



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 2218 51 00  
Telefax (47) 55 23 24 95

**NIVA Midt-Norge**

Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra Mossesundet i 2008	Løpenr. (for bestilling) 5805-2009	Dato 15. mai 2009
	Prosjektnr. Undernr. O-28370	Sider Pris 103
Forfatter(e) John Arthur Berge, Merete Schøyen, Sigurd Øxnevad	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Moss kommune	Oppdragsreferanse
----------------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Undersøkelser av forekomst av miljøgifter i overflatesedimenter er gjennomført på 17 stasjoner i Mossesundet. Følgende er analysert: kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn), tinnorganiske forbindelser inkludert tributyltinn (TBT), polyklorerte bifenyl (PCB), utvalgte pesticider, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), benzen, etylbenzen, toluen, xylene, olje (total hydrokarbon), AOX (adsorberbart organisk bundet halogen), totalt organisk karbon (TOC) og innhold av silt/leire. Resultatene er klassifisert i henhold til SFTs nye klassifiseringssystem basert på giftighet. Det ble observert høye konsentrasjoner av organisk karbon og miljøgifter i sedimentene på de aller fleste stasjonene i Mossesundet. I utgangspunktet var det ingen stasjoner hvor en kan utelukke at minst en av de analyserte forbindelsene kan tenkes å gi toksiske effekter på bunndyr. Det er TBT og enkelte PAH-forbindelser (antracen, fluoranten, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(ghi)perylene) som gir toksiske effekter på flest stasjoner. Beregninger viser at sedimentene utgjør en ikke-akseptabel risiko for skade på økosystemet og på human helse, og at det følgelig bør gjennomføres en videre tiltaksplanlegging. Ut fra en totalvurdering har undersøkelsen avdekket at det er den sydlige delen av Mossesundet som er mest forurenset og hvor tiltak først bør vurderes.


<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Miljøgifter</li> <li>Sedimenter</li> <li>Metaller</li> <li>Organiske miljøgifter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Micropollutants</li> <li>Sediments</li> <li>Metals</li> <li>Organic contaminants</li> </ol>
---	---



John Arthur Berge  
Prosjektleder



Kristoffer Næs  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Undersøkelser av miljøgifter i sedimenter fra  
Mossesundet i 2008**

## Forord

På bakgrunn av en forespørsel fra Vannområdetvalget Morsa, Fylkesmannen i Østfold og Moss kommune av 02.07.2008 leverte NIVA et tilbud på kartlegging av miljøgifter i sediment i Mossesundet. På bakgrunn av dette tilbud (datert 20.08.2008) ble NIVA valgt til å gjennomføre undersøkelsene og endelig avtale om dette ble underskrevet av Moss kommune 05.11.2008.

Undersøkelsen er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) og følgende eiendomsbesittere/aktører rundt Mossesundet: Vannområdetvalget Morsa, Peterson Linerboard AS, Moss havn, Dynea AS, Norsk Spesialolje AS, Hesselberg bygg, MOVAR IKS, Jeløy Strandpark ANS, Lantmännen Mills, Felleskjøpet Agri BA, Norsk Spesialolje AS, Akers Subsea AS, Moss motorbåtforening og Kambo marina.

I dette dokumentet rapporteres resultatet av undersøkelsene.

Feltarbeidet ble gjennomført i to omganger (15. oktober og 12. november).

Følgende personer fra NIVA deltok under feltarbeidet: Oktober: John Arthur Berge (båtfører og toktleder), Sigurd Øxnevad og Tommy Gribb. November: Sindre Holm (skipper), Merete Schøyen (toktleder) og Sigurd Øxnevad.

Alle kjemiske analyser med unntak av AOX (adsorberbart organisk bundet halogen) ble gjennomført av NIVA. Analyse av AOX ble gjennomført av ALS Scandinavia NUF.

Risikovurderingen (Trinn 2 i SFTs risikoveileder) er gjennomført av Merete Schøyen og Sigurd Øxnevad.

Ved NIVA har John Arthur Berge hatt prosjektlederansvaret. Oppdragsgiver har vært representert ved Knut Bjørndalen fra Moss kommune, Karsten Butenschøn fra Fylkesmannen i Østfold, Helga Gunnarsdottir fra Vannområdetvalget Morsa.

Oslo, 15. mai 2009

*John Arthur Berge*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
<b>2. Materiale og metoder</b>	<b>9</b>
2.1 Feltarbeid og prøveinnsamling	9
2.1.1 Stasjoner og sedimentbeskrivelse	12
2.2 Kjemiske analyser	16
<b>3. Resultater og diskusjon</b>	<b>18</b>
3.1 Metaller	21
3.1.1 Kadmium, kvikksølv, bly og sink	21
3.1.2 Kobber	21
3.2 Tinnorganiske forbindelser	24
3.3 Polyklorerte bifenyler (PCB)	27
3.4 Utvalgte klorpesticider	30
3.5 AOX	31
3.6 Olje	32
3.7 Benzen, toluen og xylen	34
3.8 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	35
3.8.1 Sum PAH <sub>16</sub>	35
3.8.2 PAH-enkeltkomponenter	38
<b>4. Konklusjoner</b>	<b>41</b>
4.1 Overordnet	41
4.2 Hovedgrupper av forbindelser	43
<b>5. Referanser</b>	<b>45</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg A. Analyserapport</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg B. SFTs nye klassifiseringssystem</b>	<b>59</b>
<b>Vedlegg C. Risikovurdering</b>	<b>61</b>

---

## Sammendrag

Undersøkelser av forekomst av miljøgifter i sedimenter er gjennomført på 17 stasjoner i Mossesundet. Hovedhensikten har vært å få en arealmessig grovkarakterisering av den kjemiske naturtilstanden i sedimentene. Følgende miljøgifter inngår i undersøkelsen: Kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn), tinnorganiske forbindelser inkludert tributyltinn (TBT), polyklorete bifenyler (PCB) inkludert noen utvalgte pesticider, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), benzen, etylbenzen, toluen, xylen, olje (total hydrokarbon) og AOX (adsorberbart organisk bundet halogen). Som støtteparametere ble også alle prøvene analysert for innhold av silt/leire og totalt organisk karbon (TOC). Resultatene er klassifisert i henhold til SFTs nye klassifiseringssystem (TA-2229/2007) basert på giftighet hvor grensen for toksiske effekter ved langtidseksponering går mellom klasse II og III og grensen for effekter ved korttidseksponering går mellom klasse III og IV. Ut fra en totalvurdering har undersøkelsen avdekket at det er den sydlige delen av Mossesundet som er mest forurenset og hvor tiltak bør vurderes først.

**Organisk karbon:** Overflatesedimentene inneholdt relativt mye organisk karbon. Det klart høyeste innholdet ble observert på ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca. 350 m nordøst for Mosseelvas munning (st. 6) og det laveste på ca. 51 m dyp ved Kambo (st. 10). Resultatene tyder på at sedimentene i Mossesundet er i relativt dårlig forfatning med tanke på innhold av organisk karbon og nivåene er klart høyere enn det som tidligere er observert i en del andre sammenlignbare områder (eksempelvis Tønsberg havn).

**Metaller:** De høyeste konsentrasjoner av kadmium, kvikksølv, bly og sink ble observert på stasjonene nærmest Moss (stasjon 1-6). For disse metallene forventes ikke toksiske effekter for bunnfauna på stasjoner nord for Rossnestangen, og heller ikke på stasjon 1 og 2 nærmest Mossekanalens nordre munning. På 3 stasjoner i havneområdet (st. 4, 5 og 6) kan en imidlertid forvente kroniske toksiske effekter ved langtidseksponering for minst ett av disse metallene. På stasjon 3 ble det observert såpass høye konsentrasjoner av Hg og Pb at akutt-toksiske effekter ved korttidseksponering også er sannsynliggjort. Til dels svært høye kobberkonsentrasjoner ble observert på de 8 stasjonene syd for Eggholmene naturvernreservat, dvs. st. 1-8 samt på st. 12 og 15 som begge ligger lenger nord og i, eller rett ved småbåthavner. På alle disse stasjonene må det forventes toksiske effekter av kobber på bunnlevende organismer, og i de fleste tilfeller også akutteffekter ved korttidseksponering.

**Tinnorganiske forbindelser:** Det ble observert svært høye konsentrasjoner av TBT i alle sedimentprøvene (38 til 1900 µg/kg t.v., dvs. klasse IV-V). Omfattende toksiske effekter av TBT kan forventes for bunndyr på de aller fleste av stasjonene. Det var en god korrelasjon mellom konsentrasjonen av TBT og kobber i sedimentene. Dette kan ha sammenheng med at begge benyttes (Cu) eller har vært benyttet (TBT) i bunnstoff og dermed har samme kilde i resipienten og dermed i betydelig grad spres etter samme mønster. Sammensetningen av de ulike butyltinnforbindelsene tyder på at ny-tilførselen av TBT i dag er begrenset.

**PCB:** Konsentrasjonen av  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub> varierte fra ca. 7 til 156 µg/kg t.v. sediment (Klasse II-III). På 10 av 17 stasjoner ble det observert PCB-konsentrasjoner som kan tenkes å gi kroniske effekter ved langtidseksponering, mens det på de øvrige 7 stasjoner ikke forventes toksiske effekter av PCB. Den desidert høyeste konsentrasjonen ble observert på ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca. 350 m nordøst for Mosseelvas munning (st. 6) og den laveste på 100 m dyp nord i undersøkelsesområdet (st. 16). Konsentrasjonen av Sum PCB<sub>7</sub> på flertallet av stasjonene i Mossesundet var høyere enn det som er observert eksemplvis i Tønsberg havn. Resultatene viser at overflatesedimentet i den søndre delen av Mossesundet er betydelig belastet med PCB (særlig stasjon 6). I en bukt i den nordre delen av Mosseundet (st. 15) er det et område som kan ha/har hatt en PCB-kilde.

**Utvalgte pesticider:** Konsentrasjonen av heksaklorbensen (HCB),  $\alpha$ - og  $\gamma$ -heksaklorsykloheksan (HCH) og summen av diklordifenyldikloreten (DDE) og diklordifenyldikloreten (DDD) var generelt lave i alle sedimentprøvene fra Mossesundet og en forventer ikke toksiske effekter av noen av disse forbindelsene.

**AOX:** Konsentrasjonen av AOX varierte relativt lite (194-321 mg/kg t.v.) i overflatesedimentet fra de undersøkte stasjonene i Mossesundet. De konsentrasjonene av AOX som er observert i Mossesundet, ligger omtrent på samme nivå som det som tidligere er observert i Hvalerområdet. Det var ingen tendens til at konsentrasjonen av AOX avtok med avstanden fra Peterson og Søn AS slik en muligens kunne forvente dersom treforedlingsbedriften har hatt store utslipp av AOX. Trolig er AOX lite egnet som overvåkingsparameter.

**Olje:** Innholdet av olje i overflatesedimentene varierte fra 28 til 7820  $\mu\text{g/g}$  t.v. De høyeste konsentrasjonene ble observert i den sydlige delen av undersøkelsesområdet (st. 1-4, 6 og 7). Bakgrunnskonsentrasjonen av olje i kystnære marine sedimenter regnes å ligge mellom 2 og 5  $\mu\text{g THC g}^{-1}$  (t.v.). De observerte konsentrasjonene i sedimentet i Mossesundet ligger dermed fra 5,6 (stasjon 17) til 1564 (stasjon 6) ganger høyere enn det som må betraktes som normalt i kun diffust belastede områder og betyr at de aller fleste stasjonene må betraktes som sterkt forurensset av olje. Vraket av "Nordvard" ligger på ca. 35 m dyp relativt nær Mosseelvas munning og har lekket olje over lang tid, men ble i 2007 tømt for olje. Trolig har utlekking av olje fra "Nordvard" en del av skylden for at en spesielt i søndre delen av Mossesundet, har såpass høye konsentrasjoner av olje. I søndre del av Mossesundet har en også annen aktivitet (industri, småbåthavner, skipsfart, skipsverft, nærhet til byområde) som også potensielt kan føre til utslipp av olje og andre forurensninger. Den høye konsentrasjonen av olje nær vraket av "Nordvard" behøver derfor ikke å skyldes lekkasjene fra "Nordvard" alene.

**$\Sigma$  PAH<sub>16</sub>:** Det ble observert høye  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub>-konsentrasjoner (dvs. klasse III eller høyere) på 11 av 17 stasjoner. De høyeste  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub>-konsentrasjonene ble i hovedsak observert på stasjoner syd for Kjellandsvik (stasjon 1-9), men det ble også observert høy konsentrasjon på stasjon 10 nær Kambo, samt på stasjon 14 som også ligger relativt nær Kambo. Konsentrasjonen av  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub> på disse 11 stasjonene var såpass høy (klasse III-V) at en kan forvente toksiske effekter på bunnfauna. På 4 av disse stasjonene (stasjon 3, 4, 5 og 6) var konsentrasjonene såpass høye (klasse IV-V) at en må forvente toksiske effekter på bunndyr selv ved bare korttidseksponering. På samme måte som for olje ble de høyeste konsentrasjonene observert nær vraket av "Nordvard".

**Enkeltkomponenter av PAH:** For forbindelsene naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, chrysen, benzo(a)pyren og benzo(k)fluoranten ble det observert konsentrasjoner som antas å medføre giftighet for bunnfauna på en eller flere av stasjonene i den sydlige delen av Mossesundet (dvs. st. 2-7, men ikke st. 1 nærmest Mossekanalen). På stasjonene nord for Rossnestangen ble det i hovedsak ikke observert konsentrasjoner av disse 8 forbindelser som antas å medføre giftighet for bunnfauna.

For de øvrige forbindelsene (antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(ghi)perylene, dibenz(ac+ah)antracen, benzo(b+j)fluoranten) var konsentrasjonene hver for seg såpass høye at toksiske effekter av enkeltforbindelser kan tenkes å forekomme på flertallet av stasjonene i hele undersøkelsesområdet, dvs. også i den nordlige delen av Mossesundet. Ser en på alle enkeltforbindelsene samlet så må en forvente toksiske effekter ved korttidseksponering på alle stasjonene.

**Risikovurdering:** I forbindelse med risikovurderingene er Mossesundet delt i 3 hovedområder (Indre del av Mossesundet syd for Rossnestangen, Kamboområdet, samt de dype områdene definert som områder i Mossesundet dypere enn 50 m). Gjennomføring av Trinn 2 i SFTs risikoveileder for forurensset sediment viser at enkelte PAH-forbindelser, PCB (sum PCB<sub>7</sub>) og TBT i bunnsedimentene i

de tre delområdene i Mossesundet representerer en risiko for skade på human helse ved transport til lokal sjømat. Vurderingen viser også at flere av miljøgiftene i sedimentet (kobber, sink, flere PAH-forbindelser og TBT utgjør en risiko for skade på sedimentlevende organismer, og at TBT i sedimentet utgjør risiko for skade på organismer i vannmassene over. Risikovurderingen som er gjennomført tyder ikke på at noen av de tre hovedområdene kan ”friskmeldes”. Resultatene tilsier at en bør gjennomføre en videre tiltaksvurdering for sedimentene i alle de tre delområdene. Gjennomføring av Trinn 3 i SFTs risikoveileder for forurenset sediment kan være en del av den videre tiltaksvurderingen. Som ledd i tiltaksvurderingen bør det også lages et tilførselsregnskap for området og det bør utarbeides lokale miljømål for området. Videre bør man identifisere og fylle eventuelle kunnskapshull (eksempelvis forekomst av miljøgifter i organismer).



# 1. Innledning

Fylkesvise tiltaksplaner for forurensede sjøsedimenter ble foreslått i stortingsmelding nr. 12 ”Rent og rikt hav” som kom i 2001/2002. I stortingsmelding nr. 14 ”Sammen for et giftfritt miljø” (2006-2007) la regjeringen frem en handlingsplan for opprydding i forurenset sjøbunn.

På vegne av forurensningsmyndighetene utarbeidet NIVA i 2003 rapporten: *Tiltaksplan for forurenset sediment i Oslofjorden (fase 1)*. Sedimentene i Mossesundet ble i rapporten betegnet som moderat forurenset av metaller, markert til meget sterkt forurenset av PAH og PCB og meget sterkt forurenset av TBT. Mossesundet ble i denne rapporten karakterisert som et potensielt høyrisikoområde og der det var behov for mer data.

Mossesundet er også en del av Vannområdeutvalget Morsas arbeid i relasjon til EUs rammedirektiv for vann (Vanddirektivet). Dette direktivet er nå implementert i Norge. Hovedmålet med Vanddirektivet (VRD) er å sikre god miljøtilstand (tilnærmet naturtilstand) i vann, både vassdrag, grunnvann og kystvann. Direktivet forutsetter en nedbørfeltorientert og helhetlig forvaltning av vann, vassdrag og sjøområder. For å nå dette målet om god miljøtilstand må en kjenne tilstanden (økologisk og kjemisk) i de enkelte vannforekomstene slik at det kan lages en tiltaksplan og sette i gang tiltak i de områdene der dette er nødvendig for å nå god miljøtilstand.

I denne sammenheng ønsket Vannområdeutvalget Morsa, Fylkesmannen i Østfold og Moss kommune å få gjennomført undersøkelser av forekomst av miljøgifter i sediment fra Mossesundet. Undersøkelsen er i første rekke ment å gi en arealmessig grovkarakterisering av naturtilstanden. På hver av lokalitetene har en imidlertid gjort en relativt stor analyseinnsats med dertil hørende relativt omfattende karakterisering av tilstand.

Karakterisering av miljøtilstand er gjort ved bruk av SFTs nye klassifiseringssystem for sedimenter (SFT 2007) som baserer seg på i hvilken grad den enkelte miljøgiftkonsentrasjon har toksiske effekter på sedimentlevende dyr. Det nye klassifiseringssystemet har derfor et annet fokus enn det tidligere systemet (Molvær mfl. 1997) som var mer statistisk basert.

Resultatene fra undersøkelsene skal også kunne brukes til å avgjøre om deler av Mossesundet kan friskmeldes med hensyn til forekomst av miljøgifter og deres eventuelle effekter på bunnlevende organismer. Eventuelt også peke på områder der det kan være aktuelt med tiltak. For slike områder vil imidlertid undersøkelsen være for grovmasket til at en i detalj kan avgrense tiltaksområdet. Oppgaven i denne rapporten er derfor å peke på eventuelle hovedområder som kan være aktuelle for mer detaljert kartlegging med risiko- og tiltaksanalyse.

Etter at sedimentundersøkelsen var gjennomført i Mossesundet og en foreløpig rapport var oversendt oppdragsgiver, fikk NIVA i oppdrag å gjennomføre en risikovurdering Trinn 2 i SFTs risikoveileder (Bakke mfl. 2007) for å få en bedre forståelse av miljøbetydningen av sedimentundersøkelsene. Resultatene fra risikovurderingene presenteres i vedlegg C. I hovedrapporten gis kun et kort sammendrag av resultatene fra risikovurderingen.

## 2. Materiale og metoder

### 2.1 Feltarbeid og prøveinnsamling

Feltarbeidet ble gjennomført 15. oktober (alle stasjoner unntatt nr. 16) og 12. november 2008 (stasjon 16). Under feltarbeidet 15. oktober ble det benyttet en mindre aluminiumsbåt (Buster L) med en 50 HK påhengsmotor. Båten var påmontert en manuell vinsj (

**Figur 1**) med 300 m wire. Ved innsamling av sedimenter ble det benyttet, en liten Van Veen-grabb (se **Figur 2**). Overflatesedimentet (ca. 0-2 cm) ble tatt ut med skje fra en luke i grabbens overside. I undersøkelsen ble det fokusert på overflatesedimentet fordi det er dette som er utgangspunktet for SFTs klassifisering.

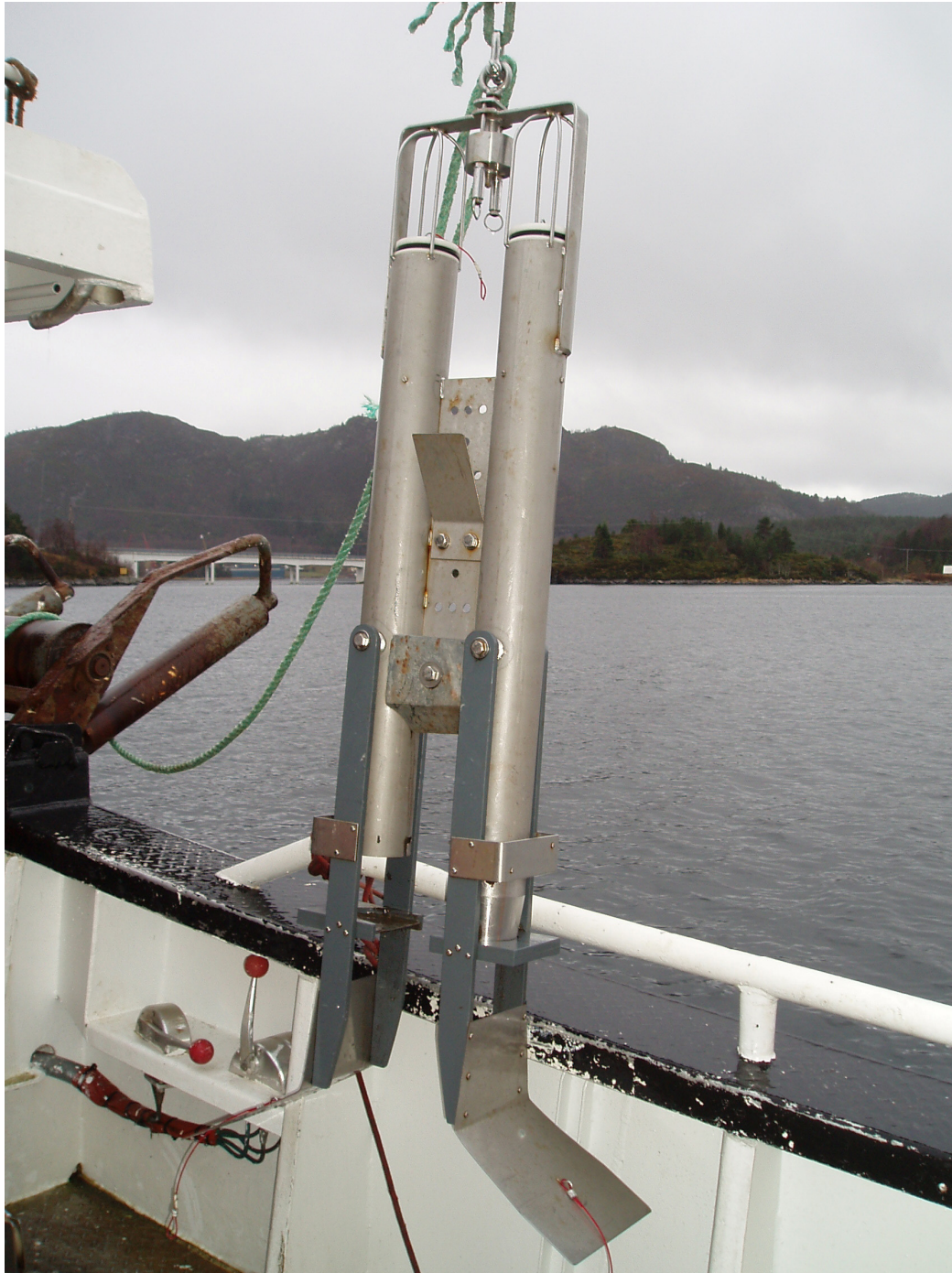
Det lyktes ikke å få tilfredsstillende prøver på stasjon 16 med den lille Van Veen-grabben. Prøver fra denne stasjonen ble imidlertid 12. november innsamlet fra F/F ”Trygve Braarud” ved hjelp av en dobbel Nimistö corer (Gemini corer) (**Figur 3**).



**Figur 1.** Benyttet båt (Buster L) med påmontert vinsj for prøvetaking. Bildet er tatt omtrent på stasjon 13. (Foto: John Arthur Berge).



**Figur 2.** Liten langarmet Van Vee- grabb ombord i Buster L. (Foto: John Arthur Berge).



**Figur 3.** Geminicorer. (Indre rør kun i den ene holderen). (Foto: John Arthur Berge)

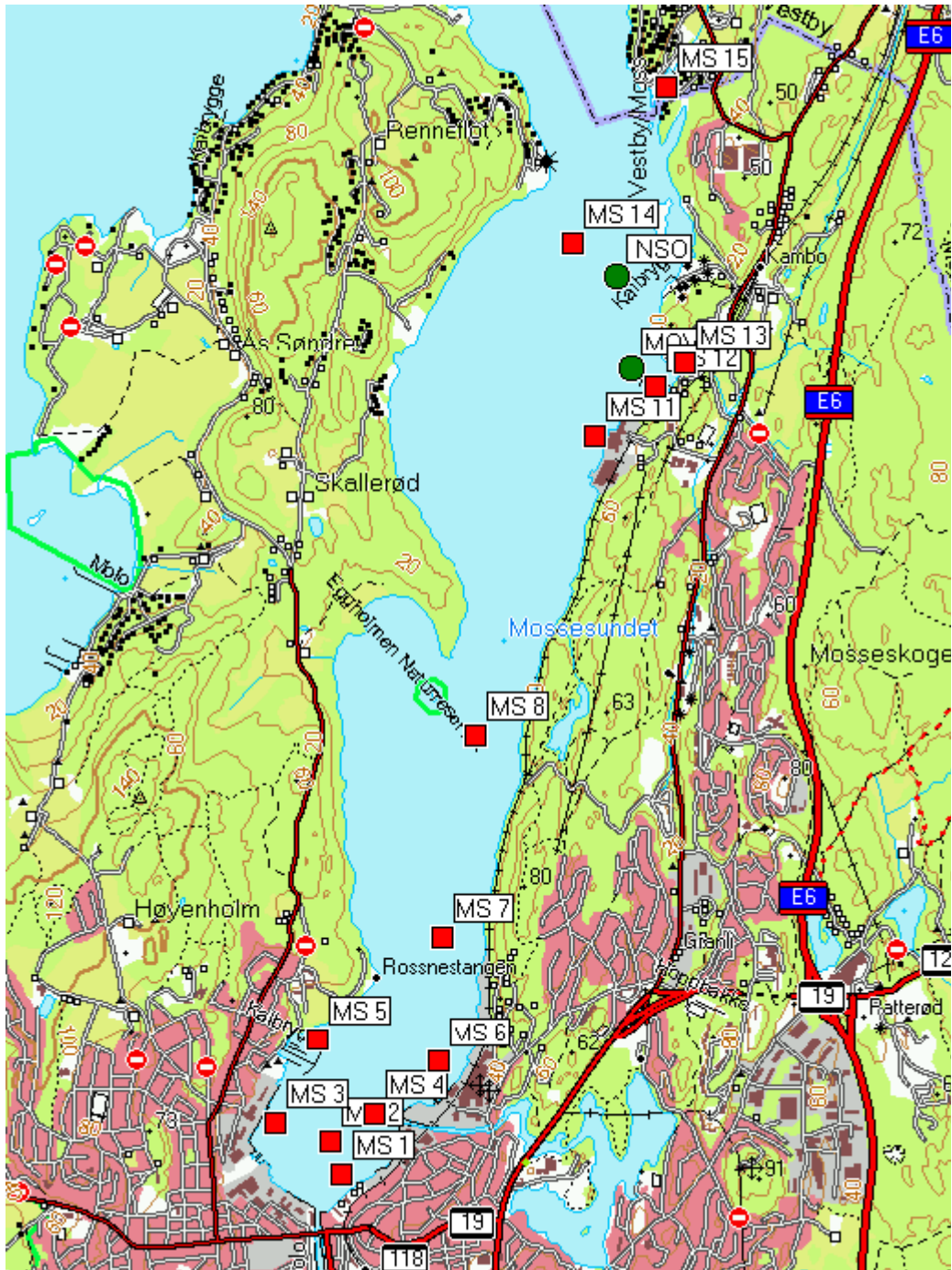
### 2.1.1 Stasjoner og sedimentbeskrivelse

Stasjonsvalget ble i utgangspunktet gjort av NIVA og modifisert (en stasjon) etter diskusjon med oppdragsgiver. Stasjonene som ble prøvetatt for sediment ses i **Figur 4** og hadde et dyp fra 1,4 til 100 m.

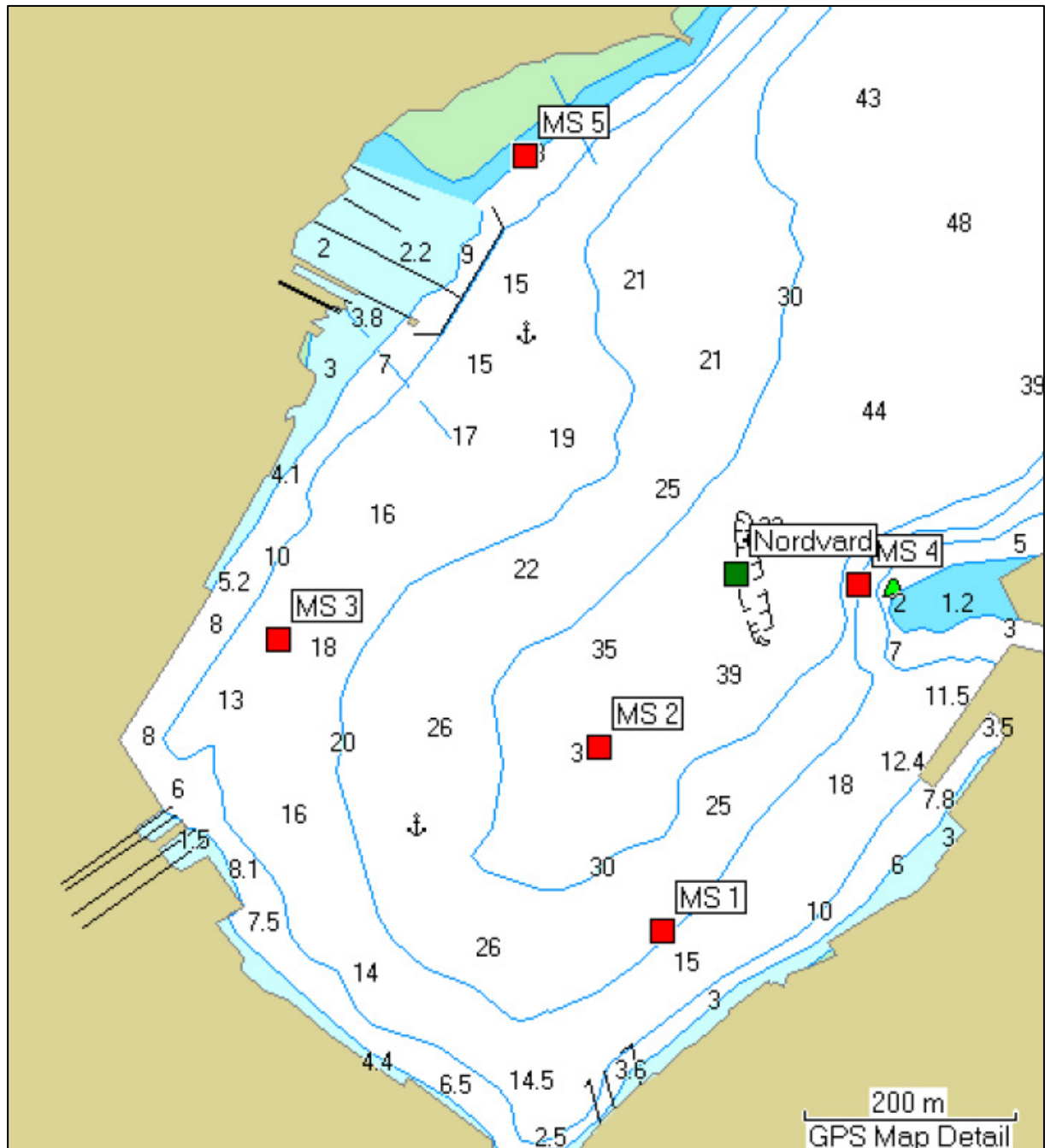
Under innsamlingen ble det i hovedsak benyttet sediment fra 3 grabber til blandprøven(e) som skulle analyseres. På stasjon 4 var det imidlertid nødvendig med 5 grabbprøver før en fikk tilstrekkelig med materiale. På stasjon 14 er prøvematerialet kun fra 2 grabbprøver pga. vanskelige sedimentforhold.

