

# Oppdatert risikovurdering av sedimenter og overvåking med vekt på PAH av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2013



**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

**NIVA Region Midt-Norge**

Høgskoleringen 9  
7034 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Oppdatert risikovurdering av sedimenter og overvåking med vekt på PAH av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2013	Løpenr. (for bestilling) 6664-2014	Dato 9. april 2014
	Prosjektnr. Undernr. O-13221	Sider Pris 107
Forfatter(e) Kristoffer Næs, Jarle Håvardstun, Eivind Oug, Jonny Beyer, Torgeir Bakke, Harald Heiaas, Adam Lillicrap og Ian Allan	Fagområde Marine miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

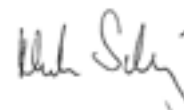
Oppdragsgiver(e) Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS	Oppdragsreferanse Bente Sundby-Haaland
---	---

<p>Sammendrag</p> <p>Bedriftene Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS gjennomfører et overvåkingsprogram i det bedriftsnære sjøområdet i Kristiansandsfjorden. Programmet supplerer og er koplet opp mot myndighetenes generelle overvåking av Kristiansandsfjorden. Undersøkelsene i 2013 har vært todelt: en risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta og en videreføring av den langsiktige overvåkingen av det nære sjøområdet til Elkem med hovedvekt på PAH. Det ble ikke observert systematiske endringer i metall- eller PAH-innhold i vannmassene over den 3-årsperioden overvåkingen har foregått. Metallinnholdet i blåskjell var generelt lavt til svakt forhøyet. PAH-innholdet i skjellene var til dels høyt i de helt bedriftsnære områdene. Konsentrasjonen av forurensede forbindelser i sedimentet i Elkembukta danner utgangspunktet for risikovurderingene. Verdiene var høye. En transport av PAH fra sedimentene er underordnet andre kilder til Elkembukta hvor PAH med prosessvann nå er sterkt redusert i forhold til tidligere. De forurensede sedimentene i Elkembukta representerer en beregnet risiko for økologiske effekter og gir også en human risiko hvis sjømat hentes fra denne industrihavnen. Det er neppe tilfelle i særlig grad og PAH akkumuleres heller ikke i filet av fisk slik at eventuell risiko i hovedsak vil være knyttet til skjell. Den økologiske tilstanden til bløtbunnsfaunaen i området Fiskåbukta utenfor Elkembukta er generelt god og har vist en betydelig forbedring over tid.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Kristiansandsfjorden</li> <li>Sedimenter</li> <li>Økologi</li> <li>Risikovurderinger</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Kristiansand fjord</li> <li>Sediments</li> <li>Ecology</li> <li>Risk assessments</li> </ol>
---	---



*Kristoffer Næs*  
Prosjektleder



*Morten Schaanning*  
Forskningsleder

Oppdatert risikovurdering av sedimenter og overvåking  
med vekt på PAH av det nære sjøområdet til Elkem i  
Kristiansand i 2013

## Forord

NIVA gjennomfører en langsiktig overvåking for Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS i Kristiansand. Hovedkontakt for bedriftene er Bente Sundby Håland.

Ved NIVA har Jarle Håvardstun, Jonny Beyer, Ian Allan, Lise Tveiten og Merete Schøyen utført feltarbeidet i 2013. Gunhild Borgersen og Marijana Brkljacic har stått for sortering og indentifisering av bløtbunnsfauna. Kristoffer Næs, Eivind Oug, Jarle Håvardstun, Jonny Beyer, Torgeir Bakke, Harald heiaas, Adam Lillicrap og Ian Allan har skrevet rapporten. NIVAs og Eurofins laboratorier har gjennomført analysene.

Alle takkes for innsatsen.

Oslo, 9. april 2014

*Kristoffer Næs*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>9</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
1.1 Bakgrunn og formål	10
1.2 Tidligere undersøkelser	10
1.3 Utslipp fra Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS	11
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>15</b>
2.1 Metaller og PAH i vannmasser	15
2.1.1 Bakgrunn	15
2.1.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	15
2.2 Metaller og PAH i blåskjell	17
2.2.1 Bakgrunn	17
2.2.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	17
2.3 Risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta i 2013.	18
2.3.1 Bakgrunn	18
2.3.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	19
2.3.3 Analysemetoder for sedimentkjemi	22
2.3.4 Toksisitet av sedimentene	23
2.3.5 Skipsanløp og seilingsleder i Elkembukta og Fiskåbukta	23
2.3.6 Beregning av stedsspesifikke Kd-verdier for PAH i sediment	25
2.4 Undersøkelser av bløtbunnsfauna - vurdering av miljøtilstand	26
2.4.1 Bakgrunn	26
2.4.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder	26
2.5 Bedømming av miljøtilstand	27
2.5.1 Kjemisk tilstand: EUs prioriterte stoffer og norske klassifiseringssystemer for blåskjell og sedimenter	27
2.5.2 Klassifisering av økologisk tilstand	29
<b>3. Resultater</b>	<b>31</b>
3.1 Metaller og PAH i vannmasser	31
3.1.1 DGT	31
3.1.2 SPMD	34
3.2 Metaller og PAH i blåskjell	36
3.3 Risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta	41
3.3.1 Konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og porevann	41
3.3.2 Toksisitet av porevann fra sedimenter	47
3.3.3 Miljøriskovurdering Trinn 1	48
3.3.4 Risikovurdering Trinn 2A – Risiko for spredning	51
3.3.5 Risikovurdering Trinn 2B – Risiko for human helse	56
3.3.6 Risikovurdering Trinn 2C – Risiko for effekter på økosystemet	57
3.3.7 Resultater fra miljøriskovurderingen av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta.	62
3.4 Vurdering av økologisk tilstand	63
3.4.1 Bløtbunnsfauna og klassifisering av økologisk tilstand	63
3.4.2 Utviklingen over tid	64

3.4.3 Økologisk tilstand og risiko for effekter på bunnorganismer	65
<b>4. Diskusjon</b>	<b>67</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>72</b>
<b>7. Vedlegg</b>	<b>75</b>
7.1 Analyseutskifter for sedimenter:	75
7.2 Analyseutskifter for PAH-innhold i SPMD (passive prøvetakere):	90
	91
7.3 Analyseutskifter for metall-innhold i DGTer (passive prøvetakere):	96
7.4 Analyseutskifter for metallinnhold og PAH-innhold i blåskjell:	99
7.5 Analyseutskifter for toksisitetstester av sedimenter:	103
7.6 Vedlegg bløtbunnsfauna.	107

---

## Sammendrag

Kristiansandsfjorden har vært og er tildels fremdeles sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Fjorden er imidlertid i en utvikling mot bedre miljøtilstand etter at industrien har gjennomført utslippsbegrensende tiltak. Forurensningsmyndighetene har et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS igangsatt et eget overvåkingsprogram for det mer bedriftsnære området. Problemstillingene rundt utslipp fra Elkem Carbon AS er i hovedsak knyttet til PAH og effekten av reduksjon av disse utslippene, mens problemstillingen rundt Elkem Solar AS er rettet mot påvirkning av eventuelle utslipp av grunnstoffelementer (metaller, tungmetaller, halvmetaller: her omtalt med samlenavnet metaller). Overvåkingen for Elkem er planlagt frem til 2016.

Hovedformålene med overvåkingen i 2013 har vært:

- Gi grunnlag for å påvise eventuelle endringer i miljøstatus i det nære sjøområdet til Elkems to bedrifter, nemlig Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS, for den siste knyttet til etablering av renselanlegg ved bedriften.
- Belyse økologiske effekter av forurensningen i det nære sjøområdet til de samme to bedriftene.
- Gi et bedriftsspesifikt, nødvendig supplement til myndighetenes mer generelle overvåking av resipienten i Kristiansandsfjorden.

I 2013 har overvåkingen vært konsentrert om tilstanden i vannmassene i det bedriftsnære området. Undersøkelsene har omfattet målinger i vannmasser av metaller og PAH ved hjelp av passive prøvetakere (DGTer og SPMDer). Det ble også undersøkt for metaller og PAH i blåskjell.

En hovedaktivitet i 2013 utover overvåkingen har vært å gjennomføre en ny risikovurdering av sedimentene i havneområdet til Elkem, kalt Elkembukta. Dette ble også gjort i 2005 i en foreløpig utgave av myndighetenes risikoverktøy. For å gjøre dette er ny prøvetaking og analyse av sedimentene i Elkembukta gjennomført og risikovurderingen er gjort i hht til Miljødirektoratets nåværende veileder.

For sammenligningens skyld er også en risikovurdering av sedimentene i Fiskåbukta gjort. Her eksisterte det oppdaterte sedimentkonsentrasjoner og også analyser av økologisk tilstand av dyrelivet i bløtbunnsfaunaen, bortsett fra at en lokalitet er prøvetatt på nytt.

### Konklusjoner

Overvåkingen av **vannmassene** viste at var relativ liten forskjell i konsentrasjonene av utvalgte grunnstoffelementer mellom stasjonene i Fiskåbukta og også sammenlignet mot observasjoner fra Flekkerøygapet. De passive prøvetakerne som fanger opp den løste fraksjonen viste at kobolt, kobber, nikkel og bly muligens var noe høyere i Fiskåbukta enn i Flekkerøygapet. Det gjøres oppmerksom på at indre Kristiansandsfjord mottar tilførsler fra flere kilder.

Grunnstoffelementer ble også analysert i blåskjell. Blåskjellene belyser konsentrasjon i vannmassene både av den løste og partikulære fraksjonen. I tillegg er det her også nasjonale kvalitetskriterier som konsentrasjonene kan sammenlignes mot. Blåskjellresultatene gir stort sett samme bilde som de passive prøvetakerne og konsentrasjonene av tungmetaller var lave. Alle stasjonene i Fiskåbukta kunne karakteriseres som lite/ubetydelig (klasse I) til moderat (klasse II) forurenset av metaller

Elementene kalsium og silisium har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. Verdiene har variert betydelig i overvåkingsperioden, det har også konsentrasjonene i skjell

fra referansestasjonen i Flekkerøygapet. Resultatene gir ikke grunnlag til å peke på systematiske forskjeller eller endringer.

En av hovedhensiktene med den langsiktige overvåkingen er å følge nivået av PAH i sjøområdet. Konsentrasjonene i blåskjellene viste en tydelig påvirkning. For PAH<sub>16</sub> tilsvarer konsentrasjonene moderat til markert forurensning, men de for benzo(a)pyren tilsvarer markert til meget sterk forurensning. De høyeste konsentrasjonene observeres naturlig nok nær Elkembukta og med bratte gradienter ut fra den. Elkem Carbon AS har gjennom de siste årene redusert utslippet av PAH betydelig og er i dag trolig på 5%-nivå, kanskje mindre, enn det var tidligere. Selv om man da fremdeles observerer høye PAH-konsentrasjoner i skjell i det bedriftsnære område, må man huske på at f.eks. i 2003 ble det målt PAH-verdier i skjell fra Fiskåtanen som var 10 ganger høyere.

**Sedimentundersøkelsene** i 2013 fokuserte på Elkembukta som grunnlag for risikovurderingene. I tillegg ble prøver fra utvalgte stasjoner i Fiskåbukta analysert. I begge områdene, men mest markert i Elkembukta, var PAH-innholdet høyt og generelt svarende til meget sterk forurensning. For metallene var kontamineringsnivået variabelt, men relativt sett moderat i begge områdene. Det samme kan sies for PCB, mens TBT-påvirkningen også generelt tilsvarte meget sterk forurensning.

**Risikovurderingene** var primært rettet mot Elkembukta, men Fiskåbukta ble også vurdert for sammenligningens skyld. Beregningene fra Elkembukta viser at spredning fra sedimentene til vannmassene for PAH var kvantitativt 3,3 kg/år. Det finnes imidlertid ingen allment aksepterte akseptgrenser for spredning alene. Det er konsekvenser av spredningen som er av primær betydning. Risikoverktøyet belyser også viktigste spredningsmekanisme. For PAH er det i hovedsak knyttet til oppvirvling av forurensede sedimentpartikler på grunn av skipsbevegelser.

Risiko for human helse vurderes ut fra aktuelle transportveier til mennesker og etter hvordan et sedimentområde anvendes. Den viktigste eksponeringsveien, spesielt for organiske miljøgifter, er vanligvis via konsum av fisk og skalldyr. Risikoberegningene viser at sedimentene i Elkembukta representerer en fare for human helse særlig knyttet til konsentrasjonen av benzo(a)pyren. Denne risikoen forutsetter et livslangt konsum av sjømat fra Elkembukta. Dette er neppe relevant. PAH akkumuleres heller ikke i filet av fisk slik at eventuell risiko i hovedsak vil være knyttet til skjell. PCB og TBT overskrider også grenseverdiene for skade på human helse.

Beregningene viser at forurensningen i Elkembukta utgjør en risiko for skade på sedimentlevende organismer. Risikoen utgjøres til en viss grad av PAH, men i betydelig større grad TBT. Toksisitetstester av sedimentet viser også effekter, men det er viktig å påpeke at disse representerer en samlet påvirkning fra alle forbindelsene som måtte være i sedimentet, og kan ikke nødvendigvis knyttes til PAH direkte. Utlekkingen fra sedimentet i Elkembukta representerer en risiko for organismer som lever i vannmassene, svak for PAH, noe mer fra TBT.

Beregningene for Fiskåbukta viser at totalspredningen av metaller, PAH, PCB og TBT er større enn fra Elkembukta. Dette skyldes et større areal, mens spredning pr. arealenhet fjordbunn er mindre enn i Elkembukta. Sedimentene i Fiskåbukta viser også en beregnet risiko for skade på human helse på grunn av konsentrasjoner av metaller, PAH, PCB og TBT. Sedimentene i Fiskåbukta representerer en økologisk risiko for sedimentlevende dyr på grunn av metaller og TBT og på organismer i vannmassene på grunn av TBT.

Det ble også gjennomført en risikovurdering av sedimentene i Elkembukta i 2005 ut fra en foreløpig versjon av risikoverktøyet som senere er blitt revidert ved flere anledninger. En direkte sammenligning mellom 2005- og 2013-vurderingene er derfor ikke mulig. Imidlertid, begge vurderingene gir relativt tilsvarende resultater. Det er forståelig siden konsentrasjonene i sedimentene ikke har endret seg vesentlig. Det som imidlertid medfører vesentlige endringer er at utslippet av PAH i prosessvann fra Elkem Carbon AS nå er på 5-prosentsnivå, av det det var i 2005 og kanskje mindre. I



spredningssammenheng medfører det at andre kilder for PAH-påvirkning av vannmassene utenfor Elkembukta begynner å spille en rolle for den totale PAH-påvirkningen.

De **økologiske tilstandsvurdingene** for Fiskåbukta viser at alle stasjonene med unntak for en stasjon i overgangen til Elkembukta (EC1), ble vurdert til 'god tilstand' (NQI1- indeksen). I henhold til Vannforskriften skal imidlertid også fysisk-kjemiske støtteparametre vurderes når de biologiske kvalitetselementene er i god eller svært god tilstand. Alle miljøgifter som ikke inngår blant EUs prioriterte stoffer, vil her bli betraktet som støtteparametre. Når disse er i moderat eller dårligere tilstandsklasse, skal økologisk tilstand nedgraderes.

Det har vært en betydelig forbedring av bløtbunnsfaunaen i Fiskåbukta fra tidlig 80-tallet og frem til i dag. Det kan kanskje synes uventet i det sedimentkonsentrasjonene ikke er vesentlig endret ennå selv om direktetilførsler er sterkt redusert. En nylig utført utredning har vist at svært mange industriforurensede fjorder med høye konsentrasjoner av miljøgifter i bunnsedimentene, ofte har bløtbunnsfauna som klassifiseres til god eller svært god økologisk tilstand (Oug mfl. 2013). Dette fører til at kjemisk og økologisk klassifisering generelt viser store sprik. Dels skyldes nok dette at den kjemiske klassifiseringen er svært konservativ og skal sikre at ingen effekter på organismer skal finne sted, men samtidig er det altså grunn til å tro at den økologiske klassifiseringen først gir utslag når effektene blir forholdsvis store.

Det er rimelig å tro at bunnfaunaen i Fiskåbukta er påvirket også av andre faktorer enn miljøgiftene fra industrien. Fiskåbukta ligger sentralt i et urbanisert område med varierte aktiviteter og flere kilder til forurensning. Spesielt den indre lokaliteten (K16) er ganske nær til en stor småbåthavn i Auglandsbukta. Det kommer ut avrenningsvann i flere småvassdrag som drenerer større boligområder i områdene omkring. Trolig er dagens økologiske tilstand til bløtbunnsfaunaen omtrent så god som det kan forventes innenfor et generelt urbanisert område.

## Summary

Title: Environmental monitoring and updated risk assessment with emphasis on PAH of the marine environment close to Elkem in Kristiansand in 2013

Year: 2014

Authors: Kristoffer Næs, Jarle Håvardstun, Eivind Oug, Jonny Beyer, Torgeir Bakke, Harald Heiaas, Adam Lillicrap and Ian Allan

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6399-2

Elkem Carbon AS and Elkem Solar AS are conducting a monitoring program in the Kristiansand fjord near their factories. This program supplements the authorities overall monitoring and surveillance programme in the Kristiansand fjord. In 2013, samples of the water masses, blue mussels, sediments and ecological status of the soft bottom fauna were investigated and a risk assessment study of the contaminated sediments was performed. No systematic changes in metal or PAH concentrations in the water masses over the three-year monitoring period could be detected. Metal content in mussels was generally low to slightly elevated, however PAH content in mussels was elevated. Contaminant concentrations were high in the Elkem harbour sediments. The sediment contaminant concentrations were used in a risk assessment. Calculations gave a transport of approx. 3 kg PAH annually from the sediments. The directed discharges of PAH with process water is now strongly reduced to approx. 10 kg/yr. The contaminated sediments represent a calculated risk for sediment-living organisms and to humans based on a lifelong intake of seafood from the area. The latter is not necessarily realistic since fishing in the area hardly occurs and PAH do not accumulate in fish flesh. The quality of the benthic fauna in the Fiskåbukta has improved significantly over the years and might have reached a status as good as can be expected in a multisource, urbanized area.

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn og formål

Kristiansandsfjorden har vært og er tildels fremdeles sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Fjorden er imidlertid i en utvikling mot bedre miljøtilstand etter at industrien har gjennomført utslippsbegrensende tiltak (Berge mfl. 2007). Forurensningsmyndighetene har et overvåkingsprogram som skal dekke fjordområdet som sådan. I den sammenheng har Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS fått krav i utslippstillatelsene fra Miljødirektoratet om å gjennomføre overvåking av det bedriftsnære området til Elkem. Problemstillingene rundt utslipp til sjø fra Elkem Carbon AS er i hovedsak knyttet til PAH (Ruus mfl. 2005) og effekten av reduksjon av disse utslippene.

Miljødirektoratets opprinnelige utslippstillatelse gitt til Elkem Solar AS i 2007, var basert på en risikovurdering (Schaanning og Næs 2006a) av estimert utslipp etter renseanlegget og krav om etablering av et overvåkingsprogram i fjorden i bedriftens nærområde (Schaanning og Næs 2006b). Undersøkelsene som rapporteres her omfatter relevante deler av dette opprinnelige forslaget til undersøkelser for Elkem Solar AS fra NIVA.

Fra og med 2010 har disse to Elkem-bedriftene imidlertid etablert et felles overvåkingsprogram som administreres av Elkem Carbon AS. Hovedformålene med undersøkelsene i de sjønære områdene til Elkem er:

- Gi grunnlag for å påvise endringer i miljøstatus i det nære sjøområdet til Elkems to bedrifter; Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS.
- Belyse økologiske effekter av forurensningen i det nære sjøområdet til de samme to bedriftene.
- Gi et bedriftsspesifikt, nødvendig supplement til myndighetenes mer generelle overvåking av resipienten Kristiansandsfjorden.

I tillegg til formålene ovenfor, har Miljødirektoratet gitt Elkem Carbon A/S pålegg om å gjennomføre en oppdatert risikovurdering av sedimentene i den såkalte «Elkembukta». Dette representerer da en oppdatering av de risikovurderingene som ble gjennomført i 2006.

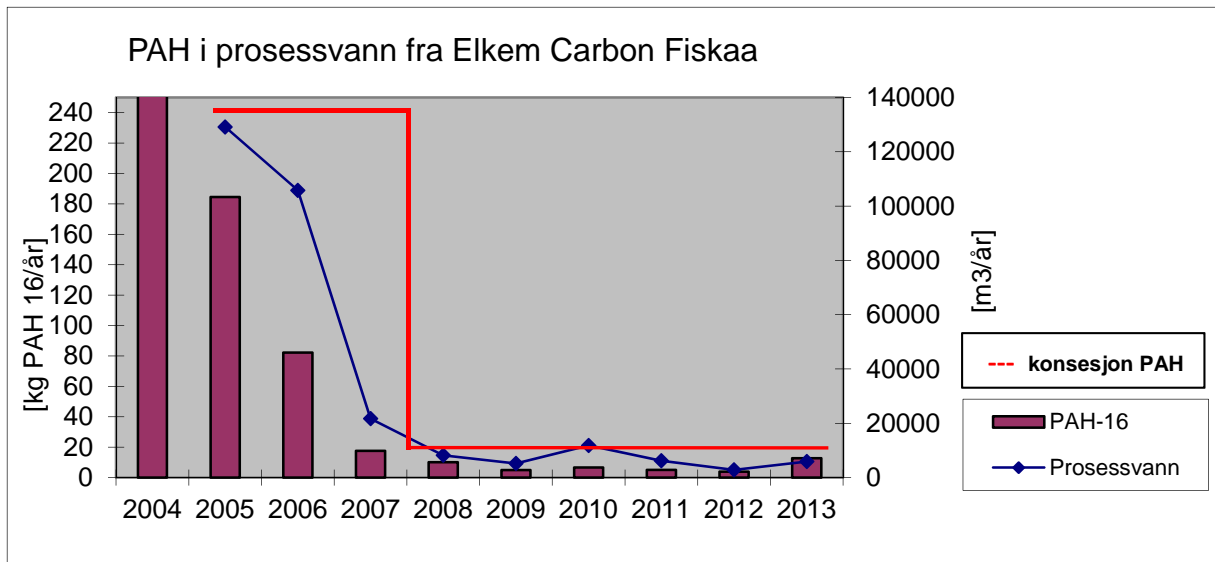
På bakgrunn av forurensningssituasjonen i fjordsystemet har Mattilsynet (Matportalen.no, Andersen 2011 og 2012) gitt råd om ikke å spise fet, stasjonær fisk, blåskjell eller brunmat fra krabber fra området innenfor yttersiden av Odderøya- Dybingen - Bragdøya og Andøya.

## 1.2 Tidligere undersøkelser

I Kristiansandsfjorden er det gjennomført en rekke undersøkelser av miljøgifter i sedimenter og organismer siden 1980-tallet. En samlet fremstilling av fordeling og konsentrasjoner i bunnsedimenter er gitt av Næs og Rygg (2001). De senere større undersøkelsene knyttet til forurensningsstatus og kostholdsproblematikk har blitt gjennomført i 1996 (Knutzen mfl. 1998), 2006 (Berge mfl. 2007) og 2012 (Schøyen mfl. 2013). Fortsatt representerer dioksiner og PAH et problem for fisk og skalldyr. I Hanneviksbukta ble det etablert bunnfaunastasjoner ved tildekkingen av sedimentene (Oug mfl. 2004) som har vært fulgt opp i 2005, 2006 og 2012 for å følge reetableringen av naturlig bunnfauna (Berge mfl. 2007, Schøyen mfl. 2013). Det er høye verdier av metaller og tildels TBT i sedimenter, konsentrasjoner av PCB er generelt lave.

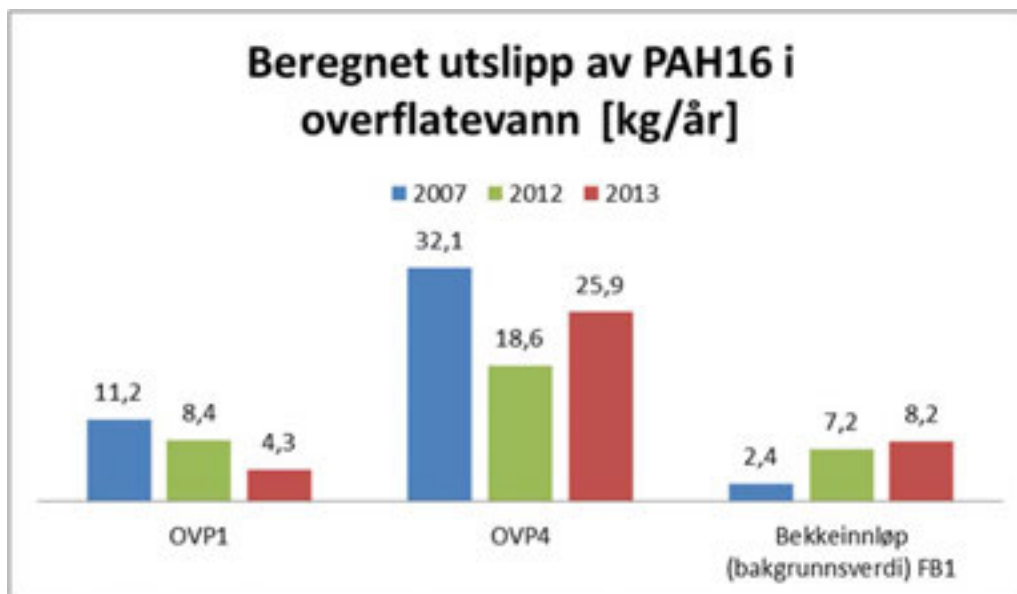
### 1.3 Utslipp fra Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS

Elkem Carbon AS har gjennomført store utslippsreduksjoner de senere årene (**Figur 1**). Bedriften har i dag en konsesjon på 20 kg PAH pr. år fra prosessvann. Som det fremgår, har utslippsmengder av PAH med prosessvannet ligget godt under utslippsgrensen i perioden 2008 til 2013.



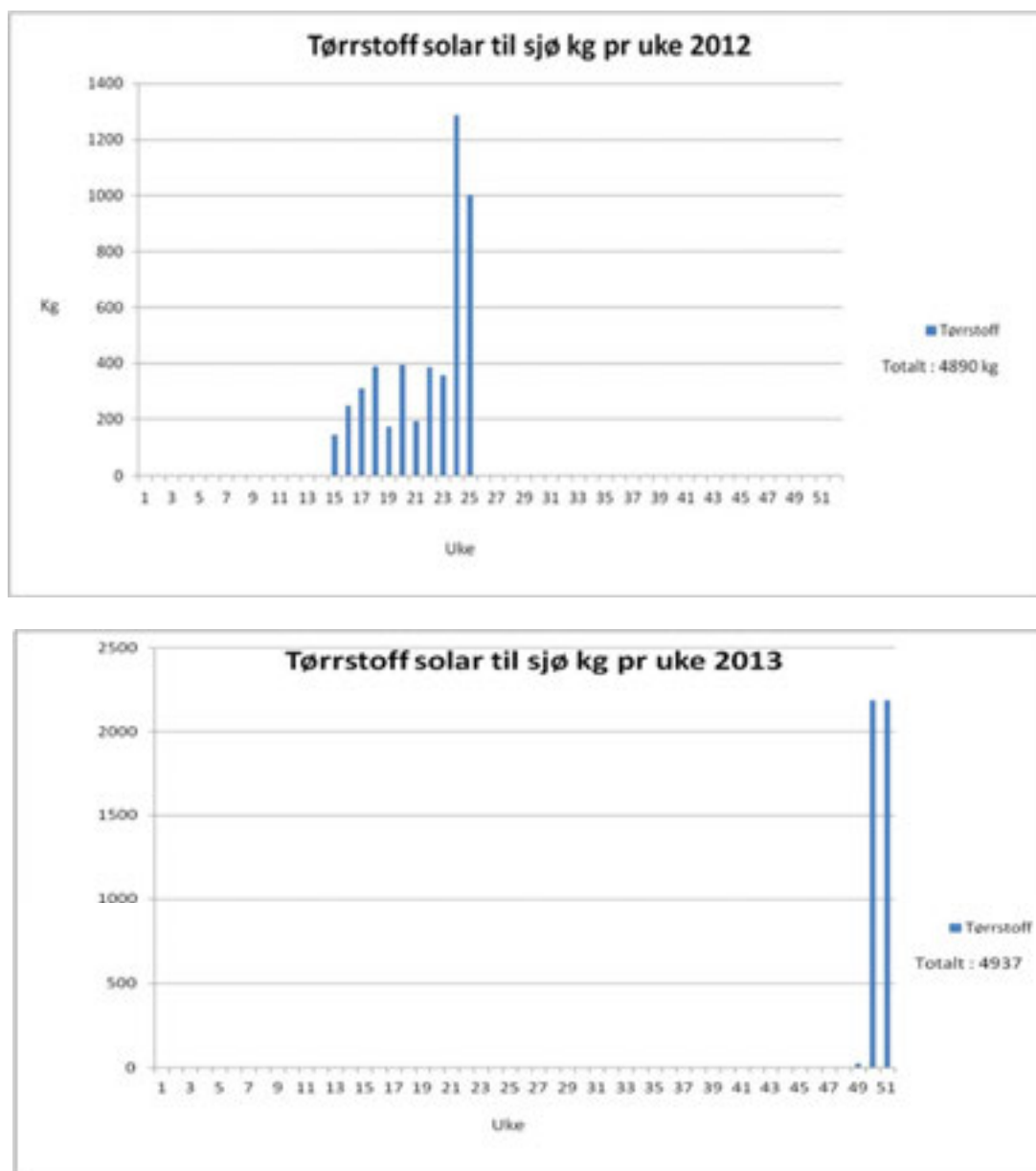
**Figur 1.** Utslipp av PAH i prosessvann fra Elkem Carbon AS. Data er sammenstilt av Bente Sundby Håland, Elkem Carbon AS.

Bedriften måler også PAH i overflatevann fra Elkems bedrifter, **Figur 2**. Data for 2007 er tatt fra rapport "Kartlegging og reduksjon av PAH-utslipp til sjø – statusrapport" (Vatland 2008). Målinger har vist at ca. 49 % av overflatevannet tilføres via prøvepunkt OVP1, mens 23% går via prøvepunkt OVP4. Overflatevannet i OVP4 er blandet med kjølevann fra flere Elkem bedrifter. Fra 2007 til 2012 er det gjort forbedringer på analysesiden slik at deteksjonsgrensen for PAH er forbedret. Som det fremgår, har det totalt sett vært en reduksjon i mengden av PAH i overflatevannet de senere årene. Tilførsler av PAH med bekkevann var høyere i både 2012 og 2013 sammenlignet med 2007.



**Figur 2.** Utslipp av PAH med overflatevannet målt i punkt OVP1 og OVP4 samt bakgrunnsverdi for tilførsler av PAH til Kristiansandsfjorden fra Fiskåbekken. Data er sammenstilt av Bente Sundby-Håland, Elkem Carbon AS.

Tilførsler fra Elkem Solar AS av tørrstoff og grunnstoffelementer til Kristiansandsfjorden er vist i **Figur 3** og **Tabell 1**.



**Figur 3.** Oversikt over tilførsler av tørrstoff (kg/uke) i 2012 og 2013 fra Elkem Solar AS til Kristiansandsfjorden. Sammenstillingen er gitt av Bård Tobiesen, Elkem Solar AS.

**Tabell 1.** Tilførsler av grunnstoffelementer fra Elkem Solar AS sitt renselanlegg til Kristiansandsfjorden målt som kg/år. Sammenstillingen er gitt av Bård Tobiesen, Elkem Solar AS.

År	As	Cu	Cr	Ni	Al	Zn	Fe
2009	1,98	0,77	5,05	4,37	5,90	1,34	32,47
2010	3,40	12,20	10,00	25,90	29,00	5,80	36,80
2011	5,52	8,09	7,63	17,59	24,10	2,64	60,74
2012	1,13	3,95	0,54	4,39	1,88	0,73	21,90
2013	0,15	1,40	0,08	0,08	4,29	0,04	21,31

Elkem Solar As har på grunn av markedsutfordringer hatt en lengre tids produksjonsstans. Produksjonstrinnet «Hydro» som bidrar til sjøutslippet, har vært stanset fra 22.06.2012 til 02.12.2013 og fra 23.12.2013 til 06.01.2014.

## 2. Materiale og metoder

I henhold til programforslaget for undersøkelsene i regi av Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS, er det planlagt et overvåkingsprogram frem til 2016 (**Tabell 2**). For overvåkingen av blåskjell og passive prøvetakere (SPMD) var det planlagt to innsamlingsrunder i 2010. På grunn av isforholdene i indre deler av Kristiansandsfjorden har det bare vært mulig å gjennomføre en av disse rundene. Av forskjellige grunner ble det også avvik fra planene for 2011. I 2012 ble imidlertid dette kompensert med 3 innsamlinger for blåskjell og SPMDer. I 2013 ble to innsamlingsrunder for blåskjell og passive prøvetakere gjennomført. Grunnet myndighetenes pålegg om en oppdatert risikovurdering av sedimentene ble det også gjennomført en omfattende sedimentprøvetaking i Elkembukta. I tillegg ble det tatt prøver av sedimenter og bløtbunnsfauna på enkeltstasjoner i Fiskåbukta.

**Tabell 2.** Gjennomført og planlagt frekvens for overvåkingen i regi av Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS. Tall i parentes representerer gjennomført.

