH16) i tilstand dårlig (klasse IV) og svært dårlig (klasse V). Høyeste verdi for sum PAH16 var på 43485 µg/kg tørrvekt fra stasjon T2 utenfor Toraneskaia. Sedimentet tatt utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber var bare i liten grad forurenset av PAH-forbindelser.

Sedimentprøvene tatt utenfor Rana Industriterminal, Toraneskaia og Bulkterminalen hadde høye konsentrasjoner av de fire PAH-forbindelsene som utgjør PAH4: benzo[a]antracen, benzo[a]pyren, benzo[b]fluroanten og krysen. Sedimentprøvene tatt utenfor Toraneskaia hadde de høyeste konsentrasjonene av PAH-forbindelsene som utgjør PAH4.

Tabell 5. Konsentrasjon av PAH-forbindelser sedimentprøvene som ble brukt i utlekkingsforsøk og bioakkumulasjonsforsøk. Sedimentprøvene var tatt utenfor fire kaiområder i Mo i Rana. Kontrollsedimentet var tatt ved Jeløya i Oslofjorden.

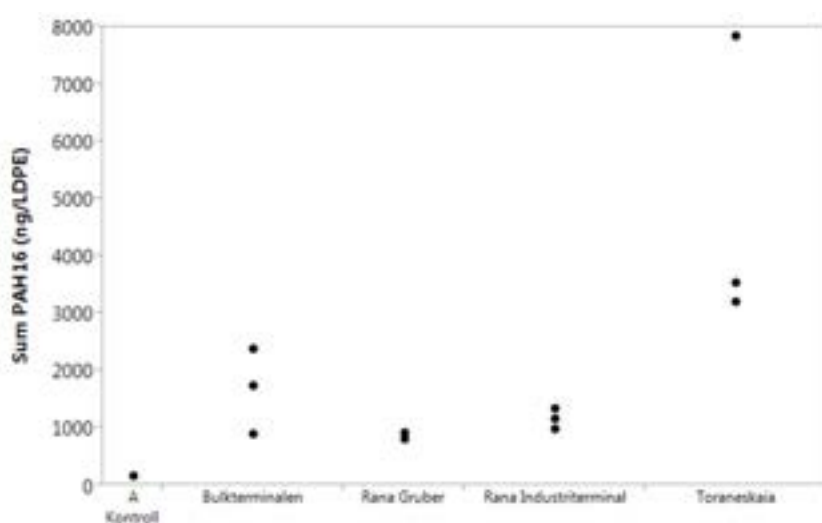
boks	snitt	Tørrestoff	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	PA	ANT	FLU	PYR	BAA	KRTR	BBF	BKF	BAP	ICDP	DBA3A	BGHIP	Sum PAH16	
		%	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
Kontroll	0-2 cm	72	<10	<10	<10	<10	<10	<10	15	11	11	15	12	<10	<10	<10	<10	<10	<10	174
Kontroll	2-5 cm	72	<10	<10	<10	<10	15	<10	56	44	50	55	38	33	29	11	<10	11	402	
Kontroll	5-10 cm	74	<10	<10	<10	<10	17	<10	32	24	23	28	18	16	14	<10	<10	<10	252	
BT1	0-2 cm	58	160	45	110	160	620	250	950	700	740	870	730	470	590	310	99	320	7124	
BT1	2-5 cm	67	170	44	110	170	700	260	1100	790	880	1000	870	590	710	360	130	400	8284	
BT1	5-10 cm	70	330	50	120	190	750	270	1100	820	1100	1200	870	610	720	310	130	370	9040	
BT2	0-10 cm	66	210	53	120	180	720	280	1100	850	1100	1200	830	600	680	340	110	370	8743	
BT3	0-10 cm	69	390	110	230	400	1500	830	2100	2200	1800	2100	1200	780	1100	450	170	450	15810	
RIT1	0-10 cm	61	111	14	170	180	1100	300	1300	980	840	910	690	420	540	320	91	390	8355	
RIT2	0-2 cm	58	250	<10	390	390	2500	590	2300	1600	1300	1400	950	690	780	460	130	550	14290	
RIT2	2-5 cm	965	100	<10	120	120	720	200	870	650	700	800	680	490	560	370	110	490	6990	
RIT2	5-10 cm	71	65	14	88	81	580	180	890	780	580	720	710	480	550	440	140	540	6838	
RIT3	0-10 cm	62	780	12	740	800	3900	1200	3300	2500	1600	1600	1000	830	970	490	150	550	20422	
T1	0-2 cm	56	160	15	160	180	1000	340	1400	1100	1400	1700	1700	930	1200	650	220	850	13005	
T1	2-5 cm	66	94	13	250	200	590	230	970	670	1400	1400	1600	860	1200	660	210	860	11207	
T1	5-10 cm	69	81	19	32	74	560	290	1000	1500	2800	2200	3300	1800	2400	1300	430	1800	19586	
T2	0-10 cm	67	680	65	760	820	2700	980	5600	4000	5600	6600	4500	2700	3600	1800	580	2500	43485	
T3	0-10 cm	61	270	38	420	390	1600	550	2300	1600	2000	2100	1800	1200	1500	730	240	950	17688	
RG1	0-2 cm	61	57	14	22	13	180	72	270	210	200	280	190	120	150	73	24	93	1991	
RG1	2-5 cm	71	20	<10	<10	12	65	21	97	75	75	98	82	49	64	41	11	46	782	
RG1	5-10 cm	72	20	<10	<10	390	67	23	100	80	76	97	83	52	64	39	11	49	793	
RG2	0-10 cm	75	<10	<10	<10	<10	<10	<10	16	13	18	26	27	14	19	10	<10	15	228	

NAP=naftalen, ACNLE= Acenaftalen, ACNE=Acenaften, FLE=fluoren, PA=fenantren, ANT=antracen, FLU=fluoranten, PYR=pyren, BAA=benzo[a]antracen, KRTR=krysen+trifenylene, BBF=benzo[b]fluoranten, BKF=benzo[k]fluoranten, BAP=benzo[a]pyren, ICDP=indeno[1,2,3-cd]pyren, DBA3A=dibenzo[a,c/a,h]antracen, BGHIP=benzo[ghi]perylene

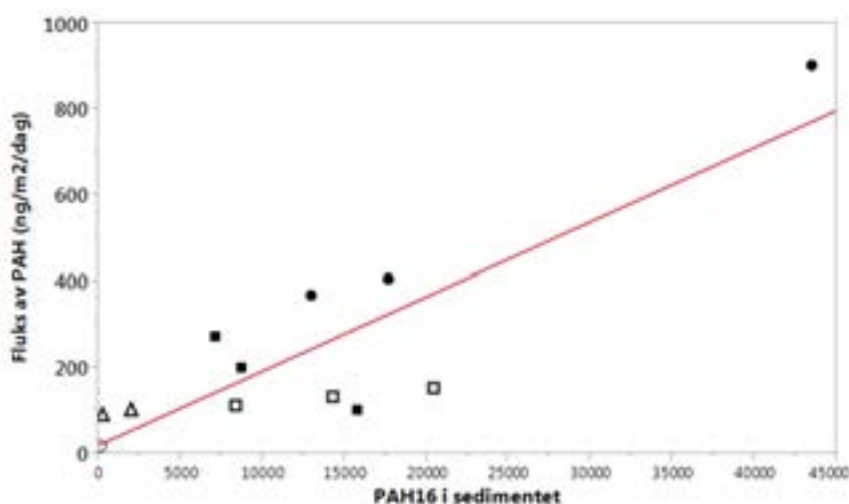
4.3 Utlekking av PAH fra sedimentet

I Tabell 6 er konsentrasjon av PAH-forbindelser tatt opp i passive prøvetakere vist. Figur 5 viser nivåene av summen av 16 PAH-forbindelser som ble tatt opp de passive prøvetakerne. Resultatene viser at det var størst utlekking av PAH-forbindelser fra sedimentprøvene tatt utenfor Toraneskaia. Det var lavest utlekking av PAH-forbindelser fra sedimentprøvene tatt utenfor terminalanlegget til Rana Gruber. I Figur 6 vises plott av PAH16-konsentrasjon i sedimentprøvene mot fluks av PAH16 ut av sedimentet.

Passive prøvetakere, som LDPEer, fanger opp den biotilgjengelige fritt løste fraksjonen av lipofile forbindelser i vann. Boksene med sediment tatt utenfor Toraneskaia, Rana Industriterminal og Bulkterminalen hadde høye konsentrasjoner av de fire PAH-forbindelsene som utgjør PAH4: benzo[a]antracen, benzo[a]pyren, benzo[b]fluoroanten og krysen. Det var høyest opptak av disse PAHene i LDPEene i sedimentboksene tatt utenfor Toraneskaia (Tabell 6).



Figur 5. Konsentrasjon av PAH16 tatt opp i passive prøvetakere etter 87 dagers eksponering for sediment fra fire områder i Indre Ranfjorden.



Figur 6. Fluks av PAH16 plottet mot konsentrasjon av PAH16 i sedimentet. ● Toraneskaia, □ Rana Industriterminal, ■ Bulkterminalen, Δ Rana Gruber, ○ Kontrollsediment.

Tabell 6. Konsentrasjoner av PAH-forbindelser tatt opp i passive prøvetakere (LDPEer). Sedimentprøvene er tatt utenfor Bulkterminalen (BT1-BT3), Rana Industriterminal (RIT1-RIT3), Toraneskaia (T1-T3), utskipingsanlegget til Rana Gruber (RG1, RG2) og kontrollsediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden. Det er i tillegg målt på passiv prøvetaker som bare ble eksponert for sjøvann og en passiv prøvetaker som ble eksponert i luft ved start- og avslutning av forsøket.

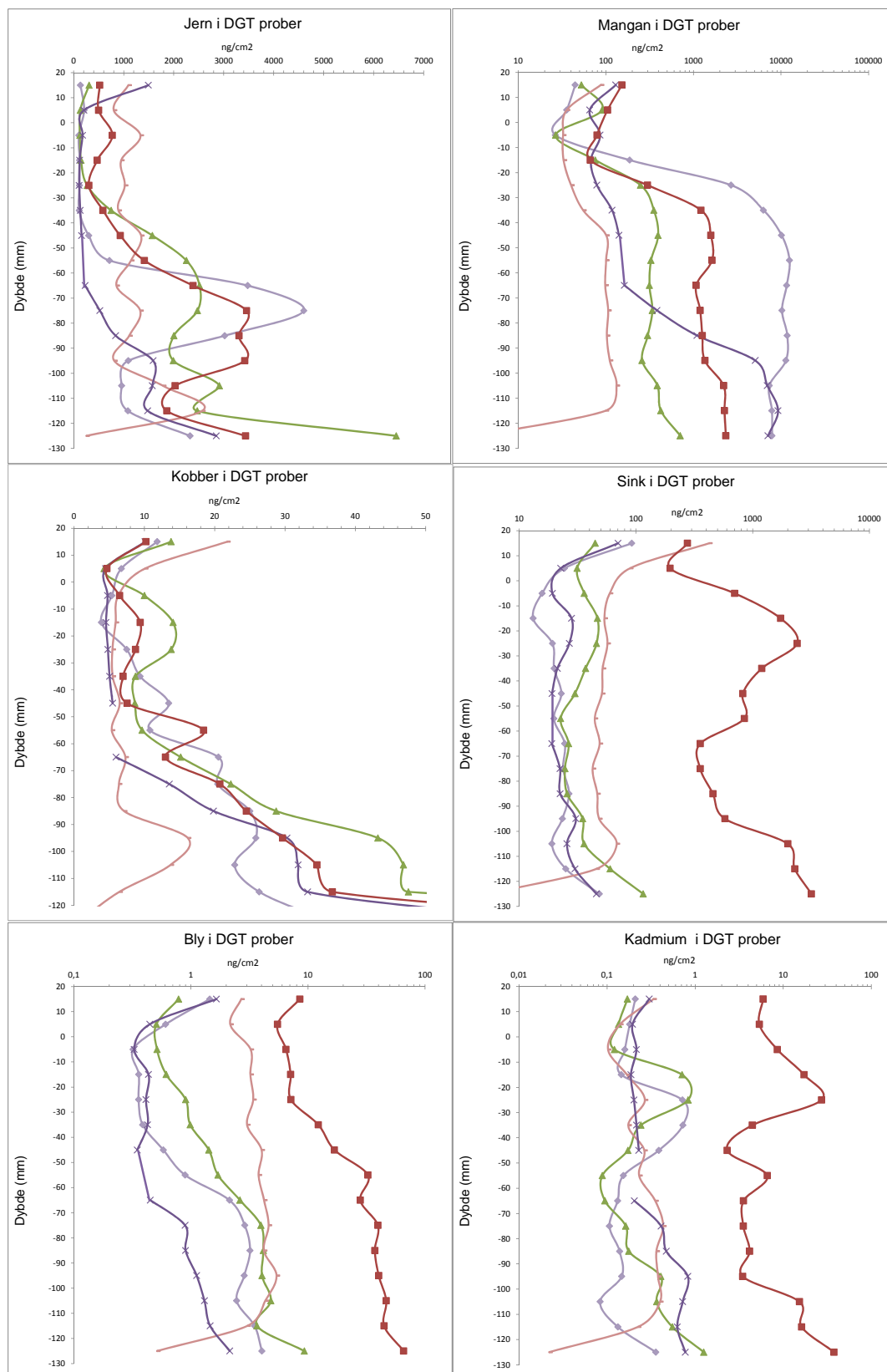
	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	DBTHI	PA	ANT	FLU	PYR	BAA	KRTR	BBJF	BKF	BEP	BAP	PER	ICDP	DBA3A	BGHIP	Sum PAH	Sum PAH16	
Boks	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	ng/LDPE	
Ref. i luft	48	<5	13	9,6	<5	13	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	158,6	143,6
Kontroll i vann	6,1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	22	75	14	49	42	12	29	7,5	6	5,6	<5	9,3	312,5	272,5	
Kontrollsediment	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	20	48	<5	15	8,2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	166,2	151,2
BT1	<5	18	<5	<5	<5	<5	29	160	480	250	550	440	120	420	180	88	41	16	75	2892,0	2379,0	
BT2	<5	21	<5	<5	<5	<5	30	60	210	150	380	390	110	410	160	86	62	26	110	2230,0	1729,0	
BT3	<5	15	<5	<5	<5	<5	20	34	130	63	200	190	49	260	79	50	26	11	52	1204,0	889,0	
RIT1	<5	12	<5	<5	<5	<5	23	26	140	50	210	220	55	280	93	52	42	16	75	1319,0	982,0	
RIT2	<5	12	<5	<5	<5	<5	17	42	180	100	270	240	61	230	110	51	32	13	61	1444,0	1158,0	
RIT3	<5	17	<5	<5	<5	6,8	27	28	210	45	200	280	73	320	140	57	95	35	150	1713,8	1331,8	
T1	<5	25	<5	<5	<5	<5	48	230	430	310	670	630	170	640	300	190	110	46	220	4044,0	3209,0	
T2	<5	57	8	<5	<5	6,5	98	830	1800	680	1500	1200	350	1300	660	420	200	87	350	9561,5	7836,5	
T3	<5	28	<5	<5	<5	6,3	51	480	670	330	770	530	130	520	260	160	84	34	140	4213,3	3528,3	
RG1	<5	9,9	<5	<5	<5	<5	13	51	190	55	230	160	41	210	70	38	19	8,6	41	1161,5	908,5	
RG2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5,3	41	150	48	200	160	40	170	64	80	19	7,9	35	1060,2	795,2	

NAP=naftalen, ACNLE= Acenaftalen, ACNE=Acenaften, FLE=fluoren, PA=fenantren, ANT=antracen, FLU=fluoranten, PYR=pyren, BAA=benzo[a]antracen, KRTR=krysen+trifenylen, BBJF=benzo[b,j]fluroanten, BKF=benzo[k]fluroanten, BAP=benzo[a]pyren, ICDP=indeno[1,2,3-cd]pyren, DBA3A=dibenzo[a,c/a,h]antracen, BGHIP=benzo[ghi]perylene

4.4 Metallioner i porevannet i sedimentet

Det var høyest opptak av jern (Fe) og mangan (Mn) på DGT-probene. Typiske for disse metallene er at porevannskonsentrasjonen av Fe og Mn øker i et bestemt dyp der toverdig Fe^{2+} og Mn^{2+} blir stabile som følge av manglende tilførsler av O_2 fra vannmassen. Nærmere overflaten vil oksidert treverdig jern og fireverdig mangan felle ut som oksider f.eks. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ og $\text{Mn}(\text{OH})_4$.

Sedimentet fra Rana Industriterminal hadde høyest konsentrasjon av bly, kadmium og sink i porevannet, og det var økende konsentrasjon av bly og sink nedover i sedimentet (Figur 7). Dette kan tyde på utlekking fra sediment til vann. Sedimentprøven som ble analysert fra denne boksen hadde høyest konsentrasjoner av bly, sink, kadmium og kobber i de øverste 2 cm av sedimentet (Tabell 4). Dette viser at det ikke er en enkel sammenheng mellom sediment og porevann. Bly og sink kan være assosiert med jern- og manganoksider og frigjøres til porevannet når disse reduseres og løses.



Figur 7. DGT opptak av metaller i porevann i sediment fra Indre Ranfjorden. Enheten er opptak av metaller/cm² probe. Merk at det er logaritmisk skala på grafene for bly, sink, kadmium og mangan.. ■ Rana Industrierterminal (RTI), ◆ Bulkterminalen, × Rana Gruber, ▲ Toraneskaia, ○ Kontrollsediment.

4.5 Opptak av metaller i børstemark og nettsnegl

Konsentrasjoner av metaller kvantifisert i børstemark og nettsnegl eksponert for sediment fra fire områder i Indre Ranfjorden, samt referansesediment (kontroll-gruppen), er vist i Tabell 7 og

Tabell 8. Resultatene viser at det skjer opptak av tungmetaller i bunndyrene, men at det er stor variasjon i nivå mellom de ulike stasjonene innen områdene. Børstemark i sedimentprøve RIT2 hadde høyest konsentrasjon av kobber, bly, kadmium og sink. Dette stemmer godt overens med at det var denne sedimentprøven som hadde høyest konsentrasjon av disse metallene i porevannet (målt ved bruk av DGT-prober). Nettsnegl i sediment fra området utenfor Toraneskaia hadde høyest nivåer av kobber, bly og sink (Tabell 8). Nettsnegl var således ikke påvirket av de høye konsentrasjonene i porevannet. Dette kan skyldes at nettsnegl i større grad enn børstemark tar opp miljøgifter via føden (Schaanning m.fl. 1997) og at skallet gjør nettsneglen mindre utsatt for direkte opptak av komponenter løst i porevannet

Tabell 7. Konsentrasjon av metaller i børstemark etter fire ukers eksponering. Sedimentprøvene ble tatt utenfor Bulkterminalen (BT1-BT3), Rana Industriterminal (RIT1-RIT3), Toraneskaia (T1-T3) og utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber (RG1, RG2). I tillegg ble det brukt kontrollsediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden.

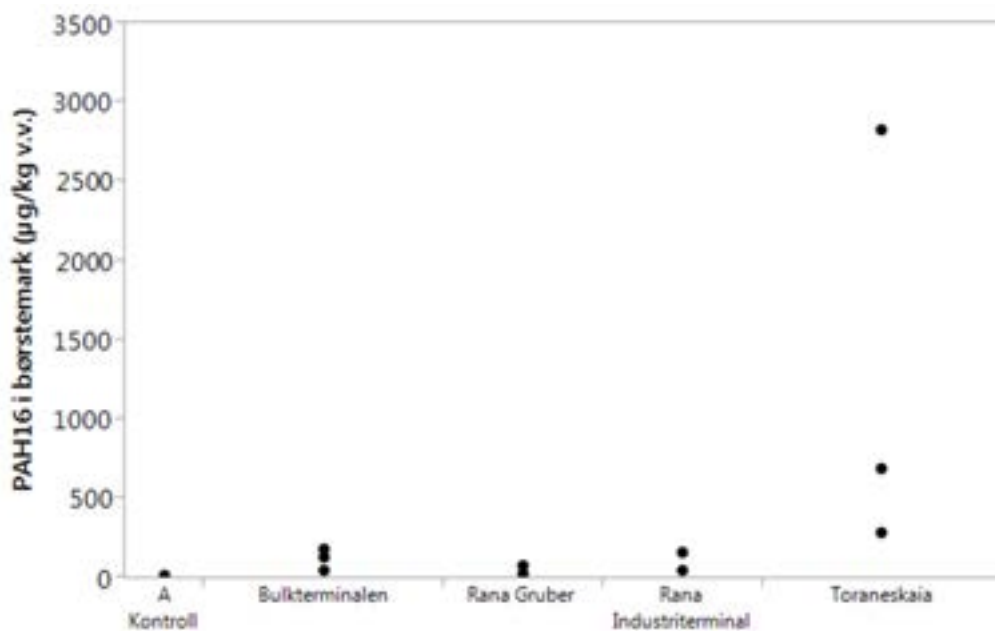
	tørrstoff	Cd	Cu	Pb	Zn
	%	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.
Kontroll	11	0,0069	36,0	2,20	38
BT1	12	0,0140	18,0	0,97	21
BT2	13	0,1300	85,0	6,00	89
BT3	13	0,0076	7,5	0,41	14
RIT1	13	0,0420	16,0	1,30	42
RIT2	10	0,0830	400,0	23,00	290
RIT3	13	0,0260	20,0	1,90	38
T1	15	0,0380	74,0	5,30	85
T2	15	0,0360	33,0	2,50	50
T3	12	0,0770	12,0	0,70	19
RG1	13	0,0590	21,0	1,40	31
RG2	85	0,0061	19,0	1,10	22

Tabell 8. Konsentrasjon av metaller i nettsnegl etter fire ukers eksponering. Sedimentprøvene ble tatt utenfor Bulkterminalen (BT1-BT3), Rana Industriterminal (RIT1-RIT3), Toraneskaia (T1-T3) og utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber (RG1, RG2). I tillegg ble det brukt kontrollsediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden.