Angivelse av vanndypet på de enkelte stasjoner og en beskrivelse av sedimentene ses i **Tabell 1**. På alle stasjonene var det bløtt leiraktig sediment. På 6 av stasjonene luktet det hydrogensulfid av sedimentet.

Alle sedimentprøvene ble innlevert på NIVAs laboratorium for avtalte analyser. En delprøve fra stasjonene (2, 6, 7, 8, 9, 10, 14 og 16 ) ble videresendt til ALS-Scandinavia for analyse av AOX.



**Figur 4.** Kart over stasjoner i Mossesundet (røde firkanter). Lokalisering av utslippspunkt fra NSO (Norsk Spesialolje AS) og MOVAR er inntegnet (grønne sirkler). Se også **Figur 5**.



**Figur 5.** Detaljkart over den søndre delen av undersøkelsesområdet med inntegning av posisjonen for vraket av "Nordvard". Stasjoner er avmerket med røde firkanter. Posisjonen til "Nordvard" er avmerket med grønn firkant.

**Tabell 1.** Beskrivelse av prøvetakingsstasjonene og sedimentet.

Stasjons nr	Posisjon	Middeldyp (m)	Sedimentbeskrivelse
MS 1	N59 26.199 E10 39.295	19,6	Gråsort bløt leire, grønnskjær på overflaten, Ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 2	N59 26.293 E10 39.232	33,4	Gråaktig bløt leire med grønnskjær på toppen, Ingen H <sub>2</sub> S-lukt. En del Polydora-rør.
MS 3	N59 26.348 E10 38.910	14,7	Gråsort bløt leire, litt H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 4	N59 26.376 E10 39.492	16,2	Sort meget bløt leire, H <sub>2</sub> S lukt. En del terrestrisk materiale.
MS 5	N59 26.595 E10 39.158	5,9	Sort bløt leire, H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 6	N59 26.530 E10 39.863	28,6	Sort bløt leire, H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 7	N59 26.896 E10 39.882	50,9	Grågrønn bløt leire, ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 8	N59 27.492 E10 40.078	56,2	Grågrønn bløt leire, Ingen H <sub>2</sub> S-lukt. Irregulære sjøpinnsvin i alle 3 grabber.
MS 9	N59 27.664 E10 39.585	7,9	Grågrønn bløt leire, ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 10	N59 28.695 E10 40.954	51,3	Gråaktig bløt leire med grønnskjær, ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 11	N59 28.368 E10 40.768	26,9	Grå bløt leire, ingen H <sub>2</sub> S-lukt (utenfor Felleskjøpet).
MS 12	N59 28.513 E10 41.117	15,7	Gråsort bløt leire med brun overflate, ingen H <sub>2</sub> S-lukt
MS 13	N59 28.584 E10 41.285	5,6	Sort bløt leire med brun overflate (1-2 mm), ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 14	N59 28.942 E10 40.646	91,7	Grågrønn bløt leire, ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 15	N59 29.397 E10 41.180	1,4	Gråsort bløt leire, H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 16	N59 29.668 E10 40.673	100	Grå leire med et lag som var brungrått øverst, ingen H <sub>2</sub> S-lukt.
MS 17	N59 29.685 E10 39.922	2,8	Gråsort bløt leire med grønnskjær, H <sub>2</sub> S-lukt.



## 2.2 Kjemiske analyser

Alle de 17 prøvene ble analysert for metallene kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu) og sink (Zn), tinnorganiske forbindelser inkludert tributyltinn (TBT), polyklorerte bifenyler (PCB) inkludert noen utvalgte pesticider, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), benzen, etylbenzen, toluen, xylene og olje (total hydrokarbon). Prøver fra stasjonene 1, 6, 7, 8, 9, 10, 14 og 16 ble også analysert for AOX (adsorberbart organisk bundet halogen). Som støtteparametere ble også alle prøvene analysert for innhold av silt og leire (<63µm) og totalt organisk karbon (TOC). En oversikt over de anvendte analysemetodene ses i **Tabell 2**.

### Tabell 2. Oversikt over anvendte analysemetoder.

*ICP-AES=Induktivt koblet plasma - emisjonsspektrometri. GC/ECD= gasskromatograf med elektroninnfangingsdetektor. MSD=masseselektiv detektor. GC-AED=gasskromatograf med atomemisjonsdetektor. GC/MSD=gasskromatograf med masseselektiv detektor. FID=flammeionisasjonsdetektor.*

Prøvetype	Parameter	Analysemetode
Sediment	Partikkelstørrelse (fraksjon <64µm)	Frysetøking, tørrsiktning og gravimetri.
Sediment	TOC	NIVA-metode nr G 6. Katalytisk forbrenning av organisk materiale og deteksjon av CO <sub>2</sub> ved hjelp av en varmetrådsdetektor. Instrumentering: Carlo Erba Elementanalysator 1106, med prøveveksler AS 400 LS.
Sediment	PCB inkludert utvalgte pesticider (HCB, γ HCH, α HCH, DDD, DDE)	NIVA-metode nr H 3-3. Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Til slutt analyseres ekstraktet ved bruk av GC/ECD. De klororganiske forbindelsene identifiseres ut fra de respektive retensjonstider. Det kan benyttes to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard. Instrumentering: Gasskromatograf Agilent 6890N med autosampler 7683B. Systemet er utstyrt med to stk split/splitless injector og to stk elektroninnfangingsdetektor (ECD).
Sediment	AOX	Analyse utført av ALS Scandinavia etter DIN 38414-S18.

Tabell 2 (fortsettelse).

Sediment	PAH	NIVA-metode nr H 2-3. Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Ekstraktet gjennomgår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/MSD. PAH identifiseres med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder. Instrumentring: Hewlett Packard modell 6890 Series Plus+ og HP 6890 Serie Net, begge med PTV- og split/splitless injector, og HP autosampler 6890 og 7683. Systemet er utstyrt med HD modell 5973 MSD masseselektiv detektor, og kolonne DBM-MS 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm.
Sediment	Metaller (Cd, Cu, Pb, Zn)	NIVA-metode nr E 9-5. Metallanalysene ble foretatt med ICP-AES. Prøvene introduseres til instrumentet med en peristaltisk pumpe koblet til en nebulizer der prøveløsningen forstøves. Vandråpene separeres etter størrelse i et spraykammer og den fine andelen av aerosolen transporteres til et argonplasma, der aerosolen atomiseres og ioniseres. Emisjonen fra plasmaet separeres i spektrometeret og måles med en CCD detektor. Detektoren har et lineært område på 5 - 6 dekaner fra deteksjonsgrensen. Instrumentring: Perkin-Elmer Optima 4300 DV ICP-AES spektrometer, Perkin-Elmer Autosampler AS 93 plus, Hewlett Packard LaserJet 100.
Sediment	1,2,4 trimetylbenzen, 1,3,5 trimetylbenzen, benzen, etylbenzen, toluen, m+p xylen og o-xylen	NIVA-metode nr H 22. Prøve av sediment overføres til headspaceflaske og tilsettes intern standard og natriumklorid. Flasken lukkes med kork med pakning av teflonbelagt silikongummi og oppvarmes til 60 °C i 30 minutter. Headspace fra flasken tas ut med gassprøyte og injiseres på GC/MS i SIM. Prøver av standarder og blindprøve behandles på samme måte. Instrumentring: Agilent 6890 GC med Agilent 5973 masseselektiv detektor. Kolonne Varian CP8944 VF-ms 30 m x 0,25 mm i.d. x 0,25 µm.
Sediment	Olje	NIVA-metode H 6. Sedimentprøver ekstraheres med n-heptan, renses på florisilkolonne og inndampes til lite volum. Deretter analyseres prøvene med gasskromatograf med flammeionisasjonsdetektor. Ved analysen bestemmes olje og andre kromatograferbare forbindelser. Det benyttes ekstern standard med fyringsolje nr. 2. Instrumentering: Agilent Technologies 7890N gasskromatograf med flammeionisasjonsdetektor (FID)
Sediment	Kvikksølv	NIVA-metode nr E 4-3. Analyse foretas ved kalddampeteknikk. Kvikksølv et oppkonsentreres i et amalgameringsystem. Instrumentering: Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosampler og P-E Amalgam System AA Accessory.
Sediment	Tinnorganiske forbindelser	NIVA-metode nr H 14. Prøvene tilsettes en indre standard og oppsluttes med alkoholisk lut. Etter pH-justering og direkte derivatisering ekstraheres de tinnorganiske forbindelsene med organiske løsningsmidler og prøvene renses ved hjelp av gel-permeasjonskromatografi og oppkonsentreres. Prøvene analyseres ved bruk av gasskromatografi og atomemisjons-deteksjon, GC-AED. De ulike forbindelsene identifiseres ved hjelp av retensjonstidene som oppnås, og selve kvantifiseringen utføres med den indre standarden. Instrumentering: Hewlett Packard 5890 Series II gasskromatograf med HP 7673 autoinjektor og HP 5921 atomemisjons-detektor.

### 3. Resultater og diskusjon

De analyserte overflatesedimentene inneholdt relativt mye organisk karbon og det klart høyeste innholdet ble observert på stasjon 6 (**Tabell 3**) på ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca 350 m nordøst for Mosseelvas munning (st. 6) (se **Figur 4**) og det laveste på ca. 51 m dyp ved Kambo (st. 10). Organisk karbon i sediment er en viktig energikilde for bunnfauna og er derfor i all hovedsak en nødvendig forutsetning for at en skal ha en normal bunnfauna. Organisk karbon er derfor ikke i seg selv noen miljøgift, men utvikler den giftige forbindelsen hydrogensulfid dersom nedbrytningen skjer uten eller ved svært begrenset tilgang på løst oksygen. Dette er forhold som fort opptrer i sedimenter med høyt innhold av organisk karbon. Resultatene tyder dermed på at sedimentene i Mossesundet er i relativt dårlig forfatning med tanke på innhold av organisk karbon, og på 6 av stasjonene ble det også registrert hydrogensulfidlukkt av sedimentene (**Tabell 1**) noe som i seg selv indikerer at forholdene er dårlige for bunnfauna. Innholdet av organisk karbon i sedimentene fra Mossesundet var også klart høyere enn det som tidligere er observert i Tønsberg havn (Næs mfl. 2002).

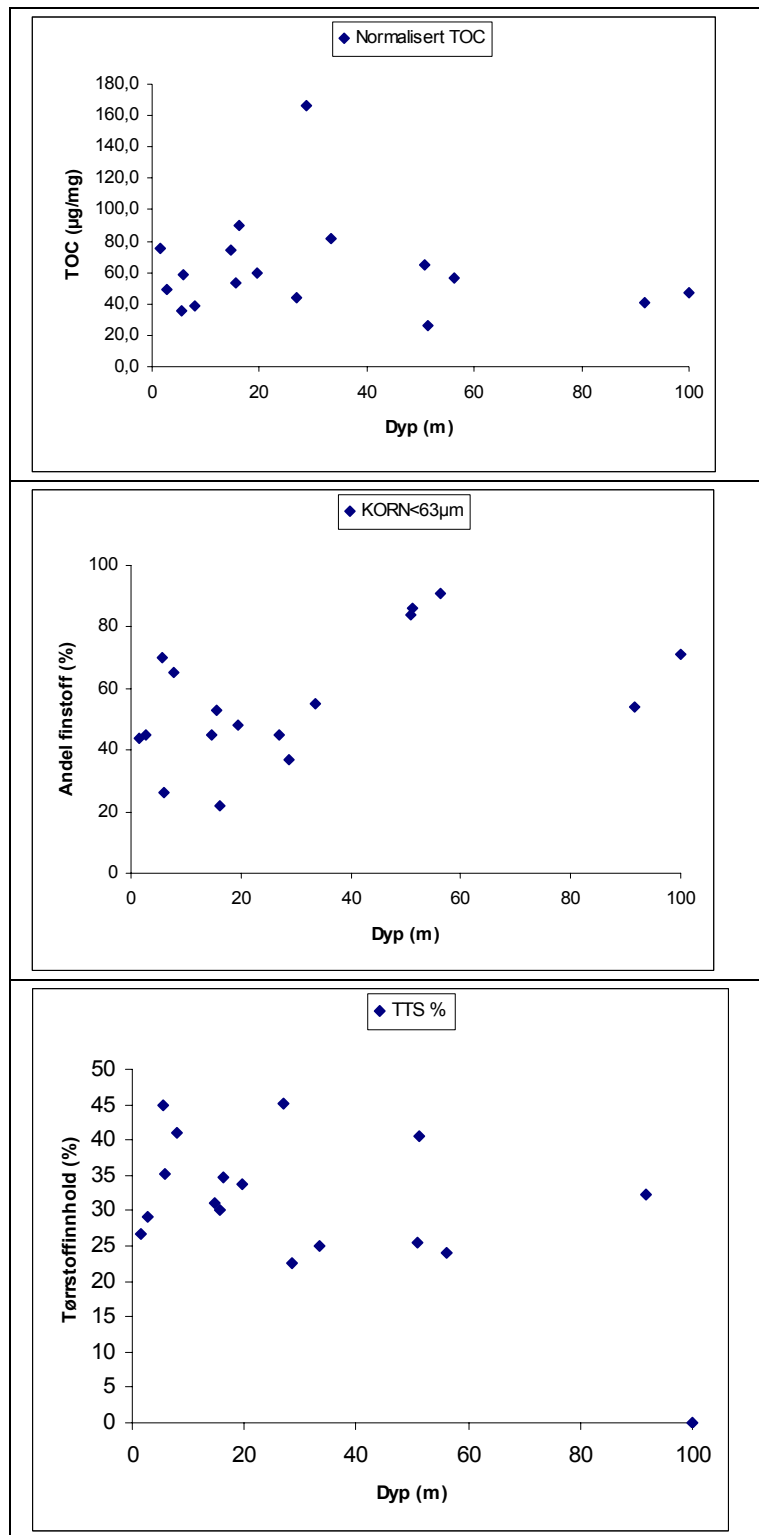
Det var i ingen klar sammenheng mellom dyp og innhold av organisk karbon, kornstørrelse eller vanninnhold (**Figur 6**). På dyp større enn 50 m var sedimentene relativt finkornige, mens andelen finstoff varierte relativt mye blant de grunnere stasjonene. Det groveste sedimentet ble observert på stasjon 4 (**Tabell 3**) på ca. 15 m dyp utenfor munningen av Mosseelva, og det mest finkornige på stasjon 8 på ca. 56 m dyp sydøst for Eggholmen naturreservat.

**Tabell 3.** Tørrstoffinnhold, kornstørrelse og innhold av total mengde organisk karbon (TOC) i bunnsedimenter fra stasjoner i Mossesundet. Beregnede verdier for **TOC** normalisert er klassifisert etter SFTs miljøkvalitetskriterier (Molvær mfl. 1997).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Meget god	
II	God	
III	Mindre god	
IV	Dårlig	
V	Meget dårlig	

	TTS	KORN<63µm	TOC	TOC normalisert <sup>1)</sup>	Dyp
Stasjon	%	% t.v.	µg/mg C TS	µg/mg	(m)
St. 1	33,7	48	50,7	60,1	19,6
St. 2	24,9	55	73,1	81,2	33,4
St. 3	31,1	45	64,9	74,8	14,7
St. 4	34,7	22	75,8	89,8	16,2
St. 5	35,2	26	45,5	58,8	5,9
St. 6	22,5	37	155	166,3	28,6
St. 7	25,6	84	62,4	65,3	50,9
St. 8	24	91	55,1	56,7	56,2
St. 9	40,9	65	31,9	38,2	7,9
St.10	40,6	86	23,9	26,4	51,3
St. 11	45,1	45	34,4	44,3	26,9
St. 12	30,1	53	44,8	53,3	15,7
St. 13	44,8	70	29,7	35,1	5,6
St. 14	32,3	54	33	41,3	91,7
St. 15	26,6	44	65,1	75,2	1,4
St. 16		71	28,8	46,8	100
St. 17	29,1	45	38,8	48,7	2,8

<sup>1)</sup>TOC normalisert = TOC<sub>målt</sub> + 18\*(1-F) hvor F er andelen finstoff



**Figur 6.** Organisk innhold (TOC normalisert, µg/mg), andel finfraksjon (Korn<63 µm) og tørrstoffinnhold (TTS %) i overflatesediment som funksjon av bunndyp på prøvetakingsstedet.

### 3.1 Metaller

En rekke grunnstoffer omtales i miljøsammenheng noe upresist som tungmetaller. Disse er blant annet bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), sink (Zn). Disse er naturlig forekommende grunnstoffer som det ikke er mulig å bryte ned. Kvikksølv er kanskje det tungmetallet en er mest opptatt av i miljøsammenheng. Virkningen av tungmetaller er avhengig av tungmetallenes kjemiske tilstandsform og tilgjengelighet/mobilitet. Kobber har en dokumentert giftvirkning på begroingsorganismer. Kopper brukes derfor i dag i stor utstrekning som en av flere aktive substanser i begroingshindrende maling på mindre båter og skip.

Ut fra et giftighetssynspunkt for bunnfauna er Mossesundet mindre belastet med metallene kadmium, kvikksølv, bly og sink enn med kobber (**Tabell 4** og **Figur 7**). En totalvurdering tilsier at stasjonene 3 og 6 synes å være de mest metallbelastede i Mossesundet.

#### 3.1.1 Kadmium, kvikksølv, bly og sink

De høyeste konsentrasjonene av kadmium, kvikksølv, bly og sink ble observert på stasjonene nærmest Moss (st. 1-6) (**Tabell 4**). For disse metallene forventes ikke toksiske effekter for bunnfauna på stasjoner nord for Rossnestangen, og heller ikke på stasjon 1 og 2 nærmest Mossekanalens nordre munning.

På stasjonene 4, 5 og 6 kan en imidlertid forvente kroniske toksiske effekter ved langtidseksposering for minst ett av disse metallene. På stasjon 3 ble det observert såpass høye konsentrasjoner av Hg og Pb at toksiske effekter ved kortidseksposering er sannsynliggjort.

#### 3.1.2 Kobber

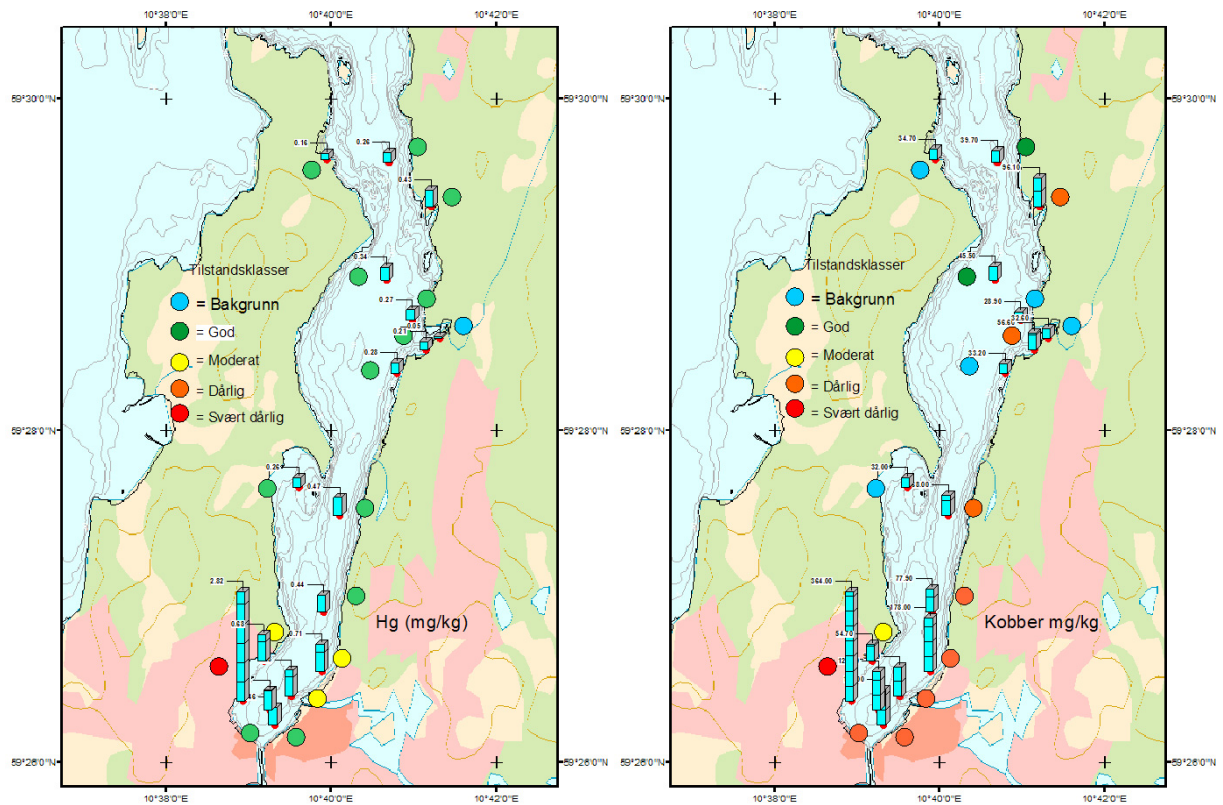
Til dels svært høye kobberkonsentrasjoner ble observert på de 8 stasjonene syd for Eggholmene naturvernreservat dvs. stasjon 1-8, samt på stasjonene 12 og 15 (**Tabell 4**, **Figur 7**) som begge ligger lenger nord og i eller rett ved småbåthavner. På alle disse stasjonene må det forventes toksiske effekter av kobber på bunnlevende organismer og i de fleste tilfeller effekter også ved kortidseksposering.

Siden kobber benyttes som begroingshindrende middel i bunnsstoff på småbåter og skip er det litt overraskende at det ikke ble observert spesielt høye kobberverdier i sedimentet på stasjon 13, som på samme måte som stasjonene 12 og 15, ligger ved en småbåthavn (**Figur 8**).

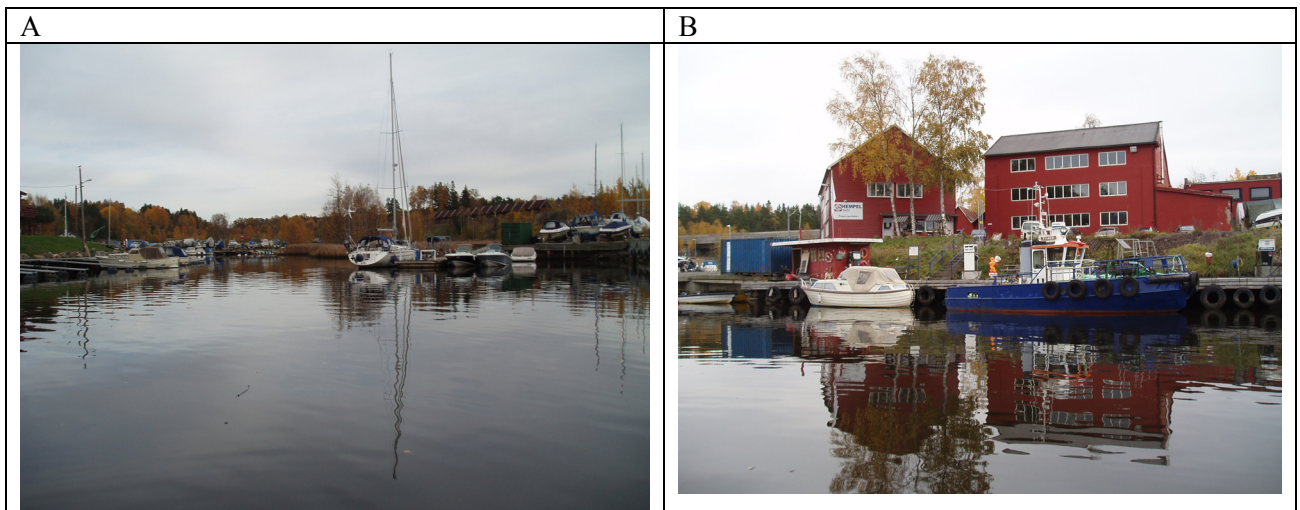
**Tabell 4.** Innhold av metaller i bunnsedimenter fra stasjoner i Mossesundet. Observerte konsentrasjoner er klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007). Resultatet for følgende metaller er vist: kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	

Stasjon	Cd	Hg	Pb	Zn	Cu
	µg/g t.s.				
St. 1	1,6	0,46	50,7	232	119
St. 2	2,4	0,51	56,6	266	129
St. 3	1,9	2,82	127	346	364
St. 4	2	0,68	82,5	278	97,5
St. 5	0,71	0,68	52,2	145	54,7
St. 6	4,7	0,71	94	466	178
St. 7	0,5	0,44	59,7	178	77,9
St. 8	0,3	0,47	57,6	169	68
St. 9	0,3	0,26	29	96,2	32
St. 10	<0,2	0,27	34	98,1	28,9
St. 11	0,3	0,28	34,2	98,5	33,2
St. 12	0,91	0,21	44,5	212	56,6
St. 13	0,3	0,052	31	108	32,6
St. 14	<0,2	0,34	53,4	154	45,5
St. 15	0,87	0,43	34	189	96,1
St. 16	<0,2	0,26	49,4	159	39,7
St. 17	0,6	0,16	30	120	34,7



**Figur 7.** Konsentrasjonen av kvikksølv (venstre) og kobber (høyre) i sediment vist som stolpediagram. Stolpediagrammet er plassert i kartet på posisjonen hvor prøven er tatt. For hvert stolpediagram er det plassert et farget punkt som markerer sedimentets tilstand klassifisert i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).



**Figur 8.** Foto tatt omtrent fra stasjon 13 i nordlig retning (A) og østlig retning (B).



### 3.2 Tinnorganiske forbindelser

Konsentrasjonen av TBT varierte fra ca. 38 til 1900 µg/kg t.v. sediment (**Tabell 5, Figur 9**). De observerte TBT-konsentrasjoner var med unntak av enkelte stasjoner i den nordre delen av Mossesundet høyere enn i Tønsberg havn (Næs mfl. 2002). Det ble observert svært høye konsentrasjoner av TBT i alle prøvene uavhengig om en benytter grenseverdier basert på giftighet eller en mer "forvaltningsmessig klassifisering" (**Tabell 5**). Omfattende toksiske effekter av TBT kan forventes for bunndyr på de aller fleste av de undersøkte stasjonene.

Det var ingen klar sammenheng mellom dyp og konsentrasjonen av TBT i sedimentet. Den største variasjonen i TBT-konsentrasjoner ble imidlertid observert blant stasjoner grunnere enn ca. 25 m hvor stasjon 3 (ca. 15 m) representerer et maksimum i konsentrasjon. Dette var også den stasjonen hvor kobberkonsentrasjonen var høyest (**Tabell 4**).

Tributyltinn (TBT), har tidligere vært benyttet som begroingshindrende middel på skip og småbåter og er blant de giftigste stoffene som med hensikt er introdusert til det marine miljø, og et av de alvorligste miljøgiftproblemene i mange marine områder. Utsiktede effekter av TBT er observert på en rekke andre marine organismer (særlig snegl). Eksempelvis er effekter fra TBT på den meget følsomme purpursneglen (*Nucella lapillus*) observert langs store deler av norskekysten, men effektene er nå flere steder på retur pga de tiltak som er igangsatt for å unngå bruk av TBT som begroingshindrende middel på småbåter og skip. Tinnorganiske forbindelser og da spesielt tributyltinn (TBT) har de siste årene fått mye oppmerksomhet i forbindelse med negative miljøeffekter i marine systemer.

Forurensningsnivået i marine sedimenter er ofte i SFT-klasse "meget sterkt forurenset". Tinnorganiske forbindelser finnes i høye konsentrasjoner i sediment i mange områder av norskekysten (særlig i havner). Med de lave effektgrensene som er dokumentert er det viktig å få avklart i hvilken grad tinnorganiske forbindelser i sediment i et spesielt område utgjør et miljøproblem (risikovurdering).

En antar at tidligere bruk av TBT på småbåter og aktiviteten rundt dette i småbåthavner også er en viktig bidragsyter til de høye TBT-konsentrasjonene en har observert i Mossesundet. Det var en god korrelasjon mellom konsentrasjonen av TBT og kobber i sedimentene (**Figur 10**). Dette kan ha sammenheng med at begge benyttes (Cu) eller har vært benyttet (TBT) i bunnstoff og dermed har samme kilde i resipienten og dermed i betydelig grad spres etter samme mønster.

På alle stasjonene var summen av konsentrasjonen av nedbrytningsproduktene av TBT (MBT og DBT) i samme nivå og til dels høyere enn for den antatte morsubstansen TBT (**Tabell 5**). Dette kan tyde på at ny-tilførselen av TBT i dag er begrenset.

I forhold til TBT ble det i hovedsak målt lave konsentrasjoner av trifenylytinn (TPhT) og dets nedbrytningsprodukter.

**Tabell 5.** Konsentrasjonen av tinnorganiske forbindelser ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.) i sedimenter fra Mossesundet. TBT=tributyltinn, DBT=dibutyltinn, MBT=monobutyltinn, TPhT=trifenyltinn, DPhT=difenyltinn, MPhT=monofenyltinn. Data fra de enkelte prøver er for TBT klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier (TA-2229/2007) som dels er basert på effekter, men som også inneholder en mer forvaltningsmessig klassifisering som er mindre streng.

Fargekoder og grenseverdier brukt av Molvær mfl. 1997.