Aktivitet	Antall stasjoner	2010 frekvens	2011 frekvens	2012 frekvens	2013 frekvens	2014 frekvens	2015 frekvens	2016 frekvens
Blåskjell/SPMD	3	2 (1)	3 (hhv 1/2)	1 (3)	2	2	2	2
Sediment	2 (EC*) +3 (ES**)	1		1	1			1
Bløtbunnsfauna	2	1		1	1			1
Rapportering			X	X	X	X	X	X

\*EC = Primært Elkem Carbon AS.

\*\*ES = Primært Elkem Solar AS.

### 2.1 Metaller og PAH i vannmasser

#### 2.1.1 Bakgrunn

Konsentrasjoner i vannmassene ble belyst ved hjelp av passive prøvetakere, nemlig såkalte DGTer (Diffusive Gradients in Thin films) og SPMDer (Semi Permeable Membran Devices). DGTene fanger opp den ioniske formen av metallene samtidig som de integrerer konsentrasjoner over tid. Tilsvarende gjelder for SPMDene, men disse anvendes for å måle konsentrasjonen av hydrofobe forbindelser som PAH i vannmassene.

Ovenfor er det brukt betegnelsen «metaller». Vi har valgt å bruke denne samlebetegnelsen for de analyserte grunnstoffelementene som omfatter både metaller (jern, aluminium, kalsium), tungmetaller (kadmium, kobolt, krom, kobber, bly, sink, nikkel) og halvmetaller (silisium, arsen).

#### 2.1.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

De passive prøvetakerne ble utplassert i vannmassene ca. 2-4 m under overflaten.

Eksponeeringsperiodene og koordinater for stasjonene er vist i **Tabell 3**.

Prøvetakingsstasjonene er vist på kart i **Figur 4**.



**Tabell 3.** Stasjoner og eksponeringsdatoer for passive prøvetakere med posisjoner (WGS84) i 2010-2013.

Stasjonsnavn	Dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen	27/8-28/9 2010	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	27/8-28/9 2010	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	27/8-28/9 2010	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	2/4-7/5, 15/6-6/7 og 28/9-7/11 2012	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	26/04-31/05 og 06/09-18/10 2013 DGT 31/05-12/07 2013	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	26/04-31/05 og 06/09-18/10 2013	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	26/04-31/05 og 06/09-18/10 2013	N 58°04.794	Ø 07°58.443

DGTene fanger den ioniske formen av metaller i opptakslaget gjennom en chelaterende gel. Før analysene ekstraheres gelen med HNO<sub>3</sub>. Denne løsningen fortynnes før ICP-MS-analyse for aluminium (Al), kalsium (Ca), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn). Ut fra vanntemperaturen i eksponeringsperioden og opptaksrater beregnes gjennomsnittskonsentrasjonen i vannmassene.

SPMDer består av tynne plastremser fylt med ca. 1 g fett som fanger opp den fritt løste fraksjonen av lipofile forbindelser i vann. Prøvetakerne ble holdt frosne før og etter eksponering. På laboratoriet ble SPMDene ekstrahert ved dialyse med heksan i henhold til standardprotokoller etablert ved NIVA. Prøvene ble rensert og analysert med en kombinasjon av GC/MS og GC/ECD for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Før eksponering ble prøvene tilsatt referanseforbindelser (PRCs = Performance Reference Compound) som er fem deuterte PAHer. Disse lekker ut fra SPMDene under eksponering og brukes til å estimere mengden av vann ekstrahert under eksponeringen (liter/døgn) som igjen er nødvendig for å beregne vannkonsentrasjonen i eksponeringsperioden. En kontrollprøve ble brukt til å vurdere startkonsentrasjonen av PRC og potensiell forurensing av prøvetakerne. Den blir kun eksponert i luft ved utsetting og opptak av de passive prøvetakerne. Med kunnskap om eksponering, prøvetakingsperiode og akkumulert masse, er det mulig å beregne gjennomsnittskonsentrasjoner for de ulike PAH-forbindelsene.



**Figur 4.** Oversiktskart over stasjoner for passive prøvetakere (SPMD og DGT) og blåskjell. Sirkel = Myndighetenes overvåkingsstasjoner for blåskjell. Stjerne = Elkem Carbon AS og Elkem Solar AS-relaterte stasjoner for passive prøvetakere og blåskjell.

## 2.2 Metaller og PAH i blåskjell

### 2.2.1 Bakgrunn

Miljøtilstanden i de øvre vannlag i Kristiansandsfjorden overvåkes også ved analyse av forbindelser i blåskjell. Fordi skjellene akkumulerer metaller og PAH, kan skjellenes konsentrasjon av disse brukes som markør for den akutte, aktuelle miljøbelastningen av disse stoffene i vannmassene.

### 2.2.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Plasseringen av blåskjellstasjonene med samme geografiske plassering og benevnning som de passive prøvetakerne er vist på kart i **Figur 4**. Hensikten er at de skal gi informasjon fra nærområdet til Elkembedriftene. De vil også kunne sammenlignes med bl.a. stasjoner fra det nasjonale overvåkingsprogrammet Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP, tidligere Joint Assessment and Monitoring Programme - JAMP). Koordinater for stasjonene er gitt i **Tabell 4**.

**Tabell 4.** Blåskjellstasjoner med posisjoner (WGS84) i 2010-2013. Dato angir innsamlingsdato for stedeagne skjell og eksponeringsperiode for utsatte skjell (kun 2011).

Stasjonsnavn	Dato	Breddegrader	Lengdegrader
Fiskåtangen	27/8-28/9 2010	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	27/8-28/9 2010	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	27/8-28/9 2010	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	3/8-6/9 og 21/9-19/10 2011	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°09.078	Ø 07°02.065
Lumber	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°07.707	Ø 07°59.232
Timlingene	7/5, -6/7 og 7/11 2012	N 58°04.794	Ø 07°58.443
Fiskåtangen	31/5, og 18/10 2013	N 58°09.075	Ø 07°02.060
Lumber	31/5 og 18/10 2013	N 58°07.709	Ø 07°59.230
Timlingene	31/5 og 18/10 2013	N 58°04.794	Ø 07°58.443

Det ble innsamlet ca. 50 blåskjell (størrelse 3-5 cm) fra hver stasjon. Skjellene ble frosset ned etter innsamling og senere opparbeidet på laboratoriet i henhold til gjeldende retningslinjer (modifisert CEMP-prosedyre hvor skallengde og vekt av bløtdelene er målt, mens tarminnhold ikke er tømt, se Green mfl. 2010). Det ble laget én blandprøve av minst 30 skjell fra hver stasjon.

Blåskjellene ble analysert av EUROFINS laboratorium for metallene As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Si, Fe, Co og Ca. Skjellene ble i tillegg analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Metallene er bestemt iht. NS EN ISO 17294-2, men unntak av Hg som bestemmes iht. NS-EN ISO 12846.

For bestemmelsen av PAH er prøvene tilsatt intern standard, før lutbehandling, ekstraksjon med løsemiddel og bestemmelse av de ulike forbindelsene ved hjelp av GC-MS.

## 2.3 Risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta i 2013.

### 2.3.1 Bakgrunn

I 2013 er det gjennomført risikovurderinger av sedimentene i Elkembukta (område 1, se Fig 5) ved å benytte Veileder TA 2802/2011 fra Miljødirektoratet. Dette er en oppfølging av tidligere risikovurderinger utført i det Elkem-nære sjøområdet (Ruus m.fl., 2005). Dette ble utvidet til også å omfatte Fiskåbukta (område 2, se Figur 6). Arealene er de samme som i 2005 for å kunne sammenligne disse to områdene over tid. Miljøriskovurderingen dekker ulike delvurderinger, nemlig:

**Trinn 1: Vurdering av målte sedimentdata opp mot grenseverdier.**

**Trinn 2A: Vurdering av risiko for spredning** - vurderes ut fra beregnet miljøgifttransport fra sediment til vannmassene via diffusjon og bioturbasjon, oppvirvling som følge av bølger og skipstrafikk og opptak i organismer og spredning gjennom næringskjeden.

**2B: Vurdering av risiko for 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 der det kan ha betydning ved rekreasjon og bading.

**2C: Vurdering av risiko for effekter på økosystemet** - vurderes ut fra beregnede konsentrasjoner av miljøgifter som organismer i vann og sediment eksponeres for sammenlignet med relevante grenseverdier for effekter.

### 2.3.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Tidsutviklingen i PAH-belastningen på sedimentene i indre deler av Kristiansandsfjorden har i hovedsak vært fulgt ved gjentatte prøvetakinger og analyser av prøver fra overvåkingsstasjonen K17 i Fiskåbukta. Denne stasjonen inngår også i myndighetenes overvåkingsprogram for fjorden som nå (i 2013) er avsluttet. For å øke både presisjonen og utsagnskraften i tidstrendovervåkingen er to nye overvåkingsstasjoner opprettet: én i den bedriftsnære "Elkembukta" (EC 1) og én i sentral/sydlig del av Fiskåbukta (KH03). I tillegg er tre stasjoner særlig rettet mot Elkem Solar AS inkludert i denne undersøkelsen (ES1, ES2 og ES3).

Plassering av de forskjellige sedimentstasjonene i Elkembukta og i Fiskåbukta er vist i **Figur 5** og **Figur 6**. Koordinater, vanddyb og antall prøver som ble tatt er gitt i **Tabell 5**. EC1 og KH03 er stasjoner særlig knyttet til påvirkning fra Elkem Carbon AS, mens stasjonene ES1- ES3 er særlig relevante for problemstillinger knyttet til Elkem Solar AS. Stasjon K17 er også vist. I forbindelse med evaluering av konsekvensene av utslippet fra Elkem Solar AS (Molvær mfl. 2011) ble denne stasjonen prøvetatt og analysert. Stasjon K17 er også en av myndighetenes overvåkingsstasjoner og er i den sammenheng prøvetatt i 2012. Sedimentene ble prøvetatt med en van Veen-grabb og de øverste 2 cm av sedimentlaget snittet av for analyse. Avhengig av formålet ble en eller 5 parallelle prøver samlet inn. På stasjon K17 ble kun én prøve analysert for metaller (ikke PAH) i 2010, i 2012 er det analysert på fem paralleller både for metaller og PAH.

I tillegg til sedimentprøvene over ble det fra to stasjoner i Elkembukta og en stasjon i Fiskåbukta tatt større/dypere (0-10 cm) blandprøver av sediment for porevannsanalyser og toksisitetsanalyser. Data fra disse prøvene ble blant annet brukt til beregning av stedsspesifikke Kd-verdier (fordelingskoeffisienter mellom sediment og porevann) for PAH.

#### **Sedimentprøver og analysedata fra Elkembukta (område 1) som inngikk i risikovurderingen:**

Målinger av PAH: Stasjon 1, 2, 3, 4, 5,6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, EC1, ES3, Toks 1 og Toks 2.

Målinger av tungmetaller: Stasjon 1, 2, 3, 4, 5,6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, EC1, og ES3.

Målinger av PCB og TBT: Stasjon 1, 2, 3, 4, 5,6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, og 15.

Prøven på stasjon 10 ble ekskludert fra risikovurderingen (var ikke-representativ).

Stasjon 13 utgikk pga for høyt grusinnhold i grabbprøven.

Prøver fra Elkembukta for PAH i porevann og toksisitet: Toks 1 og Toks 2.

#### **Sedimentprøver og analysedata fra Fiskåbukta (område 2) som inngikk i risikovurderingen:**

Målinger av PAH: K2013-1, K2013-2, K2013-3, K16, KH03, K17, ES1, ES2, K18 og Toks 3.

Målinger av tungmetaller: K2013-1, K2013-2, K2013-3, K16, KH03, K17, ES1, ES2, og K18.

Målinger av PCB og TBT: K2013-1, K2013-2, K2013-3, K16, K17 og K18.

Prøver fra Fiskåbukta for PAH i porevann og toksisitet: Toks 3.



**Figur 5.** Markering av undersøkelsesområdet for 2013 i Elkembukta (øverst) og posisjonering av sedimentstasjonene som inngikk i risikovurderingen av sedimenter (nederst). Hvide sirkler markerer prøvetakingspunkter som inngår i toks-testene. Sedimenter fra stasjonene SED ARU1 og SED ARU2 er slått sammen til st. Toks 1 og sedimenter fra SED ARU3 og SED ARU4 er slått sammen til st. Toks 2.



**Figur 6.** Markering av undersøkelsesområdet for 2013 i Fiskåbukta (lys skravering) og posisjonering av sedimentstasjonene som inngikk i risikovurderingen av sedimentene i Fiskåbukta. På stasjonen K16 ble det også tatt prøver av bunnsfauna. I tillegg ble det tatt prøver til toksisitetstester og porevannsanalyser fra KH03.

**Tabell 5.** Vanddyp, antall prøver samt koordinater for sedimentstasjonene i 2012 og 2013.

Stasjon	Bland-prøver	Dato	dyp (m)	område	Antall kjemi	Antall fauna	Antall til toks.test/porevann	Lengdegrad	Breddegrad
SED ARU 1	Toks 1	10.06.13	3	Elkembukt	1	0	3	58° 07,516	7° 58,302
SED ARU 2		10.06.13	5	Elkembukt	1	0	3	58° 07,523	7° 58,341
SED ARU 3	Toks 2	10.06.13	19	Elkembukt	1	0	2	58° 07,506	7° 58,507
SED ARU 4		10.06.13	21	Elkembukt	1	0	2	58° 07,512	7° 58,559
1		10.06.13	3	Elkembukt	1	0		58° 07,520	7° 58,295
2		10.06.13	4	Elkembukt	1	0		58° 07,508	7° 58,275
3		10.06.13	3	Elkembukt	1	0		58° 07,527	7° 58,265
4		10.06.13	10	Elkembukt	1	0		58° 07,539	7° 58,306
5		10.06.13	5	Elkembukt	1	0		58° 07,527	7° 58,314
6		10.06.13	4	Elkembukt	1	0		58° 07,504	7° 58,328
7		10.06.13	10	Elkembukt	1	0		58° 07,543	7° 58,359
8		10.06.13	10	Elkembukt	1	0		58° 07,532	7° 58,356
9		10.06.13	8	Elkembukt	1	0		58° 07,520	7° 58,366
11		10.06.13	12	Elkembukt	1	0		58° 07,529	7° 58,410
12		10.06.13	12	Elkembukt	1	0		58° 07,509	7° 58,415
14		10.06.13	19	Elkembukt	1	0		58° 07,513	7° 58,531
15		10.06.13	17	Elkembukt	1	0		58° 07,477	7° 58,457
ES 1		05.06.12	20	Fiskåbukt	1	0		58° 07,656	7° 58,725
ES 2		05.06.12	22	Fiskåbukt	1	0		58° 07,612	7° 58,723
ES 3		05.06.12	22	Elkembukt	1	0		58° 07,554	7° 58,640
EC 1		05.06.12	20	Elkembukt	5	4	2	58° 07,466	7° 58,488
K17		04.06.12	31	Fiskåbukt	5	4		58° 07,507	7° 58,785
KH03	Toks 3	05.06.12	17	Fiskåbukt	5	2	3	58° 07,163	7° 58,669
K18		04.06.12	45	Fiskåbukt	5	0		58° 07,782	7° 59,249
K16		11.06.13	17	Fiskåbukt	3	2		58° 07,061	7° 58,227
K 2013 1		10.06.13	10	Fiskåbukt	1	0		58° 07,226	7° 58,120
K 2013 2		10.06.13	12	Fiskåbukt	1	0		58° 07,020	7° 58,043
K 2013 3		10.06.13	15	Fiskåbukt	1	0		58° 07,058	7° 58,098

### 2.3.3 Analysemetoder for sedimentkjemi

EUROFINS laboratorium gjennomførte analysene av PAH, innhold av finstoff (dvs. vektprosent partikler med kornstørrelse <63µm), organisk karbon (TOC) og metaller i sedimenter. Bestemmelse av prosentandel <63 µm er gjort ved våtsikting. Analyser av TOC er gjort med en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp. Slike analyser vil overestimere TOC innholdet der det finnes uorganisk karbon tilstede slik som kalsinert antrasitt produseres på Elkem Carbon og utgjør 80 % av elektrodemassen) og SiC(silisiumcarbide). Dette står også angitt i standarden som anvendes. Metallene er bestemt iht NS EN ISO 17294-2, med unntak av Hg som bestemmes ihht NS-EN ISO 12846. Ved bestemmelse av PAH tilsettes prøvene interne standarder og ekstraheres før PAH-forbindelsene kvantifiseres ved hjelp av GC- MS

### 2.3.4 Toksisitet av sedimentene

Med utgangspunkt i porevann fra to sedimentblandprøver fra Elkembukta (Toks 1 og Toks 2) og en sedimentblandprøve fra Fiskåbukta (Toks 3) ble det gjennomført vekstinhiveringstest med den marine algarten, *Skeletonema pseudocostatum* (tidligere *S. costatum*) og akutt giftighetstest med den bunnlevende krepsdyrarten, *Tisbe battagaliai*. Algetesten ble gjennomført etter ISO 10253 (2006) og krepsdyrtesten etter ISO 14669. Sedimentet ble homogenisert med en sementmikser, sentrifugert (30 min, 4000 rpm) og supernatanten ble så dekantert og filtrert. Det ble laget fortyningsserier med filtrert sjøvann fra 60 m i ytre Oslofjord. I algetesten ble vannet tilsatt næringssalter.

### 2.3.5 Skipsanløp og seilingsleder i Elkembukta og Fiskåbukta

Antall og størrelse på skip som anløp Elkems hovedkai gjennom året 2012 ble innhentet fra Elkem (**Tabell 6**). Totalt anløp 104 skip Elkems kai (se fig 5) gjennom året og for disse var gjennomsnittlig skipslengde 87, 2 m mens minste og største lengder var 71,2 og 284 m. Ved hjelp av sjøkart ble det beregnet at lengden på seilingsleden i Elkembukta som er grunnere enn 20 m var 250 m.

Informasjon om skipsanløp til MacGregor kaianlegg (**Figur 6**) lengre inn i Fiskåbukta ble gitt av Kristiansand Havnevesen (**Tabell 7**). Totalt anløp 29 skip MacGregor kaien gjennom året. Ved hjelp av sjøkart ble det beregnet at lengden på seilingsleden (grunnere enn 20 m) i Fiskåbukta og inn til MacGregor kaien er 1000 m.



**Tabell 6.** Oversikt skipsanløp til Elkems hovedkai i løpet av hele 2012. Skipsanløpene er oppgitt av Elkem, størrelsen av fartøyene er funnet på: [www.shipspotting.com](http://www.shipspotting.com).

Skip	antall anløp	Lengde skip (m)	Bredde m	Dyptgående m
Amsterdam	1	88		
Apollo	1	284		
Bandura	1	118	16	6,6
Danstar	9	72	13	3,1
Eems Space	1	72	12	4,4
Eems Spirit	1	87	11	4
Eems Spring	1	87	12	3,2
Eems Stream	1	87	11	4,2
Fraserborg	1	155	16	7,5
Frisian Ocean	1	129	16	7,5
Glory	1	116	18	7,5
Gullaas	2	78	13	4,2
Hanseatic Sailer	3	78	13	4,2
Hendrick S	1	83		
Henriette	1	100	14	6,4
Karmsund	1	89	14	4,8
Kati	1	107	14	4,4
Klevstrand	2	71	13	3,4
Lady Carina	1	109	16	4,8
Leiro	4	95	14	4,4
Lindo	7	98	14	4,7
Livarden	9	78	12	4,6
Lomur	2	73	11	4,7
Navin Kestrel	1	78		4
Nordvåg	1	89	15	5
Novatrans	1	88	13	3,9
Plato	1	88	14	3,7
Romi	1	88	13	5,9
Scan Fjell	12	83	14	4,9
Scanlark	1	75	11	4,3
Stella Lyra	3	96	15	6,6
Sunnmøre	1	80	15	5,2
Svanur	3	73	11	3,1
Tarco Sea	8	76	11	3,5
Thesus	2	90		
Tina	1	106	19	5,3
Tinno	1	88	15	3,2
Viscaria	2	83	12	3,6
Wilson Cork	1	100	13	5,7
Wilson Ghent	1	88	13	5,5
Wilson Heron	2	91	14	6
Wilson Hook	1	90	15	4,9
Wilson Leer	1	88	13	5,5
Wilson Lista	1	88	13	4,5
Wilson Main	1	83	11	4,5
Wilson Mosel	1	83	15	3,3
Wilson Rhine	1	78	9	2,9
Wilson Ross	1	104	16	4,9
Wilson Rouen	1	104	16	4,5
Wilson Sund	1	113		4,5

**Tabell 7.** Oversikt skipsanløp til MacGregor kaien i løpet av 2012. (Kilde: Kristiansand Havnevesen). Størrelsen av fartøyene er funnet på: [www.shipspotting.com](http://www.shipspotting.com).

Skip	anløpsdato	Lengde m	Bredde m	Dyptgående m
Macbarge	01/01/2012	76	23	
Nordvik	23/01/2012	89	14	5
Sunnmøre	30/01/2012	80	15	4,9
Fri Sky	19/02/2012	82	11	3,8
Atlantic	28/02/2012	105	16	5,2
Anne	13/04/2012	90	13	4,4
Normand Baltic	14/04/2012	96	20	6
Wilson Elbe	18/04/2012	82	11	4,7
Macbarge	01/05/2012	76	23	
Boa Sund	24/05/2012	28	10	
Boabarge	24/05/2012	124	31,5	7,9
Boa Tyr	25/05/2012	33	10	5,2
Anne	29/05/2012	90	13	4,4
Baltic Betina	06/06/2012	89	14	4,7
Nordkinn	09/06/2012	80	16	5,5
Vestfjord	20/06/2012	72	11	4,6
Deep Cygnus	10/08/2012	122	22	7,3
Vestfjord	16/08/2012	72	11	4,6
Olympic Challenger	25/09/2012	106	21	8,5
Pallas	27/09/2012	49	8	3,5
Fri Sun	27/09/2012	82	11	2,8
Sunnmøre	09/10/2012	80	15	4,9
Nordvåg	05/11/2012	88	15	5
Macbarge	06/11/2012	76	23	
North Sea Giant	07/11/2012	161	30	7,2
Anna Lehmann	14/11/2012	90	14	3,7
Nordvik	04/12/2012	89	14	5
Scan Fjell	07/12/2012	83	14	4,9
Bergfjord	14/12/2012	88	13	5

### 2.3.6 Beregning av stedsspesifikke Kd-verdier for PAH i sediment

Beregning av stedsspesifikke Kd verdier (fordelingskoeffisienter mellom sediment og porevann) for PAH ble gjort med utgangspunkt i PAH konsentrasjoner i sediment- og porevann-blandprøvene Toks 1 og Toks 2 for Elkembukta (område 1) og Toks 3 for Fiskåbukta (område 2). Blandprøven Toks 1 ble definert som representativ for indre del av Elkembukta mens Toks 2 blandprøven ble definert som representativ for ytre del av Elkembukta. Målte PAH-konsentrasjoner i sediment og porevann fra Toks. 1, 2 og 3-blandprøvene ble lagt inn i kalkulasjonsarkene for risikoberegning for henholdsvis Elkembukta (Toks 1 og Toks 2) og for Fiskåbukta (Toks 3). Stedsspesifikke Kd verdier for PAH i de to sjøområdene ble deretter beregnet ved hjelp av de faste innlagte utregningsformlene i kalkulasjonsarkene. Denne Kd-beregningen blir ikke normalisert mot de målte TOC verdiene,

den gir ett forholdstall av faktisk konsentrasjon i sediment/porevann. Sedimentets TOC-innhold vil influere på sediment-porevannsfordeling som faktisk måles.

## 2.4 Undersøkelser av bløtbunnsfauna - vurdering av miljøtilstand

### 2.4.1 Bakgrunn

Undersøkelser av dyrelivet på bløtbunn benyttes rutinemessig for å karakterisere miljøtilstand og overvåke endringer i kyst- og fjordområder. Karakterisering av tilstanden gjøres på basis av en samlet vurdering av artsrikhet, antall individer og egenskaper hos de viktigste artene.

I Fiskåbukta har det vært foretatt undersøkelser av bløtbunnsfauna siden 1983. Miljøtilstanden var da svært dårlig, både som følge av utslipp fra industrien og betydelige utslipp av kommunalt avløpsvann. Ved senere prøvetakinger har det blitt tatt nye prøver på de tidligere prøvetakingslokalitetene for å oppdatere tilstanden ettersom utslippene har blitt redusert. Ved overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i 2010 og 2012 ble bløtbunnsfauna undersøkt på tre av lokalitetene for miljøgifter i sedimenter (Næs mfl. 2011, 2013).

Ved foreliggende undersøkelse ble det tatt nye prøver i indre Fiskåbukta på en av lokalitetene fra 1983. I presentasjon av resultatene er det samtidig gitt en samlet vurdering av tilstanden i Fiskåbukta og i det nære sjøområdet til Elkem basert på alle prøvene fra 1983 og fram til dagens tilstand.

### 2.4.2 Stasjonsplassering, innsamling og metoder

Prøvene av bunnfauna ble tatt på stasjon K16 (**Figur 6**). Stasjonen ble undersøkt i 1983 og i 1990 (Rygg 1985, Oug og Moy 1991). Fram til desember 1990 var det et større utslipp av kommunalt avløpsvann ved Storenes like vest for stasjonen, og hovedmålet ved prøvetakingen var å undersøke effektene av avløpsvannet. I 2008 ble det tatt nye prøver på lokaliteten, men disse har ikke blitt videre behandlet (Oug og Kroglund 2008). Ved foreliggende undersøkelse er prøvene fra 2008 (3 replikater) opparbeidet og rapportert sammen med de nye prøvene.

Prøvetakingen ble foretatt 11. juni 2013. Det ble tatt to parallelle grabbhugg med 0,1 m<sup>2</sup> van Veen bunngrabb. Opplysninger om prøvetakingen og visuelle observasjoner er gitt i **Tabell 8**.

**Tabell 8.** Data for prøvetaking av bløtbunnsfauna på stasjon K16 i indre Fiskåbukta ved foreliggende undersøkelse og ved undersøkelsen av Kristiansandsfjorden i 2008.

Stasjon	Dato	Ko-ordinater	Dyp (m)	Antall prøver	Visuelle observasjoner
K16	11. juni 2013	58° 07,061 7° 58,227	17	2	Fulle grabber med klart vann på toppen (18 liter). Bløtt, mørkt og finkornet sediment. Ingen lukt. Farge overflate Munsell: 2,5Y 4/2.
K16	27. mai 2008	58° 07,061 7° 58,227	17	4 <sup>1)</sup>	Alle grabber fulle (18 liter). Mørk grå silt og leire med 0,5-1 cm gråbrunt topplag. Overflatefarge 2.5 Y 4/2 etter Munsell fargekart. Ingen lukt (Oug og Kroglund 2008).

1) tre prøver er opparbeidet

Til analyse av bunnfauna ble sedimentfanget i grabbprøvene vasket på 5 mm og 1 mm sikter for fjerning av finmateriale. Sikteresten ble fiksert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning og brakt til laboratorium for videre sortering og artsbestemmelse. Bunnsedimentet ble inspisert for lukt, farge, sjiktning og visuelle objekter.

I laboratoriet ble prøvene håndsortert med bruk av lupe. Alle dyr ble identifisert og telt, og overført til 70 % etanol for oppbevaring. Identifiseringen ble i hovedsak utført til artsnivå. En av prøvene fra innsamlingen i 2008 ble ikke lokalisert på prøvelager. Det ble derfor opparbeidet tre parallelle prøver fra denne innsamlingen.

Ved overvåkingen av det nære sjøområdet til Elkem i 2010 og 2012 ble det undersøkt bløtbunnsfauna på stasjonene EC1 (Elkembukta), K17 og KH03 (**Figur 5**, **Figur 6**). Stasjon K17 ble opprettet ved undersøkelsen i 1983, KH03 i 2001 og EC1 i 2010. Resultater fra undersøkelsene og tidligere prøvetakinger er rapportert av Næs mfl. (2011, 2013) og Schøyen mfl. (2013).

## 2.5 Bedømming av miljøtilstand

EUs Vanddirektiv er gjort gjeldende for norsk vannforvaltning gjennom vannforskriften av 2006. Vanddirektivet gir konkrete føringer for miljømål og prosess for å sikre en mest mulig helhetlig beskyttelse og bruk av vannforekomster (Veileder 01:2009, Veileder 02:2013). Miljømålet for kystvann er at alle vannforekomster skal ha god kjemisk tilstand og minst god økologisk tilstand. Hva dette innebærer er nærmere definert gjennom vannforskriften. Under vanddirektivet blir det utarbeidet klassifiseringssystemer for miljøgifter, fysiske forhold og biologiske parametre som benyttes for å fastsette tilstand. Systemene er under utvikling og klassifiseringer som benyttes i dag må betraktes som foreløpige (se nedenfor).

I denne rapporten er resultatene for miljøgifter og bløtbunnsfauna presentert i henhold til gjeldende klassifiseringssystemer for kjemisk og økologisk tilstand. Det gjøres oppmerksom på at klassifisering etter vanddirektivet skal omfatte flere ulike elementer i vannforekomstene som til sammen skal benyttes for fastsetting av tilstand. Presentasjonen i denne rapporten gir indikasjon på hvordan utslipp og komponenter som kan knyttes opp mot Elkems virksomheter, faller ut i disse systemene.

### 2.5.1 Kjemisk tilstand: EUs prioriterte stoffer og norske klassifiseringssystemer for blåskjell og sedimenter

EU har gitt ut en liste over 45 stoffer som grunnlag for å fastsette kjemisk tilstand (EC 2013). For hvert stoff blir det gitt grenseverdier, såkalte EQS-verdier ('environmental quality standards') som ikke skal overskrides for å oppnå god kjemisk tilstand. Grenseverdiene fastsettes for vann, biota og sedimenter, men foreløpig har EU bare gitt grenseverdier for vann og for enkelte stoffer i biota. Ved denne undersøkelsen foreligger det EQS-verdier (EC 2013) for kvikksølv og PAH-komponentene fluoranthen og benzo(a)pyren i biota, som da er benyttet til vurdering av resultatene for blåskjell.

Når det ikke foreligger EQS-verdier, skal nasjonale standarder benyttes til klassifisering av miljøtilstand (Veileder 01:2009, Veileder 02:2013). For biota vil Miljødirektoratets (tidligere SFTs) klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann gjelde (Molvær mfl. 1997 TA-1467/1977, Se Tabell 9), mens for sedimenter vil Miljødirektoratets (tidligere SFTs) reviderte klassifisering av metaller og miljøgifter i vann og sedimenter gjelde (Bakke mfl. 2007, TA -2229/2007, Se Tabell 10). Begge disse systemene opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra ubetydelig/lite (klasse I) forurenset til meget sterkt (klasse V) forurenset for innhold av forurensende stoffer. For prioriterte stoffer vil øvre grense for god tilstand (klasse II) tilsvare EQS-verdien og disse blir i prinsippet styrt av direktiver fra EU

Klassifiseringen basert på innhold av forurensede forbindelser i blant annet blåskjell er vist i **Tabell 9**.

**Tabell 9.** Miljødirektoratets klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i blåskjell (Molvær mfl. 1997).

Arter/ vev	Parametere	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		<i>Ubetydelig – Lite forurenset</i>	<i>Moderat forurenset</i>	<i>Markert forurenset</i>	<i>Sterkt forurenset</i>	<i>Meget sterkt forurenset</i>
Blåskjell (tørrvektbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<3*	3-15	15-40	40-100	>100
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,5	1,5-4	>4
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Arsen (mg Ar/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Sølv (mg Ag/kg)	<0,3	0,3-1	1-2	2-5	>5
	TBT* (mg/kg)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-5	>5
Blåskjell (våttvektbasis)	PAH-16 (µg/kg)	<50	50-200	200-2000	2000-5000	>5000
	ΣKPAH (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-300	>300
	B[a]P (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30
	HCB (µg/kg)	<0,1	0,1-0,3	0,3-1	1-5	>5
	PCB-7 (µg/kg)**	<4	4-15	15-40	40-100	>100

I PAH-16 i rapporten inngår enkeltforbindelsene naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenatren, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren, dibenzo(a,c/a,h)antracen og benzo(ghi)perylene.

I KPAH i rapporten inngår enkeltforbindelsene benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)-fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3cd)pyren og dibenzo(a,c/a,h)antracen. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARCs kategorier 2A + 2B (sannsynlig + trolig kreftfremkallende).

Miljødirektoratets kriterier for klassifisering av miljøtilstand basert på innhold av forurensede forbindelser i sedimenter er vist i **Tabell 10**. Dette systemet er basert på effekter, hvor klassegrensene representerer en forventet økende grad av skade på organismesamfunn. Ved klasse I (bakgrunn) og klasse II (god tilstand) skal det ikke forekomme toksiske effekter på noen organismer i økosystemet.

Dersom grenseverdiene (EQS) overskrides, alternativt sedimentene klassifiseres til moderat eller dårligere tilstand, anbefales det å gjennomføre en risikovurdering av sedimentene (Veileder 01:2009). Dette kan moderere inntrykket av risiko ved overskridelse av grenseverdiene samtidig som det vil sikre at vurderingen av risiko knyttes til de lokale forholdene.

