

# Strandsaga i Brumunddal. Vurdering av miljøtilstand i Mjøsa i forbindelse med planer om endret bruk av området



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

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

**Vestlandsavdelingen**

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

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87


Tittel Strandsaga i Brumunddal. Vurdering av miljøtilstand i Mjøsa i forbindelse med planer om endret bruk av området.	Løpenr. (for bestilling) 6092-2010	Dato januar 2011
	Prosjektnr. Undernr. O-10238	Sider Pris 43
Forfatter(e) Jarl Eivind Løvik og Atle Rustadbakken	Fagområde Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hedmark	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Ringsaker kommune	Oppdragsreferanse Steven Birchfield
---------------------------------------	--

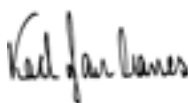
**Sammendrag**

Rapporten omhandler vannkvalitet og miljøgifter i sedimenter i Mjøsa ved Brumunddal, utenfor området Strandsaga. Dette området ble tidligere brukt som tømmeropplagsplass og er delvis etablert på gamle avfallsfyllinger. Vannet utenfor Strandsaga var moderat påvirket av fekal forurensning (*E. coli*, tarmbakterier), med bakteriekonsentrasjoner som tilsvarer god vannkvalitet for friluftsbad. Det ble ikke funnet nivåer av metaller, løsemidler eller PAH i sedimentet som tilsier at noen av disse stoffene representerer et miljøproblem. Oljeforbindelser ble ved én av 13 prøvestasjoner funnet i konsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse 3 (moderat) i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. Verdiene ved øvrige stasjoner lå innenfor klasse 1-2 (meget god til god). Konsentrasjonene av PCB lå innenfor tilstandsklasse III (moderat) ved to stasjoner i forhold til gjeldende klassegrenser for sedimenter. Konsentrasjonene av DDT lå også innenfor klasse III ved to andre stasjoner. På øvrige stasjoner lå verdiene for PCB og DDT innenfor tilstandsklasse I-II. Vurdert ut fra klassegrenser for forurenset grunn lå nivåene av PCB og DDT innenfor tilstandsklasse 1 eller 2 ved alle stasjoner.

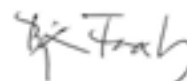
<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Mjøsa</li> <li>Brumunddal</li> <li>Vannkvalitet</li> <li>Miljøgifter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Lake Mjøsa</li> <li>Brumunddal town</li> <li>Water quality</li> <li>Environmental contaminants</li> </ol>
---	---



Jarl Eivind Løvik  
Prosjektleder



Karl Jan Aanes  
Forskningsleder



Bjørn Faafeng  
Seniorrådgiver

## **Strandsaga i Brumunddal**

Vurdering av miljøtilstand i Mjøsa i forbindelse med  
planer om endret bruk av området

## Forord

Rapporten omhandler vannkvalitet og miljøgifter i sedimenter i Mjøsa ved Brumunddal, utenfor et område kalt Strandsaga. Undersøkelsen er utført på oppdrag fra Ringsaker kommune. Kontaktperson i kommunen har vært Steven Birchfield, og prosjektleder for NIVA har vært Jarl Eivind Løvik ved NIVAs østlandsavdeling.

Innsamlingen av vannprøver ble gjennomført av Jarl Eivind Løvik med assistanse fra Atle Rustadbakken (NIVAs østlandsavdeling), Kristin Frødahl Rognerud, Odd Henning Stuen, Olaug Nordli og Amund Nordli Løvik. Innsamlingen av sedimentprøver ble utført av Jarl Eivind Løvik og Atle Rustadbakken. Mette-Gun Nordheim ved NIVAs østlandsavdeling har stått for tilrettelegging av kart.

De bakteriologiske analysene er utført av LabNett, Hamar, mens analysen av klorofyll-*a* ble utført av NIVAs kjemilaboratorium i Oslo. Analysen av microcystin og artsbestemmelse av blågrønnalger ble gjennomført av Biancha Rohrlack ved NIVA Oslo. Analysene av miljøgifter i sedimenter er utført ved NIVAs kjemilaboratorium i Oslo, bortsett fra BTEX og oljeforbindelser som er analysert ved ALS Laboratory Group (ansvarlig laboratorium: ALS Czech Republic i Praha, Tsjekkia).

Samtlige takkes for godt samarbeid.

Ottestad, 14. januar 2011

*Jarl Eivind Løvik*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>8</b>
1.1 Bakgrunn	8
1.2 Målsetting	8
<b>2. Program og gjennomføring</b>	<b>9</b>
2.1 Vannprøver	9
2.2 Sedimentprøver	9
2.3 Vurderingskriterier	11
<b>3. Resultater og vurderinger</b>	<b>12</b>
3.1 Vannkvalitet	12
3.2 Miljøgifter i sedimenter	14
3.2.1 Organisk innhold	14
3.2.2 Metaller	14
3.2.3 PCB	17
3.2.4 DDT	19
3.2.5 Andre klororganiske forbindelser	21
3.2.6 Oljeforbindelser	21
3.2.7 Løsemidler - BTEX	22
3.2.8 PAH	23
<b>4. Sammenfattende diskusjon</b>	<b>25</b>
4.1 Vannkvalitet	25
4.2 Miljøgifter	25
4.3 Behov for tiltak	27
<b>5. Litteratur</b>	<b>28</b>
<b>6. Vedlegg</b>	<b>30</b>

---

## Sammendrag

Undersøkelsen har hatt en todelt målsetning: for det første å kartlegge vannkvaliteten og spesielt eventuell fekal forurensning (*E. coli*, tarmbakterier) i Mjøsa utenfor Strandsaga i Brumunddal. Deretter å beskrive og vurdere tilstanden med hensyn til eventuelle miljøgifter i Mjøsas sedimenter i det samme området. Bakgrunnen er at Ringsaker kommune vurderer å erverve og omdisponere Strandsaga-området til arealer for lek, bading og andre fritidsaktiviteter. Området har tidligere blitt brukt som tømmeropplagsplass og er delvis etablert på fyllinger for ulike typer avfall bl.a. fra industrien i Brumunddal.

### **Vannkvalitet**

Tetthetene av *E. coli* i perioden juni-oktober 2008 viste at denne delen av Mjøsa var moderat påvirket av fersk fekal forurensning (tarmbakterier), og at det var små forskjeller i vannkvaliteten mellom ulike deler av området. Vannkvaliteten kan karakteriseres som god i forhold til badevannsnormen for *E. coli*, på alle prøvestasjoner.

I juli-august 2009 og 2010 ble det observert markerte ansamlinger av blågrønnalger (cyanobakterier) i Mjøsa, spesielt ved land i området ved Brumunddal. Oppblomstringene bestod begge somrene av *Anabaena lemmermannii*, en art som er nokså vanlig å observere i Mjøsa særlig på sensommeren når vanntemperaturen er relativt høy. Det vil si at tidsrommet gjerne sammenfaller med den tida da det er størst badeaktivitet. *Anabaena* finnes oftest på eller nær overflaten. Vind og strøm kan føre den mot land og resultere i meget stor konsentrasjon i bukter og vikar, slik som observert her disse to somrene. Vannet ble kraftig grønnfarget og/eller blåaktig, sikten i vannet var lokalt meget dårlig og vannkvaliteten virket ikke innbydende for bading. Oppblomstringene ble analysert for eventuell forekomst av microcystin, et giftstoff som kan produseres av blågrønnalger. Microcystin ble imidlertid ikke påvist, verken i 2009 eller 2010.

Sannsynligvis må vi regne med at større eller mindre oppblomstringer av *Anabaena* vil kunne inntreffe i Mjøsa også i framtida. Det er vanskelig å forutse hvor kraftige oppblomstringene vil bli og hvor de vil bli mest sjenerende. Oppblomstringene av *Anabaena* understreker viktigheten av fortsatt innsats for å begrense tilførselene av næringsstoffer til Mjøsa.

### **Miljøgifter i sedimenter**

Sedimentenes tilstand vurderes her både i forhold til klassegrenser for sedimenter (Bakke mfl. 2008) og i forhold til klassegrenser for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009). Klassegrenser for sedimenter er primært innrettet mot beskyttelse av vannlevende organismer (økologiske effekter) og angis i romertall I-V. Klassegrenser for forurenset grunn er ment å ivareta det helsemessige aspektet forbundet med menneskers bruk av området (helsebasert tilstandsvurdering) og angis i tallverdier 1-5. Klassegrenser for forurenset grunn er spesielt aktuelt her siden store deler av de undersøkte arealene tørrlegges når Mjøsa tappes ned i vinterhalvåret. En må derfor anta at det vil kunne være en del ferdsel på de tørrlagte mudderbankene. Videre vil folk som bader i disse gruntområdene om sommeren også kunne bli eksponert for miljøgifter i bunnmaterialet.

Konsentrasjonene av metaller som arsen (halvmetall), bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink i sedimentet var generelt lave, tilsvarende tilstandsklasse I-II (bakgrunn eller god) i henhold til klassegrenser for sedimenter, og tilsvarende tilstandsklasse 1 (meget god) i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. Ut fra dette ser ikke metaller ut til å representere noe miljøproblem i området.

Ingen av de analyserte løsemidlene (benzen, toluen, etylbenzen og xylen) ble påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene. Oljeforbindelser ble påvist på alle stasjoner, i varierende konsentrasjoner. På én av prøvestasjonene lå konsentrasjonen innenfor tilstandsklasse 3 (moderat) i forhold til

klassegrenser for forurenset grunn (tilstandsklasser ikke etablert for sedimenter). På de øvrige 12 prøvestasjonene lå konsentrasjonen av oljeforbindelser innenfor tilstandsklasse 1 eller 2.

Polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ble funnet i relativt lave nivåer i sedimentet; sum PAH-16 varierte innenfor tilstandsklasse I-II i forhold til klassegrenser for sedimenter og innenfor tilstandsklasse 1 i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. Konsentrasjonen av den potensielt kreftfremkallende forbindelsen benzo(a)pyren lå også innenfor tilstandsklasse I-II. PAH synes derfor ikke å representere noe miljøproblem i dette området.

Polyklorerte bifenyler (PCB) ble påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene på 11 av de 13 prøvestasjonene, med konsentrasjoner som varierte fra 2,0 til 26,1 µg/kg tørrvekt (sum PCB7). Vurdert i forhold til klassegrenser for sedimenter, hadde 2 av prøvestasjonene konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse III (moderat, dvs. 17-190 µg/kg). Disse lå begge i eller like ved Gjeddevika, lengst nord i området. De øvrige prøvestasjonene hadde konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse I (8 stasjoner) og tilstandsklasse II (3 stasjoner). Klassifiseringssystemet for forurenset grunn har mindre strenge klassegrenser. Vurdert i forhold til dette systemet havner 3 av prøvestasjonene i klasse 2 og de øvrige stasjonene i klasse 1. Den høyeste PCB-verdien fra Strandsaga-området er på nivå med de høyeste konsentrasjonene som ble funnet i forbindelse med regionale kartlegginger av miljøgifter i Mjøsas sedimenter i 2005-2007 (Fjeld mfl. 2006, Fjeld 2007). PCB-forurensningen i dette området skyldes trolig i stor grad lokale kilder til utslipp, men vi har ikke informasjon om hvilke konkrete kilder som kan være mest aktuelle.

Insektmidlet DDT og/eller nedbrytningsproduktene DDD og DDE ble påvist på 12 av 13 prøvestasjoner, med konsentrasjoner i området 2,3-70,3 µg/kg tørrvekt (sum DDT). Den høyeste verdien er, etter det vi kjenner til, betydelig høyere enn det som tidligere har blitt målt i Mjøsas sedimenter. På denne stasjonen representerte nedbrytningsproduktene DDD og DDE til sammen 87 % av sum DDT, mens "fersk" DDT representerte 13 %. Dette tyder på at sedimentet i hovedsak var forurenset av eldre kilde(r). Vurdert ut fra klassegrenser for sedimenter lå to av prøvestasjonene i tilstandsklasse III, mens de øvrige stasjonene lå i tilstandsklasse I eller II. Ut fra klassegrensene for forurenset grunn, plasseres stasjonen med den høyeste konsentrasjonen i tilstandsklasse 2 og de øvrige i tilstandsklasse 1.

Klororganiske forbindelser som pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og lindan ble enten ikke påvist i sedimentet eller ble funnet i lave konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I-II.

Dersom forurensningsmyndighetene, på bakgrunn av resultatene i denne rapporten, finner at én eller annen form for opprensningstiltak bør vurderes i det aktuelle området, anbefaler vi at det på forhånd foretas en noe mer detaljert kartlegging av nivåene av DDT, PCB og eventuelt oljeforbindelser i deler av området. Eventuelle opprensningstiltak bør også etterfølges av undersøkelser for å kontrollere om tiltakene har ført til reduksjoner i nivåene av forurensninger.

## Summary

Title: Strandsaga in Brumunddal. An assessment of environmental status in Lake Mjøsa, S Norway, connected to plans for changed use of the area.

Year: 2011

Authors: Jarl Eivind Løvik and Atle Rustadbakken

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5827-1

The report deals with water quality and environmental contaminants in sediments in Lake Mjøsa at Brumunddal town, outside an area called Strandsaga. In the past this area was used as a timber yard and as a rubbish dump for various kinds of wastes from local industries and population.

The lake water was moderately influenced by faecal pollutants, and the concentrations of *E. coli* were in the range of good water quality according to official, national standards for outdoor bathing.