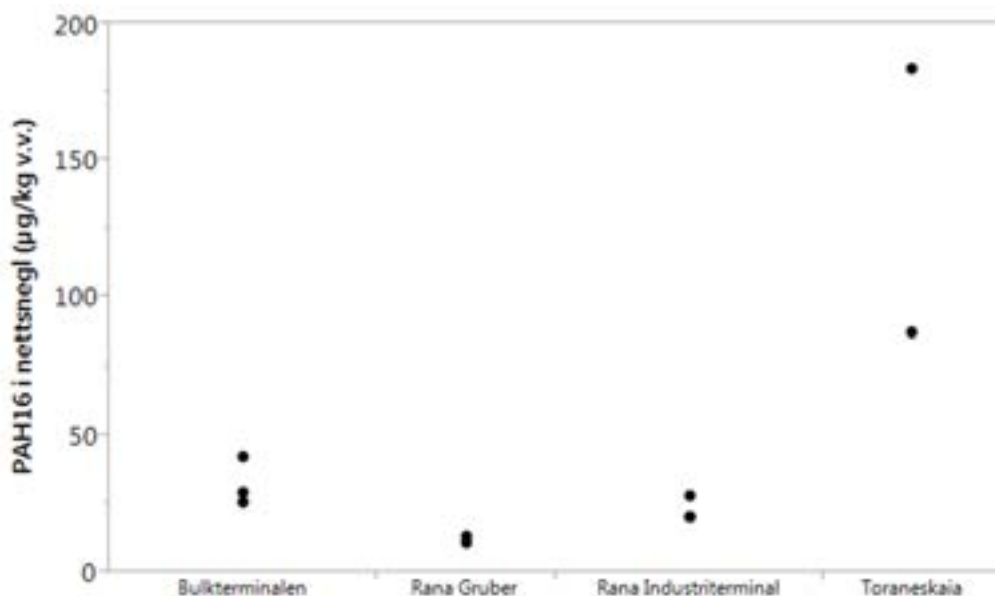
	tørrstoff	Cd	Cu	Pb	Zn
	%	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.	mg/kg v.v.
Kontroll	25	0,47	29	0,16	85
BT1	24	0,50	29	0,20	95
BT2	21	0,40	76	2,40	100
BT3	21	0,47	28	0,22	74
RIT1	21	0,44	26	0,55	70
RIT2	22	0,71	26	1,60	130
RIT3	21	0,38	49	1,90	150
T1	22	0,45	140	6,00	170
T2	20	0,38	97	4,30	130
T3	20	0,32	24	0,42	71
RG1	22	0,28	39	1,50	68
RG2	23	0,45	25	0,11	83

4.6 Opptak av PAH i børstemark og nettsnegl

Resultatene viser at det skjer opptak av PAH-forbindelser til bunndyr i sediment fra forurensede områder i Indre Ranfjorden. Det ble målt høyeste nivåer av PAH-forbindelser i børstemark og nettsnegl som var eksponert for sediment fra området utenfor Toraneskaia (Figur 8, Figur 9, Tabell 9 og Tabell 10). Det var generelt lavere konsentrasjoner av PAH-forbindelser i nettsneglene enn i børstemarkene. Det var lavest konsentrasjoner av PAH-forbindelser i dyrene som var eksponert for sediment fra området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber.

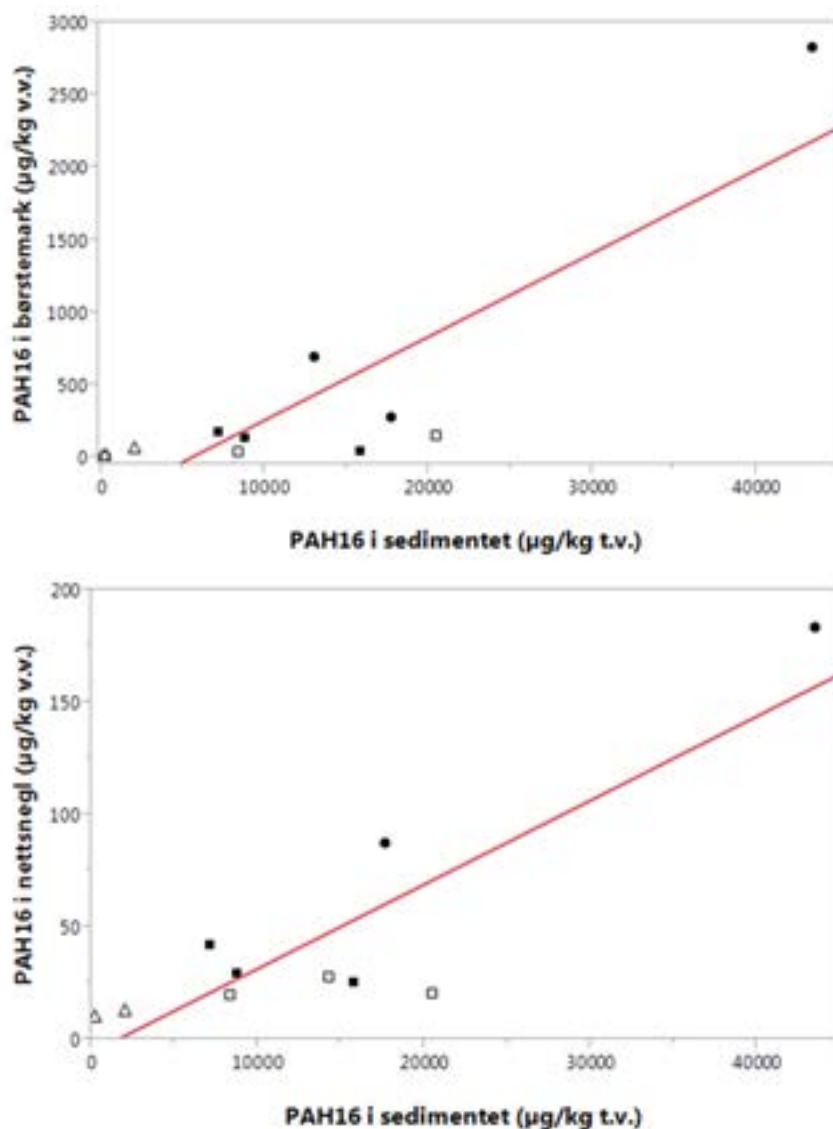


Figur 8. Nivåer av PAH16 i børstemark eksponert for sediment fra fire områder i Indre Ranfjorden.



Figur 9. Nivåer av PAH16 i nettsnegl eksponert for sediment fra fire områder i Indre Ranfjorden.

Det var sammenheng mellom konsentrasjon av PAH.-forbindelser i sedimentet og nivåene som ble tatt opp i børstemark og nettsnegl (Figur 10). Det var imidlertid på grunn av høy konsentrasjon av PAH i sediment og organismer i sedimentet fra den ene stasjonen utenfor Toraneskaia.



Figur 10. Forhold mellom nivå av PAH16 i sediment og nivå av PAH16 i prøvene av børstemark (øvre figur) og nettsnegl (nedre figur). ● Toraneskaia, □ Rana Industriterminal, ■ Bulkterminalen, △ Rana Gruber, ○ Kontrollsediment.

Tabell 9. Konsentrasjon av PAH-forbindelser i børstemark etter fire ukers eksponering. Sedimentprøvene ble tatt utenfor Bulkterminalen (BT1-BT3), Rana Industriterminal (RIT1-RIT3), Toraneskaia (T1-T3) og utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber (RG1, RG2). I tillegg ble det brukt kontrollsediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden. Det var ikke nok materiale til å analysere børstemark fra boks RIT2. Mange av de tilsatte børstemarkene hadde blitt spist av en større børstemarkart.

	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	PA	ANT	FLU	PYR	BAA	CHR	BBJF	BKF	BAP	ICDP	DBA3A	BGHIP	sum PAH16
	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Kontroll	5,60	0,10	0,29	0,33	1,31	0,10	0,65	0,70	0,31	0,22	0,57	0,12	0,19	0,17	0,10	0,20	10,96
BT1	63,4	0,931	3,34	3,78	14,90	0,94	21,0	26,00	6,23	7,65	15,40	2,09	1,97	1,89	0,97	3,22	173,71
BT2	18,10	0,50	4,15	1,15	4,24	1,11	21,5	25,50	6,59	6,19	21,40	4,23	5,63	3,54	1,76	5,87	131,46
BT3	4,91	0,184	0,95	0,43	1,15	0,40	9,65	8,92	2,07	3,74	6,80	0,61	0,64	0,80	0,56	1,46	43,27
RIT1	6,01	0,10	0,33	0,36	1,41	0,56	6,23	7,91	2,03	1,59	8,43	1,30	1,32	1,43	0,81	3,75	43,57
RIT2	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data
RIT3	10,7	0,16	0,82	0,68	7,73	1,76	17,80	25,70	11,20	10,60	28,50	5,56	10,30	8,23	3,79	10,80	154,33
T1	4,72	0,24	0,74	0,66	4,58	2,51	138,00	176,00	60,80	38,60	158,00	15,40	24,2	17,00	5,74	41,9	689,09
T2	17,00	2,52	2,33	2,69	13,20	8,18	899,00	761,00	196,00	136,00	480,00	84,10	81,7	40,30	16,8	85,2	2826,02
T3	17,00	0,40	1,36	1,01	3,97	1,99	71,00	45,20	20,00	26,60	55,40	4,71	7,81	6,99	3,28	11,4	278,12
RG1	33,40	0,52	1,76	1,99	7,82	0,65	8,54	7,39	2,13	2,47	4,65	0,62	0,49	0,65	0,27	0,94	74,29
RG2	6,82	0,10	0,36	0,41	1,60	0,14	2,12	2,12	0,74	1,35	2,35	0,23	0,31	0,30	0,30	0,56	19,81

Tabell 10. Konsentrasjon av PAH-forbindelser i nettsnegl etter fire ukers eksponering. Sedimentprøvene ble tatt utenfor Bulkterminalen (BT1-BT3), Rana Industriterminal (RIT1-RIT3), Toraneskaia (T1-T3) og utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber (RG1, RG2). I tillegg ble det brukt kontrollsediment hentet ved Jeløya i Oslofjorden. Det var for lite materiale til å analysere nettsnegl fra boks T1 og kontrollboksen.

	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	PA	ANT	FLU	PYR	BAA	CHR	BBJF	BKF	BAP	ICDP	DBA3A	BGHIP	sum PAH16
	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Kontroll	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data
BT1	20,60	0,333	0,87	0,79	2,61	0,62	4,12	2,04	1,45	1,41	2,50	0,98	1,16	0,92	0,42	1,44	42,26
BT2	6,09	0,340	3,64	1,25	3,49	0,56	2,59	1,43	1,56	1,34	2,30	0,82	1,16	0,98	0,40	1,31	29,26
BT3	6,50	0,149	0,27	0,37	2,49	0,62	3,60	1,75	1,44	1,81	2,06	0,94	1,04	0,87	0,39	1,24	25,54
RIT1	8,87	0,144	0,37	0,34	1,47	0,30	1,75	1,08	0,56	0,64	1,42	0,59	0,63	0,62	0,32	1,18	20,28
RIT2	5,91	0,100	0,25	0,23	2,12	0,58	2,60	2,33	1,32	1,01	3,23	1,06	1,83	1,87	0,69	2,61	27,74
RIT3	8,14	0,132	0,34	0,31	1,20	0,38	1,59	1,72	0,63	0,35	1,56	0,82	0,83	0,37	0,37	1,25	20,38
T1	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data	ikke data
T2	8,18	1,000	0,39	0,93	5,95	1,69	81,00	30,70	8,22	9,01	12,90	5,44	6,93	2,81	1,88	6,24	183,27
T3	26,70	0,433	1,13	1,03	3,39	0,96	17,90	5,36	3,37	5,43	7,94	3,15	2,87	1,75	1,31	4,34	87,06
RG1	5,86	0,100	0,25	0,23	1,02	0,27	1,24	0,63	0,56	0,53	0,88	0,36	0,36	0,24	0,15	0,52	13,20
RG2	6,09	0,100	0,26	0,23	1,21	0,25	0,58	0,47	0,28	0,18	0,40	0,18	0,19	0,12	0,10	0,26	10,90

4.7 Risikovurdering av området utenfor Toraneskaia

4.7.1 Trinn 1

Resultatene fra kjemisk karakterisering viser at gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber og nesten alle PAH-forbindelsene overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sedimentet (Tabell 11).

Tabell 11. Målte sedimentkonsentrasjoner i området utenfor Toraneskaia (maksimums- og gjennomsnittskonsentrasjon og overskridelse i forhold til grenseverdiene i Trinn 1). Tomme celler: ingen overskridelse.

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($mg/m^2/år$)	Middel ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
Bly	13,20	7,44	1794,97	1417,08	2553,58		
Kadmium	0,64	0,35	18,46	10,93	79,98		
Kobber	277,06	127,70	12586,33	6812,24	1580,48	7,96	4,31
Sink	245,29	153,22	6084,23	5787,29	11090,27		
Naftalen	85,07	44,42	126,55	66,07	185,26		
Acenaftalen	3,63	1,95	6,62	3,55	10,34		
Acenaften	17,48	10,17	45,64	26,57	23,80	1,92	1,12
Fluoren	10,87	6,02	39,22	21,70	26,06	1,51	
Fenantren	15,19	9,40	102,75	63,62	30,62	3,36	2,08
Antracen	4,48	2,77	35,95	22,20	1,72	20,92	12,92
Fluoranten	6,35	2,92	179,85	96,11	6,20	29,03	15,51
Pyren	9,50	4,85	135,01	74,83	12,16	11,10	6,15
Benzo(a)antracen	1,60	0,79	174,01	97,95	1,97	88,17	49,63
Krysen	2,06	1,03	205,40	108,52	9,68	21,21	11,21
Benzo(b)fluoranten	1,52	0,64	139,93	87,79	7,97	17,55	11,01
Benzo(k)fluoranten	0,51	0,26	83,56	52,52	6,99	11,95	7,51
Benzo(a)pyren	0,60	0,32	111,33	69,01	13,93	7,99	4,95
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,15	0,07	55,46	34,90	1,48	37,38	23,52
Dibenzo(a,h)antracen	0,06	0,03	17,89	11,36	18,73		
Benzo(ghi)perylene	0,40	0,20	77,27	47,55	0,69	112,58	69,28

4.7.2 Trinn 2

For flere av parameterverdiene som inngår i beregningene i Trinn 2 ble sjablongverdiene i veilederen erstattet av stedsspesifikke verdier for delområdet (Tabell 12). Det er brukt nye verdier for TOC i risikovurderingene, ellers er det brukt de samme stedsspesifikke parameterverdiene som i forrige undersøkelse. (Øxnevad & Bakke 2013).

Tabell 12. Stedsspesifikke parameterverdier brukt i risikoberegningene under Trinn 2 for området utenfor Toraneskaia.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi
Totalt organisk karbon (TOC) %	1	3,9
Totalt sedimentareal, m^2	Ingen standard	13000
Vannvolum, m^3	Ingen standard	104000
Oppholdstid av vannet, år	Ingen standard	0,0082
Antall skipsanløp per år	Ingen standard	413
Trasélengde for skipsanløp, m	120	290
Oppvirvlet sediment per anløp, kg	Ingen standard	1000
Bunnareal påvirket av oppvirvling	Ingen standard	13000
Fraksjon leire i sedimentet	Ingen standard	0,2

Estimert miljøgiftspredning totalt og via de tre transportveiene (biodiffusjon, resuspensjon fra propeller og transport i næringskjeden) er gitt i

Tabell 13. Tabellen viser miljøgiftflukser (mg/m^2 og år) for hvert stoff. Spredningen skal i følge veilederen beregnes separat for det totale delområdet, og områdene som påvirkes/ikke påvirkes av skipstrafikken. I dette tilfellet påvirkes hele delområdet slik at spredningen bare er vist for dette.

Det finnes ikke omforente akseptkriterier for spredning av miljøgifter, bare for konsekvenser av spredningen i form av risiko for human helse og økosystemet. I risikoveilederen sammenliknes spredningen med tilsvarende spredning fra et sediment som akkurat tilfredsstiller Trinn 1. Resultatene (Tabell 13) viser at de samme stoffene som overskrider grenseverdiene i Trinn 1 også overskrider spredningen fra et slikt sediment.

Tabell 13. Området utenfor Toraneskaia. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m^2 og år) fra sedimentene samlet via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), spredning utenom propelloppvirvling, og faktor for overskridelse av total spredning i forhold til et sediment som tilfredsstiller Trinn 1.

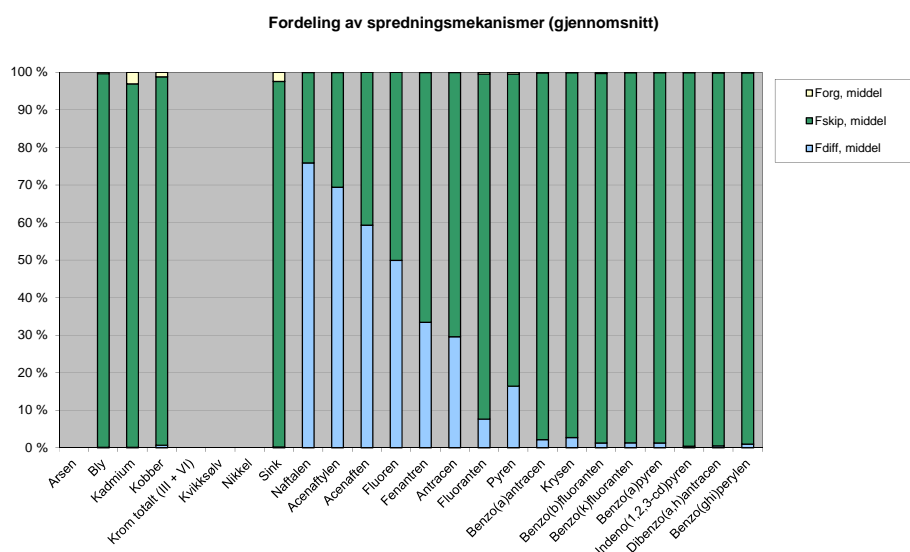
Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{\text{diff}} + F_{\text{org}}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{\text{diff}} + F_{\text{org}} + F_{\text{skip}}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$)	Middel ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$)	$F_{\text{tot, maks}}$ ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$)	$F_{\text{tot, middel}}$ ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$)		Maks	Middel
Bly	13,20	7,44	1794,97	1417,08	2553,58		
Kadmium	0,64	0,35	18,46	10,93	79,98		
Kobber	277,06	127,70	12586,33	6812,24	1580,48	7,96	4,31
Sink	245,29	153,22	6084,23	5787,29	11090,27		
Naftalen	85,07	44,42	126,55	66,07	185,26		
Acenaftylen	3,63	1,95	6,62	3,55	10,34		
Acenaften	17,48	10,17	45,64	26,57	23,80	1,92	1,12
Fluoren	10,87	6,02	39,22	21,70	26,06	1,51	
Fenantren	15,19	9,40	102,75	63,62	30,62	3,36	2,08
Antracen	4,48	2,77	35,95	22,20	1,72	20,92	12,92
Fluoranten	6,35	2,92	179,85	96,11	6,20	29,03	15,51
Pyren	9,50	4,85	135,01	74,83	12,16	11,10	6,15
Benzo(a)antracen	1,60	0,79	174,01	97,95	1,97	88,17	49,63
Krysen	2,06	1,03	205,40	108,52	9,68	21,21	11,21
Benzo(b)fluoranten	1,52	0,64	139,93	87,79	7,97	17,55	11,01
Benzo(k)fluoranten	0,51	0,26	83,56	52,52	6,99	11,95	7,51
Benzo(a)pyren	0,60	0,32	111,33	69,01	13,93	7,99	4,95
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,15	0,07	55,46	34,90	1,48	37,38	23,52
Dibenzo(a,h)antracen	0,06	0,03	17,89	11,36	18,73		
Benzo(ghi)perylene	0,40	0,20	77,27	47,55	0,69	112,58	69,28

Som kontroll på om beregnet spredning er sannsynlig er det regnet ut tiden det vil ta å tømme lageret av miljøgiftene i de øvre 10 cm av sedimentet med denne spredningen (Tabell 14). Lave tømmetider tilsier at Trinn 2 overestimerer spredningen for en rekke av miljøgiftene. Dette synes å være tilfelle her, med tømmetider på under to år.