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	God/lite forurenset	<1
II	Mindre god/moderat forurenset	1-5
III	Nokså dårlig/markert forurenset	5-20
IV	Dårlig/sterkt forurenset	20-100
V	Meget dårlig/meget sterkt forurenset	>100

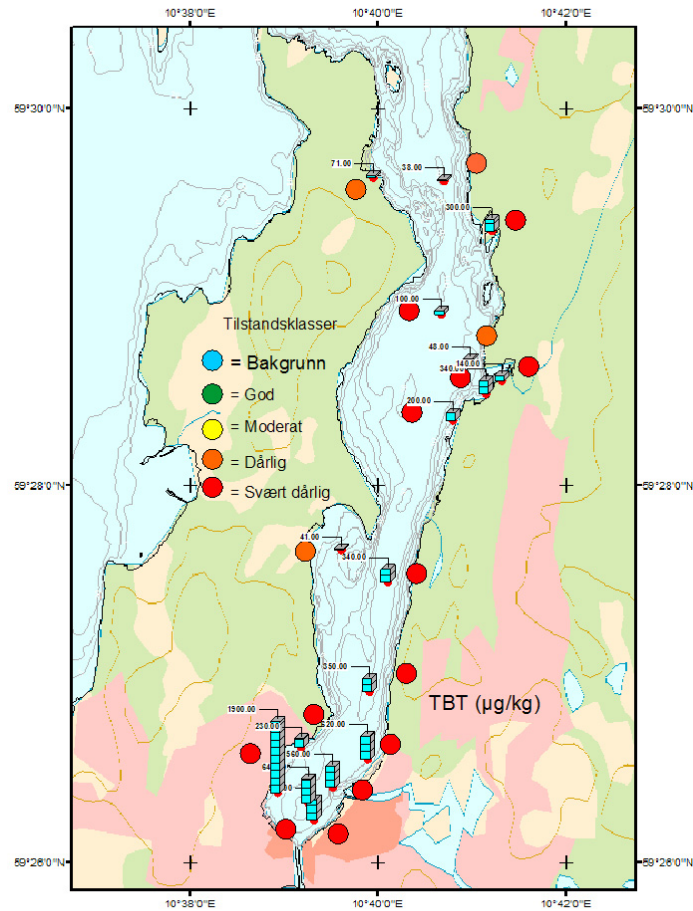
Fargekoder og grenseverdier brukt i SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007, se Vedlegg B. ).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	<1
II	God/ ingen toksiske effekter	<0,002
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	0,002-0,016
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	0,016-0,032
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	>0,032

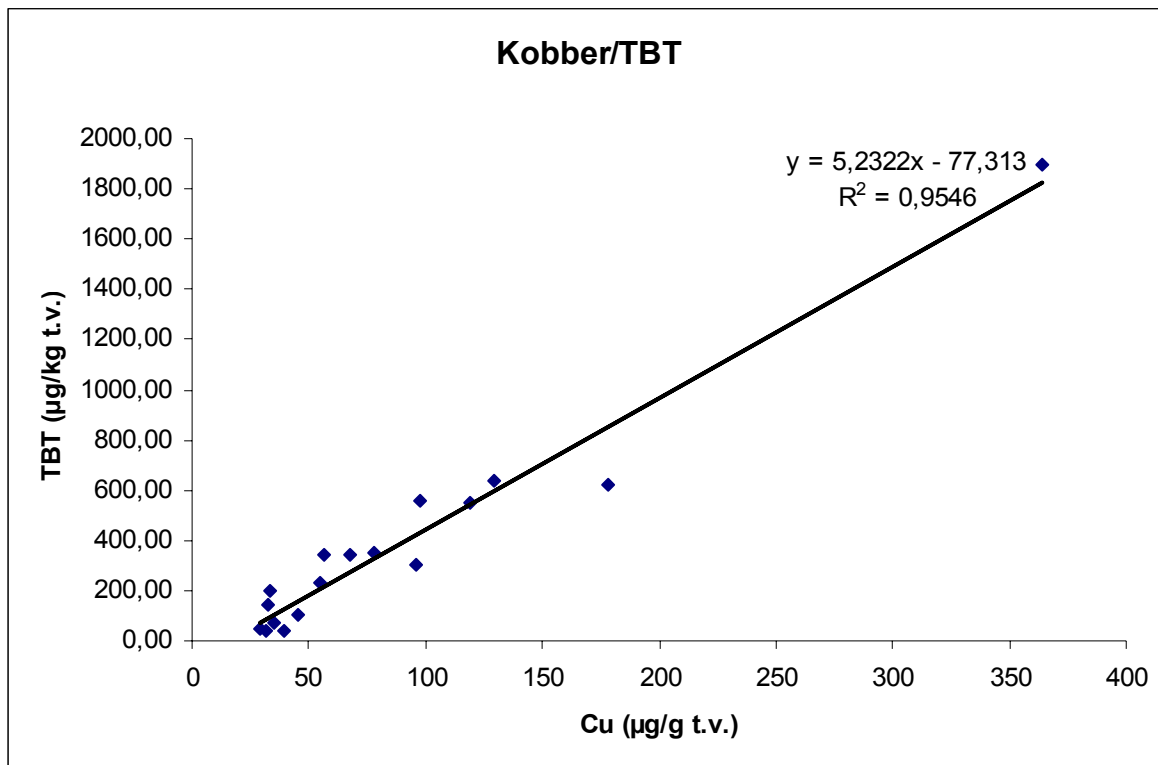
Stasjon	MBT	DBT	TBT <sup>1)</sup>	TBT <sup>2)</sup>	MPhT	DPhT	TPhT
St. 1	520	290	550	550	10	1,1	8,2
St. 2	280	250	640	640	6	1,2	5,7
St. 3	570	650	1900	1900	37	4,9	33
St. 4	110	160	560	560	<1	<1	2,7
St. 5	170	150	230	230	1,8	3,9	3,4
St. 6	150	240	620	620	<1	4	1,7
St. 7	180	94	350	350	12	3,3	11
St. 8	160	71	340	340	11	2,7	14
St. 9	72	31	41	41	1,7	<1	1,9
St.10	58	31	48	48	<1	<1	<1
St. 11	100	96	200	200	3,8	<1	6,3
St. 12	180	210	340	340	2,4	2,3	10
St. 13	39	61	140	140	1,4	<1	6,1
St. 14	68	47	100	100	8,1	2,4	6,4
St. 15	320	290	300	300	3,8	4,9	9,6
St. 16	61	7,7	38	38	<1	<1	1,7
St. 17	53	32	71	71	4,9	2,8	2,1

<sup>1)</sup>Effektbasert klassifisering

<sup>2)</sup>Forvaltningsbasert klassifisering



**Figur 9.** Konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) i sediment vist som stolpediagram. Stolpediagrammet er plassert i kartet på posisjonen hvor prøven er tatt. For hvert stolpediagram er det plassert et farget punkt som markerer sedimentets tilstand klassifisert i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).



**Figur 10.** Konsentrasjonen av tributyltinn (TBT) som funksjon av konsentrasjonen av kobber (Cu) i sediment fra stasjoner i Mossesundet.

### 3.3 Polyklorerte bifenyler (PCB)

PCB er en gruppe klororganiske forbindelser som ikke finnes naturlig i miljøet og det er i hovedsak fortidens bruk av PCB som er blitt nåtidens problem. PCB er svært tungt nedbrytbart, har høy fettløselighet og oppkonsentreres i næringskjeden. Forekomst av PCB i sedimenter og sedimentlevende byttedyr er trolig en viktig kilde for opptak av PCB i fisk. Høye nivåer av PCB i sjømat gjør at en i dag har kostholdsråd for flere områder i Oslofjorden (Oslofjorden innenfor linjen mellom Horten og sydspissen av Jeløya, Tønsbergfjorden, Sandefjordsfjorden) (Økland 2005).

Konsentrasjonen av  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub> varierte fra ca. 7 til 156 µg/kg t.v. sediment (**Tabell 6, Figur 11**). På 10 av 17 stasjoner ble det observert PCB-konsentrasjoner som kan tenkes å gi kroniske effekter ved langtidseksponering, mens det på de øvrige 7 stasjonene ikke forventes toksiske effekter av PCB (**Tabell 6**). Den desidert høyeste konsentrasjonen ble observert på stasjon 6 på ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca 350 m nordøst for Mosseelvas munning. Ca. 220 m nord for denne stasjonen er det tidligere observert en ekstrem høy  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon (1342 µg/kg t.v.) noe som tyder på en lokal hotspot. Den laveste  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub>-konsentrasjon ble observert på stasjon 16 på 100 m dyp nord i undersøkelsesområdet (st. 16). Konsentrasjonen av Sum PCB<sub>7</sub> på flertallet av stasjonene i Mossesundet var høyere enn det som er observert i Tønsberg havn (Næs mfl. 2002).

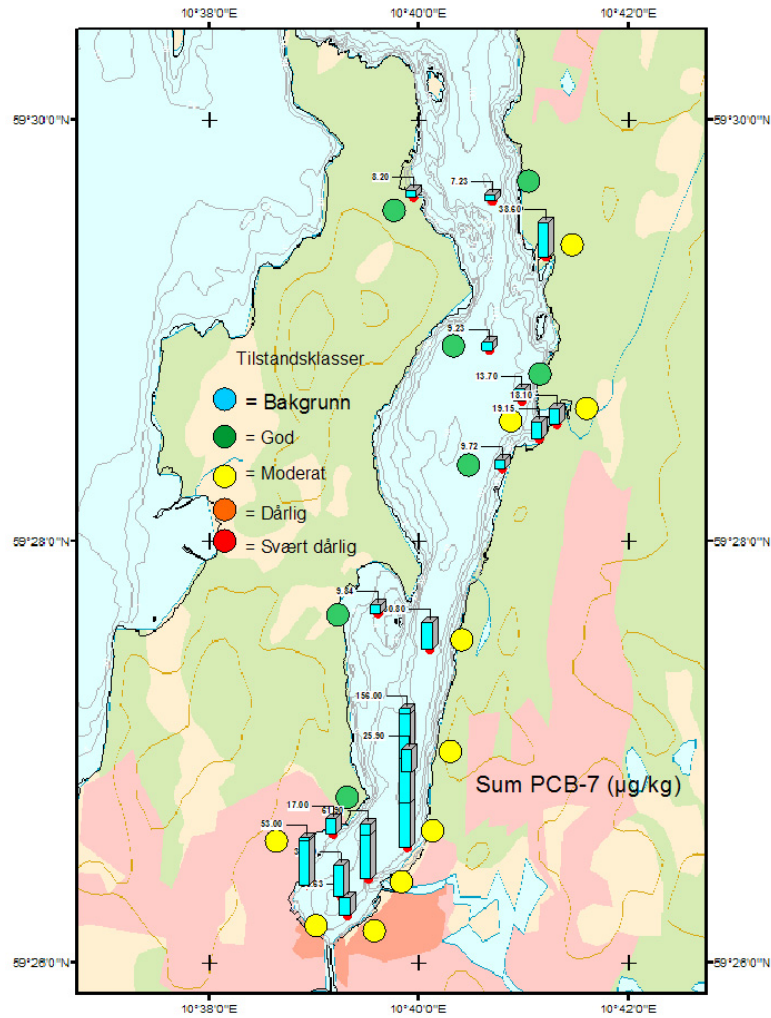
Resultatene viser at overflatesedimentet i den søndre delen av Mossesundet er betydelig belastet med PCB (særlig stasjon 6). I den nordre delen av Mosseundet peker stasjon 15 seg ut som et område som kan ha /har hatt en PCB-kilde. Denne stasjonen ligger rett nord for grensen til Vestby og inn i en bukt hvor det blant annet er et kaianlegg.

**Tabell 6.** Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler(PCB) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.) i sedimenter fra Mossesundet. Data fra de enkelte prøver klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	<5
II	God/ ingen toksiske effekter	5-17
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	17-190
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	190-1900
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	>1900

	Klassifisering etter TA-2229/2007
Stasjon	$\Sigma \text{PCB}_7^1$
St. 1	20,63
St. 2	34,9
St. 3	53
St. 4	61,9
St. 5	17
St. 6	156
St. 7	25,9
St. 8	30,8
St. 9	9,84
St. 10	13,7
St. 11	9,72
St. 12	19,15
St. 14	18,1
St. 13	9,23
St. 15	38,6
St. 16	7,23
St. 17	8,2

<sup>1)</sup> $\Sigma \text{PCB}_7$  er summen av konsentrasjonen av PCB-kongener nr 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180.



**Figur 11.** Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler ( $\Sigma$  PCB<sub>7</sub>) i sediment vist som stolpediagram. Stolpediagramme er plassert i kartet på posisjonen hvor prøven er tatt. For hvert stolpediagram er det plassert et farget punkt som markerer sedimentets tilstand klassifisert i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

### 3.4 Utvalgte klorpesticider

De klorpesticider som omtales her er i dag ikke i aktiv bruk i Norge. Forbindelsene har tidligere vært brukt til insektbekjempelse (DDT,  $\gamma$ -HCH), soppmiddel (HCB) eller er et biprodukt ved industrielle prosesser (HCB). Forbindelsene transporteres fremdeles til norske områder via hav- og luftstrømmer fra bruk i andre områder av verden og det finnes fremdeles lokale kilder i Norge som skyldes tidligere bruk.

Konsentrasjonen av heksaklorbensen (HCB)  $\alpha$  og  $\gamma$  heksaklorsyκλοheksan (HCH) og summen av diklordifenyldikloreten (DDE) og diklordifenyldikloreten (DDD) var generelt lav i alle sedimentprøvene fra Mossesundet (**Tabell 7**) og en forventer ikke toksiske effekter av noen av disse forbindelsene for bunndyr i området.

**Tabell 7.** Konsentrasjonen av heksaklorbensen (HCB)  $\alpha$  og  $\gamma$  heksaklorsyκλοheksan (HCH) og summen av diklordifenyldikloreten (DDE) og diklordifenyldikloreten (DDD) i sedimenter fra Mossesundet. Alle data er oppgitt som ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.). Data fra de enkelte prøver er klassifisert i tilstandsklasser i henhold til SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007 se 6.Vedlegg B. ).

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	

Stasjon	HCB	Lindan ( $\gamma$ HCH)	$\alpha$ HCH	DDD+DDE <sup>2</sup>
St. 1	0,98	<0,5	<0,5	2,19
St. 2	0,47	<0,5	<0,5	3
St. 3	0,35	<0,5	<0,5	4,5
St. 4	0,55	<0,5	<0,5	4,1
St. 5	0,48	<0,5	<0,5	1,96
St. 6	2,5	<0,5	0,81	10,6
St. 7	0,34	<0,5	<0,5	3,2
St. 8	0,42	<0,5	<0,5	2,7
St. 9	<0,3	<0,5	<0,5	<1,72-0,72
St. 10	<0,3	<0,5	<0,5	<1,5
St. 11	<0,3	<0,5	<0,5	<1,5
St. 12	0,3	<0,5	<0,5	<1,8-0,8
St. 13	0,93	<0,5	<0,5	<1,5
St. 14	<0,3	<0,5	<0,5	<1,5
St. 15	<0,3	<0,5	<0,5	2,4-1,4
St. 16	<0,3	<0,5	<0,5	<1,5
St. 17	<0,3	<0,5	<0,5	<1,5

<sup>2)</sup>Grenseverdien gjelder for summen av DDE, DDD, DDT. Klassifisering som er gjort i tabellen kan derfor ha underestimert forurensningsgraden fordi DDT ikke er analysert.

### 3.5 AOX

Konsentrasjonen av sumparameteren ”adsorberbart organisk bundet halogen” (AOX) er en parameter som har vært brukt i forbindelse med utslipp av klororganiske forbindelser fra treforedlingsindustri.

Konsentrasjonen av AOX varierte relativt lite i overflatesedimentet fra de undersøkte stasjonene i Mossesundet (**Tabell 8**). Stasjon 6, 7 og 8 og til dels stasjon 14 hadde likevel noe høyere verdier enn de øvrige stasjonene.

AOX inngår ikke i SFTs miljøklassifiseringssystem. De konsentrasjonene av AOX som er observert i Mossesundet ligger omtrent i samme nivå som det som tidligere er observert i Hvalerområdet (Berge mfl. 2003) hvor konsentrasjonen varierte innefor intervallet 136-358 mg/kg t.v. dvs. grovt sett i samme nivå som i Mossesundet (**Tabell 8**). Det var ingen tendens til at konsentrasjonen av AOX avtok med avstanden fra Petterson og søn AS slik en muligens kunne forvente dersom bedriften har hatt store utslipp av AOX.

Borregaard har hatt store utslipp av AOX til Glomma (130-140 tonn pr. år i perioden 1995-2001) uten at dette ga seg utslag i avtagende konsentrasjoner i sediment med avstand fra Glommas munningsområde. Dette kan tyde på at AOX er lite egnet som overvåkingsparameter. Andre undersøkelser viser også at parameteren AOX er lite meningsfull (Müller 2003). Dette begrunnes blant annet med at adsorberbare halogenerte forbindelser ikke kan karakteriseres som naturlige/antropogene, biotiske/abiotiske, skadelige/ufarlige. Når AOX analyseres i sediment står en også i fare for å få med mineralogent bundet halogen som hverken er organisk eller adsorberbar og dermed per definisjon ikke er AOX (Müller 2003). Dessuten finnes det mange naturlig produserte halogenforbindelser som kan fanges opp i AOX-analysen.

Ut fra dagens kunnskap om AOX anses det derfor i miljøsammenheng lite formålstjenelig å benytte AOX for å vurdere mulige effekter og kartlegge graden av spredning av et industriutslipp i en resipient.

**Tabell 8.** Konsentrasjonen av AOX (adsorberbart organisk bundet halogen) (mg/kg t.v.) i sedimenter fra Mossesundet.

	Avstand fra Petterson og søn AS (m)	AOX
Stasjon		
St. 2	727	245
St. 6	150	304
St. 7	812	319
St. 8	1900	321
St. 9	2300	194
St. 10	4300	199
St. 14	4700	281
St. 16	6000	



### 3.6 Olje

Innholdet av olje (THC) i overflatesedimentene varierte fra 28 til 7820  $\mu\text{g/g}$  t.v. De høyeste konsentrasjonene ligger i den sydlige delen av undersøkelsesområdet (stasjon 1- 4, 6 og 7) (**Tabell 9**).

Olje inngår ikke i SFTs miljøkvalitetskriterier for fjorder og kystvann (Molvær mfl. 1997, SFT 2007). Olje er nedbrytbar og oppkonsentreres ikke i næringskjeden og regnes derfor ikke blant de mest problematiske miljøgiftene.

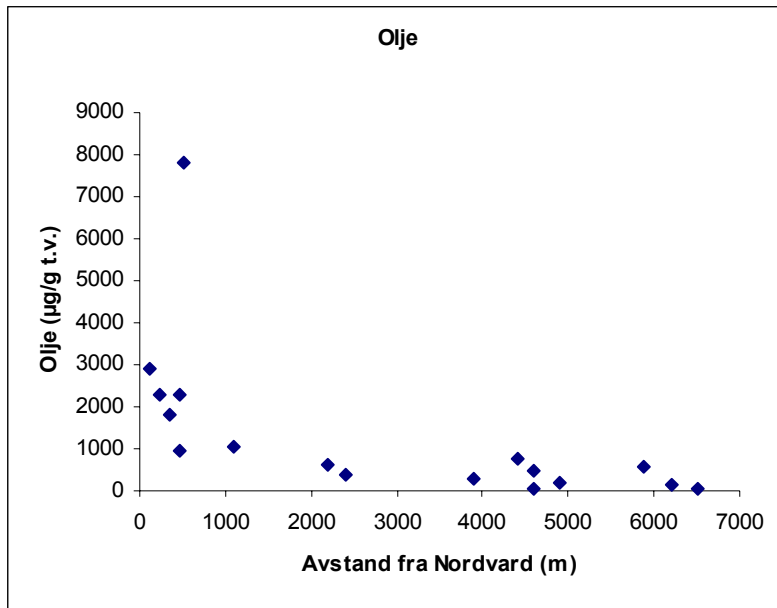
Bakgrunnskonsentrasjonen av olje i kystnære marine sedimenter regnes å ligge mellom 2 og 5  $\mu\text{g THC g}^{-1}$  (t.v.) (Bakke et al. 1990). De observerte konsentrasjonene i sedimentet i Mossesundet ligger dermed fra 5,6 (stasjon 17) til 1564 (stasjon 6) ganger høyere enn det som må betraktes som normalt i kun diffust belastede områder. Dette betyr at de aller fleste stasjoner må betraktes som sterkt forurenset av olje.

Det opprinnelig norske skipet "Nordvard" ble senket i Mossesundet i 1944. Vraket ligger på ca. 35 m dyp syd i Mossesundet relativt nær Mosseelvas munning (**Figur 5**). Det har lekket olje over lang tid, men ble i 2007 tømt for det meste av oljen (ca. 500  $\text{m}^3$ ) slik at miljørisikoen knyttet til vraket er betydelig redusert i følge Kystverket.

Trolig har utlekking av bunkersolje fra "Nordvard" (se **Figur 5**) en del av skylden for at en spesielt i søndre delen av Mossesundet har såpass høye konsentrasjoner av olje. I søndre del av Mossesundet har en også annen aktivitet (industri, småbåthavner, skipsfart, skipsverft, nærhet til byområde) som også potensielt kan føre til utslipp av olje og andre forurensninger. Den høye konsentrasjonen av olje nær vraket av "Nordvard" (**Figur 12**) behøver derfor ikke å skyldes lekkasjen fra "Nordvard" alene.

**Tabell 9.** Konsentrasjonen av olje (THC) i sedimenter fra Mossesundet.

Stasjon	Olje ( $\mu\text{g/g}$ t.v.)
St. 1	1830
St. 2	2300
St. 3	2290
St. 4	2890
St. 5	960
St. 6	7820
St. 7	1030
St. 8	620
St. 9	370
St. 10	65
St. 11	270
St. 12	780
St. 13	480
St. 14	200
St. 15	560
St. 16	141
St. 17	28



**Figur 12.** Konsentrasjonen av olje (THC) i sedimenter i ulike avstander fra vraket av "Norvard".

### 3.7 Benzen, toluen og xylen

Konsentrasjonen av benzen, trimetylbenzen, etylbenzen, toluen og xylen var under deteksjonsgrensen i alle prøvene (Tabell 10).

**Tabell 10.** Konsentrasjonen av 1,2,4 trimetylbenzen, 1,3,5 trimetylbenzen, benzen, etylbenzen, toluen, m+p xylen og o-xylen i sedimenter fra Mossesundet.

Stasjon	1,2,4 trimetylbenzen (µg/kg t.v.)	1,3,5 trimetylbenzen (µg/kg t.v.)	Benzen (µg/kg t.v.)
St. 1	<20	<20	<5
St. 2	<20	<20	<5
St. 3	<20	<20	<5
St. 4	<20	<20	<5
St. 5	<20	<20	<5
St. 6	<20	<20	<5
St. 7	<20	<20	<5
St. 8	<20	<20	<5
St. 9	<20	<20	<5
St.10	<20	<20	<5
St. 11	<20	<20	<5
St. 12	<20	<20	<5
St. 13	<20	<20	<5
St. 14	<20	<20	<5
St. 15	<20	<20	<5
St. 16	<20	<20	<5
St. 17	<20	<20	<5

Stasjon	Etylbenzen (µg/kg t.v.)	Toluen (µg/kg t.v.)	m+p xylen (µg/kg t.v.)	o-xylen (µg/kg t.v.)
St. 1	<10	<5	<10	<10
St. 2	<10	<5	<10	<10
St. 3	<10	<5	<10	<10
St. 4	<10	<5	<10	<10
St. 5	<10	<5	<10	<10
St. 6	<10	<5	<10	<10
St. 7	<10	<5	<10	<10
St. 8	<10	<5	<10	<10
St. 9	<10	<5	<10	<10
St.10	<10	<5	<10	<10
St. 11	<10	<5	<10	<10
St. 12	<10	<5	<10	<10
St. 13	<10	<5	<10	<10
St. 14	<10	<5	<10	<10
St. 15	<10	<5	<10	<10
St. 16	<10	<5	<10	<10
St. 17	<10	<5	<10	<10

### 3.8 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

PAH består av mange forskjellige forbindelser. Noen av disse er giftige. PAH dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk materiale og finnes i en rekke oljeprodukter. Aluminiumsindustrien og vedfyring er trolig de største kildene til utslipp av PAH, men lokalt kan utslipp av oljeprodukter også være en betydelig kilde. I motsetning til PCB hopes sjeldent PAH opp i næringskjeden, fordi de brytes ned av bakterier og organismer. I sedimentene kan imidlertid PAH ligge lagret i mange år og nedbrytningen i sediment uten oksygen stopper nærmest helt opp. I enkelte fjorder med store PAH-utslipp er det likevel kostholdsråd knyttet til forhøyede nivåer av PAH i sjømat (gjelder særlig skjell) (Økland 2005). Ingen lokaliteter i Oslofjordområdet har kostholdsråd pga. høye nivåer av PAH.

#### 3.8.1 Sum PAH<sub>16</sub>

Det ble observert høye  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub>-konsentrasjoner på 11 av 17 stasjoner (**Tabell 11, Figur 13**). De høyeste  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub>-konsentrasjonene ble i hovedsak observert på stasjoner syd for Kjellandsvik (stasjonene 1-9), men det ble også observert høy konsentrasjon på stasjonene 10 og 14 som også ligger relativt nær Kambo (**Figur 4**). Konsentrasjonen av  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub> på disse 11 stasjonene var såpass høy at en kan forvente toksiske effekter på bunnfauna. På 4 av disse stasjonene (stasjon 3, 4, 5 og 6) var konsentrasjonene såpass høye at en må forvente toksiske effekter på bunndyr selv ved bare korttidseksposering. På samme måte som for olje ble de høyeste konsentrasjonene observert nær vraket av "Nordvard" (**Figur 14**).

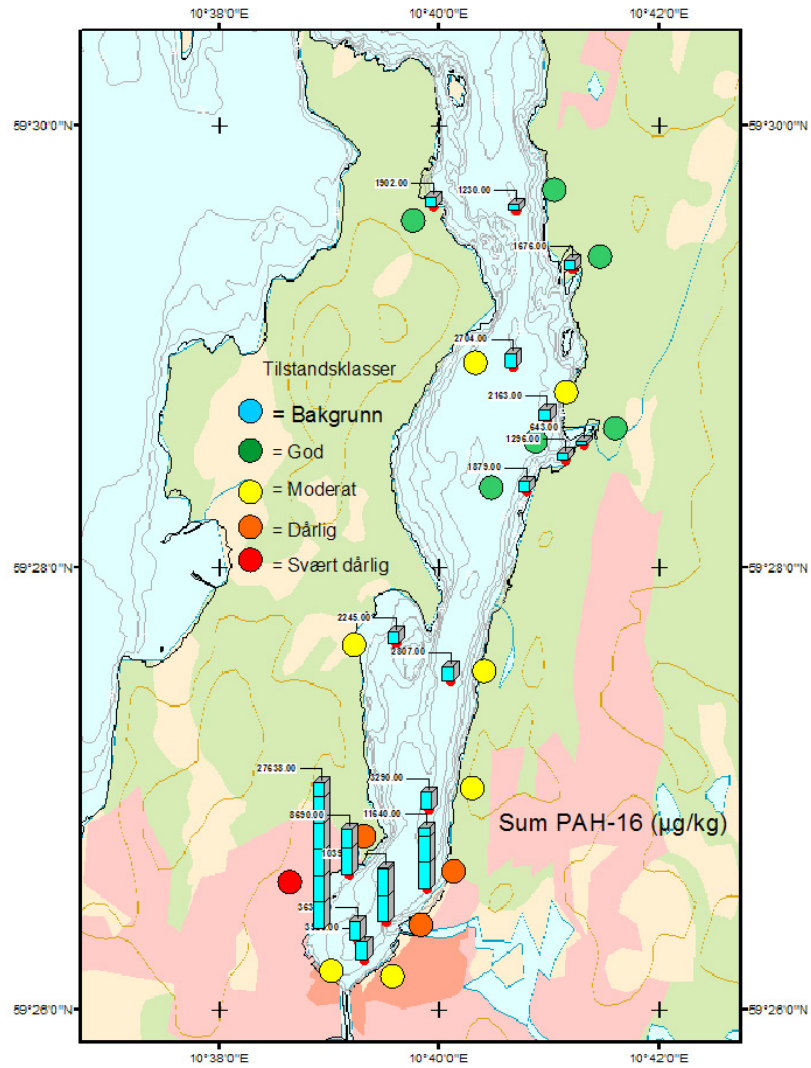
Konsentrasjonen av Sum PAH<sub>16</sub> på alle stasjonene i Mossesundet unntatt stasjon 13 var høyere enn det som er observert i Tønsberg havn (Næs mfl 2002).

**Tabell 11.** Konsentrasjonen av polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\Sigma\text{PAH}_{16}$  dvs. summen av 16 enkeltforbindelser) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.) i sedimenter fra stasjoner i Mossesundet. Data fra de enkelte prøver er klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

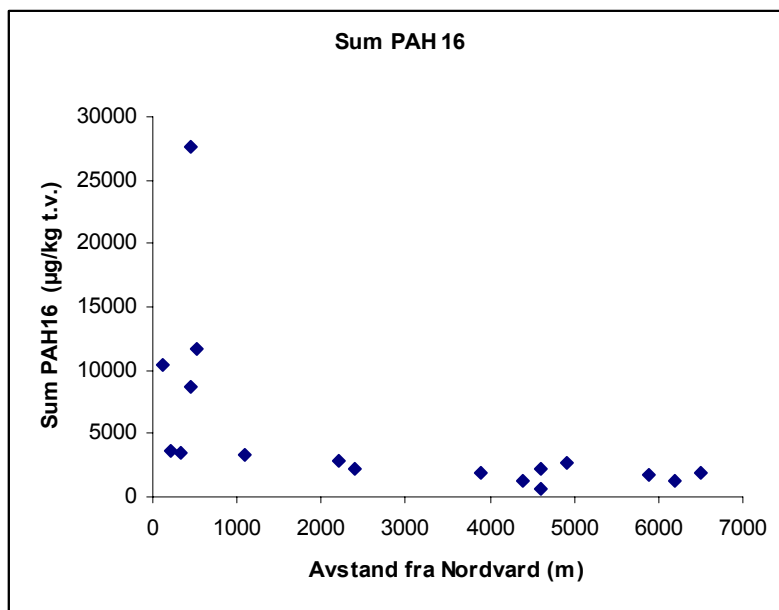
Fargekoder og grenseverdier brukt ved klassifiseringen:

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	<300
II	God/ ingen toksiske effekter	300-2000
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	2000-6000
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	6000-20000
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	>20000

Stasjon	$\Sigma \text{PAH}_{16}$
St. 1	3525
St. 2	3635
St. 3	27638
St. 4	10394
St. 5	8690
St. 6	11640
St. 7	3290
St. 8	2807
St. 9	2245
St.10	2163
St. 11	1879
St. 12	1296
St. 13	643
St. 14	2704
St. 15	1676
St. 16	1230
St. 17	1902



**Figur 13.** Konsentrasjonen av polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\Sigma\text{PAH}_{16}$ , dvs. summen av 16 enkeltforbindelser) i sediment vist som stolpediagram. Stolpediagrammene er plassert i kartet på posisjonen hvor prøven er tatt. For hvert stolpediagram er det plassert et farget punkt som markerer sedimentets tilstand klassifisert i henhold til SFTs miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).



**Figur 14.** Konsentrasjonen av sum PAH<sub>16</sub> i sedimenter i ulik avstand fra vraket av "Nordvard".

### 3.8.2 PAH-enkeltkomponenter

SFTs nye klassifiseringssystem for PAH omfatter 16 enkeltforbindelser, hvorav kun benzo(a)pyren var med i den tidligere utgaven av klassifiseringssystemet. I **Tabell 12** og **Tabell 13** vises resultatet av klassifiseringen basert på enkeltforbindelser. For halvparten av forbindelsene (naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantrene, chrysen, benzo(a)pyren og benzo(k)fluoranten) ble det observert konsentrasjoner som antas å medføre giftighet for bunnfauna på en eller flere av stasjonene i den sydligste delen av Mossesundet (dvs. stasjonene 2-7, men ikke stasjon 1 nærmest Mossekanalen)). På stasjonene nord for Rossnestangen ble det i hovedsak ikke observert konsentrasjoner av disse 8 forbindelsene som antas å medføre giftighet for bunnfauna.

For de øvrige forbindelsene (antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(ghi)perylene, dibenz(ac+ah)antracen, benzo(b+j)fluoranten) var konsentrasjonene hver for seg såpass høye at toksiske effekter av enkeltforbindelser kan forventes på flertallet av stasjonene i hele undersøkelsesområdet, dvs. også i den nordlige delen av Mossesundet (**Tabell 13**). Ser en på alle enkeltforbindelsene samlet så må en forvente toksiske effekter ved kortidseksponering på alle stasjonene.

**Tabell 12.** Konsentrasjonen av enkeltforbindelser av polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.) i sedimenter fra stasjoner i Mossesundet. Data fra de enkelte prøver er klassifisert etter SFTs nye miljøkvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

Fargekoder brukt ved klassifiseringen ses nedenfor. Grenseverdiene som er benyttet finnes i vedlegg B.