The concentrations of metals, solvents (BTEX) and PAH were generally low, indicating that these elements and compounds do not represent any environmental problem in this area. At one of totally 13 sampling stations the concentration of aliphatic hydrocarbons was in the range of environmental class 3 (moderate) according to quality criteria for polluted grounds. At the remaining sampling stations the concentrations were in the range of classes 1 or 2 (very good or good).

At two sampling stations the concentrations of PCB were in the range of environmental class III (moderate), according to standards for sediments. At two other sampling stations the DDT levels also were in the range of class III. All other sampling stations had concentrations of PCB and DDT in the range of classes I or II (background or good). By classifying the PCB and DDT levels according to standards for polluted grounds, all sampling stations were categorized into quality classes 1 or 2.



# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

I møte med Ringsaker kommune ved Steven Birchfield den 24.2.2010, ble NIVAs østlandsavdeling ved Atle Rustadbakken og Jarl Eivind Løvik forelagt en beskrivelse av Strandsaga og tanker omkring framtidig omdisponering/bruk av dette området. Området ble tidligere brukt som lagringsplass for tømmer. Strandsaga har også fra omkring 1950 blitt brukt til deponering av bark, treavfall (inklusive kreosot- og CCA-impregnert virke) samt olje og diverse annet avfall bl.a. fra industrien i Brumunddal.

Norske Skog er eier av Strandsagaområdet. Kommunens planer dreier seg om erverv og omdisponering av området til et uteoppholdsanlegg for lek, bading, sportsaktiviteter etc. Norges Geotekniske Institutt (NGI) gjennomfører undersøkelser av grunn og grunnvann på området. Kommunen har imidlertid også, uavhengig av ervervsplanene, behov for å få dokumentert tilstanden mht. eventuelle forurensninger (metaller, oljeforbindelser og organiske mikroforurensninger) i sedimentet i Mjøsa utenfor Strandsaga. Videre ønsket kommunen også en kartlegging av eventuell fekal forurensning ("tarmbakterier") i denne delen av Mjøsa.

Opplegget for en undersøkelse ble diskutert på møtet den 24.2.2010, og NIVA ble bedt om å lage et forslag til program (inklusive pristilbud) med tanke på å få gjennomført prøveinnsamlingen i løpet av sommerhalvåret 2010. Tilbud på en slik undersøkelse ble sendt Ringsaker kommune den 19.4.2010, og kontrakt ble undertegnet den 9.9.2010.

## 1.2 Målsetting

Hensikten med undersøkelsene har vært å:

- Beskrive og vurdere tilstanden med hensyn til eventuelle miljøgifter i sedimentet i Mjøsa utenfor Strandsaga.
- Kartlegge eventuell fekal forurensning i de øvre vannlag av Mjøsa utenfor Strandsaga.

## 2. Program og gjennomføring

### 2.1 Vannprøver

Vannprøver ble samlet inn ved sju prøvestasjoner i alt seks ganger fordelt over perioden fra midten av juni til begynnelsen av oktober 2010. Plassering av prøvestasjonene er vist i Figur 1, og kartreferanser er gitt i Vedlegg. Prøvene ble tatt fra ca. 0,5 m dyp, fylt på sterile flasker og levert laboratoriet innen 24 timer etter innsamling. Prøvene ble analysert mht. koliforme bakterier og *Escherichia coli* (*E. coli*). Koliforme bakterier gir indikasjon på eldre og fersk fekal forurensning, mens *E. coli* gir indikasjon på fersk fekal forurensning. Koliforme bakterier kan også omfatte naturlig forekommende jordbakterier.

I juli inntraff en oppblomstring av cyanobakterien (blågrønnalgen) *Anabaena lemmermannii* i Furnesfjorden, med stedvis massive ansamlinger spesielt utenfor Brumunddal. Fra da av ble siktedyp innlemmet i programmet. Siktedypet ble målt mot standard hvit Secchi-skive og ved bruk av vannkikkert. Det ble også tatt ut en prøve for analyse av algemengde (klorofyll-*a*) og eventuelt innhold av giftstoffet mikrocystin (et cyanotoksin) i forbindelse med denne oppblomstringen.



**Figur 1.** Strandsaga i Brumunddal med prøvestasjoner for vannprøver i Mjøsa (SB1-SB7). Kartkilde: <http://kart.statkart.no/>.

### 2.2 Sedimentprøver

Sedimentprøver ble samlet inn fra i alt 14 prøvestasjoner. Plasseringen av stasjonene er vist i Figur 2, og kartreferanser er gitt i Vedlegg. Prøvene fra stasjonene SS 1-11 ble samlet inn fra tørrlagte mudderbanker den 22. april og den 26. april 2010 da vannstanden i Mjøsa var meget lav. Materiale fra det øverste ca. 0-5 cm sjiktet ble fylt på gløda glass og oppbevart mørkt og kjølig inntil prøvene ble sendt til analyse samtidig med de resterende prøvene. Prøvestasjonene SS 12-14 er plassert på noe dypere områder (ca. 10-20 m) et stykke ut fra selve Strandsaga. Dette for å kunne fange opp

forurensninger som eventuelt har blitt transportert litt lengre vekk fra land og akkumulert på dyptet (akkumulasjonssedimenter). Disse prøvene ble tatt ved hjelp av en gravitasjonsprøvetaker og rør med indre diameter 8,4 cm. Fra hver prøvestasjon ble det tatt 3 enkeltprøver, og materialet fra det øverste sjiktet (0-2 cm) av disse enkeltprøvene ble slått sammen til én samleprøve for stasjonen. Det var budsjettert med analyser av totalt 13 sedimentprøver. Siden stasjonene SS 2 og SS 3 lå nokså nær hverandre, ble det valgt å ikke analysere prøven fra SS 3 inntil videre.



**Figur 2.** Strandsaga i Brumunddal med stasjoner for sedimentprøver i Mjøsa, merket SS 1-14.  
Kartkilde: <http://kart.statkart.no/>.

En visuell karakterisering av sedimentprøvene er gitt i Vedlegg. Sedimentprøvene ble analysert for innhold av tørrstoff (TTS), glødetap (TGT, mål på organisk innhold) samt følgende elementer og forbindelser:

- Metaller: arsen (halvmetall), kadmium, krom, kobber, jern, kvikksølv, mangan, nikkel, bly, tinn og sink
- Løsemidler (BTEX)
- Oljeforbindelser (alifater, fraksjoner >C5-C35)
- Polyklorerte bifenyler (PCB)
- Diklordifenyltrikloretan (DDT) med nedbrytningsproduktene DDE og DDD
- $\alpha$ -Hexaklorcykloheksan ( $\alpha$ -HCH)
- $\gamma$ -Hexaklorcykloheksan ( $\gamma$ -HCH, lindan)
- Pentaklorbenzen (QCB)
- Heksaklorbenzen (HCB)
- Oktaklorstyren (OCS)
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

En oversikt over analysemetoder/-betegnelser er gitt i Vedlegg.

## 2.3 Vurderingskriterier

Hygienisk/bakteriologiske forhold er vurdert i henhold til nasjonale badevannskriterier gitt av Folkehelseinstituttet (1994/2000 og 2008). Klif (tidligere SFT) har utarbeidet egnethetskriterier for vannkvalitet med tanke på friluftsbad, som også har grenseverdier for siktedyp, algemengder etc. (Andersen mfl. 1997). I 2008 la NIVA fram forslag til nye badevannskriterier som i stor grad er tilpasset EUs badevannsdirektiv (Berge mfl. 2008). De nevnte egnethetskriteriene er her brukt som et supplement til Folkehelseinstituttets badevannskriterier. Påvirkningsgraden mht. koliforme bakterier er vurdert i henhold til klassegrenser som benyttes i forbindelse med overvåkingen av Mjøsa (Kjellberg 2006).

Mjøsa er regulert med en reguleringshøyde på 3,61 m. Når innsjøen tappes ned på senvinteren og våren, tørrlegges derfor betydelige arealer i de grunnere delene av innsjøen, bl.a. utenfor Strandsaga (se foto, Figur 3). Dette er områder som i framtida vil kunne bli mer attraktive å ferdes og oppholde seg på til fots på våren før vannstanden stiger. Det vil si at f.eks. barn kan bli direkte eksponert for bunnmaterialet f.eks. ved hudkontakt, via støv som pustes inn eller ved direkte oralt inntak. De dypereliggende områdene som er undersøkt, vil selvsagt ikke være aktuelle for eksponering i forhold til mennesker på denne måten.

Om sommeren og høsten vil bunnen vanligvis være vanddekket. På denne bakgrunn har vi funnet det naturlig å vurdere miljøtilstanden både i forhold til klassegrenser for sedimenter, men også i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. Til dette har vi benyttet Klifs veiledere "Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter" (Bakke mfl. 2007) og "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn" (Hansen og Danielsberg 2009). Veilederen for sedimenter er primært beregnet på sedimenter i fjorder og kystfarvann. Det er foreløpig ikke utarbeidet tilsvarende veileder med kriterier for sedimenter i ferskvann (Direktoratgruppa for gjennomføring av vanddirektivet 2009).



Utsikt mot øst og prøvestasjon SS5.



Utsikt mot nord samt prøvestasjonene SS4 og SS6-11.

**Figur 3.** Tørrlagte mudderbanker utenfor Strandsaga den 22.4.2010. Foto: Jarl Eivind Løvik, NIVA

### 3. Resultater og vurderinger

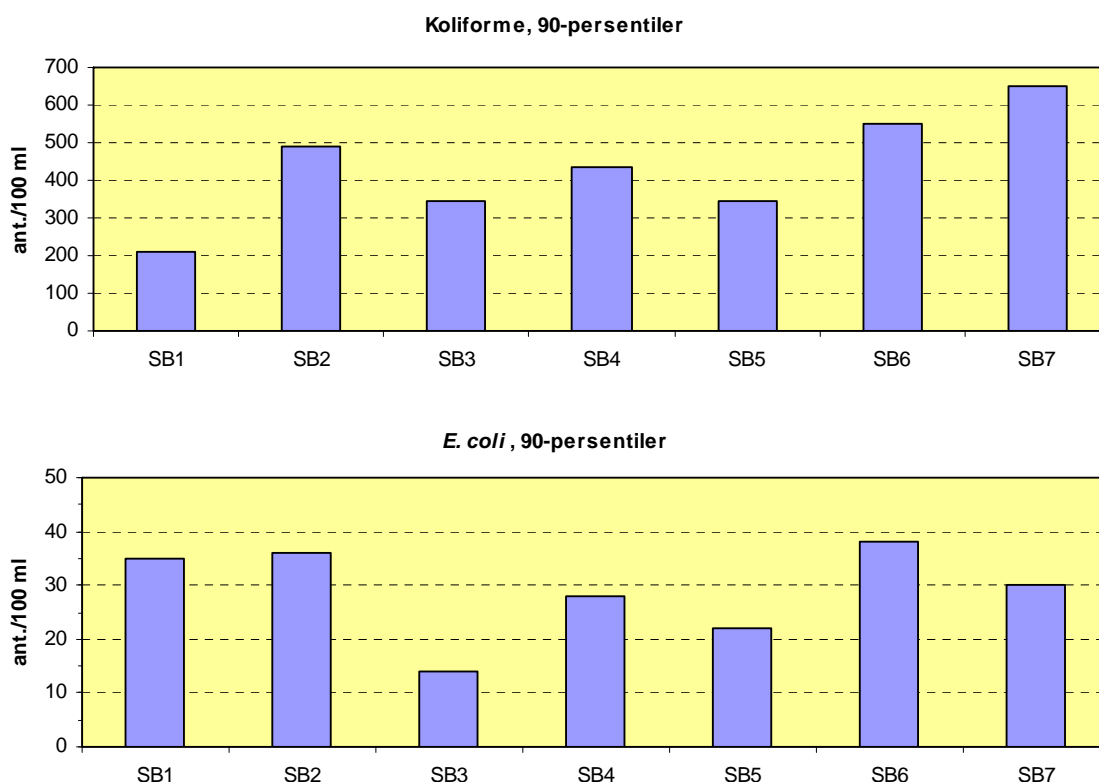
Alle primærdata er gitt i Vedlegg.

#### 3.1 Vannkvalitet

##### *Hygieniske/bakteriologiske forhold*

Resultatene av vannanalysene med hensyn til fekale indikatorbakterier (*E. coli* og koliforme bakterier) er vist i Figur 4. Den hygieniske vannkvaliteten vurderes her først og fremst ut fra 90-persentiler for måledataene på de enkelte prøvestasjonene. 90-persentilen vil si nest høyeste verdi når vi har 6 målinger slik som her ( $6 \times 90/100 = 5,4 \sim 5$ ).

90-persentilene for koliforme bakterier varierte i området ca. 210-650 pr. 100 ml. Vannkvalitetsnormene for friluftsbad (Folkehelseinstituttet 1994/2000) omfatter ikke koliforme bakterier, men verdiene kan her sammenlignes med vurderingssystemet som har vært brukt i forbindelse med overvåkingen av Mjøsa (Kjellberg 2006). Ut fra dette kan de fleste stasjonene karakteriseres som markert påvirket av eldre og/eller fersk forurensning fra mennesker, husdyr eller ville fugler og dyr. Koliforme bakterier kan imidlertid også omfatte en del naturlig forekommende jordbakterier. Dårligst vannkvalitet mht. koliforme bakterier hadde prøvestasjonene lengst i nord (SB6 og SB7), men det var generelt sett relativt små forskjeller mellom prøvestasjonene.