Tabell 14. Området utenfor Toraneskaia. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m^2 og år) fra sedimentene samlet, via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), og anslått tid for å tømme de øvre 10 cm av sedimentet for et stoff med de beregnede spredningshastighetene.

Stoff	Beregnet middel spredning				Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	$F_{\text{tot, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{diff, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{skip, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{org, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	Max	Middel
Bly	1417,08	2,062	1409,65	5,38E+00	1,5	1,5
Kadmium	10,93	0,014	10,58	3,34E-01	1,4	1,4
Kobber	6812,24	46,787	6684,55	8,09E+01	1,4	1,5
Sink	5787,29	13,00	5634,07	140,22	1,4	1,4
Naftalen	66,07	44,39	21,65	0,03	0,2	0,2
Acenaftilen	3,55	1,95	1,60	0,00	0,4	0,4
Acenaften	26,57	10,17	16,39	0,00	0,8	0,8
Fluoren	21,70	6,01	15,69	0,00	1,0	1,0
Fenantren	63,62	9,39	54,22	0,01	1,2	1,2
Antracen	22,20	2,76	19,44	0,01	1,2	1,2
Fluoranten	96,11	2,44	93,19	0,48	1,4	1,4
Pyren	74,83	4,45	69,97	0,41	1,3	1,4
Benzo(a)antracen	97,95	0,68	97,16	0,12	1,5	1,5
Krysen	108,52	0,94	107,49	0,09	1,5	1,5
Benzo(b)fluoranten	87,79	0,35	87,15	0,29	1,5	1,5
Benzo(k)fluoranten	52,52	0,21	52,26	0,04	1,5	1,5
Benzo(a)pyren	69,01	0,27	68,69	0,05	1,5	1,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	34,90	0,05	34,82	0,03	1,5	1,5
Dibenzo(a,h)antracen	11,36	0,02	11,33	0,01	1,5	1,5
Benzo(ghi)perylene	47,55	0,14	47,35	0,06	1,5	1,5

I Figur 11 er relativ betydning av de tre spredningsveiene vist. For metallene skyldes størstedelen av spredningen oppvirvling fra skipspropeller. For PAH ser det ut til å være en tendens til at med økende molekylstørrelse skjer spredning i økende grad ved oppvirvling fra skipspropeller, og at diffusjon også er en viktig spredningsmåte for de mindre PAH-forbindelsene.



Figur 11. Prosentvis fordeling av miljøgiftspredning på de tre spredningsveiene diffusjon (F_{diff} -blå), propelloppvirvling (F_{skip} -grønn) og gjennom næringskjeden (F_{org} -gul) i området utenfor Toraneskaia.

I Tabell 15 er beregnede flukser og beregnet utlekking fra hele området vist.

Tabell 15. Areal spesifikk (F) og total (U) spredning av miljøgifter fra sedimenter ved Toraneskaia. Ftot og Fdiff er beregnet i tabell 13.

Stoff	Ftot, middel kg/m ² /år	Utot Toraneskaia kg/år	Fdiff kg/m ² /år	Fdiff Toraneskaia kg/år
Bly	0,0014171	18,42	2,06E-06	0,0268
Kadmium	0,0000109	0,14	1,40E-08	0,0002
Kobber	0,0068122	88,56	4,68E-05	0,6082
Sink	0,0057873	75,23	1,30E-05	0,1690
Naftalen	0,0000661	0,86	4,44E-05	0,5771
Acenaftylen	0,0000035	0,05	1,95E-06	0,0253
Acenaften	0,0000266	0,35	1,02E-05	0,1322
Fluoren	0,0000217	0,28	6,01E-06	0,0782
Fenantren	0,0000636	0,83	9,39E-06	0,1220
Antracen	0,0000222	0,29	2,76E-06	0,0359
Fluoranten	0,0000961	1,25	2,44E-06	0,0318
Pyren	0,0000748	0,97	4,45E-06	0,0578
Benzo(a)antracen	0,0000980	1,27	6,79E-07	0,0088
Krysen	0,0001085	1,41	9,45E-07	0,0123
Benzo(b)fluoranten	0,0000878	1,14	3,50E-07	0,0046
Benzo(k)fluoranten	0,0000525	0,68	2,15E-07	0,0028
Benzo(a)pyren	0,0000690	0,90	2,70E-07	0,0035
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0000349	0,45	4,55E-08	0,0006
Dibenzo(a,h)antracen	0,0000114	0,15	1,77E-08	0,0002
Benzo(ghi)perylene	0,0000476	0,62	1,42E-07	0,0018
sum PAH16	0,0008842	11,50	8,42E-05	1,0949

Beregningen fra regnearket til risikoveilederen gir at det årlig lekker ut 11,5 kg PAH16 fra området utenfor Toraneskaia, og at 1,09 kg PAH16 av disse årlig lekker ut fra sedimentet utenfor Toraneskaia som følge av biodiffusjon (Tabell 15). Det er også stor spredning av bly (18,4 kg/år), kobber (88,5 kg/år) og sink (75,2 kg/år).

Målingene fra utlekkingsforsøket (Tabell 6) er brukt til å beregne fluks av PAH, og utlekking (biodiffusjon) fra hele delområdet (Tabell 16).

Tabell 16. Beregnet fluks av PAH (kg/m²/år), og beregnet mengde PAH som årlig lekker ut av området utenfor Toraneskaia via biodiffusjon. Beregningene er gjort ved analyse av passive prøvetakere (LDPEer) brukt i utlekkingstest med sediment tatt utenfor Toraneskaia.

	Sum PAH16 utlekking kg/m ² /år	Sum PAH16 utlekking kg/år for delområdet
T1	1,35E-07	0,0018
T2	3,29E-07	0,0043
T3	1,48E-07	0,0019

Beregning av utlekking av PAH med resultater fra utlekkingsforsøket gir langt lavere verdier enn det som kommer fram ved bruk av regnearket til risikoveilederen. Ut fra utlekkingsforsøket lekker det 0,0018-0,0043 kg PAH16 pr år fra sedimentene utenfor Toraneskaia som følge av biodiffusjon, mens regnearket for risikovurderingen gir at det lekker ut 1,09 kg pr år som følge av biodiffusjon.

Risiko for effekter på human helse

Det er vanlig å bedømme risikoen for skade på human helse både gjennom konsum av sjømat som kan ha mottatt miljøgifter fra sedimentene og gjennom kontakt med miljøgifter i vann og suspendert sediment (bading). Tabell 17 viser beregnet samlet livstidseksponering til miljøgifter fra sedimentene, og hvorvidt denne overskrider vedtatte/anbefalte grenseverdier for slik eksponering. Det legges vekt på hvorvidt gjennomsnittsnivået i sedimentet gir overskridelse. Det er stor overskridelse for benzo(a)pyren (kreftfremkallende), og noe mindre overskridelser for sju av de andre PAH-forbindelsene. Det er også overskridelse for bly. Sediment i dette området utgjør derfor en risiko for skade på human helse.

Tabell 17. Toraneskaia. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	9,68E-04	7,66E-04	3,60E-04	2,7	2,1
Kadmium	7,13E-07	4,23E-07	5,00E-05		
Kobber	8,38E-03	4,55E-03	5,00E-03	1,7	
Sink	1,29E-02	1,25E-02	3,00E-02		
Naftalen	6,57E-03	3,43E-03	4,00E-03	1,6	
Acenaftilen	1,58E-03	8,45E-04			
Acenaften	1,14E-02	6,65E-03			
Fluoren	9,49E-03	5,25E-03			
Fenantren	2,19E-02	1,36E-02	4,00E-03	5,5	3,4
Antracen	6,16E-03	3,81E-03	4,00E-03	1,5	
Fluoranten	3,52E-02	1,89E-02	5,00E-03	7,0	3,8
Pyren	3,91E-02	2,18E-02			
Benzo(a)antracen	2,44E-02	1,37E-02	5,00E-04	48,7	27,5
Krysen	6,73E-02	3,56E-02	5,00E-03	13,5	7,1
Benzo(b)fluoranten	3,48E-02	2,19E-02			
Benzo(k)fluoranten	2,14E-02	1,35E-02	5,00E-04	42,8	26,9
Benzo(a)pyren	2,72E-02	1,69E-02	2,30E-06	11838,7	7344,4
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4,83E-03	3,04E-03	5,00E-04	9,7	6,1
Dibenzo(a,h)antracen	1,87E-03	1,19E-03			
Benzo(ghi)perylene	1,54E-02	9,47E-03	3,00E-03	5,1	3,2

4.8 Risikovurdering av området utenfor Rana Industriterminal

4.8.1 Trinn 1

Resultatene fra kjemisk karakterisering viser at gjennomsnittskonsentrasjonen av de fire tungmetallene og de fleste PAH-forbindelsene overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sedimentet (Tabell 18).

Tabell 18. Målte sedimentkonsentrasjoner i området utenfor Rana Industriterminal (maksimums- og gjennomsnittskonsentrasjon) og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdiene i Trinn 1. Tomme celler: ingen overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	3	2142	759	83	25,81	9,14
Kadmium	3	14,68	5,11	2,6	5,65	1,97
Kobber	3	198,3	104,43	51	3,89	2,05
Sink	3	26903,3	9194,43	360	74,73	25,54
Naftalen	3	0,78	0,343	0,29	2,69	1,18
Acenaftylen	3	0,014	0,01	0,033		
Acenaften	3	0,74	0,37	0,16	4,63	2,31
Fluoren	3	0,8	0,39	0,26	3,08	1,51
Fenantren	3	3,9	2,09	0,50	7,80	4,18
Antracen	3	1,2	0,61	0,031	38,71	19,60
Fluoranten	3	3,3	1,98	0,17	19,41	11,67
Pyren	3	2,5	1,50	0,28	8,93	5,35
Benzo(a)antracen	3	1,6	1,1	0,06	26,67	18,33
Krysen	3	1,6	1,161	0,28	5,71	4,15
Benzo(b)fluoranten	3	1	0,82	0,24	4,17	3,43
Benzo(k)fluoranten	3	0,83	0,601	0,21	3,95	2,86
Benzo(a)pyren	3	0,97	0,71	0,42	2,31	1,70
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3	0,49	0,411	0,047	10,43	8,74
Dibenzo(a,h)antracen	3	0,15	0,12	0,59		
Benzo(ghi)perylen	3	0,55	0,49	0,021	26,19	23,27

4.8.2 Trinn 2

For flere av parameterverdiene som inngår i beregningene i Trinn 2 ble sjablongverdiene i veilederen erstattet av stedsspesifikke verdier for delområdet (Tabell 19). Det er brukt nye verdier for TOC i risikovurderingene, ellers er det brukt de samme stedsspesifikke parameterverdiene som i forrige undersøkelse. (Øxnevad & Bakke 2013).

Tabell 19. Stedsspesifikke parameterverdier brukt i risikoberegningene under Trinn 2 for området utenfor Rana Industriterminal.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi
Totalt organisk karbon (TOC) %	1	2,2
Totalt sedimentareal, m ²	Ingen standard	76000
Vannvolum, m ³	Ingen standard	760000
Oppholdstid av vannet, år	Ingen standard	0,0082
Antall skipsanløp per år	Ingen standard	733
Trasélengde for skipsanløp, m	120	450
Oppvirvlet sediment per anløp, kg	Ingen standard	1000
Bunnareal påvirket av oppvirvling	Ingen standard	76000
Fraksjon leire i sedimentet	Ingen standard	0,3

Estimert miljøgiftspredning totalt og via de tre transportveiene (bi-diffusjon, resuspensjon fra propeller og transport i næringskjeden) er gitt i Tabell 20. Tabellen viser miljøgiftflukser (mg/m² og år) for hvert stoff. Spredningen skal i følge veilederen beregnes separat for det totale delområdet, og områdene som påvirkes/ikke påvirkes av skipstrafikken. I dette tilfellet påvirkes hele delområdet slik at spredningen bare er vist for dette.

Det finnes ikke omforente akseptkriterier for spredning av miljøgifter, bare for konsekvenser av spredningen i form av risiko for human helse og økosystemet. I risikoveilederen sammenliknes spredningen med tilsvarende spredning fra et sediment som akkurat tilfredsstillende Trinn 1. Resultatene (Tabell 20) viser at de samme stoffene som overskrider grenseverdiene i Trinn 1 også overskrider spredningen fra et slikt sediment.

Tabell 20. Rana Industriterminal. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m² og år) fra sedimentene samlet via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), spredning utenom propelloppvirvling, og faktor for overskridelse av total spredning i forhold til et sediment som tilfredsstiller Trinn 1.

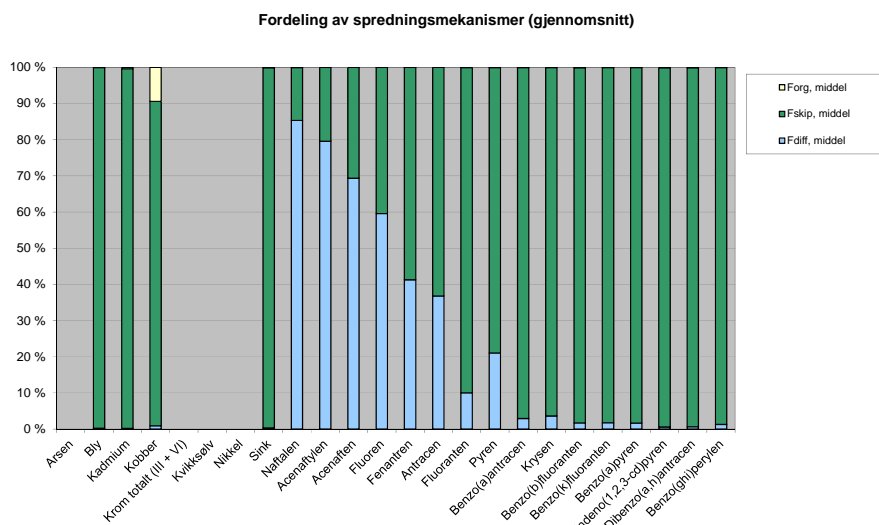
Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks (mg/m ² /år)	Middel (mg/m ² /år)	$F_{tot, maks}$ (mg/m ² /år)	$F_{tot, middel}$ (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Bly	1,65E+02	4,78E+01	4,67E+04	1,65E+04	1,81E+03	25,84	9,15
Kadmium	1,56E+00	6,32E-01	3,20E+02	1,12E+02	5,65E+01	5,66	1,97
Kobber	1,24E+03	2,60E+02	5,55E+03	2,53E+03	1,12E+03	4,96	2,26
Sink	2,78E+03	9,10E+02	5,87E+05	2,01E+05	7,84E+03	74,83	25,57
Naftalen	1,73E+02	7,60E+01	2,10E+02	9,22E+01	1,65E+02	1,27	
Acenaftalen	1,39E+00	1,22E+00	1,87E+00	1,64E+00	9,01E+00		
Acenaften	3,02E+01	1,51E+01	5,01E+01	2,51E+01	2,03E+01	2,48	1,24
Fluoren	1,88E+01	9,22E+00	3,87E+01	1,90E+01	2,16E+01	1,79	
Fenantren	3,88E+01	2,08E+01	1,29E+02	6,91E+01	2,43E+01	5,30	2,84
Antracen	9,70E+00	4,91E+00	3,71E+01	1,88E+01	1,35E+00	27,51	13,93
Fluoranten	4,80E+00	2,87E+00	7,72E+01	4,64E+01	4,57E+00	16,89	10,15
Pyren	8,90E+00	5,31E+00	6,45E+01	3,86E+01	9,25E+00	6,98	4,18
Benzo(a)antracen	6,36E-01	4,26E-01	3,55E+01	2,44E+01	1,42E+00	24,92	17,12
Krysen	7,93E-01	5,64E-01	3,56E+01	2,59E+01	7,10E+00	5,02	3,64
Benzo(b)fluoranten	2,85E-01	1,99E-01	2,20E+01	1,81E+01	5,79E+00	3,81	3,13
Benzo(k)fluoranten	1,99E-01	1,39E-01	1,82E+01	1,32E+01	5,08E+00	3,59	2,60
Benzo(a)pyren	2,31E-01	1,59E-01	2,13E+01	1,57E+01	1,01E+01	2,11	1,55
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,79E-02	4,05E-02	1,07E+01	8,97E+00	1,06E+00	10,11	8,47
Dibenzo(a,h)antracen	2,15E-02	1,29E-02	3,28E+00	2,67E+00	1,34E+01		
Benzo(ghi)perylene	1,15E-01	8,79E-02	1,21E+01	1,07E+01	4,96E-01	24,35	21,61

Som kontroll på om beregnet spredning er sannsynlig er det regnet ut tiden det vil ta å tømme lageret av miljøgiftene i de øvre 10 cm av sedimentet med denne spredningen (Tabell 21). Lave tømmetider tilsier at Trinn 2 overestimerer spredningen for en rekke av miljøgiftene. Dette synes å være tilfelle her, med tømmetider på under tre år.

Tabell 21. Området utenfor Rana Industriterminal. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m^2 og år) fra sedimentene samlet, via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), og anslått tid for å tømme de øvre 10 cm av sedimentet for et stoff med de beregnede spredningshastighetene.

Stoff	Beregnet middel spredning				Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	F_{tot} , middel [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	F_{diff} , middel [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	F_{skip} , middel [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	F_{org} , middel [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	Max	Middel
Bly	1,65E+04	3,41E+01	1,65E+04	1,37E+01	2,1	2,1
Kadmium	1,12E+02	2,08E-01	1,11E+02	4,24E-01	2,1	2,1
Kobber	2,53E+03	2,25E+01	2,27E+03	2,38E+02	1,6	1,9
Sink	2,01E+05	6,52E+02	2,00E+05	2,58E+02	2,1	2,1
Naftalen	9,22E+01	7,60E+01	1,61E+01	1,42E-02	0,2	0,2
Acenaftylen	1,64E+00	1,22E+00	4,24E-01	2,26E-04	0,3	0,3
Acenaften	2,51E+01	1,51E+01	9,98E+00	8,01E-04	0,7	0,7
Fluoren	1,90E+01	9,22E+00	9,78E+00	7,28E-04	0,9	0,9
Fenantren	6,91E+01	2,08E+01	4,83E+01	5,55E-03	1,4	1,4
Antracen	1,88E+01	4,91E+00	1,39E+01	1,42E-03	1,5	1,5
Fluoranten	4,64E+01	2,86E+00	4,35E+01	1,28E-02	1,9	1,9
Pyren	3,86E+01	5,29E+00	3,33E+01	1,70E-02	1,8	1,8
Benzo(a)antracen	2,44E+01	4,19E-01	2,39E+01	6,78E-03	2,1	2,1
Krysen	2,59E+01	5,57E-01	2,53E+01	6,18E-03	2,0	2,0
Benzo(b)fluoranten	1,81E+01	1,80E-01	1,79E+01	1,88E-02	2,1	2,1
Benzo(k)fluoranten	1,32E+01	1,35E-01	1,31E+01	3,86E-03	2,1	2,1
Benzo(a)pyren	1,57E+01	1,53E-01	1,55E+01	6,28E-03	2,1	2,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8,97E+00	2,93E-02	8,92E+00	1,12E-02	2,1	2,1
Dibenzo(a,h)antracen	2,67E+00	1,04E-02	2,66E+00	2,51E-03	2,1	2,1
Benzo(ghi)perylene	1,07E+01	7,98E-02	1,06E+01	8,16E-03	2,1	2,1

I Figur 12 er relativ betydning av de tre spredningsveiene vist. For metallene skyldes størstedelen av spredningen oppvirvling fra skipspropeller. For PAH ser det ut til å være en tendens til at med økende molekylstørrelse skjer spredning i økende grad ved oppvirvling fra skipspropeller, og at diffusjon også er en viktig spredningsmåte for de mindre PAH-forbindelsene.