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksposering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksposering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksposering	

Stasjon	Naftalen	Acenaftylene	Acenaften	Fluoren	Fenantren	Chrysen	Benzo(a)pyren	Benzo(k)fluoranten
St. 1	35	22	13	23	160	230	290	180
St. 2	41	72	15	28	160	180	240	150
St. 3	240	98	180	360	2500	2000	2800	1400
St. 4	83	120	45	76	620	670	910	460
St. 5	89	18	62	71	610	740	800	430
St. 6	330	210	120	220	900	620	670	360
St. 7	43	36	18	25	150	190	240	160
St. 8	44	23	10	18	140	170	210	150
St. 9	22	5,8	11	13	94	130	180	130
St.10	24	7,5	7	21	190	150	180	120
St. 11	37	5,8	14	16	100	140	160	110
St. 12	12	3,7	6,3	9	67	77	100	84
St. 13	3,7	2,2	<2	2,8	44	55	56	38
St. 14	55	5,2	25	26	210	180	230	160
St. 15	11	6,6	4,7	4,7	13	140	82	96
St. 16	30	5	5,1	5,1	11	89	95	90
St. 17	10	3,4	3,1	3,1	7,7	120	170	130



**Tabell 13.** Konsentrasjonen av enkeltforbindelser av polysykliske aromatiske hydrokarboner ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  t.v.) i sedimenter fra stasjoner i Mossesundet. Data fra de enkelte prøver er klassifisert etter SFTs nye miljøløskvalitetskriterier basert på effekter (TA-2229/2007).

Fargekoder brukt ved klassifiseringen ses nedenfor. Grenseverdiene som er benyttet finnes i vedlegg B.

Stasjon	Antracenen	Fluoranten	Pyren	Benzo(a)antracenen
St. 1	410	540	490	230
St. 2	830	450	440	190
St. 3	1100	4300	3800	2200
St. 4	1200	1700	1500	770
St. 5	260	1500	1300	730
St. 6	3600	1200	1000	570
St. 7	380	420	440	200
St. 8	230	350	360	170
St. 9	55	270	340	130
St. 10	75	320	280	150
St. 11	60	250	280	110
St. 12	69	170	160	69
St. 13	9,4	96	86	42
St. 14	98	360	340	180
St. 15	40	430	300	92
St. 16	39	160	160	81
St. 17	37	280	280	120

Stasjon	Indeno(1,2,3cd)pyren	Benzo(ghi)perylene	Dibenz(ac+ah)antracenen <sup>1)</sup>	Benzo(b+j)Fluoranten <sup>1)</sup>
St. 1	200	230	42	430
St. 2	190	230	39	380
St. 3	1400	1500	360	3400
St. 4	500	530	110	1100
St. 5	470	500	110	1000
St. 6	350	410	100	980
St. 7	230	300	48	410
St. 8	220	290	42	380
St. 9	190	300	34	340
St. 10	140	180	28	290
St. 11	130	160	26	280
St. 12	110	130	19	210
St. 13	43	55	9,4	100
St. 14	190	230	35	380
St. 15	74	87	14	230
St. 16	140		24	230
St. 17	140	190	23	300

1) Ikke med i klassifiseringssystemet

## 4. Konklusjoner

### 4.1 Overordnet

Ut fra en totalvurdering har undersøkelsen avdekket at det er den sydlige delen av Mossesundet som er mest forurenset og hvor tiltak først bør vurderes. I utgangspunktet er det imidlertid ingen stasjoner i Mossesundet hvor en kan utelukke at minst en av de analyserte forbindelsene kan tenkes å gi toksiske effekter på bunnfauna (**Tabell 14**). Mossesundet fremstår som generelt mer forurenset enn en del andre bynære områder i ytre Oslofjord (eksempelvis Tønsberg havn).

Den gjennomførte risikovurderingen tyder på at risikoen for skade på sedimentlevende dyr er for høy i alle de tre delområdene. Beregnet spredning av miljøgifter fra sedimentet i alle delområdene til andre deler av økosystemet er også høyere enn spredningen fra et "akseptabelt" sediment (dvs. i tilstandsklasse I eller II). Dette fører til at risikoen for skade på human helse ved konsum av lokal sjømat heller ikke er akseptabel (på grunn av utlekking av PCB, TBT og benzo(a)pyren), og at det er risiko for skade på organismer i vannmassene i alle de tre delområdene p.g.a. utlekkingen av TBT. Risikovurderingen som er gjennomført tyder derfor ikke på at noen av de tre hovedområdene som er vurdert kan "friskmeldes".

Totalt sett viser resultatene at det bør gjennomføres en videre tiltaksvurdering med tanke på å redusere den risiko som sedimentene i Mossesundet sannsynligvis representerer. Gjennomføring av Trinn 3 i SFTs risikoveileder for forurenset sediment kan være en del av den videre tiltaksvurderingen. Som ledd i den videre tiltaksvurderingen bør det lages et tilførselsregnskap for området som også dekker andre kilder enn sedimentene. Det bør utarbeides lokale miljømål for området. Videre bør man identifisere og fylle eventuelle kunnskapshull (eksempelvis forekomst av miljøgifter i organismer).

**Tabell 14.** Konsentrasjon av utvalgte miljøgifter i Mossesundet. Hg=kvikksølv, Cu=kobber, TBT=tributyl tinn,  $\Sigma$  PCB<sub>7</sub>=summen av syv enkeltkomponenter av polyklorerte bifenyl,  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub>=summen av 16 enkeltforbindelser av polysykliske aromatiske hydrokarboner.

Fargekoder og grenseverdier brukt i klassifiseringen:

Tilstandsklasse	Tilstand/forurensningsgrad	Markering
I	Bakgrunn/Bakgrunnsnivå	
II	God/ ingen toksiske effekter	
III	Moderat/Kroniske effekter ved langtidseksponering	
IV	Dårlig/Toksiske effekter ved korttidseksponering	
V	Svært dårlig/Omfattende toksiske effekter ved korttidseksponering	

Stasjon	Avstand fra Moss	Hg	Cu	TBT	$\Sigma$ PCB <sub>7</sub>	$\Sigma$ PAH <sub>16</sub>
	km	$\mu\text{g/g t.s.}$		$\mu\text{g/kg t.v.}$		
St. 1	0,3	0,46	119	550	20,63	3525
St. 2	0,6	0,51	129	640	34,9	3635
St. 3	0,6	2,82	364	1900	53	27638
St. 4	0,6	0,68	97,5	560	61,9	10394
St. 5	1	0,68	54,7	230	17	8690
St. 6	1,1	0,71	178	620	156	11640
St. 7	1,7	0,44	77,9	350	25,9	3290
St. 8	2,8	0,47	68	340	30,8	2807
St. 9	3,0	0,26	32	41	9,84	2245
St. 10	5,1	0,27	28,9	48	13,7	2163
St. 11	4,5	0,28	33,2	200	9,72	1879
St. 12	4,9	0,21	56,6	340	19,15	1296
St. 13	5,1	0,052	32,6	140	18,1	643
St. 14	5,5	0,34	45,5	100	9,23	2704
St. 15	6,4	0,43	96,1	300	38,6	1676
St. 16	6,8	0,26	39,7	38	7,23	1230
St. 17	6,7	0,16	34,7	71	8,2	1902

**Forbindelser med lave konsentrasjoner i mesteparten av Mossesundet:** Enkelte miljøgifter (Cd, Zn, HCB, Lindan, DDD + DDE, naftalen, acenaften, fluoren, 1,2,4 trimetylbenzen, 1,3,5 trimetylbenzen, benzen, etylbenzen, toluen, m+p xylen og o-xylen) ble observert i lave konsentrasjoner på de aller fleste stasjoner. Med enkelte unntak kan derfor hele Mossesundet friskmeldes med hensyn til mulige effekter på bunnfauna forårsaket av disse forbindelsene.

**Forbindelser med høye konsentrasjoner i deler av Mossesundet:** For en del av parameterene (Cd, Hg, Pb, Zn, naftalen, acenaften, fluoren, fenantrene, chrysen, benzo(a)pyren og benzo(k)fluoranten) var observasjoner av høye konsentrasjoner (klasse III eller høyere) kun begrenset til en eller flere stasjoner i den søndre delen av Mossesundet (dvs. syd for Eggholmene naturreservat). Den nordre delen av Mossesundet kan derfor friskmeldes med hensyn til mulige effekter på bunnfauna forårsaket av disse forbindelsene.

**Forbindelser med høye konsentrasjoner i mesteparten av Mossesundet:** For de andre parameterene (TOC, Cu, TBT, PCB, sum PAH16, antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(ghi) perylen, dibenz(ac+ah)antracen, benzo(b+j)fluoranten) ble det imidlertid observert høye konsentrasjoner også på stasjoner i den nordre delen av Mossesundet. For disse parameterene er det derfor svært få eller ingen stasjoner i Mossesundet som kan friskmeldes med hensyn til mulige effekter på bunnfauna.

## 4.2 Hovedgrupper av forbindelser

### Organisk karbon:

De analyserte overflatesedimentene inneholdt mye organisk karbon. Det klart høyeste innholdet ble observert på ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca. 350 m nordøst for Mosseelvas munning (st. 6) og det laveste på ca. 51 m dyp ved Kambo (st. 10).

### Metaller:

For metallene kadmium, kvikksølv, bly og sink forventes ikke toksiske effekter for bunnfauna på stasjoner nord for Rossnestangen, og heller ikke på stasjon 1 og 2 nærmest Mossekanalens nordre munning. Til dels svært høye kobberkonsentrasjoner ble observert på de 8 stasjonene syd for Eggholmene naturvernresevat, samt på st. 12 og 15 som begge ligger lenger nord og i, eller rett ved småbåthavner. På alle disse 10 stasjonene må det forventes toksiske effekter av kobber på bunnlevende organismer og i de fleste tilfeller effekter også ved korttidseksposering. Ut fra et giftighetssynspunkt for bunnfauna er Mossesundet mindre belastet med metallene kadmium, kvikksølv, bly og sink enn med kobber. Ut fra en totalvurdering synes st. 3 (i havneområdet) og st. 6 (ca. 29 m dyp på østsiden av Mossesundet ca. 350 m nordøst for Mosseelvas munning) å være de mest metallbelastede.

### Tinnorganiske forbindelser

Det ble observert svært høye konsentrasjoner av TBT i alle prøvene uavhengig av om en benytter grenseverdier basert på giftighet eller en mer "forvaltningsmessig" klassifisering. Omfattende toksiske effekter av TBT kan forventes for bunndyr på de aller fleste av stasjonene som er undersøkt. En antar at tidligere bruk av TBT på småbåter og aktiviteten rundt dette i småbåthavner er en viktig bidragsyter til de høye TBT-konsentrasjonene som er observert. I forhold til TBT ble det i hovedsak målt lave konsentrasjoner av trifenyttinn (TPhT) og dets nedbrytningsprodukter. Trolig er ny-tilførselen av TBT til sedimentene i dag begrenset.

### PCB

Overflatesedimentet i den søndre delen av Mossesundet er betydelig belastet med PCB (særlig stasjon 6, ca. 350 m nordøst for Mosseelvas munning). I den nordre delen av Mosseundet peker stasjon 15 seg ut som et område som kan ha/har hatt en PCB-kilde. Denne stasjonen ligger rett nord for grensen til Vestby og inn i en bukt hvor det blant annet er et kaianlegg. På 10 av 17 stasjoner ble det observert PCB-konsentrasjoner som kan tenkes å gi kroniske effekter ved langtidseksposering, mens det på de øvrige 7 stasjoner ikke forventes toksiske effekter av PCB.

### Utvalgte klorpesticider

Konsentrasjonen av heksaklorbensen (HCB)  $\alpha$  og  $\gamma$  heksaklorsykloheksan (HCH) og summen av diklordifenyldikloreten (DDE) og diklordifenyldikloreten (DDD) var generelt lave i alle sedimentprøvene fra Mossesundet.

### AOX

Konsentrasjonen av AOX varierte relativt lite i overflatesedimentet fra de undersøkte stasjonene i Mossesundet. De konsentrasjonene av AOX som er observert i Mossesundet ligger omtrent på samme nivå som det som tidligere er observert i Hvalerområdet. Det var ingen tendens til at konsentrasjonen

av AOX avtok med avstanden fra Petterson og søn AS slik en muligens kunne forvente dersom bedriften har hatt store utslipp av AOX.  
Trolig er AOX lite egnet som overvåkingsparameter.

### **Olje**

De høyeste konsentrasjonene av olje ligger i den sydlige delen av undersøkelsesområdet (stasjonene 1-4, 6 og 7). De observerte konsentrasjonene i Mossesundet ligger fra 5,6 (stasjon 17) til 1564 (stasjon 6) ganger høyere enn det som må betraktes som normalt i kun diffust belastede områder og betyr at de aller fleste stasjonene må betraktes som sterkt forurenset av olje. Trolig har utlekking fra krigsvraket "Nordvard" en del av skylden for at en, spesielt i søndre delen av Mossesundet, har såpass høye konsentrasjoner av olje. I søndre del av Mossesundet har en også annen aktivitet (industri, småbåthavner, skipsfart, skipsverft, nærhet til byområde) som også potensielt kan føre til utslipp av olje og andre forurensninger. Den høye konsentrasjonen av olje nær vraket av "Nordvard" behøver ikke å skyldes lekkasjene fra "Nordvard" alene.

### **PAH**

De høyeste konsentrasjonene av  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub> ble i hovedsak observert på stasjoner syd for Kjellandsvik (stasjon 1-9), men det ble også observert høye konsentrasjoner på to stasjoner (st. 10 og 14) nær Kambo. Konsentrasjonen av  $\Sigma$  PAH<sub>16</sub> på disse 11 stasjonene var såpass høy at en kan forvente toksiske effekter på bunnfauna. På samme måte som for olje ble de høyeste sum PAH<sub>16</sub>-konsentrasjonene observert nær vraket av "Nordvard".

For halvparten av enkeltforbindelser av PAH (naftalen, acenaftalen, acenaften, fluoren, fenantren, chrysen, benzo(a)pyren og benzo(k)fluoranten) ble det observert konsentrasjoner som antas å medføre giftighet for bunnfauna på en eller flere av stasjonene i den sydligste delen av Mossesundet (dvs. stasjonene 2-7, men ikke stasjon 1 nærmest Mossekanalen). På stasjonene nord for Rossnestangen ble det i hovedsak ikke observert konsentrasjoner av disse 8 forbindelsene som antas å medføre giftighet for bunnfauna.

For de øvrige forbindelsene (antracen, fluoranten, pyren, benzo(a)antracen, indeno(1,2,3cd)pyren, benzo(ghi)perylene, dibenz(ac+ah)antracen, benzo(b+j)fluoranten) var konsentrasjonene hver for seg såpass høye at toksiske effekter av enkeltforbindelser kan tenkes på flertallet av stasjonene i hele undersøkelsesområdet, dvs. også i den nordlige delen av Mossesundet. Ser en på alle enkeltforbindelsene samlet så må en forvente toksiske effekter ved kortidseksponering på alle stasjonene.

Det ble observert lave konsentrasjoner av 1,2,4 trimetylbenzen, 1,3,5 trimetylbenzen, benzen, etylbenzen, toluen, m+p xylen og o-xylen i alle sedimentprøvene fra Mossesundet.

## 5. Referanser

- Bakke, T., Gray, J.S. og Reiersen, L.-O., 1990. Monitoring in the vicinity of oil and gas platforms: environmental status in the Norwegian sector in 1987-1989. Pp 623- 633 in Proceedings: First Int. Symposium on Oil and Gas Exploration and Production Waste Management Practices, New Orleans, USA 1990. US EPA.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K., 2007. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. SFT-rapport TA-2230/2007. 65s
- Berge, J.A., Källqvist, T., Romstad, R., Tobiesen, A., 2003. Utslipp fra Borregaard Industries Ltd til Glomma - økotoxikologisk karakterisering av avløpsvann fra cellulosefabrikken og innhold av kobber og organiske halogenforbindelser i Glomma og Hvalerområdet. NIVA rapport l.nr. 4751, 79s.
- Molvær J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997.
- Müller, G., 2003. Sense or no-sense of the sum parameter for water soluble "adsorbable organic halogens" (AOX) and "absorbed organic halogens" (AOX-S18) for the assessment of organohalogen in sludged and sediments. Chemosphere 52, 371-379.
- Næs, K., Knutzen, J. , Håvardstun, J., Oug, E. , Moy, F., Lie, M., Knutsen, J. A., Wiborg, L., 2002. Miljøgiftundersøkelse i havner i Telemark, Vestfold, Akershus og Østfold 1999. PAH, PCB, tungmetaller og TBT i sedimenter og organismer., NIVA rapport l.nr. 4568 (SFT TA-nr. 1885/2002), 109s
- SFT, 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment, TA-2229/2007, 10s.
- Økland, T.E., 2005: Kostholdsråd i norske havner og fjorder. En gjennomgang av kostholdsråd i norske havner og fjorder fra 1960-tallet til i dag. Rapport fra Bergfald & Co AS, ISBN 82-92650-01-6, 269s.

## 6. Vedlegg

### Vedlegg A. Analyserapport

Side nr.46/104

Norsk  
Institutt  
for  
Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT




---

**Deres referanse:**

**Vår referanse:**

**Dato**

Rekv.nr. 2008-2316

O.nr. O 28370

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av prosjektleder, og merket slik som gjengitt i tabellen nedenfor. Prøvene ble analysert med følgende resultater:

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	MS1	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
2	MS2	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
3	MS3	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
4	MS4	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
5	MS5	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
6	MS6	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
7	MS7	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
B 3	Tørrstoff	%	33,7	24,9	31,1	34,7	35,2	22,5	25,6
Intern*	Kornfordeling <63µm	% t.v.	48	55	45	22	26	37	84
G 6	Karbon, org. total	µg C/mg TS	50,7	73,1	64,9	75,8	45,5	155	62,4
E 9-5	Kadmium	µg/g	1,6	2,4	1,9	2,0	0,71	4,7	0,5
E 9-5	Kobber	µg/g	119	129	364	97,5	54,7	178	77,9
E 4-3	Kvikksølv	µg/g	0,46	0,51	2,82	0,68	0,68	0,71	0,44
E 9-5	Bly	µg/g	50,7	56,6	127	82,5	52,2	94,0	59,7
E 9-5	Sink	µg/g	232	266	346	278	145	466	178
	Adsorb.org.halogen	mg/kg t.v.		245				304	319
H 3-3	Ekstern PCB-28	µg/kg t.v.	0,93	1,9	6,6	2,6	1,8	11	1,8
H 3-3	PCB-52	µg/kg t.v.	1,1	1,8	6,9	3,5	2,0	19	1,5
H 3-3	PCB-101	µg/kg t.v.	2,5	4,8	7,9	7,0	2,6	29	3,5
H 3-3	PCB-118	µg/kg t.v.	2,5	5,1	7,6	6,8	2,9	30	5,1
H 3-3	PCB-105	µg/kg t.v.	1,1	2,7	3,9	2,9	1,6	13	1,6
H 3-3	PCB-153	µg/kg t.v.	7,0	12	12	17	3,7	27	7,1
H 3-3	PCB-138	µg/kg t.v.	4,2	6,4	8,4	14	2,8	30	5,4
H 3-3	PCB-156	µg/kg t.v.	<0,5	0,69	0,86	1,6	<0,5	3,7	0,50
H 3-3	PCB-180	µg/kg t.v.	2,4	2,9	3,6	11	1,2	10	1,5
H 3-3	PCB-209	µg/kg t.v.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	4,8	<0,5
	Sum PCB	µg/kg t.v.	<22,73	<38,79	<58,26	<66,9	<19,6	177,5	<28,5
	Beregnet Seven Dutch	µg/kg t.v.	20,63	34,9	53	61,9	17	156	25,9
	Beregnet Pentaklorbenzen	µg/kg t.v.	i	i	i	i	i	i	i
H 3-3	Alfa-HCH	µg/kg t.v.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,81	<0,5
H 3-3	Hexaklorbenzen	µg/kg t.v.	0,98	0,47	0,35	0,55	0,48	2,5	0,34
H 3-3	Gamma-HCH	µg/kg t.v.	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
H 3-3	Oktaklorstyren	µg/kg t.v.	i	i	i	i	i	i	i
H 3-3	4,4-DDE	µg/kg t.v.	0,99	1,4	1,9	1,4	0,86	6,3	1,5
H 3-3	4,4-DDD	µg/kg t.v.	1,2	1,6	2,6	2,7	1,1	4,3	1,7
H 2-3	Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	35	41	240	83	89	330	43

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.\* : Metoden er ikke akkreditert.



Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5	6	7
Acenaftylen	µg/kg	t.v. H 2-3	22	72	98	120	18	210	36
Acenaften	µg/kg	t.v. H 2-3	13	15	180	45	62	120	18
Fluoren	µg/kg	t.v. H 2-3	23	28	360	76	71	220	25
Dibenzotiofen	µg/kg	t.v. H 2-3	23	21	210	63	47	130	18
Fenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	160	160	2500	620	610	900	150
Antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	410	830	1100	1200	260	3600	380
Fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	540	450	4300	1700	1500	1200	420
Pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	490	440	3800	1500	1300	1000	440
Benz(a)antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	230	190	2200	770	730	570	200
Chrysen	µg/kg	t.v. H 2-3	230	180	2000	670	740	620	190
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	430	380	3400	1100	1000	980	410
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	180	150	1400	460	430	360	160
Benzo(e)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	250	230	2000	630	590	620	260
Benzo(a)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	290	240	2800	910	800	670	240
Perylen	µg/kg	t.v. H 2-3	100	100	560	200	200	160	110
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	200	190	1400	500	470	350	230
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	t.v. H 2-3	42	39	360	110	110	100	48
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	t.v. H 2-3	230	230	1500	530	500	410	300
Sum PAH	µg/kg	t.v.	3898	3986	30408	11287	9527	12550	3678
Beregnet									
Sum PAH16	µg/kg	t.v.	3525	3635	27638	10394	8690	11640	3290
Beregnet									
Sum KPAH	µg/kg	t.v.	1637	1410	13800	4603	4369	3980	1521
Beregnet									
Monobutyltinn	µg MBT/kg	H 14-1*	520	280	570	110	170	150	180
Dibutyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	290	250	650	160	150	240	94
Tributyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	550	640	1900	560	230	620	350
Monophenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	10	6,0	37	<1	1,8	<1	12
Diphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	1,1	1,2	4,9	<1	3,9	4,0	3,3
Triphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	8,2	5,7	33	2,7	3,4	1,7	11
Oljer, sum	µg/g	t.v.	1830	2300	2290	2890	960	7820	1030
Intern*									
1,2,4-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
1,3,5-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Benzen	µg/kg	H22*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etylbenzen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Toluen	µg/kg	H22*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
m+p-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
o-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

\* : Metoden er ikke akkreditert.

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

<b>Prøvenr</b>	<b>Prøve merket</b>	<b>Prøvetakings- dato</b>	<b>Mottatt NIVA</b>	<b>Analyseperiode</b>
8	MS8	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
9	MS9	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
10	MS10	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
11	MS11	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
12	MS12	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
13	MS13	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
14	MS14	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05

Prøvenr		8	9	10	11	12	13	14
Analysevariabel	Enhet							
Metode								
Tørrstoff	%	24,0	40,9	40,6	45,1	30,1	44,8	32,3
B 3								
Kornfordeling <63µm	% t.v.	91	65	86	45	53	70	54
Intern*								
Karbon, org. total	µg C/mg	55,1	31,9	23,9	34,4	44,8	29,7	33,0
TS G 6								
Kadmium	µg/g	0,3	0,3	<0,2	0,3	0,91	0,3	<0,2
E 9-5								
Kobber	µg/g	68,0	32,0	28,9	33,2	56,6	32,6	45,5
E 9-5								
Kvikksølv	µg/g	0,47	0,26	0,27	0,28	0,21	0,052	0,34
E 4-3								
Bly	µg/g	57,6	29	34,0	34,2	44,5	31	53,4
E 9-5								
Sink	µg/g	169	96,2	98,1	98,5	212	108	154
E 9-5								
Adsorb.org.halogen	mg/kg		194	199				
t.v Ekstern								
Adsorb.org.halogen	mg/kg	321						281
t.v. Ekstern								
PCB-28	µg/kg	2,6	0,79	1,4	0,66	0,76	<0,5	0,72
t.v. H 3-3								
PCB-52	µg/kg	4,3	0,67	1,8	0,63	0,69	<0,5	0,61
t.v. H 3-3								
PCB-101	µg/kg	4,7	1,2	1,5	1,4	3,2	2,8	1,1
t.v. H 3-3								
PCB-118	µg/kg	6,3	2,1	2,4	1,9	3,8	1,7	1,9
t.v. H 3-3								
PCB-105	µg/kg	3,7	0,65	1,3	1,4	1,7	0,93	i
t.v. H 3-3								
PCB-153	µg/kg	6,2	2,5	2,8	2,5	4,6	5,2	2,7
t.v. H 3-3								
PCB-138	µg/kg	5,4	1,9	2,4	2,1	4,2	5,2	2,2
t.v. H 3-3								
PCB-156	µg/kg	0,52	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
t.v. H 3-3								
PCB-180	µg/kg	1,3	0,68	1,4	0,53	1,9	3,2	<0,5
t.v. H 3-3								
PCB-209	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
t.v. H 3-3								
Sum PCB	µg/kg	<35,52	<11,49	<16	<12,12	<21,85	<21,03	<10,73
t.v. Beregnet								
Seven Dutch	µg/kg	30,8	9,84	13,7	9,72	19,15	<19,1	<9,73
t.v. Beregnet								
Pentaklorbenzen	µg/kg	i	i	i	i	i	i	i
t.v. H 3-3								
Alfa-HCH	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
t.v. H 3-3								
Hexaklorbenzen	µg/kg	0,42	<0,3	<0,3	<0,3	0,30	0,93	<0,3
t.v. H 3-3								
Gamma-HCH	µg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
t.v. H 3-3								
Oktaklorstyren	µg/kg	i	i	i	i	i	i	i
t.v. H 3-3								
4,4-DDE	µg/kg	1,2	0,72	<0,5	<0,5	0,80	<0,5	<0,5
t.v. H 3-3								
4,4-DDD	µg/kg	1,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
t.v. H 3-3								
Naftalen i sediment	µg/kg	44	22	24	37	12	3,7	55
t.v. H 2-3								

Prøvenr		8	9	10	11	12	13	14
Analysevariabel	Enhet							
Metode								
Acenaftylen	µg/kg	23	5,8	7,5	5,8	3,7	2,2	5,2
t.v. H 2-3								
Acenaften	µg/kg	10	11	7,0	14	6,3	<2	25
t.v. H 2-3								
Fluoren	µg/kg	18	13	21	16	9,0	2,8	26
t.v. H 2-3								
Dibenzotiofen	µg/kg	15	9,0	15	9,3	7,9	3,8	17
t.v. H 2-3								
Fenantren	µg/kg	140	94	190	100	67	44	210
t.v. H 2-3								
Antracen	µg/kg	230	55	75	60	69	9,4	98
t.v. H 2-3								
Fluoranten	µg/kg	350	270	320	250	170	96	360
t.v. H 2-3								
Pyren	µg/kg	360	340	280	280	160	86	340
t.v. H 2-3								
Benz(a)antracen	µg/kg	170	130	150	110	69	42	180
t.v. H 2-3								
Chrysen	µg/kg	170	130	150	140	77	55	180
t.v. H 2-3								
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	380	340	290	280	210	100	380
t.v. H 2-3								
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	150	130	120	110	84	38	160
t.v. H 2-3								
Benzo(e)pyren	µg/kg	240	220	180	170	130	65	230
t.v. H 2-3								
Benzo(a)pyren	µg/kg	210	180	180	160	100	56	230
t.v. H 2-3								
Perylen	µg/kg	110	71	82	57	98	48	100
t.v. H 2-3								
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	220	190	140	130	110	43	190
t.v. H 2-3								
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	42	34	28	26	19	9,4	35
t.v. H 2-3								
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	290	300	180	160	130	55	230
t.v. H 2-3								
Sum PAH	µg/kg	3172	2544,8	2439,5	2115,1	1531,9	<761,3	3051,2
t.v. Beregnet								
Sum PAH16	µg/kg	2807	2244,8	2162,5	1878,8	1296	<644,5	2704,2
t.v. Beregnet								
Sum KPAH	µg/kg	1386	1156	1082	993	681	347,1	1410
t.v. Beregnet								
Monobutyltinn	µg	160	72	58	100	180	39	68
MBT/kg H 14-1*								
Dibutyltinn	µg/kg	71	31	31	96	210	61	47
t.v. H 14-1*								
Tributyltinn	µg/kg	340	41	48	200	340	140	100
t.v. H 14-1*								
Monophenyltinn	µg/kg	11	1,7	<1	3,8	2,4	1,4	8,1
t.v. H 14-1*								
Diphenyltinn	µg/kg	2,7	<1	<1	<1	2,3	<1	2,4
t.v. H 14-1*								
Triphenyltinn	µg/kg	14	1,9	<1	6,3	10	6,1	6,4
t.v. H 14-1*								
Oljer, sum	µg/g	620	370	65	270	780	480	200
t.v. Intern*								
1,2,4-trimetylbenzen	µg/kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
H22*								
1,3,5-trimetylbenzen	µg/kg	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
H22*								

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	MS8	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
9	MS9	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
10	MS10	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
11	MS11	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
12	MS12	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
13	MS13	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
14	MS14	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	8	9	10	11	12	13	14
Benzen	µg/kg	H22*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Etylbenzen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Toluen	µg/kg	H22*	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
m+p-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
o-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
15	MS15	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05
16	MS17	2008.10.15	2008.10.16	2008.10.10-2009.01.05

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16
Tørrstoff	%	B 3	26,6	29,1
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Intern*	44	45
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	65,1	38,8
Kadmium	µg/g	E 9-5	0,87	0,6
Kobber	µg/g	E 9-5	96,1	34,7
Kvikksølv	µg/g	E 4-3	0,43	0,16
Bly	µg/g	E 9-5	34	30
Sink	µg/g	E 9-5	189	120
PCB-28	µg/kg t.v.	H 3-3	6,0	0,57
PCB-52	µg/kg t.v.	H 3-3	7,3	0,69
PCB-101	µg/kg t.v.	H 3-3	6,1	1,1
PCB-118	µg/kg t.v.	H 3-3	9,2	1,4
PCB-105	µg/kg t.v.	H 3-3	i	0,71
PCB-153	µg/kg t.v.	H 3-3	4,8	2,3
PCB-138	µg/kg t.v.	H 3-3	3,8	1,4
PCB-156	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5
PCB-180	µg/kg t.v.	H 3-3	1,4	0,74
PCB-209	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5
Sum PCB	µg/kg t.v.	Beregnet	<39,6	<9,91
Seven Dutch	µg/kg t.v.	Beregnet	38,6	8,2
Pentaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	i	i
Alfa-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5
Hexaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,3	<0,3
Gamma-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5	<0,5
Oktaklorstyren	µg/kg t.v.	H 3-3	i	i
4,4-DDE	µg/kg t.v.	H 3-3	1,4	<0,5
4,4-DDD	µg/kg t.v.	H 3-3	<1	<1
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	H 2-3	11	10

Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	15	16
Acenaftylen	µg/kg	t.v. H 2-3	6,6	3,4
Acenaften	µg/kg	t.v. H 2-3	4,7	3,1
Fluoren	µg/kg	t.v. H 2-3	13	7,7
Dibenzotiofen	µg/kg	t.v. H 2-3	12	7,2
Fenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	56	88
Antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	40	37
Fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	430	280
Pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	300	280
Benz(a)antracen	µg/kg	t.v. H 2-3	92	120
Chrysen	µg/kg	t.v. H 2-3	140	120
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	230	300
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	96	130
Benzo(e)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	120	170
Benzo(a)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	82	170
Perylen	µg/kg	t.v. H 2-3	70	64
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	74	140
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	t.v. H 2-3	14	23
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	t.v. H 2-3	87	190
Sum PAH	µg/kg	t.v. Beregnet	1878,3	2143,4
Sum PAH16	µg/kg	t.v. Beregnet	1676,3	1902,2
Sum KPAH	µg/kg	t.v. Beregnet	739	1013
Monobutyltinn	µg MBT/kg	H 14-1*	320	53
Dibutyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	290	32
Tributyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	300	71
Monophenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	3,8	4,9
Diphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	4,9	2,8
Triphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	9,6	2,1
Oljer, sum	µg/g	t.v. Intern*	560	28
1,2,4-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20	<20
1,3,5-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20	<20
Benzen	µg/kg	H22*	<5	<5
Etylbenzen	µg/kg	H22*	<10	<10
Toluen	µg/kg	H22*	<5	<5
m+p-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10
o-xylen	µg/kg	H22*	<10	<10

\*

i : Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

\* : Metoden er ikke akkreditert.