**Figur 4.** Tetthet av koliforme bakterier og *E. coli* (90-persentiler) ved 7 prøvestasjoner utenfor Strandsaga i perioden juni-oktober 2010.



*E. coli* brukes som mål på fersk fekal forurensning (tarmbakterier). 90-persentilene for *E. coli* varierte i området ca. 15-40 pr. 100 ml. Dette viser at vannmassene var moderat forurenset av tarmbakterier (jf. Andersen mfl. 1997, Kjellberg 2006). Mest påvirket var prøvestasjonene SB6, SB2 og SB1, men det var små forskjeller i vannkvaliteten mellom stasjonene. Stasjon SB6 er ved utløpet fra Båhusbekken (også kalt Bausbakkelva), og SB1 er ved utløpet fra Brumunda.

Vannkvaliteten kan karakteriseres som god i forhold til badevannsnormene, på alle prøvestasjonene. Grensen mellom god og mindre god badevannskvalitet går for *E. coli* ved 100 bakterier pr. 100 ml, mens verdier på over 1000 pr. 100 ml regnes som ikke akseptabel badevannskvalitet. Høyeste registrerte verdi for *E. coli* utenfor Strandsaga var 58 pr. 100 ml ved stasjon SB4 den 5. oktober.

### **Siktedyp og algeoppblomstringer**

I den perioden da siktedyp ble målt (16. august til 5. oktober), var det stort sett sikt helt til bunns på alle prøvestasjonene, dvs. i hovedsak mer enn ca. 2-2,5 m. Dette tilsvarer god tilstand vurdert i forhold til badevannsnormene (Folkehelseinstituttet 1994/2000). Stasjon SB7 ligger i et meget grunt område (Gjeddevika). Her var det også sikt til bunns (mer enn 0,7 m) i denne perioden.

I midten av juli inntraff en oppblomstring av blågrønnalger (cyanobakterier) i Mjøsa, blant annet i Furnesfjorden. Oppblomstringen viste seg å bestå av arten *Anabaena lemmermannii*, en art som er vanlig å observere i større eller mindre mengder i Mjøsa, særlig på sensommeren. I forbindelse med innsamling av bakteriologiske prøver den 20. juli ble det observert markerte ansamlinger av *Anabaena* på eller nær overflaten flere steder i Brumunddalsområdet (se foto, Figur 5).



Fra Brumunddal båthavn 7.8.2009



Utenfor Strandsaga-området 20.7.2010

**Figur 5.** Eksempler på algeblomst med *Anabaena lemmermannii* i Mjøsa ved Brumunddal i 2009 og 2010. Foto: Jarl Eivind Løvik, NIVA.

Det ble da samlet inn vannprøver i Gjeddevika ved Strandsaga (stasjon SB 7) for analyser av algemengde (klorofyll-*a*) og eventuelt innhold av cyanotoksinet microcystin, et giftstoff som kan produseres av enkelte blågrønnalger. Siktedypet ble på dette tidspunktet anslått til ca. 1 m i dette området. Vannet virket uestetisk med stedvis lyseblå farge og med "kaker" av blågrønnalger i strandkanten. Den blåaktige fargen er nokså typisk for *Anabaena*-oppblomstringer med akkumulert algebiomasse, og den skyldes at fargestoffer frigjøres når cellene nedbrytes (pers. oppl. Thomas Rohrlack, NIVA).

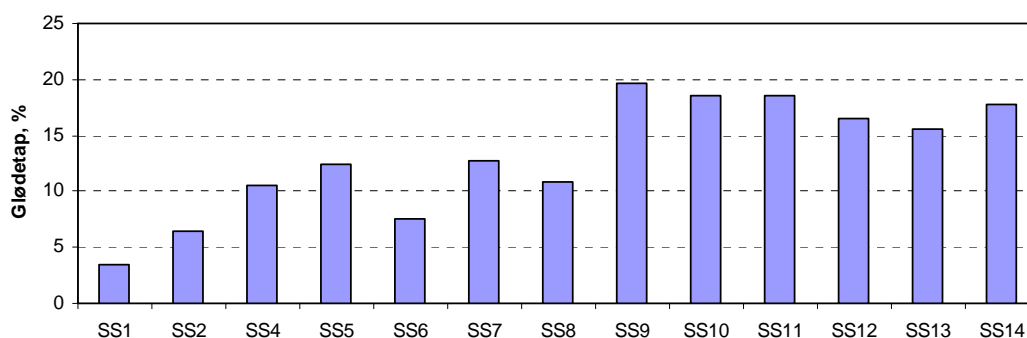
Algemengden var stor i Gjeddevika på dette tidspunktet; konsentrasjon av klorofyll-*a* ble målt til 12 µg/l. Dette må anses som mindre god vannkvalitet og er betydelig høyere enn det som normalt observeres i Mjøsas frie vannmasser (Løvik mfl. 2010). I Klifs klassifiseringssystem regnes vann med

en slik algemengde som ikke egnet for friluftsbad (Andersen mfl. 1997). I forslaget til nye norske badevannsnormer anses imidlertid dette som tilstrekkelig egnet (Berge mfl. 2008). Det ble ikke påvist giftstoffer (microcystin) i vannprøven. Ved en tilsvarende oppblomstring av *Anabaena* i dette området i 2009 ble det heller ikke påvist microcystin i vannet.

## 3.2 Miljøgifter i sedimenter

### 3.2.1 Organisk innhold

Sedimentets mulighet for å akkumulere forurensninger som f.eks. PAH og PCB øker gjerne med økende organisk innhold (Rognerud mfl. 1997). Sedimentmaterialet fra Strandsagaområdet besto på de fleste prøvestasjonene av "mudder", dvs. finsand, silt og leire med varierende innslag av organisk materiale. Innslaget av grøvre, uorganiske fraksjoner (sand og grus) var noe større på stasjonene SS1 og SS2 enn på de andre stasjonene. Organisk innhold, målt som glødetap, varierte fra 3,5 % på stasjon SS1 til 19,6 % på stasjon SS9 med et middel for alle stasjoner på 13,1 %. Dette kan karakteriseres som overveiende lave andeler organisk stoff (se Figur 6).



Figur 6. Organisk innhold i sedimentet, målt som prosent glødetap.

### 3.2.2 Metaller

For de fleste metallene har klassifiseringssystemet for sedimenter (Bakke mfl. 2007) strengere grenseverdier enn klassifiseringssystemet for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009). For arsen har imidlertid det sistnevnte systemet strengere grenseverdier enn klassifiseringssystemet for sedimenter. Dette gjelder de lavere klassene (I-III); i de høyere klassene (IV-V) er klassegrensene for arsen omtrent like i de to klassifiseringssystemene.

Vurdert ut fra klassifiseringssystemet for sedimenter, kan konsentrasjonene av metaller og halvmetallet arsen betegnes som generelt lave (Tabell 1 og Figur 8-9). Verdiene for arsen, krom, kobber og kvikksølv lå på alle stasjoner innenfor tilstandsklasse I (bakgrunn). Konsentrasjonene av bly, nikkel og sink lå innenfor tilstandsklasse II (god) på 1-4 av prøvestasjonene og ellers innenfor tilstandsklasse I. Tre stasjoner hadde konsentrasjoner av kadmium i tilstandsklasse I, mens de øvrige hadde konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse II. Ingen av prøvestasjonene hadde konsentrasjoner av metaller tilsvarende klasse III (moderat) eller dårligere.

Ved klassifisering i forhold til systemet for forurenset grunn, havnet alle stasjonene i tilstandsklasse 1 (meget god), bortsett fra én av de dypereliggende stasjonene (st. 14) hvor verdien for arsen lå innenfor tilstandsklasse 2 (god). Dette systemet har ingen grenseverdier for totalinnhold av krom, men skiller mellom 3-verdig krom (Cr (III)) og 6-verdig krom (Cr (VI)) og har grenseverdier for disse. Cr (VI) er betydelig mer problematisk for helse og miljø enn Cr (III). Det er derfor satt langt lavere grenseverdier for Cr (VI) enn for Cr (III) (Hansen og Danielsberg 2009, se Vedlegg).

**Tabell 1.** Klassifisering av tilstand mht. arsen og metaller. Tilstandsklasser for sedimenter (Bakke mfl. 2007) og forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009) ut fra middel- og maksimumsverdier for de undersøkte lokalitetene (13 stk.). Benevning  $\mu\text{g/g}$  tv (mikrogram pr. gram tørrvekt).

	Tilstandsklasse Sediment		Tilstandsklasse Forurenset grunn	
	Middel	Maksimum	Middel	Maksimum
Arsen	4.5	9.1	4.5	9.1
Bly	19	48	19	48
Kadmium	0.5	0.8	0.5	0.8
Kobber	22.1	26.8	22.1	26.8
Krom	18.9	24.6	18.9	24.6
Kvikksølv	0.074	0.110	0.074	0.110
Nikkel	26.2	33.2	26.2	33.2
Sink	113	155	113	155

Tilstandsklasser sedimenter (Bakke mfl. 2007):

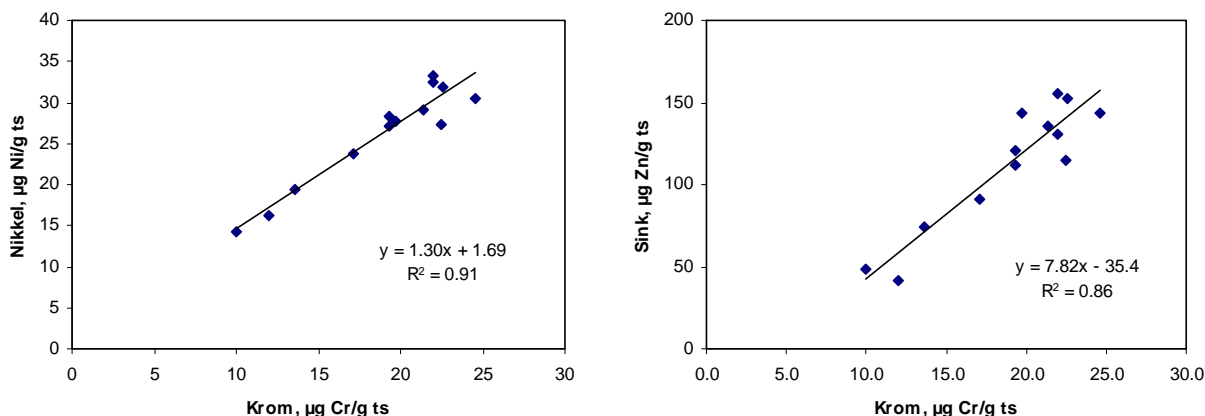
I	II	III	IV	V
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig

Tilstandsklasser forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009):

1	2	3	4	5
Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig

I prøvene fra Strandsagaområdet varierte konsentrasjonen av total-krom innefor området 10-24,6  $\mu\text{g/g}$  tørrstoff med middelvei 18,9  $\mu\text{g/g}$  tørrstoff. Dersom innholdet av krom og nikkel i jordprøver samvarierer med høy korrelasjonskoeffisient ( $r > 0,80$ ), anses dette som en sterk indikasjon på at kilden til krom er naturlig lokal berggrunn og løsmasser (Ottesen mfl. 2007/2009). Spredningsdiagrammet for krom og nikkel viser at det var meget god samvariasjon mellom disse to elementene i prøvene fra Strandsagaområdet, men det var også god samvariasjon mellom krom og sink (Figur 6). Det er derfor rimelig å anta at kildene til krom i dette området i hovedsak er naturlige, men at det trolig også er et påslag fra menneskelig aktivitet.

For byer/industristeder som Drammen, Sarpsborg Porsgrunn, Kristiansand og Odda mfl. er det satt en grense der krom (VI)-innholdet i grunnen skal måles hvis Cr-total er høyere enn 50  $\mu\text{g/g}$ , og det påvises samvariasjon mellom krom og andre metaller enn nikkel (Ottesen mfl. 2007/2009). Oslo kommune har valgt å sette "krom-grensen" ved 40  $\mu\text{g/g}$  tørrstoff. Siden høyeste verdi utenfor Strandsaga var 24,6  $\mu\text{g/g}$  tørrstoff., har vi ikke funnet det nødvendig å analysere for Cr (VI) i disse prøvene.



**Figur 7.** Spredningsdiagrammer for krom og nikkel og for krom og sink.



Figur 8 og 9 viser tilstandsklasser for metaller samlet i henhold til klassegrenser for sedimenter og forurenset grunn. Stasjonens tilstand bestemmes ut fra det elementet som gir høyest (dårligst) tilstandsklasse.



**Figur 8.** Tilstandsklasser for metaller samlet vurdert i tråd med klassifiseringsveileder for sedimenter (Bakke mfl. 2007). Det elementet som gir høyest klasse blir bestemmende for stasjonens tilstand.



