

Overvåking av Årdalsfjorden i 2011



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 Overvåking av Årdalsfjorden i 2011	Løpenr. (for bestilling) 6185-2011	Dato 6.6.2011
	Prosjektnr. O-10425	Sider 59
Forfatter(e) Sigurd Øxnevad Bjørnar Beylich Eivind Oug Ian Allan	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA
Marijana Brkljacic Gunhild Borgersen		

Oppdragsgiver(e) Hydro Aluminium Årdal	Oppdragsreferanse Hanne Hoel Pedersen
---	--

Sammendrag

Overvåkingen av Årdalsfjorden ble gjennomført i januar til mars 2011 og omfattet undersøkelser av miljøgifter i sedimenter, blæretang, o-skjell, utsatte blåskjell, passive prøvetakere i vann, og økologisk status i bunnsedimentet. Sedimentene i Årdalsfjorden hadde lavere innhold av PAH enn ved forrige undersøkelse i 2001, men konsentrasjonene er fremdeles høye. Analyser av o-skjell viste at disse var *markert* til *sterkt* forurenset av PAH. Skjellene fra de indre stasjonene hadde lavere konsentrasjon av PAH enn i 2000 og 2006, mens o-skjell fra de ytre stasjonene hadde noe høyere konsentrasjon av PAH enn ved forrige undersøkelse. O-skjellene hadde også forhøyet innhold av kadmium, sink og bly. Det ble bare funnet lave konsentrasjoner av metaller i vann, mens det ble observert økende konsentrasjoner av PAH i vannmassene fra de ytre mot de innerste stasjonene (3,5 gangers forskjell). Metallinnholdet i blæretangen var generelt lavt, bortsett fra for kobber hvor konsentrasjonen var forhøyet. Bløtbunnsfauna ble undersøkt på to stasjoner i og nærheten av det mest forurensete området. Vurdert etter Vanddirektivets kriterier, kan tilstanden på lokalitetene karakteriseres som henholdsvis *moderat* og *svært god*, men artssammensetningen indikerte at bunnfaunaen fortsatt var påvirket av forurensningene. På begge stasjonene var tilstanden klart bedret i forhold til tidligere undersøkelser.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Årdalsfjorden	1. The Årdalsfjord
2. PAH	2. PAH
3. Overvåking	3. Monitoring
4. Hydro Aluminium	4. Hydro Aluminium



Sigurd Øxnevad
Prosjektleder



Torgeir Bakke
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Overvåking av Årdalsfjorden i 2011

Forord

NIVA har på oppdrag for Hydro Aluminium Årdal gjennomført undersøkelser i den indre delen av Årdalsfjorden. Innsamling av o-skjell ble foretatt av Sogndal Dykkerklubb. Feltarbeidet ble ellers gjennomført av Bjørnar Beylich og Sigurd Øxnevad. Beredskapsleder ved Hydro Aluminium Årdal, Inge Steinheim, var behjelpelig med lån av båt med båtførere. Peter Hovgaard var skipper på båten "Knut" som ble brukt til innsamling av sedimentprøver og fotografering med SPI-kamera. Sortering og identifisering av bunndyrprøver ble utført av Marijana Brkljacic og Gunhild Borgersen. Rapporten er utarbeidet av Sigurd Øxnevad, Bjørnar Beylich, Eivind Oug og Ian Allan. Merete Schøyen og Morten Schaanning har kvalitetssikret rapporten. Kontaktperson hos Hydro Aluminium Årdal har vært Hanne Hoel Pedersen. Alle takkes for innsatsen.

Oslo, 6. juni 2011.

Sigurd Øxnevad

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	10
1.1 Bakgrunn	10
2. Materiale og metoder	11
2.1 Prøvetakingsstrategi	11
2.2 Prøvetaking	12
2.2.1 O-skjell	12
2.2.2 Blæretang	12
2.2.3 Passive prøvetakere og utsatte blåskjell	12
Beregning av vannkonsentrasjoner fra passive prøvetakere	13
Sedimentprøver	13
2.2.4 Bløtbunnsfauna	13
2.2.5 Sedimentprofilfotografering	15
2.3 Analysemetoder	17
2.4 Bedømming av miljøtilstand	18
2.4.1 Klifs klassifiseringssystem	18
2.4.2 Vanddirektivets klassifisering av økologisk tilstand på basis av bløtbunnsfauna	20
2.4.3 Bedømming av miljøtilstand fra SPI-bilder	21
3. Resultater	22
3.1 Miljøgifter i sedimenter	22
3.1.1 PAH	22
3.1.2 Metaller	23
3.2 Miljøgifter i blæretang	24
3.3 Miljøgifter i o-skjell	24
3.3.1 Metaller	24
3.3.2 PAH	25
3.4 Miljøgifter i utsatte blåskjell	27
3.4.1 Metaller	27
3.4.2 PAH	28
3.5 Miljøgifter i vann – målt med passive prøvetakere	28
3.6 Bløtbunnsfauna	30
3.6.1 Klassifisering av økologisk tilstand	30
3.6.2 Artssammensetning i bunnfaunaen	30
3.6.3 Forandring i tilstanden over tid	31
3.7 Sedimentprofilfotografering	33
3.7.1 Sedimentforhold og miljøtilstand	33
3.7.2 Sammenligning med bunnfauna	34
4. Referanser	37
5. Vedlegg	39
5.1 Analyseresultater for sedimenter	39
5.2 Analyseresultater for blæretang	45
5.3 Analyseresultater for o-skjell	46

5.4 Analyseresultater for passive prøvetakere	50
5.5 Analyseresultater for utsatte blåskjell	55
5.6 Oversikt over komplett bunnfauna	59

Sammendrag

Årdalsfjorden har lenge vært sterkt forurenset av utslipp fra den lokale industrien. Hovedproblemet i fjorden er høye konsentrasjoner av PAH. Denne rapporten omhandler overvåking av miljøtilstanden i den indre delen av Årdalsfjorden og er utarbeidet på oppdrag fra Hydro Aluminium Årdal.

Hovedformålene med undersøkelsen har vært:

- å gi en oppdatert miljøstatus for Årdalsfjorden
- å belyse økologiske effekter av forurensningen i det nære sjøområdet til bedriften
- å gi grunnlag for å påvise mulige endringer i miljøstatus for fjordområdet

Overvåkingen foregikk i januar til mars 2011 og omfattet undersøkelser av miljøgifter i sedimenter, blæretang, o-skjell, utsatte blåskjell, passive prøvetakere i vann, og økologisk status i bunnsedimentene.

Overordnet konklusjon

Undersøkelsen viser at området i den indre delen av Årdalsfjorden er sterkt belastet av PAH, men at det har skjedd en bedring siden 2001. Sedimentene på den indre stasjonen var signifikant mindre forurenset av PAH enn ved undersøkelsen i 2001. O-skjell fra området var markert til sterkt forurenset av PAH. Her hadde skjell samlet nær bedriftsområdet lavere verdier enn i 2006, mens de samlet noe lengre ut i fjorden hadde noe høyere verdier. Bløtbunnsfauna ble undersøkt på to stasjoner i indre deler av fjorden i det området som tidligere er påvist å være sterkt belastet. Vurdert etter Vanndirektivets kriterier kan tilstanden på lokalitetene karakteriseres som henholdsvis *moderat* og *svært god*, men artssammensetningen indikerte at bunnfaunaen fortsatt var påvirket av forurensning. På begge stasjonene var tilstanden klart bedret i forhold til tidligere undersøkelser.

Metallinnholdet i blæretang var generelt lavt, men noe forhøyet for kobber.

Delkonklusjoner

Miljøgifter i sediment

Miljøtilstanden i sedimentene var svært dårlig (klasse V) med hensyn på PAH, og de innerste stasjonene var sterkest belastet. Konsentrasjonene av PAH i sediment fra den innerste stasjonen var signifikant lavere enn i 2001. Forskjellen kan skyldes reduksjon i utslipp av PAH. Sedimentet hadde også forhøyede konsentrasjoner av nikkel (moderat, klasse III) og kobber (dårlig, klasse IV). Det var ikke forhøyede konsentrasjoner av kadmium, kvikksølv eller bly. De indre stasjonene hadde noe høyere konsentrasjoner enn den ytre stasjonen (Å8).

Miljøgifter i blæretang

Det var generelt lave konsentrasjoner av metaller i tangprøvene. Tangen samlet inn fra stasjon G1, G2, G3 og G4 var markert forurenset (klasse III) av kobber. De ytre stasjonene var moderat forurenset (klasse II) av kobber. Tangen samlet inn fra stasjon G5 var moderat forurenset av bly. De andre prøvene var ubetydelig-lite forurenset (klasse I) til moderat forurenset (klasse II).

Miljøgifter i o-skjell

O-skjellene var markert forurenset (klasse III) til sterkt forurenset (klasse IV) av kadmium og sink. O-skjellene fra stasjon G2 og G6 var mest forurenset av sink, og o-skjellene fra stasjon G2, G3 og G6 hadde høyest konsentrasjoner av kadmium. O-skjellene fra stasjon G2 og G6 var markert forurenset (klasse III) av bly. For de øvrige metallene var o-skjellene ubetydelig-lite forurenset (klasse I) eller moderat forurenset (klasse II). O-skjellene var markert til sterkt forurenset (klasse III og IV) av PAH-16. O-skjellene fra alle stasjonene var meget sterkt forurenset av KPAH, og var sterk til meget sterkt forurenset av enkeltforbindelsen benzo[a]pyren.

Miljøgifter i utsatte blåskjell

Blåskjellene som var satt ut på de tre stasjonene ble i løpet av de seks ukene markert forurenset (klasse III) av PAH-16, sterkt til meget sterkt forurenset av potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) og markert til meget sterkt forurenset av benzo[a]pyren. Blåskjellene som var satt ut på den innerste stasjonen var mest forurenset av PAH.

PAH og metaller i vann målt med passive prøvetakere

Vannmassemålinger med passive prøvetakere (DGT og SPMD) fanger opp den tidsintegrerte, løste fraksjonen av henholdsvis metaller og PAH. Det eksisterer imidlertid ikke miljømessige grenseverdier for den løste fraksjonen slik at man ikke kan beregne miljøtilstandsklasser. Det er derfor vanskelig å sammenligne konsentrasjoner målt med passive prøvetakere mot etablerte grenseverdier for vannmassene, men sammenligninger mellom stasjonene er vanligvis meget god. Konsentrasjonene av PAH var høyere på den innerste stasjonen enn på stasjon G5 lenger ut. Konsentrasjonene var i gjennomsnitt 3,5 ganger høyere på stasjon G1 enn ved G5. Konsentrasjonene av antracen fra passive prøvetakere fra begge stasjonene var mer enn 100 ganger lavere enn grenseverdien i Vanndirektivet. Det er derfor sannsynlig at de totale vannkonsentrasjonene (løst pluss partikulært) også var lavere enn grenseverdien. For benzo[a]pyren var grenseverdien ca. 20 ganger høyere enn konsentrasjonen fra stasjon G1 og samt at konsentrasjonen av benzo(ghi)perylene målt på stasjon G1 faktisk var høyere enn Vanndirektivets grenseverdi for denne forbindelsen. Det er derfor sannsynlig at for de to sistnevnte forbindelsene var konsentrasjonene i Årdalsfjorden høyere enn Vanndirektivets grenseverdi.

Det ble bare funnet lave konsentrasjoner av metaller i de passive prøvetakerne.

Økologisk status i sedimentene

Bløtbunnsfauna ble undersøkt på to stasjoner i indre Årdalsfjord som begge har inngått i tidligere undersøkelser. På den innerste stasjonen, som ligger i et område som var uten dyreliv i 1983, men hadde fauna tilstede i 2000, ble det påvist forholdsvis lavt antall arter og lav individtetthet. På den andre stasjonen, noe lengre ut i fjorden var det normale artstall og individtettheter. På begge stasjonene var hovedgrupper som krepsdyr og pigghuder, som omfatter mange arter som er sensitive for forurensning, dårlig representert. Enkelte av artene som dominerte i prøvene har høye toleranser for miljøpåvirkninger og forekommer ofte i forurensede sediment. På basis av systemet for klassifisering av miljøtilstand i vann som er under utvikling for Vanndirektivet, karakteriseres den økologiske tilstanden som "moderat" på den innerste stasjonen og som "svært god" på den ytre stasjonen. Sammensetningen av arter og hovedgrupper i faunaen indikerte imidlertid at bunnfaunaen fortsatt var påvirket av forurensningene. Sammenlignet med undersøkelser i 1989 og 2000 var tilstanden bedre på begge stasjonene. Det ser derfor ut til at det tidligere sterkt forurensede området fortsatt er i en gradvis, men langsom utvikling mot bedre tilstand.

Ved hjelp av SPI-fotografering ble samtlige ni undersøkte stasjoner klassifisert til tilstandsklasse 3-4 (mindre god – dårlig). Det ble observert lite dyr og gravespor etter dyr i sedimentene ved samtlige stasjoner.

Summary

Title: Environmental monitoring of the Årdalsfjord, W Norway in 2011.