**Norsk institutt for vannforskning**

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-2316

(fortsettelse av tabellen):

## ***Kommentarer***

- 1 Alle prøver består av 2 glass.  
Metallresultatene er oppgitt på tørrvekt.  
SnOrg: Et sertifisert referansemateriale ble analysert parallelt med prøvene. Resultatene for MBT, DBT og TBT lå høyere enn øvre aksjonsgrense.

## **VEDLEGG**

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

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

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

SUM KPAH er summen av benz(a)antracen, benzo(b+j+k)fluoranten, benzo(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenz(a,c+a,h)antracen, chrysen og 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,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper



Norsk  
 Institutt  
 for  
 Vannforskning

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

# ANALYSE RAPPORT



**Deres referanse:**

**Vår referanse:**

**Dato**

Rekv.nr. 2008-2677

O.nr. O 28370

Prøvene ble levert ved NIVAs laboratorium av prosjektleder, 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	MS 16	2008.11.12	2008.11.19	2008.11.28-2009.02.02

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1
Tørrstoff	%	B 3	31,9
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Intern*	71
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	28,8
Kadmium	µg/g	E 9-5	<0,2
Kobber	µg/g	E 9-5	39,7
Kvikksølv	µg/g	E 4-3	0,26
Bly	µg/g	E 9-5	49,4
Sink	µg/g	E 9-5	159
Adsorb.org.halogen	mg/kg TS	Ekstern	230
PCB-28	µg/kg t.v.	H 3-3	0,65
PCB-52	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
PCB-101	µg/kg t.v.	H 3-3	0,88
PCB-118	µg/kg t.v.	H 3-3	1,6
PCB-105	µg/kg t.v.	H 3-3	0,75
PCB-153	µg/kg t.v.	H 3-3	2,5
PCB-138	µg/kg t.v.	H 3-3	1,6
PCB-156	µg/kg v.v.	H 3-4	0,08
PCB-180	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
PCB-209	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
Sum PCB	µg/kg t.v.	Beregnet	<9,48
Sum PCB	µg/kg v.v.	Beregnet	0,08
Seven Dutch	µg/kg t.v.	Beregnet	<8,23
Pentaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	0,58
Alfa-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
Hexaklorbenzen	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,3
Gamma-HCH	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
Oktaklorstyren	µg/kg t.v.	H 3-3	4,1
4,4-DDE	µg/kg t.v.	H 3-3	<0,5
4,4-DDD	µg/kg t.v.	H 3-3	<1
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	H 2-3	30

Rekv.nr. 2008-2677

(fortsettelse av tabellen):

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1
Acenaftalen	µg/kg	t.v. H 2-3	5,0
Acenaften	µg/kg	t.v. H 2-3	5,1
Fluoren	µg/kg	t.v. H 2-3	11
Dibenzotiofen	µg/kg	t.v. H 2-3	8,0
Fenantren	µg/kg	t.v. H 2-3	71
Antracene	µg/kg	t.v. H 2-3	39
Fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	160
Pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	160
Benz(a)antracene	µg/kg	t.v. H 2-3	81
Chrysen	µg/kg	t.v. H 2-3	89
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	230
Benzo(k)fluoranten	µg/kg	t.v. H 2-3	90
Benzo(e)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	140
Benzo(a)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	95
Perylen	µg/kg	t.v. H 2-3	78
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	140
Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	t.v. H 2-3	24
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	v.v. H 2-4	200
Sum PAH	µg/kg	t.v. Beregnet	1456,1
Sum PAH	µg/kg	v.v. Beregnet	200
Sum PAH16	µg/kg	t.v. Beregnet	1230,1
Sum PAH16	µg/kg	v.v. Beregnet	200
Sum KPAH	µg/kg	t.v. Beregnet	779
Monobutyltinn	µg MBT/kg	H 14-1*	61
Dibutyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	7,7
Tributyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	38
Monophenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	<1
Diphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	<1
Triphenyltinn	µg/kg	t.v. H 14-1*	1,7
Oljer, sum	µg/g	t.v. Intern*	141
1,2,4-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20
1,3,5-trimetylbenzen	µg/kg	H22*	<20
Benzen	µg/kg	H22*	<5
Etylbenzen	µg/kg	H22*	<10
Toluen	µg/kg	H22*	<5
m+p-xylen	µg/kg	H22*	<10
o-xylen	µg/kg	H22*	<10

\* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

# ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2008-2677

(fortsettelse av tabellen):

\* : Metoden er ikke akkreditert.

## ***Kommentarer***

- 1 AOX sendes AnalyCen  
Metallresultatene er oppgitt på tørrvekt.  
SnOrg: Et sertifisert referansemateriale ble analysert  
parallelt med prøvene. Resultatet for MBT og TBT  
var høyere enn øvre aksjonsgrense.

## **VEDLEGG**

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

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

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

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

## Vedlegg B. SFTs nye klassifiseringssystem

**Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (kilde: SFT TA-2229/2007)**

		I	II	III	IV	V
		Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller	Arsen (mg As/kg)	<20	20 - 52	52 - 76	76 - 580	>580
	Bly (mg Pb/kg)	<30	30 - 83	83 - 100	100 - 720	>720
	Kadmium (mg Cd/kg)	<0,25	0,25 - 2,6	2,6 - 15	15 - 140	>140
	Kobber (mg Cu/kg)	<35	35 - 51	51 - 55	55 - 220	>220
	Krom (mg Cr/kg)	<70	70 - 560	560 - 5900	5900 - 59000	>59000
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0,15	0,15 - 0,63	0,63 - 0,86	0,86 - 1,6	>1,6
	Nikkel (mg Ni/kg)	<30	30 - 46	46 - 120	120 - 840	>840
	Sink (mg Zn/kg)	<150	150 - 360	360 - 590	590 - 4500	>4500
PAH	Naftalen (µg/kg)	<2	2- 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
	Acenaftalen (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]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
	PAH16 <sup>1)</sup> (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
Andre organiske	PCB7 2) (µg/kg)	<5	5-17	17 - 190	190 - 1900	>1900
	PCDD/F 3) (TEQ) (µg/kg)	<0,01	0,01 - 0,03	0,03 - 0,10	0,10 - 0,50	>0,50
	ΣDDT 4) (µg/kg)	<0,5	0,5 - 20	20 - 490	490 - 4900	>4900
	Lindan (µg/kg)		<1,1	1,1 - 2,2	2,2 - 11	>11
	Heksaklorbenzen (HCB) (µg/kg)	0,5	0,5 - 17	17 - 61	61 - 610	>610
	Pentaklorbenzen (µg/kg)		<400	400 - 800	800 - 4000	>4000
	Triklorbenzen (µg/kg)		<56	56 - 700	700 - 1400	>1400
	Hexaklorbutadien (µg/kg)		<49	49 - 66	66 - 660	>660
	SCCP 6) (µg/kg)		<1000	1000 - 2800	2800 - 5600	>5600
	MCCP 7) (µg/kg)		<4600	4600 - 27000	27000 - 54000	>54000

**Vedlegg C (fortsettelse)**

	Pentaklorfenol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<12	12 - 34	34 - 68	>68
	Oktylfenol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<3,3	3,3 - 7,3	7,3 - 36	>36
	Nonylfenol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<18	18 - 110	110 - 220	>220
	Bisfenol A ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<11	11 - 79	79 - 790	>790
	TBBPA 8) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<63	63 - 1100	1100 - 11000	>11000
	PBDE 9) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<62	62 - 7800	7800 - 16000	>16000
	HBCDD 10) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	<0,3	0,3 - 86	86 - 310	310 - 610	>610
	PFOS 11) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	<0,17	0,17 - 220	220 - 630	630 - 3100	>3100
	Diuron ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<0,71	0,71 - 6,4	6,4 - 13	>13
	Irgarol ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		<0,08	0,08 - 0,50	0,5 - 2,5	>2,5
TBT	TBT <sup>12)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) - effektbasert	<1	<0,002	0,002-0,016	0,016-0,032	>0,032
	TBT <sup>12)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) - forvaltningsmessig	<1	1-5	5 - 20	20 - 100	>100

1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner

2) PCB: Polyklorerte bifenyler

3) PCDD/F: Polyklorerte dibenzodioksiner/furaner

4) DDT: Diklordifenyltrikloretan.  $\Sigma$ DDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD

5) HCB: Heksaklorbenzen

6) SCCP: Kortkjedede (C10-13) polyklorerte paraffiner

7) MCCP: middelkjedede (C14-17) polyklorerte paraffiner

8) TBBPA: Tetrabrombisfenol A

9) PBDE: Pentabromdifenyleter

10) HBCDD: Heksabromsyklododekan

11) PFOS: Perfluorert oktylsulfonat

12) TBT: Tributyltinn

## Vedlegg C. Risikovurdering

### 1. Bakgrunn og målsetning

Risikoveilederen (SFT TA 2230/2007) bedømmer risiko fra sedimentene i deres nåværende tilstand på sjøbunnen, og benyttes fortrinnsvis i forbindelse med beslutning om miljøtiltak i sedimentene i fjord- og kystområder, inkludert havner. Risikoveilederen er et hjelpemiddel for å avgrense og differensiere sedimentområder når det skal utarbeides konkrete planer før en eventuell opprydding og er ledd i saksgangen for opprydding i forurensede sedimenter. Risikovurderingen gjøres trinnvis (3 trinn) der hvert trinn er mer arbeidskrevende, men gir økt lokal forankring og økt sikkerhet i konklusjonene. Dette hindrer at unødig innsats brukes på områder som utgjør en ubetydelig risiko for miljøet, og hindrer at områder som utgjør en betydelig risiko blir friskmeldt innledningsvis.

Etter at sedimentundersøkelsen var gjennomført i Mossesundet og en foreløpig rapport var oversendt Moss kommune, fikk NIVA i oppdrag å gjennomføre en risikovurdering Trinn 2 i SFTs risikoveileder (SFT TA 2230/2007) for å få en bedre forståelse av miljøbetydningen av sedimentundersøkelsene. Sedimentundersøkelsen var i første rekke ment å gi en arealmessig grovkarakterisering av naturtilstanden over et relativt stort område. Stasjonsantallet og fordelingen var derfor ikke helt optimal for risikovurderingen, men det ble likevel vurdert at gjennomføring av Trinn 2 ville gi et meningsfylt bidrag til de gjennomførte undersøkelsene og trolig rydde av veien en del spørsmål knyttet til hvilken risiko sedimentene i Mossesundet representerer.

Risikovurderingen i Trinn 2 er basert på undersøkelsene av miljøgifter i sedimenter fra Mossesundet som NIVA foretok i oktober og november 2008.

Det er foreløpig ikke utarbeidet spesielle miljømål for Mossesundet.

#### 1.1 Risikovurdering Trinn 2

Trinn 2 er en mer omfattende risikovurdering enn Trinn 1 (som kun omfatter risiko for økologiske effekter) og har som mål å fastslå om risikoen for skade på miljø eller helse forbundet med sedimentene der de ligger er akseptabel, eller om man må vurdere tiltak. Vurderingen gjøres ut fra miljøgiftenes mobilitet og fra stedlige forhold. Trinn 2 omfatter tre sider av risikobildet:

- Risiko for spredning av miljøgifter
- Risiko for human helse
- Risiko for økosystemet

I Trinn 2 beregnes spredning av miljøgifter fra sedimentet til andre deler av økosystemet. Til å gjennomføre disse beregningene er det laget et regneark tilpasset veilederen hvor det fylles inn verdier for lokale forhold, og en kan benytte ferdige sjablongverdier for parametere som ikke er målt eller tallfestet.

Tolkning og vektlegging av delresultatene fra Trinn 2 ( human helse og/eller økologiske effekter) vil være avhengig av miljømålet for området samt nåværende og planlagt bruk.

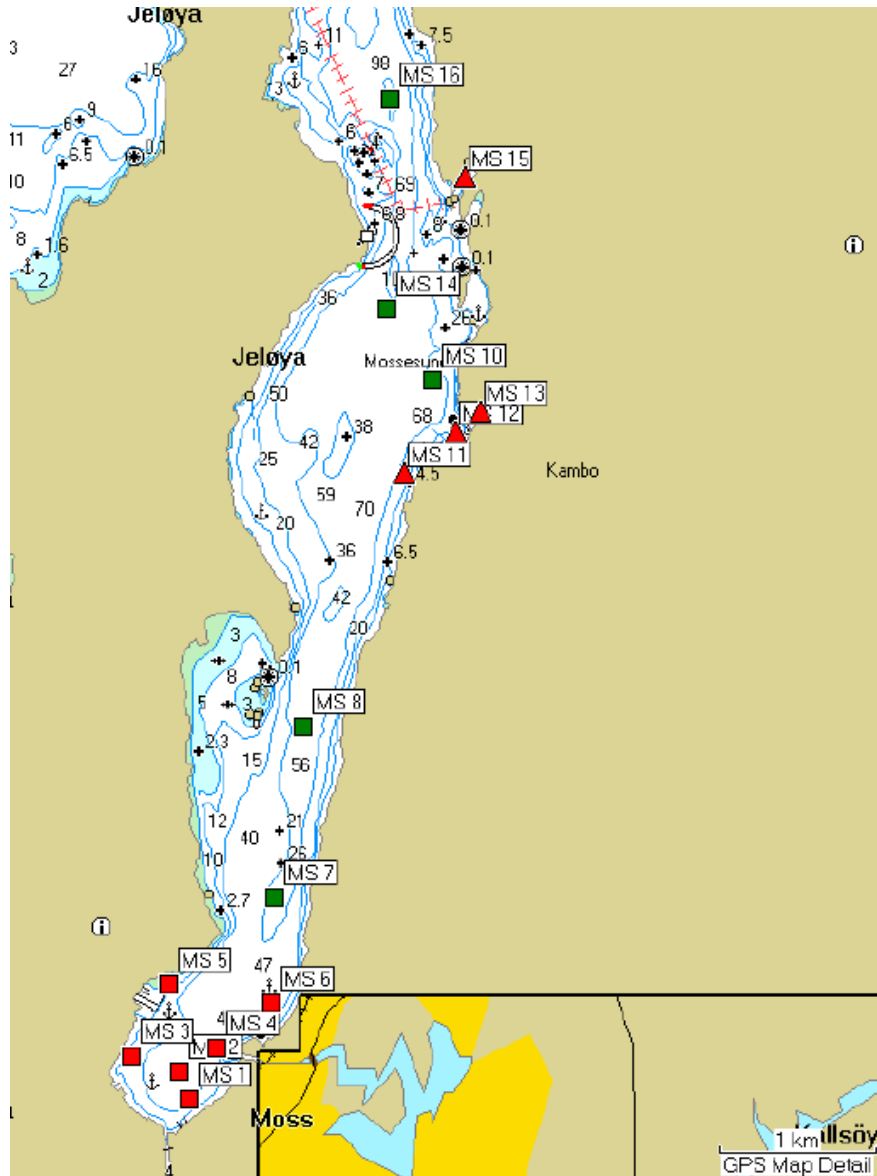
## 2. Metoder og gjennomføring

### 2.1 Undersøkellesområdet

I samråd med oppdragsgiver er Mosseundet inndelt i følgende tre områder for sedimentrisikovurdering:

- Indre del av Mossesundet innenfor Rossnestangen (stasjon 1 til 6)
- Utenfor Kambo (stasjon 11, 12, 13, 15)
- Dype områder i Mossesundet (stasjon 7, 8, 10, 14, 16) som er definert som områder i Mossesundet dypere enn 50 m.

Kart med prøvetakingspunkter og områdeinndeling er gitt i **Figur 15**.



**Figur 15.** Kart over Mossesundet med inntegning av stasjoner som inngår i risikovurderingen. Stasjonene er inntegnet med forskjellige symboler avhengig av hvilke delområder de tilhører. Rød firkant viser prøvetakingspunkter i indre område, rød trekant viser prøvetakingspunkter utenfor Kambo og grønn firkant viser prøvetakingspunkter i dype områder.

## 2.2 Prinsipp for gjennomføring av Trinn 2

Trinn 2 i risikovurderingen er en stedsspesifikk risikovurdering hvor lokale forhold som antall skipsanløp, problemområdets areal, arealbruk og sedimentenes innhold av totalt organisk karbon (TOC) og leire blir tatt hensyn til. Det beregnes ett tall for total spredning som følge av oppvirvling fra skip, diffusjon (egentlig biodiffusjon som er samlet transport ut av sedimentet som følge både av fysisk diffusjon og bunndyrenes aktivitet i sedimentet) og transport via opptak i organismer. Total human helseisiko kan beregnes på grunnlag av eksponering via sjømat og via kontakt med sedimenter og vann. Risiko for økosystemet vurderes på bakgrunn av supplerende undersøkelser av sedimentets toksisitet overfor sedimentlevende organismer og bioakkumulering av miljøgifter i organismer via direkte kontakt med sediment.



Spredning av tungmetaller, metallorganiske forbindelser (TBT) og de organiske miljøgiftene PAH og PCB som følge av diffusjon, oppvirvling og transport via organismer er beregnet med utgangspunkt i regnearket som er tilpasset den reviderte risikoveilederen (TA-2230/2007).

## 2.3 Lokal informasjon

Beregningene i Trinn 2 baserer seg på en rekke konstanter og faktorer der man enten kan benytte standardverdier foreslått i selve veilederen eller stedsspesifikke verdier der slike finnes. **Tabell 15** viser de stedsspesifikke verdiene som er lagt til grunn for beregningene utført i risikoveilederens regneark.

**Tabell 15.** *Stedsspesifikk informasjon for undersøkelsesområdet.*

	Indre område	Utenfor Kambo	Dype områder
Gjennomsnittsdyp (m)	26	8	65
Totalt areal (m <sup>2</sup> )	936290	284986	2247279
Areal grunnere enn 20 m	374545	284986	
Vannvolum over sedimentet (m <sup>3</sup> )	24312330	772072	146073135
Vannets oppholdstid over sedimentene (dager)	1	0,5	4
TOC (%)	8,85	4,09	4,73
Fraksjon suspendert sediment (<63µm)	3,8	5,3	7,72
Skipsanløp	113	165	

Vi antar at sedimenttypen er definert som silt og leire (sedimentprøvene er beskrevet i hovedrapporten). I beregningene av oppvirvling fra propeller har vi videre valgt å benytte risikoveilederens kategori industrihavn. Opplysninger om skipsanløp for registrerte kaibesøk har vi fått fra Havnemyndighetene i Moss. Det er ikke tatt med eventuell oppvirvling fra småbåttrafikk i risikovurderingen. For prøver hvor innholdet av forurensning var lavere enn deteksjonsgrensen for analysemetoden, er konsentrasjoner tilsvarende halvparten av deteksjonsgrensen benyttet i regnearket.

## 3. Resultater og diskusjon

Resultatene er fremstilt etter type risikovurdering og delområde. Alle tabellene og figurene er hentet fra regnearket.

### 3.1 Risikovurdering Trinn 1

Den delen av risikovurderingen har en del likhetspunkter med det som er presentert for enkeltstasjoner i første del av rapporten. Likheten består først og fremst i at grenseverdiene for akseptabel økologisk risiko i Trinn 1 med få unntak tilsvarer grensen mellom Tilstandsklasse II og III som vist i første del av rapporten. I tillegg beregnes en "hotspot indeks" som viser i hvor stor grad enkeltprøver innenfor hvert område avviker fra medianverdien av alle prøvene. Trinn 1 gir også anbefaling om det er nødvendig å gå videre med Trinn 2.

#### 3.1.1 Indre del av Mossesundet

**Tabell 16** viser konsentrasjonen av de enkelte parametrene som er lagt til grunn for risikovurderingen – Trinn 2.

**Tabell 16.** Konsentrasjonen av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT for indre området. En indeks for "hotspot" er vist i tabellen.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon		Kontroll av homogenitet  $C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet / hotspot)	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, $C_{sed}$ (mg/kg)					
	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)		Stasjon 1	Stasjon 2	Stasjon 3	Stasjon 4	Stasjon 5	Stasjon 6
Bly	127	76,8333	2,5	50,70	56,60	127,00	82,50	52,20	92,00
Kadmium	4,7	2,2183	2,9	1,60	2,40	1,90	2,00	0,71	4,70
Kobber	364	157,0333	3,1	119,00	129,00	364,00	97,50	54,70	178,00
Kvikksølv	2,82	0,9767	6,1	0,46	0,51	2,82	0,68	0,68	0,71
Sink	466	288,8333	2,0	232,00	266,00	346,00	278,00	145,00	466,00
Naftalen	0,33	0,1363	9,4	0,04	0,04	0,24	0,08	0,09	0,33
Acenaftilen	0,21	0,0900	9,5	0,02	0,07	0,10	0,12	0,02	0,21
Acenaften	0,18	0,0725	13,8	0,01	0,02	0,18	0,05	0,06	0,12
Fluoren	0,36	0,1297	15,7	0,02	0,03	0,36	0,08	0,07	0,22
Fenantren	2,5	0,8250	15,6	0,16	0,16	2,50	0,62	0,61	0,90
Antracen	3,6	1,2333	8,8	0,41	0,83	1,10	1,20	0,26	3,60
Fluoranten	4,3	1,6150	8,0	0,54	0,45	4,30	1,70	1,50	1,20
Pyren	3,8	1,4217	7,8	0,49	0,44	3,80	1,50	1,30	1,00
Benzo(a)antracen	2,2	0,7817	9,6	0,23	0,19	2,20	0,77	0,73	0,57
Krysen	2	0,7400	8,7	0,23	0,18	2,00	0,67	0,74	0,62
Benzo(b)fluoranten	3,4	1,2150	7,9	0,43	0,38	3,40	1,10	1,00	0,98
Benzo(k)fluoranten	1,4	0,4967	7,8	0,18	0,15	1,40	0,46	0,43	0,36
Benzo(a)pyren	2,8	0,9517	9,7	0,29	0,24	2,80	0,91	0,80	0,67
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,4	0,5183	7,0	0,20	0,19	1,40	0,50	0,47	0,35
Dibenzo(a,h)antracen	0,36	0,1268	8,6	0,04	0,04	0,36	0,11	0,11	0,10
Benzo(ghi)perylene	1,5	0,5667	6,5	0,23	0,23	1,50	0,53	0,50	0,41
PCB 28	0,011	0,0041	11,8	0,00093	0,00190	0,00660	0,00260	0,00180	0,01100
PCB 52	0,019	0,0057	17,3	0,00110	0,00180	0,00690	0,00350	0,00200	0,01900
PCB 101	0,029	0,0089	11,6	0,00250	0,00450	0,00790	0,00700	0,00260	0,02900
PCB 118	0,03	0,0092	12,0	0,00250	0,00510	0,00760	0,00680	0,00290	0,03000
PCB 138	0,03	0,0110	7,1	0,00420	0,00640	0,00840	0,01400	0,00280	0,03000
PCB 153	0,027	0,0131	3,9	0,00700	0,01200	0,01200	0,01700	0,00370	0,02700
PCB 180	0,011	0,0052	4,6	0,00240	0,00290	0,00390	0,01100	0,00120	0,01000
Tributyltinn (TBT-ion)	1,9	0,7500	3,5	0,55000	0,64000	1,90000	0,56000	0,23000	0,62000
Lindan	0,00025	0,0003	1,0	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Heksaklorbenzen	0,0025	0,0009	2,6	0,00098	0,00047	0,00035	0,00055	0,00048	0,00250

Hotspot indeks kolonnen i tabellen viser i hvor stor grad enkeltprøver avviker fra medianverdien av alle prøvene. Hvis avviket er stort kan det tyde på inhomogenitet i sedimentene. Tabellen viser et avvik på over 2 for de fleste parametrene, men siden det er ulike prøver som avviker for ulike parametre tyder ikke resultatene på at noe enkeltpunkt er så sterkt forurensset at det bør vurderes eller håndteres separat mht tiltak (såkalt hotspot). Siden regnearket også beregner overskridelse av grenseverdiene for Trinn 1 vises denne i **Tabell 17**.

**Tabell 17.** Målt sedimentkonsentrasjon for alle prøvene sammenliknet med Trinn 1 grenseverdier. Trinn 1 grenseverdi tilsvarer øvre grense for klasse II i SFTs klassifiseringssystem for sedimenter (SFT 2007). Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	6	127	7,68E+01	83	53 %	
Kadmium	6	4,7	2,22E+00	2,6	81 %	
Kobber	6	364	1,57E+02	51	614 %	208 %
Kvikksølv	6	2,82	9,77E-01	0,63	348 %	55 %
Sink	6	466	2,89E+02	360	29 %	
Naftalen	6	0,33	1,36E-01	0,29	14 %	
Acenaftylen	6	0,21	9,00E-02	0,033	536 %	173 %
Acenaften	6	0,18	7,25E-02	0,16	13 %	
Fluoren	6	0,36	1,30E-01	0,26	38 %	
Fenantren	6	2,5	8,25E-01	0,50	400 %	65 %
Antracen	6	3,6	1,23E+00	0,031	11513 %	3878 %
Fluoranten	6	4,3	1,62E+00	0,17	2429 %	850 %
Pyren	6	3,8	1,42E+00	0,28	1257 %	408 %
Benzo(a)antracen	6	2,2	7,82E-01	0,06	3567 %	1203 %
Krysen	6	2	7,40E-01	0,28	614 %	164 %
Benzo(b)fluoranten	6	3,4	1,22E+00	0,24	1317 %	406 %
Benzo(k)fluoranten	6	1,4	4,97E-01	0,21	567 %	137 %
Benzo(a)pyren	6	2,8	9,52E-01	0,42	567 %	127 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6	1,4	5,18E-01	0,047	2879 %	1003 %
Dibenzo(a,h)antracen	6	0,36	1,27E-01	0,59		
Benzo(ghi)perylen	6	1,5	5,67E-01	0,021	7043 %	2598 %
PCB 28	6	0,011	4,14E-03			
PCB 52	6	0,019	5,72E-03			
PCB 101	6	0,029	8,92E-03			
PCB 118	6	0,03	9,15E-03			
PCB 138	6	0,03	1,10E-02			
PCB 153	6	0,027	1,31E-02			
PCB 180	6	0,011	5,23E-03			
Sum PCB7	6	0,157	5,72E-02	0,017	824 %	237 %
Tributyltinn (TBT-ion)	6	1,9	7,50E-01	0,035	5329 %	2043 %
Lindan	6	0,00025	2,50E-04	0,0011		
Heksaklorbenzen	6	0,0025	8,88E-04	0,0169		

Overskridelse vises både for maksimumverdi (dvs. overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon) og for middelvei av alle prøvene. For hele 16 av parametrene overskrideres middelveien for grenseverdiene for Trinn 1. For ytterligere 6 av parametrene overskrider også den høyeste av sedimentkonsentrasjonene (C<sub>sed,max</sub>) grenseverdien.

For alle metallene overskrider den høyeste av sedimentkonsentrasjonene ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien for Trinn 1. For kobber og kvikksølv overskrider  $C_{\text{sed,max}}$  grenseverdien med henholdsvis 614 og 348 %.

For 12 av enkeltforbindelsene av PAH overskrider både maksimum- og middelverdiene av prøvene grenseverdiene for Trinn 1. Antracen er den av PAH-forbindelsene som har størst overskridelse av grenseverdien for Trinn 1, med hele 11513 %.

Det er ikke etablert grenseverdier for enkeltkongenene av PCB i Trinn 1, kun for summen av de 7 enkeltkongenene (sum PCB<sub>7</sub>). Både maksimumsnivå og middelværdi av sum PCB<sub>7</sub> overskrider grenseverdien i Trinn 1.

For TBT overskrider maksimumverdien ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien for Trinn 1 med hele 5329 %.

I følge risikoveilederen krever disse overskridelsene innenfor indre del av Mossesundet at Trinn 2 av risikovurderingen gjennomføres.

### 3.1.2 Utenfor Kambo i midtre del av Mossesundet

**Tabell 18** viser konsentrasjonen av de enkelte parametrene som er lagt til grunn for risikovurderingen – Trinn 2.

Tabellen viser at hotspot indeksen er på over 2 for 10 av parametrene, men siden det er ulike prøver som avviker for ulike parametere tyder ikke resultatene på at noe enkelt punkt er så sterkt forurensset at det bør vurderes eller håndteres separat (såkalt hotspot). Siden regnearket også beregner overskridelse av grenseverdiene for Trinn 1 vises denne i **Tabell 19**.

Overskridelse vises både for maksimumverdi (dvs. overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon) og for middelværdi av alle prøvene. For 8 av parametrene overskrides middelværdien for grenseverdiene for Trinn 1. For ytterligere 2 av parametrene overskrider også den høyeste av sedimentkonsentrasjonene ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien.

For metallene er det kun overskridelse av grenseverdien for Trinn 1 av kobber. For 5 av enkeltforbindelsene av PAH overskrider både maksimum- og middelverdiene av prøvene grenseverdiene for Trinn 1. Både maksimumsnivå og middelværdi av sum PCB<sub>7</sub> overskrider grenseverdien i Trinn 1 med hhv 547 % og 130 %. For TBT overskrider maksimumverdien ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien for Trinn 1 med 871 %.

I følge risikoveilederen krever disse overskridelsene utenfor Kambo at Trinn 2 av risikovurderingen gjennomføres.