Figur 12. Prosentvis fordeling av miljøgiftspredning på de tre spredningsveiene diffusjon (F_{diff} -blå), propelloppvirvling (F_{skip} -grønn) og gjennom næringskjeden (F_{org} -gul) i området utenfor Rana Industriterminal.

I Tabell 22 er beregnede flukser og beregnet utlekking fra hele området vist.

Tabell 22. Beregnet samlet spredning av miljøgifter (F_{tot}) fra biodiffusjon, propelloppvirvling og gjennom næringskjeden. Beregnet spredning fra hele delområdet pr år (U_{tot}), og beregnet spredning fra biodiffusjon (F_{diff}) per år.

Stoff	F_{tot} , middel kg/m ² /år	U_{tot} Rana Industriterminal kg/år	F_{diff} kg/m ² /år	F_{diff} Rana Industriterminal kg/år
Bly	0,016522	1255,7	3,410E-05	2,592
Kadmium	0,000112	8,5	2,081E-07	0,016
Kobber	0,002529	192,2	2,249E-05	1,710
Sink	0,200526	15240,0	6,520E-04	49,551
Naftalen	0,000092	7,00	7,603E-05	5,779
Acenaftylene	0,000002	0,13	1,221E-06	0,093
Acenaften	0,000025	1,90	1,507E-05	1,145
Fluoren	0,000019	1,44	9,218E-06	0,701
Fenantren	0,000069	5,25	2,079E-05	1,580
Antracen	0,000019	1,43	4,912E-06	0,373
Fluoranten	0,000046	3,53	2,859E-06	0,217
Pyren	0,000039	2,94	5,290E-06	0,402
Benzo(a)antracen	0,000024	1,85	4,194E-07	0,032
Krysen	0,000026	1,96	5,574E-07	0,042
Benzo(b)fluoranten	0,000018	1,38	1,804E-07	0,014
Benzo(k)fluoranten	0,000013	1,00	1,347E-07	0,010
Benzo(a)pyren	0,000016	1,19	1,527E-07	0,012
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,000009	0,68	2,928E-08	0,002
Dibenzo(a,h)antracen	0,000003	0,20	1,042E-08	0,001
Benzo(ghi)perylene	0,000011	0,81	7,976E-08	0,006
sum PAH16	0,000430	32,71	1,370E-04	10,409

Beregningen fra regnearket til risikoveilederen gir at det årlig lekker ut 32,7 kg PAH16 fra området utenfor Rana Industriterminal, og at 10,4 kg PAH16 årlig lekker ut fra sedimentet utenfor Rana Industriterminal som følge av biodiffusjon.

Målingene fra utlekkingsforsøket (Tabell 6) er brukt til å beregne fluks av PAH, og utlekking (biodiffusjon) fra hele delområdet (Tabell 23).

Tabell 23. Beregnet fluks av PAH ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$), og beregnet mengde PAH som årlig lekker ut av området utenfor Rana Industriterminal via biodiffusjon. Beregningene er gjort ved analyse av passive prøvetakere (LDPEer) brukt i utlekkingsstest med sediment tatt utenfor Rana Industriterminal.

	Sum PAH16	Sum PAH16
	utlekking	utlekking
	$\text{kg}/\text{m}^2/\text{år}$	$\text{kg}/\text{år}$ for delområdet
RIT1	4,12E-08	0,0031
RIT2	4,86E-08	0,0037
RIT3	5,59E-08	0,0042

Beregning av utlekking av PAH med resultater fra utlekkingsforsøket gir langt lavere verdier enn det som kommer fram ved bruk av regnearket til risikoveilederen. Ut fra utlekkingsforsøket lekker det 0,0031-0,0042 kg PAH16 pr år fra sedimentene utenfor Rana Industriterminal som følge av biodiffusjon, mens regnearket for risikovurderingen gir at det lekker ut 10,4 kg pr år som følge av biodiffusjon.

Risiko for effekter på human helse

Det er vanlig å bedømme risikoen for skade på human helse både gjennom konsum av sjømat som kan ha mottatt miljøgifter fra sedimentene og gjennom kontakt med miljøgifter i vann og suspendert sediment (bading) Tabell 24 viser beregnet samlet livstidseksposering til miljøgifter fra sedimentene, og hvorvidt denne overskrider vedtatte/anbefalte grenseverdier for slik eksponering. Det legges vekt på hvorvidt gjennomsnittsnivået i sedimentet gir overskridelse. Det er stor overskridelse for benzo(a)pyren (kreftfremkallende), og noe mindre overskridelser for åtte av de andre PAH-forbindelsene. Det er også overskridelser for bly og sink. Sediment i dette området utgjør derfor en risiko for skade på human helse.

Tabell 24. Rana Industriterminal. Beregnet total livstidseksposering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	3,57E-02	1,27E-02	3,60E-04	99,3	35,2
Kadmium	1,80E-05	6,27E-06	5,00E-05		
Kobber	4,15E-03	2,19E-03	5,00E-03		
Sink	1,83E+00	6,26E-01	3,00E-02	61,0	20,9
Naftalen	1,34E-02	5,87E-03	4,00E-03	3,3	1,5
Acenaftylen	6,02E-04	5,30E-04			
Acenaften	1,97E-02	9,85E-03			
Fluoren	1,64E-02	8,05E-03			
Fenantren	5,61E-02	3,00E-02	4,00E-03	14,0	7,5
Antracen	1,34E-02	6,77E-03	4,00E-03	3,3	1,7
Fluoranten	3,68E-02	2,21E-02	5,00E-03	7,4	4,4
Pyren	4,33E-02	2,59E-02			
Benzo(a)antracen	1,23E-02	8,49E-03	5,00E-04	24,7	17,0
Krysen	2,89E-02	2,10E-02	5,00E-03	5,8	4,2
Benzo(b)fluoranten	1,37E-02	1,13E-02			
Benzo(k)fluoranten	1,17E-02	8,44E-03	5,00E-04	23,3	16,9
Benzo(a)pyren	1,30E-02	9,56E-03	2,30E-06	5654,5	4158,3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,33E-03	1,96E-03	5,00E-04	4,7	3,9
Dibenzo(a,h)antracen	8,58E-04	7,00E-04			
Benzo(ghi)perylen	5,99E-03	5,33E-03	3,00E-03	2,0	1,8

4.9 Risikovurdering av området utenfor Bulkterminalen

4.9.1 Trinn 1

Resultatene fra kjemisk karakterisering viser at gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber og de fleste PAH-forbindelsene overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sedimentet (Tabell 25).

Tabell 25. Målte sedimentkonsentrasjoner i området utenfor Bulkterminalen (maksimums- og gjennomsnittskonsentrasjon) og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdiene i Trinn 1. Tomme celler: ingen overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	3	17,3	17,1	83		
Kadmium	3	0,12	0,11	2,6		
Kobber	3	76	74,33	51	1,49	1,46
Sink	3	94	91	360		
Naftalen	3	0,39	0,27	0,29	1,34	
Acenaftilen	3	0,11	0,07	0,033	3,33	2,11
Acenaften	3	0,23	0,15	0,16	1,44	
Fluoren	3	0,4	0,25	0,26	1,54	
Fenantren	3	1,5	0,97	0,50	3,00	1,94
Antracen	3	0,83	0,46	0,031	26,77	14,73
Fluoranten	3	2,1	1,42	0,17	12,35	8,33
Pyren	3	2,2	1,27	0,28	7,86	4,55
Benzo(a)antracen	3	1,8	1,27	0,06	30,00	21,15
Krysen	3	2,1	1,44	0,28	7,50	5,15
Benzo(b)fluoranten	3	1,2	0,95	0,24	5,00	3,96
Benzo(k)fluoranten	3	0,78	0,65	0,21	3,71	3,07
Benzo(a)pyren	3	1,1	0,82	0,42	2,62	1,95
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3	0,45	0,37	0,047	9,57	7,92
Dibenzo(a,h)antracen	3	0,17	0,13	0,59		
Benzo(ghi)perylene	3	0,45	0,39	0,021	21,43	18,78

4.9.2 Trinn 2

For flere av parameterverdiene som inngår i beregningene i Trinn 2 ble sjablongverdiene i veilederen erstattet av stedsspesifikke verdier for delområdet (Tabell 26). Det er brukt nye verdier for TOC i risikovurderingene, ellers er det brukt de samme stedsspesifikke parameterverdiene som i forrige undersøkelse. (Øxnevad & Bakke 2013).

Tabell 26. Stedsspesifikke parameterverdier brukt i risikoberegningene under Trinn 2 for området utenfor Bulkterminalen.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi
Totalt organisk karbon (TOC) %	1	2,6
Totalt sedimentareal, m ²	Ingen standard	54000
Vannvolum, m ³	Ingen standard	540000
Oppholdstid av vannet, år	Ingen standard	0,0082
Antall skipsanløp per år	Ingen standard	166
Trasélengde for skipsanløp, m	120	180
Oppvirvlet sediment per anløp, kg	Ingen standard	1000
Bunnareal påvirket av oppvirvling	Ingen standard	54000
Fraksjon leire i sedimentet	Ingen standard	0,4

Estimert miljøgiftspredning totalt og via de tre transportveiene (biodiffusjon, resuspensjon fra propeller og transport i næringskjeden) er gitt i Tabell 27.

Det finnes ikke omforente akseptkriterier for spredning av miljøgifter, bare for konsekvenser av spredningen i form av risiko for human helse og økosystemet. I risikoveilederen sammenliknes spredningen med tilsvarende spredning fra et sediment som akkurat tilfredsstillende Trinn 1. Resultatene (Tabell 27) viser at de samme stoffene som overskrider grenseverdiene i Trinn 1 også overskrider spredningen fra et slikt sediment.

Tabell 27. Bulkterminalen. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m² og år) fra sedimentene samlet via biodiffusjon (F_{diff}), propeloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), spredning utenom propeloppvirvling, og faktor for overskridelse av total spredning i forhold til et sediment som tilfredsstillende Trinn 1.

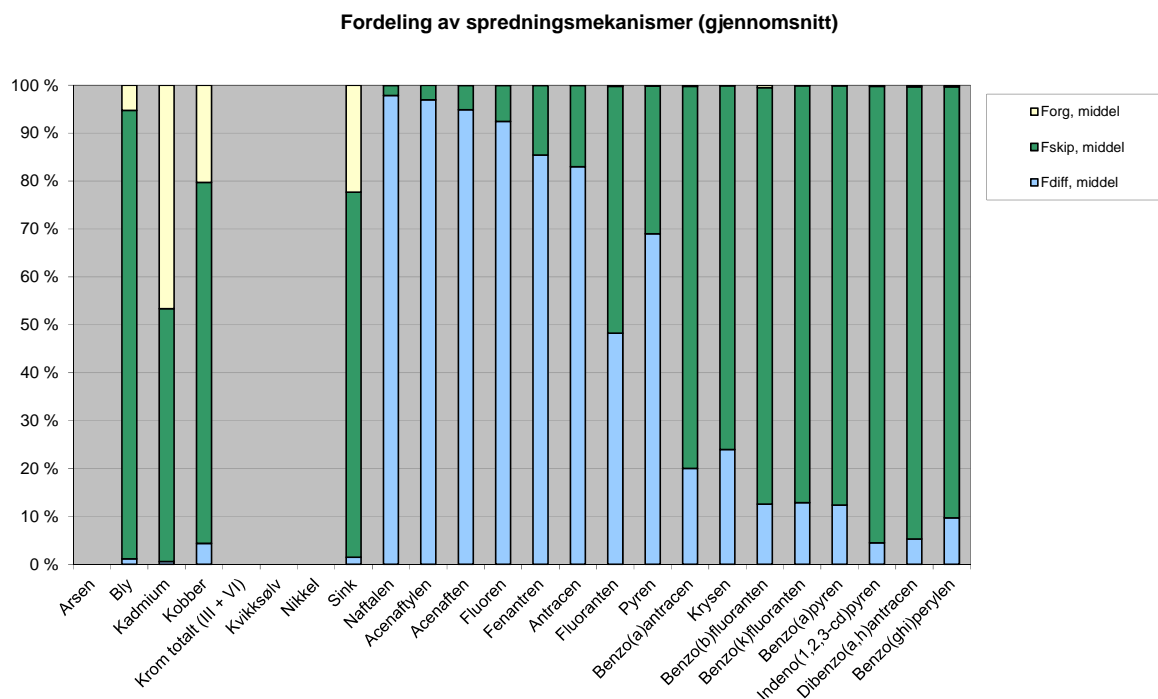
Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F_{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks (mg/m ² /år)	Middel (mg/m ² /år)	$F_{tot, maks}$ (mg/m ² /år)	$F_{tot, middel}$ (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Bly	1,46E+01	4,30E+00	7,85E+01	6,74E+01	3,10E+02		
Kadmium	6,76E-01	3,74E-01	1,12E+00	7,93E-01	9,70E+00		
Kobber	2,13E+02	8,99E+01	4,93E+02	3,64E+02	1,99E+02	2,47	1,83
Sink	2,12E+02	1,05E+02	5,59E+02	4,41E+02	1,36E+03		
Naftalen	7,33E+01	5,13E+01	7,58E+01	5,31E+01	1,45E+02		
Acenaftalen	9,22E+00	5,84E+00	9,77E+00	6,19E+00	7,62E+00	1,28	
Acenaften	7,94E+00	5,33E+00	8,92E+00	5,98E+00	1,57E+01		
Fluoren	7,96E+00	4,99E+00	9,58E+00	6,01E+00	1,54E+01		
Fenantren	1,27E+01	8,18E+00	1,84E+01	1,19E+01	1,40E+01	1,32	
Antracen	5,68E+00	3,12E+00	8,85E+00	4,87E+00	7,22E-01	12,25	6,74
Fluoranten	2,61E+00	1,75E+00	1,04E+01	7,01E+00	1,43E+00	7,27	4,90
Pyren	6,64E+00	3,83E+00	1,49E+01	8,61E+00	3,91E+00	3,81	2,20
Benzo(a)antracen	6,29E-01	4,24E-01	7,28E+00	5,11E+00	3,35E-01	21,73	15,26
Krysen	8,72E-01	5,94E-01	8,64E+00	5,92E+00	2,02E+00	4,28	2,94
Benzo(b)fluoranten	2,76E-01	1,96E-01	4,71E+00	3,71E+00	1,45E+00	3,25	2,56
Benzo(k)fluoranten	1,59E-01	1,26E-01	3,04E+00	2,51E+00	1,28E+00	2,38	1,96
Benzo(a)pyren	2,13E-01	1,52E-01	4,28E+00	3,17E+00	2,51E+00	1,70	1,26
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,60E-02	2,56E-02	1,70E+00	1,40E+00	2,11E-01	8,04	6,63
Dibenzo(a,h)antracen	1,66E-02	1,10E-02	6,44E-01	4,93E-01	2,74E+00		
Benzo(ghi)perylene	7,68E-02	5,97E-02	1,74E+00	1,52E+00	1,16E-01	14,99	13,07

Som kontroll på om beregnet spredning er sannsynlig er det regnet ut tiden det vil ta å tømme lageret av miljøgiftene i de øvre 10 cm av sedimentet med denne spredningen (Tabell 28). Lave tømmetider tilsier at Trinn 2 overestimerer spredningen for en rekke av miljøgiftene. Dette synes å være tilfelle for de minste PAH-forbindelsene, som her har tømmetider på under 5 år.

Tabell 28. Området utenfor Bulkterminalen. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m^2 og år) fra sedimentene samlet, via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), og anslått tid for å tømme de øvre 10 cm av sedimentet for et stoff med de beregnede spredningshastighetene.

Stoff	Beregnet middel spredning				Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	$F_{\text{tot, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{diff, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{skip, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	$F_{\text{org, middel}}$ [$\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$]	Max	Middel
Bly	6,74E+01	7,68E-01	6,31E+01	3,53E+00	10,0	11,5
Kadmium	7,93E-01	4,62E-03	4,18E-01	3,70E-01	4,9	6,5
Kobber	3,64E+02	1,60E+01	2,74E+02	7,39E+01	7,0	9,3
Sink	4,41E+02	6,45E+00	3,36E+02	9,83E+01	7,7	9,4
Naftalen	5,31E+01	5,13E+01	1,75E+00	4,31E-02	0,2	0,2
Acenaftilen	6,19E+00	5,84E+00	3,52E-01	8,53E-04	0,5	0,5
Acenaften	5,98E+00	5,32E+00	6,58E-01	4,60E-03	1,2	1,2
Fluoren	6,01E+00	4,99E+00	1,01E+00	2,77E-03	1,9	1,9
Fenantren	1,19E+01	8,17E+00	3,73E+00	1,04E-02	3,7	3,7
Antracen	4,87E+00	3,12E+00	1,74E+00	1,42E-03	4,3	4,3
Fluoranten	7,01E+00	1,73E+00	5,26E+00	2,38E-02	9,2	9,2
Pyren	8,61E+00	3,81E+00	4,77E+00	2,61E-02	6,7	6,7
Benzo(a)antracen	5,11E+00	4,09E-01	4,69E+00	1,43E-02	11,2	11,3
Krysen	5,92E+00	5,85E-01	5,33E+00	8,25E-03	11,1	11,1
Benzo(b)fluoranten	3,71E+00	1,76E-01	3,51E+00	1,95E-02	11,6	11,7
Benzo(k)fluoranten	2,51E+00	1,22E-01	2,38E+00	3,49E-03	11,7	11,7
Benzo(a)pyren	3,17E+00	1,48E-01	3,02E+00	4,18E-03	11,7	11,7
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,40E+00	2,24E-02	1,37E+00	3,20E-03	12,1	12,1
Dibenzo(a,h)antracen	4,93E-01	9,41E-03	4,82E-01	1,63E-03	12,0	12,1
Benzo(ghi)perylene	1,52E+00	5,45E-02	1,46E+00	5,26E-03	11,8	11,8

I Figur 13 er relativ betydning av de tre spredningsveiene vist. For metallene skyldes størstedelen av spredningen oppvirvling fra skipspropeller, men det skjer også spredning gjennom næringskjeden. For PAH ser det ut til å være en tendens til at med økende molekylstørrelse skjer spredning i økende grad ved oppvirvling fra skipspropeller, og at diffusjon er viktigste spredningsmåte for de mindre PAH-forbindelsene.



Figur 13. Prosentvis fordeling av miljøgiftspredning på de tre spredningsveiene diffusjon (F_{diff} -blå), propelloppvirling (F_{skip} -grønn) og gjennom næringskjeden (F_{org} -gul) i området utenfor Bulkterminalen.

I Tabell 29 er beregnede flukser og beregnet utlekking fra hele området vist.

Tabell 29. Beregnet samlet spredning av miljøgifter (F_{tot}) fra biodiffusjon, propelloppvirling og gjennom næringskjeden. Beregnet spredning fra hele delområdet pr år (U_{tot}), og beregnet spredning fra biodiffusjon (F_{diff}) per år.

Stoff	F_{tot} , middel kg/m ² /år	U_{tot} Bulkterminalen kg/år	F_{diff} kg/m ² /år	F_{diff} Bulkterminalen kg/år
Bly	6,7393E-05	3,64	7,6826E-07	0,0415
Kadmium	7,9259E-07	0,04	4,6156E-09	0,0002
Kobber	3,6437E-04	19,68	1,6011E-05	0,8646
Sink	4,4053E-04	23,79	6,4529E-06	0,3485
Naftalen	5,3067E-05	2,87	5,127E-05	2,7686
Acenaftylene	6,1885E-06	0,33	5,8356E-06	0,3151
Acenaften	5,9848E-06	0,32	5,3226E-06	0,2874
Fluoren	6,0059E-06	0,32	4,9899E-06	0,2695
Fenantren	1,1908E-05	0,64	8,1694E-06	0,4411
Antracene	4,8667E-06	0,26	3,1232E-06	0,1687
Fluoranten	7,0115E-06	0,38	1,727E-06	0,0933
Pyren	8,6082E-06	0,46	3,8082E-06	0,2056
Benzo(a)antracene	5,1139E-06	0,28	4,0944E-07	0,0221
Krysen	5,9221E-06	0,32	5,8535E-07	0,0316
Benzo(b)fluoranten	3,7081E-06	0,20	1,7629E-07	0,0095
Benzo(k)fluoranten	2,5093E-06	0,14	1,2241E-07	0,0066
Benzo(a)pyren	3,1721E-06	0,17	1,4813E-07	0,0080
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,3997E-06	0,08	2,2446E-08	0,0012
Dibenzo(a,h)antracene	4,9329E-07	0,03	9,4138E-09	0,0005
Benzo(ghi)perylene	1,5157E-06	0,08	5,4459E-08	0,0029
sum PAH16	1,2747E-04	6,88	3,4504E-05	1,8632

Beregningen fra regnearket til risikoveilederen gir at det årlig lekker ut 6,88 kg PAH16 fra området utenfor Bulkterminalen, og at 1,86 kg av disse lekker ut fra sedimentet via biodiffusjon. Det er også beregnet høy spredning av bly (3,64 kg/år, kobber (19,7 kg/år) og sink (23,8 kg/år).