Year: 2011

Authors: Sigurd Øxnevad, Bjørnar Beylich, Eivind Oug, Ian Allan, Marijana Brkljacic, Gunhild Borgersen.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5920-9

This report has been produced by NIVA on request from Hydro Aluminium Årdal. The purpose of the work was to monitor the levels of contaminants in sediment, bladder wrack, horse mussel, blue mussel and passive samplers in water. Ecological status of the bottom sediment was monitored by investigating soft bottom fauna.

The main objectives were to:

- provide updated information about the environment in the inner Årdalsfjord
- describe ecological effects of the contamination in the inner Årdalsfjord
- provide data to detect changes of the environmental status of the inner Årdalsfjord

Main conclusions:

The investigation shows that the inner Årdalsfjord is heavily affected by PAHs. The sediments from the inner station were significantly less polluted by PAHs than in 2001. The samples of horse mussel were markedly to very polluted by PAHs. The blue mussel that had been deployed on three stations became markedly polluted by PAH-16 and very to extremely polluted by KPAH. Soft bottom fauna was investigated on two stations. The composition of species and main groups of the fauna indicate that the situation was not satisfactory. However, compared to investigations in 1998 and 2001 the situation was better on both stations.

Additional conclusions:

Contaminants in the sediment

The sediment was classified as very bad (Class V) with respect to PAHs. The concentrations of PAHs in sediment samples from the innermost station were significantly lower than in 2001. Lower discharges of PAHs might be the reason for this reduction. The sediment also had elevated concentrations of nickel and copper.

Contaminants in bladder wrack

The samples of bladder wrack had generally low concentrations of metals. The bladder wrack from the inner stations was markedly polluted by copper. Bladder wrack from station G5 was markedly polluted by lead.

Contaminants in horse mussel

The samples of horse mussel were markedly to very polluted by cadmium and zinc. The samples of horse mussel were markedly to severely polluted by PAH-16. The horse mussels from all stations were extremely polluted by carcinogenic PAHs (KPAH), and were also severely to extremely polluted by benzo[a]pyren.

PAHs in blue mussel

The blue mussels that had been deployed at three stations became markedly polluted by PAH-16, severely to extremely polluted by KPAHs, and markedly to extremely polluted by benzo[a]pyrene. The mussel sample from the innermost station became most polluted by PAHs.

PAHs and metals in overlying water masses

Passive samplers measure concentrations of contaminants in the dissolved phase while EQS values are based on total water samples. It is therefore difficult without further modelling of whole water concentrations to directly compare these values for the very hydrophobic compounds. PAH concentrations were higher for station G1 when compared with station G5. This is expected since station G1 is closest to the industrial plant. Concentrations of PAHs were higher by a factor of 3.5 on average. Only low concentrations of metals were found in the passive samplers.

The soft bottom fauna

Soft bottom fauna was investigated on two stations in the Årdalsfjord. The composition of species and main groups of the fauna indicate that the situation was not satisfactory. When compared to an investigation from 2001, the situation was better on both stations. It seems that there is a gradual improvement towards a better situation in the sediment. Nine stations were investigated by SPI-camera, and were found to be in Class 3-4 (moderate to poor).

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Årdalsfjorden er forurenset av avløpsvann fra Hydro Aluminium Årdal. Hovedproblemet i fjorden er høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Utslippene har blitt betydelig redusert de siste 15-20 årene på grunn av rens tiltak og innføring av endrede produksjonsprosesser. I Massefabrikken ble produksjonen av Søderbergmasse stanset våren 2007, og sporadisk produksjon av kragemasse ble stanset våren 2009. I Anodefabrikken ble et RTO-anlegg startet i 2004, ombygget i 2005/2007 og var i full drift fra 2007. Ovn 2 i Anodefabrikken ble stoppet i 2009. Disse tiltakene har resultert i reduserte utslipp av PAH til sjø og luft. Det er planer om ytterligere tiltak for reduksjon av utlipp fra høsten 2011.

Mattilsynet har innført kostholdsråd for området, og det frarådes å spise skjell fra Årdalsfjorden innenfor en linje mellom Bermål og Asalneset.

Årdalsfjorden har vært systematisk overvåket siden 1983 (Baalsrud m.fl. 1986, Næs og Rygg 1999, Knutzen 1991, Berglind og Knutzen 1992, Knutzen 1995, Næs m.fl. 2001, Schøyen og Næs 2008, Golmen og Dæ 2009). Denne undersøkelsen skal gi en oppdatering av miljøtilstanden i den indre delen av Årdalsfjorden.

2. Materiale og metoder

2.1 Prøvetakingsstrategi

Denne undersøkelsen har som mål å beskrive generell miljøtilstand i den indre delen av Årdalsfjorden og å påvise utvikling i belastning over tid. Miljøtilstand belyses vanligvis ved å analysere miljøgifter i bunnsedimenter og i fastsittende organismer. I tillegg til innsamling av prøver av sedimenter fra dypområdene, og fastsittende skjell og tang fra strandsonene ble det i denne undersøkelsen også utplassert bur med rene blåskjell og passive prøvetakere for å få bedre data på nivået av miljøgifter i de øvre vannmassene. Passive prøvetakere er små enheter som plasseres ut i vann for å fange opp kjemiske forbindelser. Mens tradisjonelle vannprøver gir konsentrasjonen i vannet i det øyeblikket prøven tas, gir passive prøvetakere en konsentrasjon som er integrert over en viss tid. Prøvetakerne fanger opp de kjemiske stoffene på samme måte som levende organismer, dvs. ved diffusjon av løste forbindelser gjennom en semipermeabel membran, og er derfor antatt å gi et mer representativt mål for miljøpåvirkningen på organismen.

Ved vurdering av generell miljøtilstand er det vanlig å fordele prøvetakingspunktene over hele det aktuelle fjordområdet. For å påvise utvikling i belastning over tid er det imidlertid nødvendig å konsentrere prøvetakingen til noen få faste prøvepunkter og analysere flere parallelle prøver fra hvert punkt. Hensikten med parallelle prøver er å få et mål på naturlig variasjon.

Det kan være betydelig naturlig variasjon i konsentrasjoner i overvåkingsorganismene. Dette gjelder både innenfor en gitt lokalitet og til forskjellig tidspunkt i løpet av et år. Blåskjell reagerer forholdsvis fort på endringer i PAH i miljøet. Blåskjell når generelt likevekt med PAH i omgivelsene i løpet av 2-4 uker. Tidspunkt for feltinnsamling kan være viktig for noen prøver. For skjell er mye av den naturlige variasjonen i konsentrasjoner knyttet til gyting. Skjell bør derfor samles inn om høsten eller vinteren. Innsamling av prøver av bunnsedimenter for kjemisk og biologisk analyse kan foregå hele året.

Undersøkelser av dyrelivet på bløtbunn benyttes rutinemessig for å karakterisere miljøtilstand og overvåke endringer i tilstanden i kyst- og fjordområder. Karakterisering av tilstanden gjøres på basis av en samlet vurdering av artsrikhet, antall individer og egenskaper hos de viktigste artene. Ved overvåking av industriresipienter gjøres det fortrinnsvis undersøkelser på faste lokaliteter med jevne mellom for å karakterisere endringer over tid eller etter reduksjon av utslipp. En ulempe i områder med sammensatte miljøproblemer, som for eksempel der det er utslipp både fra industri og av kommunalt avløpsvann, er at faunaen responderer på de samlede påvirkningene. Dette kan gjøre det vanskelig å påvise virkningene av de enkelte påvirkningsfaktorene. Ofte er valg av stasjoner og prøvetakingen i felt derfor koordinert med undersøkelsene av miljøgifter i sedimentene for å få sikre et best mulig forhold mellom fauna og påvirkningsfaktorer. I Årdalsfjorden har det vært tatt prøver av bunndyr og sedimenter siden 1983. Undersøkelser av dyrelivet på bløtbunn er et sentralt kvalitetselement i Vanndirektivet. I denne undersøkelsen er det benyttet et system for klassifisering av miljøtilstand som er under utvikling for Vanndirektivet og som benytter indekser for artsmangfold i bløtbunnsfauna som kvalitetselement (Veileder 01:2009). Systemet har lignende struktur som Klifs system for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann (Molvær m.fl. 1997), som tidligere ble benyttet i resipientovervåking, men omfatter flere indekser. Noen av indeksene tar også hensyn til arters følsomhet for forurensninger.

I tillegg til prøvene av bunnfauna ble det foretatt en undersøkelse av bunnsedimentene ved sedimentprofilfotografering. Ved denne teknikken beregnes en egen indeks (BHQ) for tilstand basert på en vurdering av redoksforholdene og biologisk aktivitet i sedimentene. En vesentlig fordel ved denne teknikken er at mange prøvepunkter kan undersøkes på kort tid. Teknikken brukes som et supplement til prøvene av bunndyr og er spesielt egnet til å kartlegge gradienter i områder omkring lokale påvirkninger.

2.2 Prøvetaking

O-skjell ble samlet inn 16. januar og resten av feltarbeidet ble gjennomført 25. til 27. januar og 7. mars.

2.2.1 O-skjell

O-skjell ble samlet inn fra stasjonene G1, G2, G4, G5 og G6 (figur 5) ved hjelp av dykkere fra Sogndal Dykkerklubb. Det ble laget blandprøver av 10 o-skjell fra hver stasjon. O-skjellene ble analysert for tørrstoff, PAH, arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb), sink (Zn), kobolt (Co), molybden (Mo) og vanadium (V).

2.2.2 Blæretang

Prøver av blæretang ble samlet inn fra stasjonene G1, G2, G3, G4, G5, G6 og G7 (figur 5). Det ble samlet inn skuddspisser for siste årsvekst fra ca 10 planter på hver stasjon. Prøvene av blæretang ble analysert for tørrstoff, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Mo og V.

2.2.3 Passive prøvetakere og utsatte blåskjell

Det ble plassert ut passive prøvetakere og rene blåskjell på stasjon G1, G4 og G5 (figur 1 og figur 5). De passive prøvetakerne som ble brukt var SPMD'er (Semi Permeable Membrane Devices) og DGT'er (Diffusive Gradients in Thin films). Det ble også plassert ut bur med blåskjell sammen med de passive prøvetakerne. Blåskjellene som ble brukt var levert fra Åfjord Skjell AS, 7170 Åfjord. De passive prøvetakerne og blåskjellene ble plassert 2-3 meter under vannoverflaten, i tau fra moring til overflatebøye. Passive prøvetakere og blåskjell ble stående ute fra 25. januar til 7. mars. SPMD'ene ble analysert for PAH og DGT'ene ble analysert for Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb og Zn. Blåskjellene ble analysert for tørrstoff, PAH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Mo og V. Det ble analysert på blandprøver av 50 blåskjell fra hver stasjon. I tillegg ble det også analysert en prøve av blåskjell (kontrollprøve) som kun var fryst ned etter at de var kjøpt inn.



Figur 1. Passive prøvetakere og blåskjell ble plassert ut på stasjonene G1, G4 og G5.

Riggen med passive prøvetakere og bur med blåskjell ved stasjon G4 hadde flyttet på seg i løpet av de seks ukene, og ble funnet nærmere strandkanten. Ved fjære sjø kan buret med passive prøvetakere ha blitt liggende tørt. Analysen av PRC'er (Performance Reference Compounds) indikerte at dette hadde påvirket opptaket av PAH i SPMD'en på denne stasjonen. Målingene er vist i vedlegg 6.5, men resultatene anses upålitelige og er derfor ikke inkludert her.

DGT'en fra stasjon G1 gikk tapt da utstyret skulle tas opp i båten. Det er dermed ikke resultater for metaller i DGT'er for denne stasjonen.

Beregning av vannkonsentrasjoner fra passive prøvetakere

DGT'ene fanger opp den ioniske formen av metaller i opptakslaget gjennom en chlanterende gel. Før analysene ekstraheres gelen med HNO₃. Ut fra vanntemperaturen i eksponeringsperioden og opptaksrater beregnes gjennomsnittkonsentrasjonen i vannmassene. SPMD'er består av tynne plastremser fylt med ca. 1 g fett som anger opp den fritt løste fraksjonen av lipofile forbindelser i vann. Prøvetakerne ble holdt frosne før og etter eksponering. Før eksponering ble prøvene tilsatt PRC'er. Disse lekker ut fra SPMD'ene under eksponeringen og brukes til å estimere mengden av vann ekstrahert under eksponeringen (liter/døgn) som igjen er nødvendig for å beregne vannkonsentrasjonen i eksponeringsperioden. En kontrollprøve ble brukt for å vurdere startkonsentrasjonen av PRC og potensiell forurensing av prøvetakerne.

Signifikant nedgang av flere PRCer gjorde det mulig å kvantifisere ekstraksjonsfrekvens (sampling rate) (tabell 1) og dermed konsentrasjoner av løst PAH i vann.

Tabell 1. Ekstraksjonsfrekvens (samling rate) for 5 PRCer.