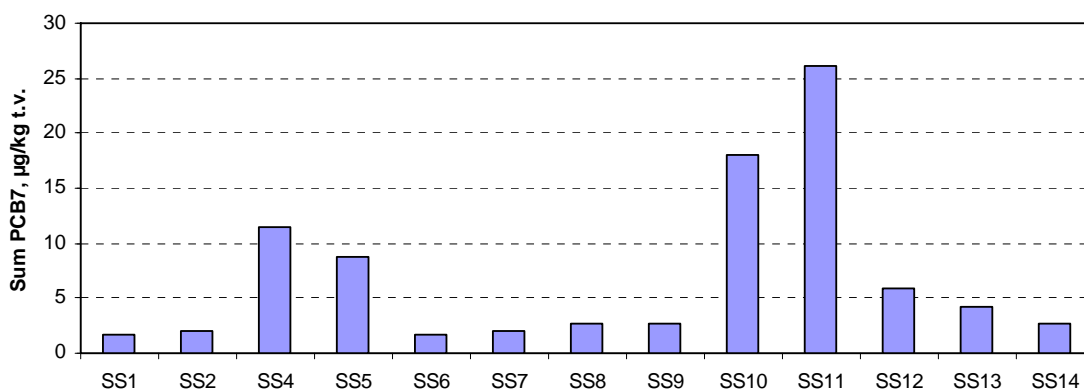
**Figur 9.** Tilstandsklasser for metaller samlet vurdert i tråd med klassifiseringsveileder for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009). Stasjonens tilstand bestemmes av det elementet som gir høyest tilstandsklasse.

### 3.2.3 PCB

PCB (Polyklorerte bifenyler) er en gruppe industriframstilte klorerte forbindelser som har hatt stor oppmerksomhet som miljøgift gjennom lengre tid. PCB-forbindelsene er giftige, tungt nedbrytbare i naturen, de opphopes i organismer og oppkonsentreres (biomagnifiseres) i næringskjeden. Ny bruk av PCB ble forbudt i Norge i 1980, men PCB finnes fortsatt i en del eldre produkter og materialer (Dons og Beck 1993, <http://www.miljostatus.no/>). På grunn av sine spesielle fysiske egenskaper har PCB blitt brukt i en rekke produkter som: isolasjons- og kjølemiddel i transformatorer og kondensatorer, maling, blekk, trykksverte, selvkopierende papir, fugelim, tetningsmasse, kjølevæske, skjæreoljer, hydrauliske oljer, asfalt, sement, som mykner i plast og som smøremiddel (se f.eks. <http://en.wikipedia.org/>, Ruteretur 2005). PCB har blitt spredt til miljøet når PCB-holdige produkter og materialer har blitt kastet eller håndtert på en slik måte at det har forårsaket utslipp til miljøet.

Generelt sett er PCB-nivåene i norsk miljø på veg ned (<http://www.miljostatus.no/>). I en relativt ny kartlegging av miljøgifter i sedimenter i Mjøsa ble det funnet markert forhøyde konsentrasjoner av PCB i overflatesedimenter i flere av prøvene fra bynære områder ved Lillehammer, Gjøvik og Hamar (Fjeld mfl. 2006). Daterte sedimentkjerner viste imidlertid en generelt avtagende trend i konsentrasjonen av PCB mot overflaten. En kerne tatt utenfor Brumunddal tydet på at det her hadde vært et større utslipp fra en uidentifisert kilde, og de høyeste konsentrasjonene ble funnet i et sjikt som ble avsatt i siste halvdel av 1970-tallet.

PCB ble ikke påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensa ved stasjonene SS1 og SS6. På de øvrige stasjonene varierte konsentrasjonen av PCB7 (sum av sju vanlig analyserte kongener) i området 1,8-26,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tørrvekt (tv), se Figur 10. De høyeste konsentrasjonene ble funnet i prøvene fra stasjonene SS 11 og SS 10 med henholdsvis 26,1 og 18,0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv. Disse stasjonene ligger i eller nær Gjeddevika lengst nord i det undersøkte området (Figur 11). Til sammenligning kan nevnes at det ved tidligere kartlegginger av PCB-nivåene i Mjøsas overflatesedimenter (2005-2007, 36 prøvestasjoner) ble funnet konsentrasjoner av sum PCB7 i intervallet 0,12-33,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv (Fjeld mfl. 2006, Fjeld 2007).



**Figur 10.** Konsentrasjoner av sum PCB7 i sedimentprøver fra området utenfor Strandsaga. På stasjonene SS1 og SS6 ble PCB ikke påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensa for enkeltkongener.

Nivåene av PCB7 på stasjon SS10 og SS11 tilsvarer tilstandsklasse III (moderat; 17-190  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) i Klifs reviderte klassifiseringsveileder for sedimenter (Bakke mfl. 2007). De andre stasjonene hadde konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I (bakgrunn) og II (god) i henhold til klassifiseringssystemet for sedimenter. Tilstandsklasser ved de ulike prøvestasjonene er vist i Figur 11.

Vurdert ut fra klassifiseringssystemet for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009) tilsvarte konsentrasjonene av PCB7 ved stasjon SS4, SS10 og SS11 tilstandsklasse 2 (god) mens øvrige prøvestasjoner havner i tilstandsklasse 1 (meget god, se Figur 12).



**Figur 11.** Tilstandsklasser for sum PCB<sub>7</sub> vurdert i henhold til klassifiseringsveileder for sedimenter (Bakke mfl. 2007).

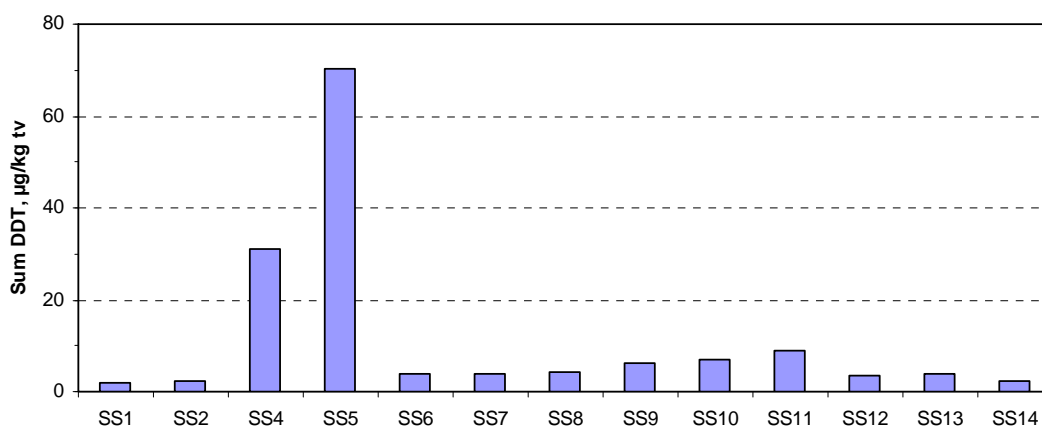


**Figur 12.** Tilstandsklasser for sum PCB<sub>7</sub> vurdert i forhold til klassegrenser for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009).

### 3.2.4 DDT

DDT (Diklordifenyltrikloreten) ble tidligere brukt som insektbekjempningsmiddel. Stoffet ble utviklet like før og under andre verdenskrig og var et mye brukt insekticid fra 1940-årene til 1960-årene (<http://www.klif.no/>). I Norge ble bruken sterkt begrenset i 1969, og den siste godkjente bruken opphørte i 1988 (skogplanteskoler). DDT er giftig overfor en rekke dyregrupper i tillegg til insekter (bl.a. annet krepsdyr og fisk). Det er mindre giftig overfor pattedyr, men det kan ha gifteffekter på amfibier, og reproduksjonsskader hos fugl som følge av DDT-eksponering er velkjent ([http://en.wikipedia.org/wiki/DDT#Acute\\_toxicity](http://en.wikipedia.org/wiki/DDT#Acute_toxicity)). DDT er tungt nedbrytbart (persistent), og det har evne til å opptas av organismer og oppkonsentreres i næringskjeden. I 2005 ble det funnet relativt høye konsentrasjoner av DDT i sedimenter fra Furnesfjorden (Fjeld mfl. 2006). Dette ledet til en nærmere kartlegging av nivåene i denne delen av Mjøsa (Fjeld 2007) og påvisning av en lokal kilde på Nes, nemlig en avfallsfylling ved Grefsheim fra 1960-tallet (<http://www.klif.no/>). I 2009 ble det gjennomført tiltak slik at denne kilden til DDT-forurensning i Mjøsa ble fjernet.

Konsentrasjonen av sum DDT i sedimentprøver tatt utenfor Strandsaga varierte i området 2,3-70,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv (Figur 13). "Sum DDT" betyr summen av "fersk" DDT og nedbrytningsproduktene DDD og DDE. De høyeste konsentrasjonene av sum DDT ble funnet på stasjonene SS4 og SS5 med henholdsvis 31,2 og 70,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv. Dette tilsvarer tilstandsklasse III, moderat (17-190  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv) i henhold til klassegrensene for sedimenter (Bakke mfl. 2007). De andre stasjonene hadde markert lavere konsentrasjoner, dvs. i området 2,3-8,9  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv. På stasjon SS1 ble ingen av forbindelsene funnet i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene. Siden deteksjonsgrensene var relativt høye, er det for enkelte prøvestasjoner umulig å avgjøre om de skal være i tilstandsklasse I (<0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) eller II (0,5-20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Vi har da valgt å føre dem til tilstandsklasse II. Tilstandsklasser på de ulike stasjonene er vist i Figur 14.



**Figur 13.** Konsentrasjoner av sum DDT i overflatesedimenter utenfor Strandsaga.

Utgangsforbindelsen DDT ble påvist på stasjon SS5 med 9,4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv, mens DDT ikke ble påvist ved noen av de andre stasjonene. På stasjonene SS5 representerte nedbrytningsproduktene DDE og DDD til sammen 87 % av sum DDT. Samlet sett tyder dette på at sedimentene i området i hovedsak var påvirket av eldre kilder og i liten grad av "fersk" DDT.

Vurdert i henhold til klassegrensene for forurenset grunn, havner stasjon SS5 i tilstandsklasse 2 (god; 40-4000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv). Øvrige stasjoner ligger i tilstandsklasse 1 (meget god; <40  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv). Tilstandsklasser for de forskjellige stasjonene er vist i Figur 15.





Figur 14. Tilstandsklasser for sum DDT i henhold til klassegrenser for sedimenter.



Figur 15. Tilstandsklasser for sum DDT vurdert i forhold til klassegrenser for forurenset grunn.

### 3.2.5 Andre klororganiske forbindelser

Denne gruppen omfatter her høyklorerte benzener som pentaklorbenzen (QCB) og heksaklorbenzen (HCB), oktaklorstyren (OCS) samt insekticidene alfa-heksaklorsyκλοheksan ( $\alpha$ -HCH) og gamma-heksaklorsyκλοheksan, dvs. lindan ( $\gamma$ -HCH). Resultatene er gitt i Vedlegg og er sammenfattet i Tabell 2. I tabellen er også data fra tidligere kartlegginger av noen av disse forbindelsene i Mjøsa og Randsfjorden vist til sammenligning.

**Tabell 2.** Variasjonsområdet for konsentrasjoner av klororganiske forbindelser i sedimenter utenfor Strandsaga. Data fra noen andre undersøkelser av sedimenter fra Mjøsa og Randsfjorden er også gitt.

	QCB µg/kg tv	HCB µg/kg tv	OCS µg/kg tv	$\alpha$ -HCH µg/kg tv	$\gamma$ -HCH µg/kg tv	Referanse
Strandsaga 2010, SS1-14	<0.3 - 0.5	<0.3 - 1.5	<0.5	<0.5	<0.5 - 0.8	Denne unders.
Mjøsa 1994-1996		0.2 - 0.8	<0.02		0.05 - 0.2	Rognerud mfl. 1997
Randsfjorden 1994-1996		0.5 - 0.8	<0.02		<0.05 - 0.09	Rognerud mfl. 1997
Totenvika 1990-1991		<0.1		0.2	<0.1	Kjellberg 1992
Tangenvika 1990-1991		0.5		0.2	<0.1	Kjellberg 1992
Åkersvika 1990-1991		0.2 - 93		0.1 -13	<0.1	Kjellberg 1992

Forbindelsene oktaklorstyren og  $\alpha$ -HCH ble ikke påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensa på 0,5 µg/kg tv. Pentaklorbenzen ble påvist i 4 av i alt 13 prøver, men i lave konsentrasjoner.

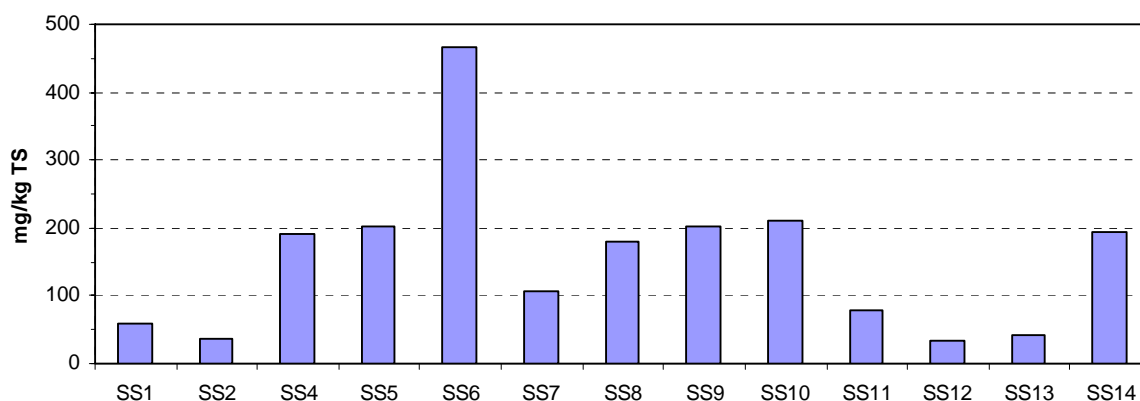
Heksaklorbenzen ble påvist i 10 av 13 prøver. Konsentrasjonene varierte i området 0,33-1,5 µg/kg tv. Dette kan karakteriseres som lave verdier, tilsvarende tilstandsklasse I-II i henhold til klassegrenser for sedimenter (Bakke mfl. 2007). Verdiene er også betydelig lavere enn den såkalte normverdien for HCB i Forurensningsforskriften (Forskrift 2004-06-01 nr. 931) på 10 µg/kg tv. Normverdiene er lik grenseverdiene mellom tilstandsklasse 1 (meget god) og 2 (god) i klassifiseringssystemet for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009).