Målingene fra utlekkingsforsøket (Tabell 6) er brukt til å beregne fluks av PAH, og utlekking (biodiffusjon) fra hele delområdet (Tabell 30).

Tabell 30. Beregnet fluks av PAH (mg/m²/år), og beregnet mengde PAH som årlig lekker ut av området utenfor Bulkterminalen via biodiffusjon. Beregningene er gjort ved analyse av passive prøvetakere (LDPEer) brukt i utlekkingstest med sediment tatt utenfor Bulkterminalen.

	Sum PAH16	Sum PAH16
	utlekking	utlekking
	kg/m ² /år	kg/år for delområdet
BT1	9,98E-08	0,0054
BT2	7,25E-08	0,0039
BT3	3,73E-08	0,0020

Beregning av utlekking av PAH med resultater fra utlekkingsforsøket gir langt lavere verdier enn det som kommer fram ved bruk av regnearket til risikoveilederen. Ut fra utlekkingsforsøket lekker det 0,002-0,0054 kg PAH16 pr år fra sedimentene utenfor Bulkterminalen som følge av biodiffusjon, mens regnearket for risikovurderingen gir at det lekker ut 1,86 kg pr år som følge av biodiffusjon.

Risiko for effekter på human helse

Det er vanlig å bedømme risikoen for skade på human helse både gjennom konsum av sjømat som kan ha mottatt miljøgifter fra sedimentene og gjennom kontakt med miljøgifter i vann og suspendert sediment (bading). Tabell 31 viser beregnet samlet livstidseksposering til miljøgifter fra sedimentene, og hvorvidt denne overskrider vedtatte/anbefalte grenseverdier for slik eksponering. Det legges vekt på hvorvidt gjennomsnittsnivået i sedimentet gir overskridelse. Det er stor overskridelse for benzo(a)pyren (kreftfremkallende), og noe mindre overskridelser for åtte av de andre PAH-forbindelsene. Sediment i dette området utgjør derfor en risiko for skade på human helse.

Tabell 31. Bulkterminalen. Beregnet total livstidseksposering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	2,89E-04	2,85E-04	3,60E-04		
Kadmium	1,47E-07	1,39E-07	5,00E-05		
Kobber	1,59E-03	1,56E-03	5,00E-03		
Sink	6,40E-03	6,19E-03	3,00E-02		
Naftalen	5,65E-03	3,96E-03	4,00E-03	1,4	
Acenaftylen	4,00E-03	2,53E-03			
Acenaften	5,19E-03	3,48E-03			
Fluoren	6,94E-03	4,36E-03			
Fenantren	1,82E-02	1,18E-02	4,00E-03	4,6	2,9
Antracen	7,83E-03	4,31E-03	4,00E-03	2,0	1,1
Fluoranten	1,98E-02	1,34E-02	5,00E-03	4,0	2,7
Pyren	3,23E-02	1,87E-02			
Benzo(a)antracen	1,18E-02	8,28E-03	5,00E-04	23,5	16,6
Krysen	3,21E-02	2,21E-02	5,00E-03	6,4	4,4
Benzo(b)fluoranten	1,39E-02	1,10E-02			
Benzo(k)fluoranten	9,27E-03	7,67E-03	5,00E-04	18,5	15,3
Benzo(a)pyren	1,25E-02	9,28E-03	2,30E-06	5425,9	4033,2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,81E-03	1,50E-03	5,00E-04	3,6	3,0
Dibenzo(a,h)antracen	8,23E-04	6,32E-04			
Benzo(ghi)perylene	4,15E-03	3,64E-03	3,00E-03	1,4	1,2

4.10 Risikovurdering av området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber

4.10.1 Trinn 1

Resultatene fra kjemisk karakterisering viser at konsentrasjonen av bare to av PAH-forbindelser overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sedimentet (Tabell 32). Overskridelsen for disse er lav (faktor < 2).

Tabell 32. Målte sedimentkonsentrasjoner i området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdiene i Trinn 1. Tomme celler: ingen overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	2	8,7	7,05	83		
Kadmium	2	0,0643	0,05065	2,6		
Sink	2	58,33	50,165	360		
Naftalen	2	0,0323	0,02115	0,29		
Acenaftylen	2	0,0113	0,01065	0,033		
Acenaften	2	0,014	0,012	0,16		
Fluoren	2	0,138	0,074	0,26		
Fenantren	2	0,104	0,057	0,50		
Antracen	2	0,0387	0,02435	0,031	1,25	
Fluoranten	2	0,156	0,086	0,17		
Pyren	2	0,122	0,0675	0,28		
Benzo(a)antracen	2	0,117	0,0675	0,06	1,95	1,13
Krysen	2	0,158	0,092	0,28		
Benzo(b)fluoranten	2	0,118	0,0725	0,24		
Benzo(k)fluoranten	2	0,0736	0,0438	0,21		
Benzo(a)pyren	2	0,0926	0,0558	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2	0,051	0,0305	0,047	1,09	
Dibenzo(a,h)antracen	2	0,0153	0,01265	0,59		
Benzo(ghi)perylene	2	0,0627	0,03885	0,021	2,99	1,85

4.10.2 Trinn 2

For flere av parameterverdiene som inngår i beregningene i Trinn 2 ble sjablongverdiene i veilederen erstattet av stedsspesifikke verdier for delområdet (Tabell 33). Det er brukt nye verdier for TOC i risikovurderingene, ellers er det brukt de samme stedsspesifikke parameterverdiene som i forrige undersøkelse. (Øxnevad & Bakke 2013).

Tabell 33. Stedsspesifikke parameterverdier brukt i risikoberegningene under Trinn 2 for området utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber.

Parameter	Sjablongverdi	Anvendt verdi
Totalt organisk karbon (TOC) %	1	1,05
Totalt sedimentareal, m ²	Ingen standard	42000
Vannvolum, m ³	Ingen standard	630000
Oppholdstid av vannet, år	Ingen standard	0,0082
Antall skipsanløp per år	Ingen standard	90
Trasélengde for skipsanløp, m	120	175
Oppvirket sediment per anløp, kg	Ingen standard	1000
Bunnareal påvirket av oppvirkning	Ingen standard	42000
Fraksjon leire i sedimentet	Ingen standard	0,4

Estimert miljøgiftspredning totalt og via de tre transportveiene (biodiffusjon, resuspensjon fra propeller og transport i næringskjeden) er gitt i Tabell 34.

Det finnes ikke omforente akseptkriterier for spredning av miljøgifter, bare for konsekvenser av spredningen i form av risiko for human helse og økosystemet. I risikoveilederen sammenliknes spredningen med tilsvarende spredning fra et sediment som akkurat tilfredsstillende Trinn 1. Resultatene (Tabell 34) viser at maksimumsnivået av tre PAH-forbindelser overskrider grenseverdiene i Trinn 1 for spredningen fra et slikt sediment. Ut fra gjennomsnittsnivå er det bare en svak overskridelse for benzo(ghi)perylene.

Tabell 34. Terminalanlegget til Rana Gruber. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m² og år) fra sedimentene samlet via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirkning (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), spredning utenom propelloppvirkning, og faktor for overskridelse av total spredning i forhold til et sediment som tilfredsstillende Trinn 1.

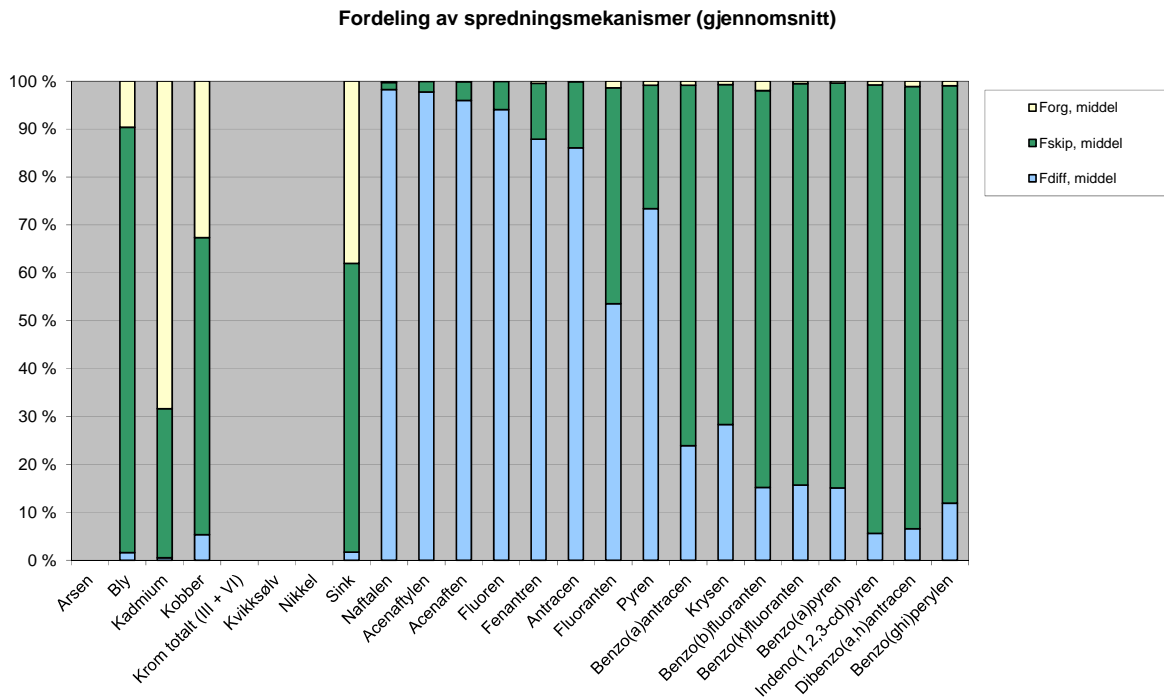
Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirkning ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirkning ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	Maks (mg/m ² /år)	Middel (mg/m ² /år)	F _{tot, maks} (mg/m ² /år)	F _{tot, middel} (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Bly	3,62	2,22	25,38	19,85	211,34		
Kadmium	0,59	0,28	0,75	0,41	6,61		
Sink	112,40	82,69	258,27	208,14	927,32		
Naftalen	15,08	9,85	15,31	10,00	144,22		
Acenaftalen	2,35	2,21	2,40	2,26	7,54		
Acenaften	1,20	1,03	1,25	1,07	15,48		
Fluoren	6,80	3,64	7,22	3,87	14,97		
Fenantren	2,19	1,19	2,47	1,35	13,30		
Antracen	0,66	0,41	0,76	0,48	0,68	1,12	
Fluoranten	0,49	0,27	0,89	0,48	1,23		
Pyren	0,92	0,51	1,24	0,68	3,56		
Benzo(a)antracen	0,10	0,06	0,39	0,23	0,26	1,49	
Krysen	0,16	0,09	0,56	0,33	1,68		
Benzo(b)fluoranten	0,06	0,04	0,36	0,22	1,16		
Benzo(k)fluoranten	0,04	0,02	0,22	0,13	1,03		
Benzo(a)pyren	0,04	0,03	0,27	0,17	2,01		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,01	0,01	0,14	0,08	0,16		
Dibenzo(a,h)antracen	0,00	0,00	0,04	0,03	2,04		
Benzo(ghi)perylene	0,02	0,01	0,18	0,11	0,09	1,99	1,23

Som kontroll på om beregnet spredning er sannsynlig er det regnet ut tiden det vil ta å tømme lageret av miljøgiftene i de øvre 10 cm av sedimentet med denne spredningen (Tabell 35). Lave tømmetider tilsier at Trinn 2 overestimerer spredningen for en rekke av miljøgiftene. Dette synes å være tilfelle for de minste PAH-forbindelsene, som her har tømmetider på under 5 år.

Tabell 35. Området utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber. Beregnet miljøgiftspredning (mg/m² og år) fra sedimentene samlet, via biodiffusjon (F_{diff}), propelloppvirvling (F_{skip}) og gjennom næringskjeden (F_{org}), og anslått tid for å tømme de øvre 10 cm av sedimentet for et stoff med de beregnede spredningshastighetene.

Stoff	Beregnet middel spredning				Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, t_{tom} (år)	
	F_{tot} , middel [mg/m ² /år]	F_{diff} , middel [mg/m ² /år]	F_{skip} , middel [mg/m ² /år]	F_{org} , middel [mg/m ² /år]	Max	Middel
Bly	1,98E+01	3,17E-01	1,76E+01	1,90E+00	15,6	16,2
Kadmium	4,07E-01	2,06E-03	1,27E-01	2,79E-01	3,9	5,7
Kobber	1,32E+02	7,04E+00	8,17E+01	4,31E+01	11,3	11,3
Sink	2,08E+02	3,56E+00	1,25E+02	7,91E+01	10,3	11,0
Naftalen	1,00E+01	9,82E+00	1,50E-01	2,67E-02	0,1	0,1
Acenaftalen	2,26E+00	2,21E+00	5,10E-02	4,17E-04	0,2	0,2
Acenaften	1,07E+00	1,02E+00	4,15E-02	1,29E-03	0,5	0,5
Fluoren	3,87E+00	3,64E+00	2,28E-01	1,51E-03	0,9	0,9
Fenantren	1,35E+00	1,19E+00	1,57E-01	6,05E-03	1,9	1,9
Antracen	4,79E-01	4,12E-01	6,60E-02	6,19E-04	2,3	2,3
Fluoranten	4,85E-01	2,60E-01	2,19E-01	6,60E-03	8,0	8,1
Pyren	6,81E-01	5,00E-01	1,76E-01	5,69E-03	4,5	4,5
Benzo(a)antracen	2,25E-01	5,39E-02	1,70E-01	1,88E-03	13,6	13,6
Krysen	3,26E-01	9,25E-02	2,31E-01	2,34E-03	12,8	12,8
Benzo(b)fluoranten	2,19E-01	3,33E-02	1,82E-01	4,29E-03	14,9	15,0
Benzo(k)fluoranten	1,31E-01	2,06E-02	1,10E-01	6,54E-04	15,2	15,2
Benzo(a)pyren	1,66E-01	2,50E-02	1,40E-01	6,22E-04	15,3	15,3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8,15E-02	4,55E-03	7,63E-02	6,46E-04	17,0	17,0
Dibenzo(a,h)antracen	3,43E-02	2,26E-03	3,17E-02	3,90E-04	16,7	16,8
Benzo(ghi)perylene	1,12E-01	1,33E-02	9,74E-02	1,08E-03	15,8	15,8

I Figur 14 er relativ betydning av de tre spredningsveiene vist. For metallene skyldes størstedelen av spredningen oppvirvling fra skipspropeller, men det skjer også betydelig spredning gjennom næringskjeden. For PAH ser det ut til å være en tendens til at med økende molekylstørrelse skjer spredning i økende grad ved oppvirvling fra skipspropeller, og at diffusjon er viktigste spredningsmåte for de mindre PAH-forbindelsene.



Figur 14. Prosentvis fordeling av miljøgiftspredning på de tre spredningsveiene diffusjon (F_{diff} -blå), propelloppvirvling (F_{skip} -grønn) og gjennom næringskjeden (F_{org} -gul) i området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber.

I Tabell 36 er beregnede flukser og beregnet utlekking fra hele området vist.

Tabell 36. Beregnet samlet spredning av miljøgifter (F_{tot}) fra biodiffusjon, propelloppvirvling og gjennom næringskjeden. Beregnet spredning fra hele delområdet pr år (U_{tot}), og beregnet spredning fra biodiffusjon (F_{diff}) per år.

Stoff	F_{tot} , middel kg/m ² /år	U_{tot} Rana Gruber kg/år	F_{diff} kg/m ² /år	F_{diff} Rana Gruber kg/år
Bly	1,985E-05	0,834	3,1674E-07	0,0133
Kadmium	4,072E-07	0,017	2,0627E-09	0,0001
Kobber	1,318E-04	5,537	7,0358E-06	0,2955
Sink	2,081E-04	8,742	3,5572E-06	0,1494
Naftalen	1,000E-05	0,420	9,8234E-06	0,4126
Acenaftylene	2,260E-06	0,095	2,2090E-06	0,0928
Acenaften	1,068E-06	0,045	1,0248E-06	0,0430
Fluoren	3,872E-06	0,163	3,6428E-06	0,1530
Fenantren	1,352E-06	0,057	1,1887E-06	0,0499
Antracene	4,790E-07	0,020	4,1237E-07	0,0173
Fluoranten	4,847E-07	0,020	2,5960E-07	0,0109
Pyren	6,811E-07	0,029	4,9989E-07	0,0210
Benzo(a)antracene	2,254E-07	0,009	5,3929E-08	0,0023
Krysen	3,263E-07	0,014	9,2539E-08	0,0039
Benzo(b)fluoranten	2,193E-07	0,009	3,3278E-08	0,0014
Benzo(k)fluoranten	1,311E-07	0,006	2,0573E-08	0,0009
Benzo(a)pyren	1,656E-07	0,007	2,5031E-08	0,0011
Indeno(1,2,3-cd)pyren	8,153E-08	0,003	4,5530E-09	0,0002
Dibenzo(a,h)antracene	3,431E-08	0,001	2,2567E-09	0,0001
Benzo(ghi)perylene	1,117E-07	0,005	1,3286E-08	0,0006
sum PAH16	2,149E-05	0,903	1,9306E-05	0,8109

Beregningen fra regnearket til risikoveilederen gir at det årlig lekker ut 0,9 kg PAH16 fra området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber, og at 0,8 kg av disse lekker ut fra sedimentet via biodiffusjon. Beregningene viser også at det årlig spres 5,5 kg kobber og 8,7 kg sink fra dette sedimentområdet.

Målingene fra utlekkingsforsøket (Tabell 6) er brukt til å beregne fluks av PAH, og utlekking (biodiffusjon) fra hele delområdet (Tabell 37).

Tabell 37. Beregnet fluks av PAH ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{år}$), og beregnet mengde PAH som årlig lekker ut av området utenfor terminalanlegget til Rana Gruber via biodiffusjon. Beregningene er gjort ved analyse av passive prøvetakere (LDPEer) brukt i utlekkingsstest med sediment tatt utenfor terminalanlegget til Rana Gruber.

	Sum PAH16	Sum PAH16
	utlekking	utlekking
	$\text{kg}/\text{m}^2/\text{år}$	$\text{kg}/\text{år}$ for delområdet
RG1	3,81E-08	0,0016
RG2	3,34E-08	0,0014

Beregning av utlekking av PAH med resultater fra utlekkingsforsøket gir langt lavere verdier enn det som kommer fram ved bruk av regnearket til risikoveilederen. Ut fra utlekkingsforsøket lekker det 0,0014-0,0016 kg PAH16 pr år fra sedimentene utenfor Bulkterminalen som følge av biodiffusjon, mens regnearket for risikovurderingen gir at det lekker ut 0,81 kg pr år som følge av biodiffusjon.

Risiko for effekter på human helse

Det er vanlig å bedømme risikoen for skade på human helse både gjennom konsum av sjømat som kan ha mottatt miljøgifter fra sedimentene og gjennom kontakt med miljøgifter i vann og suspendert sediment (bading). Tabell 38. viser beregnet samlet livstidseksposering til miljøgifter fra sedimentene, og hvorvidt denne overskrider vedtatte/anbefalte grenseverdier for slik eksponering. Det legges vekt på hvorvidt gjennomsnittsnivået i sedimentet gir overskridelse. Det er stor overskridelse for benzo(a)pyren (kreftfremkallende), og mindre overskridelser for to av de andre PAH-forbindelsene. Sediment i dette området utgjør derfor en risiko for skade på human helse.

Tabell 38. Utskipningsanlegget til Rana Gruber. Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for de ulike miljøgiftene og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko.