	Prøvetakingshastighet (sampling rate), R_s for PRC (l/d)		
	G1	G4	G5
ACE-d10	3.7	-	4.0
FLE-d10	5.6	-	6.4
PHE-d10	5.8	-	8.0
CHRY-d12	-	-	-
BeP-d10	-	-	-

Sedimentprøver

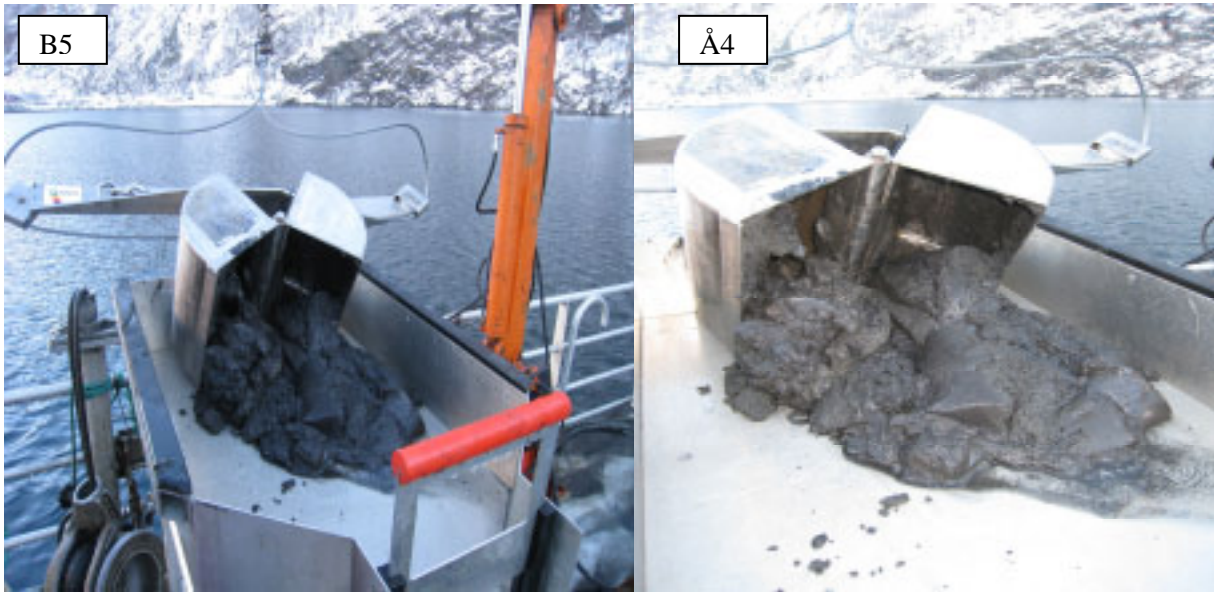
Det ble tatt sedimentprøver for kjemiske analyser på stasjon Å4, Å8 og B4 (figur 5). Det ble tatt fem parallelle prøver av sediment på stasjon Å4 og Å8, og en prøve fra stasjon B4. Sedimentprøver av de øvre 0-2 cm ble tatt ved hjelp av en van Veen grabb. Sedimentprøvene ble analysert for tørrstoff, kornfordeling <63 µm, total organisk karbon (TOC), PAH, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Co, Mo og V.

2.2.4 Bløtbunnsfauna

Prøver av bløtbunnsfauna ble tatt fra to stasjoner, B5 og Å4 (figur 5). På hver stasjon ble det tatt fire parallelle grabbhugg med 0,1 m² van Veen bunngrabb. Sedimentfanget i hvert grabbhugg ble siktet på 5 mm og 1 mm sikter for fjerning av finmateriale. Sikterestene ble fiksert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning og brakt til laboratorium for videre sortering og artsbestemmelse. I alle prøvene ble sedimentet inspisert for lukt, farge, sjiktning og visuelle objekter. Opplysninger om prøvetakingen og visuelle observasjoner er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Data for prøvetakingen av bunnfauna 26. januar 2011. Se også fotografi, Figur 2.

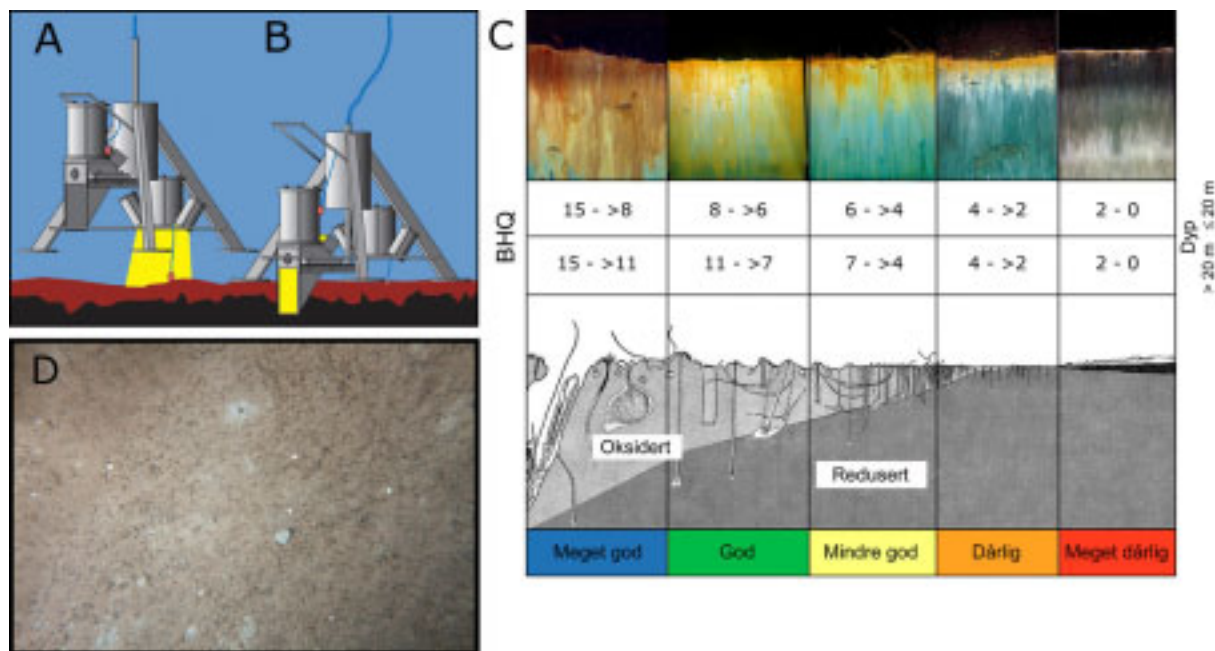
Stasjon	Dyp (m)	Antall prøver	Visuelle observasjoner
B5	100	4	Fylningsgrad i grabb 1:1 (18 liter), alle prøver like. Svart finkornet sediment. Ingen lukt.
Å4	136	4	Fylningsgrad i grabb 1:1 (18 liter), alle prøver like. Grått finkornet sediment. Ingen lukt.



Figur 2. Grabbprøver fra stasjon B5 og Å4 i Årdalsfjorden.

2.2.5 Sedimentprofilfotografering

Sedimentprofilfotografering (SPI) er en rask metode for visuell kartlegging og klassifisering av sediment og bløtbunnfauna. Teknikken kan sammenlignes med et omvendt periskop som ser horisontalt inn i de øverste dm av sedimentet. Bildet som blir 17,3 cm bredt og 26 cm høyt, tas nede i sedimentet uten å forstyrre strukturer i sedimentet. Et digitalt kamera med blits er montert i et vanntett hus på en rigg med tre ben (figur 3, figur 4). Denne senkes ned til sedimentoverflaten slik at en vertikal glassplate presses ca. 20 cm ned i sedimentet. Bildet tas gjennom glassplaten via et skråstilt speil som til sammen utgjør et prisme. Resultatet er digitale fotografier med detaljer både av strukturer og farger av overflatesedimentet. På riggen er det montert et overflatekamera som tar et bilde ($\approx 1/4\text{m}^2$) av sedimentoverflaten rett før riggen når sedimentoverflaten.



Figur 3. Prinsippskisse for SPI-kamera og bildeanalyse. (A) Rigg over bunnen. Gult antyder at bilde av overflaten tas. (B) Kamera med prismet som har trengt ned i sedimentet og SPI bildet eksponeres. (C) Figuren viser en modell av endringer i faunatype fra upåvirkede bunnsedimenter med en rik, dyptgravende fauna (meget god) til en grunnlevende, fattig fauna i påvirkede områder (meget dårlig). Sedimentprofilbildet er vist i toppen av figuren, der brunt farget sediment indikerer oksidert, bioturbert sediment mens sortfarget sediment indikerer reduserte forhold. Grenseverdier for BHQ-miljøkvalitetsindeks for vanddyb ≤ 20 meter og > 20 m i henhold til EUs Vanddirektiv for marine sedimenter (Pearson & Rosenberg 1978, Nilsson & Rosenberg 1997, Rosenberg m. fl. 2004 er vist). (D) Eksempel av et overflatebilde med strukturer og børstmarkrør synlig.

SPI-bilder ble tatt på i alt ni stasjoner i fjorden (Figur 5). Innerst i fjorden var stasjonene plassert i to tversgående transekter (A og B) hvor det tidligere har vært foretatt undersøkelser av bunnfauna. I tillegg ble stasjon Å4 og Å8 undersøkt. Stasjonene på A- og B-transektene ble fotografert med sikte på å spore eventuelle gradienter i forurensningspåvirkning, mens Å4 og Å8 ble tatt som supplement til undersøkelsene av bunnfauna og miljøgifter.



Figur 4. Bilde av rigg med SPI-kamera.



Figur 5. Kart over prøvetakingsstasjonene i Årdalsfjorden. Det ble tatt sedimentprøver for kjemiske analyser på stasjon Å4, Å8 og B4. Prøver av bløtbunnsfauna ble tatt fra stasjonene B5 og Å4. SPI-bilder ble tatt på stasjonene A1, A3, A5, A6, B2, B4, B5, B6 og Å8SPI. Det ble plassert ut passive prøvetakere og rene blåskjell på stasjonene G1, G4 og G5. Prøver av blæretang ble samlet inn fra stasjonene G1, G2, G3, G4, G5, G6 og G7. O-skjell ble samlet inn fra stasjonene G1, G2, G4, G5 og G6.

2.3 Analysemetoder

De kjemiske analysene ble gjennomført av NIVAs laboratorium. Instituttets laboratorium er akkreditert i henhold til den internasjonale standarden NS-EN ISO/IEC 17025. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriets kompetanse og blir jevnlig kvalitetssikret gjennom årlige assessorbesøk og internasjonal SLP deltakelse. Kvalitetssystemet tilfredstiller også kravene i NS-EN ISO 9001.

Bestemmelse av prosentandel <math><63 \mu\text{m}</math> er gjort ved våtsikting. Analyser av TOC er gjort med en CHN-analysator etter at karbonater er fjernet i syredamp. Kvikksølv er bestemt med gullfelle og kalddamp atomabsorpsjon. Øvrige metaller er bestemt etter oppslutning ved autoklaving med salpetersyre og analyse ved hjelp av atomabsorpsjon og grafittovn.

Ved bestemmelse av PAH tilsettes prøvene deuterte indre standarder og ekstraheres i Soxhlet med diklormetan. Etter opprensing og oppkonsentrering kvantifiseres PAH-forbindelsene ved hjelp av interne standarder og GC med MS-detektor. Måleusikkerheten er generelt 10-20 %, men kan være høyere for enkelte forbindelser. Betegnelsen sum PAH senere i rapporten inkluderer summen av tetra- til heksasykliske forbindelser.

DGT er en passiv prøvetaker som samler opp ioner fra vann. Prøvene analyseres med massespektrometri (ICP-MS). SPMD er en membran som fanger opp organiske forbindelser. SPMDene var tilsatt PRC-forbindelser (Performance Reference Compounds). Dette gir vesentlig bedre tilbakeberegning til vannkonsentrasjoner sammenlignet med SPMD'er uten PRC. Membranen ekstraheres og etter opprensing analyseres ekstraktet med gasskromatografi-massespektrometri (GC-MS).

I laboratoriet ble prøvene av bløtbunnsfauna håndsortert med bruk av lupe. Alle dyr ble identifisert og tallet, og overført til 70 % etanol for oppbevaring. Identifiseringen ble i hovedsak utført til artsnivå.

2.4 Bedømming av miljøtilstand

2.4.1 Klifs klassifiseringssystem

Klif har fastsatt kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i blant annet blåskjell og blæretang som vist i tabell 3. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra lite/ ubetydelig forurenset (klasse I) til meget sterkt forurenset (klasse V) for innhold av forurensende stoffer.

Tabell 3. Klifs klassifisering av miljøtilstand ut fra innhold av metaller og polysykliske aromatiske forbindelser (PAH) i blåskjell og blæretang (Molvær m.fl. 1997).