Insektmidlet lindan ( $\gamma$ -HCH) ble påvist i konsentrasjon over deteksjonsgrensa på 0,5 µg/kg tv i kun én prøve (stasjon SS5). Her var konsentrasjonen 0,8 µg/kg tv, som er litt lavere enn normverdien for lindan på 1 µg/kg tv.

### 3.2.6 Oljeforbindelser

Det ble påvist oljeforbindelser (alifatiske hydrokarboner) på alle prøvestasjonene, men konsentrasjonene varierte betydelig, fra 33 mg/kg tv ved stasjon SS12 til 467 mg/kg tv ved stasjon SS6 (Figur 16). Verdiene gjelder fraksjon >C12-C35, dvs. tyngre fraksjoner. De lettere fraksjonene (C5-C12) ble ikke påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene ved noen prøvestasjon, og fraksjon >C12-C16 ble påvist bare på stasjon SS4, i lav konsentrasjon (4 mg/kg). Det var derfor tyngre fraksjoner oljeforbindelser som var helt dominerende i prøvene.

Konsentrasjonen av oljeforbindelser tilsvarte tilstandsklasse 3 på stasjon SS6, dvs. moderat tilstand (300-600 mg/kg tv) i henhold til klassegrenser for forurenset grunn. På de øvrige stasjonene lå verdiene innenfor tilstandsklasse 1 (<100 mg/kg tv) eller 2 (100-300 mg/kg tv, se Figur 17). Klassifiseringssystemet for sedimenter har ikke fastsatt grenseverdier for oljeforbindelser (Bakke mfl. 2007).



**Figur 16.** Konsentrasjoner av oljeforbindelser (fraksjon >C12-C35) i sedimenter ved Strandsaga.



**Figur 17.** Tilstandsklasser for oljeforbindelser (fraksjon >C12-C35) i henhold til klassegrenser for forurenset grunn.

### 3.2.7 Løsemidler - BTEX

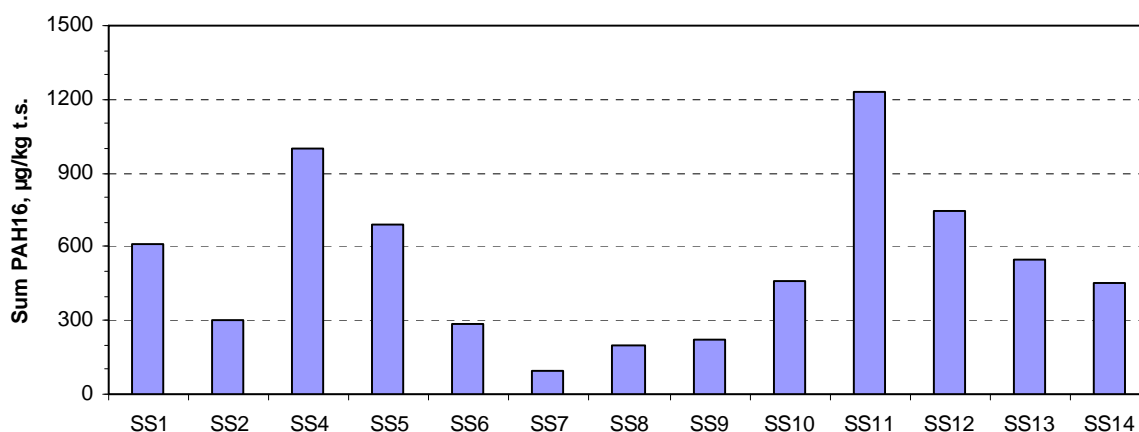
BTEX er et akronym for benzen, toluen, etylbenzen og xylen. Dette er noen av de flyktige organiske forbindelsene som finnes i oljeprodukter som f.eks. bensin. Toluen, etylbenzen og xylener kan gi skadelige effekter på sentralnervesystemet (<http://en.wikipedia.org/wiki/BTEX>).

Ingen av BTEX-forbindelsene ble påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene i sedimentprøvene fra Strandsaga-området.

### 3.2.8 PAH

PAH står for polysykliske aromatiske hydrokarboner eller bare polyaromatiske hydrokarboner. Dette er en gruppe forbindelser som finnes naturlig i miljøet, men menneskelig aktivitet har mange steder ført til markert forhøyde konsentrasjoner i sediment og i levende organismer (Dons og Beck 1993). De fleste forbrenningsprosesser fører til dannelse av PAH, og PAH-forbindelser er til stede i fossilt brensel som kull, olje og gass i ulik grad. Klif (tidligere SFT) har relativt nylig utgitt en rapport som beskriver kunnskapsstatus mht. PAH-forurensning spesielt i forhold til sjøbunn (Ruus mfl. 2009). Mye av denne kunnskapen er trolig også relevant for ferskvannssedimenter og dyreliv i ferskvann. De viktigste kildene til PAH i miljøet er avrenning fra urbane områder, avløpsvann, industriutslipp, atmosfæriske avsetninger samt søl og lekkasjer i forbindelse med produksjon og transport av fossilt brensel. Metallurgisk industri er/har vært viktige kilder til punktutslipp av PAH i Norge (Ruus mfl. 2009). PAH er hovedbestanddel i kreosot (<http://no.wikipedia.org/wiki/Kreosot>), og PAH er en av de vanlige forurensningene fra vegtrafikk og vegslitasje (Bækken og Tjomsland 2001, Bækken og Haugen 2006).

Konsentrasjonen av sum PAH-16 varierte i intervallet 98-1230  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv (Figur 18). De høyeste konsentrasjonene ble funnet på prøvestasjonene SS11 (1230  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv) og SS4 (1002  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv). Vurdert i forhold til klassegrensene for sedimenter (Bakke mfl. 2007) havner 7 av 13 prøvestasjoner i tilstandsklasse I, bakgrunn (<300  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv) og de andre 6 prøvestasjonene i tilstandsklasse II, god (300-2000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv). Konsentrasjonen av den potensielt kreftfremkallende forbindelsen benzo(a)pyren varierte i området 3,9-74  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv (se Vedlegg), dvs. innenfor tilstandsklassene I og i den lavere delen av tilstandsklasse II (6-420  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv). Konsentrasjonene for andre potensielt kreftfremkallende forbindelser (KPAH) som naftalen, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b+j)fluoranten, benzo(k)fluoranten og dibenzo(a, c+a, h)antracen lå også innenfor tilstandsklasse I-II. Stasjon 11 hadde konsentrasjon av KPAH-forbindelsen indeno(123cd)pyren tilsvarende klasse III, mens øvrige stasjoner lå innenfor tilstandsklasse I og II.



**Figur 18.** Konsentrasjoner av sum PAH-16 i sedimenter utenfor Strandsaga.

Vurdert i henhold til klassegrensene for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009), havner alle prøvestasjonene i tilstandsklasse 1 (meget god; <2000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tv) ut fra konsentrasjonene av sum PAH-16. Konsentrasjonene av benzo(a)pyren tilsvarer også tilstandsklasse 1 på alle prøvestasjoner i henhold til dette klassifiseringssystemet.

Tilstandsklasser for sedimenter og for forurenset grunn mht. sum PAH-16 er vist i Figur 19-20.





Figur 19. Tilstandsklasser for sum PAH-16 i henhold til klassegrenser for sedimenter.



Figur 20. Tilstandsklasser for sum PAH-16 i henhold til klassegrenser for forurenset grunn.

## 4. Sammenfattende diskusjon

### 4.1 Vannkvalitet

Undersøkelsen av vannprøver for innhold av fekale indikatorbakterier (koliforme bakterier og *E. coli*) i perioden juni-oktober 2010 viser at dette området av Mjøsa var noe påvirket av fersk og eldre fekal forurensning (tarmbakterier). Konsentrasjonene av *E. coli*, som indikerer fersk fekal forurensning, lå imidlertid ved alle prøvetidspunkter innenfor det variasjonsområdet som karakteriseres som god badevannskvalitet i vannkvalitetsnormene for friluftsbad (Folkehelseinstituttet 1994/2000 og 2008). Vannkvaliteten kan karakteriseres som godt egnet for bading og rekreasjon ut fra konsentrasjonen av tarmbakterier (jf. Andersen mfl. 1997, Berge mfl. 2008).

De to siste somrene har det vært observert markerte oppblomstringer av blågrønnalgen *Anabaena lemmermannii* spesielt i deler av Furnesfjorden, bl.a. i Brumunddal båthavn, Gjeddevika og Pellervika (Løvik mfl. 2010, denne undersøkelse). Markerte oppblomstringer av blågrønnalger er vanligst i mer eller mindre overgjødslede, næringsrike (eutrofe) innsjøer (Skulberg 1988, Brettum og Andersen 2005). Moderate oppblomstringer av former f.eks. innen slekten *Anabaena* kan imidlertid forekomme også i relativt lite forurensede innsjøer. Det er forholdsvis vanlig å observere de knappenålsstore, grønne kulene (cellekolonier) av *Anabaena* om sommeren i mange innsjøer bl.a. i Oppland og Hedmark, også i store innsjøer som Randsfjorden og Strondafjorden, som ikke er spesielt overgjødset. Fenomenet har vært vanlig i Mjøsa i mange år.

Når forekomsten spesielt i deler av Furnesfjorden, så ut til å være ekstra stor både i 2009 og 2010, kan det trolig ha hatt sammenheng med store nedbørmengder i kombinasjon med relativt høy vanntemperatur. Stor avrenning fører til økte tilførsler av næringsstoffer som på sommeren særlig fordeler seg ut i de øvre, varme vannlag der algene trives. Blågrønnalgene har egenskaper som gjør dem i stand til å innstille seg i de vannlagene der vekstbetingelsene er best. Ofte finner en *Anabaena* på eller nær overflaten. Vind og strøm kan da føre dem til bukter og vikene der konsentrasjonen blir meget stor, mens innsjøen ellers har temmelig klart vann. Slik vannet var ved land i Brumunddalsområdet i deler av somrene 2009 og 2010, virket det uestetisk med tanke på bading. Algemengden var større enn det som regnes som egnet i henhold til Klifs (tidligere SFT) klassifiseringssystem (Andersen mfl. 1997), men den lå innenfor området for "tilstrekkelig egnet" i forslaget til nye norske badevannsnormer (Berge mfl. 2008). Giftstoffet microcystin, som kan produseres av visse blågrønnalger, ble ikke påvist i forbindelse med oppblomstringene, verken i 2009 eller i 2010.

Større eller mindre oppblomstringer av *Anabaena* i Mjøsa vil trolig inntreffe også i årene som kommer. Vi kan imidlertid ikke si med sikkerhet hvor omfattende og sjenerende de blir f.eks. lokalt i Brumunddalsområdet. Oppblomstringene i 2009 og 2010 viser at det er viktig å fortsette arbeidet med å begrense tilførselene av næringsstoffer til Mjøsa.

### 4.2 Miljøgifter

Nivåene av miljøgifter blir her vurdert både i forhold til klassegrenser for sedimenter (Bakke mfl. 2007) og i forhold til klassegrenser for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009). Bakgrunnen for dette er at en ønsker å vurdere både risikoen for eventuelle skadeeffekter på vannlevende organismer (økologiske effekter) og den helsemessige risikoen forbundet med menneskers bruk av området (helsebasert tilstandsvurdering).

Konsentrasjonen av metaller som arsen (halvmetall), bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink i sedimenter kan karakteriseres som generelt lave, tilsvarende tilstandsklasse I (bakgrunn) eller II (god) i forhold til klassegrenser for sedimenter. Vurdert i forhold til klassegrenser for forurenset

grunn havnet alle stasjonene i tilstandsklasse 1 (meget god) for alle metaller, bortsett fra en av de dypereliggende stasjonene hvor konsentrasjonen av arsen tilsvarende klasse 2 (god). På denne bakgrunn ser ikke metaller ut til å representere noe miljøproblem i dette området.

Ingen av de undersøkte løsemidlene (BTEX, dvs. benzen, toluen, etylbenzen og xylen) ble påvist i konsentrasjoner over deteksjonsgrensene for analysen. Oljeforbindelser ble påvist på alle prøvestasjoner, i varierende konsentrasjoner. På én prøvestasjon var konsentrasjonen innenfor tilstandsklasse 3 (moderat) i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. På de øvrige stasjonene var konsentrasjonen innenfor tilstandsklasse 1 eller 2.