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	1,45E-04	1,18E-04	3,60E-04		
Kadmium	7,89E-08	6,21E-08	5,00E-05		
Sink	3,97E-03	3,41E-03	3,00E-02		
Naftalen	1,16E-03	7,59E-04	4,00E-03		
Acenaftylen	1,02E-03	9,59E-04			
Acenaften	7,82E-04	6,70E-04			
Fluoren	5,93E-03	3,18E-03			
Fenantren	3,13E-03	1,72E-03	4,00E-03		
Antracen	9,04E-04	5,68E-04	4,00E-03		
Fluoranten	3,65E-03	2,01E-03	5,00E-03		
Pyren	4,43E-03	2,45E-03			
Benzo(a)antracen	1,89E-03	1,09E-03	5,00E-04	3,8	2,2
Krysen	5,99E-03	3,49E-03	5,00E-03	1,2	
Benzo(b)fluoranten	3,39E-03	2,08E-03			
Benzo(k)fluoranten	2,16E-03	1,29E-03	5,00E-04	4,3	2,6
Benzo(a)pyren	2,60E-03	1,57E-03	2,30E-06	1131,0	681,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5,08E-04	3,04E-04	5,00E-04	1,0	
Dibenzo(a,h)antracen	1,83E-04	1,52E-04			
Benzo(ghi)perylen	1,43E-03	8,87E-04	3,00E-03		

5. Diskusjon

Risikovurderingen

Risikovurderingen viser at de undersøkte områdene har sedimenter med miljøgifter i konsentrasjoner som overskrider grenseverdiene for økologiske effekter på organismer i sediment. Beregning av årlig transport av miljøgifter fra sedimentene viser at det lekker mest PAH ut fra sedimentet utenfor Rana Industriterminal (Tabell 39).

Tabell 39. Total årlig transport (kg/år) av miljøgifter fra sedimentene beregnet med regnearket fra risikoveilederen (TA 2802).

Stoff	Rana Industriterminal Utøt, kg/år	Toraneskaia Utøt, kg/år	Bulkterminalen Utøt, kg/år	Rana Gruber Utøt, kg/år
Bly	1255,7	18,4	3,64	0,834
Kadmium	8,5	0,1	0,04	0,017
Kobber	192,2	88,6	19,68	5,537
Sink	15240,0	75,2	23,79	8,742
Naftalen	7,00	0,86	2,87	0,420
Acenaftylen	0,13	0,05	0,33	0,095
Acenaften	1,90	0,35	0,32	0,045
Fluoren	1,44	0,28	0,32	0,163
Fenantren	5,25	0,83	0,64	0,057
Antracen	1,43	0,29	0,26	0,020
Fluoranten	3,53	1,25	0,38	0,020
Pyren	2,94	0,97	0,46	0,029
Benzo(a)antracen	1,85	1,27	0,28	0,009
Krysen	1,96	1,41	0,32	0,014
Benzo(b)fluoranten	1,38	1,14	0,20	0,009
Benzo(k)fluoranten	1,00	0,68	0,14	0,006
Benzo(a)pyren	1,19	0,90	0,17	0,007
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,68	0,45	0,08	0,003
Dibenzo(a,h)antracen	0,20	0,15	0,03	0,001
Benzo(ghi)perylene	0,81	0,62	0,08	0,005
sum PAH16	32,71	11,50	6,88	0,903

Resultatene ved beregning fra risikovurderingsverktøyet ga ikke samme tall for total utlekking av PAH som fra risikovurderingen fra undersøkelsen basert på prøvetaking i 2012 (Øxnevad & Bakke 2013). Dette er på grunn av forskjellige datasett for beregningene. Sedimentprøvene som ble tatt i oktober 2013 ble i hovedsak tatt nærmere kaiområdene enn prøvene som ble tatt i 2012. Det er brukt nye verdier for TOC i risikovurderingene, ellers er det brukt de samme stedsspesifikke parameterverdiene som i forrige undersøkelse. I denne undersøkelsen er det også brukt data for konsentrasjoner av miljøgifter i sedimentlevende organismer, som vi fikk fra bioakkumulasjonsforsøket. Dette gir mål på spredning via sedimentlevende organismer, istedenfor bare beregnet spredning.

Beregnet årlig transport av miljøgifter fra sedimentene utenfor Rana Industriterminal er ca tre ganger høyere enn i forrige undersøkelse (Øxnevad & Bakke 2013). Det skyldes trolig at det ble funnet høyere konsentrasjoner av PAH og metaller i sedimentprøvene. Beregningene gir sannsynligvis overestimert av spredning. Dette vises ved at anslått tid for å tømme de 10 øvre cm av sedimentene for miljøgifter er veldig lavt (mindre enn 3 år). Tilsvarende gjelder også for risikovurderingen for området utenfor Toraneskaia, hvor det ble dobbelt så høy spredning av PAH fra sedimentene enn ved forrige undersøkelse. Beregnet spredning av PAH fra områdene utenfor Bulkterminalen og utskipningsanlegget til

Rana Gruber er langt lavere enn i forrige undersøkelse. Dette skyldes mye lavere konsentrasjoner av PAH i sedimentprøvene som ble tatt i oktober 2013.

Resultatene fra utlekkingsstesten indikerer at utlekkingen av PAH-forbindelser er på et mye lavere nivå enn det som kommer fram ved beregning med regnearket til risikoveilederen (Tabell 40).

Tabell 40. Årlig transport av PAH fra sedimentet via diffusjon fra de fire områdene. Utlekking av PAH er gitt i mg pr m² per år, og i kg pr år for delområdene (beregnet med regnearket fra risikoveilederen). Utlekking av PAH er også vist i gram pr år beregnet ut fra utlekkingsstesten

	Beregnet fra regnearket til risikoveilederen		Beregnet fra utlekkingsforsøket
	sum PAH16 F _{diff} (kg/m ² /år)	sum PAH16 F _{diff} (kg/år)	sum PAH16 F _{diff-m} (kg/år)
Rana Industriterminal	0,00014	10,41	0,0018 - 0,0043
Toraneskaia	0,00027	3,56	0,0031 - 0,0042
Bulkterminalen	0,000035	1,86	0,0020 - 0,0054
Rana Gruber	0,000019	0,81	0,0014 - 0,0016

Ved bruk av resultater fra utlekkingsforsøket får vi at det lekker ut bare noen få gram PAH pr år fra sedimentområdene som følge av diffusjon. Beregningene fra regnearket gir et estimat på utlekking fra sedimentet via diffusjon på 0,81 til 10,41 kg PAH pr år, og at det totalt årlig lekker ut 0,9 til 32,7 kg PAH16 fra de fire sedimentområdene.

Det er mange skipsanløp til kaiene i Mo i Rana, og områdene utenfor kaiene er grunne. Det er imidlertid sannsynlig at oppvirvling som følge av skipstrafikk er overestimert i risikovurderingen. Under prøvetakingen utenfor kaiområdene var det vanskelig å få gode nok prøver fordi det viste seg å være svært hardt og kompakt sediment der. Dette gjaldt særlig for sedimentet utenfor utskipingsanlegget til Rana Gruber og utenfor Bulkterminalen. Der hvor det ble tatt prøver ved Toraneskaia var det imidlertid svært bløtt sediment, og der var det lett å se at store vannmasser ble svarte av oppvirvlet sediment ved skipsanløp. I Kristiansand havn er det funnet en oppvirvling på 15 til 30 kg sediment som følge av ankomende båter av tilsvarende størrelse som til Mo i Rana havn. Dette er langt lavere enn sjablongverdiene for oppvirvling av sediment i en industrihavn som benyttes i regneverktøyet her. Siden 2006 har det kommet ny versjon av veilederen for risikovurdering og regnearket for risikovurdering av forurenset sediment. Helland & Uriansrud (2006) brukte lavere estimat for antall kilo oppvirvlet sediment, og beregnet at grunnområdene i indre del av Ranfjorden tilfører vannmassene et sted mellom ca. 1,5 og 3 kg sum PAH₁₃ og ca 0,1 kg BaP per år.

De tyngre PAH-forbindelsene i marine sedimenter, særlig av pyrogen opprinnelse, er til stede i form som vanskeliggjør utveksling mellom faser. Disse er bundet veldig hardt til den partikulære fraksjonen, særlig til sot (Cornelissen & Gustafsson 2004, Cornelissen & Gustafsson 2005, Næs m.fl. 1998). Oen m.fl. (2006) observerte at fenantren, pyren og benzo(a)pyren var hardt bundet til partikler i sedimenter fra tre norske havner (Oslo, Bergen og Tromsø). De fant en positiv korrelasjon mellom ratekonstantene for den sakte og veldig sakte desorpsjonen og forholdet mellom mengde sotkarbon og totalt organisk karbon. Dessuten fant de en sammenheng mellom partikkelstørrelse og desorpsjonsegenskapene. PAH-forbindelsene i sedimentene var av hovedsakelig pyrogen opprinnelse. Det var sannsynlig at sotkarbon i sedimentene førte til vesentlig lavere konsentrasjoner av PAH løst i porevannet, enn hva en skulle forvente ut ifra kun en likevektsfordeling mellom vannet og organisk karbon i sedimentet (Oen m.fl. 2006). Analysene av sedimentprøvene tatt utenfor kaiområdene i indre del av Ranfjorden viser at det er høye konsentrasjoner av PAH-forbindelser i sedimentene utenfor Rana Industriterminal, Toraneskaia og Bulkterminalen. PAH-forbindelsene er imidlertid trolig hardt bundet til partikler.

Utlekking av PAH og metaller fra sedimentet

Boksene med sediment tatt utenfor Toraneskaia, Rana Industriterminal og Bulkterminalen hadde høye konsentrasjoner av de fire PAH-forbindelsene som utgjør PAH4: benzo[a]antracen, benzo[a]pyren, benzo[b]fluroanten og krysene. Utlekkingsforsøket viste at det var høy utlekkning av disse fire PAH-forbindelsene og flere andre av de tyngre PAH-forbindelsene. Høye konsentrasjoner av store PAH-forbindelser har blitt funnet i sedimenter i havner og fjorder som har vært påvirket av industri. Eksempler på dette er Kristiansandsfjorden (Schøyen m.fl. 2013), Årdalsfjorden (Øxnevad m.fl. 2011), Høyangsfjorden (Næs m.fl. 2012) og Vefsnfjorden (Næs m.fl. 2010).

I utlekkingsforsøket ble det målt høyest utlekkning av PAH-forbindelser fra sediment fra området utenfor Toraneskaia. Dette sedimentet var bløtere enn sedimentene fra de andre områdene. Sedimentet var også mørkere og luktet tjære. Det er sannsynlig at det akkumuleres partikler med PAH i dette området, som ligger i nærheten av utslippssted fra MIP hovedkloakk. Sedimentprøvene tatt utenfor terminalanlegget til Rana Gruber var minst forurenset av tungmetaller og PAH-forbindelser, og hadde også lavest utlekkning av PAH-forbindelser og lite metaller i porevannet. Måling med DGT-prober viste at porevann i sediment fra området utenfor Rana Industriterminal hadde høyest konsentrasjon av bly, kadmium og sink.

Opptak av PAH og metaller i organismer

Undersøkelsen viste at PAH og tungmetaller blir tatt opp i sedimentlevende dyr i Indre Ranfjorden. Sediment fra området utenfor Toraneskaia hadde høyest nivåer av PAH i børstemark og nettsnegl. Dette samsvarer godt med at det var høyest målt utlekkning av PAH fra dette sedimentet. Konsentrasjonene av PAH som ble funnet i børstemark og nettsnegl er på samme- og lavere nivå enn hva som er funnet med test med forurensete sedimenter fra f.eks Kristiansandsfjorden (Ruus, m.fl. 2005) og fra Aspevågen i Ålesund (Øxnevad & Ruus 2012).

Sediment fra området utenfor Rana Industriterminal ga høyest konsentrasjon av kadmium, kobber, bly og sink i børstemark. Det var høyest konsentrasjon av disse metallene i porevannet i sedimentet fra området utenfor Rana Industriterminal.

Blåskjell fra Toraneskaia var i 2012 markert forurenset av PAH-forbindelser (PAH16) (Øxnevad & Bakke 2013). Blåskjellene fra de andre stasjonene i undersøkelsen, bl.a. Moholmen var moderat forurenset av PAH. Green m.fl. (2013) fant også at blåskjell fra Moholmen var moderat forurenset av PAH i 2012.

Fisk har god evne til å metabolisere PAH-forbindelser og skille dem raskt ut (Neff 2002, Suedel m.fl. 1994). For å kunne gi et mål på PAH-eksponering som fisk utsettes for er det stadig vanligere å kvantifisere mengden PAH-metabolitter i gallen hos fisken (da Silva m.fl. 2006, Grung m.fl. 2009, Harman m.fl. 2009, Aas & Klungsoyr 1998). Siden flere arter kan metabolisere PAH er det generelt antatt at biomagnifisering av PAH ikke er viktig (Suedel m.fl. 1994). Det er målt lave nivåer av PAH i fisk fra Indre Ranfjorden (Green m.fl. 1992).

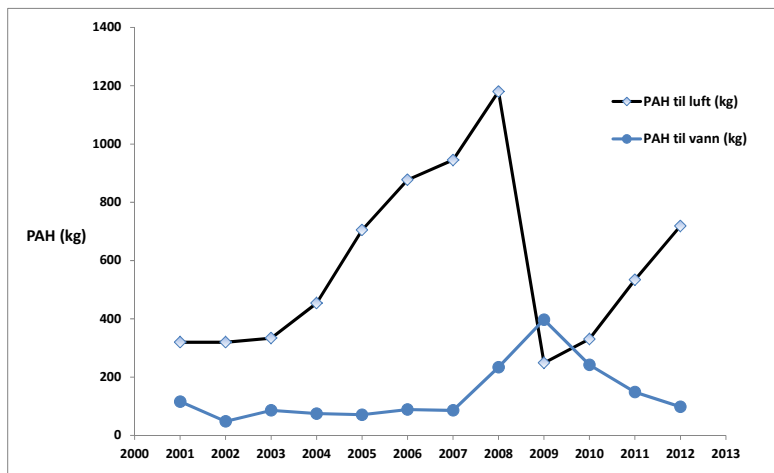
SEDFLEX-modellering

SEDFLEX-modellen er et verktøy som benyttes til å vurdere risikoen sedimentene og andre kilder representerer i forhold til kostholdsrad og hvilken effekt eventuelle tiltak kan gi. Saloranta (2006) gjorde beregninger med SEDFLEX-modellen, og kom fram til at tildekking av sedimentene i kaiområdene har ubetydelig effekt på konsentrasjonene i blåskjell som lever på 0 til 10 m dyp så lenge landbaserte PAH-utslipp ikke reduseres. Modellberegningene viste at dersom utslippene fra land elimineres er effekten veldig tydelig og konsentrasjonene i blåskjell reduseres med ca. en størrelsesorden.

Vi tror ikke at en ny SEDFLEX-modellering vil gi andre konklusjoner enn den Saloranta kom fram til i 2006.

Anbefalinger

Det slippes årlig ut betydelige mengder PAH fra industrien i Mo i Rana. I 2012 var rapportert utslipp av PAH til vann fra landbasert industri i Rana på 98,3 kg, og rapportert utslipp av PAH til luft var på 718,8 kg (Figur 15). Det anbefales at PAH-kilder fra land reduseres før det eventuelt gjøres sedimentrettede tiltak.



Figur 15. Oversikt over utslipp av PAH fra landbasert industri i Rana i perioden 2001 til 2012. Data for figuren er hentet fra www.norskeutslipp.no

Utdyping av arealer i kaiområdene for å bedre adgangen for båter vil medføre mindre oppvirvling av sediment fra skipspropeller, og dermed redusert utlekking av PAH til vannmassene. Mudring av sediment ved et lite område vil ellers trolig ha liten effekt på PAH-konsentrasjoner i blåskjell Indre Ranfjorden om ikke PAH-utslipp fra industrien reduseres.

6. Referanser

- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment, TA-2229-2007.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. & Laugesen, J. 2012. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. TA 2808/2011.
- Cornelissen, G. & Gustafsson, O. 2004, Sorption of phenanthrene to environmental black carbon in sediment with and without organic matter and native sorbates. *Environmental Science & Technology* 28 (1): 148-155.
- Cornelissen, G. & Gustafsson, O. 2005. Importance of unburned coal, black carbon, and amorphous organic carbon to phenanthrene sorption in sediments. *Environmental Science & Technology* 39(3):764-769.
- da Silva, D.A.M., Buzitis, J., Krahn, M.M., Bicego, M.C. & Pres-Vanin, A.M.S. 1994. Metabolites in bile of fishe from Sao Sebastio Channel, Sao Paulo, Brazil as biomarkers of exposure to petrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons. *Marine Pollution Bulletin* 52(2):175-183.
- EPA. 1987. Quality Criteria for Water 1986. EPA 440/5-86-001. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Goerke, H. 1971. Die Ernährungsweise der Nereis-Arten (Polychaeta Nereidae) der deutschen Küsten. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh.* 13, 1-50.
- Golmen, L. & Norli, M. 2013. Sporstoff-forsøk i Ranfjorden 2012-2013. NIVA rapport 6576-2013.
- Green, N., Knutzen, J. & Berglind, L. 1994. Undersøkelse av miljøgifter i organismer fra Ranfjorden 1992. NIVA rapport 3025-1994.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Allan, I., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.K.G., Tveiten, L. 2013. Contaminants in coastal waters of Norway 2012. Miljøgifter i kystområdene i 2012. NIVA rapport 6582-2013.
- Grung, M., Holth, T.F., Jacobsen, M.R. & Hylland, K. 2009. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Metabolites in Atlantic Cod Exposed via Water or Diet to a Synthetic Produced Water. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A-Current Issues* 72(3-4):254-265.
- Harman, C., Holth, T.F., Hylland, K., Thomas, K. & Grung, M. 2009. Relationship Between Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Accumulation in Semipermeable Membrane Devices and PAH Bile Metabolite Levels in Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A-Current Issues* 72(3-4):234-243.
- Helland, A., Bakke, T. & Molvær, J. 1995. Konsekvensvurdering av utslipp fra Koksverktomta til Ranfjorden. NIVA rapport 3311-1995.
- Helland, A. & Uriansrud, F. 2006. Kvantifisering av kilder til PAH-forurensning i indre del av Ranfjorden. NIVA rapport 5161-2006.

Hylland, K. 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) ecotoxicology in marine ecosystems. *J. Toxicol Environ Health. A* 69(1-2): 109-123.

Johnsen, T., Golmen, L., Helland, A., Rygg, B. & Sørensen, K. 2004. Miljøundersøkelser i Ranfjorden 1994-96. NIVA rapport 4366-2004.

Kirkerud, L., Bokn, T., Knutzen, J., Kvalvågnæs, K., Magnusson, J. & Skei, J. 1977. Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2. Innledende hydrografiske geokjemiske og biologiske undersøkelser. NIVA O-31/75.

Kirkerud, L., Haaksetad, M., Knutzen, J., Rygg, B., Skei, J. & Tryland, Ø. 1985. Basisundersøkelse i Ranafjorden – en marin industriresipient. Samlerapport (Overvåkingsrapport 207/86). NIVA rapport 207/86.

Lee H, Boese BL, Pelletier J, Winsor M, Specht DT, Randall RC. 1991. Guidance manual: bedded sediment bioaccumulation tests. EPA/600/x-89/302.

Mackay, D. & Fraser, A. 2000. Bioaccumulation of persistent organic chemicals: mechanisms and models. *Environmental Pollution* 110 (3):375-391.

Neff, J.M. 2002. Bioaccumulation in marine organisms. Effects of contaminants from oil well produced water. Oxford: Elsevier Science Ltd.

Næs, K., Oug, E. & Knutzen, J. 1998. Source and species-dependent accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in littoral indicator organisms from Norwegian smelter-affected marine waters. *Marine Environmental Research* 45(2):193-207.

Næs, K., Allan, I., Molvær, J. & Schøyen, M, 2010. Overvåking av Vefsnfjorden i 2009. Vannmasser, sediment og organismer. NIVA rapport 5940-2010.

Næs, K., Håvardstun, J. & Ruus, A. 2012. Overvåking av Høyangsfjorden: Vannmasser, skjell og sedimenter i 2011, fisk og krabber i 2012. NIVA rapport 6430-2012.

Oen, A.M.P., Breedveld, G.D., Kalaizidis, S., Chritianis, K. & Cornelissen, G. 2006. How quality and quantity of organic matter affect polycyclic aromatic hydrocarbon desorption from Norwegian harbour sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25(5):1258-1267.

Ruus A. 2001. Disposition of organochlorine contaminants within marine food webs. Dr.scient. thesis. Universitetet i Oslo.

Ruus, A., Molvær, J., Uriansrud, F. & Næs, K. 2005. Risikovurderinger av PAH-kilder i nærområdet til Elkem i Kristiansand. NIVA rapport 5042-2005.

Saloranta, T. 2006. Simuleringer av Polysykliske Aromatiske Hydrokarboner (PAH) i Ranfjorden. NIVA rapport 5172-2006.

Schaanning, M.T., K.Hylland, D.Ø.Eriksen, T.D.Bergan, J.S.Gunnarson and J.Skei, 1997. Interactions Between Eutrophication and Contaminants: II Mobilization and Bioaccumulation of Hg and Cd from Marine Sediments. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 33, Nos 1-6:71-79.

Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Borgersen, G., Høgåsen, T. & Oung, E. 2013. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2012. Undersøkelse av blåskjell, torsk, taskekrabbe, sedimenter og bløtbnnsfauna. NIVA rapport 6540-2013.