Arter/ vev	Parametere	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		<i>Ubetydelig – Lite forurenset</i>	<i>Moderat forurenset</i>	<i>Markert forurenset</i>	<i>Sterkt forurenset</i>	<i>Meget sterkt forurenset</i>
Blæretang (tørrvektsbasis)	Arsen (mg As/kg)	<50	50-150	150-350	350-700	>700
	Bly (mg Pb/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30
	Kadmium (mg Cd/kg)	<1.5	1.5-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<5	5-15	15-20	50-150	>150
	Krom (mg Cr/kg)	<1	1-5	5-15	15-50	>50
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	0.5-1	>1
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-25	25-50	50-100	>100
Sink (mg Zn/kg)	<0.5	0.5-1.5	1.5-5	5-10	>10	
Blåskjell (tørrvektsbasis)	Bly (mg Pb/kg)	<3	3-15	15-40	40-100	>100
	Kadmium (mg Cd/kg)	<2	2-5	5-20	20-40	>40
	Kobber (mg Cu/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200
	Kvikksølv (mg Hg/kg)	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.5	1.5-4	>4
	Krom (mg Cr/kg)	<3	3-10	10-30	30-60	>60
	Sink (mg Zn/kg)	<200	200-400	400-1000	1000-2500	>2500
	Nikkel (mg Ni/kg)	<5	5-20	20-50	50-100	>100
Arsen (mg As/kg)	<10	10-30	30-100	100-200	>200	
Blåskjell (våttvektsbasis)	PAH-16 (µg/kg)	<50	50-200	200-2000	2000-5000	>5000
	ΣKPAH (µg/kg)	<10	10-30	30-100	100-300	>300
	B[a]P (µg/kg)	<1	1-3	3-10	10-30	>30

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

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

Klif har også fastsatt kriterier for klassifisering av miljøkvalitet basert på innhold av forurensede forbindelser i sediment og vann som vist i tabell 4 og 5. Systemet opererer med fem tilstandsklasser som spenner fra bakgrunn (klasse I) til svært dårlig (klasse V).

Tabell 4. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i sedimenter (Bakke m.fl. 2007)

	Parametere	Tilstandsklasser				
		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
	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]perylene (µg/kg)	<18	18 - 21	21 - 31	31 - 310	>310
PAH-16 (µg/kg)	<300	300 - 2000	2000 - 6000	6000 - 20000	>20000	

I PAH-16 inngår enkeltforbindelsene naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benz(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(j,k)fluoranten, benzo[a]pyren, indeno (1,2,3cd)pyren, dibenz(a,c/a,h)antracen og benzo(ghi)perylene.

Tabell 5. Klassifisering av tilstand ut fra innhold av metaller og organiske stoffer i vann, (Bakke m.fl. 2007).

Parametere	Tilstandsklasser				
	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Metaller					
Arsen ($\mu\text{g As/L}$)	<2	2-4,8	4,8-8,5	8,5-85	>85
Bly ($\mu\text{g Pb/L}$)	<0,05	0,05-2,2	2,2-2,9	2,9-28	>28
Kadmium ($\mu\text{g Cd/L}$)	<0,03	0,03-0,24	0,24-1,5	1,5-15	>15
Kobber ($\mu\text{g Cu/L}$)	<0,3	0,3-0,64	0,64-0,8	0,8-7,7	>7,7
Krom ($\mu\text{g Cr/L}$)	<0,2	0,2-3,4	3,4-36	36-360	>360
Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/L}$)	<0,001	0,001-0,048	0,048-0,071	0,071-0,14	>0,14
Nikkel ($\mu\text{g Ni/L}$)	<0,5	0,5-2,2	2,2-12	12-120	>120
Sink ($\mu\text{g Zn/L}$)	<1,5	1,5-2,9	2,9-6	6-60	>60
PAH					
Naftalen ($\mu\text{g/L}$)	<0,00066	0,00066-2,4	2,4-80	80-160	>160
Acenaftalen ($\mu\text{g/L}$)	<0,00001	0,00001-1,3	1,3-3,3	3,3-33	>33
Acenaften ($\mu\text{g/L}$)	<0,000034	0,000034-3,8	3,8-5,8	5,8-58	>58
Fluoren ($\mu\text{g/L}$)	<0,00019	0,00019-2,5	2,5-5	5-50	>50
Fenatren ($\mu\text{g/L}$)	<0,00025	0,00025-1,3	1,3-5,1	5,1-10	>10
Antracen ($\mu\text{g/L}$)		<0,11	0,11-0,36	0,36-3,6	>3,6
Fluoranten ($\mu\text{g/L}$)	<0,00029	0,00029-0,12	0,12-0,9	0,9-1,8	>1,8
Pyren ($\mu\text{g/L}$)	<0,000053	0,000053-0,023	0,023-0,023	0,023-0,046	>0,046
Benzo(a)antracen ($\mu\text{g/L}$)	<0,000006	0,000006-0,012	0,012-0,018	0,018-0,18	>0,18
Chrysen ($\mu\text{g/L}$)		<0,07	0,07-0,07	0,07-0,14	>0,14
Benzo(b)fluoranten ($\mu\text{g/L}$)	<0,000017	0,000017-0-03	0,03-0,06	0,06-0,6	>0,6
Benzo(k)fluoranten ($\mu\text{g/L}$)		<0,027	0,027-0,06	0,06-0,6	>0,6
Benzo[a]pyren ($\mu\text{g/L}$)	<0,000005	0,000005-0,05	0,05-0,1	0,1-0,5	>0,5
Indeno(123cd)pyren ($\mu\text{g/L}$)	<0,000017	0,000017-0,002	0,002-0,003	0,003-0,03	>0,03
Dibenzo(ah)antracen ($\mu\text{g/L}$)		<0,03	0,03-0,06	0,06-0,6	>0,6
Benzo(ghi)perylene ($\mu\text{g/L}$)	<0,00001	0,00001-0,002	0,002-0,003	0,003-0,03	>0,03

2.4.2 Vanndirektivets klassifisering av økologisk tilstand på basis av bløtbunnsfauna

Til Vanndirektivet er det under utvikling et system for klassifisering av miljøtilstand som er basert på sammensetningen av bløtbunnsfauna (Veileder 01:2009). Parametrene som benyttes er et sett av indekser for artsmangfold og artenes følsomhet for forurensning. Systemet har fem tilstandsklasser som spenner fra svært god til svært dårlig miljøtilstand (tabell 6). Systemet benyttes her i sin foreløpige form. Fullt utviklet vil systemet også inneholde parametre for endringer i artssammensetning (taksonomisk sammensetning) i forhold til tilstand. Inntil dette foreligger er det nødvendig å bruke allmenn kunnskap om artene og deres biologi for å gi en best mulig vurdering av tilstanden.

Tabell 6. Klassegrenser og referansetilstand for ulike indekser ved klassifisering av økologisk tilstand i kystvann. Indeksene NQI 1 og NQI 2 er såkalte multimetriske indekser som sammenfatter informasjon om artsriskhet og artenes følsomhet for forurensninger, H' og ES₁₀₀ er indekser for artsmangfold, mens ISI er et mål for arters følsomhet for forurensning. Fra Veileder 01:2009.

Parameter	Referanse-verdi	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI 1	0,78	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
NQI 2	0,73	>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
H'	4,4	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES ₁₀₀	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9	>8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2

2.4.3 Bedømming av miljøtilstand fra SPI-bilder

Fra SPI-bildene kan det beregnes en miljøindeks (Benthic Habitat Quality index; BHQ-indeks) som gir et mål for tilstanden (Figur 3). Indeksen beregnes på grunnlag av synlige strukturer i sedimentoverflaten (rør av børstemark, fødegrop og ekskrementhaug) og strukturer under sedimentoverflaten (bløtbunnsfauna, faunagang og oksiderte hulrom i sedimentet), samt tilsynelatende redoks-forhold i sedimentet. Indeksen varierer på en skala fra 0 til 15. Denne indeksen kan siden sammenlignes med Pearson og Rosenbergs klassiske modell for faunaens suksesjon. Fra denne modellen klassifiseres bunnmiljøet i henhold til retningslinjer i EUs vanddirektiv (Rosenberg m. fl. 2004). Fra overflatebildene kan en studere og kvantifisere dyr på sedimentoverflaten og spor av deres aktivitet.

3. Resultater

3.1 Miljøgifter i sedimenter

Sedimentprøver for kjemiske analyser ble tatt på stasjonene Å4, Å8 og B4. Det ble tatt fem parallelle prøver på stasjon Å4 og Å8 og én prøve på stasjon B4. Sedimentene bestod av siltig leire på alle de tre stasjonene. Sedimentene fra stasjon B4 og Å4 var preget av mørkegrått/svart materiale, mens sedimentet fra stasjon Å8 var mer brunfarget. Innholdet av organisk karbon var høyest på stasjon Å4 og skyldes trolig tilførsler av karbonpartikler fra massefabrikken ved Hydro Aluminium Årdal..

3.1.1 PAH

Resultatene viser at sedimentene er i klasse V (svært dårlig) med hensyn på PAH (tabell 7), og at de innerste stasjonene er sterkest belastet. Det var større variasjon mellom parallellprøvene fra stasjon Å4 enn mellom parallellprøvene fra stasjon Å8 som ligger lenger ut.

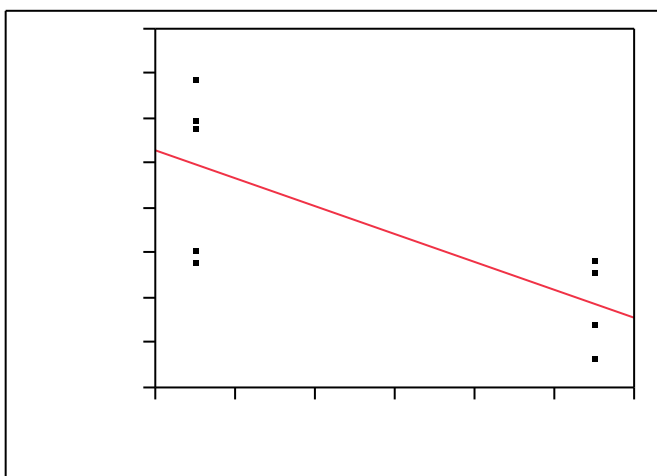
Tabell 7. Konsentrasjon av PAH i sedimentprøvene. Resultatene er oppgitt i µg/kg tørrvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem.

Stasjon	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	PA	ANT	FLU	PYR	BAP
B4	3400	150	4600	2900	25000	6000	52000	43000	34000
Å4 A	1300	68	1400	920	8400	1900	17000	14000	11000
Å4 B	3300	110	2800	1900	16000	4100	35000	28000	22000
Å4 C	670	38	710	520	4300	1100	8100	6900	5700
Å4 D	1700	120	2000	1400	13000	3100	29000	24000	21000
Å4 E	1200	69	1400	950	8700	1900	17000	14000	11000
Å8 A	400	28	450	320	2700	680	5500	4500	3500
Å8 B	410	28	450	340	2800	690	5400	4400	3500
Å8 C	490	33	530	400	3300	830	6400	5200	4100
Å8 D	390	24	420	310	2500	630	5000	4100	3200
Å8 E	510	31	530	390	3200	820	6400	5200	4200

Stasjon	CHR	BBJF	BKF	B(a)P	ICDP	DBA3A	BGHIP	Sum PAH-16	Sum KPAH
B4	38000	64000	27000	43000	33000	9500	42000	427550	251900
Å4 A	13000	25000	9500	14000	12000	3500	16000	148988	89300
Å4 B	26000	47000	19000	28000	23000	6700	31000	293910	175000
Å4 C	6700	13000	5200	7100	6200	1900	8100	76238	46470
Å4 D	27000	49000	18000	24000	20000	6000	27000	266320	166700
Å4 E	13000	25000	9700	14000	12000	3500	16000	149419	89400
Å8 A	4000	7600	3000	4200	3700	1100	4900	46578	27500
Å8 B	4200	7700	3000	4200	3700	1100	4800	46718	27810
Å8 C	4500	8700	3400	4800	4300	1300	5700	53983	31590
Å8 D	3700	7000	2700	3900	3500	1300	4600	42974	25390
Å8 E	4700	9300	3600	5000	4500	1300	5900	55581	33110

Konsentrasjonene av sum PAH-16 på stasjon Å4 varierte fra 76238 µg/kg til 293910 µg/kg, med et gjennomsnitt på 186975 µg/kg. I undersøkelsen fra 2001 varierte konsentrasjonen av PAH-16 fra 288400

$\mu\text{g}/\text{kg}$ til $697700 \mu\text{g}/\text{kg}$ på samme stasjon (Næs m.fl. 2001) (figur 6). Konsentrasjonene av PAH-16 var signifikant lavere i 2011 enn i 2001 (t-test, $p < 0,0078$). Forskjellen skyldes mest sannsynlig reduksjon i utslipp av PAH.



Figur 6. Konsentrasjoner av PAH16 ved stasjon Å4 i Årdalsfjorden. Figuren viser konsentrasjon for 5 parallelle sedimentprøver fra 2001 og 2011. Linjen viser gjennomsnittlig nedgang.

3.1.2 Metaller

Resultatene viser at sedimentet har forhøyede konsentrasjoner av Ni og Cu, henholdsvis moderat (klasse III) og dårlig (klasse IV) (tabell 8). Det var ikke forhøyede verdier av Cd, Hg eller Pb. De indre stasjonene hadde noe høyere konsentrasjoner enn den ytre stasjonen (Å8).

Tabell 8. Konsentrasjon av TOC og metaller i sedimentprøvene. I tabellen vises også resultater for to sedimentprøver fra 2001. Resultatene for metaller er oppgitt i $\mu\text{g}/\text{g}$ tørrvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem.