**Tabell 18.** Konsentrasjonen av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT utenfor Kambo. En indeks for "hotspot" er vist i tabellen.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon		Kontroll av homogenitet  $C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, $C_{sed}$ (mg/kg)			
	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)		Stasjon 11	Stasjon 12	Stasjon 13	Stasjon 15
Bly	44,5	35,475	1,4	32,40	44,50	31,00	34,00
Kadmium	0,91	0,595	3,0	0,30	0,91	0,30	0,87
Kobber	96,1	54,625	2,9	33,20	56,60	32,60	96,10
Kvikksølv	0,43	0,243	1,5	0,28	0,21	0,05	0,43
Sink	212	150,375	2,2	98,50	212,00	102,00	189,00
Naftalen	0,037	0,015925	1,0	0,037	0,012	0,0037	0,011
Acenaftilen	0,0066	0,004575	1,1	0,01	0,00	0,00	0,01
Acenaften	0,014	0,0065	1,0	0,01	0,01	0,00	0,00
Fluoren	0,016	0,0102	1,0	0,02	0,01	0,00	0,01
Fenantren	0,14	0,08775	1,4	0,10	0,07	0,04	0,14
Antracen	0,069	0,0446	1,2	0,06	0,07	0,01	0,04
Fluoranten	0,43	0,2365	1,7	0,25	0,17	0,10	0,43
Pyren	0,3	0,2065	1,1	0,28	0,16	0,09	0,30
Benzo(a)antracen	0,11	0,0755	1,0	0,11	0,07	0,04	0,08
Krysen	0,14	0,0885	1,0	0,14	0,08	0,06	0,08
Benzo(b)fluoranten	0,28	0,205	1,0	0,28	0,21	0,10	0,23
Benzo(k)fluoranten	0,11	0,082	1,0	0,11	0,08	0,04	0,10
Benzo(a)pyren	0,16	0,103	1,0	0,16	0,10	0,06	0,10
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,13	0,08925	1,0	0,13	0,11	0,04	0,07
Dibenzo(a,h)antracen	0,026	0,0171	1,0	0,03	0,02	0,01	0,01
Benzo(ghi)perylene	0,16	0,108	1,0	0,16	0,13	0,06	0,09
PCB 28	0,006	0,001818	23,1	0,00026	0,00076	0,00025	0,00600
PCB 52	0,073	0,018643	115,9	0,00063	0,00069	0,00025	0,07300
PCB 101	0,0061	0,003375	4,4	0,00140	0,00320	0,00280	0,00610
PCB 118	0,0092	0,00415	4,8	0,00190	0,00380	0,00170	0,00920
PCB 138	0,0052	0,003825	2,5	0,00210	0,00420	0,00520	0,00380
PCB 153	0,0052	0,004275	2,1	0,00250	0,00460	0,00520	0,00480
PCB 180	0,0053	0,00295	1,0	0,00530	0,00190	0,00320	0,00140
Tributyltinn (TBT-ion)	0,34	0,245	1,7	0,20000	0,34000	0,14000	0,30000
Lindan	0,00025	0,00025	1,0	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Heksaklorbenzen	0,00093	0,000383	6,2	0,00015	0,00030	0,00093	0,00015

**Tabell 19.** Målt sedimentkonsentrasjon for alle prøvene sammenliknet med Trinn 1 grenseverdier. Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	4	44,5	35,475	83		
Kadmium	4	0,91	0,595	2,6		
Kobber	4	96,1	54,625	51	88 %	7 %
Kvikksølv	4	0,43	0,243	0,63		
Sink	4	212	150,375	360		
Naftalen	4	0,037	0,015925	0,29		
Acenaftylen	4	0,0066	0,004575	0,033		
Acenaften	4	0,014	0,0065	0,16		
Fluoren	4	0,016	0,0102	0,26		
Fenantren	4	0,14	0,08775	0,50		
Antracen	4	0,069	0,0446	0,031	123 %	44 %
Fluoranten	4	0,43	0,2365	0,17	153 %	39 %
Pyren	4	0,3	0,2065	0,28	7 %	
Benzo(a)antracen	4	0,11	0,0755	0,06	83 %	26 %
Krysen	4	0,14	0,0885	0,28		
Benzo(b)fluoranten	4	0,28	0,205	0,24	17 %	
Benzo(k)fluoranten	4	0,11	0,082	0,21		
Benzo(a)pyren	4	0,16	0,103	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	4	0,13	0,08925	0,047	177 %	90 %
Dibenzo(a,h)antracen	4	0,026	0,0171	0,59		
Benzo(ghi)perylene	4	0,16	0,108	0,021	662 %	414 %
PCB 28	4	0,006	0,0018175			
PCB 52	4	0,073	0,0186425			
PCB 101	4	0,0061	0,003375			
PCB 118	4	0,0092	0,00415			
PCB 138	4	0,0052	0,003825			
PCB 153	4	0,0052	0,004275			
PCB 180	4	0,0053	0,00295			
Sum PCB7	4	0,11	0,039	0,017	547 %	130 %
Tributyltinn (TBT-ion)	4	0,34	0,245	0,035	871 %	600 %
Lindan	4	0,00025	0,00025	0,0011		
Heksaklorbenzen	4	0,00093	0,0003825	0,0169		

### 3.1.3 Dype områder av Mossesundet

**Tabell 20** viser konsentrasjonen av de enkelte parametrene som er lagt til grunn for risikovurderingen – Trinn 2.

**Tabell 20.** Konsentrasjonen av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. En indeks for "hotspot" er vist i tabellen.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon		Kontroll av homogenitet  $C_{sed, max} / C_{sed, median}$ (Verdi større enn 2 kan tyde på inhomogenitet/hotspot)	INPUT: Målt sedimentkonsentrasjon, $C_{sed}$ (mg/kg)				
	$C_{sed, max}$ (mg/kg)	$C_{sed, middel}$ (mg/kg)		Stasjon 7	Stasjon 8	Stasjon 10	Stasjon 14	Stasjon 16
Bly	59,700	50,820	1,0	59,70	57,60	34,00	53,40	49,40
Kadmium	0,870	0,374	1,7	0,50	0,30	0,10	0,10	0,87
Kobber	77,900	52,000	1,0	77,90	68,00	28,90	45,50	39,70
Kvikksølv	0,470	0,356	1,1	0,44	0,47	0,27	0,34	0,26
Sink	178,000	151,620	1,0	178,00	169,00	98,10	154,00	159,00
Naftalen	0,055	0,039	1,3	0,043	0,044	0,024	0,055	0,03
Acenaftalen	0,036	0,015	1,0	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
Acenaften	0,025	0,013	1,4	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01
Fluoren	0,026	0,020	1,0	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01
Fenantren	0,210	0,158	1,4	0,15	0,14	0,19	0,21	0,10
Antracen	0,380	0,170	1,0	0,38	0,23	0,08	0,10	0,07
Fluoranten	0,420	0,322	1,0	0,42	0,35	0,32	0,36	0,16
Pyren	0,440	0,316	1,0	0,44	0,36	0,28	0,34	0,16
Benzo(a)antracen	0,810	0,302	4,1	0,20	0,17	0,15	0,18	0,81
Krysen	0,950	0,328	5,0	0,19	0,17	0,15	0,18	0,95
Benzo(b)fluoranten	0,410	0,338	1,0	0,41	0,38	0,29	0,38	0,23
Benzo(k)fluoranten	0,160	0,136	1,0	0,16	0,15	0,12	0,16	0,09
Benzo(a)pyren	0,240	0,190	1,0	0,24	0,21	0,18	0,23	0,09
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,230	0,184	1,0	0,23	0,22	0,14	0,19	0,14
Dibenzo(a,h)antracen	0,048	0,035	1,0	0,05	0,04	0,03	0,04	0,02
Benzo(ghi)perylene	0,300	0,250	1,0	0,30	0,29	0,18	0,23	
PCB 28	0,00260	0,00143	1,4	0,00180	0,00260	0,00140	0,00072	0,00065
PCB 52	0,00430	0,00169	2,9	0,00150	0,00430	0,00180	0,00061	0,00025
PCB 101	0,00770	0,00382	1,0	0,00750	0,00770	0,00150	0,00150	0,00088
PCB 118	0,00630	0,00317	1,2	0,00510	0,00630	0,00240	0,00190	0,00016
PCB 138	0,00540	0,00311	1,0	0,00540	0,00540	0,00240	0,00220	0,00016
PCB 153	0,00710	0,00482	1,0	0,00710	0,00620	0,00280	0,00270	0,00530
PCB 180	0,00150	0,00094	1,0	0,00150	0,00130	0,00140	0,00025	0,00025
Tributyltinn (TBT-ion)	0,35000	0,17520	1,0	0,35000	0,34000	0,04800	0,10000	0,03800
Lindan	0,00025	0,00025	1,0	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
Heksaklorbenzen	0,00042	0,000242	1,2	0,00034	0,00042	0,00015	0,00015	0,00015

Tabellen viser at hotspot indeksen er på over 2 for bare 3 av parametrene, og siden det er ulike prøver som avviker for ulike parametere tyder ikke resultatene på at noe enkeltpunkt er så sterkt forurensset at



det bør vurderes eller håndteres separat (såkalt hotspot). Siden regnearket også beregner overskridelse av grenseverdiene for Trinn 1 vises denne i **Tabell 21**.

**Tabell 21.** Målt sedimentkonsentrasjon for alle prøvene sammenliknet med Trinn 1 grenseverdier. Positive prosentverdier betyr overskridelse.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon overskrider trinn 1 grenseverdi med:	
	Antall prøver	C <sub>sed, max</sub> (mg/kg)	C <sub>sed, middel</sub> (mg/kg)		Maks	Middel
Bly	5	59,7	50,82	83		
Kadmium	5	0,87	0,374	2,6		
Kobber	5	77,9	52	51	53 %	2 %
Kvikksølv	5	0,47	0,356	0,63		
Sink	5	178	151,62	360		
Naftalen	5	0,055	0,0392	0,29		
Acenaftylene	5	0,036	0,01534	0,033	9 %	
Acenaften	5	0,025	0,01302	0,16		
Fluoren	5	0,026	0,0202	0,26		
Fenantren	5	0,21	0,1576	0,50		
Antracen	5	0,38	0,1704	0,031	1126 %	450 %
Fluoranten	5	0,42	0,322	0,17	147 %	89 %
Pyren	5	0,44	0,316	0,28	57 %	13 %
Benzo(a)antracen	5	0,81	0,302	0,06	1250 %	403 %
Krysen	5	0,95	0,328	0,28	239 %	17 %
Benzo(b)fluoranten	5	0,41	0,338	0,24	71 %	41 %
Benzo(k)fluoranten	5	0,16	0,136	0,21		
Benzo(a)pyren	5	0,24	0,19	0,42		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5	0,23	0,184	0,047	389 %	291 %
Dibenzo(a,h)antracen	5	0,048	0,0354	0,59		
Benzo(ghi)perylene	4	0,3	0,25	0,021	1329 %	1090 %
PCB 28	5	0,0026	0,001434			
PCB 52	5	0,0043	0,001692			
PCB 101	5	0,0077	0,003816			
PCB 118	5	0,0063	0,003172			
PCB 138	5	0,0054	0,003112			
PCB 153	5	0,0071	0,00482			
PCB 180	5	0,0015	0,00094			
Sum PCB7	5	0,039	0,019	0,017	105 %	12 %
Tributyltinn (TBT-ion)	5	0,35	0,1752	0,035	900 %	401 %
Lindan	5	0,00025	0,00025	0,0011		
Heksaklorbenzen	5	0,00042	0,000242	0,0169		

Overskridelse vises både for maksimumverdi (dvs. overskridelse av prøven med høyest konsentrasjon) og for middelvei av alle prøvene. For 11 av parametrene overskrideres middelveien for

grenseverdiene for Trinn 1. For ytterligere en av parametrene overskrider også den høyeste av sedimentkonsentrasjonene ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien.

For metallene er det også her kun overskridelse av grenseverdien for Trinn 1 av kobber. For 8 av enkeltforbindelsene av PAH overskrider både maksimum- og middelveidene av prøvene grenseverdiene for Trinn 1, mens én overskrider maksimumgrenseverdien. Maksimumsnivå av sum PCB<sub>7</sub> overskrider grenseverdien i Trinn 1 med 105 %. Middelveidi av sum PCB<sub>7</sub> overskrider grenseverdien så vidt: 12 %. For TBT overskrider maksimumverdien ( $C_{\text{sed,max}}$ ) grenseverdien for Trinn 1 med 900 %.

I følge risikoveilederen krever disse overskridelsene utenfor Kambo at Trinn 2 av risikovurderingen gjennomføres.

## **3.2 Trinn 2A, risiko for spredning**

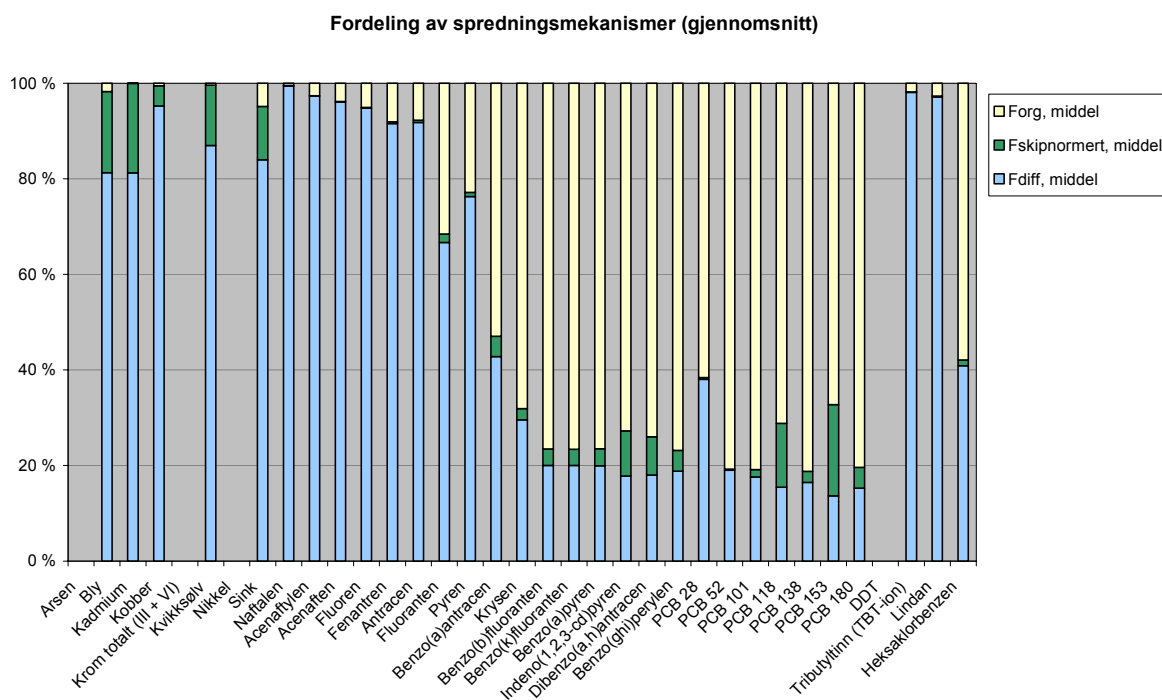
### **3.2.1 Indre område av Mossesundet**

Beregnet spredning av tungmetaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av biodiffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 22**. Det blir lagt mest vekt på om middelveidene overskrides siden det er områdets samlede risiko som vurderes og ikke bare risikobidraget fra et enkelt prøvepunkt.

**Tabell 22.** Indre område. Beregnet spredning (mg pr m<sup>2</sup> pr år) av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. Tabellen viser spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimum spredning) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middels spredning).

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	F <sub>tot, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]
Bly	7,0211	5,71E+00	1,19E+00	1,23E-01	4,2477	3,45E+00	7,21E-01	7,44E-02
Kadmium	0,2357	1,91E-01	4,41E-02	1,08E-04	0,1112	9,03E-02	2,08E-02	5,12E-05
Kobber	82,2976	7,84E+01	3,45E+00	4,47E-01	35,5040	3,38E+01	1,49E+00	1,93E-01
Kvikksølv	0,2101	1,83E-01	2,65E-02	8,46E-04	0,0728	6,33E-02	9,18E-03	2,93E-04
Sink	39,3427	3,30E+01	4,38E+00	1,92E+00	24,3851	2,05E+01	2,72E+00	1,19E+00
Naftalen	18,2808	1,82E+01	1,00E-02	8,59E-02	7,5524	7,51E+00	4,14E-03	3,55E-02
Acenaftylen	5,3092	5,17E+00	4,17E-03	1,37E-01	2,2754	2,21E+00	1,79E-03	5,88E-02
Acenaften	1,8992	1,82E+00	2,48E-03	7,29E-02	0,7649	7,35E-01	9,98E-04	2,94E-02
Fluoren	2,2191	2,10E+00	4,34E-03	1,12E-01	0,7993	7,57E-01	1,56E-03	4,04E-02
Fenantren	6,7583	6,19E+00	2,64E-02	5,46E-01	2,2303	2,04E+00	8,72E-03	1,80E-01
Antracen	7,8803	7,23E+00	3,72E-02	6,10E-01	2,6997	2,48E+00	1,28E-02	2,09E-01
Fluoranten	2,3102	1,54E+00	4,11E-02	7,29E-01	0,8677	5,78E-01	1,54E-02	2,74E-01
Pyren	4,3770	3,34E+00	3,74E-02	1,00E+00	1,6375	1,25E+00	1,40E-02	3,74E-01
Benzo(a)antracen	0,4872	2,09E-01	2,07E-02	2,58E-01	0,1731	7,41E-02	7,37E-03	9,17E-02
Krysen	0,8073	2,39E-01	1,89E-02	5,50E-01	0,2987	8,83E-02	6,99E-03	2,03E-01
Benzo(b)fluoranten	0,9261	1,85E-01	3,20E-02	7,09E-01	0,3310	6,62E-02	1,14E-02	2,53E-01
Benzo(k)fluoranten	0,3899	7,80E-02	1,32E-02	2,99E-01	0,1383	2,77E-02	4,67E-03	1,06E-01
Benzo(a)pyren	0,7460	1,49E-01	2,63E-02	5,71E-01	0,2535	5,06E-02	8,95E-03	1,94E-01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1392	2,48E-02	1,31E-02	1,01E-01	0,0515	9,18E-03	4,86E-03	3,75E-02
Dibenzo(a,h)antracen	0,0423	7,62E-03	3,38E-03	3,13E-02	0,0149	2,68E-03	1,19E-03	1,10E-02
Benzo(ghi)perylene	0,3234	6,09E-02	1,41E-02	2,48E-01	0,1222	2,30E-02	5,33E-03	9,39E-02
PCB 28	0,0310	1,18E-02	1,10E-04	1,91E-02	0,0117	4,43E-03	4,16E-05	7,18E-03
PCB 52	0,0796	1,51E-02	1,88E-04	6,43E-02	0,0240	4,56E-03	5,67E-05	1,93E-02
PCB 101	0,0179	3,15E-03	2,74E-04	1,45E-02	0,0055	9,70E-04	8,43E-05	4,46E-03
PCB 118	0,0021	3,26E-04	2,81E-04	1,50E-03	0,0006	9,95E-05	8,58E-05	4,58E-04
PCB 138	0,0122	2,01E-03	2,83E-04	9,91E-03	0,0045	7,35E-04	1,03E-04	3,62E-03
PCB 153	0,0013	1,81E-04	2,53E-04	8,92E-04	0,0006	8,79E-05	1,23E-04	4,33E-04
PCB 180	0,0024	3,62E-04	1,03E-04	1,91E-03	0,0011	1,72E-04	4,92E-05	9,08E-04
Tributyltinn (TBT-ion)	70,6114	6,93E+01	6,49E-02	1,28E+00	27,8729	2,73E+01	2,56E-02	5,04E-01
Lindan	0,0019	1,83E-03	3,59E-06	5,06E-05	0,0019	1,83E-03	3,59E-06	5,06E-05
Heksaklorbenzen	0,0019	7,81E-04	2,40E-05	1,11E-03	0,0007	2,78E-04	8,51E-06	3,93E-04

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 16**.



**Figur 16** Indre område. Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene. Figuren viser % spredning ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middelverdi).

**Feil! Fant ikke referanseskilden.** og **Figur 16** viser at viktigste spredningsvei varierer for de ulike forbindelsene. For metallene og TBT er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. Fordelingen av spredningsveiene for PAH viser at diffusjon fra sedimentene er viktigst for de med lavest molekylvekt, og at spredning via organismer i sedimentene er viktigst for de tyngre forbindelsene. Oppvirvling fra skipstrafikk er ikke den viktigste spredningsveien for noen av forbindelsene, men synes å ha en viss betydning for noen av metallene og noen PCB-kongener.

Beregnet total spredning av de ulike miljøgiftene basert på hhv maksimums- og gjennomsnittskonsentrasjoner er vist i **Tabell 23**

**Tabell 23.** Indre område. Beregnet spredning sammenlignet med spredning fra et tenkt sediment som tilfredsstillende kravene i Trinn 1. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot}$ overskrider tillatt spredning med:	
	$F_{tot, maks}$ ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, middel}$ ( $mg/m^2/år$ )		Maks	Middel
Bly	7,0211	4,2477	4,5886	53 %	
Kadmium	0,2357	0,1112	0,1304	81 %	
Kobber	82,2976	35,5040	11,5307	614 %	208 %
Kvikksølv	0,2101	0,0728	0,0469	348 %	55 %
Sink	39,3427	24,3851	30,3935	29 %	
Naftalen	18,2808	7,5524	142,1535		
Acenaftylen	5,3092	2,2754	7,3811		
Acenaften	1,8992	0,7649	14,9282		
Fluoren	2,2191	0,7993	14,1649		
Fenantren	6,7583	2,2303	11,9255		
Antracen	7,8803	2,6997	0,5983	1217 %	351 %
Fluoranten	2,3102	0,8677	0,7958	190 %	9 %
Pyren	4,3770	1,6375	2,8337	54 %	
Benzo(a)antracen	0,4872	0,1731	0,1132	330 %	53 %
Krysen	0,8073	0,2987	0,9797		
Benzo(b)fluoranten	0,9261	0,3310	0,5609	65 %	
Benzo(k)fluoranten	0,3899	0,1383	0,5022		
Benzo(a)pyren	0,7460	0,2535	0,9594		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1392	0,0515	0,0379	267 %	36 %
Dibenzo(a,h)antracen	0,0423	0,0149	0,5700		
Benzo(ghi)perylen	0,3234	0,1222	0,0385	739 %	217 %
PCB 28	0,0310	0,0117			
PCB 52	0,0796	0,0240			
PCB 101	0,0179	0,0055			
PCB 118	0,0021	0,0006			
PCB 138	0,0122	0,0045			
PCB 153	0,0013	0,0006			
PCB 180	0,0024	0,0011			
<i>Sum PCB7</i>	0,1466	0,0480			
Tributyltinn (TBT-ion)	70,6114	27,8729	11,5089	514 %	142 %
Lindan	0,0019	0,0019	0,0734		
Heksaklorbenzen	0,0019	0,0007	0,1132		

Risikoveilederen angir ikke noen allmenne akseptgrenser for spredning alene, og vi kjenner ikke til at det finnes lokale akseptgrenser for spredning. **Tabell 23** viser hvor mye totalspredningen fra sedimentene overskrider spredningen fra et referansesediment som akkurat tilfredsstillende grenseverdiene i Trinn 1 (dvs. som har en akseptabel økologisk risiko). Maksimumverdiene overskrider spredningen fra referansesedimentet for alle de 5 metallene, 7 av PAH-komponentene og

for TBT. Åtte av gjennomsnittskonsentrasjonene overskrider referansespredningen. Spredning basert på gjennomsnittskonsentrasjonene gir det mest realistiske bildet av hva som transporteres ut av sedimentet og kan påvirke andre deler av økosystemet og human helse. Siden beregningene viser overskridelse også her, ansees risikoen knyttet til spredning isolert som for høy til å være akseptabel.

**Tabell 24.** Indre område. Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene. Tabellen viser tømmetid ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene.

Stoff	Beregnet maksimal spredning	Beregnet middel spredning	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, $t_{\text{tom}}$ (år)
	$F_{\text{tot, maks}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{\text{tot, middel}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	
Bly	7,0211	4,2477	823,0
Kadmium	0,2357	0,1112	907,5
Kobber	82,2976	35,5040	201,2
Kvikksølv	0,2101	0,0728	610,8
Sink	39,3427	24,3851	538,9
Naftalen	18,2808	7,5524	0,8
Acenaftalen	5,3092	2,2754	1,8
Acenaften	1,8992	0,7649	4,3
Fluoren	2,2191	0,7993	7,4
Fenantren	6,7583	2,2303	16,8
Antracen	7,8803	2,6997	20,8
Fluoranten	2,3102	0,8677	84,7
Pyren	4,3770	1,6375	39,5
Benzo(a)antracen	0,4872	0,1731	205,4
Krysen	0,8073	0,2987	112,7
Benzo(b)fluoranten	0,9261	0,3310	167,0
Benzo(k)fluoranten	0,3899	0,1383	163,4
Benzo(a)pyren	0,7460	0,2535	170,8
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1392	0,0515	457,8
Dibenzo(a,h)antracen	0,0423	0,0149	387,3
Benzo(ghi)perylene	0,3234	0,1222	211,0
PCB 28	0,0310	0,0117	16,2
PCB 52	0,0796	0,0240	10,9
PCB 101	0,0179	0,0055	73,6
PCB 118	0,0021	0,0006	647,4
PCB 138	0,0122	0,0045	111,8
PCB 153	0,0013	0,0006	926,2
PCB 180	0,0024	0,0011	210,8
Tributyltinn (TBT-ion)	70,6114	27,8729	1,2
Lindan	0,0019	0,0019	6,0
Heksaklorbenzen	0,0019	0,0007	59,5

Som en kontroll på at spredningsberegningene er realistiske, har regnearket en rutine som beregner hvor lang tid det vil ta å tømme sedimentet for miljøgifter med den beregnede spredningen. Hvis denne tiden er kort for et stoff betyr det at utlekkingen er så stor at sedimentene allerede burde ha vært tømt for stoffet. Siden stoffet finnes betyr det at beregningen overestimerer risikoen (gir for høy

utlekking) eller at tilførselen til sedimentene også er betydelig. Det er imidlertid vanskelig å finne data som kan sondre mellom disse årsakene.

For stoffene TBT og naftalen er tid for å tømme sedimentene ca ett år (**Tabell 24**). Dette tyder på at beregnet spredning for disse stoffene er overestimert eller at det stadig er påfyll av disse forbindelsene til sedimentet. Vi regner det første som mest sannsynlig. For de øvrige stoffene som overskrider referansespredningen er "tømmetiden" så lang at den beregnede spredningen ansees å være realistisk.

### **3.2.2 Utenfor Kambo i midtre del av Mossesundet**

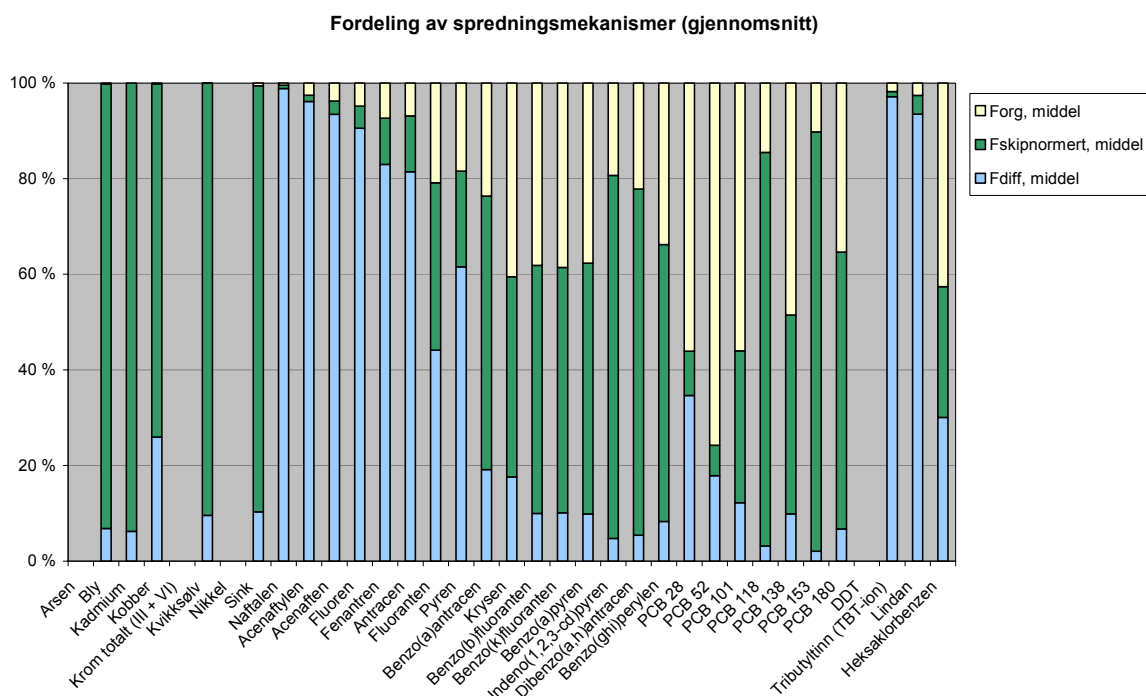
Beregnet spredning av tungmetaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av biodiffusjon, oppvirvling og transport via organismer er vist i **Tabell 25**. Det blir lagt mest vekt på at middelverdiene overskrides siden det er områdets samlede risiko som vurderes og ikke bare risikobidraget fra et enkelt prøvepunkt.

**Tabell 25.** Kamboområdet. Beregnet spredning (mg pr m<sup>2</sup> pr år) av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. Tabellen viser spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimum spredning) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middels spredning).

Stoff	Beregnet maksimal spredning				Beregnet middel spredning			
	F <sub>tot, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]
Bly	29,3560	2,00E+00	2,73E+01	4,31E-02	23,4023	1,59E+00	2,18E+01	3,44E-02
Kadmium	0,5956	3,71E-02	5,59E-01	2,10E-05	0,3895	2,42E-02	3,65E-01	1,37E-05
Kobber	79,8408	2,07E+01	5,90E+01	1,18E-01	45,3830	1,18E+01	3,36E+01	6,71E-02
Kvikksølv	0,2919	2,79E-02	2,64E-01	1,29E-04	0,1650	1,57E-02	1,49E-01	7,29E-05
Sink	146,0454	1,50E+01	1,30E+02	8,71E-01	103,5924	1,07E+01	9,23E+01	6,18E-01
Naftalen	4,4634	4,41E+00	3,08E-02	2,08E-02	1,9211	1,90E+00	1,32E-02	8,97E-03
Acenaftylen	0,3655	3,51E-01	4,77E-03	9,33E-03	0,2534	2,44E-01	3,31E-03	6,47E-03
Acenaften	0,3284	3,07E-01	9,23E-03	1,23E-02	0,1525	1,43E-01	4,29E-03	5,70E-03
Fluoren	0,2233	2,02E-01	1,03E-02	1,08E-02	0,1423	1,29E-01	6,54E-03	6,88E-03
Fenantren	0,9034	7,50E-01	8,77E-02	6,62E-02	0,5662	4,70E-01	5,49E-02	4,15E-02
Antracen	0,3683	3,00E-01	4,30E-02	2,53E-02	0,2381	1,94E-01	2,78E-02	1,63E-02
Fluoranten	0,7557	3,33E-01	2,65E-01	1,58E-01	0,4156	1,83E-01	1,46E-01	8,68E-02
Pyren	0,9269	5,70E-01	1,86E-01	1,71E-01	0,6380	3,93E-01	1,28E-01	1,18E-01
Benzo(a)antracen	0,1180	2,26E-02	6,76E-02	2,79E-02	0,0810	1,55E-02	4,64E-02	1,92E-02
Krysen	0,2054	3,62E-02	8,60E-02	8,33E-02	0,1299	2,29E-02	5,44E-02	5,26E-02
Benzo(b)fluoranten	0,3313	3,30E-02	1,72E-01	1,26E-01	0,2425	2,42E-02	1,26E-01	9,25E-02
Benzo(k)fluoranten	0,1316	1,33E-02	6,75E-02	5,08E-02	0,0981	9,89E-03	5,04E-02	3,79E-02
Benzo(a)pyren	0,1872	1,84E-02	9,82E-02	7,06E-02	0,1205	1,19E-02	6,32E-02	4,54E-02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1051	4,98E-03	7,98E-02	2,03E-02	0,0722	3,42E-03	5,48E-02	1,40E-02
Dibenzo(a,h)antracen	0,0220	1,19E-03	1,60E-02	4,89E-03	0,0145	7,83E-04	1,05E-02	3,22E-03
Benzo(ghi)perylene	0,1696	1,40E-02	9,82E-02	5,73E-02	0,1145	9,48E-03	6,63E-02	3,87E-02
PCB 28	0,0402	1,39E-02	3,72E-03	2,25E-02	0,0122	4,21E-03	1,13E-03	6,83E-03
PCB 52	0,7055	1,26E-01	4,52E-02	5,34E-01	0,1802	3,22E-02	1,15E-02	1,36E-01
PCB 101	0,0118	1,44E-03	3,75E-03	6,60E-03	0,0065	7,94E-04	2,07E-03	3,65E-03
PCB 118	0,0069	2,17E-04	5,65E-03	9,96E-04	0,0031	9,77E-05	2,55E-03	4,49E-04
PCB 138	0,0077	7,54E-04	3,19E-03	3,72E-03	0,0056	5,55E-04	2,35E-03	2,74E-03
PCB 153	0,0036	7,54E-05	3,19E-03	3,72E-04	0,0030	6,20E-05	2,62E-03	3,06E-04
PCB 180	0,0056	3,78E-04	3,25E-03	1,99E-03	0,0031	2,10E-04	1,81E-03	1,11E-03
Tributyltinn (TBT-ion)	27,6124	2,68E+01	2,96E-01	4,94E-01	19,8972	1,93E+01	2,13E-01	3,56E-01
Lindan	0,0042	3,97E-03	1,66E-04	1,09E-04	0,0042	3,97E-03	1,66E-04	1,09E-04
Heksaklorbenzen	0,0021	6,29E-04	5,73E-04	8,91E-04	0,0009	2,59E-04	2,36E-04	3,67E-04

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 17**.