Nivåene av PCB7 i sedimentene tilsvarende tilstandsklasse 1-2 (meget god til god) i forhold til klassegrenser for forurenset grunn. Vurdert i forhold til klassegrenser for sedimenter, havner de to stasjonene lengst i nord (SS10 og SS11 i Gjeddevika) i tilstandsklasse III, mens øvrige stasjoner hadde lavere konsentrasjoner og havner i klasse I eller II. De høyeste konsentrasjonene var på 18,0 og 26,1 µg/kg tørrvekt. Verdien fra SS11 er på nivå med de høyeste konsentrasjonene som ble funnet i forbindelse med to regionale undersøkelser av miljøgifter i Mjøsas overflatesedimenter i 2005-2006 og 2007, hvor maksimumsverdien var på 33,1 µg/kg tv, og nest høyeste verdi var på 26,5 µg/kg tv (Fjeld mfl. 2006, Fjeld 2007). Rognerud mfl. (1997) oppgir konsentrasjoner i området 2-20 µg PCB7/kg tv som forventet konsentrasjon i innsjøer i Sør-Norge som ligger langt fra lokale kilder og bare er påvirket av atmosfæriske avsetninger. Bakgrunnskonsentrasjonen er avhengig av sedimentets organiske innhold og beliggenhet i Sør-Norge. For sedimenter med organisk innhold som i Strandsaga-området (4-20 % glødetap) synes det rimelig å anta konsentrasjoner av sum PCB7 i området 1-6 µg/kg tv som representative hvis sedimentet bare hadde vært forurenset av atmosfæriske avsetninger (jf. Rognerud mfl. 1997, Kjellberg 2003).

Brumunddal har hatt og har fortsatt betydelig industriell aktivitet innenfor ulike bransjer, samt verksteder og mye annen næringsvirksomhet, stor vegtrafikk (bl.a. E6), jernbane mm. PCB-forurensningen ved Strandsaga skyldes trolig i hovedsak lokale utslipp, men vi har ikke informasjon om hvilke konkrete kilder som kan være mest aktuelle. Etter det vi kjenner til, har det ikke blitt påvist høye nivåer av PCB i forbindelse med de grunnundersøkelsene NGI har gjennomført på Strandsaga (pers. oppl. Steven Birchfield, Ringsaker kommune).

Konsentrasjonen av sum DDT ved prøvestasjon SS5 er trolig den høyeste sedimentkonsentrasjonen som er registrert i Mjøsa, mens verdien fra SS4 er på nivå med de høyeste verdiene fra tidligere undersøkelser (Rognerud mfl. 1997, Fjeld mfl. 2006, Fjeld 2007, Løvik og Rustadbakken 2007). Vurdert i forhold til klassegrenser for forurenset grunn, havner stasjon SS5 i klasse 2 (god), mens øvrige stasjoner havner i klasse 1 (meget god). Vurdert ut fra klassegrenser for sedimenter tilsvarende imidlertid verdiene ved stasjon SS4 og SS5 klasse III (moderat) og øvrige stasjoner klasse II (god). I forbindelse med en utvidelse av Brumunddal båthavn ble det i 2007 tatt opp og analysert sedimentprøver med tanke på forekomst av bl.a. DDT. Det ble da ikke påvist DDT i konsentrasjoner over deteksjonsgrensa på 1 µg/kg tv (Rustadbakken 2007a og b).

Sammensetningen av sum DDT ved Strandsaga, der nedbrytningsproduktene DDE og DDD til sammen representerte mer enn 85 %, tyder på at sedimentene i hovedsak var påvirket av eldre kilder. Hvilken eller hvilke kilder det kan dreie seg om, er ikke forsøkt klarlagt i denne undersøkelsen. Så vidt vi vet, har det ikke blitt påvist høye konsentrasjoner av DDT i forbindelse med NGIs grunnundersøkelser på Strandsaga (pers. oppl. S. Birchfield).

Andre klororganiske forbindelser som pentaklorbenzen, heksaklorbenzen, oktaklorstyren og lindan ble enten ikke påvist eller funnet i relativt lave konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I-II (jf. Bakke mfl. 2007).

Konsentrasjonene av sum PAH-16 var generelt lave, tilsvarende tilstandsklasse 1 i forhold til klassegrenser for forurenset grunn og tilstandsklasse I-II i forhold til klassegrenser for sedimenter. Konsentrasjonen av den potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelsen benzo(a)pyren lå også innenfor tilstandsklassene I og II. På denne bakgrunn anser vi ikke PAH som noe miljøproblem i dette området.

### 4.3 Behov for tiltak

Vurderinger av hvorvidt tiltak bør gjennomføres på grunnlag av resultatene fra denne undersøkelsen, ligger utenfor mandatet for undersøkelsen. De refererte veilederne sier en del om dette, og siden det her dreier seg om planer for framtidig bruk av området til lek, sportsaktiviteter, bading mm., vil vi særlig henvide til veilederen ”Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn” (Hansen og Danielsberg 2009). Her heter det bl.a.:

”Behovet og nivået for når en opprydding er nødvendig vil variere etter hvilken arealbruk et område har eller skal ha. Det aksepteres for eksempel mindre forurensninger i et boligområde enn i et industriområde”... og ...”Sammenhengen mellom tilstandsklasse og arealbruk vil være slik at en lav klasse gir uttrykk for lite forurensning i grunnen og at grunnen er egnet for følsom arealbruk. Eksempelvis vil grunn med tilstandsklasse 2 og lavere i toppjord være egnet til boliger, barnehager og lekeplasser og grunn med tilstandsklasse 3 være akseptabel i sentrumsområder uten boliger, dvs. i områder med gater, torg, forretninger eller kontorer.” Videre heter det i veilederen for klassifisering av tilstand i sedimenter (Bakke mfl. 2007):

”Hovedfunksjonen er å kunne identifisere områder som kan være påvirket av lokale miljøgiftkilder (kl. II) og der det eventuelt kan være aktuelt å vurdere tiltak (klasse III og høyere).”

Det er forurensningsmyndighetene som, etter å ha blitt forelagt denne rapporten, må avgjøre om miljøforholdene er tilstrekkelig gode, eller om spesielle tiltak må gjennomføres i tilknytning til planene om omdisponering og opparbeiding av arealene til uteoppholdsplasser for ulike fritidsaktiviteter. Dersom spesielle opprensningstiltak vurderes gjennomført, vil vi anbefale at det på forhånd blir gjort en noe mer detaljert kartlegging av nivåene av DDT, PCB og evt. oljeforbindelser i de delene av området hvor de høyeste konsentrasjonene ble funnet. Dette for å avgrense de mest forurensede områdene nærmere.

## 5. Litteratur

- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. og Aanes, K.J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Statens forurensningstilsyn, SFT. Veiledning 97:04. TA 1468/1997. 31 s.
- Bakke, T., Breedveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A. og Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøgifter i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sediment. Statens forurensningstilsyn, SFT rapport, TA-2229/2007. 12 s.
- Berge, D., Tryland, I., Solheim, A.L. og Krogh, T. 2008. Egnethet for ulike brukerinteresser. I: Solheim, A.L., Berge, D., Tjomsland, T., Kroglund, F., Tryland, I., Schartau, A.K., Hesthagen, T., Borch, H., Skarbøvik, E., Eggestad, H.O. og Engebretsen, A. Forslag til miljømål og klassegrenser for fysisk-kjemiske parametre i innsjøer og elver, inkludert leirvassdrag og kriterier for egnethet for brukerinteresser. Supplement til veileder i økologisk klassifisering. NIVA-rapport 5708-2008. 77 s.
- Brettum, P. og Andersen, T. 2005. The use of phytoplankton as indicators of water quality. NIVA-report 4818-2004. 33 pp. + 164 fact-sheets.
- Bækken, T. og Tjomsland, T. 2001. Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum. Konsekvenser av snødumping for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva. NIVA-rapport 4460-2001. 42 s.
- Bækken, T. og Haugen, T. 2006. Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer. Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og PAH. Statens vegvesen, Utbyggingsavdelingen, rapport nr. UTB 2006/06. ISSN-nr. 1890-2472. 91 s.
- Direktoratgruppa for gjennomføring av vanddirektivet, 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. 181 s. <http://www.vannportalen.no/>.
- Dons, C. og Beck, P.Å. 1993. Miljøgifter i Norge. Statens forurensningstilsyn, rapport nr. 93:22. 115 s.
- Folkehelseinstituttet 1994/2000. Vannkvalitetsnormer for friluftsbad. <http://www.fhi.no/artikler?id=41607>. 3 s.
- Folkehelseinstituttet 2008. Badevann – forurensning og regler. <http://www.fhi.no/artikler?id=70397>. 2 s.
- Hansen, H.J. og Danielsberg, A. 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder. Statens forurensningstilsyn. TA-2553/2009. 27 s.
- Fjeld, E., Rognerud, S., Enge, E.K., Borgen, A.R. og Dye, C. 2006. Miljøgifter i sedimenter i Mjøsa, 2005-2006. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT), TA-2210/2006. NIVA-rapport 5313-2006. 53 s. + vedlegg.
- Fjeld, E. 2007. DDT og PCB i sedimenter fra Furnesfjorden, Mjøsa, 2007. NIVA-notat til SFT, datert 4. okt. 2007. 5 s.
- Klima- og forurensningsdirektoratets nettside: <http://www.klif.no/>
- Kjellberg, G. 1992. Undersøkelse av bunnsedimenter og bunndyrforekomst i Åkersvika naturreservat i 1990-91. NIVA-rapport 2783. 60 s.
- Kjellberg, G. og Løvik, J.E. 2000. PCB-konsentrasjon i sedimenter fra NSB's båthavn i Åkersvika og Mjøsa utenfor Esperen. Rapport fra undersøkelsen i 1999. NIVA-rapport 4167-2000. 38 s.
- Kjellberg, G. 2003. PCB-konsentrasjoner i sedimenter fra NSBs båthavn i Åkersvika og nærliggende område i Åkersvika Naturreservat etter at de mest PCB-belastede sedimenter er fjernet. NIVA-rapport 4529-2002. 30 s.

Kjellberg, G. 2006. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2005. NIVA-rapport 5195-2006. 98 s.

Løvik, J.E. og Rustadbakken, A. 2007. Hamar båthavn – Tjuvholmen. Vurdering av miljøgifter i sedimenter og molofyllmasse i forbindelse med planlagt utvidelse.

Løvik, J.E., Bækken, T. og Romstad, R. 2010. Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport/datarapport for 2009. NIVA-rapport 5974-2010. 80 s.

Miljøstatus i Norge. Sentral miljøforvaltnings nettside. <http://www.miljostatus.no/>

Ottesen, R.T., Joranger, T., Langedal, M., Andersson, M. og Haugland, T. 2007/2009. Veileder for undersøkelse av jordforurensning i nye barnehager og lekeplasser. NGU-rapport 2007.032. Statens forurensningstilsyn, TA-2261/2007. 17 s.

Rognerud, S., Fjeld, E. og Løvik, J.E. 1997. Regional undersøkelse av miljøgifter i innsjøsedimenter. Delrapport 1. Organiske mikroforurensninger. Statlig program for forurensningsovervåking (SFT), rapport 712/97, TA-1484/1997. NIVA-rapport 3699-1997. 37 s. + vedlegg.

Rustadbakken, A. 2007a. Sedimentanalyser Brumunddal båthavn. NIVA, brev til Brumunddal båtforening, datert 2. mars 2007. 4 s.

Rustadbakken, A. 2007b. Vedr. sedimentanalyser Brumunddal båthavn. NIVA, brev til Brumunddal båtforening, datert 7. mars 2007. 2 s.

Ruteretur, 2005. PCB. Hva er det, hvilken skade kan det gjøre og hvor finnes det? Basiskunnskap om PCB. Notat fra Ruteretur, april 2005. 12 s.

Skulberg, O. 1988. Blågrønnalger – vannkvalitet. Toksiner. Lukt- og smaksstoffer. Nitrogenbinding. NIVA-rapport 2116. 121 s.

Wikipedia. Den frie encyklopedi. <http://no.wikipedia.org/>

## **6. Vedlegg**

**Tabell 3.** Oversikt over analysemetoder/betegnelser benyttet av laboratoriene ved LabNett AS, NIVA og ALS Laboratory Group Norway AS.