Suedel, B.C., Boraczek, J.A., Peddicord, R.K., Clifford, P.A. & Dillon, T.M. 1994. Trophic transfer and biomagnification potential of contaminants in aquatic ecosystems. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 136: 21-89.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet. Forhold mellom BaP og PAH4 i skjell og konsekvenser for gjeldende kostholdsrad i Norge. Rapport 10-506.

Walday, M., Helland, A., Magnusson, J., Moy, F. & Rygg, B. 2004. Resipientundersøkelse i Ranfjorden 2003. NIVA rapport 4839-2004.

Øxnevad, S., Beylich, B., Oug, E., Allan, I., Brkljacic, M., Borgersen, G. 2011. Overvåking av Årdalsfjorden I 2011. NIVA rapport 6185-2011.

Øxnevad, S. & Ruus, A. 2012. Biotilgjengelighet av miljøgifter i sedimenter fra Aspevågen i Ålesund. Test utført med børstemark (*Hediste diversicolor*) og nettsnegl (*Hinia reticulata*). Helse sedimenttest med fjæremark (*Arenicola marina*). Notat J.nr. 2058/12. NIVA prosjekt O-12306.

Øxnevad, S. & Bakke, T. 2013. Kartlegging av miljøgifter i sedimenter og blåskjell i indre Ranfjorden i 2012. Risikovurdering av forurenset sediment utenfor kaiområdene. NIVA rapport 6483-2013.

Aas, E. & Klungsoyr, J. 1998. PAH metabolites in bile and EROD activity in North Sea fish. *Marine Environmental Research* 46(1-5):229-232.

Vedlegg A. Analyserapporter

Side nr. 1/5

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Ranfjorden**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0190 v01 O.nr. O 13284	24.04.2014

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Boks T1	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
2	Boks T2	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
3	Boks T3	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
4	Boks RG1	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
5	Boks RG2	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
6	Boks BT1	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
7	Boks BT2	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Metode								
	Haftalen	ng/SPMD H 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Acenaftylen	ng/SPMD H 2-2*	25	37	28	9,9	<5	18	21
	Acenaften	ng/SPMD H 2-2*	<5	0,0	<5	<5	<5	<5	<5
	Fluoren	ng/SPMD H 2-2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Dibenzotlofen	ng/SPMD H 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Fenantren	ng/SPMD H 2-2*	<5	6,5	6,3	<5	<5	<5	<5
	Antracen	ng/SPMD H 2-2*	48	38	51	13	3,3	29	30
	Fluoranten	ng/SPMD H 2-2*	230	330	490	51	41	160	60
	Pyren	ng/SPMD H 2-2*	430	1800	670	190	150	480	210
	Benz(a)antracen	ng/SPMD H 2-2*	310	680	330	55	48	250	150
	Chrysen	ng/SPMD H 2-2*	670	1500	770	230	200	550	380
	Benzo(b+j)fluoranten	ng/SPMD H 2-2*	430	1200	530	160	160	440	390
	Benzo(k)fluoranten	ng/SPMD H 2-2*	170	350	130	41	40	120	110

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo(e)pyren	440	1300	620	210	170	420	410
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(a)pyren	300	660	260	70	64	190	160
ng/SPMD H 2-2*							
Perylen	190	420	160	38	90	88	86
ng/SPMD H 2-2*							
Indeno(1,2,3cd)pyren	110	200	84	19	19	41	62
ng/SPMD H 2-2*							
Dibenz(ac+ah)antrec.	46	87	34	8,6	7,9	16	26
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(ghi)perylen	220	350	140	41	35	78	110
ng/SPMD H 2-2*							
Sum PAH	<4044	<9561,5	<4213,3	<1161,5	<1060,2	<2892	<2230
ng/SPMD Beregnet							
Sum PAHid	<3209	<7836,5	<3528,3	<908,5	<795,2	<2379	<1729
ng/SPMD Beregnet							
Sum HPAH	<2241	<4682	<2143	<588,6	<543,9	<1602	<1283
ng/SPMD Beregnet							
Acsnaften-D10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H-2-2*							
Fluoren d10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H 2-2*							
Fenantren D10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H 2-2*							
Chrysen D12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(e)pyren D12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H 2-2*							
Fluoranten-d10	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
ng/SPMD H 2-2*							

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 LDPE ekp Solbergstrand04.11.13-30.01.14 9 grader i vannet.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0190 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prove-merket	Provetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Boks BT3	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
9	Boks RIT	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
10	Boks RIT2	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
11	Boks RIT3	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
12	Kontrollsediment	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
13	Kontroll vann	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31
14	Kontroll ref. i luft	2014.01.30	2014.01.31	2014.03.13-2014.03.31

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
	Metode								
	Naftalen	ng/SPMD H	<5	<5	<5	<5	<5	6,1	45
	1-2*								
	Acenaftylene	ng/SPMD H	15	12	12	17	<5	<5	<5
	1-2*								
	Acenaften	ng/SPMD H	<5	<5	<5	<5	<5	<5	13
	1-2*								
	Fluoren	ng/SPMD H	<5	<5	<5	<5	<5	<5	9,6
	1-2								
	Dibenzotiofen	ng/SPMD H	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	1-2*								
	Fenantren	ng/SPMD H	<5	<5	<5	6,0	<5	<5	13
	1-2*								
	Antracen	ng/SPMD H	20	23	17	27	<5	<5	<5
	1-2*								
	Fluoranten	ng/SPMD H	34	26	42	38	20	22	<5
	1-2*								
	Pyren	ng/SPMD H	130	140	160	210	48	75	<5
	1-2*								
	Benz(a)antracen	ng/SPMD H	63	50	100	45	<5	14	<5
	1-2*								
	Chrysen	ng/SPMD H	200	210	270	200	15	49	<5
	1-2*								
	Benzo(b+j)fluoranten	ng/SPMD H	190	220	240	280	8,2	42	<5
	1-2*								
	Benzo(k)fluoranten	ng/SPMD H	49	55	61	73	<5	12	<5
	1-2*								
	Benzo(e)pyren	ng/SPMD H	240	280	230	320	<5	29	<5
	1-2*								
	Benzo(a)pyren	ng/SPMD H	79	93	110	140	<5	7,5	<5
	1-2*								
	Perylen	ng/SPMD H	50	52	51	57	<5	6,0	<5
	1-2*								
	Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/SPMD H	26	42	32	95	<5	5,6	<5
	1-2*								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Dibenz(ac+ah)antrac. ng/SPMD M 2-2*	11	16	13	35	<5	<5	<5
Benzo(ghi)perylen 2-2*	52	75	61	150	<5	9,3	<5
Sum PAH Beregnet	<1204	<1319	<1444	<1713,8	<166,2	<312,5	<159,4
Sum PAH4 Beregnet	<999	<982	<1188	<1331,8	<151,2	<272,5	<143,6
Sum KPAH Beregnet	<623	<691	<831	<873	<53,2	<141,2	<83
Acenaften-D10 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fluoren d10 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fenantren D10 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Chrysen D12 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Benzo(e)pyren D12 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Fluoranten-d10 2-2*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Viljo
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0190 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Ranfjorden**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0191 v01	24.04.2014
	Ø.nr. O 13284	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Provenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Header tank 1	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
2	Header tank 2	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
3	Header tank 3	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
4	Boks T1	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
5	Boks T2	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
6	Boks T3	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
7	Boks RG1	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07

Analysevariabel	Prøvenr		1	2	3	4	5	6	7
	Enhet	Metode							
Kadmium	µg/l	ISO	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
17294m:2005									
Kobber	µg/l	ISO	11	20	19	17	14	12	10
17294m:2005 *									
Bly	µg/l	ISO	0,22	0,23	0,27	0,21	0,29	0,22	0,20
17294m:2005									
Sink	µg/l	ISO	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
17294m:2005									

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

1 Oppdraget er utført av Eurofins

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0191 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Boks RG2	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
9	Boks BT1	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
10	Boks BT2	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
11	Boks BT3	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
12	Boks RIT1	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
13	Boks RIT2	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
14	Boks RIT3	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr							
			8	9	10	11	12	13	14	
Kadmium	µg/l	ISO 17294m:2005	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	2,2	0,21	
Kobber	µg/l	ISO 17294m:2005	8,2	6,2	4,7	7,0	5,1	4,3	3,4	
*										
Bly	µg/l	ISO 17294m:2005	0,24	< 0,2	< 0,2	0,24	< 0,2	0,40	0,22	
Sink	µg/l	ISO 17294m:2005	< 2	< 2	< 2	< 2	3,0	32	40	

* : Metoden er ikke akkreditert.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0191 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	Kontroll sediment	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07
16	Kontroll vann	2014.01.30	2014.01.31	2014.02.13-2014.03.07

Analysevariabel	Prøvenr		15	16
	Enhet	Metode		
Kadmium	µg/l	ISO 17294m:2005	< 0,2	< 0,2
Kobber	µg/l	ISO 17294m:2005	2,4	2,4
Bly	µg/l	ISO 17294m:2005	0,21	0,23
Sink	µg/l	ISO 17294m:2005	< 2	< 2

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Valle
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalleen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Ranfjorden**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0223 v01 O.nr. O 13284	24.04.2014

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Provenr	Prove-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kontroll 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
2	Kontroll 2-5cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
3	Kontroll 5-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
4	BT1 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
5	BT1 2-5cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
6	BT1 5-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
7	BT3 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Metode								
	Torrstoff 4764	% MS	72	72	74	50	67	70	69
	Kadmium EN ISO 17294-2	mg/kg TS MS	0,024	0,025	0,033	0,12	0,11	0,14	0,11
	Kobber EN ISO 11885	mg/kg TS MS	5,7	5,4	6,0	80	70	78	75
	Bly EN ISO 11885	mg/kg TS MS	6,8	6,1	6,4	17	16	19	17
	Sink EN ISO 11885	mg/kg TS MS	34	32	34	94	88	98	92
	Naftalen ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	0,17	0,33	0,39
	Acenaftilen ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,045	0,044	0,050	0,11
	Acenaften ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,11	0,12	0,23
	Flouren ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	0,17	0,19	0,40
	Fenantren ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	0,015	0,017	0,62	0,70	0,75	1,5
	Antracen ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,25	0,26	0,27	0,83
	Flouranten ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,015	0,056	0,032	0,95	1,1	1,1	2,1
	Pyren ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg TS	0,011	0,044	0,024	0,70	0,79	0,82	2,2

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo(a)antracen	mg/kg TS	0,011	0,050	0,023	0,74	0,88	1,1	1,9
ISO/DIS 16703-Mod								
Chrysen+trifenylene	mg/kg TS	0,015	0,055	0,020	0,87	1,0	1,2	2,1
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	0,012	0,038	0,018	0,73	0,87	0,97	1,2
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	<0,01	0,033	0,016	0,47	0,59	0,61	0,78
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,01	0,029	0,014	0,59	0,71	0,72	1,1
ISO/DIS 16703-Mod								
Indeno(1,2,3-cd)pyre	mg/kg TS	<0,01	0,011	<0,01	0,31	0,36	0,31	0,45
ISO/DIS 16703-Mod								
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	<0,01	<0,01	<0,01	0,099	0,13	0,13	0,17
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(ghi)pyren	mg/kg TS	<0,01	0,011	<0,01	0,32	0,40	0,37	0,45
ISO/DIS 16703-Mod								
Sum PAH6	mg/kg TS	<0,174	<0,402	<0,252	7,124	8,284	9,04	15,81
Beregnet								

Kommentarer

1 Oppdraget er utført av Eurofins

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0223 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	RIT3 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
9	RIT1 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
10	T3 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
11	RG2 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
12	T2 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
13	BT2 0-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
14	T1 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	8	9	10	11	12	13	14
	Metode								
	Torretstoff	%	42	41	41	75	67	44	54
	NS 4764								
	Kadmium	mg/kg TS	0,34	0,29	0,25	0,037	0,58	0,11	0,14
	NS EN ISO 17294-2								
	Kobber	mg/kg TS	53	42	400	25	120	72	190
	NS EN ISO 11885								
	Bly	mg/kg TS	44	71	43	5,4	58	17	34
	NS EN ISO 11885								
	Sink	mg/kg TS	300	380	190	42	320	87	200
	NS EN ISO 11885								
	Naftalen	mg/kg TS	0,78	0,11	0,27	<0,01	0,48	0,21	0,14
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Acenaftylen	mg/kg TS	0,012	0,014	0,038	<0,01	0,045	0,053	0,015
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Acenaften	mg/kg TS	0,74	0,17	0,42	<0,01	0,76	0,12	0,14
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Flouren	mg/kg TS	0,80	0,18	0,39	<0,01	0,52	0,18	0,18
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Fenantren	mg/kg TS	3,9	1,1	1,6	<0,01	2,7	0,72	1,0
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Antracen	mg/kg TS	1,2	0,30	0,55	<0,01	0,98	0,28	0,34
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Flouranten	mg/kg TS	3,3	1,3	2,3	0,014	5,4	1,1	1,4
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Pyren	mg/kg TS	2,5	0,98	1,6	0,013	4,0	0,85	1,1
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Benzo(a)antracen	mg/kg TS	1,4	0,54	2,0	0,018	5,4	1,1	1,4
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Chrysen+trifenylen	mg/kg TS	1,4	0,91	2,1	0,024	6,4	1,2	1,7
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	1,0	0,69	1,8	0,027	4,5	0,83	1,7
	ISO/DIS 14703-Mod								
	Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	0,83	0,42	1,2	0,014	2,7	0,40	0,93
	ISO/DIS 14703-Mod								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,97	0,54	1,5	0,019	3,6	0,68	1,2
ISO/DIS 16703-Mod								
Indeno(1,2,3-cd)pyre	mg/kg TS	0,49	0,32	0,73	0,010	1,8	0,34	0,65
ISO/DIS 16703-Mod								
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	0,15	0,091	0,24	<0,01	0,58	0,11	0,22
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(ghi)pyren	mg/kg TS	0,55	0,39	0,95	0,015	2,5	0,37	0,85
ISO/DIS 16703-Mod								
Sum PAH16	mg/kg TS	20,422	8,355	17,688	<0,228	43,485	8,743	13,005
Beregnet								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0223 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prove- merket	Provetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	T1 2-5cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
16	T1 5-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
17	RG1 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
18	RG1 2-5cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
19	RG1 5-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
20	RIT2 0-2cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26
21	RIT2 2-5cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	15	16	17	18	19	20	21
	Metode								
	Terrstoff	%	46	49	41	71	72	58	45
	MS 4764								
	Kadmium	mg/kg TS	0,26	0,19	0,076	0,063	0,054	38	5,4
	MS EN ISO 17294-2								
	Kobber	mg/kg TS	170	45	49	38	34	470	74
	MS EN ISO 11885								
	Bly	mg/kg TS	46	30	10	8,4	7,7	4100	260
	MS EN ISO 11885								
	Sink	mg/kg TS	180	130	70	55	50	79000	1400
	MS EN ISO 11885								
	Naftalen	mg/kg TS	0,094	0,081	0,057	0,020	0,020	0,25	0,10
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Acenaftylen	mg/kg TS	0,013	0,019	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Acenaften	mg/kg TS	0,25	0,032	0,022	<0,01	<0,01	0,39	0,12
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Flouren	mg/kg TS	0,20	0,074	0,036	0,013	0,012	0,39	0,12
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Fenantren	mg/kg TS	0,59	0,56	0,18	0,065	0,067	2,5	0,72
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Antracen	mg/kg TS	0,23	0,29	0,072	0,021	0,023	0,59	0,20
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Flouranten	mg/kg TS	0,97	1,0	0,27	0,097	0,10	2,3	0,87
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Pyren	mg/kg TS	0,67	1,5	0,21	0,075	0,080	1,6	0,65
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo(a)antracen	mg/kg TS	1,4	2,8	0,20	0,075	0,076	1,3	0,70
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Chrysen+trifenylen	mg/kg TS	1,4	2,2	0,28	0,098	0,097	1,4	0,80
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	1,6	3,3	0,19	0,082	0,083	0,95	0,68
	ISO/DIS 16703-Mod								
	Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	0,86	1,8	0,12	0,049	0,052	0,69	0,49
	ISO/DIS 16703-Mod								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1,2	2,4	0,15	0,064	0,064	0,78	0,56
ISO/DIS 16703-Mod								
Indeno(1,2,3-cd)pyre	mg/kg TS	0,44	1,3	0,073	0,041	0,039	0,46	0,37
ISO/DIS 16703-Mod								
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg TS	0,21	0,43	0,024	0,013	0,011	0,13	0,11
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(ghi)pyren	mg/kg TS	0,86	1,8	0,093	0,049	0,049	0,55	0,49
ISO/DIS 16703-Mod								
Sum PAHs	mg/kg TS	11,207	19,586	1,991	<0,782	<0,793	<14,29	<6,99
Beregnet								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0223 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove- merket	Provetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
22	RIT2 5-10cm	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.11-2014.02.26

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	22
Torrstoff	%	MS 4764	72
Kadmium	mg/kg TS	MS EN ISO 17294-2	0,46
Kobber	mg/kg TS	MS EN ISO 11885	51
Bly	mg/kg TS	MS EN ISO 11885	68
Sink	mg/kg TS	MS EN ISO 11885	310
Haftalen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,065
Acenaftylen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,014
Acenaften	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,008
Flouren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,001
Fenantsren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,58
Antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,18
Flouranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,89
Pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,78
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,58
Chrysen-trifenylene	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,72
Benzo(b)fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,71
Benzo(k)fluoranten	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,48
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,55
Indeno(1,2,3-cd)pyre	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,44
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,14
Benzo(ghi)pyren	mg/kg TS	ISO/DIS 16703-Mod	0,54
Sum PAH16	mg/kg TS	Beregnet	6,838

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Viljo
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0223 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftalen, acenaftylen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Ranfjorden**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0224 v01	24.04.2014
	O.nr. O 13284	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Kontroll TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
2	BT3 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
3	RIT3 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
4	RIT1 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
5	T3 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
6	RG2 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
7	T2 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17

Analysevariabel	Prøvenr	Enhet	Metode	Prøvenr						
				1	2	3	4	5	6	7
Karbon, org. total % TS	EF 13137			0,8	2,7	2,8	2,4	3,8	0,8	4,2

Kommentarer

1 Oppdraget er utført av Eurofins

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0224 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove- merket	Provetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	BT1 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
9	RG1 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
10	RIT2 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
11	T1 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17
12	BT2 TOC	2014.02.05	2014.02.06	2014.02.17-2014.02.17

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12
			Carbon, org. total % TS	2,4	2,3	2,8	2,8

Norsk institutt for vannforskning

Marit Valle
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn Ranfjorden
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0458 v01	30.04.2014
	Ønr. O 13284	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Børstemark kontroll	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
2	Børstemark BT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
3	Børstemark RIT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
4	Børstemark RIT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
5	Børstemark T3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
6	Børstemark RG2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
7	Børstemark T2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	Metode	1	2	3	4	5	6	7
	Tørrestoff	%		11	13	13	13	12	85	15
	MS 4764									
	Kadmium	mg/kg	MS EN ISO	0,0069	0,0076	0,026	0,042	0,0077	0,0061	0,036
	17294-2									
	Kobber	mg/kg	MS EN ISO	36	7,5	20	16	12	19	33
	17294-2									
	Bly	mg/kg	MS EN ISO	2,2	0,41	1,9	1,3	0,70	1,1	2,5
	17294-2									
	Sink	mg/kg	MS EN ISO	38	14	38	42	19	22	50
	17294-2									
	Naftalen	ng/g		< 5,60	< 4,91	< 10,7	< 6,01	< 17,0	< 6,82	< 17,0
	Internal method									
	Acenaftalen	ng/g		< 0,100	0,184	< 0,16	< 0,100	0,40	< 0,100	2,52
	Internal method									
	Acenaften	ng/g		< 0,29	0,95	0,82	0,33	1,36	< 0,36	2,33
	Internal method									
	Flouren	ng/g		< 0,33	0,43	0,65	< 0,36	< 1,01	< 0,41	2,69
	Internal method									
	Fenantren	ng/g		< 1,31	< 1,15	7,73	< 1,41	< 3,97	< 1,60	13,2
	Internal method									
	Antracen	ng/g		< 0,10	0,40	1,74	0,56	1,99	0,14	8,18
	Internal method									

Denne analysereporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Flourenten	ng/g	0,45	9,45	17,1	4,23	71,0	2,12	855
Internal method								
Pyren	ng/g	0,70	8,92	25,7	7,91	45,2	2,12	741
Internal method								
Benzo(a)antracen	ng/g	0,31	2,07	11,2	2,03	20,0	0,74	194
Internal method								
Chrysen	ng/g	0,22	3,74	10,4	1,59	26,4	1,35	134
Internal method								
Benzo(b)fluoranten	ng/g	0,57	6,80	20,5	8,43	55,4	2,35	480
Internal method								
Benzo(k)fluoranten	ng/g	0,12	0,61	5,84	1,30	4,71	0,23	84,1
Internal method								