**Figur 17.** Kamboområdet Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene (via organismer, oppvirvling fra skip og biodiffusjon). Figuren viser % spredning ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middelverdi).

**Tabell 25** og **Figur 17** viser at viktigste spredningsvei varierer for de ulike forbindelsene. For metallene er det oppvirvling fra skipstrafikk som er viktigste spredningsvei. Fordelingen av spredningsveiene for PAH viser at diffusjon fra sedimentene er viktigst for de med lavest molekylvekt, og at spredning via skipstrafikk og organismer i sedimentene er viktigst for de tyngre forbindelsene. For TBT er diffusjon fra sedimentene den viktigste spredningsmekanismen. Beregnet total spredning av de ulike miljøgiftene basert på gjennomsnittskonsentrasjoner er vist i **Tabell 26**.

**Tabell 26.** Kamboområdet Beregnet spredning sammenlignet med spredning fra et tenkt sediment som tilfredsstillende kravene i Trinn 1. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot}$ overskrider tillatt spredning med:	
	$F_{tot, maks}$ ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, middel}$ ( $mg/m^2/år$ )		Maks	Middel
Bly	29,3560	23,4023	54,7539		
Kadmium	0,5956	0,3895	1,7018		
Kobber	79,8408	45,3830	42,3713	88 %	7 %
Kvikksølv	0,29194	0,16498	0,4277		
Sink	146,0454	103,5924	248,0017		
Naftalen	4,4634	1,9211	142,5332		
Acenaftylene	0,3655	0,2534	7,4127		
Acenaften	0,3284	0,1525	15,0486		
Fluoren	0,2233	0,1423	14,3454		
Fenantren	0,9034	0,5662	12,2476		
Antracen	0,3683	0,2381	0,6180		
Fluoranten	0,7557	0,4156	0,8996		
Pyren	0,9269	0,6380	3,0072		
Benzo(a)antracen	0,1180	0,0810	0,1496		
Krysen	0,2054	0,1299	1,1496		
Benzo(b)fluoranten	0,3313	0,2425	0,7062		
Benzo(k)fluoranten	0,1316	0,0981	0,6293		
Benzo(a)pyren	0,1872	0,1205	1,2137		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1051	0,0722	0,0663	59 %	9 %
Dibenzo(a,h)antracen	0,0220	0,0145	0,9269		
Benzo(ghi)perylene	0,1696	0,1145	0,0512	231 %	123 %
PCB 28	0,0402	0,0122			
PCB 52	0,7055	0,1802			
PCB 101	0,0118	0,0065			
PCB 118	0,0069	0,0031			
PCB 138	0,0077	0,0056			
PCB 153	0,0036	0,0030			
PCB 180	0,0056	0,0031			
<i>Sum PCB7</i>	<i>0,7813</i>	<i>0,2137</i>			
Tributyltinn (TBT-ion)	27,61239	19,89716	11,5593	139 %	72 %
Lindan	0,00424	0,00424	0,0742		
Heksaklorbenzen	0,00209	0,00086	0,1235		

Maksimum- og gjennomsnittsverdiene overskrider spredningen fra referansesedimentet for ett av metallene (Cu), 2 av PAH-komponentene og for TBT. Spredning basert på gjennomsnittskonsentrasjonene gir det mest realistiske bildet av hva som transporteres ut av sedimentet og kan påvirke andre deler av økosystemet og human helse. Siden beregningene viser

overskridelse også her, først og fremst for en av PAH-forbindelsene og TBT, ansees risikoen knyttet til spredning isolert som for høy til å være akseptabel.

For forbindelsene naftalen, acenaftylen og TBT er tid for å tømme sedimentene mindre enn ett år (**Tabell 27**). Dette tyder på at beregnet spredning for disse stoffene er overestimert. For de øvrige stoffene som viser overskridelse, er tømmetiden så lang at beregnet overskridelse virker troverdig.

**Tabell 27.** Kamboområdet. Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene. Tabellen viser tømmetid ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene.

Stoff	Beregnet maksimal spredning	Beregnet middel spredning	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, $t_{\text{tøm}}$ (år)
	$F_{\text{tot, maks}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{\text{tot, middel}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	
Bly	29,3560	23,4023	69,0
Kadmium	0,5956	0,3895	69,5
Kobber	79,8408	45,3830	54,8
Kvikksølv	0,2919	0,1650	67,0
Sink	146,0454	103,5924	66,0
Naftalen	4,4634	1,9211	0,4
Acenaftylen	0,3655	0,2534	0,8
Acenaften	0,3284	0,1525	1,9
Fluoren	0,2233	0,1423	3,3
Fenantren	0,9034	0,5662	7,1
Antracen	0,3683	0,2381	8,5
Fluoranten	0,7557	0,4156	25,9
Pyren	0,9269	0,6380	14,7
Benzo(a)antracen	0,1180	0,0810	42,4
Krysen	0,2054	0,1299	31,0
Benzo(b)fluoranten	0,3313	0,2425	38,5
Benzo(k)fluoranten	0,1316	0,0981	38,0
Benzo(a)pyren	0,1872	0,1205	38,9
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1051	0,0722	56,3
Dibenzo(a,h)antracen	0,0220	0,0145	53,7
Benzo(ghi)perylen	0,1696	0,1145	42,9
PCB 28	0,0402	0,0122	6,8
PCB 52	0,7055	0,1802	4,7
PCB 101	0,0118	0,0065	23,5
PCB 118	0,0069	0,0031	61,0
PCB 138	0,0077	0,0056	30,9
PCB 153	0,0036	0,0030	65,0
PCB 180	0,0056	0,0031	42,9
Tributyltinn (TBT-ion)	27,6124	19,8972	0,6
Lindan	0,0042	0,0042	2,7
Heksaklorbenzen	0,0021	0,0009	20,2

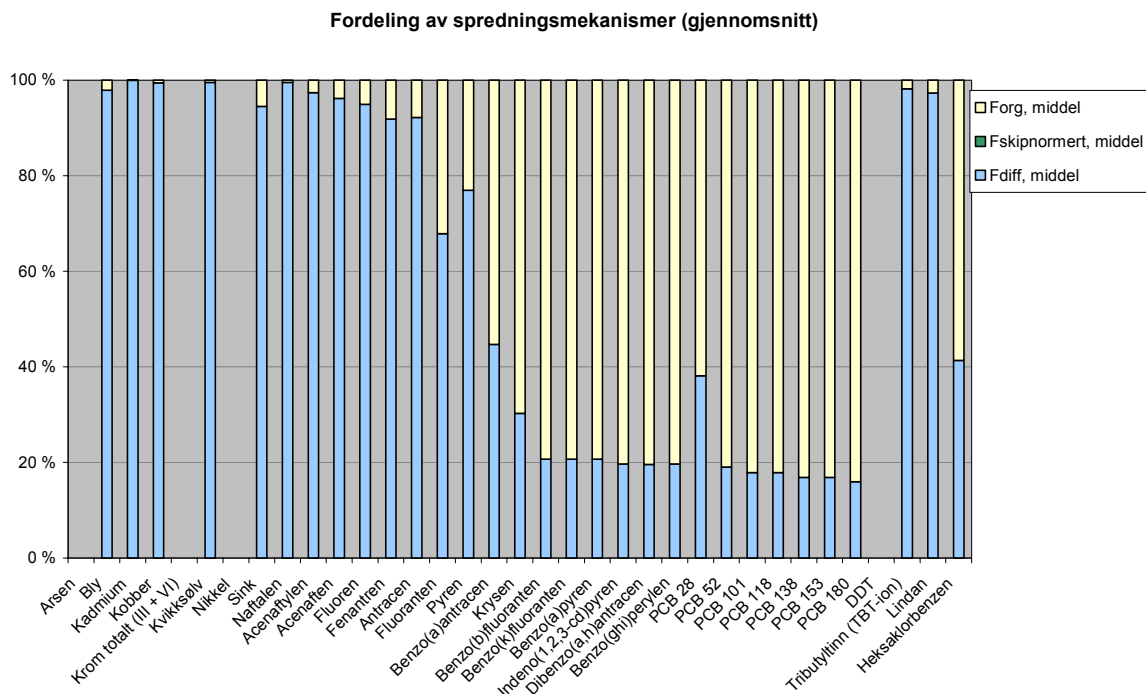
### 3.2.3 Dype områder i Mossesundet

Beregnet spredning av tungmetaller, PAH, PCB og TBT ut fra sedimentet som følge av biodiffusjon og transport via organismer er vist i **Tabell 28**. Spredning ved oppvirvling fra skip er urealistisk på dette dypet. Det blir lagt mest vekt på at middelverdiene overskrides siden det er områdets samlede risiko som vurderes og ikke bare risikobidraget fra et enkelt prøvepunkt.

**Tabell 28.** Dypområdet. Beregnet spredning (mg pr m<sup>2</sup> pr år) av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT. Tabellen viser spredning ut fra den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maksimum spredning) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middels spredning).

Stoff	Beregnet maksimal spredning			Beregnet middel spredning		
	F <sub>tot, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, maks</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]
Bly	2,7400	2,6822	0,0578	2,3324	2,2832	0,0492
Kadmium	0,0355	0,0354	0,0000201	0,0152	0,0152	0,00000863
Kobber	16,8748	16,7790	0,0957	11,2643	11,2004	0,0639
Kvikksølv	0,0306	0,0305	0,0001	0,0232	0,0231	0,0001
Sink	13,3537	12,6221	0,7315	11,3746	10,7515	0,6231
Naftalen	5,6976	5,6708	0,0268	4,0608	4,0417	0,0191
Acenaftylen	1,7016	1,6576	0,0440	0,7251	0,7063	0,0187
Acenaften	0,4929	0,4739	0,0190	0,2567	0,2468	0,0099
Fluoren	0,2993	0,2841	0,0152	0,2325	0,2207	0,0118
Fenantren	1,0580	0,9722	0,0858	0,7940	0,7296	0,0644
Antracen	1,5490	1,4286	0,1204	0,6946	0,6406	0,0540
Fluoranten	0,4147	0,2814	0,1332	0,3179	0,2158	0,1021
Pyren	0,9402	0,7233	0,2168	0,6752	0,5195	0,1557
Benzo(a)antracen	0,3214	0,1437	0,1777	0,1198	0,0536	0,0663
Krysen	0,7007	0,2121	0,4886	0,2419	0,0732	0,1687
Benzo(b)fluoranten	0,2017	0,0418	0,1600	0,1663	0,0344	0,1319
Benzo(k)fluoranten	0,0806	0,0167	0,0639	0,0685	0,0142	0,0543
Benzo(a)pyren	0,1154	0,0239	0,0915	0,0914	0,0189	0,0724
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0387	0,0076	0,0311	0,0310	0,0061	0,0249
Dibenzo(a,h)antracen	0,0097	0,0019	0,0078	0,0072	0,0014	0,0058
Benzo(ghi)perylene	0,1157	0,0228	0,0930	0,0965	0,0190	0,0775
PCB 28	0,0137	0,0052	0,0084	0,0075	0,0029	0,0047
PCB 52	0,0336	0,0064	0,0272	0,0132	0,0025	0,0107
PCB 101	0,0088	0,0016	0,0072	0,0043	0,0008	0,0036
PCB 118	0,0007	0,0001	0,0006	0,0004	0,0001	0,0003
PCB 138	0,0040	0,0007	0,0033	0,0023	0,0004	0,0019
PCB 153	0,0005	0,0001	0,0004	0,0004	0,0001	0,0003
PCB 180	0,0006	0,0001	0,0005	0,0004	0,0001	0,0003
Tributyltinn (TBT-ion)	24,3149	23,8749	0,4399	12,1713	11,9511	0,2202
Lindan	0,0035	0,0034	0,0001	0,0035	0,0034	0,0001
Heksaklorbenzen	0,0006	0,0002	0,0003	0,0003	0,0001	0,0002

Den prosentvise betydningen av de ulike spredningsveiene er vist i **Figur 18**.



**Figur 18.** Dypområdet. Spredning av metaller, PAH-forbindelser, PCB og TBT vist som %-fordeling på de ulike spredningsveiene. Figuren viser % spredning ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middelverdi).

**Tabell 28** og **Figur 18** viser at viktigste spredningsvei varierer for de ulike forbindelsene. For metallene og for PAH med lav molekylvekt er det diffusjon fra sedimentene som er viktigste spredningsvei. For de tyngre PAH-forbindelsene er det organismer i sedimentene som er den viktigste spredningsveien. For TBT er biodiffusjon fra sedimentene den viktigste spredningsmekanismen. Beregnet total spredning av de ulike miljøgiftene basert på gjennomsnittskonsentrasjoner er vist i **Tabell 29**.

**Tabell 29.** Dypområdet. Beregnet spredning sammenlignet med spredning fra et tenkt sediment som tilfredsstiller kravene i Trinn 1. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet spredning		Spredning dersom $C_{sed}$ er lik grenseverdi for trinn 1 ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot}$ overskrider tillatt spredning med:	
	$F_{tot, maks}$ ( $mg/m^2/år$ )	$F_{tot, middel}$ ( $mg/m^2/år$ )		Maks	Middel
Bly	2,7400	2,3324	3,8094		
Kadmium	0,0355	0,0152	0,1059		
Kobber	16,8748	11,2643	11,0477	53 %	2 %
Kvikksølv	0,0306	0,0232	0,0410		
Sink	13,3537	11,3746	27,0074		
Naftalen	5,6976	4,0608	142,0969		
Acenaftylen	1,7016	0,7251	7,3778		
Acenaften	0,4929	0,2567	14,9205		
Fluoren	0,2993	0,2325	14,1563		
Fenantren	1,0580	0,7940	11,9155		
Antracen	1,5490	0,6946	0,5977	159 %	16 %
Fluoranten	0,4147	0,3179	0,7939		
Pyren	0,9402	0,6752	2,8299		
Benzo(a)antracen	0,3214	0,1198	0,1126	185 %	6 %
Krysen	0,7007	0,2419	0,9769		
Benzo(b)fluoranten	0,2017	0,1663	0,5586		
Benzo(k)fluoranten	0,0806	0,0685	0,5001		
Benzo(a)pyren	0,1154	0,0914	0,955		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0387	0,0310	0,0374	3 %	
Dibenzo(a,h)antracen	0,0097	0,0072	0,56		
Benzo(ghi)perylen	0,1157	0,0965	0,038	202 %	152 %
PCB 28	0,0137	0,0075			
PCB 52	0,0336	0,0132			
PCB 101	0,0088	0,0043			
PCB 118	0,0007	0,0004			
PCB 138	0,0040	0,0023			
PCB 153	0,0005	0,0004			
PCB 180	0,0006	0,0004			
<i>Sum PCB7</i>	<i>0,0619</i>	<i>0,0285</i>			
Tributyltinn (TBT-ion)	24,3149	12,1713	11,5009	111 %	6 %
Lindan	0,0035	0,0035	0,0733		
Heksaklorbenzen	0,0006	0,0003	0,1130		

Maksimum- og gjennomsnittsverdiene overskrider spredningen fra referansesedimentet for ett av metallene (Cu), 4 av PAH-komponentene og for TBT. Spredning basert på gjennomsnittskonsentrasjonene gir det mest realistiske bildet av hva som transporteres ut av sedimentet og kan påvirke andre deler av økosystemet og human helse. Siden beregningene viser overskridelse også her, ansees risikoen knyttet til spredning isolert som for høy til å være akseptabel.

For forbindelsene naftalen og TBT er tid for å tømme sedimentene mindre enn ett år (**Tabell 30**). Dette tyder på at beregnet spredning for disse stoffene er overestimert, dvs at overskridelsen for TBT sannsynligvis er urealistisk. For de øvrige stoffene som viser overskridelse, er tømmetiden så lang at beregnet overskridelse virker troverdig.

**Tabell 30.** Dypområdet. Beregnet tid for å tømme sedimentet for de ulike forbindelsene. Tabellen viser tømmetid ut fra et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene.

Stoff	Beregnet maksimal spredning	Beregnet middel spredning	Tiden det tar å tømme sedimentet for gitt stoff, $t_{\text{tom}}$ (år)
	$F_{\text{tot, maks}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{\text{tot, middel}}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	
Bly	2,739986	2,33243	991,4
Kadmium	0,035451	0,01524	1116,6
Kobber	16,874757	11,26428	210,0
Kvikksølv	0,030596	0,023175	698,9
Sink	13,35365	11,37461	606,5
Naftalen	5,697551	4,0608	0,4
Acenaftylen	1,70158	0,725062	1,0
Acenaften	0,492882	0,256693	2,3
Fuoren	0,299287	0,232523	4,0
Fenantren	1,0580	0,7940	9,0
Antracen	1,5490	0,6946	11,2
Fluoranten	0,4147	0,3179	46,1
Pyren	0,9402	0,6752	21,3
Benzo(a)antracen	0,3214	0,1198	114,7
Krysen	0,7007	0,2419	61,7
Benzo(b)fluoranten	0,2017	0,1663	92,5
Benzo(k)fluoranten	0,0806	0,0685	90,4
Benzo(a)pyren	0,1154	0,0914	94,6
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0387	0,0310	270,2
Dibenzo(a,h)antracen	0,0097	0,0072	225,0
Benzo(ghi)perylen	0,1157	0,0965	117,9
PCB 28	0,0137	0,0075	8,7
PCB 52	0,0336	0,0132	5,8
PCB 101	0,0088	0,0043	39,9
PCB 118	0,0007	0,0004	399,3
PCB 138	0,0040	0,0023	61,2
PCB 153	0,0005	0,0004	611,8
PCB 180	0,0006	0,0004	117,8
Tributyltinn (TBT-ion)	24,3149	12,1713	0,7
Lindan	0,0035	0,0035	3,2
Heksaklorbenzen	0,0006	0,0003	32,2

### 3.3 Trinn 2B, risiko for skade på human helse

#### 3.3.1 Indre område av Mossesundet

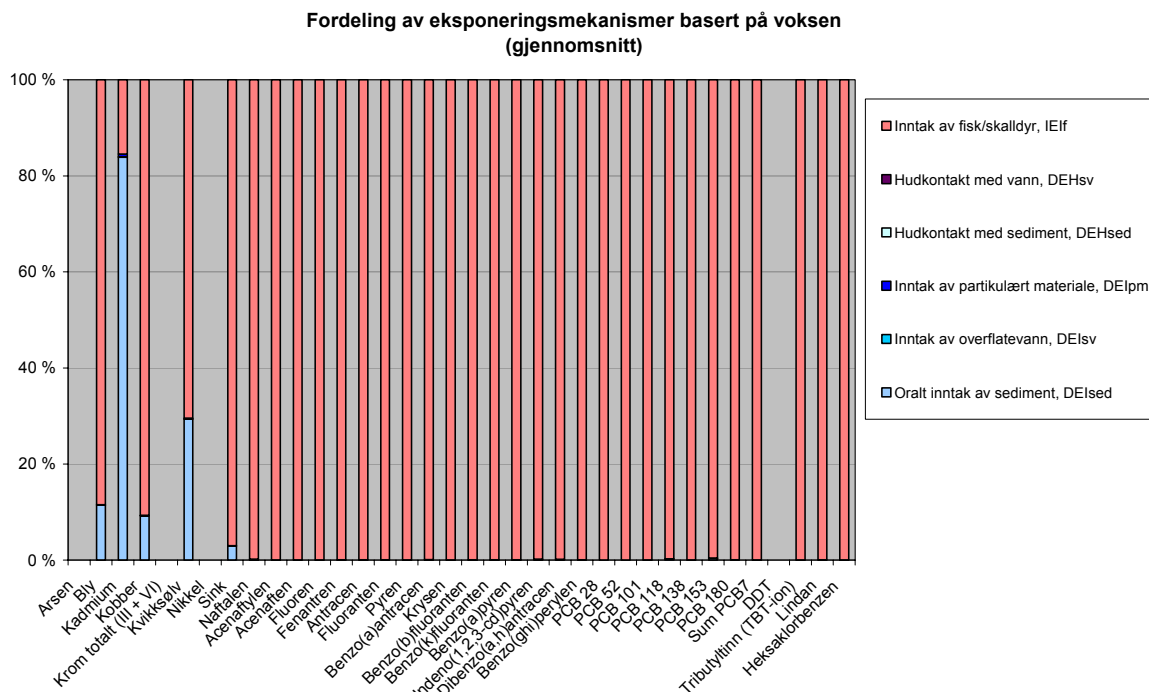
For å kunne vurdere human eksponering for de ulike miljøgiftene i sedimentet blir det beregnet en total livstidsdose (som mg pr kg kroppsvekt pr dag gjennom hele livsløpet) basert på transport fra sedimentet til mennesker. Hovedveien er transport gjennom næringskjeden til fisk og skalldyr, men andre sannsynlige kontaktveier er også inkludert (se **Figur 17**). Denne livstidsdosen sammenlignes så med gitte grenseverdier: tolerabelt daglig inntak (TDI) for stoffer der dette er fastsatt av Mattilsynet eller maksimalt tolerabel risiko (MTR) for de øvrige stoffene. Siden mennesker utsettes for flere miljøgiftkilder er det satt en grense ved at bare 10 % av det totale inntaket i mennesker får stamme fra sedimenter (for TBT er grensen 100 % da man går ut fra at all påvirkning fra dette stoffet kan stamme fra sediment). **Tabell 31** viser overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene i det indre området.



**Tabell 31.** Indre område. Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 %. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	5,10E-04	3,09E-04	0,0004	41,7 %	
Kadmium	4,35E-06	2,05E-06	0,0001		
Kobber	1,77E-03	7,65E-04	0,0050		
Kvikksølv	5,16E-06	1,79E-06	0,0000		
Sink	6,66E-03	4,13E-03	0,0300		
Naftalen	2,82E-04	1,16E-04	0,0040		
Acenaftylene	4,49E-04	1,92E-04			
Acenaften	2,39E-04	9,62E-05			
Fluoren	3,67E-04	1,32E-04			
Fenantren	1,79E-03	5,90E-04	0,0040		
Antracen	2,00E-03	6,84E-04	0,0040		
Fluoranten	2,39E-03	8,97E-04	0,0050		
Pyren	3,28E-03	1,23E-03			
Benzo(a)antracen	8,46E-04	3,01E-04	0,0005	69,2 %	
Krysen	1,80E-03	6,66E-04	0,0050		
Benzo(b)fluoranten	2,32E-03	8,30E-04			
Benzo(k)fluoranten	9,78E-04	3,47E-04	0,0005	95,7 %	
Benzo(a)pyren	1,87E-03	6,35E-04	0,0000	81156,9 %	27517,7 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,32E-04	1,23E-04	0,0005		
Dibenzo(a,h)antracen	1,03E-04	3,62E-05			
Benzo(ghi)perylene	8,14E-04	3,08E-04	0,0030		
PCB 28	6,25E-05	2,35E-05			
PCB 52	2,10E-04	6,33E-05			
PCB 101	4,75E-05	1,46E-05			
PCB 118	4,94E-06	1,51E-06			
PCB 138	3,25E-05	1,19E-05			
PCB 153	2,94E-06	1,43E-06			
PCB 180	6,25E-06	2,97E-06			
Sum PCB7	3,67E-04	1,19E-04	0,0000	18239,2 %	5856,6 %
Tributyltinn (TBT-ion)	4,18E-03	1,65E-03	0,0003	1571,3 %	559,7 %
Lindan	1,66E-07	1,66E-07			
Heksaklorbenzen	5,10E-04	3,09E-04			

**Tabell 31** viser at det er store overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene benzo(a)pyren, sum PCB<sub>7</sub>, og TBT. Sedimentnivåene av disse tre forbindelsene i indre område gir dermed for høy risiko for skade på human helse.



**Figur 19.** Indre område. Fordeling av eksponeringsmekanismer til mennesker basert på gjennomsnitt av alle sedimentprøvene.

**Figur 19** viser at risikoen for skade på human helse fra benzo(a)pyren, PCB<sub>7</sub> og TBT er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr.

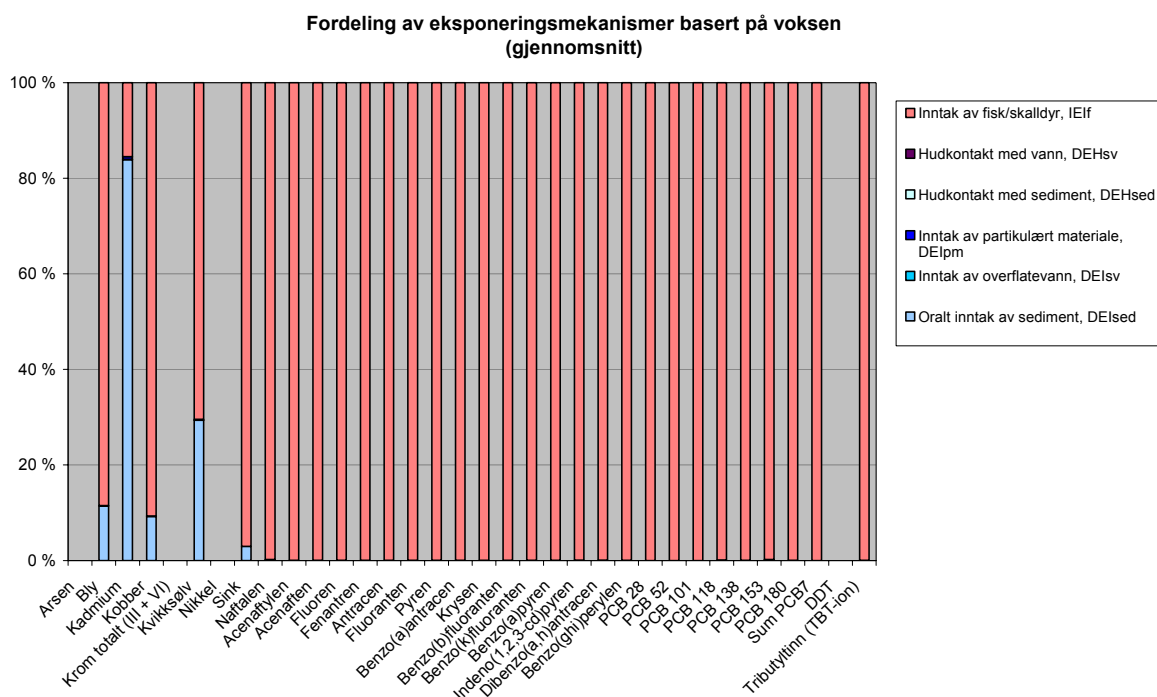
### 3.3.2 Utenfor Kambo i midtre del av Mossesundet

**Tabell 32** viser overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene i området utenfor Kambo.

**Tabell 32.** Kamboområdet. Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 %. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	5,10E-04	3,09E-04	0,000360		
Kadmium	4,35E-06	2,05E-06	0,000050		
Kobber	1,77E-03	7,65E-04	0,005000		
Kvikksølv	5,16E-06	1,79E-06	0,000010		
Sink	6,66E-03	4,13E-03	0,030000		
Naftalen	2,82E-04	1,16E-04	0,004000		
Acenaftylen	4,49E-04	1,92E-04			
Acenaften	2,39E-04	9,62E-05			
Fluoren	3,67E-04	1,32E-04			
Fenantren	1,79E-03	5,90E-04	0,004000		
Antracen	2,00E-03	6,84E-04	0,004000		
Fluoranten	2,39E-03	8,97E-04	0,005000		
Pyren	3,28E-03	1,23E-03			
Benzo(a)antracen	8,46E-04	3,01E-04	0,000500		
Krysen	1,80E-03	6,66E-04	0,005000		
Benzo(b)fluoranten	2,32E-03	8,30E-04			
Benzo(k)fluoranten	9,78E-04	3,47E-04	0,000500		
Benzo(a)pyren	1,87E-03	6,35E-04	0,000002	9939,7 %	6363,0 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	3,32E-04	1,23E-04	0,000500		
Dibenzo(a,h)antracen	1,03E-04	3,62E-05			
Benzo(ghi)perylene	8,14E-04	3,08E-04	0,003000		
PCB 28	6,25E-05	2,35E-05			
PCB 52	2,10E-04	6,33E-05			
PCB 101	4,75E-05	1,46E-05			
PCB 118	4,94E-06	1,51E-06			
PCB 138	3,25E-05	1,19E-05			
PCB 153	2,94E-06	1,43E-06			
PCB 180	6,25E-06	2,97E-06			
Sum PCB7	3,67E-04	1,19E-04	0,000002	93219,7 %	24685,4 %
Tributyltinn (TBT-ion)	4,18E-03	1,65E-03	0,000250	547,0 %	366,2 %
Lindan	1,66E-07	1,66E-07			
Heksaklorbenzen	3,62E-06	1,29E-06			

**Tabell 32** viser at det er klare overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene benzo(a)pyren, sum PCB<sub>7</sub>, og TBT. Sedimentnivåene av disse tre forbindelsene gir dermed for høy risiko for skade på human helse.



**Figur 20.** Kamboområdet. Fordeling av eksponeringsmekanismer til mennesker basert på gjennomsnitt av alle sedimentprøvene.

**Figur 20.** viser at risikoen for skade på human helse fra benzo(a)pyren, PCB<sub>7</sub> og TBT er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr.