Analyse	Benevning	Metode
<u>LabNett:</u>		
Koliforme bakterier	ant./100 ml	Colilert
E. coli	ant./100 ml	Colilert
<u>NIVA:</u>		
Totalt tørrstoff	%	B 3: Gravimetri, tørking ved 105 °C
Total glødetap	g/kg	B 3: Gravimetri, gløding ved 550 °C
Arsen, As	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Kadmium, Cd	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Krom, Cr	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Kobber, Cu	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Jern, Fe	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Kvikksølv, Hg	µg/g tv	E 4-3: Oppslutning i salpetersyre, kalddampeteknikk
Mangan, Mn	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Nikkel, Ni	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Bly, Pb	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Tinn, Sn	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
Sink, Zn	µg/g tv	E 9-5: Bestemmelse av metaller med ICP-AES
PCB	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
Pentaklorbenzen	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
Heksaklorbenzen	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
a-hexaklorcykloheksan	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
g-hexaklorcykloheksan	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
Oktaklorstyren	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
4,4-DDE	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
4,4-DDD	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
4,4-DDT	µg/kg tv	H 3-3: Ekstraksjon og opparbeiding av klororganiske forbindelser i sedimentprøver
PAH	µg/kg tv	H 2-3: Ekstraksjon og opparbeiding av PAH i sedimentprøver
<u>ALS:</u>		
BTEX (løsemidler)	mg/kg ts	Headspace
Fraksjon C5-C10	mg/kg ts	EPA 601, EPA 624, BCME, Atlantic RBCA Tier 1 Petroleum Hydrocarbon methods
Fraksjon >C10-C35	mg/kg ts	EN 14039



**Tabell 4.** UTM-koordinater for prøvestasjoner.

	Sone	Øst	Nord	Sedimentkarakteristika
<u>Vannprøver:</u>				
SB1	32 V	604750	6750497	
SB2	32 V	604490	6750649	
SB3	32 V	604258	6750646	
SB4	32 V	604170	6750748	
SB5	32 V	604283	6750803	
SB6	32 V	604183	6750945	
SB7	32 V	604084	6751164	
<u>Sedimentprøver:</u>				
SS1	32V	604500	6750680	Sandaktig, lite organisk, litt grus og løv, jernutfelling
SS2	32V	604381	6750621	Sand, litt organisk, grus, løv og jernutfelling
SS3	32V	604343	6750593	Sand, litt jernutfelling
SS4	32V	604176	6750750	Mudderflate, finsand og silt
SS5	32V	604274	6750759	Opptørket mudderflate
SS6	32V	604102	6750833	Mudderflate, litt løv
SS7	32V	604063	6750910	Mudder med litt løv og planterester. Småstein ellers i omr.
SS8	32V	604214	6750917	Mudder
SS9	32V	604142	6750996	Tørrelagt mudder med litt løv etc.
SS10	32V	604105	6751106	Mudder i masseuttak (?), jernutfelling
SS11	32V	604099	6751175	Tørrelagt mudder
SS12	32V	604244	6750632	9,5-11 m. Bobler i omr., ikke H <sub>2</sub> S-lukt, brunt og noe organisk øverst
SS13	32V	603981	6750579	12-17 m. Brunt øverst, ligner SS12. Lysgrått, leiraktig nedover
SS14	32V	604164	6750526	17-20 m. Lys brunt øverst, litt gassbobler nedover i sedimentet

**Tabell 5.** Kvalitetsnormer for vann til friluftsbad. Gjengitt fra Folkehelseinstituttet (1994/2000).

Parameter	God	Mindre god	Ikke akseptabel	Anbefalt prøvetakingshyppighet, minimum *
<u>Mikrobiologiske:</u>				
Termotolerante koliforme bakterier/100 ml	< 100	100-1000	> 1000	En gang pr uke
Fekale streptokokker/100 ml	< 100	100-1000	> 1000	En gang pr uke
<u>Fysisk kjemiske:</u>				
pH i ferskvann	5.0-9.0			
Fargetall ferskvann	< 25			**
Siktedyp, m	> 2	1-2	< 1	To ganger pr mnd
Turbiditet, FTU	< 2	2-5	> 5	
Temperatur, C				***

\*Prøvetakingshyppigheten kan reduseres dersom det er en lite besøkt badestrand, eller at prøveserier tatt over minst to år har vist at vannkvaliteten ligger godt innenfor "God" vannkvalitet.

\*\* Tydelig fargeendring fra normaltstanden skal medføre undersøkelser for å fastslå årsaken.

\*\*\* Økt fare for Cercarier dermatitt v/temp. >20 C, i lokaliteter med forekomst av andefugler og ferskvannsnegl.

Prøvetaking på totalnitrogen (mg N/l), totalfosfor (ug P/l) og klorofyll (ug/l) bør foretas ved tendens til eutrofiering.

**Tabell 6.** Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter. Gjengitt fra SFT-veilederen Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter (Bakke mfl. 2007).

	I	II	III	IV	V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
<b>Metaller</b>					
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
<b>PAH</b>					
Naftalen (µg/kg)	<2	2- 290	290 - 1000	1000 - 2000	>2000
Acenaftylen (µg/kg)	<1.6	1.6 - 33	33 - 85	85 - 850	>850
Acenaften (µg/kg)	<4.8	2.4 - 160	160 - 360	360 - 3600	>3600
Fluoren (µg/kg)	<6.8	6.8 - 260	260 - 510	510 - 5100	>5100
Fenantren (µg/kg)	<6.8	6.8 - 500	500 - 1200	1200 - 2300	>2300
Antracen (µg/kg)	<1.2	1.2 - 31	31 - 100	100 - 1000	>1000
Fluoranthen (µg/kg)	<8	8 - 170	170 - 1300	1300 - 2600	>2600
Pyren (µg/kg)	<5.2	5.2 - 280	280 - 2800	2800 - 5600	>5600
Benzo[a]antracen (µg/kg)	<3.6	3.6 - 60	60 - 90	90 - 900	>900
Chrysen (µg/kg)	<4.4	4.4 - 280	280 - 280	280 - 560	>560
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<46	46 - 240	240 - 490	490 - 4900	>4900
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)		<210	210 - 480	480 - 4800	>4800
Benzo(a)pyren (µg/kg)	<6	6 - 420	420 - 830	830 - 4200	>4200
Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<20	20 - 47	47 - 70	70 - 700	>700
Dibenzo[ah]antracen (µg/kg)	<12	12 - 590	590 - 1200	1200 - 12000	>12000
Benzo[ghi]perylen (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH16 <sup>1)</sup> (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	> 20000
<b>Andre organiske</b>					
PCB7 <sup>2)</sup> (µg/kg)	<5	5 - 17	17 - 190	190 - 1900	>1900
PCDD/F <sup>3)</sup> (TEQ) (µg/kg)	<0.01	0.01 - 0.03	0.03 - 0.10	0.10 - 0.50	>0.50
ΣDDT <sup>4)</sup> (µg/kg)	<0.5	0.5 - 20	20 - 490	490 - 4900	>4900

**Tabell 7.** Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter forts.

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 <sup>6)</sup> (µg/kg)		<1000	1000 - 2800	2800 - 5600	>5600
MCCP <sup>7)</sup> (µg/kg)		<4600	4600 - 27000	27000 - 54000	>54000
Pentaklorfenol (µg/kg)		<12	12 - 34	34 - 68	>68
Oktylfenol (µg/kg)		<3.3	3.3 - 7.3	7.3 - 36	>36
Nonylfenol (µg/kg)		<18	18 - 110	110 - 220	>220
Bisfenol A (µg/kg)		<11	11 - 79	79 - 790	>790
TBBPA <sup>8)</sup> (µg/kg)		<63	63 - 1100	1100 - 11000	>11000
PBDE <sup>9)</sup> (µg/kg)		<62	62 - 7800	7800 - 16000	>16000
HBCDD <sup>10)</sup> (µg/kg)	<0.3	0.3 - 86	86 - 310	310 - 610	>610
PFOS <sup>11)</sup> (µg/kg)	<0.17	0.17 - 220	220 - 630	630 - 3100	>3100
Diuron (µg/kg)		<0.71	0.71 - 6.4	6.4 - 13	>13
Irgarol (µg/kg)		<0.08	0.08 - 0.50	0.5 - 2.5	>2.5

Grenseverdier for TBT					
TBT <sup>12)</sup> (µg/kg) - effektbasert	<1	<0.002	0.002-0.016	0.016-0.032	>0.032
TBT <sup>12)</sup> (µg/kg) - forvaltningsmessig	<1	1-5	5 - 20	20 - 100	>100

- 1) PAH: Polysykliske aromatiske hydrokarboner
- 2) PCB: Polyklorete bifenyler
- 3) PCDD/F: Polyklorete dibenzodioksiner/furaner
- 4) DDT: Diklordifenyltriklorete. ΣDDT betegner sum av DDT og nedbrytningsproduktene DDE og DDD
- 5) HCB: Heksaklorbenzen
- 6) SCCP: Kortkjedede (C10-13) polyklorete paraffiner
- 7) MCCP: middelkjedede (C14-17) polyklorete paraffiner
- 8) TBBPA: Tetrabrombisfenol A
- 9) PBDE: Pentabromdifenyleter
- 10) HBCDD: Heksabromsyklododekan
- 11) PFOS: Perfluorert oktylsulfonat
- 12) TBT: Tributyltinn

**Tabell 8.** Tilstandsklasser for forurenset grunn. Konsentrasjoner i mg/kg ts (= 1000 µg/kg ts). Gjengitt fra SFT-veilederen Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (Hansen og Danielsberg 2009).

Tilstandsklasse/ Stoff	1	2	3	4	5
	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Arsen	< 8	8-20	20-50	50-600	600-1000
Bly	< 60	60 -100	100-300	300-700	700-2500
Kadmium	<1,5	1,5-10	10-15	15-30	30-1000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1000
Kobber	< 100	100-200	200-1000	1000-8500	8500-25000
Sink	<200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-25000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2800	2800-25000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1000
Nikkel	< 60	60- 135	135-200	200-1200	1200-2500
ΣPCB <sub>7</sub>	< 0,01	0,01-0,5	0,5-1	1-5	5-50
DDT	<0,04	0,04-4	4-12	12-30	30-50
ΣPAH <sub>16</sub>	<2	2-8	8-50	50-150	150-2500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1-0,5	0,5- 5	5 -15	15-100
Alifater C8-C10 <sup>1)</sup>	< 10	≤10	10-40	40-50	50-20000
Alifater > C10-C12 <sup>1)</sup>	< 30	30- 60	60-130	130-300	300-20000
Alifater > C12-C35	< 100	100-300	300-600	600-2000	2000-20000
DEHP	<2,8	2,8-25	25-40	40-60	60-5000
Dioksiner/furaner	<0.00001	0,00001- 0,00002	0,00002- 0,0001	0,0001- 0,00036	0,00036-0,015
Fenol	<0,1	0,1-4	4-40	40-400	400-25000
Benzen <sup>1)</sup>	<0,01	0,01-0,015	0,015-0,04	0,04-0,05	0,05-1000
Trikloretan	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-0,8	0,8-1000

1) For flyktige stoffer vil gass som eksponeringsvei gi lave grenseverdier for human helse. Dersom gass i bygg ikke er en relevant eksponeringsvei bør det utføres en stedsesifikk risikovurdering for å beregne stedsesifikke akseptkriterier.

**Tabell 9.** Analyseresultater og samlestatistikk for koliforme bakterier og *E. coli* samt siktedyp.

	SB1	SB2	SB3	SB4	SB5	SB6	SB7
<u>Koliforme bakt.</u>							
17.06.2010	411	488	387	435	345	>2400	461
20.07.2010	16	115	49	196	236	108	2400
27.07.2010	22	64	33	20	15	39	78
16.08.2010	138	194	62	99	86	131	214
21.09.2010	210	238	194	548	345	461	649
05.10.2010	172	687	345	345	579	548	548
Min	16	64	33	20	15	39	78
Maks	411	687	387	548	579	>2400	2400
Middel	162	298	178	274	268	715	725
Median	155	216	128	271	291	296	505
90-persentil	210	488	345	435	345	548	649
Std.avvik	146	241	157	204	203	1138	848
Antall, N	6	6	6	6	6	6	6
<u><i>E. coli</i></u>							
17.06.2010	35	25	6	14	13	41	18
20.07.2010	2	0	1	6	7	2	6
27.07.2010	5	15	3	2	2	3	10
16.08.2010	35	36	18	28	20	38	25
21.09.2010	20	39	13	26	22	17	30
05.10.2010	6	15	14	58	49	38	44
Min	2	0	1	2	2	2	6
Maks	35	39	18	58	49	41	44
Middel	17	22	9	22	19	23	22
Median	13	20	10	20	17	28	22
90-persentil	35	36	14	28	22	38	30
Std.avvik	15	15	7	20	17	18	14
Antall, N	6	6	6	6	6	6	6
<u>Siktedyp</u>							
16.08.2010	2.8	3.3	3.9	>2.6	>3.0	>2.5	>0.9
21.09.2010	>2.8	>2.7	>4.0	>2.5	>2.5	>1.8	>0.7
05.10.2010	3	>4.0	4.5	>2.8	>3.0	>2.4	>1.0

**Tabell 10.** Analyseresultater for løsemidler (BTEX) samt tørrstoff i sedimenter.

Stasjon	Tørrstoff %	Bensen mg/kg TS	Toluen mg/kg TS	Etylbensen mg/kg TS	m/p-Xylener mg/kg TS	o-Xylener mg/kg TS
SS1	73.1	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS2	67.1	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS4	47.6	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS5	54.3	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS6	40.6	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS7	54.4	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS8	49.0	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS9	43.8	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS10	34.6	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS11	37.9	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS12	22.9	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS13	21.4	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010
SS14	16.1	<0.0050	<0.10	<0.020	<0.020	<0.010

**Tabell 11.** Analyseresultater og samlestatistikk for tørrstoff (TTS), glødetap (TGT), arsen, kadmium, krom, kobber, jern og kvikksølv i sedimenter. Ved utregning av middelveirdi og standardavvik for kadmium er "mindre enn" verdier byttet ut mot verdier lik halve deteksjonsgrensene.