Kommentarer

- 1 14-0458.10 er det for lite materiale til PAH analyse.
denne blir returnert til NIVA.
Leveringstid på resten 7/4-14, 17.03.14 VEF
Oppdraget er utført av Eurofins
m^o for lite materiale til analyse: 09.04.14 KBA

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0458 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prove- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Borstemark kontroll	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
2	Borstemark BT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
3	Borstemark RIT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
4	Borstemark RIT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
5	Borstemark T3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
6	Borstemark RG2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
7	Borstemark T2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
Analysevariabel							
Enhet							
Metode							
Benzo(a)pyren	0,15	0,64	10,3	1,32	7,81	0,31	61,7
ng/g							
Internal							
method							
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	0,17	0,80	8,23	1,43	6,99	0,30	40,3
ng/g							
Internal							
method							
Dibenzo(a,h)antracene	< 0,10	0,56	3,79	0,81	3,28	0,30	16,8
ng/g							
Internal							
method							
Benzo(ghi)perylene	0,20	1,46	10,8	3,75	11,4	0,56	85,2
ng/g							
Internal							
method							
Sum PAH	0,22	3,74	10,6	1,59	26,6	1,35	136
ng/g							
Beregnet							
Sum PAHic	<10,96	<43,274	<154,33	<43,57	<278,12	<19,81	<2826,02
ng/g							
Beregnet							
Sum HPAH	<7,28	<20,13	<88,88	<22,92	<141,79	<12,4	<1051,9
ng/g							
Beregnet							

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0458 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Borstemark BT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
9	BorstemarkRG1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
10	Borstemark RIT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
11	Borstemark T1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
12	Borstemark BT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12
Tørrestoff	%	NS 4764	12	13	10	15	13
Kadmium	ng/kg	NS EN ISO	0,014	0,059	0,083	0,038	0,13
17294-2							
Kobber	mg/kg	NS EN ISO	18	21	400	74	85
17294-2							
Bly	ng/kg	NS EN ISO	0,97	1,4	23	5,3	6,0
17294-2							
Sink	mg/kg	NS EN ISO	21	31	290	85	89
17294-2							
Haftalen	ug/kg	EksternEF					
Haftalen	ng/g	Internal	< 63,4	< 33,4		< 4,72	< 18,1
method							
Acenaftylen	ug/kg	EksternEF					
Acenaftylen	ng/g	Internal	< 0,931	0,82		0,240	0,80
method							
Acenaften	ug/kg	EksternEF					
Acenaften	ng/g	Internal	< 3,34	< 1,76		0,74	4,15
method							
Flouren	ug/kg	EksternEF					
Flouren	ng/g	Internal	< 3,78	< 1,99		0,66	1,15
method							
Fenantren	ug/kg	EksternEF					
Fenantren	ng/g	Internal	< 14,9	< 7,82		4,58	< 4,24
method							
Antracen	ug/kg	EksternEF					
Antracen	ng/g	Internal	0,94	0,65		2,51	1,11
method							
Flouranten	ug/kg	EksternEF					
Flouranten	ng/g	Internal	21,0	8,54		138	21,5
method							
Pyren	ug/kg	EksternEF					
Pyren	ng/g	Internal	24,0	7,39		176	25,5
method							
Benzo(a)antracen	ug/kg	EksternEF					
Benzo(a)antracen	ng/g	Internal	6,23	2,13		60,8	6,59
method							
Chrysen	ug/kg v.v. H 2-4	EksternEF					
Chrysen	ng/g	Internal	7,65	2,47		38,6	6,19
method							

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo (b) fluoranten	µg/kg	EksternEF			m		
Benzo (b) fluoranten	ng/g	Internal	15,4	4,65		158	21,4
method							
Benzo (k) fluoranten	µg/kg	EksternEF			m		
Benzo (k) fluoranten	ng/g	Internal	1,09	0,62		15,4	4,23
method							
Benzo (a) pyren	µg/kg	EksternEF			m		

m : Analyseresultat mangler.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0458 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Borstemark BT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
9	BorstemarkRG1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
10	Borstemark RIT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
11	Borstemark T1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
12	Borstemark BT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Analysevariabel	Enhet	Provenr Metode	8	9	10	11	12
Benzo(a)pyren method	ng/g	Internal	1,97	0,49		24,2	5,63
Indeno(1,2,3-cd)pyre method	ug/kg	EksternEF			m		
Indeno(1,2,3-cd)pyre method	ng/g	Internal	1,69	0,65		17,0	3,54
Dibenzo(a,h)antracen method	ug/kg	EksternEF			m		
Dibenzo(a,h)antracen method	ng/g	Internal	0,97	0,27		5,74	1,76
Benzo(ghi)perylene method	ug/kg	EksternEF			m		
Benzo(ghi)perylene method	ng/g	Internal	3,22	0,94		41,9	5,87
Sum PAH	ug/kg v.v.	Beregnet			0		
Sum PAH	ng/g	Beregnet	7,45	2,47		30,6	6,19
Sum PAH16	ug/kg	Beregnet			0		
Sum PAH16	ug/kg v.v.	Beregnet			0		
Sum PAH16	ng/g	Beregnet	<173,711	<74,29		<689,09	<131,46
Sum EFPAH	ug/kg	Beregnet			0		
Sum EFPAH	ug/kg v.v.	Beregnet			0		
Sum EFPAH	ng/g	Beregnet	<99,6	<44,68		<324,46	<67,44
PAH16	ug/kg	EksternEF			m		

m : Analyseresultat mangler.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Villø
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0458 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Norsk
Institutt
for
Vannforskning

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tel: 22 18 51 00
Fax: 22 18 52 00

ANALYSE RAPPORT



Navn **Ranfjorden**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2014-0457 v01	30.04.2014
	O.nr. O 13284	

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av oppdragsgiver, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater (analyseusikkerhet kan fås ved henvendelse til laboratoriet):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Nettsnegl kontroll	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
2	Nettsnegl BT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
3	Nettsnegl RIT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
4	Nettsnegl RIT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
5	Nettsnegl T3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
6	Nettsnegl RG2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
7	Nettsnegl T2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Metode								
	Tarrestoff	%	25	21	21	21	20	23	20
	NS 4764								
	Kadmium	mg/kg	0,47	0,47	0,38	0,44	0,32	0,45	0,38
	NS EN ISO 17294-2								
	Kobber	mg/kg	29	28	49	26	24	25	97
	NS EN ISO 17294-2								
	Bly	mg/kg	0,16	0,22	1,9	0,55	0,42	0,11	4,3
	NS EN ISO 17294-2								
	Sink	mg/kg	85	74	150	70	71	83	130
	NS EN ISO 17294-2								
	Naftalen	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Naftalen	ng/g		< 6,50	< 8,14	< 8,87	< 26,7	< 6,09	< 8,18
	Internal method								
	Acenaftalen	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Acenaftalen	ng/g		0,149	< 0,132	< 0,144	< 0,433	< 0,100	1,00
	Internal method								
	Acenaften	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Acenaften	ng/g		< 0,27	< 0,34	< 0,37	< 1,13	< 0,26	0,39
	Internal method								
	Flouren	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Flouren	ng/g		0,37	< 0,31	< 0,34	< 1,03	< 0,23	0,93
	Internal method								

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Fenantren	ug/kg	m						
EksternEF								
Fenantren	ng/g		2,49	1,20	1,47	< 3,39	1,21	5,95
Internal method								
Antracen	ug/kg	m						
EksternEF								
Antracen	ng/g		0,62	0,38	0,30	0,96	0,25	1,69
Internal method								
Flouranten	ug/kg	m						
EksternEF								
Flouranten	ng/g		3,60	1,59	1,75	17,9	0,58	81,0
Internal method								
Pyren	ug/kg	m						
EksternEF								
Pyren	ng/g		1,75	1,72	1,08	5,36	0,47	30,7
Internal method								
Benzo(a)antracen	ug/kg	m						
EksternEF								
Benzo(a)antracen	ng/g		1,44	0,63	0,56	3,37	0,28	8,22
Internal method								
Chrysen	ug/kg	m						
v.v. K 2-4								
Chrysen	ng/g		1,81	0,35	0,64	5,43	0,18	9,01
Internal method								
Benzo(b)fluoranten	ug/kg	m						
EksternEF								
Benzo(b)fluoranten	ng/g		2,06	1,56	1,42	7,94	0,40	12,9
Internal method								
Benzo(k)fluoranten	ug/kg	m						
EksternEF								
Benzo(k)fluoranten	ng/g		0,94	0,82	0,59	3,15	0,18	5,44
Internal method								
Benzo(a)pyren	ug/kg	m						
EksternEF								

m : Analyseresultat mangler.

Kommentarer

- 1 Oppdraget er utført av Eurofins.
 14-0457.1 og 11 er det for lite materialen til at EF får kjørt PAH, de sender disse tilbake til oss!
 Leveringstiden er satt til 7/4-14. 17.03.14 VEF
 m= for lite materiale til analyse: 09.04.14 KBA

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0457 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Nettsnegl kontroll	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
2	Nettsnegl BT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
3	Nettsnegl RIT3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
4	Nettsnegl RIT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
5	Nettsnegl T3	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
6	Nettsnegl RG2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
7	Nettsnegl T2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Benzo(a)pyren	ng/g		1,04	0,83	0,63	2,87	0,19	6,93
	Internal method								
	Indeno(1,2,3-cd)pyre	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Indeno(1,2,3-cd)pyre	ng/g		0,87	0,76	0,62	1,75	0,12	2,81
	Internal method								
	Dibenzo(a,h)antracen	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Dibenzo(a,h)antracen	ng/g		0,35	0,37	0,32	1,31	< 0,10	1,88
	Internal method								
	Benzo(ghi)perylen	ug/kg	m						
	EksternEF								
	Benzo(ghi)perylen	ng/g		1,24	1,25	1,18	4,34	0,26	6,24
	Internal method								
	Sum PAH	ug/kg	0						
	v.v. Beregnet								
	Sum PAH	ng/g		1,81	0,35	0,64	9,43	0,18	9,01
	Beregnet								
	Sum PAH16	ug/kg	0						
	Beregnet								
	Sum PAH16	ug/kg	0						
	v.v. Beregnet								
	Sum PAH16	ng/g		<25,539	<20,382	<20,284	<87,063	<10,9	<183,27
	Beregnet								
	Sum KPAH	ug/kg	0						
	Beregnet								
	Sum KPAH	ug/kg	0						
	v.v. Beregnet								
	Sum KPAH	ng/g		<15,05	<13,46	<13,65	<52,52	<7,54	<55,37
	Beregnet								
	PAH16	ug/kg	m						
	EksternEF								

na : Analyseresultat mangler.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0457 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Nettsnegl BT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
9	Nettsnegl RG1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
10	Nettsnegl RIT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
11	Nettsnegl T1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
12	Nettsnegl BT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12
Tesretstoff	%	NS 4764	24	22	22	22	21
Kadmium	mg/kg	NS EN ISO	0,50	0,28	0,71	0,45	0,40
17294-2							
Kobber	mg/kg	NS EN ISO	29	39	24	140	74
17294-2							
Bly	mg/kg	NS EN ISO	0,20	1,8	1,6	6,0	2,4
17294-2							
Sink	mg/kg	NS EN ISO	95	48	130	170	100
17294-2							
Naftalen	µg/kg	EksternEF				m	
Naftalen	ng/g	Internal	< 20,6	< 5,86	< 5,91		< 6,09
method							
Acenaftylen	µg/kg	EksternEF				m	
Acenaftylen	ng/g	Internal	< 0,333	< 0,100	< 0,100		0,340
method							
Acenaften	µg/kg	EksternEF				m	
Acenaften	ng/g	Internal	< 0,87	< 0,25	< 0,25		3,64
method							
Flouren	µg/kg	EksternEF				m	
Flouren	ng/g	Internal	< 0,79	< 0,23	0,23		1,25
method							
Fenantren	µg/kg	EksternEF				m	
Fenantren	ng/g	Internal	< 2,61	1,02	2,12		3,49
method							
Antracen	µg/kg	EksternEF				m	
Antracen	ng/g	Internal	0,62	0,27	0,59		0,56
method							
Flouranten	µg/kg	EksternEF				m	
Flouranten	ng/g	Internal	4,12	1,24	2,60		2,99
method							
Pyren	µg/kg	EksternEF				m	
Pyren	ng/g	Internal	2,04	0,63	2,33		1,43
method							
Benzo(a)antracen	µg/kg	EksternEF				m	
Benzo(a)antracen	ng/g	Internal	1,45	0,56	1,32		1,56
method							
Chrysen	µg/kg v.v.	N 2-4				m	
Chrysen	ng/g	Internal	1,41	0,53	1,01		1,34
method							

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Benzo(b)fluoranten	ug/kg	EksternEF				m	
Benzo(b)fluoranten	ng/g	Internal	2,50	0,88	3,33	m	2,30
method							
Benzo(k)fluoranten	ug/kg	EksternEF				m	
Benzo(k)fluoranten	ng/g	Internal	0,98	0,36	1,04	m	0,82
method							
Benzo(a)pyren	ug/kg	EksternEF				m	

m : Analyseresultat mangler.

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2014-0457 v01

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prove-merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	Nettsnegl BT1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
9	Nettsnegl RG1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
10	Nettsnegl RIT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07
11	Nettsnegl T1	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.09
12	Nettsnegl BT2	2014.03.06	2014.03.10	2014.03.14-2014.04.07

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12
Benzo(a)pyren method	ng/g	Internal	1,16	0,36	1,83		1,16
Indeno(1,2,3-cd)pyre method	ug/kg	EksternEF				m	
Indeno(1,2,3-cd)pyre method	ng/g	Internal	0,92	0,24	1,87		0,98
Dibenzo(a,h)antracene method	ug/kg	EksternEF				m	
Dibenzo(a,h)antracene method	ng/g	Internal	0,42	0,15	0,69		0,40
Benzo(ghi)perylen method	ug/kg	EksternEF				m	
Benzo(ghi)perylen method	ng/g	Internal	1,44	0,52	2,61		1,31
Sum FAN	ug/kg v.v.	Beregnet				0	
Sum FAN	ng/g	Beregnet	1,41	0,53	1,01		1,34
Sum FAN16	ug/kg	Beregnet				0	
Sum FAN16	ng/g v.v.	Beregnet				0	
Sum FAN16	ng/g	Beregnet	<42,263	<13,2	<27,74		<29,26
Sum KPAH	ug/kg	Beregnet				0	
Sum KPAH	ug/kg v.v.	Beregnet				0	
Sum KPAH	ng/g	Beregnet	<19,44	<8,94	<16,92		<14,65
FAN16	ug/kg	EksternEF				m	

m : Analyseresultat mangler.

Norsk institutt for vannforskning

Marit Valle
Tekniker

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2014-0457 v01

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, benzo(ghi)perylene.

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og naftalen¹. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker i flg International Agency for Research on Cancer, IARC (1987, Chrysen og naftalen fra 2007). De tilhører IARC's kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig carcinogene). Chrysen og naftalen ble inkludert i våre rapporter f.o.m. 18.09.2008.

SUM PAH er summen av alle PAH-forbindelser som inngår i denne rapporten.

¹ Bare a,b-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Denne analyserapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. Analyseresultatet gjelder kun for den prøven som er testet.

Vedlegg B. Passiv prøvetaking av metallioner i vann med DGT-teknologi

Oddvar Røyset

NIVA, Gaustadalléen 21, 0349 OSLO

Tel +47 22 185100, Email: Oddvar.Royset@niva.no.

Det første gjennombruddet for DGT prøvetakeren (Diffusive Gradients in Thin Films) ble beskrevet av Zhang og Davison i en publikasjon i Nature 1994 (Davison and Zhang 1994 and 1995). DGT var den første virkelige passive prøvetaker for metall ioner i vann basert på opptak via diffusjon. På grunn av den presise geometrien og membraner med unike hydrofile og vanngjennomtrengelige egenskaper, kan opptaket beregnes ganske nøyaktig utfra de kjente fysiske diffusjonsegenskaper til metall ioner i vann samt de hydrodynamiske formlene for diffusjon over membranen i prøvetakeren.. Prøvetakeren var spesielt interessant fordi den fanger opp alle tungmetallene av miljøinteresse (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co) samt andre viktige metaller som Fe, Mn, Al m.fl samt en rekke andre to og tre-verdige metallioner. DGT prøvetakeren har fått bred anvendelse og har hatt en formidabel utvikling innen miljøforskning. Per 2012 er mer en 500 applikasjoner beskrevet i faglitteraturen. NIVA var den første til å ta den i bruk i Norge i 2001, og har siden den gang vært en ledende nasjonal og internasjonal aktør i utviklingen av metoder og anvendelser av DGTen, se publikasjoner av Røyset, Garmo et al fra 2002 til 2004.

DGTene kommer i 2 versjoner, en for prøvetaking av ioner i vann, og en for oppsamling av metall ioner fra porevannet i sediment profiler. Det er den siste, DGT-proben, som benyttes her. Se Figur som viser forskjell mellom de 2. DGT proben har et prøvetakingsvindu som er ca 150 mm langt. Ytterst i vinduet ligger en beskyttende filter-membran, deretter en diffusjons-membran, og innerst adsorbenten som fanger opp ionene som diffunderer gjennom adsorbent. Prøvetakeren med hele vinduet settes ned i toppen av sedimentet, slik at hele vinduet er eksponert for porevann. Vanligvis benyttes en prøvetakingstid på 24 timer, noe som medfører at DGT'en «tømmer» porevannet for ioner. Etter eksponering tas prøvetaker opp, vinduet vaskes for eksternt sediment smuss, og pakkes i tette plastposer for transport tilbake til laboratoriet. Der fjernes filter og membran og adsorbenten i DGT-vinduet, deles opp i snitt på ønsket dybde. Vanligvis er 5 mm snitt ønskelig i toppen av profilet, mens man tar 10 mm dype snitt lenger ned i profilet, der det forventes mindre endringer i porevanns-konsentrasjon.

De enkelte adsorbent snitt overføres til syrevaskede plast plastr, metallene ekstraheres med konsentrert salpetersyre, og fortynnes til ønsket volum. Da er prøvene klargjort for metall analyse. Dette gjøres ved NIVA med ICPMS, som er den mest følsomme analyseteknikk for metaller i denne type prøver. Analysemetoden som benyttes en analog av en tilsvarende metode som er akkreditert for analyse av metaller i vann og sedimenter.

NIVAs prøvetakings verktøykasse med passive prøvetakere og andre fraksjoneringsverktøy

Bildet viser NIVAs verktøykasse med prøvetakere for fraksjonering av metaller i vann og sedimenter. Prøvetakerne er fra venstre:

- 1) To vanlige DGT prøvetakere
- 2) SCF (size charge) prøvetaker
- 3) SCF prøvetaker med filter og prøvetakingssprøyte
- 4) Porevanns separator
- 5) DGT sediment probe som benyttes i dette arbeid



Litteraturreferanser

- Davison, W. and Zhang, H. (1994) In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature*, 1994, 367, 546-548.
- Davison, W, Fones, G., Harper, M., Teasdale, P. and Zhang, H. (2000). In situ environmental measurements using dialysis, DET and DGT, in *In Situ Monitoring of Aquatic System - chemical analysis and speciation*, Buffle, J. and Horvai, G (Eds.), IUPAC, John Wiley & Sons Ltd.
- Garmo, Ø. (2002). Laboratoriestudium av teknikken diffusive gradients in thin films for bestemmelse av frie ioner og labile spesier., Cand. scient. thesis, Dep of Chemistry, NTNU, Trondheim.
- Garmo, Ø, Røyset, O, Steinnes, E, Flaten TP ((2002), Performance study of diffusive gradients in thin films for 50 elements using ICPMS, *Anal Chem*, 2003, 75, 3573-3580
- Røyset, O (2002) Study of DGTs in seawater during the BECPELAG campaign 2001, SETOC special publication, in review 2003.
- Thornhill M, Kleiv R, Sandvik K, Iversen E*, Røyset O*, Lydersen E*, "Development of model tools for subaqueous tailing deposits of sulphide mines", NFR/PROFO, 2003, Dep. Geol. Min. Res. Eng., NTNU, Trondheim and *) NIVA Oslo.
- Aatland A, Kroglund F, Røyset O, Garmo O (2003) Reducing iron gill stress by silicate treatment in salmonids, NIVA report 2003.
- Røyset O, Garmo, Ø, Rosseland, BO, Kristensen T, Kroglund F(2004) DGT predicts stress for toxic aluminium in trout, Submitted to *Environ Sci Technology* 2004.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no