I. Bakgrunn	II. God	III. Moderat	IV. Dårlig
V. Svært dårlig	Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres		

Stasjon	Tørrstoff %	Korn < 63 μm % t.v.	TOC $\mu\text{g C}/\text{mg TS}$	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Co	Mo	V
B4	35,4	75	315	20	0,81	23,9	88,5	0,052	68,8	58,7	106	10,2	1,8	108
Å4 A	41,6	71	62,0	16	0,4	34,4	108	0,031	57,9	45,7	95,6	14,2	1	104
Å4 B	39,9	68	86,2	17	0,6	31,4	111	0,035	75,2	70,2	103	13,5	1	123
Å4 C	52,6	71	30,5	6	0,2	35,1	108	0,027	43,9	28	83,4	13,4	1	85,9
Å4 D	47,7	68	82,1	15	0,77	33,4	115	0,036	70,1	63,2	105	13,7	1	121
Å4 E	45,7	68	63,3	15	0,4	32,9	105	0,031	54,8	46,4	95,4	13,6	1	102
Å8 A	46,9	79	24,9	8,6	<0,2	25,8	72,0	0,025	35,4	23	77,0	11,7	1	66,9
Å8 B	48,6	74	24,2	12	0,2	24,1	67,5	0,023	35,8	24	74,0	11,7	1	65,5
Å8 C	43,1	78	28,9	13	0,2	27,0	76,5	0,026	38,2	27	83,3	12,6	1	74,8
Å8 D	47,6	75	23,9	11	<0,2	26,3	74,1	0,026	35,9	23	79,6	11,6	0,9	71,2
Å8 E	50,2	78	27,4	12	0,2	27,1	79,0	0,025	39,2	27	81,7	12,3	1	74,5
Å4 2001	37,9	66	175		2,26	37,0	138	0,051		127	149			
Å8 2001	52,2	66			0,184	15,7	46	0,014		19,1	52,7			

I 2001 ble det målt metallkonsentrasjoner i en sedimentprøve fra stasjon Å4 og en prøve fra stasjon Å8 (Næs m.fl. 2001). I forhold til den ene prøven fra 2001 fra stasjon Å4 er prøvene fra 2011 noe lavere for Cd, Pb og Hg.

3.2 Miljøgifter i blæretang

Det var generelt lave konsentrasjoner av metaller i tangprøvene (tabell 9). Tangen samlet inn fra stasjon G1, G2, G3 og G4 var markert forurenset (klasse III) av Cu. De ytre stasjonene var moderat forurenset (klasse II) av Cu. Tangen samlet inn fra stasjon G5 var i klasse III for Pb. De andre prøvene var ubetydelig-lite forurenset (klasse I) eller i klasse II.

Tabell 9. Konsentrasjon av metaller i prøver av blæretang fra Årdalsfjorden. Resultatene er oppgitt i µg/g tørrvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem.

Stasjon	Tørrstoff (%)	Klifs klassifiseringssystem										
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	V	Co	Mo
G1	23,7	49,6	1,400	0,3	26,0	0,015	14,90	0,45	157,0	0,92	4,18	0,22
G2	16,6	83,6	1,600	1,0	22,6	0,016	8,08	2,13	260,0	2,05	2,36	0,29
G3	20,7	32,7	0,889	0,4	24,3	0,014	11,00	0,51	90,3	1,10	2,43	0,23
G4	25,4	36,3	0,952	2,0	15,1	0,012	10,90	1,00	87,2	1,31	2,24	0,21
G5	25,1	28,3	0,857	0,5	14,9	0,014	10,00	4,14	76,2	1,27	2,28	0,23
G6	26,2	50,2	1,130	0,7	10,9	0,018	11,20	0,61	75,2	0,76	2,61	0,19
G7	25,5	39,3	0,919	0,7	6,63	0,012	8,01	1,22	57,3	1,02	1,62	0,19

3.3 Miljøgifter i o-skjell

3.3.1 Metaller

O-skjellene var markert forurenset (klasse III) til sterkt forurenset (klasse IV) av Cd og Zn (tabell 10). O-skjellene fra stasjon G2 og G6 var mest forurenset av Zn, og o-skjellene fra stasjon G2, G3 og G6 hadde høyest konsentrasjoner av Cd. O-skjellene fra stasjon G2 og G6 var markert forurenset (klasse III) av Pb. For de øvrige metallene var o-skjellene ubetydelig-lite forurenset (klasse I) eller moderat forurenset (klasse II).

Tabell 10. Konsentrasjon av metaller i prøver av o-skjell fra Årdalsfjorden. Resultatene er oppgitt i µg/g tørrvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem hvor klassegrenser for blåskjell er benyttet.

Stasjon	Tørrstoff (%)	Klifs klassifiseringssystem										
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	V	Co	Mo
G1	14	21,00	19,50	2,86	15,64	0,18	8,50	14,57	828,57	6,21	1,56	1,57
G2	11	24,82	24,91	1,82	20,36	0,24	14,36	29,00	2500,00	27,91	3,51	1,91
G4	13	21,31	31,15	1,54	11,00	0,20	8,31	8,46	915,38	11,46	1,80	1,69
G5	17	24,41	14,88	1,18	12,35	0,16	3,06	2,82	405,29	2,82	0,80	1,24
G6	12	20,75	31,17	1,67	14,67	0,41	9,00	18,50	1000,00	10,08	1,58	1,67

I følge Julshamn (1981) er konsentrasjonen av Cd, Cu, Zn og Pb ofte høyere i o-skjell enn i blåskjell fra områder med bare diffus bakgrunnbelastning. Referanseverdier kan dermed ikke uten videre anvendes for o-skjell. I Næs m.fl.(2001) ble det analysert metaller i o-skjell fra stasjon G1 og G4. O-skjellene som ble samlet inn fra disse stasjonene i 2011 hadde lavere konsentrasjoner av Hg, Pb og Cu enn de fra år 2000 (tabell 11).

O-skjellene fra stasjon G4 hadde imidlertid høyere innhold av Cd enn i år 2000. Det ble også funnet høyere konsentrasjoner av Zn og Cr på stasjon G1 og G4 i 2011.







Tabell 11. Metaller i o-skjell fra indre Årdalsfjorden 31. okt. 2000 og 16. jan. 2011. Konsentrasjonene er oppgitt i mg/kg våtvekt.

Stasjon	Hg	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu
G1 okt. 2000	0.038	3.88	3.93	76.7	0.06	3.68
G1 jan 2011	0.025	2.73	2.04	116.0	0.40	2.19
G4 okt 2000	0.034	2.96	2.17	89.0	0.05	2.65
G4 okt 2011	0.026	4.05	1.10	119.0	<0.2	1.43

3.3.2 PAH

O-skjellene som ble samlet inn i januar 2011 var markert til sterkt forurenset (klasse III og IV) av PAH-16. O-skjellene fra alle stasjonene var meget sterkt forurenset (klasse V) av KPAH (tabell 12). De var sterk til meget sterkt forurenset av enkeltforbindelsen B[a]P).

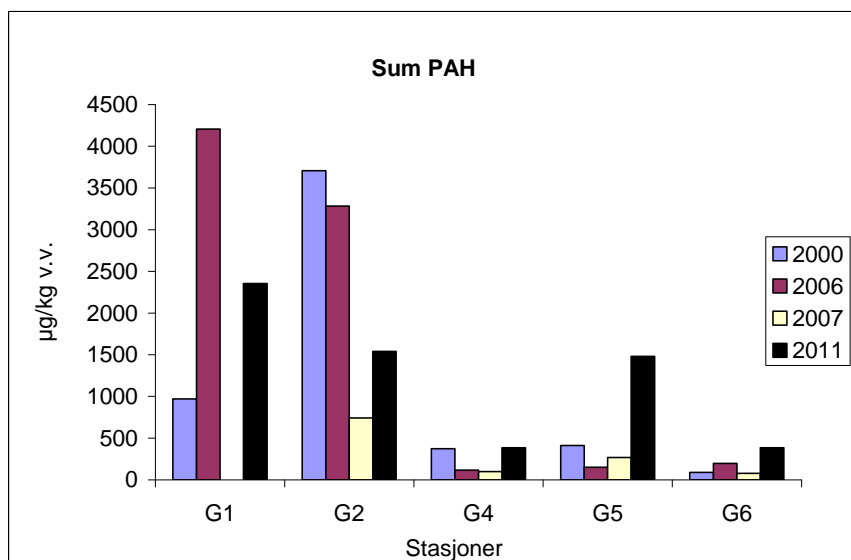
Tabell 12. Konsentrasjon av PAH i prøver av o-skjell fra Årdalsfjorden. Resultatene er oppgitt i µg/kg våtvekt. Tabellen viser fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem hvor klassegrenser for blåskjell er benyttet.

	I. Ubetydelig-lite forurenset		II. Moderat forurenset		III. Markert forurenset		IV. Sterkt forurenset
	V. Meget sterkt forurenset		Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres				

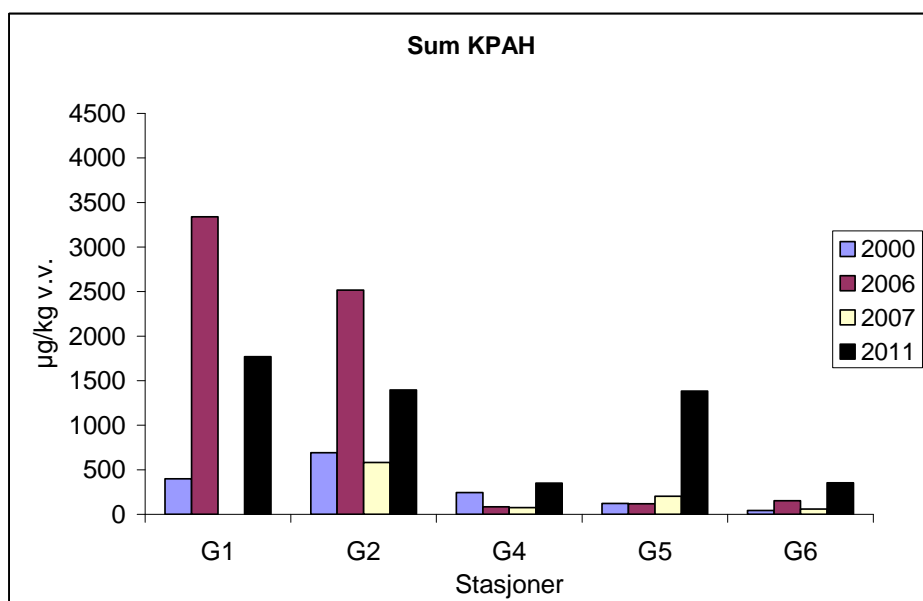
Stasjon	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	DBTHI	PA	ANT	FLU	PYR	BAA
G1	<1	<0,5	1,5	9,2	1,1	19	6,5	180	150	360
G2	<1	<0,5	<0,5	3,6	0,78	11	5,2	38	21	98
G4	<1	<0,5	<0,5	0,71	<0,5	0,93	<0,5	6,6	1,9	19
G5	<1	<0,5	<0,5	0,51	<0,5	2,0	0,63	13	5,6	92
G6	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,65	<0,5	5,4	1,3	23

Stasjon	CHR	BBJF	BKF	BEP	PER	ICDP	DBA3A	BGHIP	B[a]P	Sum PAH-16	Sum KPAH
G1	370	1200	400	540	71	180	77	220	380	2354	1768
G2	100	710	270	100	9,6	68	39	65	110	1540	1396
G4	32	160	76	28	3,7	24	15	24	23	385	350
G5	130	590	290	77	17	86	63	76	130	1480	1382
G6	37	160	69	26	2,8	25	12	23	26	385	353

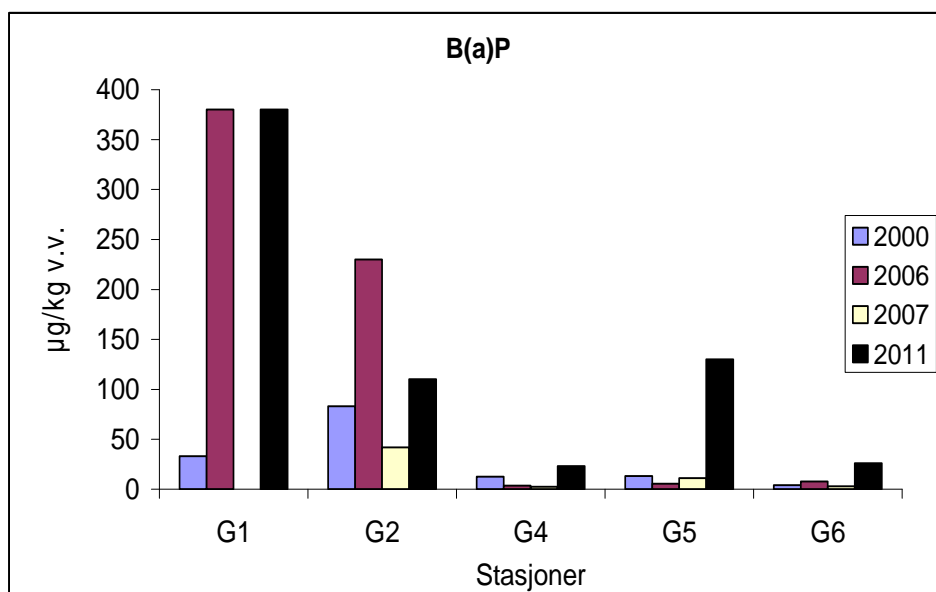
O-skjellene fra de indre stasjonene var mindre forurenset av PAH-16 enn i 2006 (figur 7). På de ytre stasjonene var det en økning av PAH i o-skjell i forhold til tidligere undersøkelser. O-skjellene fra stasjon G1 var mest forurenset men hadde lavere konsentrasjon av PAH-16 og KPAH enn i 2006 og hadde samme nivå av B[a]P som i 2006.