**Tabell 10.** Miljødirektoratets klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og utvalgte klororganiske forbindelser i sedimenter (Bakke mfl. 2007).

	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V 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
	Chrysen (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 <sup>1)</sup> (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
	PCB7 <sup>2)</sup> (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	>1900
PCDD/F <sup>3)</sup> (TEQ) (µg/kg)	<0,01	0,01 - 0,03	0,03 - 0,10	0,10 - 0,50	>0,50	
Heksaklorbenzen (HCB) (µg/kg)	0,5	0,5 - 17	17 - 61	61 - 610	>610	

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioksiner/furaner

## 2.5.2 Klassifisering av økologisk tilstand

Økologisk tilstand fastsettes på basis av analyser av planteplankton, bunnvegetasjon og bløtbunnsfauna i vannforekomsten. I tillegg og som beskrevet i vannforskriften kan miljøgifter som ikke omfattes av EUs 45 prioriterte stoffer regnes som støtteparametre og bidra til å nedgradere tilstanden dersom all biologi indikerer at tilstanden er god. I denne vurderingen benyttes systemet for klassifisering av bløtbunnsfauna. Denne klassifiseringen er bygget opp med et sett av indekser som beregnes på bakgrunn av artssammensetning og individmengder i prøvene. Indeksene representerer artsrikhet, artsmangfold og artenes følsomhet for forurensninger. Systemet har en femdelte skala med tilstandsklassene svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig. I tillegg omfatter kriteriene referanseverdier for såkalt upåvirkede forhold (Veileder 01:2009).

I **Tabell 11** er tilstandsklassegrenser og referanseverdier for alle indeksene vist. Indeksene H' (= Shannon-Wiener) og ES<sub>100</sub> (Hurlbert) er indekser for artsmangfold og gir høye verdier (god tilstand) når det er mange arter tilstede i forhold til individmengdene. Indeksen ISI angir artenes følsomhet for forurensninger. Indeksene NQI 1 og NQI 2 er såkalte multimetriske indekser som sammenfatter informasjon om artsrikhet og artenes følsomhet for forurensninger. Alle indeksene kan omregnes til en felles skala, benevnt normert EQR (= 'ecological quality ratio'), ved hjelp av en overføringsfunksjon (Veileder 01:2009). Normerte verdier har et skalaområde 0-1 med like intervaller for hver tilstandsklasse (**Tabell 11**).

Ved klassifisering av tilstanden skal det legges mest vekt på indeksen NQI 1 (Veileder 01:2009). Indeksverdien for stasjonen beregnes ved å ta gjennomsnittet over indeksverdiene for de enkelte parallellprøvene.

Klassifiseringssystemet er nylig blitt oppdatert (Veileder 02:2013, Klassifisering av miljøtilstand i vann). Oppdateringen innebærer at det skal beregnes flere nye indekser. Ved vurderingen foretatt i denne rapporten, er det valgt å benytte de kriteriene som var gjeldende da prøvetakingen i resipienten fant sted.

**Tabell 11.** Klassegrenser og referansetilstand for ulike indekser ved klassifisering av økologisk tilstand i kystvann. Fra Veileder 01:2009

Parameter	Referanseverdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI 1	0,78	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
NQI 2	0,73	>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
H'	4,4	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES <sub>100</sub>	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9	>8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2
Norm EQR	1,00	0,80	0,60	0,40	0,20	0,00

## 3. Resultater

### 3.1 Metaller og PAH i vannmasser

Denne delen av overvåkingsprogrammet vurderer hvorledes Elkems nåværende utslipp av PAH og metaller påvirker vannmassene i det bedriftsnære området og kan gi grunnlag for å påvise hvorledes dette kan komme til å endres i de kommende årene.

#### 3.1.1 DGT

Konsentrasjoner av metaller i vannmassene beregnet ut fra opptak i de passive prøvetakerne (DGT) er vist i **Tabell 12**. Som påpekt tidligere, fanger DGTene kun opp den labile (=løste) fraksjonen av metallene. Det er derfor vanskelig å sammenligne direkte DGT-labile metallkonsentrasjoner med "hel vannprøve" i henhold til Klifs klassifiseringssystem (Bakke mfl. 2007). For noen av metallene (f.eks. Cu, Pb og Zn) kan en vesentlig del være bundet til suspenderte partikler, oppløst organisk karbon eller andre kolloider og disse blir ikke fanget opp av DGTer. Metoden brukes derfor primært som indikasjon for forurensningsnivået av metaller i vannmassene i området.

Det var relativt liten forskjell i verdiene mellom stasjonene i Fiskåbukta. Det samme gjelder hvis det sammenlignes mot observasjoner fra Flekkerøygapet (Schøyen mfl. 2010), bortsett fra kanskje kobolt, kobber, nikkel og bly som er høyere i Fiskåbukta. Resultatene i **Tabell 12** og **Tabell 13** tilsier derfor at det ikke har blitt observert systematiske forskjeller i metallkonsentrasjoner i vannmassene i årene som overvåkingen har foregått.



**Tabell 12.** Metallkonsentrasjoner i vannmassene beregnet ut fra konsentrasjoner i passive prøvetakere (DGTer) i perioden 2010-2013. Resultatene fra stasjonen ved Flekkerøygapet er fra Schøyen mfl. 2010.

	Al µg/l	Ca µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
<b>2010</b>										
Fiskåtangen 06.09	0,097	310	0,011	0,03	<0,01	0,15	0,6	0,41	0,007	0,48
Lumber 06.09	0,220	350	0,01	0,032	<0,01	0,24	1,2	0,39	0,011	0,52
Timlingene 06.09	0,091	310	0,01	0,029	0,01	0,013	0,5	0,37	0,014	0,66
Flekkerøygapet 06.09	0,320*	320	0,013	0,018	<0,01	0,12	1,7	0,22	0,011	0,61*
<b>2011</b>										
Fiskåtangen 06.09	0,160	270	0,0076	0,016	0,022	0,22	<1	0,27	0,025	0,63
Lumber 06.09	1,400	250	0,014	0,053	0,032	0,33	3,0	0,84	0,017	1,80
Timlingene 06.09	0,280	270	0,009	0,022	<0,01	0,13	1,0	0,33	0,008	0,64
Fiskåtangen 19.10	0,640	330	0,0100	0,029	0,020	0,13	2	0,48	0,015	0,50
Lumber 19.10	0,220	410	0,010	0,023	0,020	0,10	<1	0,42	0,009	0,61
Timlingene 19.10	0,260	340	0,010	0,028	0,030	0,12	<1	0,42	0,008	0,50
<b>2012</b>										
Fiskåtangen 02.04	0,30	410	0,015	0,032	0,064	0,31	1,8	0,55	0,024	0,68
Lumber 02.04	0,20	300	0,01	0,024	0,048	0,18	0,91	0,42	0,011	0,66
Timlingene 02.04	0,15	330	0,011	0,026	0,081	0,39	1,4	0,39	0,023	0,88
Fiskåtangen 06.07	0,08	420	0,0091	0,022	0,08	0,13	1	0,37	0,0063	0,54
Lumber 06.07	0,27	471	0,01	0,033	0,05	0,18	2	0,51	0,01	0,68
Timlingene 06.07	0,25	504	0,012	0,033	0,09	0,27	2	0,53	0,017	1,2
Fiskåtangen 01.10	0,069	250	0,011	0,029	0,04	0,12	1	0,46	0,0084	0,49
Lumber 01.10	0,19	320	0,013	0,029	0,03	0,24	1	0,48	0,036	0,88
Timlingene 01.10	0,098	390	0,012	0,03	0,06	0,14	1	0,46	0,031	0,6
<b>2013</b>										
Fiskåtangen 02.08	0,85	176	0,011	0,025	0,29	0,21	4	0,46	0,12	0,63
Lumber 31.05	0,74	220	0,014	0,069	0,01	0,26	2	0,97	0,011	1,5
Timlingene 31.05	0,073	260	0,010	0,017	<0,01	0,12	1	0,29	0,0079	0,49
Fiskåtangen 06.09	0,58	310	0,012	0,036	0,04	0,37	2	0,77	0,021	0,86
Lumber 06.09	0,098	215	0,0095	0,037	0,03	0,25	<1	0,72	0,029	0,87
Timlingene 06.09	0,048	288	0,014	0,027	0,03	0,26	<1	0,52	0,0068	0,98

\*Høye «blankverdier» medfører usikre konsentrasjoner

**Tabell 13.** Metallkonsentrasjoner i vannmassene målt med DGTer i 2010-2013. Søyler i hver celle representerer konsentrasjonen for elementet.

stasjon	dato	Al µg/l	Ca µg/l	Cd µg/l	Co µg/l	Cr µg/l	Cu µg/l	Fe µg/l	Ni µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l
Fiskå	06.09.2010	0,097	310	0,011	0,03	0,01	0,15	0,6	0,41	0,007	0,48
Fiskå	06.09.2011	0,16	270	0,0076	0,0016	0,022	0,22	1	0,27	0,025	0,63
Fiskå	19.10.2011	0,64	330	0,01	0,029	0,02	0,13	2	0,48	0,015	0,5
Fiskå	08.05.2012	0,3	410	0,015	0,032	0,064	0,31	1,8	0,55	0,024	0,68
Fiskå	11.07.2012	0,08	420	0,0091	0,022	0,08	0,13	1	0,37	0,0063	0,54
Fiskå	09.11.2012	0,069	250	0,011	0,029	0,04	0,12	1	0,46	0,084	0,49
Fiskå	02.08.2013	0,85	176	0,011	0,025	0,29	0,21	4	0,46	0,12	0,63
Fiskå	06.09.2013	0,58	310	0,012	0,036	0,04	0,37	2	0,77	0,021	0,86
Lumber	06.09.2010	0,22	350	0,01	0,032	0,01	0,24	1,2	0,39	0,011	0,52
Lumber	06.09.2011	1,4	250	0,014	0,053	0,032	0,33	3	0,84	0,017	1,8
Lumber	19.10.2011	0,22	410	0,01	0,023	0,02	0,1	1	0,42	0,009	0,61
Lumber	08.05.2012	0,2	300	0,01	0,024	0,048	0,18	0,91	0,42	0,011	0,66
Lumber	11.07.2012	0,27	471	0,01	0,033	0,05	0,18	2	0,51	0,01	0,68
Lumber	09.11.2012	0,19	320	0,013	0,029	0,03	0,24	1	0,48	0,036	0,88
Lumber	31.05.2013	0,74	220	0,014	0,069	0,01	0,26	2	0,97	0,011	1,5
Lumber	06.09.2013	0,098	215	0,0095	0,037	0,03	0,25	1	0,72	0,029	0,87
Timlingen	06.09.2010	0,091	310	0,01	0,029	0,01	0,013	0,5	0,37	0,014	0,66
Timlingen	06.09.2011	0,28	270	0,009	0,022	0,01	0,13	1	0,33	0,008	0,64
Timlingen	19.10.2011	0,26	340	0,01	0,028	0,03	0,12	1	0,42	0,008	0,5
Timlingen	08.05.2012	0,15	330	0,011	0,026	0,081	0,39	1,4	0,39	0,023	0,88
Timlingen	11.07.2012	0,25	504	0,012	0,033	0,09	0,27	2	0,53	0,017	1,2
Timlingen	09.11.2012	0,098	390	0,012	0,03	0,06	0,14	1	0,46	0,031	0,6
Timlingen	31.05.2013	0,073	260	0,01	0,017	0,01	0,12	1	0,29	0,0079	0,49
Timlingen	06.09.2013	0,048	288	0,014	0,027	0,03	0,26	1	0,52	0,0068	0,98

### 3.1.2 SPMD

SPMDer ble satt ut ved de tre områdene Lumber, Timlingene og Fiskåtangen, samtidig med DGTene og de utsatte blåskjellene.

Konsentrasjoner av PAH i SPMDene konverteres til vannkonsentrasjoner via ekstrahert vannvolum i eksponeringstiden og beregnes ut fra utlekkingen av de tilsatte PRC-ene (Performance Reference Compounds). Prosent gjenværende PRC etter eksponering er vist i **Tabell 14**. Mengden av deuterert acenaften (acenaften-d10) og deuterert fluoren (fluoren-d10) var lav og under 20 %. Laveste verdi var ved Fiskåtangen som kan gi usikker bestemmelse av ekstrahert volum. Generelt ønskes det at 20-80 % av PRC-ene er til stede etter eksponering for å gi optimal beregning av ekstrahert vannvolum. Gjenværende deuterert fenantren (fenantren-d10) var 20-40 %. Fenantren er derfor primært anvendt, se **Tabell 15**.

**Tabell 14.** Prosent gjenværende PRC (deuterert acenaften, fluoren, fenantren, chrysen og benzo(e)pyren i SPMD.

% gjenværende PRC i prøvene etter eksponering					
	Acenaften- d <sub>10</sub>	Fluoren- d <sub>10</sub>	Fenantren- d <sub>10</sub>	Chrysen- d <sub>12</sub>	Benzo[e]pyren- d <sub>10</sub>
Eksponering 1 (mai 2013)					
Lumber	2.6	5.0	23.1	88.3	86.3
Timlingene	10.7	19.1	53.3	99.0	98.6
Fiskåtangen	7.7	14.8	47.4	98.1	99.1
Eksponering 2 (sep. 2013)					
Lumber	<0.7	1.5	16.2	91.1	94.6
Timlingene	3.4	8.1	34.9	94.2	95.5
Fiskåtangen	2.1	5.5	29.7	92.4	93.0

**Tabell 15.** Ekstraksjonsfrekvens (sampling rate) for SPMD.

	Sampling rates $R_s$ for PRC (l/d)		
	Lumber	Timlingene	Fiskåtangen
Eksponering 1 (mai 2013)			
Acenaften-d10*	5.1	3.2	3.0
Fluoren-d10*	7.7	4.3	4.1
Fenantren-d10**	8.5	3.7	3.6
Eksponering 2 (sep. 2013)			
Acenaften-d10*	> 6.0	4.0	4.6
Fluoren-d10*	9.1	5.4	6.3
Fenantren-d10**	8.9	5.1	5.9
* Ekstraksjonsfrekvens (sampling rates) kun for informasjon. **Data for fenantren ble brukt for bestemmelse av ekstraksjonsfrekvens for alle PAHer ut fra prosedyrer beskrevet av Huckins et al., 2006.			

Beregning av vannkonsentrasjon av PAH ut fra SPMD-målingene er vist i **Tabell 16**. Tabellen gir også EUs Vanddirektivs miljøkvalitetsstandarder (environmental quality standards, EQS) for PAH i "hel" vannprøve (løst, pluss partikulært)(Directive 2008/105/EC). De passive prøvetakerne måler den fritt løste PAH-konsentrasjonen og er derfor vanskelig å sammenligne med EQSene uten videre modellering.

Imidlertid, antrasen, fluoranten og benzo[a]pyren beregnet fra de passive prøvetakerne var på alle stasjonene mye lavere enn EQSene. Det er derfor sannsynlig at en analyse av "hel" vannprøve også

ville gitt et resultat under EQSen. For summen av indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene på Lumber-stasjonen var verdien i juni og oktober en faktor 2-4 under EQSen. Ut fra disse forbindelsenes høye affinitet til løst og partikulært karbon, er det sannsynlig at konsentrasjonen i en "hel" vannprøve ville vært betydelig høyere enn EQS-verdien.

**Tabell 16.** Løste konsentrasjoner av PAH målt med SPMD på tre steder i Fiskåbukta i 2013. "Environmental Quality Standards" (EQS) gitt av EUs Vanndirektiv er inkludert.

Stasjoner	Lumber		Timlingen		Fiskåtangen		WFD EQS verdier AA/MAC (B)	
	Mai 2013	Sep. 2013	Mai 2013	Sep. 2013	Mai 2013	Sep. 2013		
ACY	0,18	0,23	< 0,09	< 0,08	< 0,09	< 0,08		
ACE	3,5	2,8	0,57	1,249	0,44	0,43		
FLE	2,0	1,6	0,74	0,738	0,71	0,33		
DBTHI	0,32	0,49	0,087	0,164	0,084	0,082		
PHE	4,1	4,0	1,4	1,115	1,2	0,72		
ANT	0,32	1,1	0,054	0,166	0,050	0,10	100	100
FLUO	7,7	7,2	1,2	1,036	1,1	0,85	6.3	120
PYR	5,9	7,0	0,79	1,049	0,64	0,78		
BaA	1,5	2,8	0,26	0,269	0,21	0,24		
CHRY	1,9	2,8	0,30	0,337	0,20	0,36		
BbjF	1,1	1,6	0,20	0,311	0,14	0,20	0,17	17
BkF	0,42	0,59	0,083	0,105	0,058	0,060		17
BaP	0,35	0,65	0,077	0,116	0,067	0,069		27
IcdP	0,16	0,27	< 0,05	0,167	< 0,04	0,047		
BghiP	0,039	0,092	< 0,05	< 0,032	< 0,05	< 0,03		0.82
PER	0,14	0,30	< 0,04	0,050	< 0,04	0,034	2	
BeP	0,58	0,80	0,13	0,190	0,092	0,11		
DBahA	0,16	0,28	< 0,05	0,100	0,041	0,053		
<b>Sum PAH</b>								

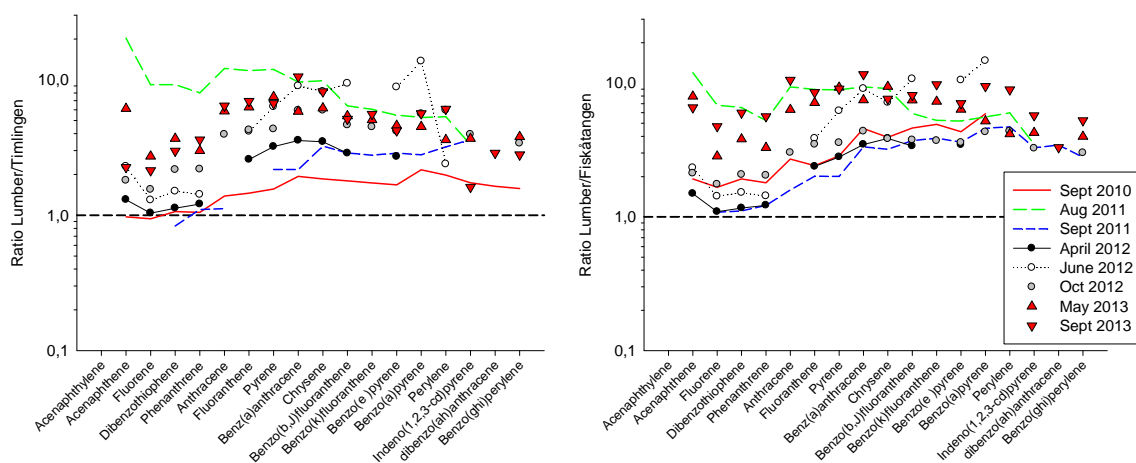
(B): Water Framework Directive (WFD) Environmental Quality Standard for hel vannprøve(ng/l); AA: annual average; MAC: maximum allowable concentration. Note: these are the newest WFD EQS

Utviklingen i løste konsentrasjoner av PAH over tid viser at det er variasjoner innen år og sesong (**Tabell 17** og **Figur 7**). Konsentrasjonene er relativt konsistente uten systematiske variasjoner over tid, bortsett for stasjonen Lumber. Her er det en del variasjon, men stasjonen ligger også nær hovedutslipp fra bedriften og eventuelle andre tilførsler til Fiskåbekken.

**Tabell 17.** Utvikling av PAH målt i SPMD over tid (ng/l).

	sum PAH	Lumber	Timlingene	Fiskå
sep.10		8,35	6,40	6,77
aug.11		35,19	4,73	4,59
sep.11		16,24	10,05	9,24
apr.12		8,8	5,1	5,0
jun.12		14,8	4,0	3,8
okt.12		22,3	6,4	7,2
mai 13		30,3	6,1	5,2
sep. 13		34,6	7,3	4,6

Forholdstallet for løste (SPMD-målte) PAH-konsentrasjoner mellom de tre stasjonene vises i **Figur 7**. Figuren viser detaljer for hver av de enkelte PAH-forbindelsene. Figuren viser de relativt sett høye verdiene for Lumber-stasjonen i forhold til stasjonen ved Timlingen og på Fiskåtangen, særlig for PAH-forbindelser med lavere/midlere molkylvekt.



**Figur 7.** Forholdstall for løste (SPMD) PAH-konsentrasjoner mellom de tre stasjonene i Fiskåbukta i 2013. Merk log-skala. Dato angir tidspunkt for utsettelse av SPMD-prøvetakerne.

### 3.2 Metaller og PAH i blåskjell

Denne delen av overvåkingsprogrammet vurderer i hvilken grad utslipp av PAH og metaller akkumuleres i blåskjell i det bedriftsnære området og gir grunnlag for å påvise hvorledes dette kan endres over år. Blåskjellene representerer tidsintegrasjon over noen få måneder.

Resultatene for analysene av blåskjell samlet i 2010, 2011, 2012 og 2013 er presentert i **Tabell 18**. Konsentrasjonene av de miljømessig betenkelige metallene (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) var relativt lave. Alle stasjonene i Fiskåbukta kan karakteriseres som ubetydelig-lite (klasse I) til moderat forurenset (klasse II) med hensyn til metaller både i 2010, 2011, 2012 og 2013. Det er også

sammenlignet med resultater fra skjell samlet ved Flekkerøy/Kjeholmen (Schøyen mfl. 2010, 2012, 2013 og unpubl.). Denne stasjonen representerer en referansestasjon. Det var ikke noen vesentlig forskjell i konsentrasjonene av metaller i skjell fra denne stasjonen sammenlignet med de fra Fiskåbukta.

Eventuelle forhøyede konsentrasjoner av elementene Si og Ca har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. Det kan være en tendens til økende Si-konsentrasjoner i skjellene fra alle stasjonene fra 2010 til 2013. Ca-verdiene varierer relativt usystematisk mellom stasjonene og det er ikke noen trender i tid eller vesentlige forskjeller mellom stasjonene i Fiskåbukta og den ved Flekkerøy/Kjeholmen.

**Tabell 18.** Konsentrasjoner oppgitt i tørrvekt for metaller (mg/kg t.v.) og våtvekt for PAH-forbindelser (µg/kg v.v.) i blåskjell. Fargekode tilsvarer Miljødirektoratets klassifiseringssystem. Resultater fra Flekkerøy/Kjeholmen er fra (Schøyen mfl. 2010, 2012, 2013 og upubl.).

	As mg/kg t.v	Cd mg/kg t.v	Cr mg/kg t.v	Cu mg/kg t.v	Hg mg/kg t.v	Ni mg/kg t.v	Pb mg/kg t.v	Zn mg/kg t.v	Al mg/kg t.v	Fe mg/kg t.v	Co mg/kg t.v	Si mg/kg t.v	Ca mg/kg t.v	PAH16 µg/kg v.v	Sum KPAH µg/kg v.v	B(a)P µg/kg v.v
<b>S=stedegne skjell</b>																
<b>U=utsatte skjell</b>																
<b>2010:</b>																
Fiskåtangen, S	15,5	0,9	1,3	9,3	0,08	2,8	1,3	99	61	194	0,9	156	2813	46	23	2,2
Fiskåtangen,U														43	17	2,1
Lumber, S	13,5	1,3	1,5	10,3	0,13	3,6	3,3	129	68	492	1,2	123	4539	261	161	14
Lumber, U														64	26	3,3
Timlingene, S	17,4	1,4	1,5	8,4	0,17	4,0	3,5	131	55	315	1,3	92	3462	52	30	2,4
Flekkerøy	23,0	1,4	1,5	6,9	0,20	3,9	7,9	131	40	30	0,1	62	4462	<13	<7	<0,5
<b>2011:</b>																
Fiskåtangen	10,9	1,7	4,9	9,4	0,19	9,6	5,2	189	84	414	1,9	186	5529	150	74	4,9
Lumber	11,3	1,6	6,2	10,0	0,17	11,8	4,0	146	76	654	1,6	215	5462	835	495	46
Timlingene	14,1	1,8	2,9	7,6	0,27	4,9	4,9	154	89	400	1,3	107	5093	65	35	2,3
Flekkerøy	4,4	1,1	2,7	5,9	0,22	3,0	10,8	106	52	392	0,6	95	2923	14	7,2	0,5
<b>2012:</b>																
Fiskåtangen 07/05	14,0	1,5	1,3	13,3	0,21	4,7	4,6	133	87	287	0,7	307	3467	138	77	4,9
Fiskåtangen 06/07	12,9	1,4	1,4	14,3	0,21	6,4	4,4	129	86	379	0,7	514	5429	80	56	3,9
Fiskåtangen 07/11	9,0	0,9	0,5	8,0	0,11	3,1	3,7	95	100	350	0,6	150	2300	116	59	6,4
<b>gjennomsnitt</b>	<b>12,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>11,9</b>	<b>0,18</b>	<b>4,7</b>	<b>4,2</b>	<b>119</b>	<b>91</b>	<b>338,7</b>	<b>0,7</b>	<b>324</b>	<b>3732</b>	<b>111</b>	<b>64</b>	<b>5,1</b>
Lumber 07/05	15,7	1,1	1,4	12,1	0,15	5,0	4,4	93	86	286	0,7	329	3143	297	218	18,3
Lumber 06/07	14,5	1,7	2,7	13,6	0,24	9,1	4,6	127	164	618	1,8	700	3909	156	113	9,4
Lumber 07/11	9,6	1,3	1,2	8,2	0,17	3,5	11,0	110	125	410	0,7	266	5800	231	221	26,3
<b>gjennomsnitt</b>	<b>13,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,8</b>	<b>11,3</b>	<b>0,19</b>	<b>5,9</b>	<b>6,7</b>	<b>110</b>	<b>125</b>	<b>438</b>	<b>1,1</b>	<b>432</b>	<b>4284</b>	<b>228</b>	<b>184</b>	<b>18</b>
Timlingene 07/05	15,3	1,4	1,3	10,7	0,21	4,0	8,7	100	87	287	0,7	393	10000	50	26	1,51
Timlingene 06/07	12,3	1,2	1,5	9,2	0,25	3,1	5,2	131	63	315	0,8	246	3231	20	10	0,5
Timlingene 07/11	14,0	1,3	1,3	7,2	0,10	3,1	4,1	120	140	400	0,9	293	3100	23	13	1,53
<b>gjennomsnitt</b>	<b>13,9</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>9</b>	<b>0,18</b>	<b>3,4</b>	<b>6,0</b>	<b>117</b>	<b>97</b>	<b>334</b>	<b>0,8</b>	<b>311</b>	<b>5444</b>	<b>31</b>	<b>16</b>	<b>1,18</b>
Flekkerøy	16,2	1,1	5,7	7,3	0,2	3,7	8,2	132	82	362	0,8	115	9308	9	5,3	<0,5
<b>2013:</b>																
Fiskåtangen 31/05	14,2	1,9	2,3	12,5	0,28	11,7	4,8	183	108	400	1,8	1000	6583	227	127	8,0
Fiskåtangen 18/10	9,4	1,1	0,5	8,3	0,12	2,4	3	111	55	206	0,72	117	2222	180	87	6,4
<b>gjennomsnitt</b>	<b>11,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>10,4</b>	<b>0,20</b>	<b>7,1</b>	<b>3,9</b>	<b>147</b>	<b>82</b>	<b>303</b>	<b>1,3</b>	<b>558</b>	<b>4403</b>	<b>204</b>	<b>107</b>	<b>7,2</b>
Lumber 31/05	12,5	2,5	2,3	11,7	0,33	10,0	6,6	233	133	408	1,7	1333	5167	1148	987	110
Lumber 18/10	8,8	1,8	1,7	10,0	0,19	4,8	5,8	156	75	375	1,3	175	3938	1201	740	79
<b>gjennomsnitt</b>	<b>10,6</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>	<b>10,8</b>	<b>0,26</b>	<b>7,4</b>	<b>6,2</b>	<b>195</b>	<b>104</b>	<b>392</b>	<b>1,5</b>	<b>754</b>	<b>4552</b>	<b>1175</b>	<b>864</b>	<b>95</b>
Timlingene 31/05	12,9	1,7	1,9	8,6	0,29	4,4	4,5	164	128	393	1,2	1286	6786	149	73	5,5
Timlingene 18/10	12,0	1,6	1,3	6,6	0,19	3	4,7	207	80	307	0,9	207	8000	91	45	2,8
<b>gjennomsnitt</b>	<b>12,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>7,6</b>	<b>0,24</b>	<b>3,7</b>	<b>4,6</b>	<b>186</b>	<b>104</b>	<b>350</b>	<b>1,1</b>	<b>746</b>	<b>7393</b>	<b>120</b>	<b>59</b>	<b>4,2</b>
Flekkerøy	18,5	1,3	2,7	7,5	0,19	3,9	8,2	135	103	400	0,69	90	4715	<15	<6	<0,5

For konsentrasjoner av PAH i blåskjell er det generelle bildet at en ser en påvirkning og forhøyede konsentrasjoner på stasjonene nær Elkem, dvs. stasjonene Lumber og Fiskåtangen. Konsentrasjonene som observeres her tilsvarer moderat til markert forurensning (tilstandsklasse II-III) for PAH<sub>16</sub> og moderat til meget sterk forurenset (tilstandsklasse II-V) for KPAH og B(a)P. Lumberstasjonen var den som hadde høyest konsentrasjon av disse to stasjonene.

PAH-påvirkningen ser i mindre grad ut til å påvirke stasjonen ved Timlingene som ligger noe lengere bort fra det nære bedriftsområdet. Her tilsvarer konsentrasjonene i blåskjellene ubetydelig til moderat forurensning (tilstandsklasse I-II).

Konsentrasjonene varierer noe mellom årene med en mulig tendens til høyere verdier i 2013 sammenlignet med de foregående årene.

I **Tabell 19** er resultatene også vurdert i henhold til vanndirektivets krav til god kjemisk tilstand for de tre forbindelsene hvor det er gitt EQS-verdier for biota (EC 2013). For kvikksølv var tilstanden generelt dårlig (konsentrasjoner høyere enn EQS). For PAH-komponentene fluoranten og benzo(a)pyren var tilstanden dårlig for lokaliteten Lumber, mens den var god for Timlingene og Fiskåtangen i 2010-2012 og dårlig 2013.



**Tabell 19.** Klassifisering av blåskjell iht. vanddirektivets EQS-verdier på 30µg/kg v.v, for fluoranten og 5µg/kg v.v. for B(a)P. Cellene som er skravert overstiger grenseverdiene.

	B(a)P µg/kg		Fluoranten µg/kg	
	TS %	v.v	v.v	
<b>2010</b>				
Fiskåtangen	16	2,2	9,2	
Lumber	13	14,0	40,0	
Timlingene	13	2,4	8,5	
Flekkerøy	13	<0,5	1,3	
<b>2011</b>				
Fiskåtangen	14	4,9	32,0	
Lumber	13	46,0	130,0	
Timlingene	14	2,3	11,0	
Flekkerøy	13	0,5	1,4	
<b>2012</b>				
Fiskåtangen 07/05	15	4,9	23,6	
Fiskåtangen 06/07	14	3,9	10,6	
Fiskåtangen 07/11	19	6,4	36,0	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>5,1</b>	<b>23,4</b>	
Lumber 07/05	14	18,3	37,8	
Lumber 06/07	11	9,4	18,5	
Lumber 07/11	16	26,3	42,3	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>18,0</b>	<b>32,9</b>	
Timlingene 07/05	15	1,5	12,3	
Timlingene 06/07	13	0,5	5,0	
Timlingene 07/11	14	1,5	6,7	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>1,2</b>	<b>8,0</b>	
Flekkerøy	13	<0,5	2,1	
<b>2013</b>				
Fiskåtangen 31/05	12	8,0	44,0	
Fiskåtangen 18/10	18	6,4	39,0	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>7,2</b>	<b>41,5</b>	
Lumber 31/05	12	110,0	0,8	
Lumber 18/10	16	79,0	200,0	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>95,0</b>	<b>100,4</b>	
Timlingene 31/05	14	5,5	36,0	
Timlingene 18/10	15	2,8	18,0	
<b>gjennomsnitt</b>		<b>4,2</b>	<b>27,0</b>	
Flekkerøy	13	<0,5	2,7	

### 3.3 Risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta

#### 3.3.1 Konsentrasjoner av miljøgifter i sedimenter og porevann

Konsentrasjonene av utvalgte miljøgifter i sedimentprøver fra Elkembukta (område 1) og Fiskåbukta (område 2) er vist i **Tabell 20**. I samme tabell vises klassifisering av alle sedimentprøvene i henhold til den reviderte klassifiseringsveileder utarbeidet av Bakke mfl. 2007. Data for totalt organisk innhold (TOC) og kornfordeling er gitt i samme tabell.

Av **Tabell 20** og **Tabell 21** ser vi at sedimentprøvene fra Elkembukta (område 1) inneholder gjennomgående høyere PAH-konsentrasjoner enn sedimentprøvene fra Fiskåbukta (område 2). I Elkembukta kommer nesten alle stasjonene ut i dårligste tilstandsklasse «klasse V, svært dårlig» for alle PAHer med høyere molekylvekt enn fenantren. De tre stasjonene i Fiskåbukta som ligger nærmest Elkembukta (K17, ES1, ES2) ligger dessuten høyest i PAH nivå av stasjonene i område 2.