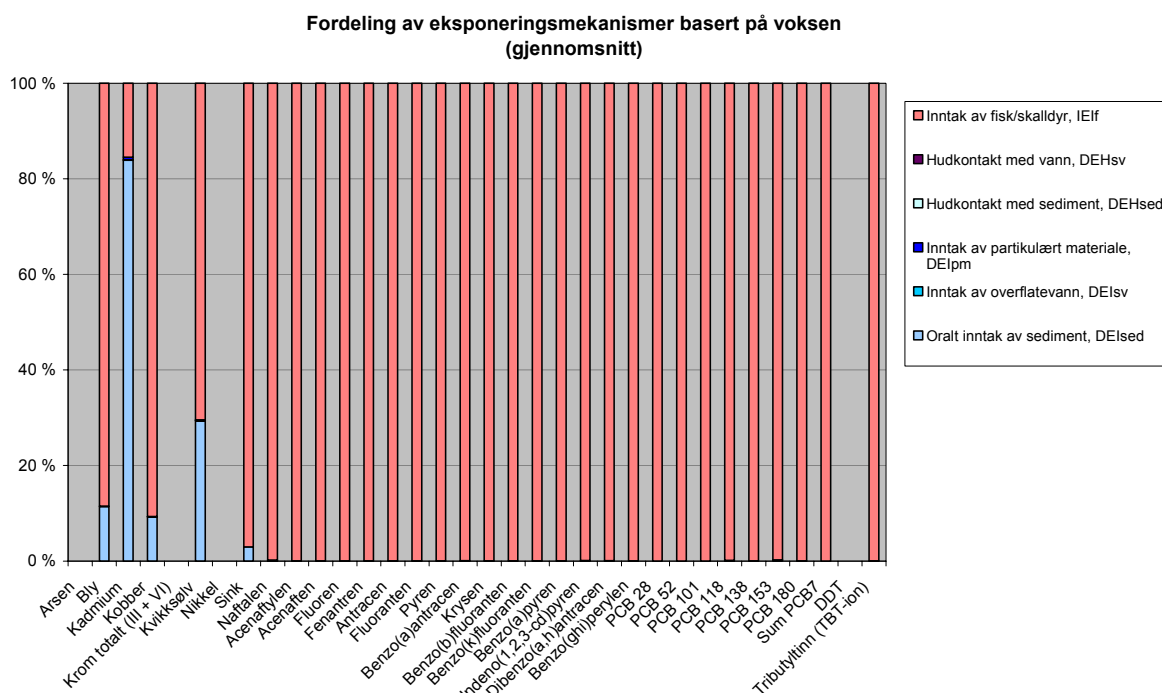
### 3.3.3 Dype områder i Mossesundet

**Tabell 33** viser overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene i de dype områdene.

**Tabell 33.** *Dypområdet. Beregnet total livstidsdose (mg/kg/d), grense for human risiko (MTR/TDI 10 %) og overskridelse av beregnet total livstidsdose av MTR 10 %. Tabellen viser overskridelse på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).*

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose overskrider MTR 10 % med:	
	DOSE <sub>maks</sub> (mg/kg/d)	DOSE <sub>middel</sub> (mg/kg/d)		Maks	Middel
Bly	2,40E-04	2,04E-04	0,0004		
Kadmium	8,05E-07	3,46E-07	0,0001		
Kobber	3,80E-04	2,53E-04	0,0050		
Kvikksølv	8,61E-07	6,52E-07	0,0000		
Sink	2,54E-03	2,17E-03	0,0300		
Naftalen	8,78E-05	6,26E-05	0,0040		
Acenaftylen	1,44E-04	6,14E-05			
Acenaften	6,20E-05	3,23E-05			
Fluoren	4,96E-05	3,86E-05			
Fenantren	2,81E-04	2,11E-04	0,0040		
Antracen	3,94E-04	1,77E-04	0,0040		
Fluoranten	4,36E-04	3,34E-04	0,0050		
Pyren	7,10E-04	5,10E-04			
Benzo(a)antracen	5,82E-04	2,17E-04	0,0005	16,4 %	
Krysen	1,60E-03	5,52E-04	0,0050		
Benzo(b)fluoranten	5,24E-04	4,32E-04			
Benzo(k)fluoranten	2,09E-04	1,78E-04	0,0005		
Benzo(a)pyren	3,00E-04	2,37E-04	0,0000	12923,2 %	10210,0 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,02E-04	8,16E-05	0,0005		
Dibenzo(a,h)antracen	2,56E-05	1,89E-05			
Benzo(ghi)perylen	3,04E-04	2,54E-04	0,0030		
PCB 28	2,76E-05	1,52E-05			
PCB 52	8,90E-05	3,50E-05			
PCB 101	2,36E-05	1,17E-05			
PCB 118	1,93E-06	9,74E-07			
PCB 138	1,09E-05	6,30E-06			
PCB 153	1,44E-06	9,79E-07			
PCB 180	1,59E-06	9,99E-07			
<b>Sum PCB7</b>	<b>1,56E-04</b>	<b>7,12E-05</b>	<b>0,000002</b>	<b>7706,4 %</b>	<b>3460,1 %</b>
Tributyltinn (TBT-ion)	1,44E-03	7,21E-04	0,00025	475,9 %	188,3 %
Lindan	3,10E-07	3,10E-07			
Heksaklorbenzen	1,14E-06	6,56E-07			

**Tabell 33** viser at det er overskridelser av beregnet livstidsdose for gjennomsnittnivået av stoffene benzo(a)pyren, sumPCB<sub>7</sub>, og TBT. Sedimentnivåene av disse tre forbindelsene gir dermed for høy risiko for skade på human helse.



**Figur 21.** Dypområdet. Fordeling av eksponeringsmekanismer til mennesker basert på gjennomsnitt av alle sedimentprøvene.

**Figur 21** viser at risikoen for skade på human helse fra benzo(a)pyren, PCB<sub>7</sub> og TBT er knyttet til eksponering gjennom konsum av fisk og skalldyr.

### 3.4 Trinn 2C, risiko for økologisk skade

Ved vurdering av økologisk risiko skilles det mellom risiko for organismer som lever i direkte vedvarende kontakt med sedimentene og organismer i vannmassene for øvrig.

Risikovurdering for organismer i sedimentet baserer seg dels på Trinn 1, siden grenseverdiene her for konsentrasjoner og toksisitet utgjør grense for effekter ved kronisk eksponering ( $PNEC_{\text{sediment}}$ )<sup>3</sup>. I Trinn 2 baseres den også på (i dette tilfellet beregnede) porevannskonsentrasjoner av de ulike miljøgiftene sammenliknet med tilsvarende kroniske PNEC-verdier for konsentrasjoner i vann ( $PNEC_{\text{vann}}$  eller  $PNEC_w$ ).

<sup>3</sup> PNEC: Potential No Effects Concentration

### 3.4.1 Indre område av Mossesundet

Tabell 34 viser beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko.

**Tabell 34.** Indre område. Beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko. Tabellen viser overskridelser på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider PNEC <sub>w</sub> med:	
	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Bly	8,20E-04	4,96E-04	2,2		
Kadmium	3,62E-05	1,71E-05	0,24		
Kobber	1,49E-02	6,43E-03	0,64	2230,1 %	905,2 %
Kvikksølv	2,82E-05	9,77E-06	0,048		
Sink	6,38E-03	3,96E-03	2,9	120,1 %	36,4 %
Naftalen	2,87E-03	1,18E-03	2,4	19,5 %	
Acenaftilen	9,13E-04	3,91E-04	1,3		
Acenaften	3,28E-04	1,32E-04	3,8		
Fluoren	3,99E-04	1,44E-04	2,5		
Fenantren	1,23E-03	4,07E-04	1,3		
Antracen	1,44E-03	4,94E-04	0,11	1211,3 %	349,3 %
Fluoranten	3,36E-04	1,26E-04	0,12	180,2 %	5,2 %
Pyren	7,29E-04	2,73E-04	0,023	3069,5 %	1085,8 %
Benzo(a)antracen	4,96E-05	1,76E-05	0,012	313,3 %	46,9 %
Krysen	5,68E-05	2,10E-05	0,07		
Benzo(b)fluoranten	4,73E-05	1,69E-05	0,03	57,6 %	
Benzo(k)fluoranten	1,99E-05	7,07E-06	0,027		
Benzo(a)pyren	3,80E-05	1,29E-05	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6,75E-06	2,50E-06	0,002	237,4 %	24,9 %
Dibenzo(a,h)antracen	2,09E-06	7,40E-07	0,03		
Benzo(ghi)perylene	1,66E-05	6,26E-06	0,002	728,2 %	212,9 %
PCB 28	3,05E-06	1,15E-06			
PCB 52	4,29E-06	1,29E-06			
PCB 101	9,70E-07	3,00E-07			
PCB 118	1,00E-07	3,00E-08			
PCB 138	6,60E-07	2,40E-07			
PCB 153	6,00E-08	3,00E-08			
PCB 180	1,30E-07	6,00E-08			
Sum PCB7	9,25E-06	3,10E-06			
Tributyltinn (TBT-ion)	1,95E-02	7,70E-03	0,0002	9293807,6 %	3668547,7 %
Lindan	5,20E-07	5,20E-07	0,02		
Heksaklorbenzen	2,20E-07	8,00E-08	0,013		

**Tabell 34** viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider  $PNEC_w$  for 2 metaller (Cu og Zn), 6 av PAH-forbindelsene og TBT. Maksimumkonsentrasjonene overskrider  $PNEC_w$  for ytterligere 8 PAH-forbindelser. Overskridelsene er jevt over store. Dette, sammen med konklusjonen fra Trinn 1, viser dermed at sedimentene åpenbart utgjør en for høy risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

### **3.4.2 Utenfor Kambo i den midtre del av Mossesundet**

**Tabell 35** viser beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko. **Tabell 35** viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider  $PNEC_w$  for ett metall (Cu), 2 av PAH-forbindelsene og spesielt TBT. Maksimumkonsentrasjonene overskrider  $PNEC_w$  også så vidt for Zn. Dette, sammen med konklusjonen fra Trinn 1, viser dermed at sedimentene utgjør en for høy risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.



**Tabell 35.** Kamboområdet. Beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko. Tabellen viser overskridelser på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider PNEC <sub>w</sub> med:	
	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Bly	2,87E-04	2,29E-04	2,2		
Kadmium	7,00E-06	4,58E-06	0,24		
Kobber	3,94E-03	2,24E-03	0,64	515,2 %	249,7 %
Kvikksølv	4,30E-06	2,43E-06	0,048		
Sink	2,90E-03	2,06E-03	2,9	0,1 %	
Naftalen	6,96E-04	3,00E-04	2,4		
Acenaftylen	6,21E-05	4,30E-05	1,3		
Acenaften	5,52E-05	2,56E-05	3,8		
Fluoren	3,84E-05	2,45E-05	2,5		
Fenantren	1,49E-04	9,37E-05	1,3		
Antracen	5,98E-05	3,87E-05	0,11		
Fluoranten	7,28E-05	4,00E-05	0,12		
Pyren	1,25E-04	8,57E-05	0,023	441,4 %	272,7 %
Benzo(a)antracen	5,37E-06	3,68E-06	0,012		
Krysen	8,60E-06	5,44E-06	0,07		
Benzo(b)fluoranten	8,42E-06	6,17E-06	0,03		
Benzo(k)fluoranten	3,39E-06	2,52E-06	0,027		
Benzo(a)pyren	4,70E-06	3,03E-06	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1,36E-06	9,30E-07	0,002		
Dibenzo(a,h)antracen	3,30E-07	2,10E-07	0,03		
Benzo(ghi)perylen	3,82E-06	2,58E-06	0,002	91,1 %	29,0 %
PCB 28	3,60E-06	1,09E-06			
PCB 52	3,56E-05	9,10E-06			
PCB 101	4,40E-07	2,40E-07			
PCB 118	7,00E-08	3,00E-08			
PCB 138	2,50E-07	1,80E-07			
PCB 153	2,00E-08	2,00E-08			
PCB 180	1,30E-07	7,00E-08			
Sum PCB7	4,01E-05	1,07E-05			
Tributyltinn (TBT-ion)	7,56E-03	5,45E-03	0,0002	3598583,3 %	2593068,9 %
Lindan	1,12E-06	1,12E-06	0,02		
Heksaklorbenzen	1,70E-07	7,00E-08	0,013		

### 3.4.3 Dype områder i Mossesundet

Tabell 36 viser beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko.

**Tabell 36.** Dypområdet. Beregnet porevannskonsentrasjon sammenlignet med grenseverdi for økologisk risiko. Tabellen viser overskridelser på basis av den høyeste sedimentkonsentrasjonen (maks) og på basis av et gjennomsnitt for alle sedimentprøvene (middel).

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC <sub>w</sub> (ug/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon overskrider PNEC <sub>w</sub> med:	
	C <sub>pv, maks</sub> (mg/l)	C <sub>pv, middel</sub> (mg/l)		Maks	Middel
Bly	3,85E-04	3,28E-04	2,2		
Kadmium	6,69E-06	2,88E-06	0,24		
Kobber	3,19E-03	2,13E-03	0,64	398,7 %	232,9 %
Kvikksølv	4,70E-06	3,56E-06	0,048		
Sink	2,44E-03	2,08E-03	2,9		
Naftalen	8,94E-04	6,38E-04	2,4		
Acenaftylen	2,93E-04	1,25E-04	1,3		
Acenaften	8,53E-05	4,44E-05	3,8		
Fluoren	5,39E-05	4,19E-05	2,5		
Fenantren	1,94E-04	1,46E-04	1,3		
Antracen	2,85E-04	1,28E-04	0,11	159,0 %	16,1 %
Fluoranten	6,15E-05	4,71E-05	0,12		
Pyren	1,58E-04	1,13E-04	0,023	586,7 %	393,2 %
Benzo(a)antracen	3,42E-05	1,27E-05	0,012	184,7 %	6,2 %
Krysen	5,05E-05	1,74E-05	0,07		
Benzo(b)fluoranten	1,07E-05	8,79E-06	0,03		
Benzo(k)fluoranten	4,26E-06	3,62E-06	0,027		
Benzo(a)pyren	6,10E-06	4,83E-06	0,05		
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2,07E-06	1,66E-06	0,002	3,7 %	
Dibenzo(a,h)antracen	5,20E-07	3,80E-07	0,03		
Benzo(ghi)perylen	6,20E-06	5,17E-06	0,002	209,9 %	158,3 %
PCB 28	1,35E-06	7,40E-07			
PCB 52	1,81E-06	7,10E-07			
PCB 101	4,80E-07	2,40E-07			
PCB 118	4,00E-08	2,00E-08			
PCB 138	2,20E-07	1,30E-07			
PCB 153	3,00E-08	2,00E-08			
PCB 180	3,00E-08	2,00E-08			
Sum PCB7	3,97E-06	1,89E-06			
Tributyltinn (TBT-ion)	6,73E-03	3,37E-03	0,0002	3203180,2 %	1603370,5 %
Lindan	9,70E-07	9,70E-07	0,02		
Heksaklorbenzen	7,00E-08	4,00E-08	0,013		

**Tabell 36** viser at beregnet porevannskonsentrasjon basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet overskrider  $PNEC_w$  for Cu, 4 av PAH-forbindelsene og spesielt TBT. Maksimumkonsentrasjonene overskrider  $PNEC_w$  for ytterligere en av PAH-forbindelsene. Dette, sammen med konklusjonen fra Trinn 1, viser dermed at sedimentene utgjør en for høy risiko for skade på organismer i vedvarende kontakt med sedimentet.

### **3.5 Risiko for øvrige lokale akvatiske organismer**

Risikovurdering for organismer i vannet over sedimentet baserer seg på beregnet konsentrasjon av den enkelte miljøgift i vannmassene som følge av spredningen fra sedimentene og fortykning i vannmassene (det siste beregnet fra totalt vannvolum og antatt oppholdstid av vannet i bassenget over sedimentet). Dette betegnes som PEC (Predicted Environmental Concentration).

#### **3.5.1 Indre område av Mossesundet**

Resultatene viser at PEC overskrider  $PNEC_w$  bare for TBT, men at overskridelsen er meget stor. Dette betyr at sedimentene, pga utlekking av TBT, også utgjør en for høy risiko for skade på organismer i de overliggende vannmassene. I **Tabell 37** er forholdet mellom PEC og grenseverdi for effekter i vannmassene ( $PNEC_w$ ) vist. Resultatene viser at PEC overskrider  $PNEC_w$  bare for TBT, men at overskridelsen er meget stor. Dette betyr at sedimentene, pga utlekking av TBT, også utgjør en for høy risiko for skade på organismer i de overliggende vannmassene.

**Tabell 37.** Indre område. Beregnet sjøvannskonsentrasjon av miljøgifter grunnet spredning fra sedimentet (C<sub>sv</sub>) og beregnet overskridelse av PNEC<sub>w</sub> for akvatiske organismer.

Stoff	F <sub>tot, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>diff, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>skipnormert, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	F <sub>org, middel</sub> [mg/m <sup>2</sup> /år]	C <sub>sv</sub> µg/l	PNEC <sub>w</sub> µg/l	% over- skridelse
Bly	4,2477	3,45E+00	7,21E-01	7,44E-02	4,40E-04	2,2	-100 %
Kadmium	0,1112	9,03E-02	2,08E-02	5,12E-05	1,17E-05	0,24	-100 %
Kobber	35,5040	3,38E+01	1,49E+00	1,93E-01	3,72E-03	0,64	-99 %
Kvikksølv	0,0728	6,33E-02	9,18E-03	2,93E-04	7,63E-06	0,048	-100 %
Sink	24,3851	2,05E+01	2,72E+00	1,19E+00	2,44E-03	2,9	-100 %
Naftalen	7,5524	7,51E+00	4,14E-03	3,55E-02	7,92E-04	2,4	-100 %
Acenaftalen	2,2754	2,21E+00	1,79E-03	5,88E-02	2,34E-04	1,3	-100 %
Acenaften	0,7649	7,35E-01	9,98E-04	2,94E-02	7,75E-05	3,8	-100 %
Fluoren	0,7993	7,57E-01	1,56E-03	4,04E-02	7,99E-05	2,5	-100 %
Fenantren	2,2303	2,04E+00	8,72E-03	1,80E-01	2,16E-04	1,3	-100 %
Antracen	2,6997	2,48E+00	1,28E-02	2,09E-01	2,62E-04	0,11	-100 %
Fluoranten	0,8677	5,78E-01	1,54E-02	2,74E-01	6,26E-05	0,12	-100 %
Pyren	1,6375	1,25E+00	1,40E-02	3,74E-01	1,33E-04	0,023	-99 %
Benzo(a)antracen	0,1731	7,41E-02	7,37E-03	9,17E-02	8,58E-06	0,012	-100 %
Krysen	0,2987	8,83E-02	6,99E-03	2,03E-01	1,00E-05	0,07	-100 %
Benzo(b)fluoranten	0,3310	6,62E-02	1,14E-02	2,53E-01	8,17E-06	0,03	-100 %
Benzo(k)fluoranten	0,1383	2,77E-02	4,67E-03	1,06E-01	3,41E-06	0,027	-100 %
Benzo(a)pyren	0,2535	5,06E-02	8,95E-03	1,94E-01	6,28E-06	0,05	-100 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,0515	9,18E-03	4,86E-03	3,75E-02	1,48E-06	0,002	-100 %
Dibenzo(a,h)antracen	0,0149	2,68E-03	1,19E-03	1,10E-02	4,08E-07	0,03	-100 %
Benzo(ghi)perylene	0,1222	2,30E-02	5,33E-03	9,39E-02	2,98E-06	0,002	-100 %
PCB 28	0,0117	4,43E-03	4,16E-05	7,18E-03	4,71E-07		
PCB 52	0,0240	4,56E-03	5,67E-05	1,93E-02	4,86E-07		
PCB 101	0,0055	9,70E-04	8,43E-05	4,46E-03	1,11E-07		
PCB 118	0,0006	9,95E-05	8,58E-05	4,58E-04	1,95E-08		
PCB 138	0,0045	7,35E-04	1,03E-04	3,62E-03	8,83E-08		
PCB 153	0,0006	8,79E-05	1,23E-04	4,33E-04	2,22E-08		
PCB 180	0,0011	1,72E-04	4,92E-05	9,08E-04	2,33E-08		
Tributyltinn (TBT-ion)	27,8729	2,73E+01	2,56E-02	5,04E-01	2,88E-03	0,0002	1273 %
Lindan	0,0019	1,83E-03	3,59E-06	5,06E-05	1,93E-07		
Heksaklorbenzen	0,00067949	2,78E-04	8,51E-06	3,93E-04	3,01E-08		

### 3.5.2 Utenfor Kambo i midtre del av Mossesundet

I Tabell 38 er forholdet mellom PEC og grenseverdi for effekter i vannmassene ( $PNEC_w$ ) vist.

**Tabell 38.** Kamboområdet. Beregnet sjøvannskonsentrasjon av miljøgifter grunnet spredning fra sedimentet ( $C_{sv}$ ) og beregnet overskridelse av  $PNEC_w$  for akvatiske organismer.

Stoff	$F_{tot, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{skipnormert, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$C_{sv}$ µg/l	$PNEC_w$ µg/l	% overskridelse
Bly	23,402327	1,59E+00	2,18E+01	3,44E-02	1,60E-02	2,2	-99 %
Kadmium	0,389458	2,42E-02	3,65E-01	1,37E-05	2,67E-04	0,24	-100 %
Kobber	45,382970	1,18E+01	3,36E+01	6,71E-02	3,10E-02	0,64	-95 %
Kvikksølv	0,164980	1,57E-02	1,49E-01	7,29E-05	1,13E-04	0,048	-100 %
Sink	103,592361	1,07E+01	9,23E+01	6,18E-01	7,05E-02	2,9	-98 %
Naftalen	1,921085	1,90E+00	1,32E-02	8,97E-03	1,31E-03	2,4	-100 %
Acenaftylen	0,253386	2,44E-01	3,31E-03	6,47E-03	1,69E-04	1,3	-100 %
Acenaften	0,152488	1,43E-01	4,29E-03	5,70E-03	1,01E-04	3,8	-100 %
Fluoren	0,142328	1,29E-01	6,54E-03	6,88E-03	9,28E-05	2,5	-100 %
Fenantren	0,566227	4,70E-01	5,49E-02	4,15E-02	3,59E-04	1,3	-100 %
Antracen	0,238070	1,94E-01	2,78E-02	1,63E-02	1,52E-04	0,11	-100 %
Fluoranten	0,415645	1,83E-01	1,46E-01	8,68E-02	2,25E-04	0,12	-100 %
Pyren	0,638003	3,93E-01	1,28E-01	1,18E-01	3,56E-04	0,023	-98 %
Benzo(a)antracen	0,081020	1,55E-02	4,64E-02	1,92E-02	4,24E-05	0,012	-100 %
Krysen	0,129871	2,29E-02	5,44E-02	5,26E-02	5,29E-05	0,07	-100 %
Benzo(b)fluoranten	0,242539	2,42E-02	1,26E-01	9,25E-02	1,03E-04	0,03	-100 %
Benzo(k)fluoranten	0,098103	9,89E-03	5,04E-02	3,79E-02	4,13E-05	0,027	-100 %
Benzo(a)pyren	0,120528	1,19E-02	6,32E-02	4,54E-02	5,14E-05	0,05	-100 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,072168	3,42E-03	5,48E-02	1,40E-02	3,99E-05	0,002	-98 %
Dibenzo(a,h)antracen	0,014497	7,83E-04	1,05E-02	3,22E-03	7,73E-06	0,03	-100 %
Benzo(ghi)perylene	0,114499	9,48E-03	6,63E-02	3,87E-02	5,19E-05	0,002	-97 %
PCB 28	0,012168	4,21E-03	1,13E-03	6,83E-03	3,66E-06		
PCB 52	0,180172	3,22E-02	1,15E-02	1,36E-01	2,99E-05		
PCB 101	0,006522	7,94E-04	2,07E-03	3,65E-03	1,96E-06		
PCB 118	0,003094	9,77E-05	2,55E-03	4,49E-04	1,81E-06		
PCB 138	0,005639	5,55E-04	2,35E-03	2,74E-03	1,99E-06		
PCB 153	0,002992	6,20E-05	2,62E-03	3,06E-04	1,84E-06		
PCB 180	0,003129	2,10E-04	1,81E-03	1,11E-03	1,38E-06		
Tributyltinn (TBT-ion)	19,897162	1,93E+01	2,13E-01	3,56E-01	1,34E-02	0,0002	6273 %
Lindan	0,004241	3,97E-03	1,66E-04	1,09E-04	2,83E-06		
Heksaklorbenzen	0,000861	2,59E-04	2,36E-04	3,67E-04	3,38E-07		

Resultatene viser at PEC overskrider  $PNEC_w$  bare for TBT, men at overskridelsen er meget stor. Dette betyr at sedimentene, pga utlekking av TBT, også utgjør en høy risiko for skade på organismer i de overliggende vannmassene.

### 3.5.3 Dype områder i Mossesundet

I Tabell 39 er forholdet mellom PEC og grenseverdi for effekter i vannmassene ( $PNEC_w$ ) vist.

**Tabell 39.** Dypområdet. Beregnet sjøvannskonsentrasjon av miljøgifter grunnet spredning fra sedimentet ( $C_{sv}$ ) og beregnet overskridelse av  $PNEC_w$  for akvatiske organismer.

Stoff	$F_{tot, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{diff, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$F_{org, middel}$ [mg/m <sup>2</sup> /år]	$C_{sv}$ µg/l	$PNEC_w$ µg/l	% overskridelse
Bly	2,332430	2,28E+00	4,92E-02	3,85E-04	2,2	-100 %
Kadmium	0,015240	1,52E-02	8,63E-06	2,57E-06	0,24	-100 %
Kobber	11,264280	1,12E+01	6,39E-02	1,89E-03	0,64	-100 %
Kvikksølv	0,023175	2,31E-02	1,07E-04	3,89E-06	0,048	-100 %
Sink	11,374612	1,08E+01	6,23E-01	1,81E-03	2,9	-100 %
Naftalen	4,060800	4,04E+00	1,91E-02	6,81E-04	2,4	-100 %
Acenaftalen	0,725062	7,06E-01	1,87E-02	1,19E-04	1,3	-100 %
Acenaften	0,256693	2,47E-01	9,87E-03	4,16E-05	3,8	-100 %
Fluoren	0,232523	2,21E-01	1,18E-02	3,72E-05	2,5	-100 %
Fenantren	0,794031	7,30E-01	6,44E-02	1,23E-04	1,3	-100 %
Antracen	0,694600	6,41E-01	5,40E-02	1,08E-04	0,11	-100 %
Fluoranten	0,317916	2,16E-01	1,02E-01	3,64E-05	0,12	-100 %
Pyren	0,675206	5,19E-01	1,56E-01	8,76E-05	0,023	-100 %
Benzo(a)antracen	0,119818	5,36E-02	6,63E-02	9,03E-06	0,012	-100 %
Krysen	0,241938	7,32E-02	1,69E-01	1,23E-05	0,07	-100 %
Benzo(b)fluoranten	0,166315	3,44E-02	1,32E-01	5,81E-06	0,03	-100 %
Benzo(k)fluoranten	0,068478	1,42E-02	5,43E-02	2,39E-06	0,027	-100 %
Benzo(a)pyren	0,091366	1,89E-02	7,24E-02	3,19E-06	0,05	-100 %
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,030989	6,10E-03	2,49E-02	1,03E-06	0,002	-100 %
Dibenzo(a,h)antracen	0,007160	1,40E-03	5,76E-03	2,36E-07	0,03	-100 %
Benzo(ghi)perylene	0,096454	1,90E-02	7,75E-02	3,20E-06	0,002	-100 %
PCB 28	0,007532	2,87E-03	4,66E-03	4,85E-07		
PCB 52	0,013234	2,52E-03	1,07E-02	4,26E-07		
PCB 101	0,004349	7,77E-04	3,57E-03	1,31E-07		
PCB 118	0,000361	6,46E-05	2,97E-04	1,09E-08		
PCB 138	0,002314	3,90E-04	1,92E-03	6,58E-08		
PCB 153	0,000358	6,04E-05	2,98E-04	1,02E-08		
PCB 180	0,000363	5,80E-05	3,05E-04	9,77E-09		
Tributyltinn (TBT-ion)	12,171326	1,20E+01	2,20E-01	2,02E-03	0,0002	860 %
Lindan	0,003524	3,43E-03	9,46E-05	5,78E-07		
Heksaklorbenzen	0,000342	1,41E-04	2,01E-04	2,39E-08		

Resultatene viser at PEC overskrider  $PNEC_w$  bare for TBT, men at overskridelsen er relativt stor. Dette betyr at sedimentene, pga utlekking av TBT, også utgjør en høy risiko for skade på organismer i de overliggende vannmassene.

### 3.6 Samlet risikovurdering Trinn 2 for alle delområdene

Beregningene i følge risikoveilederens Trinn 2 viser at spredningen av miljøgifter fra sedimentet til andre deler av økosystemet, basert på gjennomsnittskonsentrasjonene i sedimentet, overskrider spredningen fra et sediment som i Trinn 1 ansees å ha ubetydelig risiko. Isolert sett ansees derfor risikoen knyttet til spredning som for høy for alle de tre delområdene.

Risikoen for skade på human helse ved konsum av lokal sjømat er heller ikke akseptabel på grunn av beregnet utlekking av sum PCB<sub>7</sub>, TBT og benzo(a)pyren. Den påviste risikoen for skade på human helse er bare reell dersom det fanges og konsumeres fisk eller skalldyr i de tre områdene.

Det er også en risiko for skade på organismer som lever i sedimentene i de tre områdene. I alle de tre områdene utgjør Cu og TBT en for høy risiko for skade. Dessuten er det en uakseptabel høy risiko for skade av Zn og 6 PAH-forbindelser i det indre området, 2 PAH-forbindelser i Kambo området og 4 PAH-forbindelser i de dypere områdene på organismer som lever i sedimentene.

Beregningene viser videre at sedimentene utgjør en risiko for skade på organismer i vannmassene i Mossesundet p.g.a. utlekkingen av TBT i alle de tre delområdene. Siden den beregnede tømmetiden for TBT fra sedimentene er meget lav (0,6 – 1,2 år), kan det imidlertid være at transporten til vannmassene er overestimert og at samlet risiko for organismer her er lavere enn beregnet. Overskridelsen av PNEC for TBT i vannmassene er imidlertid så stor (860 – 6273 %) at risikoen for skade likevel ansees være høyere enn akseptabel.

## 4. Konklusjoner og anbefalinger

Gjennomføring av Trinn 2 i SFTs risikoveileder for forurenset sediment viser at miljøgiftene PAH (enkelte forbindelser), PCB (sum PCB<sub>7</sub>) og TBT i bunnsedimentene i de tre delområdene i Mossesundet representerer risiko for skade på human helse ved transport til lokal sjømat. Vurderingen viser også at flere av miljøgiftene i sedimentet (kobber, sink, flere PAH-forbindelser og TBT) utgjør en risiko for skade på sedimentlevende organismer, og at TBT i sedimentet utgjør risiko for skade på organismer i vannmassene over.

Disse konklusjonene tilsier at man bør gjennomføre en tiltaksvurdering for sedimentene i alle de tre delområdene. Prinsippet om at tiltaksmetoder skal være lokalt tilpasset er viktig. Fastsettelse av lokale miljømål og utarbeidelse av et tilførselsregnskap er nødvendig ved planlegging og gjennomføring av tiltak. Miljømålene kan være på forskjellige nivåer, men to typer er sentrale, nemlig:

- Langsiktige forvaltningsmål
- Lokale tiltaksmål

Som ledd i gjennomføringen av en videre tiltaksvurdering for Mossesundet bør det først utarbeides miljømål for området. Det bør også utarbeides et tilførselsregnskap, samt identifisere eventuelle kunnskapshull.

Som nevnt tidligere gir de gjennomførte sedimentundersøkelsene kun en grovkarakterisering av området. Før man avslutter tiltaksvurderingen kan det eksempelvis være behov for en nøyere kartlegging av den horisontale (muligens også den vertikale) utbredelsen av miljøgiftene i sedimentet for å kunne avgrense aktuelle tiltaksområder. Det kan også være behov for å fylle eventuelt identifiserte kunnskapshull (eksempelvis forekomst av miljøgifter i organismer).

Vanndirektivet setter som mål at det skal ivaretas eller oppnås god miljøtilstand. Tilstanden måles både ut fra økologiske og kjemiske forhold. Der det viser seg å være teknisk umulig å oppfylle målet om ”god tilstand”, eller det vil medføre uforholdsmessig store kostnader, gir direktivet anledning til å utsette måloppnåelsen eller fastsette mindre ambisiøse miljømål. Vi antar eksempelvis at naturlig restitusjon kan være et aktuelt ”tiltak” for de dype områdene i Mossesundet.

## 5. Referanser

Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. SFT-rapport TA-2230/2007. 65s.

Veileder for risikovurdering av forurenset sediment. SFT-rapport (TA-2085/2005) rev.1,2005.



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)