Figur 7. Tidsutvikling for konsentrasjon av PAH (PAH-16) i o-sjell fra år 2000 til år 2011. Data for årene 2000, 2006 og 2007 er hentet fra Schøyen og Næs 2008.



Figur 8. Tidsutvikling for konsentrasjon av potensielt kreftfremkallende PAH (KPAH) i o-sjell fra år 2000 til år 2011. Data for årene 2000, 2006 og 2007 er hentet fra Schøyen og Næs 2008.



Figur 9. Tidsutvikling for konsentrasjon av benzo[a]pyren, B[a]P i o-sjell fra år 2000 til år 2011. Data for årene 2000, 2006 og 2007 er hentet fra Schøyen og Næs 2008.

3.4 Miljøgifter i utsatte blåskjell

3.4.1 Metaller

De utsatte blåskjellene fikk en økning i konsentrasjon av metaller i løpet av de seks ukene de sto utplassert (tabell 13). Blåskjellene på stasjon G1 kom så vidt over nedre grense for klasse II (moderat forurenset) for Cr. Konsentrasjonene av de andre metallene økte også, men forble innen samme tilstandsklasse. Alle blåskjellprøvene inkludert kontrollskjellene var moderat forurenset av As.

Tabell 13. Konsentrasjon av metaller i prøver av blåskjell som ble utplassert på tre stasjoner i Årdalsfjorden. Resultatene er oppgitt i µg/g tørrvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem.

Stasjon	Tørrstoff (%)	Fett-%	Klifs klassifiseringssystem										
			As	Pb	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	Co	Mo	V
kontroll	17	1,9	13,53	0,41	0,694	<1,17	5,35	0,059	0,71	85,88	0,179	0,47	0,35
G1	17	1,8	18,82	0,88	1,017	3,06	6,06	0,076	2,53	98,82	0,380	1,82	2,53
G4	16	1,6	18,56	0,68	1,144	<1,17	6,00	0,087	0,81	101,87	0,303	1,06	1,50
G5	15	1,7	21,27	0,67	1,200	<1,17	6,07	0,080	0,80	107,33	0,325	1,60	220

3.4.2 PAH

Blåskjellene som var satt ut på de tre stasjonene ble i løpet av de seks ukene markert forurenset (klasse III) av PAH-16, sterkt (klasse IV) til meget sterkt forurenset (klasse V) av potensielt KPAH og markert til meget sterkt forurenset av B[a]P (tabell 14). Blåskjellene som var satt ut på stasjon G1 var mest forurenset av PAH, og blåskjellene som var satt ut på stasjon G5 var noe mindre forurenset av PAH enn blåskjellene fra stasjon G4.

Tabell 14. Konsentrasjon av PAH i prøver av blåskjell som ble utplassert på tre stasjoner i Årdalsfjorden. Resultatene er oppgitt i µg/kg våtvekt. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem.

Stasjon	NAP	ACNLE	ACNE	FLE	DBTHI	PA	ANT	FLU	PYR	BAA
kontroll	<1	<0,5	<0,5	0,71	<0,5	2,1	<0,5	1,4	0,99	<0,5
G1	3,4	<0,5	7,3	6,1	3,1	56	12	230	210	310
G4		<0,5	1,4	1,1	<0,5	6,8	<0,5	24	15	24
G5	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,7	<0,5	11	8,2	15

Stasjon	CHR	BBJF	BKF	BEP	PER	ICDP	DBA3A	BGHIP	BAP	Sum PAH16	Sum KPAH
kontroll	<0,5	0,68	<0,5	0,73	<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	11	4
G1	400	1100	260	600	54	160	63	170	210	1388	2506
G4	68	170	36	120	3,9	23	8,7	30	13	422	342
G5	45	130	30	83	2,3	20	8,7	32	9,6	315	259

3.5 Miljøgifter i vann – målt med passive prøvetakere

PAH

Konsentrasjoner i SPMDene konverteres til vannkonsentrasjoner via ekstrahert vannvolum i eksponeringstiden og beregnes ut fra utlekkingen av de tilsatte PRCene. Konsentrasjoner av PAH beregnet på grunnlag av SPMD'er med PRC er gitt i tabell 15. Tabellen gir også EUs Vanddirektivs miljøkvalitetsstandarder (environmental quality standards, EQS) for PAH i "hel" vannprøve (løst pluss partikkulært). Konsentrasjonene av PAH var høyere på stasjon G1 enn på stasjon G5. Dette var som forventet siden G1 ligger nærmest utslippsstedet. Konsentrasjonene var i gjennomsnitt 3,5 ganger høyere på stasjon G1 enn ved G5. Den høyeste konsentrasjonen som ble funnet var 16 ng/l fluoranten på stasjon G1. I tabell 15 vises EQS-verdier for enkelte PAH-forbindelser i vann. Passive prøvetakere måler konsentrasjoner av forurensninger i løst fase mens EQS-verdier er basert på total konsentrasjon. Det er derfor vanskelig å sammenligne disse verdiene. Konsentrasjonene av antracen ved begge stasjonene var mer enn 100 ganger lavere enn EQS-verdiene. For B[a]P er konsentrasjonen fra stasjon G1 ca 20 ganger lavere enn EQS-verdien. Konsentrasjonen av benzo(ghi)perylene målt på stasjon G1 var imidlertid høyere enn EQS-verdien for denne forbindelsen.

Tabell 15. Løste konsentrasjoner av PAH målt ved hjelp av SPMD i Årdalsfjorden. EQS-verdier gitt av EUs Vanddirektiv er også inkludert.







Forbindelse	Konsentrasjon (ng/l)			EQS verdier AA/MAC (B)
	G1	G4	G5	
Naftalen	(A)	-	(A)	
Acenaftylen	0,12	-	0,075	
Acenaften	4,1	-	1,1	
Fluoren	2,5	-	0,64	
Dibenzotiofen	0,53	-	0,12	
Fenantren	6,4	-	1,6	
Antracen	0,28	-	0,035	100/400
Fluoranten	16	-	3,5	100/1000
Pyren	11	-	2,4	
Benzo[a]antracen	6,4	-	1,6	
Chrysen	7,2	-	3,0	
Benzo[b+j]fluoranten	15	-	5,9	
Benzo[k]fluoranten	3,0	-	1,2	30
Benzo[e]pyren	8,4	-	3,9	
Benzo[a]pyren	2,5	-	0,66	50/100
Perylen	0,57	-	0,17	
Indeno[1,2,3-cd]pyren	2,3	-	1,2	
Benzo[ghi]perylene	2,7	-	1,7	2
Dibenzo[ah]anthracen	1,1	-	0,61	

(A): Nivået i kontrollprøvetakeren var høyere enn i de eksponerte prøvetakerne.
(B): Vanddirektivet (WFD) Environmental Quality Standard (EQS) for vannmassene (ng L-1); AA: årlig gjennomsnitt; MAC: maksimum tillatt konsentrasjon.

Metaller

Konsentrasjoner av metaller i vannmassene beregnet ut fra opptak i de passive prøvetakerne (DGT) er vist i tabell 16. Det ble ikke funnet høye konsentrasjoner av metaller i DGTene. Analysene viste at de fleste metallene var i klasse I (bakgrunn) eller klasse II (god, kun for Cr på stasjon G4).

Tabell 16. Konsentrasjon av metaller målt i DGTer fra to stasjoner i Årdalsfjorden. Tabellen er gitt fargekoder i henhold til Klifs klassifiseringssystem (Bakke m.fl. 2007) som gjelder for hele vannprøver.

	I. Bakgrunn		II. God		III. Moderat		IV. Dårlig
	V. Svært dårlig		Ikke i klassifiseringssystemet/kan ikke klassifiseres				

Metall	DGT-labile metalkonsentrasjoner (µg/l)			
	Kontroll	G1	G4	G5
Cd	<0,00026		0,013	0,014
Co	0,00019		0,0094	0,0077
Cr	0,028		0,22	0,0095
Cu	0,0019		0,08	0,077
Mo	0,00064		0,028	0,038
Ni	0,0027		0,17	0,15
Pb	0,00031		0,0042	0,016
Zn	0,07		0,85	0,59

3.6 Bløtbunnfauna

3.6.1 Klassifisering av økologisk tilstand

Resultatene fra bunnprøvene viste at det var forholdsvis lavt antall arter og lav individtetthet på stasjon B5, mens det var mer normalt antall arter og individtetthet på stasjon Å4. Generelt vil en anslå at 40-70 arter og 1000-3000 individer per m² er normalt for bløtbunnsfauna i upåvirkede områder. For stasjon Å4 indikerte alle indeksene til Vanndirektivet svært god økologisk tilstand. For stasjon B5 sprikte indeksverdiene og varierte fra ”svært god tilstand” for NQI 1 til ”moderat tilstand” for H’ og ES100 (Tabell 17). Etter systemet i Vanndirektivet skal økologisk tilstand i slike tilfeller bestemmes ved den dårligste tilstandsklassen (Veileder 01:2009). Tilstanden på denne lokaliteten klassifiseres derfor som ”moderat”.

Tabell 17. Sammenfattende data for bløtbunnsfauna i Årdalsfjorden. Indekser for artsmangfold: NQI 1 og NQI 2 = multimetriske indekser, H’ = Shannon-Wiener indeks (log₂), ES₁₀₀ = forventet antall arter ved 100 individer, ISI indeks som angir artenes følsomhet for forurensninger. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter systemet til Vanndirektivet: blå – meget god tilstand, grønn – god tilstand, gul – moderat tilstand. Indeksverdiene er beregnet som gjennomsnitt over de parallelle prøvene.

Stasjon	Areal	Artstall	Ind.	Ind/m ²	NQI 1	NQI 2	H’	ES ₁₀₀	ISI
B5	0,4	27	323	808	0,74	0,63	2,4	13,2	8,14
Å4	0,4	57	721	1803	0,77	0,73	4,1	27,1	8,95

3.6.2 Artssammensetning i bunnfaunaen

Faunaen på begge stasjonene var sterkt dominert av muslinger og flerbørstemark (tabell 18). Andre grupper som nesledyr, krepsdyr og pigghuder, som også er viktige grupper i bløtbunnsfauna, var dårlig representert og ble bare funnet med noen få individer. Under normale forhold vil disse gruppene være representert med anslagsvis 2-10 % av individene.

Tabell 18. Hovedgrupper av bunndyr i bløtbunnsfaunaen fra Årdalsfjorden 26. januar 2011.

Stasjon B5	Ind/m ²	Prosent	Stasjon Å4	Ind/m ²	Prosent
Cnidaria – nesledyr	-	-	Cnidaria – nesledyr	3	< 1
Polychaeta – flerbørstemark	225	28	Polychaeta – flerbørstemark	915	51
Bivalvia – muslinger	565	70	Bivalvia – mudslinger	793	44
Crustacea – krepsdyr	8	1	Crustacea – krepsdyr	13	1
Echinodermata – pigghuder	-	-	Echinodermata – pigghuder	8	<1
Andre	10	1	Andre	73	4

Enkelte av artene, som for eksempel børstemarken *Paramphinome* og muslingen *Thyasira* har høye toleranser for miljøpåvirkninger og forekommer ofte i forurensede sedimenter (tabell 19). Begge disse artene er regnet som tolerante og økende ved forurensning fra organiske miljøgifter (Hiscock m.fl. 2004). De fleste av de dominerende artene er imidlertid vanlig forekommende i fjordene på Vestlandet og finnes under normale og gode miljøbetingelser.

Samlet sett var derfor faunaen ikke preget av spesielt forurensningstolerante arter, men fravær av krepsdyr og pigghuder kan tyde på at sensitive arter er redusert. Sammensetningen av faunaen tyder derfor på at bunnfaunaen var påvirket av forurensningene. Det kan også tas i betraktning at det ble funnet svært få større arter som kan bearbeide bunnsedimentet ved sin aktivitet. Dette er arter som er spesielt viktige for å holde

bunnmiljøet friskt ved å sørge for transport og utveking av vann, oksygen og nedbrytningsprodukter i sedimentene.

På begge stasjonene var det høye konsentrasjoner både av Cu og PAH (se kap. 3.1) (for B5 ble det målt miljøgifter på den nærliggende stasjonene B4). Konsentrasjonene tilsvarte tilstandsklasse "dårlig" for Cu og "svært dårlig" for PAH, som begge innebærer at det er reell risiko for skade på levende organismer. Oug m.fl. (1998) viste at typiske effekter er en økning av andel rovlevende flerbørstemark og en generell nedgang for gruppen pigghuder. Ved denne undersøkelsen var ikke andelen rovdyr spesielt høy (omkring 20 %), men den lave andelen av pigghuder er bemerkelsesverdig. På stasjon B5 ble det ikke funnet noen pigghuder i prøvene. Klassifikasjonssystemet fra Bakke m.fl. (2007) skal gjenspeile risiko for økologiske effekter. Dette passer med artssammensetningen på stasjonene, i motsetning til indeksene fra Vanddirektivet som indikerte "svært god tilstand" på stasjon Å4.