For metallene er kontamineringsnivået variabelt, men generelt sett relativt moderat i begge områder, og med Fiskåbukta gjennomgående høyere enn Elkembukta. For eksempel, for nikkel er gjennomsnittlig konsentrasjon i hele område 1 og område 2 henholdsvis 109 og 384 mg/kg. To stasjoner i hvert av områdene kommer ut i den dårligste tilstandsklassen «klasse V, svært dårlig» med hensyn til kobber.

For PCB er begge områdene gjennomgående moderat kontaminert (tilstandsklasse III) vurdert ut fra sumPCB7, men med Elkembukta i snitt omtrent dobbelt så høyt som Fiskåbukta; 0,0428 mot 0,0228 mg/kg i snitt for område 1 og 2.

For TBT er kontamineringsbildet omvendt med Fiskåbukta drøyt dobbelt så høyt som Elkembukta (0,2605 mg/kg mot og 0,1056 mg/kg i snitt). De fleste stasjonene i begge områdene havner i den dårligste tilstandsklassen «klasse V, svært dårlig».

Det ble kalkulert områdespesifikke gjennomsnittsverdier for totalt organisk innhold (TOC) til erstatning for TOC-sjablongverdien i risikokalkuleringsarket. De anvendte TOC-verdiene ble beregnet til 11,23 og 7,01 henholdsvis for Elkembukta (område 1) og Fiskåbukta (område 2) (**Tabell 22, Tabell 23**).

For alle målte PAH-forbindelser ble det beregnet områdespesifikke fordelingskoeffisienter mellom sediment og porevann ( $K_d$ ) med utgangspunkt i blandprøvene for sediment og porevann Toks 1 og Toks 2 for Elkembukta og blandprøve Toks 3 for Fiskåbukta. Alle grunnlagsdata og beregnede  $K_d$ -verdier er vist i **Tabell 24** og **Tabell 25**.

I **Figur 8** vises korrelasjonen mellom oktanol-vann fordelingskoeffisientene ( $K_{ow}$ ) og sediment-porevann fordelingskoeffisientene normalisert mot organisk innhold ( $K_{TOC}$ ) for alle de målte PAHer i de tre sedimentblandprøvene Toks 1, Toks 2 og Toks. Figurfremstillingen viser at de to typene fordelingskoeffisienter gjennomgående er lineært korrelert, men at det foreligger en systematisk forskyvning i retning av  $K_{TOC}$ , noe som indikerer at tendensen til at PAH-forbindelsene i disse sedimentprøvene er mye (ca. 10x) sterkere bundet til partikler i et sediment enn hva som fremkommer ut fra oktanol-vann fordelingskoeffisienten alene.

**Tabell 20.** Konsentrasjon (mg/kg tørrvekt for metaller, mg/kg v.v. for organiske forbindelser) av utvalgte miljøgifter i sedimentprøver fra Elkembukta brukt i risikovurderingen. Dataene fra stasjon 10 i Elkembukta ble ikke benyttet i miljørisikovurderingen. Røde tall markerer at halve deteksjonsgrensen for analysen er benyttet. Farge tilsvarende tilstandsklasse.

Elkembukta (område 1)																			
	Antall prøver	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9	St. 10	St. 11	St. 12	St. 14	St. 15	EC1 (µl/lII/IV-V)	ES3	Toks 1	Toks 2
Arsen	16	9	8	2	14	8	11	10	15	11	8	8	17	22	31	25	12	i.a.	i.a.
Bly	16	79	75	35	130	60	88	24	71	41	75	49	110	95	150	82	48	i.a.	i.a.
Kadmium	16	0,32	0,37	0,10	0,30	0,27	0,35	0,12	0,22	0,15	0,10	0,07	0,15	0,05	0,17	0,09	0,04	i.a.	i.a.
Kobber	16	59	79	14	220	67	110	51	120	79	55	65	160	140	210	236	100	i.a.	i.a.
Krom totalt (III + VI)	16	21	26	8	25	23	28	21	24	16	13	16	29	26	34	47	29	i.a.	i.a.
Kvikksølv	16	0,06	0,24	0,03	0,25	0,07	0,37	0,04	0,16	0,16	0,10	0,11	0,29	0,42	0,43	0,30	0,19	i.a.	i.a.
Nikkel	16	48	51	17	120	45	69	50	72	52	39	50	130	210	180	408	200	i.a.	i.a.
Sink	16	170	170	68	180	140	190	230	170	120	120	83	130	78	130	132	100	i.a.	i.a.
Naftalen	18	0,58	0,28	0,19	5,60	0,78	0,75	6,20	3,00	1,10	1,20	1,80	2,10	1,60	0,97	0,69	1,20	0,53	0,80
Acenafylen	18	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,24	0,05	0,02	0,03	0,02
Acenafylen	18	4,8	1,4	2,6	12,0	3,2	2,7	8,7	4,9	2,6	1,3	2,1	3,6	2,2	2,8	1,7	2,5	3,10	1,70
Fluoren	18	3,20	1,20	2,10	7,90	2,60	2,00	7,90	3,70	2,10	1,10	1,80	3,00	1,70	2,70	1,34	2,00	2,70	1,40
Fenantren	18	16,0	7,3	10,0	50,0	19,0	15,0	52,0	28,0	16,0	8,5	12,0	21,0	10,0	11,0	10,5	15,0	18,0	9,4
Anthracen	18	4,2	2,2	1,8	12,0	3,9	3,6	11,0	6,4	4,1	2,2	3,1	5,4	2,7	2,7	2,7	4,0	5,4	2,7
Fluoranten	18	46,0	29,0	17,0	83,0	45,0	50,0	57,0	64,0	42,0	23,0	23,0	45,0	16,0	19,0	17,8	22,0	47	15,0
Pyren	18	35,0	23,0	14,0	71,0	35,0	41,0	44,0	53,0	36,0	20,0	20,0	39,0	13,0	16,0	15,6	19,0	39	13,0
Benzo(a)antracen	18	24,0	16,0	8,4	38,0	22,0	28,0	25,0	32,0	24,0	13,0	13,0	26,0	20,0	10,0	9,8	12,0	54	10,0
Krysæn	18	24,0	15,0	8,3	39,0	22,0	29,0	25,0	33,0	24,0	14,0	12,0	25,0	19,0	10,0	9,8	12,0	50	10,0
Benzo(b)fluoranten	18	16,0	13,0	5,2	27,0	16,0	23,0	16,0	21,0	18,0	10,0	9,1	19,0	8,5	7,8	8,9	10,0	23	6,8
Benzo(k)fluoranten	18	12,0	10,0	4,2	21,0	12,0	16,0	14,0	17,0	14,0	8,5	7,3	16,0	6,4	6,6	7,3	8,2	25,0	7,2
Benzo(e)pyren	18	13,0	11,0	4,7	26,0	14,0	19,0	15,0	18,0	15,0	8,8	7,9	17,0	6,6	6,7	8,5	10,0	8,3	2,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	18	6,6	5,9	2,5	12,0	6,6	9,8	8,0	9,0	7,3	4,7	4,7	7,7	2,5	3,6	4,2	4,7	1,6	0,7
Dibenzo(a,h)antracen	18	1,20	0,97	0,43	2,10	1,40	1,60	1,50	1,60	1,30	0,86	0,77	1,40	0,63	0,57	1,04	1,20	7,30	2,50
Benzo(ghi)perylen	18	5,5	5,0	1,9	9,4	5,4	7,6	6,1	7,0	5,7	3,5	3,3	6,2	2,0	2,8	4,5	4,7	35	8,0
Sum PAH16	18	212	141	83	416	209	249	297	302	213	121	122	237	113	109	104	129	320	92
PCB 28	14	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	i.a.	i.a.
PCB 52	14	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	i.a.	i.a.
PCB 101	14	0,009	0,009	0,003	0,0071	0,0037	0,0019	0,0023	0,0046	0,0030	0,0081	0,0033	0,0068	0,0053	0,0092	0,0037	0,0037	i.a.	i.a.
PCB 118	14	0,0010	0,0006	0,0003	0,0055	0,0023	0,0024	0,0025	0,0042	0,0032	0,0078	0,0037	0,0046	0,0037	0,0073	0,0046	0,0037	i.a.	i.a.
PCB 138	14	0,0007	0,0011	0,0003	0,0110	0,0110	0,0053	0,0048	0,0084	0,0087	0,0160	0,0084	0,0160	0,0240	0,041	0,0160	0,0240	i.a.	i.a.
PCB 153	14	0,0018	0,0018	0,0003	0,0120	0,0100	0,0062	0,0039	0,0100	0,0075	0,0140	0,0093	0,0170	0,0280	0,055	0,0170	0,0280	i.a.	i.a.
PCB 180	14	0,0008	0,0008	0,0003	0,0075	0,0068	0,0033	0,0026	0,0050	0,0045	0,0057	0,0050	0,0110	0,0210	0,042	0,0110	0,0210	i.a.	i.a.
Sum PCB7	14	0,006	0,006	0,002	0,050	0,038	0,023	0,019	0,037	0,030	0,055	0,032	0,059	0,085	0,159	0,059	0,085	i.a.	i.a.
Trietylamin (TBT-ion)	14	0,02	0,02	0,00	0,12	0,05	0,10	0,32	0,11	0,09	0,09	0,06	0,17	0,16	0,18	0,16	0,18	i.a.	i.a.
TOC µgC/mg TS	16	81,2	87,3	32,1	164	113	134	165	221	168	137	95,5	202	66,7	126	14,0	14,1	i.a.	i.a.
korn<63µ (% finstoff)	16	36	48	9	48	43	46	10	49	50	35	55	56	72	61	64	58	i.a.	i.a.
TOC % av TS	16	8,1	8,7	3,2	16,4	11,3	13,4	16,5	22,1	16,8	13,7	9,6	20,2	6,7	12,6	1,4	1,4	i.a.	i.a.
korn<63µ (andel finstoff)	16	0,36	0,48	0,09	0,48	0,43	0,46	0,10	0,49	0,50	0,35	0,55	0,56	0,72	0,61	0,64	0,58	i.a.	i.a.
Normalisert TOC mot finstoff	16	19,6	18,1	19,6	25,8	21,6	23,1	32,7	31,3	25,8	25,4	17,7	28,1	11,7	19,6	7,9	9,0	i.a.	i.a.

**Tabell 21.** Konsentrasjon (mg/kg tørrvekt for metaller, mg/kg v.v. for organiske forbindelser) av utvalgte miljøgifter i sedimentprøver fra Fiskåbukta brukt i risikovurderingen. Røde tall markerer at halve deteksjonsgrensene for analysen er benyttet. Farge tilsvarende tilstandsklasse.

Fiskåbukta (område 2)												
	Anfall prøver	K2013 1	K2013 2	K2013 3	K16 (µg/l)	K103 (µg/l)	K17 (µg/l)	ES1	ES2	K18 (µg/l)	Toks 3	
Arsen	9	23	38	22	26	10	81	22	19	68	i.a.	
Bly	9	160	90	93	113	46	137	99	56	89	i.a.	
Kadmium	9	0.18	0.10	0.03	0.09	0.03	0.10	0.04	0.03	0.10	i.a.	
Kobber	9	320	150	150	207	102	566	210	150	273	i.a.	
Krom totalt (III + VI)	9	47	34	31	42	29	100	63	46	86	i.a.	
Kvikksølv	9	0.56	0.17	0.23	0.29	0.20	0.47	0.03	0.22	0.27	i.a.	
Nikkel	9	370	120	240	220	284	797	600	420	407	i.a.	
Sink	9	120	110	75	130	72	138	78	67	86	i.a.	
Naftalen	10	0.19	0.04	0.08	0.06	0.10	0.45	0.42	0.75	0.77	0.08	
Acenafitylen	10	0.02	0.01	0.01	0.01	0.03	0.07	0.02	0.02	0.03	0.01	
Acenafiten	10	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.6	1.3	0.3	0.21	
Fluoren	10	0.30	0.07	0.11	0.09	0.13	0.46	0.46	1.11	0.25	0.18	
Fenantren	10	2.4	0.5	0.8	0.7	0.9	3.4	3.5	8.0	1.6	1.50	
Antracen	10	0.7	0.1	0.2	0.2	0.3	1.0	1.0	1.8	0.5	0.48	
Fluoranten	10	5.2	1.3	1.6	1.6	1.8	6.5	5.9	9.3	2.3	2.90	
Pyren	10	4.3	1.2	1.2	1.2	1.6	5.4	5.1	7.7	2.0	2.40	
Benzo(a)antracen	10	7.1	2.3	2.7	2.6	1.3	3.4	3.0	4.2	1.2	1.90	
Krysen	10	6.5	2.1	2.5	2.5	1.2	3.2	3.0	4.1	1.2	1.80	
Benzo(k)fluoranten	10	3.8	1.3	1.3	1.5	1.2	4.3	2.8	3.4	1.5	1.30	
Benzo(k)fluoranten	10	2.5	0.8	1.0	1.0	1.0	2.0	2.3	2.8	0.7	1.30	
Benzo(a)pyren	10	2.5	0.8	1.0	1.0	1.1	3.6	2.8	3.5	1.3	0.62	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	10	1.5	0.4	0.5	0.6	0.5	2.2	1.0	1.5	0.7	0.13	
Dibenzo(a,h)antracen	10	1.0	0.4	0.4	0.4	0.6	2.8	1.2	1.6	0.9	1.50	
Benzo(ghi)perylene	10	39	12	14	14	12	40	33	51	16	17	
Sum PAH16	6	0.0005	0.0005	0.0003	0.0005	i.a.	0.0006	i.a.	i.a.	0.00037	i.a.	
PCB 28	6	0.0033	0.0005	0.0009	0.0012	i.a.	0.0009	i.a.	i.a.	0.00041	i.a.	
PCB 52	6	0.0055	0.0015	0.0016	0.0015	i.a.	0.0029	i.a.	i.a.	0.00125	i.a.	
PCB 101	6	0.0048	0.0018	0.0020	0.0019	i.a.	0.0022	i.a.	i.a.	0.00095	i.a.	
PCB 118	6	0.0170	0.0041	0.0055	0.0054	i.a.	0.0050	i.a.	i.a.	0.00225	i.a.	
PCB 138	6	0.0180	0.0043	0.0052	0.0058	i.a.	0.0064	i.a.	i.a.	0.00281	i.a.	
PCB 153	6	0.0061	0.0021	0.0016	0.0024	i.a.	0.0037	i.a.	i.a.	0.00132	i.a.	
PCB 180	6	0.055	0.015	0.017	0.019	i.a.	0.022	i.a.	i.a.	0.00936	i.a.	
Sum PCB7	6	0.28	0.37	0.13	0.53	i.a.	0.21	i.a.	i.a.	0.04	i.a.	
Tributyltin (TBT-ion)	9	120	51.0	31.3	48.9	3.4	51	247	56	21.9		
TOC µg/mg TS	9	65	78	59	76	77	75	42	39	66		
korn<63µ (% finstoff)	9	12.0	5.1	3.1	4.9	0.3	5.1	24.7	5.6	2.2		
TOC % av TS	9	0.65	0.78	0.59	0.76	0.77	0.75	0.42	0.39	0.66		
korn<63µ (andel finstoff)	9	18.3	9.1	10.5	9.2	4.5	9.6	35.1	16.6	8.3		
Normalisert TOC mot finstoff												

Tabell 22. Stedsspesifikke data anvendt for Elkembukta.

	Ja	Nei			
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d		
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c		
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e		
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f		
Er det gjort økotokestesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g		
<b>GENERELLE PARAMETERE</b>					
<b>Grunnleggende sedimentparametere</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
TOC	1	11,23	Gj.sn. for område 1, angitt som % TOC av TS		
Bulkdensitet til sedimentet, $\rho_{sed}$ [kg/l]	0,8	0,8			
Porøsitet, $\epsilon$	0,7	0,7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m <sup>2</sup> /år for spredning ved biodiffusjon		
<b>Generelle områdeparametere</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Sedimentareal i bassenget, $A_{sed}$ [m <sup>2</sup> ]	ingen standard	48814	Arealberegning vha <a href="http://beta.norgeskart.no">http://beta.norgeskart.no</a>		
Vannvolumet over sedimentet, $V_{sed}$ [m <sup>3</sup> ]	ingen standard	488140	Brukte 10 m dyp som gj.snitt for hele Elkembukta		
Oppholdstid til vannet i bassenget, $t$ [år]	ingen standard	0,01923077	Mangler data - Bruker en uke (1/52 år) som angitt oppholdstid		
<b>SPREDNING</b>					
<b>Parametere for transport via biodiffusjon, <math>F_{diff}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Tortuositet, $\tau$	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, $a$	10	10			
Diffusjonslengde, $\Delta x$ [cm]	1	1			
<b>Parametere for oppvirvling fra skip, <math>F_{skip}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Antall skipsanløp per år, $N_{skip}$	ingen standard	104	I henhold til trafikkdata for 2012 fått av ELKEM		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, $T$ [m]	120	250	Lengste innsailingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, $m_{sed}$ [kg]	ingen standard	208,333333	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, $A_{skip}$ [m <sup>2</sup> ]	ingen standard	22550	Anslått seilingstilgjengelig areal av elkembukta som er < 20 m dypt		
Fraksjon suspendert $f_{susp}$ = sedimentfraksjon < 2 $\mu$ m	ingen standard	0,12	Se regneark - Klif klassifisering sedimenter		
<b>Parametere for transport via organismer, <math>F_{org}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse $OC_{bun}$ [g/g]	0,25	0,25			
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, $OC_{sed}$ [g/m <sup>2</sup> /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, $d$ [g/g]	0,47	0,47			
Organisk karbon omsatt (respiert) i sedimentet, $OC_{resp}$ [g/m <sup>2</sup> /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for $C_{bio}$	5	5	Faktor for å konvertere $BCF_{F_{bio}}$ som er på våtvektsbasis til $C_{bio}$ på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
<b>Parametere for å beregne tømning av stofflageret i det bioaktive laget, <math>t_{tom}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Mektilighet av bioturbasjonsdyp, $d_{sed}$ (mm/m <sup>2</sup> )	100	100			
Tetthet av vått sediment, $\rho_w$ (kg/l)	1,3	1,3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0,35	0,35			
<b>HUMAN HELSE</b>					
<b>Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Absorpsjonsfaktor, $a_f$	1	1			
Matrisefaktor, $m_f$	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, $K_F$	0,5	0,5			
<b>Generelle parametere (ulike for barn og voksen)</b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Kroppsvekt, $KV$ [kg]	70	15	70	15	
<b>Parametere for oralt inntak av sediment, <math>DEI_{sed}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ (d/d)	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, $DI_{sed}$ [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
<b>Parametere for inntak av overflatevann, <math>DEI_{sv}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ (d/d)	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, $DI_{sv}$ [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>Parametere for inntak av partikulært materiale, <math>DEI_{pm}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ (d/d)	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, $DI_{sv}$ [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
<b>Parametere for hudkontakt med sediment, <math>DEH_{sed}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ (d/d)	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, $HA_{sed}$ [m <sup>2</sup> ]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, $HAD_{sed}$ [kg/m <sup>2</sup> ]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment $HAB_{sed}$ [1/timer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, $ET_{sed}$ [timer/d]	8	8	8	8	
<b>Parametere for hudkontakt med vann, <math>DEH_{sv}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ (d/d)	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, $HA_{sv}$ [m <sup>2</sup> ]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, $ET_{sv}$ [timer/d]	1	2	1	2	
<b>Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, <math>IEI</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Daglig inntak av fisk og skalldyr, $DI$ [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

Tabell 23. Stedsspesifikke data anvendt for Fiskåbukta.

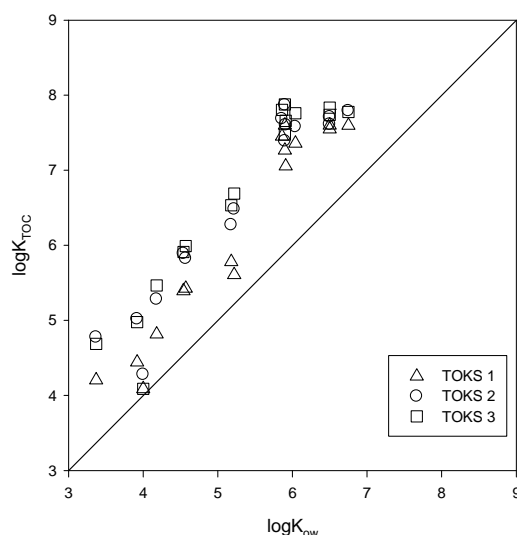
	Ja	Nei			
Er det målt porevannskonsentrasjon? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1d		
Er det målt sjøvannskonsentrasjon? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1c		
Er det målt vevskonsentrasjon i bunnsfauna? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1e		
Er det målt vevskonsentrasjon i fisk? (sett kryss)		x	Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1f		
Er det gjort økotokstesting? (sett kryss)	x		Hvis ja, legg inn målte konsentrasjoner i ark 1g		
<b>GENERELLE PARAMETERE</b>					
<b>Grunnleggende sedimentparametere</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
TOC	1	7,01	Gj.sn. for område 2 stasjoner, angitt som % TOC av TS		
Bulkdensitet til sedimentet, $\rho_{sed}$ [kg/l]	0,8	0,8			
Porøsitet, $\epsilon$	0,7	0,7			
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å ende opp med mg/m <sup>2</sup> /år for spredning ved biodiffusjon		
<b>Generelle områdeparametere</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Sedimentareal i bassenget, $A_{sed}$ [m <sup>2</sup> ]	ingen standard	2042343	http://beta.norgeskart.no		
Vannvolumet over sedimentet, $V_{sed}$ [m <sup>3</sup> ]	ingen standard	30635145	Brukte 15 m dyp som gj.snitt for område 2 (Fiskåbukta)		
Oppholdstid til vannet i bassenget, $t_r$ [år]	ingen standard	0,01923077	Mangler data - Bruker en uke (1/52 år) som angitt oppholdstid		
<b>SPREDNING</b>					
<b>Parametere for transport via biodiffusjon, <math>F_{diff}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Tortuositet, $\tau$	3	3			
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, $a$	10	10			
Diffusjonslengde, $\Delta x$ [cm]	1	1			
<b>Parametere for oppvirvling fra skip, <math>F_{skip}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Antall skipsanløp per år, $N_{skip}$	ingen standard	29	Data fra "Rita S. Floer" <Rita.S.Floer@kristiansand-havn.no>		
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, $T$ [m]	120	1000	Lengste innseilingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt konservativt beregnet vha		
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, $m_{sed}$ [kg]	ingen standard	833,333333	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder		
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, $A_{skip}$ [m <sup>2</sup> ]	ingen standard	519879	Konservativt anslått seilingstilgjengelig areal av område 2 - Fiskåbukta s		
Fraksjon suspendert $f_{susp}$ = sedimentfraksjon < 2 $\mu$ m	ingen standard	0,18	Se regneark - Klif klassifisering sedimenter		
<b>Parametere for transport via organismer, <math>F_{org}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse $OC_{sed}$ [g/g]	0,25	0,25			
Organisk karbonitilførsel til sedimentet utenfra, $OC_{sed}$ [g/m <sup>2</sup> /år]	200	200			
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, $d$ [g/g]	0,47	0,47			
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, $OC_{resp}$ [g/m <sup>2</sup> /år]	31	31			
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørrvekt for $C_{bio}$	5	5	Faktor for å konvertere $BCF_{bio}$ som er på våtvektsbasis til $C_{bio}$ på tørrvektsbasis. Tørrvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.		
<b>Parametere for å beregne tømning av støfflageret i det bioaktive laget, <math>t_{tom}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Mekthet av bioturbasjonsdyp, $d_{sed}$ (mm/m <sup>2</sup> )	100	100			
Tetthet av vått sediment, $\rho_w$ (kg/l)	1,3	1,3			
Fraksjon tørrvekt av vått sediment	0,35	0,35			
<b>HUMAN HELSE</b>					
<b>Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)</b>	<b>Sjåblong-verdi</b>	<b>Anvendt verdi</b>	<b>Begrunnelse</b>		
Absorpsjonsfaktor, $af$	1	1			
Matriksfaktor, $mf$	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, $KF_i$	0,5	0,5			
<b>Generelle parametere (ulike for barn og voksen)</b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Kroppsvekt, $KV$ [kg]	70	15	70	15	
<b>Parametere for oralt inntak av sediment, <math>DEI_{sed}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, $DI_{sed}$ [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
<b>Parametere for inntak av overflatevann, <math>DEI_{sv}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, $DI_{sv}$ [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>Parametere for inntak av partikulært materiale, <math>DEI_{pm}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, $DI_{sv}$ [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
<b>Parametere for hudkontakt med sediment, <math>DEH_{sed}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hsed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, $HA_{sed}$ [m <sup>2</sup> ]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, $HAD_{sed}$ [kg/m <sup>2</sup> ]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment $HAB_{sed}$ [1/timer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, $ET_{sed}$ [timer/d]	8	8	8	8	
<b>Parametere for hudkontakt med vann, <math>DEH_{sv}</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, $HA_{sv}$ [m <sup>2</sup> ]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, $ET_{sv}$ [timer/d]	1	2	1	2	
<b>Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, <math>IEI_r</math></b>	<b>Sjåblong-verdi voksen</b>	<b>Sjåblong-verdi barn</b>	<b>Anvendt verdi voksen</b>	<b>Anvendt verdi barn</b>	<b>Begrunnelse</b>
Daglig inntak av fisk og skalldyr, $DI_r$ [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

**Tabell 24.** Organisk innhold og tørrstoff i de tre sedimentblandprøvene Toks 1, Toks 2 og Toks 3. Prøvene er tatt fra 0-10cm snittet av sedimentene.

	TOKS 1	TOKS 2	TOKS 3
Sediment TOC (%)	11.8	7.53	3.32
TTS (%)	37	40	45

**Tabell 25.** Beregning av stedsspesifikke fordelingskoeffisienter for PAH ut fra innholdet av PAH i sediment (mg/kg tørrvekt) og porevann (ng/l) i blandprøvene Toks 1 og Toks 2 for Elkembukta og i Toks 3 for Fiskåbukta.

	Elkembukta					Fiskåbukta		
	Toks 1		Toks 2		Kd	Toks 3		Kd
	Sed mg/kg dw	porevann mg/l	Sed mg/kg dw	porevann mg/l		Sed mg/kg dw	porevann mg/l	
Naftalen	0,53	2,81E-04	0,80	1,78E-04	3,19E+03	0,08	5,00E-05	1,60E+03
Acenaftalen	0,03	1,90E-05	0,02	1,50E-05	1,44E+03	0,01	2,70E-05	4,07E+02
Acenaften	3,10	9,48E-04	1,70	2,17E-04	5,55E+03	0,21	6,70E-05	3,13E+03
Fluoren	2,70	3,50E-04	1,40	9,70E-05	1,11E+04	0,18	1,90E-05	9,47E+03
Fenantren	18,0	5,73E-04	9,40	1,88E-04	4,07E+04	1,50	4,70E-05	3,19E+04
Antracen	5,40	1,86E-04	2,70	4,60E-05	4,39E+04	0,48	1,80E-05	2,67E+04
Fluoranten	47,0	9,85E-04	15,0	6,60E-05	1,37E+05	2,90	1,80E-05	1,61E+05
Pyren	39,0	5,48E-04	13,0	9,20E-05	1,06E+05	2,40	2,10E-05	1,14E+05
Benzo(a)antracen	54,0	4,00E-05	10,0	3,30E-06	2,19E+06	1,90	1,30E-06	1,46E+06
Krysen	50,0	1,50E-05	10,0	2,80E-06	3,45E+06	1,80	8,50E-07	2,12E+06
Benzo(b)fluoranten	23,0	1,60E-05	6,8	4,40E-06	1,49E+06	1,30	1,50E-06	8,67E+05
Benzo(k)fluoranten	25,0	4,90E-06	7,20	1,20E-06	5,55E+06	1,30	5,20E-07	2,50E+06
Benzo(a)pyren	8,30	9,30E-06	2,80	2,50E-06	1,01E+06	0,62	6,90E-07	8,99E+05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,60	1,80E-06	0,70	7,30E-07	9,24E+05	0,13	2,70E-07	4,81E+05
Dibenzo(a,h)antracen	7,30	3,40E-07	2,50	1,50E-07	1,91E+07	0,57	7,00E-08	8,14E+06
Benzo(ghi)perylene	35,0	1,80E-06	8,00	8,10E-07	1,47E+07	1,50	3,10E-07	4,84E+06



**Figur 8.** Korrelasjon mellom oktanol-vann fordelingskoeffisienter og beregnede sediment-porevann fordelingskoeffisienter for PAH normalisert mot organisk innhold i de tre sedimentblandprøvene Toks 1, Toks 2 og Toks 3.

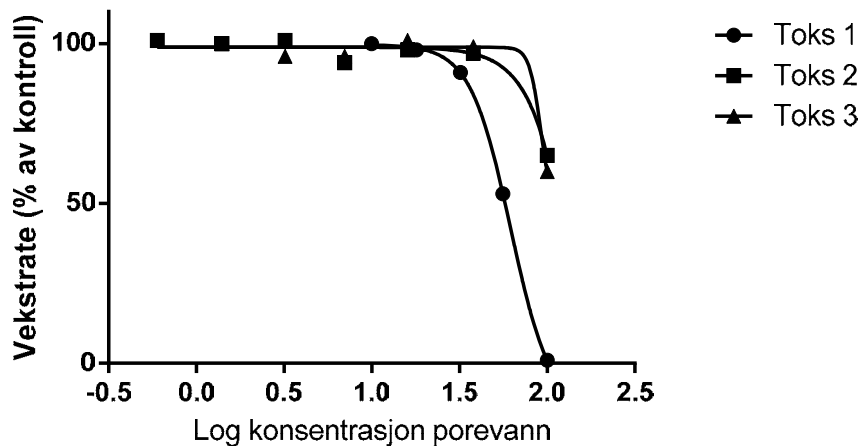
### 3.3.2 Toksisitet av porevann fra sedimenter

Resultatene fra toksisitetstestene med den marine algearten, *Skeletonema pseudocostatum* og den bunnlevende hoppekrepsen, *Tisbe battagliai* er vist i **Tabell 26**. Resultatene viser en toksisk effekt på *Tisbe battagliai* på alle stasjonene, men kun på Toks 1 for *Skeletonema pseudocostatum*. Veksten av *S. pseudocostatum* ble målbart inhibert kun av Toks 1-porevannet med en 50% inhiberende effekt ved 57% relativ mengde porevann, mens det for porevannsprøvene Toks 2 og Toks 3 ikke lot seg gjøre å beregne en 50% effektverdi, siden det fortsatt var vekst hos algen ved 100% relativ konsentrasjon porevann (**Figur 9**).

I testen med hoppekreps viste porevann fra Toks 1, 2 og 3 prøvene EC50 verdier på henholdsvis 35%, 58% og 38% (**Tabell 26**). Resultatene viser at toksisiteten av porevannsprøvene fra sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta kan graderes Toks 1 > Toks 3 > Toks 2.

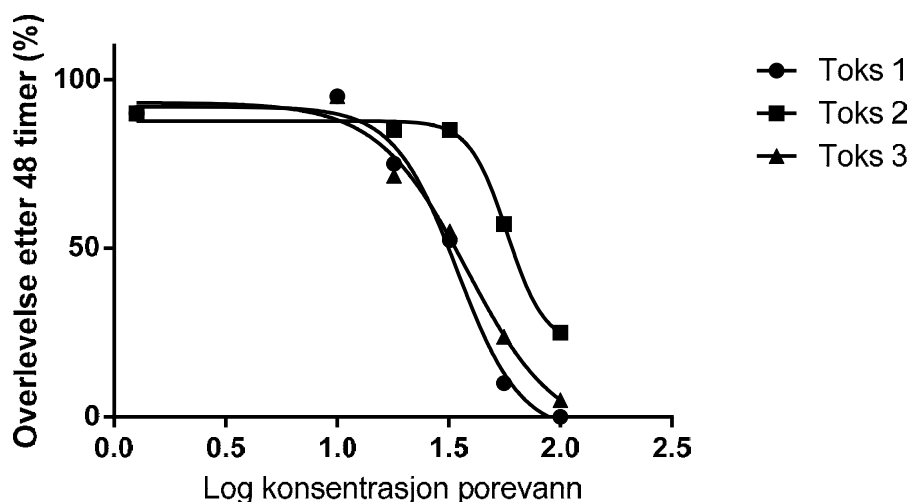
**Tabell 26.** Toksisitet av porevann fra sedimentprøver (Toks 1, 2 og 3) målt ved hjelp av algetesten (*Skeletonema*) og hoppekrepsstesten (*Tisbe*). EC50 = effect concentration 50%. TU = Toxic Units, en omvendt vurderings-enhet som er avledet fra EC50-verdien. TU-verdien brukes videre i beregning av økotoxsisitet i regnearket for risikiovervurderinger. c.i.=konfidensintervall.

Sediment-prøver	Vekstinhiberingstest, alge		Akutt giftighet, krepsdyr ( <i>Tisbe</i> )	
	EC <sub>50</sub> (95% c.i)	TU (100/EC50)	EC <sub>50</sub> (95% c.i)	TU (100/EC50)
Toks 1	57 % (55 – 58)	1,75	35 % (21 – 57 %)	2,86
Toks 2	> 100 %	< 1	58 % (22 – 140 %)	1,72
Toks 3	> 100 %	< 1	38 % (14 – 100 %)	2,63



**Figur 9.** Vekstrate av *Skeletonema*-alger etter 72 timer i ulike konsentrasjoner av porevann fra sedimenter fra Elkembukta (Toks 1 og 2) og fra Fiskåbukta (Toks 3). Enheten på x-aksen er log %.