Stasjon	Dato	TTS		TGT		Arsen		Kadmium		Krom		Kobber		Jern		Kvikksølv	
		%	B 3	%	B 3	µg/g t.v.	E 9-5	µg/g t.v.	E 9-5	µg/g t.v.	E 9-5	µg/g t.v.	E 9-5	µg/g t.v.	E 9-5	µg/g t.v.	E 4-3
SS1	22.04.2010	77.4	3.5	2.0	<0.2	12.0	8.90	12600	0.015								
SS2	22.04.2010	63.0	6.5	2.0	<0.2	10.0	8.36	12500	0.092								
SS4	22.04.2010	50.0	10.5	5.0	0.5	24.6	23.4	20100	0.110								
SS5	22.04.2010	59.4	12.4	3.0	0.4	22.5	20.4	18400	0.100								
SS6	22.04.2010	59.7	7.5	3.0	0.2	13.6	11.1	14600	0.026								
SS7	22.04.2010	49.0	12.8	5.0	0.3	17.1	15.8	18800	0.045								
SS8	26.04.2010	48.3	10.9	2.0	0.4	19.3	19.7	19500	0.054								
SS9	26.04.2010	40.6	19.6	5.0	0.5	19.3	22.6	23900	0.058								
SS10	26.04.2010	34.9	18.5	5.0	0.6	22.0	26.2	25100	0.082								
SS11	26.04.2010	39.5	18.5	5.0	0.7	22.6	26.0	21100	0.083								
SS12	23.08.2010	17.6	16.5	5.0	0.6	21.4	26.0	34700	0.110								
SS13	23.08.2010	15.8	15.5	7.9	0.8	22.0	26.8	41900	0.090								
SS14	23.08.2010	12.8	17.8	9.1	0.8	19.7	25.4	45300	0.100								
Min		12.8	3.5	2.0	<0.2	10.0	11.1	12500	0.015								
Maks		77.4	19.6	9.1	0.8	24.6	26.8	45300	0.110								
Middel		43.7	13.1	4.5	0.5	18.9	22.1	23731	0.074								
Std.awik		19.6	5.2	2.2	0.2	4.5	5.0	10574	0.032								
Antall, N		13	13	13	13	13	11	13	13								

**Tabell 12.** Analyseresultater og samlestatistikk for tørrstoff (TTS), gjødetap (TGT), mangan, nikkel, bly, tinn og sink i sedimenter.

Stasjon	Dato	TTS		TGT	Mangan		Nikkel		Bly		Tinn		Sink	
		%	B 3		g/kg	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	µg/g t.v. E 9-5	
SS1	22.04.2010	77.4	3.5	3.5	217	16.2	7	<3	42					
SS2	22.04.2010	63.0	6.5	6.5	652	14.2	11	<3	49					
SS4	22.04.2010	50.0	10.5	10.5	664	30.4	22	<3	144					
SS5	22.04.2010	59.4	12.4	12.4	405	27.4	18	<3	115					
SS6	22.04.2010	59.7	7.5	7.5	634	19.4	9	<2	74					
SS7	22.04.2010	49.0	12.8	12.8	895	23.8	11	<3	91					
SS8	26.04.2010	48.3	10.9	10.9	633	27.1	15	<2	121					
SS9	26.04.2010	40.6	19.6	19.6	1440	28.3	17	<2	112					
SS10	26.04.2010	34.9	18.5	18.5	552	32.4	22	<2	131					
SS11	26.04.2010	39.5	18.5	18.5	832	31.9	48	<3	152					
SS12	23.08.2010	17.6	16.5	16.5	942	29.1	23	<3	136					
SS13	23.08.2010	15.8	15.5	15.5	6050	33.2	22	<3	155					
SS14	23.08.2010	12.8	17.8	17.8	2440	27.8	22	<2	144					
Min		12.8	3.5	3.5	217	14.2	7	<2	42					
Maks		77.4	19.6	19.6	6050	33.2	48	<3	155					
Middel		43.7	13.1	13.1	1258	26.2	19		113					
Std.avvik		19.6	5.2	5.2	1544	6.1	10		38					
Antall, N		13	13	13	13	13	13		13					

**Tabell 13.** Analyseresultater for PCB i sedimenter. Ved verdier lavere enn deteksjonsgrensa er halve deteksjonsgrensa brukt for beregning av sum PCB7, middelverdi etc. Kongenere som inngår i sum PCB7, er markert med fete typer.

Stasjon	PCB-28 µg/kg t.v.	PCB-52 µg/kg t.v.	PCB-101 µg/kg t.v.	PCB-105 µg/kg t.v.	PCB-118 µg/kg t.v.	PCB-138 µg/kg t.v.	PCB-153 µg/kg t.v.	PCB-156 µg/kg t.v.	PCB-180 µg/kg t.v.	PCB-209 µg/kg t.v.	Sum PCB7 µg/kg t.v.
SS1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.75
SS2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.01
SS4	<0.5	1.0	2.0	0.88	2.2	2.7	2.4	<0.5	1.00	<0.5	11.50
SS5	<0.5	0.69	1.5	0.75	1.8	2.1	1.7	<0.5	0.68	<0.5	8.72
SS6	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.75
SS7	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.51	<0.5	<0.5	<0.5	2.01
SS8	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.53	0.61	<0.5	<0.5	<0.5	2.64
SS9	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.50	0.62	0.63	<0.5	<0.5	<0.5	2.75
SS10	1.0	0.82	3.1	1.9	4.3	4.4	3.6	0.69	0.78	<0.5	18.00
SS11	<0.5	2.8	5.6	2.8	6.9	5.5	4.2	0.72	0.81	<0.5	26.06
SS12	<0.5	0.81	1.00	<0.5	1.1	1.1	1.1	<0.5	0.56	<0.5	5.92
SS13	<0.5	0.50	0.68	<0.5	0.72	0.90	0.83	<0.5	<0.5	<0.5	4.13
SS14	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	0.61	0.59	<0.5	<0.5	<0.5	2.72
Min											1.75
Maks											26.06
Middel											6.92
Std.avvik											7.51
Antall, N											13



**Tabell 14.** Konsentrasjoner av klorete hydrokarboner i sedimenter. Ved verdier lavere enn deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen benyttet for beregning av sum DDT, middelvei etc.

Stasjon	QCB µg/kg t.v.	HCB µg/kg t.v.	HCH-a µg/kg t.v.	HCH-g µg/kg t.v.	OCS µg/kg t.v.	4,4-DDE µg/kg t.v.	4,4-DDD µg/kg t.v.	4,4-DDT µg/kg t.v.	Sum DDT µg/kg t.v.
SS1	<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<2.0	1.8
SS2	<0.3	0.40	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	<2.0	2.3
SS4	0.50	0.69	<0.5	<0.5	<0.5	3.2	27	<2.0	31.2
SS5	0.39	1.50	<0.5	0.80	<0.5	6.9	54	9.4	70.3
SS6	<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	2.5	<1	<2.0	4.0
SS7	<0.3	0.34	<0.5	<0.5	<0.5	2.4	<1	<2.0	3.9
SS8	<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	2.3	1.1	<2.0	4.4
SS9	<0.3	0.54	<0.5	<0.5	<0.5	3.8	1.3	<2.0	6.1
SS10	<0.3	0.44	<0.5	<0.5	<0.5	3.2	2.8	<2.0	7.0
SS11	0.33	0.37	<0.5	<0.5	<0.5	2.6	5.3	<2.0	8.9
SS12	0.34	1.40	<0.5	<0.5	<0.5	1.0	1.5	<2.0	3.5
SS13	<0.3	0.39	<0.5	<0.5	<0.5	1.6	1.1	<2.0	3.7
SS14	<0.3	0.33	<0.5	<0.5	<0.5	0.87	<1	<2.0	2.4
Min	<0.3	<0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<1	<2.0	1.8
Maks	0.50	1.50	0.00	0.80	<0.5	6.9	54	<2.0	70.3
Middell									11.5
Std.avvik									19.3
Antall, N	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Kode	Forbindelse
QCB	Pentaklorbenzen
HCB	Heksalorbenzen
HCH-a	a-hexaklorcykloheksan
HCH-g	g-hexaklorcykloheksan
OCS	Oktaklorstyren

**Tabell 15.** Konsentrasjoner av oljeforbindelser (alifater) i sedimenter (F = fraksjon). Ved verdier av fraksjon >C12-C16 mindre enn deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen brukt for beregning av sum F>C12-C35. n.d. = ikke påvist (not detected).

Stasjon	F C5-C6 mg/kg TS	F >C6-C8 mg/kg TS	F >C8-C10 mg/kg TS	F >C10-C12 mg/kg TS	F >C12-C16 mg/kg TS	F >C16-C35 mg/kg TS	Sum F>C12-C35 mg/kg TS	C17/pristan	C18/tytan
SS1	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	58	60	n.d.	n.d.
SS2	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	36	38	n.d.	n.d.
SS4	<7.0	<7.0	<10	<2	4	186	190	n.d.	n.d.
SS5	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	200	202	n.d.	n.d.
SS6	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	465	467	n.d.	n.d.
SS7	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	104	106	n.d.	n.d.
SS8	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	179	181	n.d.	n.d.
SS9	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	200	202	n.d.	n.d.
SS10	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	210	212	n.d.	n.d.
SS11	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	76	78	n.d.	n.d.
SS12	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	31	33	n.d.	n.d.
SS13	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	40	42	n.d.	n.d.
SS14	<7.0	<7.0	<10	<2	<3	192	194	n.d.	n.d.
Min						31	33		
Maks	<7.0	<7.0	<10	<2	4.0	465	467	n.d.	n.d.
Middel						152	154		
St.avvik						118	118		
Antall, N	13	13	13	13	13	13	13	13	13

**Tabell 16.** Konsentrasjoner av polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter. Ved verdier mindre enn deteksjonsgrensen er halve deteksjonsgrensen brukt ved beregning av middelverdier etc. Forbindelser i fete typer inngår i sum PAH16, forbindelser i rødt inngår i sum KPAH.

Stasjon	NAP µg/kg t.v.	ACNLE µg/kg t.v.	ACNE µg/kg t.v.	FLE µg/kg t.v.	DBTHI µg/kg t.v.	PA µg/kg t.v.	ANT µg/kg t.v.	FLU µg/kg t.v.	PYR µg/kg t.v.	BAA µg/kg t.v.	CHR µg/kg t.v.
SS1	16	<2	4.2	4.3	2.6	44	6.7	72	61	54	64
SS2	77	10	<2	3.6	3.6	40	4.7	33	31	11	13
SS4	190	23	5.2	12	11	150	16	140	120	38	48
SS5	130	13	<2	5.5	7.2	110	9.2	100	85	22	33
SS6	7.1	<2	<2	2.6	<2	33	4.6	55	51	19	23
SS7	9.5	<2	<2	<2	<2	17	<2	15	11	3.2	7.1
SS8	15	2.4	<2	2.5	<2	26	2.7	28	24	9.4	16
SS9	14	2.1	<2	<2	<2	25	2.7	37	29	13	19
SS10	52	4.9	<2	3.7	3.5	56	4.9	71	55	22	31
SS11	230	17	2.2	6.8	8.4	130	13	170	130	60	79
SS12	150	26	4.7	8.8	5.9	100	12	98	86	23	35
SS13	44	9.1	<2	5.1	3.6	60	10	80	66	27	40
SS14	34	8.5	2.3	5.0	3.6	56	7.1	68	55	21	31

Stasjon	BBJF µg/kg t.v.	BKF µg/kg t.v.	BEP µg/kg t.v.	BAP µg/kg t.v.	PER µg/kg t.v.	ICDP µg/kg t.v.	DBA3A µg/kg t.v.	BGHIP µg/kg t.v.	SumPAH µg/kg t.v.	SumPAH16 µg/kg t.v.	SumKPAH µg/kg t.v.
SS1	91	39	62	60	27	38	15	38	700	608	377
SS2	25	9.2	17	15	5.4	12	2.7	10	324	298	165
SS4	84	32	60	43	18	43	8.3	49	1091	1002	486
SS5	61	22	44	28	11	32	5.9	36	756	694	334
SS6	33	11	19	14	15	13	2.5	11	317	282	123
SS7	13	3.5	9.4	3.9	13	6.5	<2	<7	122	98	48
SS8	27	8.2	20	11	21	12	2.7	12	242	200	101
SS9	31	9.8	21	12	18	14	2.8	12	265	225	116
SS10	56	19	38	27	18	26	5.3	26	520	461	238
SS11	130	49	89	74	21	61	13	65	1348	1230	696
SS12	64	22	49	32	54	34	6.7	42	853	744	367
SS13	69	23	49	34	450	35	6.9	40	1053	550	279
SS14	57	18	41	26	160	28	6.0	33	661	456	221
Min									122	98	48
Maks									1348	1230	696
Middel									635	527	273
St.avvik									379	330	181
Ant., N									13	13	13

**Tabell 17.** *Analysekoder for PAH-forbindelser.*

Kode	Forbindelse
ACNE	Acenaften
ACNLE	Acenaftylen
ANT	Antracen
BAA	Benzo(a)antracen
BAP	Benzo(a)pyren
BBJF	Benzo(b+j) fluoranten
BEP-B	Benzo(e)pyren
BGHIP	Benzo(ghi)perylen
BKF	Benzo(k)fluoranten
CHR	Chrysen
DBA3A	Dibenzo(a,c+a,h)antracen
DBTHI	Dibenzotiofen
FLE	Fluoren
FLU	Fluoranten
ICDP	Indeno(1,2,3cd)pyren
NAP	Naftalen
PA	Fenantren
PER	Perylen
PYR	Pyren
NAPC1	C1-naftalener
NAPC2	C2-naftalener
NAPC3	C3-naftalener
PAC1	C1-fenantrener
PAC2	C2-fenantrener
PAC3	C3-fenantrener
DBTC1	C1-dibenzothiofener
DBTC2	C2-dibenzothiofener
DBTC3	C3-dibenzothiofener

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 samfunsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • NO-0349 Oslo, Norway

Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00

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