Tabell 19. Artssammensetningen i bløtbunnsfauna i Årdalsfjorden. De 10 viktigste artene med individtetthet (ind/m²) på hver stasjon er vist. b = børstemark, m = musling.

B5 (0.4 m ²)	Gruppe	Ind/m ²	Å4 (0.4 m ²)	Gruppe	Ind/m ²
<i>Kelliella abyssicola</i>	m	483	<i>Kelliella abyssicola</i>	m	388
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	b	73	<i>Mendicula ferruginosa</i>	m	243
<i>Mendicula ferruginosa</i>	m	50	<i>Heteromastus</i> sp II	b	140
<i>Glycera lapidum</i>	b	35	<i>Nephtys hystricis</i>	b	105
<i>Lumbrineris aniana</i>	b	20	<i>Ampharetidae</i> indet	b	100
<i>Ampharetidae</i> indet	b	18	<i>Thyasira</i> sp	m	98
<i>Thyasira</i> sp	m	18	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	b	53
<i>Nephtys</i> sp	b	15	<i>Glycera lapidum</i>	b	43
<i>Heteromastus</i> sp II	b	15	<i>Augeneria cf tentaculata</i>	b	43
<i>Euchone</i> sp	b	13	<i>Aricidea</i> sp	b	43

3.6.3 Forandring i tilstanden over tid

Ved den første undersøkelsen i 1983 var bunnområdet innerst i Årdalsfjorden, hvor stasjon B5 er lokalisert, uten bunnsfauna og tilsynelatende livløs. Bunnen var synlig forurenset med et tjærelignende stoff (Baalsrud m.fl. 1985). Utenfor dette området var det fattigere bunnsfauna, men virkningene avtok raskt utover i fjorden. I 1989 og 2000 var tilstanden bedre og det ble påvist bunnsfauna i tidligere "livløse" områder (Næs og Rygg 1990, Næs m.fl. 2001). Denne undersøkelsen indikerer at utviklingen mot bedre tilstand har fortsatt. I tabell 22 er det gitt en sammenfatning av tilstanden ved alle undersøkelsene basert på indeksene som er under utvikling til Vanddirektivet. Stasjon B5 var uten bunnsfauna i 1983, mens det i 2000 ble funnet en ganske artsrik, men klart forurensningspåvirket fauna (stasjonen ble ikke prøvetatt i 1989). Dette årets undersøkelser viser at tilstanden nå var bedre enn i 2000. I tabell 20 er det også vist resultater fra stasjon B3 som var lokalisert litt lenger mot nordvest i fjorden. Denne stasjonen var også uten bunnsfauna i 1983, men hadde i 1989 en fauna som var mer artsrik og indikerte omtrent samme tilstand som stasjon B5 i 2000.

Også på stasjon Å4 var tilstanden i 2011 bedre enn tidligere. Dette viser at hele det påvirkede området var i gradvis bedring, men at utviklingen tar tid. Vurdert etter systemet for klassifisering av miljøtilstand i Vanddirektivet har tilstanden på stasjon Å4 endret seg fra dårlig til svært god i perioden fra 1983 til 2011. Det var indeksen H' som hadde dårligst tilstandsklasse i 1983 og som derved avgjør tilstanden (se Veileder 01:2009). Denne indeksen er et mål for artsmangfold. Utviklingen reflekterer at antall arter har økt og at individene var fordelt mellom sjeldne og dominerende arter omtrent som i et normalt bunndyrsfunn.

Tabell 20. Sammenlignende data fra tidligere undersøkelser av bunnfauna i Årdalsfjorden. Stasjon B3 som var lokalisert litt nordvest for B5 og analysert ved tidligere undersøkelser er vist for sammenligning. Fargene angir økologisk tilstandsklasse etter systemet til Vanndirektivet for de tre indeksene NQI1, H' og ISI: blå – meget god tilstand, grønn – god tilstand, gul – moderat tilstand, oransje - dårlig tilstand, rød – svært dårlig tilstand.

Stasjon	År	Dyp	Areal	Artstall	Ind/m ²	NQI 1	H'	ISI
B5	2011	100	0,4	27	808	0,74	2,4	8,13
	2000	100	0,4	31	4032	0,57	1,4	7,13
	1983	100	0,2	0	0	-	-	-
B3 (Å3)	1989	110	0,8	45	1138	0,61	2,6	7,78
	1983	114	0,2	1	5	-	-	-
Å4	2011	136	0,4	57	1803	0,77	4,1	8,95
	2000	135	0,4	70	2212	0,73	3,6	9,14
	1989	135	0,8	55	1479	0,71	3,5	9,21
	1983	134	0,8	23	500	0,61	1,8	8,99

I hovedtrekkene var det de samme artene som dominerte ved alle undersøkelsene (Tabell 21). Forbedring i tilstanden siden forrige undersøkelse er nok derfor hovedsakelig knyttet til at det er blitt en jevnere fordeling mellom artene. Det har ikke vært noen økning i artsrikheten på de to undersøkte stasjonene siden undersøkelsen i 2000.

Tabell 21. Fauna på stasjonene sammenlignet med resultater fra tidligere prøvetaking på samme og nærliggende stasjoner. Resultater fra tidligere undersøkelser fra (Baalsrud m.fl. 1986, Næs og Rygg 1990, Næs m.fl. 2001).

Stasjon	År	Antall arter	Viktigste arter
B5	2011	27	<i>Kelliella abyssicola</i> (= <i>K. miliaris</i>), <i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Mendicula ferruginosa</i> (= <i>Thyasira ferruginea</i>), <i>Glycera lapidum</i> , <i>Lumbrineris aniara</i>
	2000	31	<i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Myriochele oculata</i> , <i>Thyasira equalis</i> , <i>Prionospio cirrifera</i> , <i>Glycera lapidum</i>
	1983 (B4+B5)	2	<i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Arctica islandica</i>
B3 (Å3)	1989	45	<i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Thyasira equalis</i> /spp., <i>Tharyx</i> sp., <i>Chaetozone setosa</i> , <i>Kelliella miliaris</i>
	1983	1	<i>Paramphinome jeffreysi</i>
Å4	2011	57	<i>Kelliella abyssicola</i> (= <i>K. miliaris</i>), <i>Mendicula ferruginosa</i> (= <i>Thyasira ferruginea</i>), <i>Heteromastus</i> sp., <i>Nephtys hystricis</i> , <i>Ampharetidae</i> indet., <i>Thyasira</i> sp., <i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Glycera lapidum</i>
	2000	70	<i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Kelliella miliaris</i> , <i>Heteromastus</i> sp., <i>Amythasides macroglossus</i> , <i>Glycera lapidum</i>
	1989	55	<i>Thyasira equalis</i> /spp., <i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Kelliella miliaris</i> , <i>Prionospio cirrifera</i> , <i>Heteromastus filiformis</i>
	1983	23	<i>Paramphinome jeffreysi</i> , <i>Prionospio cirrifera</i> , <i>Thyasira equalis</i> /spp., <i>Arctica islandica</i> , <i>Glycera capitata/lapidum</i>

3.7 Sedimentprofilfotografering

3.7.1 Sedimentforhold og miljøtilstand

På alle stasjonene var det bløtt bunnsediment. Kamerahuset penetrerte derfor tilstrekkelig dypt ned i sedimentet til å få gode bilder av sedimentprofilene, med unntak for stasjon A1 og B4 hvor profilene ble litt korte. På hver stasjon ble det tatt 3-5 bilder til analyse, unntatt på B4 hvor bare to bilder ble analysert (tabell 22).

Sedimentene på stasjonene innerst i fjorden mot verket (A3, A5, A6, B4 og B6) ga en annerledes farge enn de andre stasjonene (figur 10). Den spesielle fargen skyldes mest sannsynlig partikler fra tidligere utslipp. På de andre stasjonene var sedimentet mer normalt farget. Den lyse sedimentoverflaten indikerer at oksygenforholdene i overflatesedimentet er gode. På flere stasjoner (A3, A5, B4 og B6) var imidlertid profilen forstyrret av sedimenterende materiale. På disse stasjonene var det vanskelig å fastsette verdi for redoksforholdene i sedimentet (tilsynelatende redoks-potensial). Det ble observert lite synlige dyr og gravespor etter dyr i sedimentet ved alle stasjonene.

Ved beregning av BHQ-indeksen fikk alle stasjonene ganske like verdier som varierte fra 5,0 til 7,0 (tabell 22). Indeksverdiene tilsvarte klassen mindre god tilstand etter kriteriesystemet for BHQ-indeksen. Stasjonene hvor profilen var forstyrret, ble satt til mindre god til dårlig tilstand på grunn av usikkerheten ved redoksforholdene. Det var spesielt mangel på synlige dyr og graveaktivitet i sedimentet som trekker indeksverdiene mot dårlig tilstand, mens oksidasjonstilstanden heller var positiv.

På den ytterste stasjonen (Å8) var indeksverdien (7,0) svært nær grensen til god tilstand. På denne stasjonen var det synlige rør fra gravende organismer, trolig børstemark, i sedimentoverflaten. Samlet sett viste SPI-undersøkelsen at det var gradienter i påvirkning fra innerst i fjorden, hvor sedimentet hadde klar påvirkning

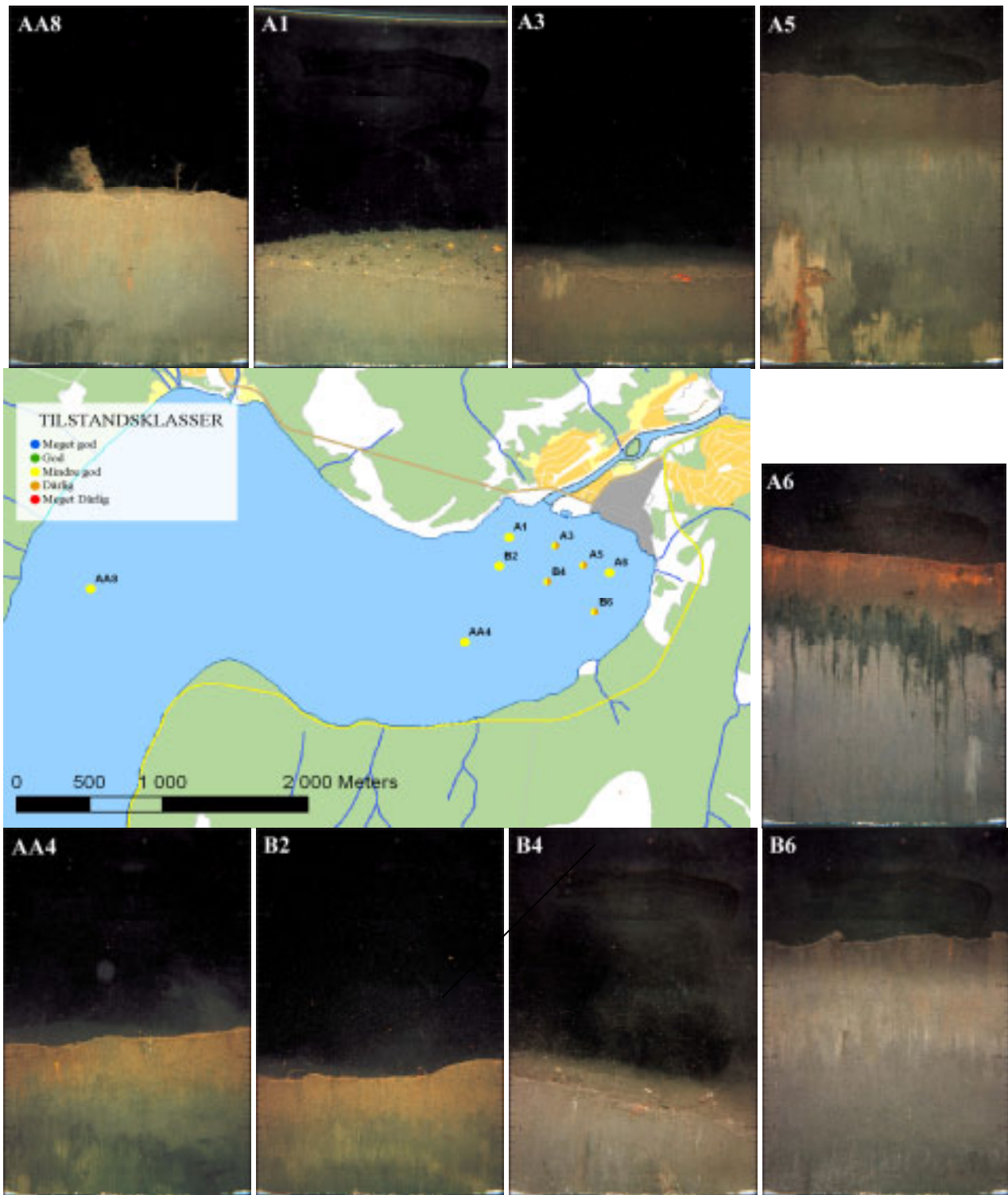
fra partikkelutslipp, til den ytterste stasjonen (Å8) hvor tilstanden var best. Gradientene nær utslippet i indre fjord syntes imidlertid ikke å være så skarpe som det ble funnet ved de tidligste undersøkelsene i 1983 og 1989.