**Figur 10.** Overlevelse av *Tisbe* (hoppekreps) i prosent etter 48 timers eksponering for ulike konsentrasjoner av porevann fra sedimenter fra Elkembukta (Toks 1 og 2) og fra Fiskåbukta (Toks 3). 20 dyr ble eksponert per konsentrasjon. Bakgrunnsdødeligheten var ca. 10 %. Enheten på x-aksen er log %.

### 3.3.3 Miljørisikovurdering Trinn 1

Trinn 1 består av en forenklet risikovurdering hvor miljøgiftkonsentrasjon og testdata for toksisitet av et sediment sammenlignes mot forutbestemte grenseverdier for akseptabel økologisk miljørisiko. Grenseverdiene som benyttes i trinn 1 er satt ut fra konservative antagelser om eksponeringsveier, biotilgjengelighet og sannsynlighet for spredning til andre deler av økosystemet. For nesten alle stoffene som inngår i vurderingen tilsvarer grenseverdien klassegrensen mellom tilstandsklasse II og tilstandsklasse III i Miljødirektoratets reviderte system for klassifisering av miljøgiftinnhold i marine sedimenter, se TA 2229/2007 og TA 2802/2011. Kriteriene for fastlegging av klassegrensene er basert på internasjonalt etablerte systemer for miljøkvalitetsstandarder og EUs risikovurdering av kjemikalier. Metodene og kriteriene for fastlegging av klassegrenser er nærmere beskrevet i dokumentet: TA 2231/2007, bakgrunnsdokument, Del A, vedlegg A.1.

Resultatene i **Tabell 27** og **Tabell 28** viser i hvilken grad konsentrasjonene av miljøgifter i sedimentene fra Elkembukta og Fiskåbukta overskrider grenseverdiene for akseptabel økologisk risiko i Trinn 1 av veilederen TA 2802/2011.

For Elkembukta viser resultatene at det foreligger markante overskridelser av grenseverdiene. For PAH-er ser vi overskridelser på flere hundre ganger grenseverdien for flere forbindelser når en legger middelverdier i sedimentet til grunn. For benzo(ghi)perylen ligger den maksimale sedimentkonsentrasjonen 1667 ganger høyere enn grenseverdien. For tungmetaller ses overskridelser særlig for kobber og nikkell, samt for bly hvis en bruker maksimalkonsentrasjonen. For sumPCB7 og TBT finner vi overskridelser på moderat nivå i Elkembukta med faktor på hhv. 2,5 og 3,1 ganger grenseverdiene basert på middelverdier (**Tabell 27**).

For Fiskåbukta finner vi klare overskridelser av grenseverdiene for omtrent de samme miljøgiftene som i Elkembukta. Overskridelsene for metaller og TBT er mer markert i Fiskåbukta i forhold til i Elkembukta, mens for PAH-forbindelser er overskridelsene i Fiskåbukta betydelig lavere (**Tabell 28**). Igjen er det benzo(ghi)perylen som ligger høyest, med maksimalkonsentrasjon 131 ganger høyere enn grenseverdien.

Ut fra observert overskridelse av grenseverdiene i Trinn 1 skal miljørisikovurderingen av sedimentområdene i Elkembukta og Fiskåbukta gå videre til Trinn 2. Trinn 2 består av tre delvurderinger: Risiko for spredning (2A), Risiko for human helse (2B) og Risiko for effekter på økosystemet (2C). I Trinn 2 bedømmes den risikoen for spredning, skade på human helse og/eller økologiske effekter som sedimentene i et område utgjør der de ligger. Resultatene tolkes i forhold til allmenne akseptkriterier og gyldige miljømål. Trinn 2 har som mål å bedømme om risikoen for miljø- og helsemessig skade fra et sediment er akseptabel eller ikke.

**Tabell 27.** Overskridelse av grenseverdiene for økologisk risiko i sedimentene fra Elkembukta (område 1) ifølge Trinn 1 i veilederen TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av høyeste nivå av miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) for hele området.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	15	31	13,5466667	52		
Bly	15	150	75,8	83	1,8	
Kadmium	15	0,37	0,1844	2,6		
Kobber	15	236	114	51	4,6	2,2
Krom totalt (III + VI)	15	47	24,8933333	560		
Kvikksølv	15	0,427	0,208	0,63		
Nikkel	15	408	113,466667	46	8,9	2,5
Sink	15	230	139,4	360		
Naftalen	17	6,2	1,65705882	0,29	21	5,7
Acenaften	17	0,24	0,03747059	0,033	7,3	1,1
Acenaften	17	12	3,68352941	0,16	75	23
Fluoren	17	7,9	2,90235294	0,26	30	11
Fenantren	17	52	18,8329412	0,50	104	38
Antracen	17	12	4,58117647	0,031	387	148
Fluoranten	17	83	37,5176471	0,17	488	221
Pyren	17	71	30,9764706	0,28	254	111
Benzo(a)antracen	17	54	21,8952941	0,06	900	365
Krysen	17	50	21,5964706	0,28	179	77
Benzo(b)fluoranten	17	27	14,6058824	0,24	113	61
Benzo(k)fluoranten	17	25	12,0129412	0,21	119	57
Benzo(a)pyren	17	26	11,9717647	0,42	62	29
Indeno(1,2,3-cd)pyren	17	12	5,71411765	0,047	255	122
Dibenzo(a,h)antracen	17	7,3	1,618	0,59	12	2,7
Benzo(ghi)perylene	17	35	7,06235294	0,021	1667	336
PCB 28	13	0,0005	0,00026923			
PCB 52	13	0,0062	0,00278077			
PCB 101	13	0,0092	0,00378615			
PCB 118	13	0,0073	0,00317			
PCB 138	13	0,041	0,01082			
PCB 153	13	0,055	0,01251923			
PCB 180	13	0,042	0,00850538			
Sum PCB7	13	1,61E-01	4,19E-02	0,017	9,5	2,5
DDT	#REF!	#REF!	#REF!	0,02	#REF!	#REF!
Tributyltinn (TBT-ion)	13	0,32	0,10705385	0,035	9,1	3,1

**Tabell 28.** Overskridelse av grenseverdiene for økologisk risiko i sedimentene fra Fiskåbukta (område 2) ifølge Trinn 1 i veilederen TA-2802/2011. Tabellen viser faktor for overskridelse beregnet på basis av høyeste nivå av miljøgifter (maks) og gjennomsnitt (middel) for hele området.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	9	81	32,1437037	52	1,6	
Bly	9	160	98,1259259	83	1,9	1,2
Kadmium	9	0,18	0,0765	2,6		
Kobber	9	566,4	236,496296	51	11	4,6
Krom totalt (III + VI)	9	99,98	53,1177778	560		
Kvikksølv	9	0,561	0,2707037	0,63		
Nikkel	9	796,6	384,155556	46	17	8,4
Sink	9	137,8	97,3366667	360		
Naftalen	10	0,772	0,29452667	0,29	2,7	1
Acenaftylen	10	0,0742	0,02312	0,033	2,2	
Acenaften	10	1,3	0,37471333	0,16	8,1	2,3
Fluoren	10	1,11	0,31596667	0,26	4,3	1
Fenantren	10	8	2,34753333	0,50	16,0	4,7
Antracen	10	1,8	0,6242	0,031	58	20
Fluoranten	10	9,3	3,844	0,17	55	23
Pyren	10	7,7	3,238	0,28	28	11,6
Benzo(a)antracen	10	7,1	2,97313333	0,06	118	50
Krysen	10	6,5	2,8144	0,28	23	10
Benzo(b)fluoranten	10	4,32	2,24086667	0,24	18	9,3
Benzo(k)fluoranten	10	2,8	1,541	0,21	13	7,3
Benzo(a)pyren	10	3,62	1,81946667	0,42	8,6	4,3
Indeno(1,2,3-cd)pyren	10	2,16	0,91206667	0,047	46	19
Dibenzo(a,h)antracen	10	0,57	0,27533333	0,59		
Benzo(ghi)perylen	10	2,76	1,08186667	0,021	131	52
PCB 28	6	0,00063	0,00045833			
PCB 52	6	0,0033	0,00120311			
PCB 101	6	0,0055	0,00236833			
PCB 118	6	0,0048	0,00228689			
PCB 138	6	0,017	0,00654222			
PCB 153	6	0,018	0,00709322			
PCB 180	6	0,0061	0,00287322			
Sum PCB7	6	5,53E-02	2,28E-02	0,017	3,3	1,3
DDT	#REF!	#REF!	#REF!	0,02	#REF!	#REF!
Tributyltinn (TBT-ion)	6	0,52666667	0,26051111	0,035	15	7,4

### 3.3.4 Risikovurdering Trinn 2A – Risiko for spredning

Risiko for spredning vurderes ut fra beregnet miljøgifttransport fra sediment til vannmassene via diffusjon og bioturbasjon, ved oppvirvling som følge av bølger og skipstrafikk og ved opptak i organismer og spredning gjennom næringskjeden. Stedsspesifikke  $K_d$  verdier (se **Tabell 25**) er lagt til grunn for beregningene. Det finnes ingen allment aksepterte akseptgrenser for spredning alene. Det er konsekvenser av spredningen som er av primær betydning. Miljødirektoratets risikoveileder (TA 2802/2011) legger imidlertid opp til å bedømme i hvilken grad spredningen fra et sediment overskrider tilsvarende spredning fra et tenkt sediment som tilfredsstillende grenseverdiene i Trinn 1. I Elkembukta (**Tabell 29**) er det størst overskridelse for PAH-forbindelsene antracen, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren. Det er også en moderat overskridelse for kobber og nikkel. Overskridelsene er betydelig lavere i Fiskåbukta (**Tabell 30**); høyest for nikkel og indeno(1,2,3-cd)pyren.

**Tabell 29.** Trinn 2A: Fluks av miljøgifter ut av sediment for Elkembukta (område 1), og beregnet overskridelse i forhold til spredningen fra 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
Arsen	3,13E+01	1,37E+01	4,64E+01	2,03E+01	7,78E+01		
Bly	7,47E+00	3,77E+00	7,96E+01	4,02E+01	4,37E+01	1,8	
Kadmium	1,51E-02	7,53E-03	1,93E-01	9,62E-02	1,36E+00		
Kobber	5,23E+01	2,53E+01	1,66E+02	8,02E+01	3,56E+01	4,7	2,3
Krom totalt (III + VI)	1,73E+00	9,15E-01	2,43E+01	1,29E+01	2,90E+02		
Kvikksølv	2,83E-02	1,38E-02	2,34E-01	1,14E-01	3,44E-01		
Nikkel	2,82E+02	7,85E+01	4,81E+02	1,34E+02	5,40E+01	8,9	2,5
Sink	2,10E+01	1,27E+01	1,32E+02	7,98E+01	2,00E+02		
Naftalen	2,07E+00	1,53E+00	5,13E+00	2,35E+00	1,43E+02		
Acenafylen	2,33E-01	1,16E-01	3,55E-01	1,35E-01	7,44E+00		
Acenaften	7,67E+00	3,98E+00	1,35E+01	5,77E+00	1,51E+01		
Fluoren	2,85E+00	1,55E+00	6,67E+00	2,95E+00	1,44E+01		
Fenantren	5,70E+00	2,93E+00	3,07E+01	1,20E+01	1,22E+01	2,5	
Antracen	1,51E+00	8,02E-01	7,29E+00	3,01E+00	6,17E-01	12	4,9
Fluoranten	1,11E+01	5,36E+00	5,10E+01	2,34E+01	8,80E-01	58	27
Pyren	7,10E+00	3,47E+00	4,12E+01	1,84E+01	2,98E+00	14	6,2
Benzo(a)antracen	8,09E-01	3,51E-01	2,68E+01	1,09E+01	1,42E-01	189	77
Krysen	7,64E-01	3,40E-01	2,48E+01	1,07E+01	1,11E+00	22	10
Benzo(b)fluoranten	1,42E+00	7,74E-01	1,44E+01	7,79E+00	6,75E-01	21	12
Benzo(k)fluoranten	3,57E-01	1,74E-01	1,24E+01	5,95E+00	6,02E-01	21	10
Benzo(a)pyren	1,97E+00	9,15E-01	1,45E+01	6,67E+00	1,16E+00	12	5,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	9,81E-01	4,69E-01	6,75E+00	3,21E+00	6,01E-02	112	53
Dibenzo(a,h)antracen	3,00E-02	7,26E-03	3,54E+00	7,85E-01	8,49E-01	4,2	
Benzo(ghi)perylene	1,86E-01	4,09E-02	1,70E+01	3,43E+00	4,85E-02	351	71
PCB 28	3,85E-03	2,07E-03	4,10E-03	2,21E-03			
PCB 52	8,68E-02	3,89E-02	8,98E-02	4,03E-02			
PCB 101	1,90E-02	7,81E-03	2,34E-02	9,63E-03			
PCB 118	1,51E-03	6,54E-04	5,01E-03	2,18E-03			
PCB 138	5,57E-02	1,47E-02	7,54E-02	1,99E-02			
PCB 153	7,47E-03	1,70E-03	3,39E-02	7,72E-03			
PCB 180	2,99E-02	6,05E-03	5,01E-02	1,01E-02			
Sum PCB7	2,04E-01	7,19E-02	2,82E-01	9,21E-02			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	2,82E-02		
Tributyltinn (TBT-ion)	1,01E+01	3,37E+00	1,03E+01	3,45E+00	1,16E+01		

**Tabell 30.** Trinn 2A: Fluks av miljøgifter ut av sediment for Fiskåbukta (område 2).

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirling ( $F_{diff} + F_{org}$ )		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirling ( $F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$ )		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
Arsen	8,18E+01	3,25E+01	9,32E+01	3,70E+01	5,98E+01	1,6	
Bly	7,96E+00	4,88E+00	3,03E+01	1,86E+01	1,54E+01	2,0	1,2
Kadmium	7,35E-03	3,12E-03	3,25E-02	1,38E-02	4,69E-01		
Kobber	1,25E+02	5,24E+01	2,05E+02	8,54E+01	1,82E+01	11	4,7
Krom totalt (III + VI)	3,68E+00	1,95E+00	1,76E+01	9,36E+00	9,86E+01		
Kvikksølv	3,72E-02	1,79E-02	1,15E-01	5,57E-02	1,29E-01		
Nikkel	5,51E+02	2,66E+02	6,63E+02	3,20E+02	3,81E+01	17	8,4
Sink	1,26E+01	8,90E+00	3,18E+01	2,25E+01	7,72E+01		
Naftalen	3,89E-01	3,45E-01	5,01E-01	3,87E-01	1,42E+02		
Acenaftylene	2,90E-01	1,96E-01	3,02E-01	1,99E-01	7,39E+00		
Acenaften	8,33E-01	5,05E-01	1,02E+00	5,59E-01	1,50E+01		
Fluoren	2,65E-01	1,47E-01	4,21E-01	1,91E-01	1,42E+01		
Fenantren	7,91E-01	3,99E-01	1,91E+00	7,26E-01	1,20E+01		
Antracen	2,33E-01	1,40E-01	4,84E-01	2,27E-01	6,03E-01		
Fluoranten	7,08E-01	3,41E-01	2,01E+00	8,77E-01	8,19E-01	2,5	1
Pyren	5,59E-01	2,91E-01	1,63E+00	7,42E-01	2,87E+00		
Benzo(a)antracen	1,32E-01	5,84E-02	1,12E+00	4,73E-01	1,21E-01	9,3	3,9
Krysen	1,52E-01	6,79E-02	1,06E+00	4,60E-01	1,02E+00	1,0	
Benzo(b)fluoranten	3,80E-01	2,00E-01	9,82E-01	5,12E-01	5,92E-01	1,7	
Benzo(k)fluoranten	8,60E-02	4,83E-02	4,77E-01	2,63E-01	5,30E-01		
Benzo(a)pyren	3,05E-01	1,55E-01	8,10E-01	4,08E-01	1,01E+00		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,37E-01	1,43E-01	6,39E-01	2,70E-01	4,40E-02	15	6,1
Dibenzo(a,h)antracen	5,51E-03	2,79E-03	8,50E-02	4,12E-02	6,47E-01		
Benzo(ghi)perylene	4,39E-02	1,79E-02	4,29E-01	1,69E-01	4,13E-02	10	4,1
PCB 28	7,76E-03	5,64E-03	7,85E-03	5,71E-03			
PCB 52	7,38E-02	2,69E-02	7,43E-02	2,71E-02			
PCB 101	1,81E-02	7,80E-03	1,89E-02	8,14E-03			
PCB 118	1,58E-03	7,54E-04	2,25E-03	1,07E-03			
PCB 138	3,69E-02	1,42E-02	3,93E-02	1,51E-02			
PCB 153	3,91E-03	1,54E-03	6,42E-03	2,53E-03			
PCB 180	6,93E-03	3,27E-03	7,78E-03	3,67E-03			
Sum PCB7	1,49E-01	6,01E-02	1,57E-01	6,33E-02			
DDT	mangler data	mangler data	mangler data	mangler data	2,13E-02		
Tributyltinn (TBT-ion)	2,65E+01	1,31E+01	2,66E+01	1,32E+01	1,15E+01	2,3	1,1

Samlet årlig spredning av miljøgiftene ut av hele sedimentområdet er vist i **Tabell 31** for Elkembukta og **Tabell 32** for Fiskåbukta. I begge områdene er totalspredningen av metaller høyest for nikkel og kobber, men totalspredningen av disse metallene er 50 – 110 ganger høyere fra Fiskåbukta enn fra Elkembukta. Spredningen av sumPAH16 er 3,3 kg/år fra Elkembukta og 8 kg/år fra Fiskåbukta. Tilsvarende tall for sumPCB7 og TBT er 4 g/år og 166 g/år fra Elkembukta og 124 g/år og 26 kg/år fra Fiskåbukta. På grunn av mye større sedimentareal er samlet utlekking størst fra Fiskåbukta selv om fluksene pr. sedimentareal er lavere enn i Elkembukta.

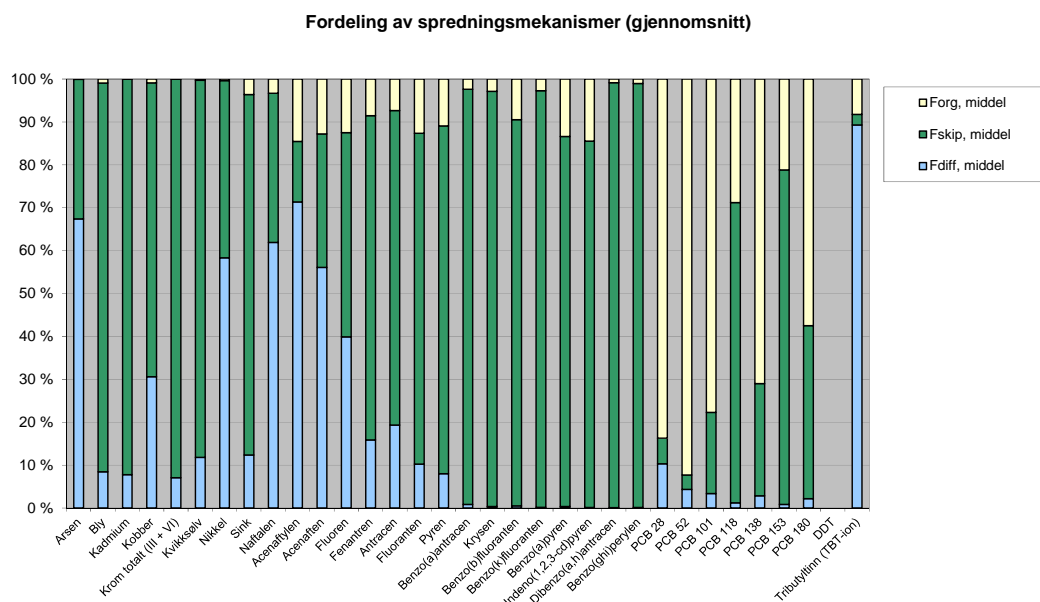
**Figur 11** og **Figur 12** viser den relative betydningen av de tre transportveiene for miljøgifter ut av sedimentet. Hovedmønsteret er det samme i begge områdene. For metallene og TBT skjer så godt som all transport ved diffusjon og gjennom propellersjon. Mønsteret er ganske likt i begge områdene. For de organiske miljøgiftene, spesielt PCB, er transport i næringskjeden også viktig, og diffusjon har bare betydning for de lettere forbindelsene. Det relative bidraget fra propellersjon er høyest i Fiskåbukta der propellene virker på en større del av området. Betydningen av næringskjedetransport er tilsvarende høyest i Fiskåbukta.

**Tabell 31.** Trinn 2A: Spredning av miljøgifter fra sedimentene i Elkembukta (område 1) vurdert henholdsvis for hele sediment-området ( $A_{\text{sed}}$ ), for delområdet påvirket av skipspropeller ( $A_{\text{skip}}$ ) og for delområdet ikke påvirket av skipspropeller ( $A_{\text{sed-skip}}$ ).  $U_{\text{tot}}$ : total transport via alle spredningsveier;  $U_{\text{skip}}$ : spredning forårsaket av propellersjon;  $U_{\text{tot-skip}}$ : spredning via bio-diffusjon og næringskjede.

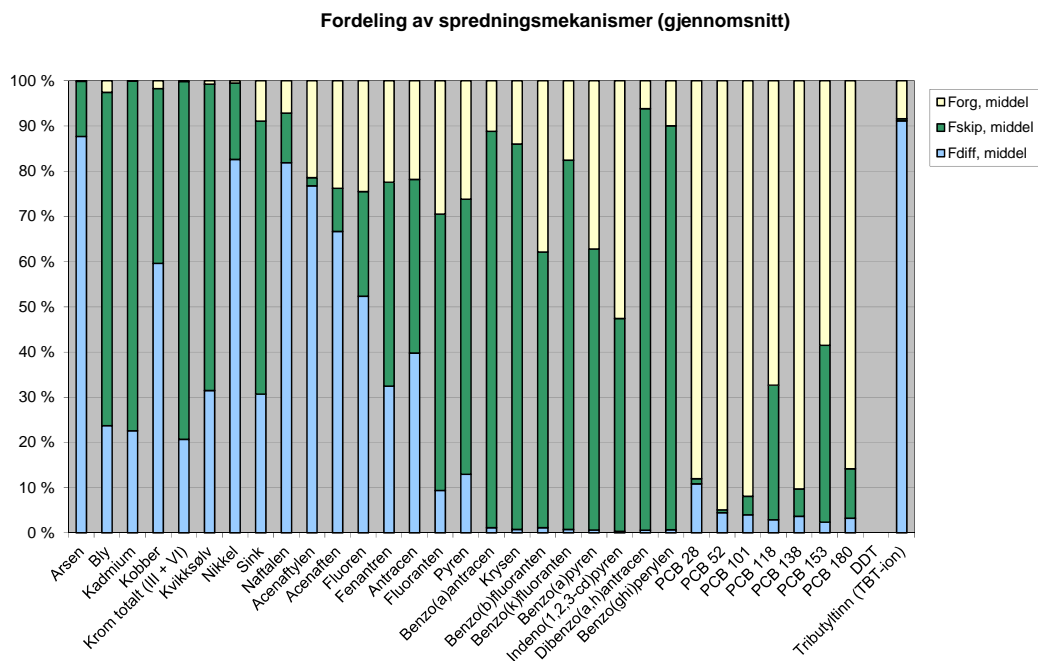
	Hele sedimentområdet ( $A_{\text{sed}}=48814$ m <sup>2</sup> )				Skipspåvirket område <20 m ( $A_{\text{skip}}=22550$ m <sup>2</sup> )			Området ikke-påvirket av skip ( $A_{\text{sed}}-A_{\text{skip}}$ )
	$U_{\text{tot}}$ (kg/år)	$U_{\text{skip}}$ kg/år	$U_{\text{tot}}-U_{\text{skip}}$	$U_{\text{skip}}$ i % av $U_{\text{tot}}$	$U_{\text{tot}}$ (kg/år)	$U_{\text{tot}}-U_{\text{skip}}$	$U_{\text{skip}}$ i % av $U_{\text{tot}}$	$U_{\text{tot}}$ (kg/år)
Arsen	0,82	0,15	0,67	18,2	0,46	0,31	32,5	0,36
Bly	1,01	0,82	0,18	81,7	0,91	0,09	90,6	0,10
Kadmium	0,002	0,00	0,0	84,5	0,00	0,00	92,2	0,0002
Kobber	2,47	1,24	1,23	50,1	1,81	0,57	68,5	0,66
Krom totalt (III + VI)	0,31	0,27	0,0	85,8	0,29	0,02	92,9	0,024
Kvikksølv	0,00	0,00	0,0	77,0	0,00	0,00	87,9	0,0004
Nikkel	5,08	1,24	3,83	24,5	3,01	1,77	41,3	2,06
Sink	2,13	1,51	0,62	70,8	1,80	0,29	84,0	0,33
Naftalen	0,093	0,018	0,075	19,8	0,05	0,03	34,8	0,04
Acenaftilen	0,006	0,000	0,006	7,06	0,003	0,003	14,1	0,003
Acenaften	0,235	0,041	0,194	17,3	0,13	0,09	31,1	0,10
Fluoren	0,107	0,032	0,076	29,6	0,07	0,03	47,6	0,04
Fenantren	0,348	0,204	0,143	58,8	0,27	0,07	75,6	0,08
Antracen	0,089	0,050	0,039	55,9	0,07	0,02	73,3	0,02
Fluoranten	0,669	0,407	0,262	60,8	0,53	0,12	77,1	0,14
Pyren	0,505	0,336	0,169	66,5	0,41	0,078	81,1	0,09
Benzo(a)antracen	0,254	0,237	0,017	93,3	0,25	0,0079	96,8	0,009
Krysen	0,251	0,234	0,017	93,4	0,24	0,0077	96,8	0,009
Benzo(b)fluoranten	0,196	0,158	0,038	80,7	0,18	0,0175	90,1	0,02
Benzo(k)fluoranten	0,139	0,130	0,009	93,9	0,13	0,0039	97,1	0,005
Benzo(a)pyren	0,174	0,130	0,045	74,4	0,15	0,0206	86,3	0,02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,085	0,062	0,023	73,0	0,07	0,0106	85,4	0,01
Dibenzo(a,h)antracen	0,018	0,018	0,000	98,0	0,02	0,0002	99,1	0,0002
Benzo(ghi)perylene	0,079	0,077	0,002	97,5	0,08	0,0009	98,8	0,0011
SumPAH16	3,25	2,13	1,11	65,7	2,65	0,51	80,6	0,60
PCB 28	0,00010	0,00000	0,00010	2,86	0,00005	0,00005	5,98	0,00005
PCB 52	0,00193	0,00003	0,00189	1,59	0,00091	0,00088	3,37	0,00102
PCB 101	0,00042	0,00004	0,00038	9,76	0,00022	0,00018	19,0	0,00020
PCB 118	0,00007	0,00003	0,00003	51,9	0,00005	0,00001	70,0	0,00002
PCB 138	0,00083	0,00012	0,00072	14,1	0,00045	0,00033	26,2	0,00039
PCB 153	0,00022	0,00014	0,00008	62,1	0,00017	0,00004	78,0	0,00004
PCB 180	0,00039	0,00009	0,00029	23,8	0,00023	0,00014	40,4	0,00016
SumPCB7	0,00395	0,00045	0,00350	11,5	0,00207	0,00162	21,9	0,00188
Tributyltinn (TBT-ion)	0,166	0,002	0,164	1,17	0,078	0,076	2,50	0,088

**Tabell 32.** Trinn 2A: Spredning av miljøgifter fra sedimentene i Fiskåbukta (område 2) vurdert henholdsvis for hele sediment-området ( $A_{sed}$ ), for delområdet påvirket av skipspropeller ( $A_{skip}$ ) og for delområdet ikke påvirket av skipspropeller ( $A_{sed-skip}$ ).  $U_{tot}$ : total transport via alle spredningsveier;  $U_{skip}$ : spredning forårsaket av propellersjon;  $U_{tot-skip}$ : spredning via bio-diffusjon og næringskjede.

	Hele sedimentområdet ( $A_{sed}=2042343 \text{ m}^2$ )				Skipspåvirket område <20 m ( $A_{skip}=519879 \text{ m}^2$ )			Området ikke-påvirket av skip ( $A_{sed-A_{skip}}$ )
	$U_{tot}$ (kg/år)	$U_{skip}$ kg/år	$U_{tot}-U_{skip}$	$U_{skip}$ i % av $U_{tot}$	$U_{tot}$ (kg/år)	$U_{tot}-U_{skip}$	$U_{skip}$ i % av $U_{tot}$	$U_{tot}$ (kg/år)
Arsen	68,6	2,35	66,3	3,4	19,22	16,87	12,2	49,4
Bly	17,1	7,12	10,0	41,6	9,66	2,54	73,7	7,44
Kadmium	0,012	0,0055	0,0	46,5	0,01	0,00	77,4	0,0048
Kobber	124	17,2	107,0	13,8	44,42	27,24	38,7	79,8
Krom totalt (III + VI)	7,84	3,85	4,0	49,1	4,87	1,02	79,1	2,97
Kvikksølv	0,06	0,02	0,0	34,9	0,03	0,01	67,8	0,027
Nikkel	571	28	543	4,92	166	138	16,9	405
Sink	25,2	7,06	18,2	28,0	11,7	4,63	60,4	13,6
Naftalen	0,73	0,02	0,704	3,04	0,20	0,18	11,0	0,52
Acenaftylen	0,40	0,00	0,399	0,47	0,10	0,10	1,8	0,30
Acenaften	1,06	0,03	1,032	2,61	0,29	0,26	9,5	0,77
Fluoren	0,323	0,023	0,300	7,12	0,10	0,08	23,2	0,22
Fenantren	0,984	0,170	0,814	17,3	0,38	0,21	45,1	0,61
Antracen	0,331	0,045	0,285	13,7	0,12	0,07	38,4	0,21
Fluoranten	0,975	0,279	0,697	28,6	0,46	0,18	61,1	0,52
Pyren	0,828	0,235	0,594	28,3	0,39	0,15	60,9	0,44
Benzo(a)antracen	0,335	0,216	0,119	64,4	0,25	0,03	87,7	0,09
Krysen	0,343	0,204	0,139	59,5	0,24	0,04	85,2	0,10
Benzo(b)fluoranten	0,571	0,162	0,408	28,5	0,27	0,10	61,0	0,30
Benzo(k)fluoranten	0,210	0,112	0,099	53,1	0,14	0,03	81,7	0,07
Benzo(a)pyren	0,448	0,132	0,316	29,5	0,21	0,08	62,1	0,24
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,358	0,066	0,292	18,5	0,14	0,07	47,1	0,22
Dibenzo(a,h)antracen	0,026	0,020	0,006	77,8	0,02	0,0015	93,2	0,0043
Benzo(ghi)perylene	0,12	0,08	0,037	68,2	0,09	0,01	89,4	0,03
SumPAH16	8,03	1,79	6,2	22,3	3,38	1,59	53,0	4,65
PCB 28	0,0116	0,00003	0,0115	0,293	0,0030	0,0029	1,142	0,009
PCB 52	0,0550	0,00009	0,0549	0,161	0,0141	0,0140	0,630	0,041
PCB 101	0,0161	0,00017	0,0159	1,068	0,0042	0,0041	4,069	0,012
PCB 118	0,0017	0,00017	0,0015	9,73	0,0006	0,0004	29,74	0,001
PCB 138	0,0295	0,00048	0,0290	1,61	0,0079	0,0074	6,046	0,022
PCB 153	0,0037	0,00051	0,0031	14,06	0,0013	0,0008	39,1	0,002
PCB 180	0,0069	0,00021	0,0067	3,03	0,0019	0,0017	10,9	0,005
SumPCB7	0,1244	0,00166	0,1228	1,33	0,033	0,031	5,04	0,092
Tributyltinn (TBT-ion)	26,8	0,03	26,7	0,12	6,84	6,81	0,48	19,9



**Figur 11.** Relativ bidrag til spredning av miljøgifter fra sedimentene i Elkembukta (område 1) vist som prosent av total miljøgifttilførsel for de tre ulike spredningsveiene næringskjede/organismer (gult), propellersosjon (grønt) og biodiffusjon (blått).



**Figur 12.** Relativ bidrag til spredning av miljøgifter fra sedimentene i Fiskåbukta (område 2) vist som prosent av total miljøgifttilførsel for de tre ulike spredningsveiene næringskjede/organismer (gult), propellersosjon (grønt) og biodiffusjon (blått).



### 3.3.5 Risikovurdering Trinn 2B – Risiko for human helse

Risiko for human helse vurderes ut fra aktuelle transportveier til mennesker og etter hvordan et sedimentområde anvendes. Den viktigste eksponeringsveien er vanligvis via konsum av fisk og skaldyr, men inntak av og kontakt med sediment og vann er også tatt med i beregningene siden dette kan ha betydning ved rekreasjon og bading. Transporten til mennesker uttrykkes som samlet livslangt inntak av et stoff i mg pr. kg kroppsvekt og dag og sammenliknes med tilsvarende grense for tolerabelt inntak satt av Mattilsynet. Risikobetraktningen forutsetter også at maksimalt 10 % av samlet tolerabelt inntak får komme fra sedimentene. Overskridelse av 10 % av maksimalt tolerabelt livslangt inntak er vist i **Tabell 33** og **Tabell 34** for de to områdene. For begge sedimentområdene kommer benzo(a)pyren dårligst ut i forhold til overskridelser med henholdsvis en faktor 1274 for Elkembukta og faktor 217 for Fiskåbukta. Overskridelsen er også betydelig for sumPCB<sub>7</sub> og moderat for TBT. Det er også en liten overskridelse for bly. Overskridelsene er størst for Elkembukta (**Tabell 33**) når det gjelder benzo(a)pyren og sumPCB<sub>7</sub>, men størst i Fiskåbukta (**Tabell 34**) for TBT. Overskridelsen for bly er omtrent lik i de to områdene. I begge områdene utgjør altså sedimentene en risiko for skade på human helse.

**Tabell 33.** Elkembukta: Beregnet total livstidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for miljøgifter og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og porevann. Overskridelsesfaktor er bare vist for stoffer som overskrider grenseverdien.

Stoff	Beregnet total livstidseksponering (mg/kg/d)		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidseksponering i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	1,41E-04	6,18E-05	1,00E-04	1,4	
Bly	2,50E-03	1,26E-03	3,60E-04	7,0	3,5
Kadmium	4,54E-07	2,26E-07	5,00E-05		
Kobber	4,94E-03	2,39E-03	5,00E-03		
Krom totalt (III + VI)	7,83E-05	4,15E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	2,46E-06	1,20E-06	1,00E-05		
Nikkel	6,00E-03	1,67E-03	5,00E-03	1,2	
Sink	1,57E-02	9,49E-03	3,00E-02		
Naftalen	9,57E-04	2,56E-04	4,00E-03		
Acenaftilen	4,11E-04	6,41E-05			
Acenaften	7,87E-03	2,42E-03			
Fluoren	3,29E-03	1,21E-03			
Fenantren	9,30E-03	3,37E-03	4,00E-03	2,3	
Antracen	1,90E-03	7,26E-04	4,00E-03		
Fluoranten	2,15E-02	9,71E-03	5,00E-03	4,3	1,9
Pyren	1,51E-02	6,57E-03			
Benzo(a)antracen	2,15E-03	8,71E-04	5,00E-04	4,3	1,7
Krysen	2,34E-03	1,01E-03	5,00E-03		
Benzo(b)fluoranten	4,47E-03	2,42E-03			
Benzo(k)fluoranten	1,13E-03	5,42E-04	5,00E-04	2,3	1,1
Benzo(a)pyren	6,36E-03	2,93E-03	2,30E-06	2766	1274
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,20E-03	1,52E-03	5,00E-04	6,4	3,0
Dibenzo(a,h)antracen	1,01E-04	2,23E-05			
Benzo(ghi)perylene	6,18E-04	1,25E-04	3,00E-03		
PCB 28	1,12E-05	6,02E-06			
PCB 52	2,70E-04	1,21E-04			
PCB 101	5,93E-05	2,44E-05			
PCB 118	4,71E-06	2,05E-06			
PCB 138	1,75E-04	4,61E-05			
PCB 153	2,35E-05	5,34E-06			
PCB 180	9,39E-05	1,90E-05			
Sum PCB7	6,38E-04	2,24E-04	2,00E-06	319	112
DDT	mangler	mangler	1,00E-03		
Tributyltinn (TBT-ion)	2,77E-03	9,27E-04	2,50E-04	11,1	3,7

**Tabell 34.** Fiskåbukta: Beregnet total livtidseksponering (mg/kg kroppsvekt og dag) for miljøgifter og faktor for overskridelse i forhold til grenseverdier for human risiko. Tabellen er basert på miljøgiftinnhold i sediment og porevann. Overskridelsesfaktor er bare vist for stoffer som overskrider grenseverdien.

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 <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	3,70E-04	1,47E-04	1,00E-04	3,7	1,5
Bly	2,67E-03	1,64E-03	3,60E-04	7,4	4,5
Kadmium	2,21E-07	9,38E-08	5,00E-05		
Kobber	1,19E-02	4,95E-03	5,00E-03	2,4	
Krom totalt (III + VI)	1,67E-04	8,85E-05	5,00E-04		
Kvikksølv	3,23E-06	1,56E-06	1,00E-05		
Nikkel	1,17E-02	5,65E-03	5,00E-03	2,3	1,1
Sink	9,38E-03	6,62E-03	3,00E-02		
Naftalen	2,37E-04	9,04E-05	4,00E-03		
Acenaftilen	4,48E-04	1,40E-04			
Acenaften	1,51E-03	4,35E-04			
Fluoren	5,40E-04	1,54E-04			
Fenantren	1,82E-03	5,35E-04	4,00E-03		
Antracen	4,68E-04	1,62E-04	4,00E-03		
Fluoranten	2,06E-03	8,50E-04	5,00E-03		
Pyren	1,52E-03	6,39E-04			
Benzo(a)antracen	4,20E-04	1,76E-04	5,00E-04		
Krysen	4,92E-04	2,13E-04	5,00E-03		
Benzo(b)fluoranten	1,23E-03	6,36E-04			
Benzo(k)fluoranten	2,77E-04	1,53E-04	5,00E-04		
Benzo(a)pyren	9,92E-04	4,98E-04	2,30E-06	431	217
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,10E-03	4,66E-04	5,00E-04	2,2	
Dibenzo(a,h)antracen	1,77E-05	8,55E-06			
Benzo(ghi)perylene	1,42E-04	5,58E-05	3,00E-03		
PCB 28	2,26E-05	1,64E-05			
PCB 52	2,31E-04	8,40E-05			
PCB 101	5,68E-05	2,45E-05			
PCB 118	4,96E-06	2,36E-06			
PCB 138	1,16E-04	4,46E-05			
PCB 153	1,23E-05	4,85E-06			
PCB 180	2,18E-05	1,03E-05			
Sum PCB7	4,65E-04	1,87E-04	2,00E-06	233	94
DDT	mangler	mangler	1,00E-03		
Tributyltinn (TBT-ion)	7,31E-03	3,61E-03	2,50E-04	29	14

### 3.3.6 Risikovurdering Trinn 2C – Risiko for effekter på økosystemet

Risiko for effekter på økosystemet vurderes ut fra beregnede konsentrasjoner av miljøgifter som organismer i vann og sediment eksponeres for sammenlignet med relevante grenseverdier for effekter.

Overskridelsene i Trinn 1 i risikovurderingen indikerer at sedimentene i begge områder utgjør en risiko for økologiske effekter på organismer i sedimentet (Tabell 27 og Tabell 28). Tabellene viser at dette primært skyldes PAH, i Fiskåbukta også TBT. Man kan regne med at giftvirkningen primært forårsakes av miljøgifter løst i porevannet. Beregnede (metaller) og målte (PAH, PCB, TBT) porevannskonsentrasjoner overskrider grenseverdi for økologiske effekter i vann (PNEC<sup>1</sup>) (Tabell 35 og Tabell 36). I begge områdene gjelder dette først og fremst for TBT siden grenseverdien for TBT er

<sup>1</sup>Possible no effect concentration.

meget lav, men også for kobber og nikkel, i Elkembukta også for enkelte PAH-forbindelser. Resultatene av toksistetstestene i porevannet viser også overskridelse av grenseverdiene for risiko i følge Trinn 1 (**Tabell 37** og **Tabell 38**). Både totale sedimentkonsentrasjoner og porevannskonsentrasjonene utgjør derfor en risiko for effekter på sedimentlevende dyr.

Risikoen for effekter på organismer i vannmassene av miljøgifter som lekker ut av sedimentene er vist i **Tabell 39** og **Tabell 40**. I Fiskåbukta er det bare TBT som viser overskridelse av grenseverdi for sjøvann (faktor 74), mens i Elkembukta viser i tillegg indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene en svak overskridelse. Det kan derfor ikke utelukkes utlekking fra sedimentene først og fremst av TBT som utgjør en risiko for økologiske effekter også i vannmassene.

**Tabell 35.** Elkembukta: Beregnede og målte porevannskonsentrasjoner (mg/l) og faktorer for overskridelser av grenseverdi PNEC (predicted no effect concentration) for økologisk risiko ved kronisk eksponering til miljøgifter i vann. PNEC<sub>w</sub> tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC <sub>w</sub> (antall ganger):	
	C <sub>pv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>pv</sub> , middel (mg/l)	C <sub>pv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>pv</sub> , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	4,69E-03	2,05E-03	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	9,68E-04	4,89E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	2,85E-06	1,42E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	9,67E-03	4,67E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	15	7,3
Krom totalt (III + VI)	3,92E-04	2,07E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	4,27E-06	2,08E-06	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	5,76E-02	1,60E-02	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	26	7,3
Sink	3,15E-03	1,91E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03	1,1	
Naftalen	målt	målt	2,81E-04	2,30E-04	2,4E-03		
Acenaftylene	målt	målt	1,90E-05	1,70E-05	1,3E-03		
Acenaften	målt	målt	9,48E-04	5,83E-04	3,8E-03		
Fluoren	målt	målt	3,50E-04	2,24E-04	2,5E-03		
Fenantren	målt	målt	5,73E-04	3,81E-04	1,3E-03		
Antracen	målt	målt	1,86E-04	1,16E-04	1,1E-04	1,7	1,1
Fluoranten	målt	målt	9,85E-04	5,26E-04	1,2E-04	8,2	4,4
Pyren	målt	målt	5,48E-04	3,20E-04	2,3E-05	24	14
Benzo(a)antracen	målt	målt	4,00E-05	2,17E-05	1,2E-05	3,3	1,8
Krysen	målt	målt	1,50E-05	8,90E-06	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	målt	målt	1,60E-05	1,02E-05	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	målt	målt	4,90E-06	3,05E-06	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	målt	målt	9,30E-06	5,90E-06	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	målt	målt	1,80E-06	1,27E-06	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	målt	målt	3,40E-07	2,45E-07	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	målt	målt	1,80E-06	1,31E-06	2,0E-06		
PCB 28	1,09E-07	5,89E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	1,10E-06	4,94E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	2,42E-07	9,95E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	1,92E-08	8,33E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	7,12E-07	1,88E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	9,55E-08	2,17E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	3,83E-07	7,75E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	2,66E-06	9,48E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
DDT	#REF!	#REF!	ikke målt	ikke målt	1,0E-06		
Tributyltinn (TBT-ion)	2,59E-03	8,67E-04	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	12336	4127

PNEC = Predicted No Effects Concentration

**Tabell 36.** Fiskåbukta: Beregnede og målte porevannskonsentrasjoner (mg/l) og faktorer for overskridelser av grenseverdi (PNEC, NB gitt i µg/l) for økologisk risiko ved kronisk eksponering til miljøgifter i vann. PNEC<sub>w</sub> tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC <sub>w</sub> (antall ganger):	
	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,23E-02	4,87E-03	ikke målt	ikke målt	4,8E-03	2,6	1,0
Bly	1,03E-03	6,34E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	1,38E-06	5,88E-07	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	2,32E-02	9,69E-03	ikke målt	ikke målt	6,4E-04	36	15
Krom totalt (III + VI)	8,33E-04	4,43E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	5,61E-06	2,71E-06	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	1,13E-01	5,43E-02	ikke målt	ikke målt	2,2E-03	51	25
Sink	1,89E-03	1,33E-03	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	målt	målt	5,00E-05	5,00E-05	2,4E-03		
Acenaftylene	målt	målt	2,70E-05	2,70E-05	1,3E-03		
Acenaften	målt	målt	6,70E-05	6,70E-05	3,8E-03		
Fluoren	målt	målt	1,90E-05	1,90E-05	2,5E-03		
Fenantren	målt	målt	4,70E-05	4,70E-05	1,3E-03		
Antracene	målt	målt	1,80E-05	1,80E-05	1,1E-04		
Fluoranten	målt	målt	1,80E-05	1,80E-05	1,2E-04		
Pyren	målt	målt	2,10E-05	2,10E-05	2,3E-05		
Benzo(a)antracene	målt	målt	1,30E-06	1,30E-06	1,2E-05		
Krysen	målt	målt	8,50E-07	8,50E-07	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	målt	målt	1,50E-06	1,50E-06	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	målt	målt	5,20E-07	5,20E-07	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	målt	målt	6,90E-07	6,90E-07	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	målt	målt	2,70E-07	2,70E-07	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracene	målt	målt	7,00E-08	7,00E-08	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	målt	målt	3,10E-07	3,10E-07	2,0E-06		
PCB 28	2,21E-07	1,61E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	9,40E-07	3,43E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	2,32E-07	9,97E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	2,02E-08	9,63E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	4,73E-07	1,82E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	5,01E-08	1,97E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	8,90E-08	4,19E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	2,02E-06	8,56E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
DDT	#REF!	#REF!	ikke målt	ikke målt	1,0E-06		
Tributyltinn (TBT-ion)	6,83E-03	3,38E-03	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	32524	16088

PNEC = Predicted No Effects Concentration

**Tabell 37.** Elkembukta: Målt økotoksisitet sammenlignet med trinn 1 og trinn 2 grenseverdier.

Parameter	Målt økotoks		Grenseverdi for økotoksisitet	Målt økotoksisitet i forhold til grenseverdi (antall ganger):	
	Maks	Middel		Maks	Middel
Porevann, Skeletonema (TU)	1,75	1,75	1,0	1,75	1,75
Porevann, Tisbe battagliai (TU)	2,86	2,29	1,0	2,86	2,29
Porevann, Crassostrea gigas (TU)	ikke målt	ikke målt	1,0		
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	ikke målt	ikke målt	TEQ < 50 ng/kg		
Helsedimenttest, Arenicola marina (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		
Helsedimenttest, Corophium volutator (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		

**Tabell 38.** Fiskåbukta: Målt økotoksisitet sammenlignet med trinn 1 og trinn 2 grenseverdier.

Parameter	Målt økotoks		Grenseverdi for økotoksisitet	Målt økotoksisitet i forhold til grenseverdi (antall ganger):	
	Maks	Middel		Maks	Middel
Porevann, Skeletonema (TU)	ikke målt	ikke målt	1,0		
Porevann, Tisbe battagliai (TU)	2,63	2,63	1,0	2,63	2,63
Porevann, Crassostrea gigas (TU)	ikke målt	ikke målt	1,0		
Organisk ekstrakt, DRCalux/EROD (TEQ i ng/kg)	ikke målt	ikke målt	TEQ < 50 ng/kg		
Helsedimenttest, Arenicola marina (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		
Helsedimenttest, Corophium volutator (% dødelighet)	ikke målt	ikke målt	20 %		

Toksisitetstestene med Skeletonema viste at man kun for stasjon Toks 1 kunne beregne EC<sub>50</sub> (TU>1). Middelveidien for økotoksisitet blir derfor kun knyttet til denne stasjonen og er dermed konservativ. Imidlertid, veilederen for risikoberegninger krever tester av begge organismene slik at Tisbe-resultatene vil være styrende.

**Tabell 39.** Elkembukta: Beregnede miljøgiftkonsentrasjoner i vannmassene over sedimentene (mg/l) og faktorer for overskridelse av grenseverdi (PNEC, NB gitt i µg/l) for økologisk risiko ved kronisk eksponering til miljøgifter i vann. PNEC<sub>w</sub> tilsvarer grensen mellom tilstandsklasse II og III.

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC <sub>w</sub> (antall ganger):	
	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)	C <sub>sv</sub> , maks (mg/l)	C <sub>sv</sub> , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	8,91E-05	3,89E-05	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	1,52E-04	7,66E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	3,71E-07	1,85E-07	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	3,17E-04	1,53E-04	ikke målt	ikke målt	6,4E-04		
Krom totalt (III + VI)	4,68E-05	2,48E-05	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	4,48E-07	2,18E-07	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	9,21E-04	2,56E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	2,44E-04	1,48E-04	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	9,30E-06	4,37E-06	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftilen	4,41E-07	2,22E-07	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	2,14E-05	9,68E-06	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	1,09E-05	4,97E-06	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	5,37E-05	2,11E-05	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	1,29E-05	5,36E-06	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	8,54E-05	3,93E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	7,05E-05	3,15E-05	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	3,1	1,4
Benzo(a)antracen	5,02E-05	2,04E-05	ikke målt	ikke målt	1,2E-05	4,2	1,7
Krysen	4,63E-05	2,00E-05	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	2,51E-05	1,36E-05	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	2,31E-05	1,11E-05	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	2,41E-05	1,11E-05	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,11E-05	5,29E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	5,6	2,6
Dibenzo(a,h)antracen	6,75E-06	1,50E-06	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	3,23E-05	6,53E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-06	16	3,3
PCB 28	1,28E-09	6,90E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	1,33E-08	5,97E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	1,00E-08	4,13E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	6,87E-09	2,98E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	4,21E-08	1,11E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	5,14E-08	1,17E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	4,09E-08	8,29E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	1,66E-07	4,49E-08	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
DDT	mangler data	mangler data	ikke målt	ikke målt	1,0E-06	mangler data	mangler data
Tributyltinn (TBT-ion)	1,82E-05	6,08E-06	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	87	29

**Tabell 40.** Fiskåbukta: Beregnede miljøgiftkonsentrasjoner i vannmassene over sedimentene (mg/l) og faktorer for overskridelse av grenseverdi (PNEC, NB gitt i µg/l) for økologisk risiko ved kronisk eksponering til miljøgifter i vann. PNEC<sub>w</sub> tilsvarende grensen mellom tilstandsklasse II og III.

Stoff	Beregnet sjøvannskonsentrasjon		Målt sjøvannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (mg/l)	Beregnet sjøvannskonsentrasjon i forhold til PNEC <sub>w</sub> (antall ganger):	
	C <sub>sv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>sv, middel</sub> (mg/l)	C <sub>sv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>sv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,19E-04	4,74E-05	ikke målt	ikke målt	4,8E-03		
Bly	3,78E-05	2,32E-05	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Kadmium	4,16E-08	1,77E-08	ikke målt	ikke målt	2,4E-04		
Kobber	2,58E-04	1,08E-04	ikke målt	ikke målt	6,4E-04		
Krom totalt (III + VI)	2,26E-05	1,20E-05	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Kvikksølv	1,47E-07	7,09E-08	ikke målt	ikke målt	4,8E-05		
Nikkel	8,46E-04	4,08E-04	ikke målt	ikke målt	2,2E-03		
Sink	3,72E-05	2,63E-05	ikke målt	ikke målt	2,9E-03		
Naftalen	5,49E-07	4,61E-07	ikke målt	ikke målt	2,4E-03		
Acenaftalen	2,11E-07	2,01E-07	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Acenaften	7,14E-07	5,46E-07	ikke målt	ikke målt	3,8E-03		
Fluoren	3,28E-07	1,85E-07	ikke målt	ikke målt	2,5E-03		
Fenantren	1,73E-06	7,23E-07	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Antracen	4,38E-07	2,28E-07	ikke målt	ikke målt	1,1E-04		
Fluoranten	1,77E-06	7,93E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-04		
Pyren	1,50E-06	7,03E-07	ikke målt	ikke målt	2,3E-05		
Benzo(a)antracen	1,28E-06	5,39E-07	ikke målt	ikke målt	1,2E-05		
Krysen	1,17E-06	5,08E-07	ikke målt	ikke målt	7,0E-05		
Benzo(b)fluoranten	7,80E-07	4,08E-07	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(k)fluoranten	5,03E-07	2,78E-07	ikke målt	ikke målt	2,7E-05		
Benzo(a)pyren	6,51E-07	3,29E-07	ikke målt	ikke målt	5,0E-05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,88E-07	1,64E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
Dibenzo(a,h)antracen	1,02E-07	4,96E-08	ikke målt	ikke målt	3,0E-05		
Benzo(ghi)perylene	4,95E-07	1,95E-07	ikke målt	ikke målt	2,0E-06		
PCB 28	1,21E-09	8,78E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 52	4,86E-09	1,77E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 101	1,95E-09	8,41E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 118	9,43E-10	4,49E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 138	4,89E-09	1,88E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 153	3,41E-09	1,35E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
PCB 180	1,42E-09	6,67E-10	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Sum PCB7	1,87E-08	7,83E-09	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
DDT	mangler data	mangler data	ikke målt	ikke målt	1,0E-06	mangler data	mangler data
Tributyltinn (TBT-ion)	3,12E-05	1,55E-05	ikke målt	ikke målt	2,1E-07	149	74

### 3.3.7 Resultater fra miljørisikovurderingen av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta.

Miljørisikovurderingen var primært rettet mot Elkembukta, men Fiskåbukta ble også vurdert for sammenligningens skyld. Begge områder overskrider grenseverdier for spredning. Totalspredningen av metaller er høyest for nikkel og kobber, men totalspredningen av disse metallene er 50 – 110 ganger høyere fra Fiskåbukta enn fra Elkembukta. Spredningen av sumPAH<sub>16</sub> er 3,3 kg/år fra Elkembukta og 8 kg/år fra Fiskåbukta. Tilsvarende tall for sumPCB<sub>7</sub> og TBT er 4 g/år og 166 g/år fra Elkembukta og 124 g/år og 26 kg/år fra Fiskåbukta. På grunn av mye større sedimentareal er samlet utlekking størst fra Fiskåbukta selv om fluksene pr. sedimentareal er lavere enn i Elkembukta.

Risikovurderingene viste at begge sedimentområdene (Elkembukta og Fiskåbukta) overskred grenseverdiene for akseptabel miljørisiko med hensyn på skade på sedimentlevende organismer. I begge områdene gjelder dette først og fremst for TBT siden grenseverdien for TBT er meget lav, men også for kobber, nikkell, i Elkembukta også for enkelte PAH-forbindelser.

Når det gjelder risikoen for effekter på organismer i vannmassene av miljøgifter som lekker ut av sedimentene, var det bare TBT som viste overskridelse av grenseverdi for sjøvann (faktor 74), mens i Elkembukta viste i tillegg indeno(1,2,3-cd)pyren og benzo(ghi)perylene en svak overskridelse.

Sedimentene utgjør også en beregnet risiko for skade på human helse, der transportvegen så godt som fullstendig skyldes transport i næringskjeden fra bunndyr til lokal sjømat. Risikoen skyldes først og fremst PAH-forbindelsen benzo(a)pyren og sumPCB<sub>7</sub> i noe mindre grad TBT og bly. Risikoen er størst fra benzo(a)pyren og sumPCB<sub>7</sub> for Elkembukta, og størst fra TBT i Fiskåbukta. Beregningen av risiko for skade på human helse forutsetter i praksis at næringskjedetransporten skjer innenfor risikoområdet. Det betyr i praksis at sjømaten også tar all sin næring i risikoområdet. Dersom lokal sjømat ikke, eller i mindre grad, kommer fra dette området, er risikoen for human helseskade overestimert. Det er vel rimelig å anta at dette spesielt gjelder Elkembukta.

### 3.4 Vurdering av økologisk tilstand

#### 3.4.1 Bløtbunnsfauna og klassifisering av økologisk tilstand

For å bedømme økologisk tilstand av sedimentene i Fiskåbukta ble en stasjon (K16) prøvetatt og analysert. Opparbeidede, ikke analyserte prøver fra samme stasjon fra 2008 ble også analysert. Resultater fra disse prøvene, sammen med resultater fra undersøkelsene i 2010 og 2012 ble brukt til en bedømming av tidsutviklingen i økologisk tilstand i Fiskåbukta og det nære sjøområdet til Elkem.

Resultatene fra stasjon K16 ved Storenes i 2013 og 2008 er vist i **Tabell 41**. Ved begge prøvetakingene ble det funnet en moderat artsrik fauna med høye individtettheter på lokaliteten. På basis av de beregnede indeksene karakteriseres den økologiske miljøtilstanden som 'god' i 2013, mens tilstanden var 'moderat' i 2008. De to sammensatte indeksene og begge indeksene for artsmangfold (H', ES<sub>100</sub>) ga samme tilstandsklasse for begge årene, mens indeksen for følsomhet ga omvendt resultat. Forskjellene mellom de to årene var imidlertid ikke store.

**Tabell 41.** Sammenfattende data for bløtbunnsfauna på stasjon K16 ved Storenes i indre Fiskåbukta i 2008 og 2013. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter klassifisering i vanddirektivet (Veileder 01:2009): grønn – god tilstand; gul- moderat tilstand.

År	Areal	Arter gj.snitt	Tetthet ind /m <sup>2</sup>	NQI 1	NQI 2	H'	ES <sub>100</sub>	ISI
2013	0,2	46	10915	0,63	0,57	3,58	17,8	7,37
2008	0,3	37	11746	0,59	0,50	2,96	15,7	7,56

De viktigste artene i 2013 og 2008 er vist i **Tabell 42**. I begge årene var prøvene dominert av små børstemark og små muslinger. I 2013 var det også mye av den røde slangestjernen *Amphiura filiformis*. Alle de små børstemarkene og flere av de små muslingene forekommer ofte i forurenset eller organisk anrikede sedimenter. Særlig gjelder dette for børstemarkene *Caulleriella*, *Chaetozone* og *Heteromastus* og muslingene *Thyasira* og *Corbula*. Slangestjernen *Amphiura* øker ofte i antall ved



moderat organisk anrikning, men avtar ved høy belastning. Bunnfaunaen gir derfor inntrykk av at området er utsatt for forurensning og organisk belastning.

**Tabell 42.** De 10 viktigste artene med individtetthet (ind/m<sup>2</sup>) på stasjon K16 i indre Fiskåbukta i 2013 og 2008. Gruppe: b = børstemark, bm = båndmark, m = muslinger, s = snegl, sl = slangestjerne.

K16 2013 (0,2 m <sup>2</sup> )			K16 2008 (0,3 m <sup>2</sup> )		
	Gruppe	Ind/m <sup>2</sup>		Gruppe	Ind/m <sup>2</sup>
<i>Caulleriella killariensis</i>	b	2260	<i>Heteromastus filiformis</i>	b	4773
<i>Heteromastus filiformis</i>	b	1710	<i>Kurtiella bidentata</i>	m	2063
<i>Chaetozone</i> sp	b	1420	Nemertinea indet	bm	1240
<i>Amphiura filiformis</i>	sl	1400	<i>Thyasira</i> sp	m	873
<i>Kurtiella bidentata</i>	m	1180	<i>Caulleriella killariensis</i>	b	613
<i>Nucula</i> sp	m	720	<i>Prionospio fallax</i>	b	497
<i>Thyasira</i> sp	m	410	<i>Hyala vitrea</i>	s	197
<i>Prionospio fallax</i>	b	365	<i>Chaetozone</i> sp	b	183
Nemertinea indet	bm	265	<i>Magelona minuta</i>	b	137
<i>Corbula gibba</i>	m	100	<i>Amphiura</i> sp	sl	137

### 3.4.2 Utviklingen over tid

Ved den første undersøkelsen i 1983 var tilstanden ved Storenes i indre Fiskåbukta (stasjon K16) dårlig (**Tabell 43**). Det ble funnet forholdsvis mange arter, men individfordelingen var svært skjev med noen få dominerende arter. Resultatene fra 1990 var bedre, men artstallet var lavt. I 2008 ble det funnet et normalt antall arter samtidig som indeksene indikerte moderat til god tilstand. Resultatene viser at det har vært en betydelig forbedring av tilstanden fra 90-tallet og fram til 2008. Dette er rimelig å se i sammenheng med opphør av utslipp av kommunalt avløpsvann og reduserte utslipp fra industrien ved Fiskåbukta.

Flere av artene som dominerte i 2008 og 2013 ble også funnet ved de tidligere undersøkelsene. Forbedringene i tilstanden har derfor i hovedsak bestått i økt artsrikhet og jevnere individfordeling i bunndyrsamfunnet. Fra 2008 til 2013 var det mindre endringer. I alt syv av artene blant topp-10 dominerende i 2008 var også blant topp-10 artene i 2013.

**Tabell 43.** Utvikling over tid av bløtbunnsfauna på stasjon K16 ved Storenes i indre Fiskåbukta 1983-2013. Indeksene er beregnet for samlet prøve, som gir litt høyere verdier enn enkeltprøver, da resultater for 1983 og 1990 ikke foreligger for enkeltprøver (paralleller). Klassifisering: grønn – god tilstand; gul- moderat tilstand; oransje – dårlig tilstand.

År	Areal	Arter	Ind	Tetthet ind/m <sup>2</sup>	NQI 1	H'	ISI
2013	0,2	58	2183	10915	0,64	3,62	7,85
2008	0,3	56	3524	11746	0,61	3,06	7,91
1990	0,4	17	303	758		2,38	
1983	0,4	40	1624	4060		1,89	

I **Tabell 44** er det gitt en sammenlignende oppsummering av tilstanden i Fiskåbukta basert på undersøkelser siden 1983. På begge stasjonene som ble undersøkt i 1983 (K16, K17) har det vært en forbedring fram til dagens tilstand. I 1983 var faunaen svært artsfattig og sterkt dominert av arter som er tolerante for forurensninger (Rygg 1985). I henhold til dagens klassifikasjonssystem tilsvarte dette ”dårlig” tilstand (IV). I 2008 (stasjon K16) var tilstanden betydelig forbedret og i 2010 og 2012 (stasjon K17) indikerte flere av indeksene at tilstanden var ytterligere forbedret. Stasjon KH03 ble etablert i 2001 og viste en svak forbedring fra 2001 til 2010 og 2012 (Næs mfl. 2013). Stasjon EC1 ble opprettet i 2010. Med bare to prøvetakinger er det for kort tid til å vurdere utvikling over tid, men tilstanden i 2012 ble karakterisert som litt dårligere enn i 2010 (Næs mfl. 2013). For å få større sikkerhet om utvikling, bør prøvetaking gjentas om ett par år.

**Tabell 44.** Sammenlignende data fra tidligere undersøkelser av bunnfauna i Fiskåbukta. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter systemet til vanddirektivet for de tre indeksene NQI1, H' og ISI: blå – meget god tilstand, grønn – god tilstand, gul – moderat tilstand, oransje - dårlig tilstand. For 1983 er beregningene foretatt på samlet prøve. Data fra Rygg (1985), Berge mfl. (2007), Næs mfl. (2011, 2013), Schøyen mfl. (2013).

Periode	År	Dyp	Areal	Arter	Ind/m <sup>2</sup>	NQI 1	H'	ISI
<b>2012-2013</b>								
K16 Storenes	2013	17	0,2	46	10915	0,63	3,58	7,37
KH03 Timlingene	2012	17	0,2	47	4190	0,70	3,98	7,64
EC1 Elkem Carbon	2012	20	0,4	41	3168	0,61	3,38	7,13
K17 Fiskåbukta	2012	31	0,4	69	4010	0,69	3,57	8,51
<b>2008-2010</b>								
K16 Storenes	2008	17	0,3	37	11746	0,59	2,96	7,56
KH03 Timlingene	2010	17	0,1	30	3430	0,73	3,47	8,03
EC1 Elkem Carbon	2010	21	0,4	71	7578	0,67	3,12	7,55
K17 Fiskåbukta	2010	31	0,2	68	6115	0,75	3,89	9,03
<b>1983</b>								
K16 Storenes	1983		0,4	40	4060		1,89	
K17 Fiskåbukta	1983	31	0,3	15	11010	0,42	0,97	4,82

### 3.4.3 Økologisk tilstand og risiko for effekter på bunnorganismer

Alle stasjonene med unntak for EC1 (ytterst i Elkembukta) ble vurdert til ‘god tilstand’ basert på indeksen NQI1 som anbefales brukt (Veileder 01:2009). I henhold til Vannforskriften skal imidlertid også fysisk-kjemiske støtteparametre vurderes når de biologiske kvalitetselementene er i god eller svært god tilstand. Alle miljøgifter som ikke inngår blant EUs prioriterte stoffer, vil her bli betraktet som støtteparametre. Når disse er i moderat eller dårligere tilstandsklasse, skal økologisk tilstand nedgraderes.

Kobber er et av stoffene som ikke er prioritert og som hadde høye konsentrasjoner i sedimentene på alle stasjoner i Fiskåbukta (**Tabell 20**). På bakgrunn av dette blir økologisk tilstandsklasse satt til 'moderat'. Samtidig var flere prioriterte stoffer som bly, nikkel, TBT og enkeltforbindelser av PAH i dårlig tilstandsklasse og tilfredsstilte derved ikke kravene til god kjemisk tilstand.

Miljørisikovurderingene av sedimentene viste at det var fare for effekter på sedimentlevende organismer. I bløtbunnsfaunaen var det dominans av arter som alle er vanlig forekommende i forurensede miljøer. Dette indikerer at arter som er sensitive for miljøgifter var redusert eller borte. I så måte samsvarer resultatene for bløtbunnsfauna med risikovurderingene. Det er imidlertid vanskelig å dokumentere hvilke arter det er som kan skades av forurensningene. Det finnes heller ikke mye kunnskap som kan knytte de enkelte artene til spesifikke miljøgifter for områder med komplekse miljøproblemer. Generelt responderer faunaen på den samlede belastningen. Risikovurderingene viste at flere stoffer, som TBT, kobber, nikkel, og i Elkembukta også enkelte PAH-forbindelser, overskred grenseverdiene for akseptabel miljørisiko. Dette gir indikasjon på at flere stoffer som ikke er knyttet til Elkems virksomhet har betydning for den økologiske tilstanden i området.

## 4. Diskusjon

Undersøkelsene i 2013 har vært todelt: en risikovurdering av sedimentene i Elkembukta og Fiskåbukta og en videreføring av den langsiktige overvåkingen av det nære sjøområdet til Elkem.

Risikovurderingene var i utgangpunktet en oppdatering av situasjonen i Elkembukta siden en tilsvarende vurdering gjennomført i 2005 ved bruk av en førsteversjon av miljømyndighetenes risikoverktøy. For sammenligningens skyld ble også sedimentene i Fiskåbukta inkludert i risikovurderingene i 2013. Den langsiktige overvåkingen av Elkems nære sjøområde har pågått siden 2010 og det er en intensjon om at den skal gå frem til 2016. I 2013 har denne overvåkingen vært konsentrert om metall- og PAH-konsentrasjonen i vannmassene belyst ved hjelp av blåskjell og passive prøvetakere.

Overvåkingen av den løste fraksjonen av utvalgte grunnstoffelementer i vann viste at det var relativt liten forskjell i nivåene mellom stasjonene i Fiskåbukta. Det samme gjelder hvis det sammenlignes mot observasjoner fra Flekkerøygapet (Schøyen mfl. 2010), bortsett fra kanskje kobolt, kobber, nikkel og bly som er høyere i Fiskåbukta. Indre Kristiansandsfjord mottar tilførsler fra flere kilder og vi har ikke noen informasjon som tilsier at noe forhøyede konsentrasjoner av enkelte tungmetaller skyldes utslipp fra Elkem.

Grunnstoffelementer ble også analysert i blåskjell. Blåskjellene belyser konsentrasjon både av den løste og partikulære fraksjonen i vannmassene. I tillegg er det nasjonale kvalitetskriterier som konsentrasjonene i blåskjell kan sammenlignes mot. Blåskjellresultatene gir stort sett samme bilde som de passive prøvetakerne og konsentrasjonene av tungmetaller var lave.

Elementene kalsium og silisium har vært antatt å kunne være en indikasjon på påvirkning fra Elkem Solar AS. Nivåene har variert betydelig i overvåkingsperioden, det har også konsentrasjonene i skjell fra referansestasjonen i Flekkerøygapet. Resultatene gir ikke grunnlag til å peke på systematiske forskjeller eller endringer.

En av hovedhensiktene med den langsiktige overvåkingen er å følge nivået av PAH i sjøområdet. Konsentrasjonene i blåskjellene viste en tydelig påvirkning. For PAH<sub>16</sub> tilsvarer konsentrasjonene moderat til markert forurensning, mens de for benzo(a)pyren tilsvarer markert til meget sterk forurensning. De høyeste konsentrasjonene observeres naturlig nok nær Elkembukta og med bratte gradienter ut fra den. Elkem Carbon AS har gjennom de siste årene redusert utslippet av PAH betydelig, og de er i dag trolig ca. 5%, kanskje mindre, av det som ble sluppet ut tidligere. Selv om man fremdeles observerer høye PAH-konsentrasjoner i skjell i det bedriftsnære område, må man huske på at det i 2003 f.eks. ble målt PAH-verdier i skjell fra Fiskåtangen som var 10 ganger høyere. Sedimentene i Elkembukta var sterkt forurenset og ikke vesentlig forskjellig fra undersøkelsene i 2005. Verdiene danner grunnlaget for risikovurderingene av sedimentene. Dette ble første gang gjennomført i 2005. Risikoverktøyet som ble anvendt da, var en første versjon (TA-2085/2005) utarbeidet for Miljødirektoratet (da Statens forurensningstilsyn). Verktøyet er senere blitt revidert i 2007 (TA-2230/2007) og i 2011 til dagens versjon (TA-2802/2011). Hovedstrukturen i verktøyet er beholdt inklusive en vurdering i tre trinn. Endringene fra 2005 til i dag er i hovedsak:

- Endret krav til hvilke toksisitetstester som inngår i Trinn 1. En algetest på organisk ekstrakt av sedimentet er tatt ut fordi den var vanskelig å tolke. Det har ingen praktisk virkning på toksisitetetsbildet.
- Mer realistisk beregning av mengde sediment virvlet opp av skipspropeller. Mengden pr skipsanløp er nå normalisert mot reell skipstrasélengde. For Elkembukta innebærer dette en dobling av mengden pr anløp i forhold til det som ble brukt i 2005. Spredningen som skyldes propellerrosjon er tilsvarende doblet.

- Beregning av miljøgiftfluks fra et sedimentområde som mengde/år, ikke bare mengde/m<sup>2</sup> og år. Gjøres separat for hele sedimentområdet og delområdet påvirket av propeller. Dette betyr bare en tilleggsberegning i forhold til det som ble gjort i 2005, og gir direkte inngangsdata til revisjon av **Figur 13** nedenfor.
- Overskridelse av grenseverdier i Trinn 1 og 2 angis som faktor, ikke prosent av grenseverdien. Dette har ingen konsekvens for resultatene mht overskridelser.
- Rettelse av en rekke mindre feil i det ledsagende regnearket. De viktigste fører til:
  - Beregnet nivå av miljøgifter i sjømat fra nivå i sediment er økt med en faktor 5. Fører til en tilsvarende økning i risikoen for human helse der denne bare er basert på sedimentkonsentrasjoner. Gjelder ikke for denne undersøkelsen siden målte nivåer i porevann og/eller sedimentfauna er lagt inn i regnearket.
  - Feil i beregning av sjøvannskonsentrasjon ut fra sedimentkonsentrasjon er rettet. Fører til at beregnede nivåer i sjøvann blir betydelig lavere med tilsvarende mindre overskridelser av grenseverdiene.
  - Retting av formelfeil medfører en endring i den relative betydningen av eksponeringsveier til mennesker. Har ikke betydning for overskridelse av grenseverdier for human helse.

Disse endringene gjør at man må være varsom med detaljerte sammenligninger med risikoberegningene som ble gjort i 2005. Dette gjelder både fluksberegningene og eventuell overskridelse av grenseverdiene for risiko for skade på økologi og human helse. Hovedhensikten med å gjennomføre risikovurderingen er å bedømme om sedimentene slik de foreligger, utgjør en uakseptabel risiko for spredning av miljøgifter, skade på human helse og skade på organismer i sediment og vannmasser. Hovedgrunnlaget for vurderingene er målte miljøgiftkonsentrasjoner, organisk innhold og kornfordeling i sedimentet. Denne informasjonen legges inn i et regneark sammen med en rekke stoffspesifikke konstanter, koeffisienter og andre verdier som brukes i beregningene, noen allmenngyldige, andre stedsspesifikke. Risikoberegningene kan også gjøres mer pålitelig for det aktuelle området ved blant annet å anvende stedsspesifikke konstanter for de ulike miljøgiftene. I dette tilfellet er det gjort. Selv om PAH er hovedproblemet for Elkem Carbon AS, gjøres det også risikoberegninger for andre miljøgifter, i dette tilfellet metaller, PCB og TBT. For sedimentene Kristiansandsfjorden ville også dioksin vært relevant. Dioksiner kan eventuelt dekkes i Trinn 1 ved en egen toksisitetstest, men ligger ikke inne i regneverktøyet for Trinn 2 og 3 i dag av mangel på pålitelige stoffdata.

Beregningene fra Elkembukta viser at spredning til vannmassene er kvantitativt størst for PAH med 3,3 kg/år. Det finnes imidlertid ingen allment aksepterte akseptgrenser for spredning alene. Det er konsekvenser av spredningen som er av primær betydning (jfr. senere diskusjon om forurensningsbudsjett for PAH). Risikoverktøyet belyser også viktigste spredningsmekanisme. For PAH er det i hovedsak knyttet til oppvirvling av forurensede sedimentpartikler på grunn av skipsbevegelser.

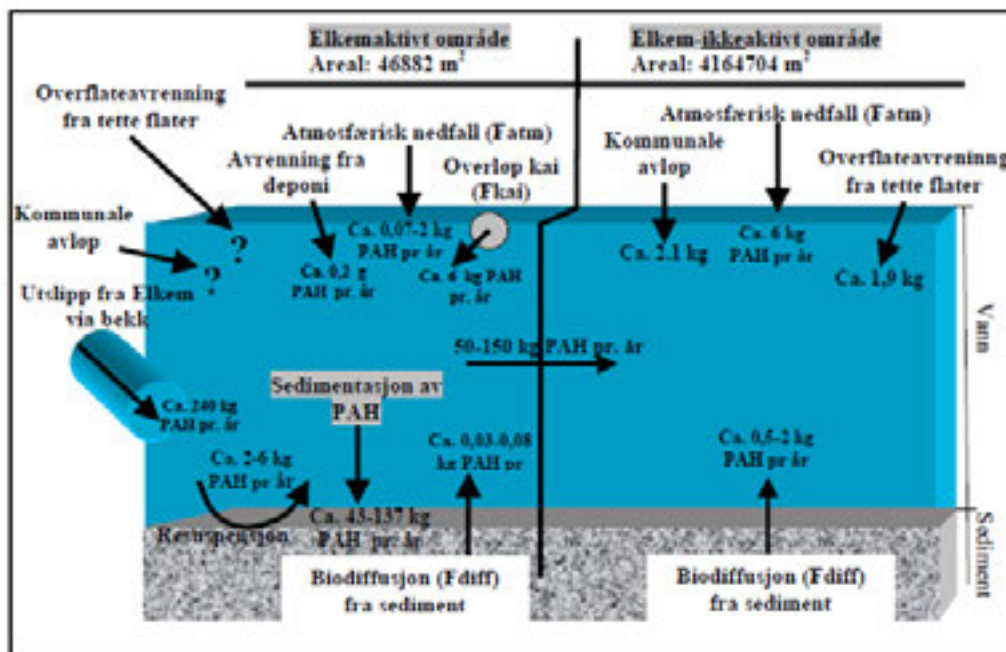
Risiko for human helse vurderes ut fra aktuelle transportveier til mennesker og etter hvordan et sedimentområde anvendes. Den viktigste eksponeringsveien, spesielt for organiske miljøgifter, er vanligvis via konsum av fisk og skalldyr. Transporten til menneske uttrykkes som samlet livslangt inntak av et stoff i mg pr kg kroppsvekt og dag og sammenliknes med tilsvarende grense for tolerabelt inntak satt av Mattilsynet. Risikoberegningene viser at sedimentene i Elkembukta representerer en fare for human helse særlig knyttet til konsentrasjonen av benzo(a)pyren. Denne risikoen forutsetter et livslangt konsum av sjømat fra Elkembukta. Dette er neppe relevant. PAH akkumuleres heller ikke i filet av fisk slik at eventuell risiko i hovedsak vil være knyttet til skjell. PCB og TBT overskrider også grenseverdiene for skade på human helse.

Beregningene viser at forurensningen i Elkembukta utgjør en risiko for skade på sedimentlevende organismer. Risikoen utgjøres til en viss grad av PAH, men i betydelig større grad TBT. Toksisitetstester av sedimentet viser også effekter, men det er viktig å påpeke at disse representerer en samlet påvirkning fra alle forbindelsene som måtte være i sedimentet, og kan ikke nødvendigvis knyttes til PAH direkte. Utlekkingen fra sedimentet i Elkembukta representerer en risiko for organismer som lever i vannmassene, svak for PAH, noe mer fra TBT.

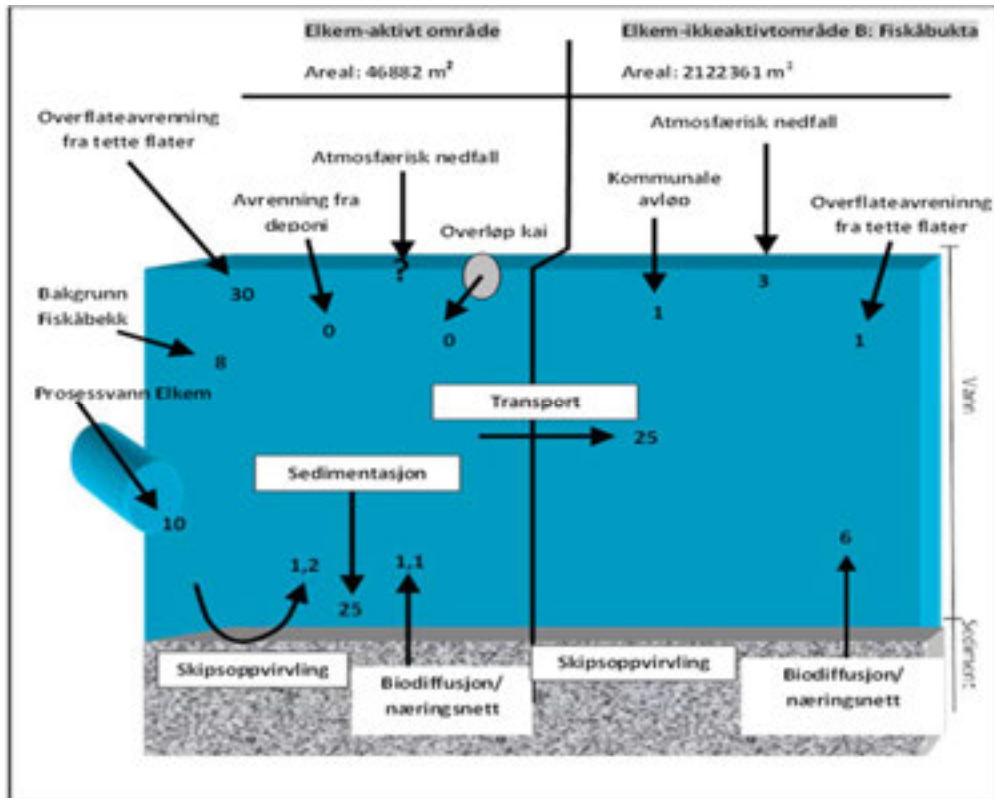
Beregningene for Fiskåbukta viser at totalspredningen av metaller, PAH, PCB og TBT er større enn fra Elkembukta. Dette skyldes et større areal, mens spredning pr. arealenhet fjordbunn er mindre enn i Elkembukta. Sedimentene i Fiskåbukta viser også en beregnet risiko for skade på human helse på grunn av konsentrasjoner av metaller, PAH, PCB og TBT. Sedimentene i Fiskåbukta representerer en økologisk risiko for sedimentlevende dyr på grunn av metaller og TBT og på organismer i vannmassene på grunn av TBT.

På grunnlag av beregninger i 2005 ble det satt opp en figur over transporter i Elkembukta og Fiskåbukta/Vesterhavn, **Figur 13**. Denne oversikten er oppdatert med informasjon om dagens situasjon,

**Figur 14**. I oppsummeringen for 2013 er det Elkem-ikkeaktive området justert til kun Fiskåbukta siden det er fra dette området risikovurderingen har gitt oppdatert informasjon.



**Figur 13.** Oppsummering av transporter av PAH<sub>16</sub> i kg/år i Elkembukta og Fiskåbukta basert på 2005-data (Ruus og medarb. 2005).



**Figur 14.** Oppsummering av transporter i Elkembukta og Fiskåbukta i kg PAH<sub>16</sub> pr. år basert på 2013-data (tilførsler fra Elkem på grunnlag av informasjon fra Elkem Carbon AS ved Bente Sundby-Haaland). Merk at areal for Elkem-ikkeaktivt område er forskjellig fra 2005-oppsommeringen (jfr. tekst).

En vesentlig forandring er at utslippet av PAH i prosessvann er sterkt redusert fra ca. 240 til ca. 10 kg/år. Videre har Elkem Carbon AS gjennomført målinger slik at det nå er tall for avrenning fra tette flater. Avrenning fra deponi skal ikke lenger forekomme. Bakgrunnstilførsler (tilførsler utenom Elkem) med Fiskåbekken til Elkembukta er også kvantifisert. Utlekking fra sedimentene i Fiskåbukta knyttet både til skipsoppvirvling og også diffusjon/næringskjedetransport er kvantifisert ut fra risikoveilederen. Data for atmosfærisk nedfall og overflateavrenning/kommunale tilførsler til området utenfor Elkembukta er ikke oppdatert i forhold til 2005-rapporten, men tallene er kun direkte arealjustert til å gjelde Fiskåbukta.

Beregningen av utlekking fra sedimentene i Elkembukta i 2013 er i samme størrelsesorden som i 2005. Det rimer også med at det ikke er noen vesentlig endring i sedimentkonsentrasjonene mellom de to årene. En reduksjon i sedimentkonsentrasjonene i Elkembukta kan forventes ut fra endringer i tilførsler, men dette vil ta lang tid. Oversikten viser også at reduksjonen i primærutslippene av PAH fra Elkem Carbon AS nå medfører at andre kilder for PAH-påvirkning av vannmassene utenfor Elkembukta begynner å spille en rolle. I 2005-vurderingene ble oppvirvling av sedimenter fra skipsbevegelser ikke bare beregnet ut fra det foreløpige regneverktøyet, men også ut fra faktiske målinger i resipienten. Oppvirvlingen ble anslått til 3-5 kg PAH pr. år. Dette er meget god overensstemmelse med beregningene fra dagens risikoveileder som gir en skipsoppvirvling på ca. 3 kg PAH pr. år.

Risikoberegningene i 2005 og 2013 for Elkembukta viste at sedimentene i Elkembukta representerte en økologisk risiko. Elkembukta utgjør et lite, helt industrinært område. I vurderingene av økologisk risiko har man også vurdert hele Fiskåbukta, særlig med tanke på hvordan økologien i dette området har utviklet seg over tid ut fra betydelige reduksjoner i særlig industrielle utslipp. For å bedømme dette

er det sett på tidsutviklingen i bløtbunnsamfunnene i Fiskåbukta. Bløtbunnsfaunaen representerer en viktig økologisk indikator, selv om den ikke representerer hele økosystemet i området.

Det har vært en betydelig forbedring av bløtbunnsfaunaen i Fiskåbukta fra tidlig 80-tallet og frem til i dag. Det kan kanskje synes uventet i det sedimentkonsentrasjonene ikke er vesentlig endret ennå selv om direkte tilførsler er sterkt redusert. En nylig utført utredning har vist at mange industriforurensede fjorder med høye konsentrasjoner av miljøgifter i bunnsedimentene ofte har bløtbunnsfauna som klassifiseres til å være i god eller svært god økologisk tilstand (Oug mfl. 2013). Dette fører til at kjemisk og økologisk klassifisering i henhold til vanndirektivet generelt viser store sprik for disse fjordene. Dels skyldes nok dette at den kjemiske klassifiseringen er svært konservativ og skal sikre at ingen effekter på organismer i hele økosystemet skal finne sted, men samtidig er det grunn til å tro at den økologiske klassifiseringen først gir utslag når effektene blir forholdsvis store. Endringer i bløtbunnsfaunaen i form av forskyvning mot arter som er tolerante for miljøgifter synes det som indeksene for klassifisering av bløtbunnsfauna ikke fanger opp i tilstrekkelig grad (Oug mfl. 2013). I hovedsak er nok dette en konsekvens av lite kunnskap om effekter av de enkelte miljøgiftene på stedege organismer i fjordene.

Det er rimelig å tro at bunnfaunaen i Fiskåbukta er påvirket også av andre faktorer enn miljøgiftene fra industrien. Fiskåbukta ligger sentralt i et urbanisert område med varierte aktiviteter og flere kilder til forurensning. Spesielt den indre lokaliteten (K16) er ganske nær til en stor småbåthavn i Auglandsbukta. Det kommer ut avrenningsvann i flere småvassdrag som drenerer større boligfelt i områdene omkring. Trolig er dagens økologiske tilstand omtrent så god som det kan forventes innenfor et generelt urbanisert område.



## 6. Referanser

- Andersen, F, 2011. Oppdatering av kostholdsråd for Kristiansandsfjorden 2011. 1040005- Fisk og sjømat. <http://www2.fylkesmannen.no/enkel.aspx?m=56679&amid=2721908>.
- Andersen, F, 2012. Tilbakemelding på spørsmål til kostholdsråd- Kristiansandsfjorden. Brev av 13. juli 2011. 1040005- Fisk og sjømat. <http://www2.fylkesmannen.no/enkel.aspx?m=56679&amid=2721908>.
- Bakke, T., Breeveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Bakgrunnsdokument til veiledere for risikovurdering av forurenset sediment og for klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Background documents for Guidelines for risk assessment of contaminated sediments and Guidelines on classification of environmental quality in sea water and sea bottom sediments with respect to metals and organic contaminants. Miljødirektoratet (tidl. Klif) TA-2231/2007.
- Bakke, T., Breeveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Miljødirektoratet (tidl. Klif) TA-2229/2007.
- Bakke, T., Breeveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, Laugesen, J. 2012. Veileder, Risikovurdering av forurenset sediment. Miljødirektoratet (tidl. Klif) TA-2802/2011.
- Berge, J.A., Bjerkgeng, B., Næs, K., Oug, E., Ruus, A. 2007. Undersøkelse av miljøtilstanden i Kristiansandsfjorden 2006. Miljøgifter i sediment og organismer og sammensetning av bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 5506-2007.
- Directive 2008/105/EC of European Parliament and of the Council on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC”, OJ L348, p.84-97, 24.12.2008.
- EC 2013. Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy. Official Journal of the European Union L 226. 17 pp.
- Green, N.W., Schøyen, M., Øxnevad, S., Ruus, A., Høgåsen, T., Beylich, B., Håvardstun, J., Rogne, Å.G., Tveiten, L. 2010. Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). Hazardous substances in fjords and coastal waters – 2009. Levels, trends and effects. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO-rapportnr. 1079/2010, TA nr. 2716/2010. NIVA rapport 6048-2010.
- Huckins, J.N., Petty, J.D., Booij, K. 2006. Monitors of organic chemicals in the environment: Semipermeable membrane devices, New York: Springer, 2006
- IARC (1987) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supplement 7, Overall Evaluations of Carcenogenicity: An updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42, Lyon, IARC.

- Knutzen, J., Næs, K., Berglind, L., Biseth, Aa., Brevik, E.M., Følsvik, N., Schlabach, M. 1998. Overvåking av miljøgifter i sedimenter og organismer fra Kristiansandsfjorden 1996. Statlig prog. forurensningsovervåk., TA-1539/1998, NIVA-rapport 3833-1998.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.
- Molvær, J., Farmen, F., Lillicrap, A. 2011. Resipientvurdering knyttet til utslipp av suspendert stoff fra Elkem Solar i Kristiansand. O-10504. Teknisk notat N-14/11. 23s.
- Næs, K., Rygg, B. 2001. Tiltaksplan for opprydding i forurensede sedimenter i Kristiansandsfjorden. Kartlegging av konsentrasjoner i sedimentet i 2001 samt kartfremstilling av resultater fra tidligere undersøkelser. NIVA-rapport 4371-2001.
- Næs, K., Håvardstun, J., Oug, E., Allan, I. 2011. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2010. Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av dyrelivet på bløtbunn. NIVA-rapport 6145-2011.
- Næs, K., Allan, I., Håvardstun, J. 2012. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2011. Metaller og PAH i vann og blåskjell. NIVA-rapport 6373-2012.
- Næs, K., Håvardstun, J., Oug, E., Allan, I. 2013. Overvåking av det nære sjøområdet til Elkem i Kristiansand i 2012. Undersøkelse av konsentrasjoner av metaller og PAH i vann, blåskjell og sedimenter samt sammensetningen av dyrelivet på bløtbunn. NIVA-rapport 6548-2013.
- Oug, E., Ruus, A., Håvardstun, J. 2004. Miljøtilstanden i Hanneviksbukta og Vesterhavn, Kristiansandsfjorden, før tildekking av forurensede bunnsedimenter. Bunnfauna og miljøgifter i organismer. NIVA-rapport 4915-2004.
- Oug, E., Moy, F. 1991. Overvåking av Kristiansandsfjorden 1990. Hardbunnsorganismer og bløtbunnsfauna ved Bredalsholmen og i Fiskåbukta. NIVA-rapport 2651-1991.
- Oug, E., Ruus, A., Håvardstun, J. 2004. Miljøtilstanden i Hanneviksbukta og Vesterhavn, Kristiansandsfjorden, før tildekking av forurensede bunnsedimenter. Bunnfauna og miljøgifter i organismer. NIVA-rapport 4915-2004.
- Oug, E., Kroglund, T. 2008. Resipientovervåking i Kristiansandsfjorden. Korsvikfjorden 2008 – strandsone og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 5711-2008.
- Oug, E., Ruus, A., Norling, K., Bakke, T. 2013. Klassifisering av miljøtilstand i industrifjorder – hvor godt samsvarer miljøgifter og bløtbunnsfauna? Miljødirektoratet rapport M-75/2013; NIVA rapport 6594-2013. 48 s.
- Ruus, A., Molvær, J., Uriansrud, F., Næs, K. 2005. Risikovurderinger av PAH-kilder i nærområdet til Elkem i Kristiansand. NIVA-rapport 5042-2005.
- Rygg B. 1985. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport I. Bløtbunnsfaunaundersøkelser 1983. Statlig program forurensningsovervåking 176/85, NIVA-rapport 1711. SFT/NIVA.
- Schaanning, M.T., Næs, K., 2006a. Miljørisikovurdering av utslipp til Kristiansandsfjorden fra Elkem Solar AS' renseanlegg – Revisjon 1. NIVA-rapport nr. 5234-2006.

Schaanning, M.T., Næs, K., 2006b. Forslag til overvåkingsprogram for utslipp fra Elkem Solar til Fiskåbukta i Kristiansandsfjorden. NIVA-notat 15.09.2006. 4s.

Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Allan, I., Næs, K. 2010. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2010. Undersøkelse av blåskjell, taskekrabber og passive prøvetakere i vann. NIVA-rapport 6089-2010.

Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Allan, I. 2012. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2011. Undersøkelse av blåskjell, torsk og vann. NIVA-rapport 6364-2012.

Schøyen, M., Håvardstun, J., Øxnevad, S., Allan, I. Upublisert. Overvåking av miljøgifter i Kristiansandsfjorden i 2013. Miljøgiftundersøkelse av blåskjell. NIVA-rapport xxxx-2014.

Skei, J., Olsgard, F., Ruus, A., Oug, E., Rygg, B. 2002. Risikovurderinger knyttet til forurensede sedimenter med fokus på Kristiansandsfjorden. SFT rapport TA 1864/2002. Internett: [www.klif.no/publikasjoner/1864/ta1864.pdf](http://www.klif.no/publikasjoner/1864/ta1864.pdf)

Vatland, A. 2008. Kartlegging og reduksjon av PAH-utslipp til sjø – statusrapport. Sørlandskonsult rapport 2680-049.

Veileder 01:2009. TA Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet. Internett: [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)

Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet. Internett: [www.vannportalen.no](http://www.vannportalen.no)

[www.miljostatus.no/kristiansand](http://www.miljostatus.no/kristiansand). Oversikt over havner, fjorder og innsjøer med forurensning.

## 7. Vedlegg

### 7.1 Analyseutskrifter for sedimenter:

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

## ANALYSE RAPPORT

Side nr. 1/4



Navn Elhem sjø  
Adresse

Deres referanse:  
JAH

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2013-1565 v01  
O.nr. O13221-3

Dato  
21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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	S1 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
2	S2 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
3	S3 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
4	S4 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
5	S5 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
6	S6 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
7	S7 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29

Analysevariabel	Enhet	Prøve- metode	1	2	3	4	5	6	7
Kornfordeling <63µm % t.v.		Intern*	36	48	9	48	43	46	10
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	81,2	87,3	32,1	164	113	134	165

\* : Metoden er ikke akkreditert.

#### Kommentarer

- 1 Prøvene skal i retur til saksbehandler.  
Det har tatt for lang tid fra prøvetaking til ankomst i løb.  
Alle prøvene som er frysetørret er tomme  
Prøvene er returnert til saksbehandler

Denne analyse rapporten 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. 2013-1565 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	SØ 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
9	SØ 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
10	St10 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
11	St11 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
12	St12 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.23-2013.08.29
13	St13 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
14	St14 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12	13	14
Kornfordeling <63µm t t.v.		Intern*	49	50	35	55	56	72	61
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	221	168	137	95,5	202	66,7	126

\* : Metoden er ikke akkreditert.

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-1565 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve- merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	St K2013 1 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
16	St K2013 2 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
17	St K2013 3 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
18	St K16 I 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
19	St K16 II 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
20	St K16 III 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.29-2013.08.30
21	St K16 0-5cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.08.30-2013.08.30

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16	17	18	19	20	21
Kornfordeling <63µm % t.v.		Intern*	65	78	59	77	75	76	77
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	120	51,0	31,3	48,0	49,2	49,6	

\* : Metoden er ikke akkreditert.

Denne analyse rapporten 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. 2013-1565 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
22	St K16 0-1 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.31-2013.08.29

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	22
Torrstoff	%	B 3	26,6
Nitrogen, total	µg N/mg TS	G 6	3,9
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	49,8

**Norsk institutt for vannforskning**Arne Wesmann  
Laboratorieingeniør

---

Denne analyse rapporten 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 Elkem sjø  
Adresse

Deres referanse:  
JAH

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2013-1566 v01  
O.nr. O13221-3

Dato  
21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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	St 1 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
2	St 2 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
3	St 3 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
4	St 4 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
5	St 5 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
6	St 6 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
7	St 7 0-2 cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
<b>Analysevariabel</b>							
<b>Enhet</b>							
<b>Metode</b>							
Tørrstoff %	33	30	63	35	37	33	66
Arsen mg/kg TS Ekstern EF	8,9	8,4	2,0	14	8,0	11	10
Kadmium mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	0,32	0,37	0,098	0,30	0,27	0,35	0,12
Krom mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	21	26	8,4	25	23	28	21
Kobber mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	59	79	14	220	67	110	51
Kvikksølv mg/kg TS NS-EN ISO 12846	0,063	0,235	0,029	0,249	0,072	0,366	0,042
Nikkel mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	48	51	17	120	45	69	50
Bly mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	79	75	35	130	60	88	24
Sink mg/kg TS NS EN ISO 17294-2	170	170	68	180	140	190	230

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



PCB-28		<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-52		<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0062	0,0035	0,0036	0,0028
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-101		0,00086	0,00091	<0,0005	0,0071	0,0037	0,0019	0,0023
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-118		0,00097	0,00059	<0,0005	0,0055	0,0023	0,0024	0,0025
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-153		0,0018	0,0018	<0,0005	0,012	0,010	0,0062	0,0039
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-138		0,00071	0,0011	<0,0005	0,011	0,011	0,0053	0,0048
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
PCB-180		0,00080	0,00082	<0,0005	0,0075	0,0068	0,0033	0,0026
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Sum PCB		<0,00614	<0,00622	<0,0035	<0,0498	<0,0378	<0,0232	<0,0194
mg/kg TS								
Beregnet								
Seven Dutch		<0,00614	<0,00622	<0,0035	<0,0498	<0,0378	<0,0232	<0,0194
mg/kg TS								
Beregnet								
Naftalen		0,58	0,28	0,19	5,6	0,78	0,75	6,2
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Acenaftylen		0,025	0,019	0,011	0,036	0,023	0,023	0,014
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Acenaften		4,8	1,4	2,6	12	3,2	2,7	8,7
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Flouren		3,2	1,2	2,1	7,9	2,6	2,0	7,9
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Fenantren		16	7,3	10,0	50	19	15	52
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Antracen		4,2	2,2	1,8	12	3,9	3,6	11
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Flouranten		46	29	17	83	45	50	57
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Pyren		35	23	14	71	35	41	44
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Benzo(a)antracen		24	16	8,4	38	22	28	25
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Chrysen+trifenylen		24	15	8,3	39	22	29	25
e mg/kg TS								
ISO/DIS 16703-Mod								
Benzo(b)fluoranten		16	13	5,2	27	16	23	16
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								
Benzo(k)fluoranten		12	10,0	4,2	21	12	16	14
mg/kg TS	ISO/DIS							
16703-Mod								

### Kommentarer

- 1 Prøvene skal i retur til saksbehandler.  
 Det er to glass fra hver stasjon som er merket I av II og II.  
 Disse skal blandes til en prøve.  
 Resultater fra EF sendt NES/JAH 160713 KBA  
 BBJF rapportert som BBF  
 m: ikke rapportert, kun TBT

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

Oppdraget utført av Eurofins

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St 1 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
2	St 2 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
3	St 3 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
4	St 4 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
5	St 5 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
6	St 6 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
7	St 7 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
<b>Analysevariabel</b>							
<b>Enhet</b>							
<b>Metode</b>							
Benzo(a)pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	13	11	4,7	26	14	19	15
Indeno(1,2,3-cd)pyrene mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	6,6	5,9	2,5	12	6,6	9,8	8,0
Dibenzo(a,h)antracen mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	1,2	0,97	0,43	2,1	1,4	1,6	1,5
Benzo(ghi)pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	5,5	5,0	1,9	9,4	5,4	7,6	6,1
Sum PAH16 mg/kg TS Beregnet	212,105	141,269	83,331	416,036	208,903	249,073	297,414
Monobutyltinn µg HBT/kg Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Dibutyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Tributyltinn µg/kg TS Intern metode	17	22	3,7	120	46	100	320
Monophenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Diphenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Triphenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m

m : Analyseresultat mangler.

Denne analyse rapporten 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. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	St 8 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
9	St 9 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
10	St 10 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
11	St 11 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
12	St 12 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
13	St 13 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
14	St 14 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr	8	9	10	11	12	13	14
<b>Prøvenr</b>							
<b>Analysevariabel</b>							
<b>Enhet</b>							
<b>Metode</b>							
Torrstoff	29	32	65	52	33	37	32
%							
Arsen	15	11	7,7	7,9	17	22	31
mg/kg TS							
Ekstern							
EF							
Kadmium	0,22	0,15	0,098	0,073	0,15	0,048	0,17
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
Krom	24	16	13	16	29	26	34
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
Kobber	120	79	55	65	160	140	210
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
Kvikkselv	0,158	0,164	0,102	0,114	0,290	0,424	0,427
mg/kg TS							
NS-EN ISO							
12846							
Nikkel	72	52	39	50	130	210	180
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
Bly	71	41	75	49	110	95	150
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
Sink	170	120	120	83	130	78	130
mg/kg TS							
NS EN ISO							
17294-2							
PCB-28	<0,001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005
mg/kg TS							
ISO/DIS							
16703-Mod							
PCB-52	0,0039	0,0032	0,0028	0,0022	0,0035	0,0027	0,0038
mg/kg TS							
ISO/DIS							
16703-Mod							
PCB-101	0,0046	0,0030	0,0081	0,0033	0,0068	0,0053	0,0092
mg/kg TS							
ISO/DIS							

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

16703-Mod PCB-118 mg/kg TS ISO/DIS	0,0042	0,0032	0,0078	0,0037	0,0046	0,0037	0,0073
16703-Mod PCB-153 mg/kg TS ISO/DIS	0,010	0,0075	0,014	0,0093	0,017	0,028	0,055
16703-Mod PCB-138 mg/kg TS ISO/DIS	0,0084	0,0087	0,016	0,0084	0,016	0,024	0,041
16703-Mod PCB-180 mg/kg TS ISO/DIS	0,0050	0,0045	0,0057	0,0050	0,011	0,021	0,042
16703-Mod Sum PCB mg/kg TS Beregnet	<0,0371	<0,0306	<0,0549	<0,0324	<0,0594	<0,0852	<0,1588
Seven D.æ.ch mg/kg TS Beregnet	<0,0371	<0,0306	<0,0549	<0,0324	<0,0594	<0,0852	<0,1588
Naftalen mg/kg TS ISO/DIS	3,0	1,1	1,2	1,8	2,1	1,6	0,97
16703-Mod Acenaftylen mg/kg TS ISO/DIS	0,029	0,023	0,025	0,019	0,029	0,028	0,24
16703-Mod Acenaften mg/kg TS ISO/DIS	4,9	2,6	1,3	2,1	3,6	2,2	2,8
16703-Mod Flouren mg/kg TS ISO/DIS	3,7	2,1	1,1	1,8	3,0	1,7	2,7
16703-Mod Fenantren mg/kg TS ISO/DIS	28	16	8,5	12	21	10	11
16703-Mod Antracæn mg/kg TS ISO/DIS	6,4	4,1	2,2	3,1	5,4	2,7	2,7
16703-Mod Flouranten mg/kg TS ISO/DIS	64	42	23	23	45	16	19
16703-Mod Pyren mg/kg TS ISO/DIS	53	36	20	20	39	13	16
16703-Mod Benzo(a)antracæn mg/kg TS ISO/DIS	32	24	13	13	26	20	10
16703-Mod Chrysen+trifenylen mg/kg TS ISO/DIS	33	24	14	12	25	19	10
16703-Mod Benzo(b)fluoranten mg/kg TS ISO/DIS	21	18	10	9,1	19	8,5	7,8
16703-Mod Benzo(k)fluoranten mg/kg TS ISO/DIS	17	14	8,5	7,3	16	6,4	6,6

Denne analyse rapporten 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. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	St 8 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
9	St 9 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
10	St 10 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
11	St 11 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
12	St 12 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
13	St 13 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
14	St 14 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr Analysevariabel Enhet Metode	8	9	10	11	12	13	14
Benzo(a)pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	18	15	8,8	7,9	17	6,6	6,7
Indeno(1,2,3-cd)pyrene mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	9,0	7,3	4,7	4,4	7,7	2,5	3,6
Dibenzo(a,h)antracene mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	1,6	1,3	0,86	0,77	1,4	0,63	0,57
Benzo(ghi)pyren mg/kg TS ISO/DIS 16703-Mod	7,0	5,7	3,5	3,3	6,2	2,0	2,8
Sum PAH16 mg/kg TS Beregnet	301,629	213,223	120,695	121,589	237,429	112,858	103,48
Monobutyltinn µg MBT/kg Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Dibutyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Tributyltinn µg/kg TS Intern metode	110	85	87	58	170	160	180
Monophenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Diphenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m
Triphenyltinn µg/kg t.v. Ekstern EF	m	m	m	m	m	m	m

m : Analyseresultat mangler.

Denne analyse rapporten 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. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	K2013 1 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
16	K2013 2 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
17	K2013 3 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
18	St.K16 I 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
19	St.K16 II 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
20	St.K16 III 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr Analysevariabel Metode	Enhet	15	16	17	18	19	20
Tørrstoff NS 4764	%	20	24	33	27	24	26
Arsen TS Ekstern EF	mg/kg	23	18	22	21	34	24
Kadmium TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	0,18	0,095	0,032	0,093	0,074	0,094
Krom TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	47	34	31	39	46	41
Kobber TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	320	150	150	200	220	200
Kvikksølv TS NS-EN ISO 12846	mg/kg	0,561	0,166	0,226	0,271	0,244	0,347
Nikkel TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	370	120	240	240	220	200
Bly TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	160	90	93	110	120	110
Sink TS NS EN ISO 17294-2	mg/kg	120	110	75	120	140	130
PCB-28 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	<0,001	<0,001	<0,0005	<0,001	<0,001	<0,001
PCB-52 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,0033	<0,001	0,00092	0,0018	<0,001	0,0012
PCB-101 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,0055	0,0015	0,0016	0,0017	0,0011	0,0017
PCB-118 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,0048	0,0018	0,0020	0,0022	0,0016	0,0020
PCB-153 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,018	0,0043	0,0052	0,0065	0,0050	0,0060
PCB-138 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,017	0,0041	0,0055	0,0058	0,0048	0,0057
PCB-180 TS ISO/DIS 16703-Mod	mg/kg	0,0061	0,0021	0,0016	0,0026	0,0017	0,0030
Sum PCB TS Beregnet	mg/kg	<0,0557	<0,0158	<0,01732	<0,0216	<0,0162	<0,0206
Seven Dutch	mg/kg	<0,0557	<0,0158	<0,01732	<0,0216	<0,0162	<0,0206

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

TS Beregnet							
Naftalen	mg/kg	0,19	0,042	0,084	0,070	0,056	0,059
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Acenaftylen	mg/kg	0,024	<0,02	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Acenaften	mg/kg	0,30	0,086	0,14	0,12	0,11	0,11
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Flouren	mg/kg	0,30	0,071	0,11	0,100	0,082	0,090
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Fenantren	mg/kg	2,4	0,54	0,83	0,79	0,67	0,71
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Antracen	mg/kg	0,71	0,14	0,22	0,21	0,17	0,19
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Flouranten	mg/kg	5,2	1,3	1,6	1,7	1,5	1,6
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Pyren	mg/kg	4,3	1,2	1,4	1,5	1,3	1,4
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Benzo(a)antracen	mg/kg	7,1	2,3	2,7	2,8	2,4	2,7
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Chrysen+trifenylen	mg/kg	6,5	2,1	2,5	2,6	2,3	2,6
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Benzo(b)fluoranten	mg/kg	3,8	1,3	1,3	1,5	1,4	1,5
TS ISO/DIS 16703-Mod							
Benzo(k)fluoranten	mg/kg	2,5	0,83	1,0	1,1	0,92	1,1
TS ISO/DIS 16703-Mod							

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



ANALYSE  
RAPPORT

Rekv.nr. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	K2013 1 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
16	K2013 2 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
17	K2013 3 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
18	St.K16 I 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
19	St.K16 II 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16
20	St.K16 III 0-2cm	2013.06.10	2013.06.25	2013.07.02-2013.07.16

Prøvenr	15	16	17	18	19	20
<b>Analysevariabel</b>						
<b>Metode</b>						
Benzo(a)pyren	2,5	0,83	0,96	1,1	0,92	1,0
ISO/DIS 16703-Mod						
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,5	0,44	0,53	0,63	0,53	0,60
ISO/DIS 16703-Mod						
Dibenzo(a,h)antracen	0,26	0,094	0,12	0,13	0,12	0,12
ISO/DIS 16703-Mod						
Benzo(ghi)pyren	1,0	0,38	0,41	0,48	0,41	0,45
ISO/DIS 16703-Mod						
Sum PAH16	38,584	<11,673	<13,914	<14,85	<12,908	<14,249
Beregnet						
Monobutyltinn	µg MBT/kg	m	m	m	m	m
Ekstern EF						
Dibutyltinn	µg/kg t.v.	m	m	m	m	m
Ekstern EF						
Tributyltinn	µg/kg TS	280	370	130	380	610
Intern metode						
Monophenyltinn	µg/kg t.v.	m	m	m	m	m
Ekstern EF						
Diphenyltinn	µg/kg t.v.	m	m	m	m	m
Ekstern EF						
Triphenyltinn	µg/kg t.v.	m	m	m	m	m
Ekstern EF						

m : Analyseresultat mangler.

Norsk institutt for vannforskning

Arne Westmann  
Laboratorieingeniør

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-1566 v01

(fortsettelse av tabellen):

## VEDLEGG

SUM PCB er summen av polyklorerte bifenyler som inngår i denne rapporten.

Seven ditch er summen av polyklorerte bifenyler 28,52,101,118,138,153 og 180.

SUM PAH16 omfatter flg forbindelser: naftalen, acenaftalen, 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+h)antracen, benzo(ghi)perylen.

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

---

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

## 7.2 Analyseutskrifter for PAH-innhold i SPMD (passive prøvetakere):

Side nr. 1/3

**Norsk Institutt for Vannforskning**

Oslostrømsveien 21  
0349 Oslo  
Tel: 22 18 51 00  
Fak: 22 18 52 00

**ANALYSE  
RAPPORT**



**Navn** Eldem øje overvåk  
**Adresse**

<b>Deres referanse:</b> IAL	<b>Vår referanse:</b> Rekv.nr. 2013-1404 v01 O.nr. O 13221 02	<b>Dato</b> 21.02.2014
--------------------------------	---	---------------------------

Prøvene ble levert ved NIV As 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	Timbragen	2013.05.31	2013.06.07	2013.08.29-2013.09.03
2	Lumber	2013.05.31	2013.06.07	2013.08.29-2013.09.03
3	Fiskek	2013.05.31	2013.06.07	2013.08.29-2013.09.03
4	Blank	2013.05.31	2013.06.07	2013.08.29-2013.09.03

Analysevariabel	Enhet	Prøvene Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
Baftalen	ng/STED	H 2-2*	35	24	230	120
Acenaftalen	ng/STED	H 2-2*	<5	12	<5	<5
Acenaften	ng/STED	H 2-2*	25	170	20	5,3
Fluoren	ng/STED	H 2-2	51	170	52	7,9
Dibenzoflofen	ng/STED	H 2-2*	8,1	40	8,5	<5
Fenantren	ng/STED	H 2-2*	150	640	150	10
Antracen	ng/STED	H 2-2*	5,8	48	5,9	<5
Fluoranten	ng/STED	H 2-2*	190	2000	190	<5
Pyren	ng/STED	H 2-2*	120	1500	110	<5
Benzo(a)antracen	ng/STED	H 2-2*	39	410	35	<5
Chrysen	ng/STED	H 2-2*	45	500	34	<5
Benzo(b)fluoranten	ng/STED	H 2-2*	30	290	25	<5
Benzo(k)fluoranten	ng/STED	H 2-2*	12	110	9,6	<5
Benzo(e)pyren	ng/STED	H 2-2*	18	150	15	<5
Benzo(a)pyren	ng/STED	H 2-2*	11	90	11	<5
Perylen	ng/STED	H 2-2*	<5	30	<5	<5
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/STED	H 2-2*	<5	34	<5	<5
Dibenz(a,h)antrac.	ng/STED	H 2-2*	<5	7,3	<5	<5
Benzo(ghi)perylene	ng/STED	H 2-2*	<5	35	5,5	<5
Sum PAH	ng/STED	Beregnet	<764,9	6263,3	<921,5	<226,2
Sum PAH16	ng/STED	Beregnet	<733,8	6040,3	<893	<211,2
Sum HPAH	ng/STED	Beregnet	<182	1465,3	<354,6	<155
Acenaften-D10	ng/STED	H-2-2*	83,1	20,3	60	780
Fluoren D10	ng/STED	H 2-2*	142	36,9	110	742
Fenantren D10	ng/STED	H 2-2*	395	171	351	741
Chrysen D12	ng/STED	H 2-2*	778	694	771	786
Benzo(e)pyren D12	ng/STED	H 2-2*	567	496	570	575
Fluoranten-D10	ng/STED	H 2-2*	<5	<5	<5	<5

\* : Metoden er ikke akkreditert.

#### Kommentarer

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

1 Boksene er merket med ET.100.708

**Norsk institutt for vannforskning**

Anne Wesmann  
Laboratorieingeniør

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-1404 v01

(fortsettelse av tabellen):

## VEDLEGG

SUM PAH16 omfatter følgende forbindelser: naftalen, acenaftalen, 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+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+h)antracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker iflg 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.

<sup>1</sup> Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

Denne analyse rapporten 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

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

# ANALYSE RAPPORT



Navn **Elkem sjø overvåk**  
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Rekv.nr. 2013-2653 v01

O.nr. O13221 02

Dato

21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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	Timlingen	2013.10.18	2013.10.22	2014.02.05-2014.02.06
2	Lumber	2013.10.18	2013.10.22	2014.02.05-2014.02.06
3	Fiskå	2013.10.18	2013.10.22	2014.02.05-2014.02.06
4	Blank	2013.10.18	2013.10.22	2014.02.05-2014.02.06

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
			<50	<50	<50	110
Naftalen	ng/SPMD	H 2-2*	<5	16	<5	<5
Acenaftalen	ng/SPMD	H 2-2*	60	140	21	5,4
Fluoren	ng/SPMD	H 2-2	60	140	28	10
Dibenzotiofen	ng/SPMD	H 2-2*	19	66	10	<5
Fenantren	ng/SPMD	H 2-2*	160	710	110	27
Antracen	ng/SPMD	H 2-2*	23	180	15	<5
Fluoranten	ng/SPMD	H 2-2*	230	2300	210	<5
Pyren	ng/SPMD	H 2-2*	230	2200	190	<5
Benz(a)antracen	ng/SPMD	H 2-2*	60	980	62	<5
Chrysen	ng/SPMD	H 2-2*	76	960	93	<5
Benzo(b)fluoranten	ng/SPMD	H 2-2*	71	560	51	<5
Benzo(k)fluoranten	ng/SPMD	H 2-2*	23	200	15	<5
Benzo(e)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	41	270	28	<5
Benzo(a)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	25	220	17	<5
Perylen	ng/SPMD	H 2-2*	10	96	7,8	<5
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/SPMD	H 2-2*	30	77	9,7	<5
Dibenz(ac+ah)antrac.	ng/SPMD	H 2-2*	<5	23	<5	<5
Benzo(ghi)perylene	ng/SPMD	H 2-2*	18	80	11	<5
Sum PAH	ng/SPMD	Beregnet	<1196	<9268	<938,5	<227,4
Sum PAH16	ng/SPMD	Beregnet	<1126	<8836	<892,7	<212,4
Sum KPAH	ng/SPMD	Beregnet	<340	<3070	<302,7	<145
Acenaftalen-D10	ng/SPMD	H-2-2*	27,2	<5	16,2	789
Fluoren d10	ng/SPMD	H 2-2*	50,4	9,20	34,3	624
Fenantren D10	ng/SPMD	H 2-2*	236	110	201	677
Chrysen D12	ng/SPMD	H 2-2*	678	656	665	720
Benzo(e)pyren D12	ng/SPMD	H 2-2*	426	422	415	446
Fluoranten-d10	ng/SPMD	H 2-2*	<5	<5	<5	<5

\* : Metoden er ikke akkreditert.

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

**Norsk institutt for vannforskning**

Anne Westmann  
Laboratorieingeniør

---

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

---

ANALYSE  
RAPPORT

Rekv.nr. 2013-2653 v01

(fortsettelse av tabellen):

## VEDLEGG

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

SUM KPAH er summen av benz(a)artracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+h)artracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker iflg 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.

<sup>1</sup> Bare a,b-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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



## 7.3 Analyseutskrifter for metall-innhold i DGTer (passive prøvetakere):

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT

Side nr. 1/1



Navn Elkem Sjø  
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2013-1405 v01  
O.nr. O 10214

21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As laboratorium av oppdragsfører, 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	Lumber	2013.05.31	2013.06.07	2013.07.12-2013.07.12
2	Timlingen	2013.05.31	2013.06.07	2013.07.12-2013.07.12

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr	
			1	2
Aluminium	µg/l	E 8-3	0,74	0,073
Kalsium	µg/l	E 8-3*	220	260
Kadmium	µg/l	E 8-3	0,014	0,010
Kobolt	µg/l	E 8-3	0,069	0,017
Krom	µg/l	E 8-3	0,01	<0,01
Kobber	µg/l	E 8-3	0,26	0,12
Jern	µg/l	E 8-3	2	1
Nikkel	µg/l	E 8-3	0,97	0,29
Bly	µg/l	E 8-3	0,011	0,0079
Sink	µg/l	E 8-3	1,5	0,49
DGT10		Intern*	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

✓ : Analysen utført.

\* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Arne Wesmann  
Laboratorieingeniør

Denne analyse rapporten 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 **Elkem sjø overvåk**  
Adresse

Deres referanse:  
JAH

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2013-1830 v01  
O.nr. O 13221 02

Dato  
21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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	Fiskå	2013.08.02	2013.08.02	2013.09.10-2013.09.10

Analysevariabel	Prøvenr		1
	Enhet	Metode	
Aluminium	µg/l	Σ 8-3	0,85
Kalsium	µg/l	Σ 8-3*	176
Kadmium	µg/l	Σ 8-3	0,011
Kobolt	µg/l	Σ 8-3	0,025
Krom	µg/l	Σ 8-3	0,29
Kobber	µg/l	Σ 8-3	0,21
Jern	µg/l	Σ 8-3	4
Nikkel	µg/l	Σ 8-3	0,46
Bly	µg/l	Σ 8-3	0,12
Sink	µg/l	Σ 8-3	0,63
DGT10		Int.ern*	

✓ : Analysen utført.

\* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

Anne Weimann  
Laboratorieingeniør

Denne analyse rapporten 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 **Elkem sjø overvåk**  
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
IAL	Rekv.nr. 2013-2652 v01 O.nr. O13221 02	21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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	Timlingen	2013.09.06	2013.10.22	2013.11.28-2013.11.28
2	Lumber	2013.09.06	2013.10.22	2013.11.28-2013.11.28
3	Fiskå	2013.09.06	2013.10.22	2013.11.28-2013.11.28
4	Blank	2013.09.06	2013.10.22	2013.11.28-2013.11.28

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	Prøvenr			
			1	2	3	4
Aluminium	µg/l	E 8-3	0,048	0,098	0,58	0,017
Kalsium	µg/l	E 8-3*	288	215	310	1,7
Kadmium	µg/l	E 8-3	0,014	0,0095	0,012	0,00012
Kobolt	µg/l	E 8-3	0,027	0,037	0,036	0,00026
Krom	µg/l	E 8-3	0,03	0,03	0,04	<0,02
Kobber	µg/l	E 8-3	0,26	0,25	0,37	0,0061
Jern	µg/l	E 8-3	<1	<1	2	<1
Nikkel	µg/l	E 8-3	0,52	0,72	0,77	0,0025
Bly	µg/l	E 8-3	0,0068	0,029	0,021	0,0015
Sink	µg/l	E 8-3	0,98	0,87	0,86	0,26
DGT10		Int.ern*	□	✓	✓	✓

✓ : Analysen utført.

\* : Metoden er ikke akkreditert.

## Norsk institutt for vannforskning

Arne Weismann  
Laboratorieingeniør

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

## 7.4 Analyseutskrifter for metallinnhold og PAH-innhold i blåskjell:

Side nr. 1/4

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

ANALYSE  
RAPPORT

Navn **Eilbem sjø overvåk**  
Adresse

Deres referanse:  
JAH

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2013-1974 v01  
O.nr. O 13221 02

Dato  
21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As laboratorium av oppdragsgeber, 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	Fiskåtangen Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.09.11
2	Lumber Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.10.02
3	Timlingen Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.09.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Terrstoff	%	NS 4764	12	12	14
Aluminium	mg/kg	EN ISO 11885, mod. *	13	16	18
Arsen	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	1,7	1,5	1,8
Kalsium	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	790	620	950
Kadmium	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	0,23	0,30	0,24
Kobolt	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	0,22	0,20	0,17
Krom	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	0,28	0,28	0,26
Kobber	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	1,5	1,4	1,2
Jern	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	48	49	55
Kvikksølv	mg/kg	NS-EN ISO 12846	0,034	0,039	0,040
Nikkel	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	1,4	1,2	0,61
Bly	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	0,57	0,79	0,63
Silisium	mg/kg	EN ISO 11885, mod.	120	160	180
Sink	mg/kg	NS EN ISO 17294-2	22	28	23
Naftalen	µg/kg	AM374.21	1,7	4,2	3,1
Acenaftalen	µg/kg	AM374.21	<0,5	0,70	<0,5
Acenaften	µg/kg	AM374.21	7,2		0,68
Acenaften	µg/kg v.v.	AM374.21		18	
Fluoren	µg/kg	AM374.21	0,86	18	0,61
Fenantren	µg/kg	AM374.21	6,6	70	6,2
Antracen	µg/kg	AM374.21	0,94	12	0,85
Fluoranten	µg/kg	AM374.21	44	0,77	36
Pyren	µg/kg	AM374.21	33	<0,5	28
Benzo(a)antracen	µg/kg	AM374.21	29	230	15
Chrysen	µg/kg	AM374.21	39	280	24
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	AM374.21	25,17	215,99	13,28
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	AM374.21	17	71	9,4
Benzo(a)pyren	µg/kg	AM374.21	8,0	110	5,5
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	AM374.21	6,1	61	2,7
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	AM374.21	1,3	15	<0,5

\*: Metoden er ikke akkreditert.

**Kommentarer**

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

- 1 Oppdraget utført av Eurofins  
CHR rapportert som kryser/triferylen  
Rekv. har vært analysert på nytt etter reklamasjon EF 1024

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-1974 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- date	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Fiskótangen Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.09.11
2	Lumber Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.10.02
3	Tumlingen Stedegen	2013.05.31	2013.08.13	1970.01.01-2013.09.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3
Benzo (ghi)perylen	µg/kg	MS74.21	6,7	59	3,1
Sum PAH	µg/kg	Beregnet	<227,07	<1148,16	<149,42
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet		18	
Sum PAH16	µg/kg	Beregnet	<227,07	<1148,16	<149,42
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet		18	
Sum HPAH	µg/kg	Beregnet	127,27	987,19	<73,48

Norsk institutt for vannforskning

Arne Wesmann  
Laboratorieingeniør

---

Denne analysereporten 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. 2013-1974 v01

(fortsettelse av tabellen):

### VEDLEGG

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

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benz(a,b,j+k)fluoranten, benz(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+h)antracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. Disse har potensielt kreftfremkallende egenskaper i mennesker ifølge 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.

<sup>1</sup> Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

## 7.5 Analyseutskrifter for toksisitetstester av sedimenter:

Side nr. 1/4

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

ANALYSE  
RAPPORT

Navn  
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:  
Rekv.nr. 2013-2085 v01  
O.nr. O 13221 03

Dato  
21.02.2014

Prøvene ble levert ved NIV As 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- date	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	TOKS1 4d		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
2	TOKS1 7d		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
3	TOKS1 14d1		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
4	TOKS1 14d2		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
5	TOKS2 14d1		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
6	TOKS2 14d2		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
7	TOKS3 14d1		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
<b>Analysevariabel</b>							
<b>Enhet Metode</b>							
Naftalen ng/SPHD H 2-2*	<5	<5	5,3	6,1	<5	<5	<5
Ace-naftylen ng/SPHD H 2-2*	5,3	5,2	5,9	9,8	11	4,6	1,1
Ace-naften ng/SPHD H 2-2*	260	310	340	420	13	10	5,2
Fluoren ng/SPHD H 2-2	87	110	120	290	7,1	6,4	3,9
Dibenzotiofen ng/SPHD H 2-2*	47	55	63	80	3,2	2,6	1,1
Fenantren ng/SPHD H 2-2*	150	170	180	190	29	23	9,6
Antracen ng/SPHD H 2-2*	110	140	160	240	51	28	7,5
Fluoranten ng/SPHD H 2-2*	6700	7800	7700	12000	130	72	42
Pyren ng/SPHD H 2-2*	4800	5600	5400	9200	1300	670	110
Benz(a)antracen ng/SPHD H 2-2*	1200	1500	1100	2900	100	44	14
Chrysen ng/SPHD H 2-2*	310	420	340	860	96	41	8,7
Benzo(b+j)fluorante n ng/SPHD H 2-2*	1100	1700	1200	5000	1800	640	58
Benzo(k)fluoranten ng/SPHD H 2-2*	340	550	390	1700	690	240	19

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



Benzo(e)pyren ng/SPMD H 2-2*	540	860	600	2400	1000	360	41
Benzo(a)pyren ng/SPMD H 2-2*	520	850	600	2600	990	340	22
Perylen ng/SPMD H 2-2*	160	270	200	820	290	100	8,2
Indeno(1,2,3cd)pyrene ng/SPMD H 2-2*	120	180	160	600	410	150	13
Dibenz(ac+ah)antrac. ng/SPMD H 2-2*	32	49	43	160	110	38	3,0
Benzo(ghi)perylene ng/SPMD H 2-2*	130	200	180	630	460	170	17
Sum PAH ng/SPMD Beregnet	<16616,3	<20774,2	18787,2	40105,9	<7495,3	<2944,6	<389,3
Sum PAH16 ng/SPMD Beregnet	<15069,3	<19589,2	17924,2	36805,9	<6202,1	<2482	<339
Sum KPAH ng/SPMD Beregnet	<3627	<5254	3838,3	13826,1	<4201	<1498	<142,7
Acenaften-D10 ng/SPMD H-2-2*	729	573	466	388	310	620	854
Fluoren d10 ng/SPMD H 2-2*	594	494	370	317	233	484	719
Fenantren D10 ng/SPMD H 2-2*	1120	877	592	508	510	942	1350
Chrysen D12 ng/SPMD H 2-2*	140	121	144	115	91,6	133	155
Benzo(e)pyren D12 ng/SPMD H 2-2*	352	296	361	297	266	327	359
Fluoranten-d10 ng/SPMD H 2-2*	688	582	663	541	398	631	781

\* : Metoden er ikke akkreditert.

#### **Kommentarer**

- 1 Analyseres på timer.  
Det er BAP-d12 og ikke BEP-d12

Derne analyse rapporten 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. 2013-2085 v01

(fortsettelse av tabellen):

Prøve nr.	Prøve merket	Prøvetakings- date	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	TOKS3 14&2		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20
9	Blank LDPE		2013.08.26	2013.08.28-2013.09.20

Analysevariabel	Enhet	Prøve nr. Metode	Prøve nr.	
			8	9
Naftalen	ng/SPHD	H 2-2*	<5	<5
Acenaftalen	ng/SPHD	H 2-2*	2,8	<1
Acenaften	ng/SPHD	H 2-2*	6,8	<1
Fluoren	ng/SPHD	H 2-2	5,0	<1
Dibenzotiofen	ng/SPHD	H 2-2*	1,6	<1
Fenantren	ng/SPHD	H 2-2*	13	<1
Antracen	ng/SPHD	H 2-2*	15	<1
Fluoranten	ng/SPHD	H 2-2*	79	<1
Pyren	ng/SPHD	H 2-2*	230	<1
Benzo(a)antracen	ng/SPHD	H 2-2*	42	<1
Chrysen	ng/SPHD	H 2-2*	24	<1
Benzo(b+j)fluoranten	ng/SPHD	H 2-2*	330	<1
Benzo(k)fluoranten	ng/SPHD	H 2-2*	130	<1
Benzo(e)pyren	ng/SPHD	H 2-2*	220	<1
Benzo(a)pyren	ng/SPHD	H 2-2*	140	<1
Perylen	ng/SPHD	H 2-2*	49	<1
Indeno(1,2,3cd)pyren	ng/SPHD	H 2-2*	74	<1
Dibenz(ac+ah)antrac.	ng/SPHD	H 2-2*	19	<1
Benzo(ghi)perylene	ng/SPHD	H 2-2*	94	<1
Sum PAH	ng/SPHD	Beregnet	<1480,2	<23
Sum PAH16	ng/SPHD	Beregnet	<1209,6	<20
Sum KPAH	ng/SPHD	Beregnet	<764	<12
Acenaften-D10	ng/SPHD	H-2-2*	582	1740
Fluoren d10	ng/SPHD	H 2-2*	516	1310
Fenantren D10	ng/SPHD	H 2-2*	968	2110
Chrysen D12	ng/SPHD	H 2-2*	123	167
Benzo(e)pyren D12	ng/SPHD	H 2-2*	313	350
Fluoranten-d10	ng/SPHD	H 2-2*	597	975

\* : Metoden er ikke akkreditert.

## Norsk institutt for vannforskning

Anne Wesmann  
Laboratorieleiende

---

Denne analyse rapporten 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. 2013-2085 v01

(fortsettelse av tabellen):

## VEDLEGG

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

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benz(a,b+j+k)fluoranten, benz(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+h)antracen, chrysen og naftalen<sup>1</sup>. 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.

<sup>1</sup> Bare a,b-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

## 7.6 Vedlegg bløtbunnsfauna.

Fullstendige resultater for prøver av bløtbunnsfauna fra st. K16 ved Storenes i Fiskåbukta for 2008 og 2013. Tallene i tabellen angir antall individer i prøvene.

	Stasjon Parallellprøve (0,1 m <sup>2</sup> )	K16: 27. mai 2008			K16: 11. juni 2013	
		II	III	IV	I	II
HYDROZOA	Hydroidolina indet	8	21	8	8	4
ANTHOZOA	Edwardsia sp	3	6	4	7	8
	Virgularia mirabilis				1	
NEMERTEA	Nemertea indet	103	136	133	23	30
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii				1	1
	Aphrodita aculeata		1			
	Gattyana amondseni			1		1
	Eteone sp	1	1	1	1	2
	Pholoe baltica	1	1	2		1
	Ophiodromus flexuosus			1		
	Exogone naidina	1	7	1	4	7
	Sphaerosyllis hystrix	2	3	2	1	2
	Nephtys incisa	5	2	6	2	
	Sphaerodorum flavum					1
	Glycera alba					1
	Goniada maculata		3	1	4	1
	Prionospio cirrifera			2	3	1
	Prionospio fallax	32	73	44	39	34
	Prionospio multibranchiata	4	3		5	
	Scolecipis korsuni				1	
	Spionidae indet					1
	Magelona minuta	11	16	14	5	4
	Cauleriella killariensis	61	78	45	218	234
	Chaetozone sp	12	12	31	120	164
	Diplocirrus glaucus				3	2
	Polyphysia crassa	2				
	Scalibregma inflatum	6	12	7	4	
	Heteromastus filiformis	417	713	302	138	204
	Galatowenia oculata			2	1	
	Lagis koreni				1	2
	Ampharete sp	2			1	2
	Ampharetidae indet		1			
	Mugga wahrbergi	1				
	Sabellides octocirrata		1			
	Terebellides stroemi	1	3			
	Trichobranchus roseus					1
	Chone sp			6	2	1
	Euchone sp		1			
	Jasmineira caudata	1			7	6
	Jasmineira sp		3			
	Sabellidae indet	1				
OLIGOCHAETA	Oligochaeta indet	3	5		5	1
PROSOBRANCHIA	Hyalia vitrea	19	15	25	1	
	Euspira nitida					2
	Naticidae indet		1			
OPISTHOBANCHIA	Nudibranchia indet		1		1	1
	Cylichnina sp				2	
	Philine cf. scabra		4			
	Philine scabra					8
	Philine sp				1	4
	Cylichna cylindracea	10	12	7	8	3
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet	1				
BIVALVIA	Nucula sp	5	6	12	75	69
	Ennucula corticata		2			
	Thyasira cf. flexuosa	15	4	3	5	12
	Thyasira sp	116	87	59	43	39
	Kurtiella bidentata	151	108	360	139	97
	Parvicardium minimum				1	
	Chamelea striatula				1	
	Veneridae indet	3				
	Corbula gibba	7	8	1	11	9
	Thracia sp				2	
CUMACEA	Eudorella sp				2	1
	Eudorella cf. truncatula					5
	Diastylis cf. rostrata		1			
	Diastylis rostrata				2	2
AMPHIPODA	Ampelisca cf. tenuicornis				3	
	Ampelisca tenuicornis	1				
	Paramphilochoides odontonyx				1	
DECAPODA	Galatea larve		1			
SIPUNCULIDA	Golfingiida indet					1
PRIAPULIDA	Priapulid caudatus		4	1	2	1
PHORONIDA	Phoronida indet	1	1			1
ASTEROIDEA	Astropecten irregularis	1				
OPHIUROIDEA	Ophiuroidea juvenil	2	15	3		
	Amphiura chiajei	3	2		10	6
	Amphiura filiformis	11	1		170	110
	Amphiura sp	7	9	25		
	Ophiura sp				9	2
	Antall arter	38	42	30	47	45
	Antall individer	1031	1384	1109	1094	1089

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)