3.7.2 Sammenligning med bunnfauna

SPI-bildene viste at det var liten aktivitet av gravende organismer i sedimentet (figur 10). Dette resultatet samsvarer med bunnprøvene, hvor det ble funnet svært få arter som kan bearbeide bunnsedimentet (kap. 3.6.2). Resultatene fra SPI-undersøkelsene indikerer at slike arter manglet i hele det indre fjordområdet.

De tidligere undersøkelsene, spesielt i 1983 og 1989 beskrev bunnen som "død" utenfor utslippspunktet i indre fjord og sterke gradienter i området omkring (Baalsrud m.fl. 1985, Næs og Rygg 1990). Bunnfaunaprøvene ved denne undersøkelsen viste at tilstanden var vesentlig bedre og at det var etablert fauna i tidligere "livløse" områder. SPI-undersøkelsen bekrefter dette resultatet. Samtidig indikerte SPI-resultatene at de tidligere sterke gradientene i indre fjord nå var redusert.

Ved klassifikasjon av miljøtilstanden var resultatene nokså like for bunnfauna og SPI i indre fjordområde (bunnfaunastasjon B5) hvor tilstanden ble klassifisert som henholdsvis moderat og mindre god. På Å4 (AA4) sprakte resultatene mer ved at indeksene for bunnfauna her indikerte meget god tilstand (kap 3.6.2). Denne forskjellen kan skyldes at bunnfaunaindeksene legger mest vekt på artsrikhet, mens SPI legger mer vekt på funksjon og aktivitet. Som nevnt for bunnfauna, var flere viktige organismegrupper (sårbare og store sedimentbearbeidende arter) underrepresentert i prøvene fra Årdalsfjorden. Samlet sett kan disse resultatene tyde på at fjordområdet fortsatt er noe påvirket av forurensningene også utenfor de mest påvirkete stasjonene.



Figur 10. Resultater av SPI-undersøkelse, med eksempler fra de ulike stasjonene. Sirkelene som er satt sammen av to halvdelar antyder noe usikkerhet om tilstandsklassene til stasjonene.

Tabell 22. Stasjonene, med posisjon, kameraets penetrasjonsdyp, antall bilder (n), dyp for tilsynelatende redoksgrense (aRPD), BHQ-indeks og tilstandsklasse. Vekt av penetrerende del av kamerautstyr (prøvetak) 16,8 kg.

Stasjon	breddegrad	lengdegrad	Pen dyp (cm)	Antall	aRPD cm	BHQ indeks	Tilstandsklasse
A1	61,233	7,6938	7,2	4	2,4	5,75	mindre god
A3	61,23273	7,6998	10,8	4	3,0	6,50	mindre god - dårlig
A5	61,23158	7,7037	19,2	3	2,3	5,33	mindre god - dårlig
A6	61,2313	7,7071	11,5	3	1,9	6,00	mindre god
B2	61,23097	7,693	10,4	4	2,6	6,50	mindre god
B4	61,23025	7,6994	6,8	2	2,1	5,00	mindre god - dårlig
B6	61,22858	7,7058	16,3	5	3,0	5,60	mindre god - dårlig
AA4 (Å4)	61,22563	7,6898	12,9	4	2,2	5,50	mindre god
AA8 (Å8)	61,22662	7,6416	11,6	4	2,8	7,00	mindre god

4. Referanser

- Baalsrud, K., Green, N., Knutzen, J., Næs, K., Rygg, B. 1986. Overvåking av Årdalsfjorden 1983. En tiltaksorientert undersøkelse av forurensninger fra aluminiumsindustri og befolkning. NIVA-rapport 1870-1986.
- Bakke, T., Breeveld, G., Källqvist, T., Oen, A., Eek, E., Ruus, A., Kibsgaard, A., Helland, A., Hylland, K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Klif TA-2229/2007.
- Berglind, L., Knutzen, J. 1992. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 1992. NIVA-rapport 2811-1992.
- Golmen, L., Daae, K.. 2009. Nytt kommunalt utsplepp til Årdalsfjorden. Målinger ved elvemunningen januar-april 2009. NIVA-rapport 5785-2009.
- Hiscock K, Langmead O, Warwick R. 2004. Identification of seabed indicator species from time-series and other studies to support implementation of the EU Habitats and Water Framework Directives. Report to the JNCC and EAMBA. Plymouth 109 pp.
- Huckins, J.N., Petty, J.D., Booij, K. 2006. Monitors of organic chemicals in the environment. Semipermeable Membrane Devices. Springer Science + Business Media, New York.
- Julshamn, K. 1981. Studies on major and minor elements in molluscs in western Norway. IV: The distribution of 17 elements in different tissues of oyster (*Osrea edulis*), common mussel (*Mytilus edulis*) and horse mussel (*Modiolus modiolus*) taken from unpolluted waters. Fisk. Dir. Skr., Ser. Ernæring 1(5): 215-234.
- Knutzen, J. 1991. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i O- skjell fra Årdalsfjorden 1990. NIVA-rapport FR-529A.
- Knutzen, J. 1995. Overvåking av PAH i o-skjell Årdalsfjorden 1994, med orienterende analyser av dioksiner og non-orto PBC. NIVA-rapport 3248-1995.
- 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.
- Nilsson, H.C., Rosenberg, R. 1997. Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. Journal of Marine Systems. 11:249-264.
- Næs, K., Rygg, B. 1990. Overvåking av Årdalsfjorden i 1989. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 2385-1990.
- Næs, K., Knutzen, J., Oug, E., Rygg, B., Håvardstun, J., Tveiten, L., Lie, M. 2001. Overvåking av Vefsnfjorden, Sunndalsfjorden og Årdalsfjorden 2000. PAH, klorerte forbindelser og metaller i organismer og sedimenter, sammensetning av bløtbunnfauna. NIVA-rapport 4440-2001.
- Oug, E., Næs K. og Rygg, B. 1998. Relationship between soft bottom macrofauna and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from smelter discharge in Norwegian fjords and coastal waters. Mar. Ecol. Prog. Ser. 173: 39-52.
- Person, T.H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanography and Marine Biology Annual Review 16:229-311.

Rosenberg, R., Blomquist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H., Dimming, A. 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Frame Directive. *Marine Pollution Bulletin*. 49:728-739.

Schøyen, M., Næs, K. 2008. O-skjell fra Årdalsfjorden. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 2006 og 2007. NIVA-rapport 5553-2008.

Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanddirektivet. Internett: www.vannportalen.no

5. Vedlegg

5.1 Analyseresultater for sedimenter



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE RAPPORT

Side nr.1/6



Navn HydroÅrdal
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:
Rekv.nr. 2011-189
O.nr. O 10425

Dato
15.04.2011

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St.B4 Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
2	St.Å8 Prøve A	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
3	St.Å8 Prøve B Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
4	St.Å8 Prøve C Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
5	St.Å8 Prøve D Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
6	St.Å8 Prøve E Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
7	St.Å4 Årdal Prøve A	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11

Prøvenr	Analysevariabel	Metode	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Tørrestoff	%	D	35,4	46,9	48,6	43,1	47,6	50,2	43,6
	Kornfordeling <63µm	% t.v.		75	79	74	78	75	78	71
	Karbon, org. total	µg C/mg TS	G	315	24,9	24,2	28,9	22,9	27,4	62,0
	Arsen	µg/g t.v.	E	20	8,6	12	13	11	12	16
	Kadmium	µg/g t.v.	E	0,81	<0,2	0,2	0,2	<0,2	0,2	0,4
	Kobolt	µg/g t.v.	E	10,2	11,7	11,7	12,6	11,6	12,3	14,2
	Krom	µg/g t.v.	E	23,9	25,8	24,1	27,0	26,3	27,1	34,4
	Kobber	µg/g t.v.	E	88,5	72,0	67,5	76,5	74,1	79,0	108
	Kvikksølv	µg/g t.v.	E	0,052	0,025	0,023	0,026	0,026	0,025	0,031
	Molybden	µg/g t.v.	E	1,8	1	1	1	0,9	1	1
	Nikkel	µg/g t.v.	E	68,8	35,4	35,8	38,2	35,9	39,2	57,9
	Bly	µg/g t.v.	E	58,7	23	24	27	23	27	45,7
	Vanadium	µg/g t.v.	E	108	66,9	65,5	74,8	71,2	74,5	104

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

Sink	µg/g t.v. K	106	77,0	74,0	83,3	79,6	81,7	95,6
9-5								
Naftalen i sediment	µg/kg t.v. H	3400	400	410	490	390	510	1300
2-3								
Acenaftylen	µg/kg t.v. H	150	28	28	33	24	31	68
2-3								
Acenaften	µg/kg t.v. H	4600	450	450	530	420	530	1400
2-3								
Fluoren	µg/kg t.v. H	2900	320	340	400	310	390	920
2-3								
Dibenzotiofen	µg/kg t.v. H	1500	180	180	220	170	210	510
2-3								
Fluoranten	µg/kg t.v. H	25000	2700	2800	3300	2500	3200	8400
2-3								
Antracen	µg/kg t.v. H	6000	680	690	830	630	820	1900
2-3								
Fluoranten	µg/kg t.v. H	52000	s5500	s5400	s6400	s5000	s6400	17000
2-3								
Pyren	µg/kg t.v. H	43000	s4500	s4400	s5200	s4100	s5200	14000
2-3								
Benz(a)antracen	µg/kg t.v. H	34000	3500	3500	s4100	3200	s4200	11000
2-3								
Chrysen	µg/kg t.v. H	38000	4000	4200	s4500	3700	s4700	13000
2-3								
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg t.v. H	64000	s7600	s7700	s8700	s7000	s9300	25000
2-3								
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v. H	27000	3000	3000	3400	2700	3600	9500
2-3								
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v. H	39000	s4800	s4900	s5600	s4400	s5900	16000
2-3								
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v. H	43000	s4200	s4200	s4800	s3900	s5000	14000
2-3								
Perylen	µg/kg t.v. H	13000	1200	1200	1400	1100	1400	3800
2-3								

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

- 1 PAH; prøvene er analysert sammen med et sertifisert referans materiale (SRM). Verdiene for ANT i SRM overstiger øvre aksjonsgrense.
- 2 s=Verdiene er noe over øverste punkt i kalibreringskurven.

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-189

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prøve-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	St.B4 Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
2	St.Å8 Prøve A	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
3	St.Å8 Prøve B Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
4	St.Å8 Prøve C Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
5	St.Å8 Prøve D Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
6	St.Å8 Prøve E Årdal	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
7	St.Å4 Årdal Prøve A	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11

Provenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
	Metode								
	Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	33000	±3700	±3700	±4300	±3500	±4500	12000
	t.v. H 2-3								
	Dibenz(ac+ah)antrac.	µg/kg	9500	1100	1100	1300	1000	1300	3500
	t.v. H 2-3								
	Benzo(ghi)perylene	µg/kg	42000	±4900	±4800	±5700	±4600	±5900	16000
	t.v. H 2-3								
	Sum PAH	µg/kg	481050	±52758	±52998	±61203	±48644	±63091	169298
	t.v. Beregnet								
	Sum PAH16	µg/kg	427550	±46578	±46718	±53983	±42974	±55581	148988
	t.v. Beregnet								
	Sum KPAH	µg/kg	251900	±27500	±27810	±31590	±25390	±33110	89300
	t.v. Beregnet								

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-189

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	St.Å4 Årdal Prøve B	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
9	St.Å4 Årdal Prøve C	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
10	St.Å4 Årdal Prøve D	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
11	St.Å4 Årdal Prøve E	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11

Analysevariabel	Enhet	Provenr Metode	8	9	10	11
Tørrestoff	%	B 3	39,9	52,6	47,7	45,7
Kornfordeling <63µm	% t.v.	Intern*	68	71	68	68
Karbon, org. total	µg C/mg TS	G 6	86,2	30,5	82,1	63,3
Arsen	µg/g t.v.	E 9-5	17	6	15	15
Kadmium	µg/g t.v.	E 9-5	0,6	0,2	0,77	0,4
Kobolt	µg/g t.v.	E 9-5	13,5	13,4	13,7	13,6
Krom	µg/g t.v.	E 9-5	31,4	35,1	33,4	32,9
Kobber	µg/g t.v.	E 9-5	111	108	115	105
Kvikksølv	µg/g t.v.	E 4-3	0,035	0,027	0,036	0,031
Molybden	µg/g t.v.	E 9-5	1	1	1	1
Nikkel	µg/g t.v.	E 9-5	75,2	43,9	70,1	54,8
Bly	µg/g t.v.	E 9-5	70,2	28	63,2	46,4
Vanadium	µg/g t.v.	E 9-5	123	85,9	121	102
Sink	µg/g t.v.	E 9-5	103	83,4	105	95,4
Naftalen i sediment	µg/kg t.v.	H 2-3	3300	670	1700	1200
Acenaftalen	µg/kg t.v.	H 2-3	110	38	120	69
Acenaften	µg/kg t.v.	H 2-3	2800	710	2000	1400
Fluoren	µg/kg t.v.	H 2-3	1900	520	1400	950
Dibenzotiofen	µg/kg t.v.	H 2-3	990	280	800	520
Fenantren	µg/kg t.v.	H 2-3	16000	4300	13000	8700
Antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	4100	1100	3100	1900
Fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	35000	8100	29000	17000
Pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	28000	6900	24000	14000
Benz(a)antracen	µg/kg t.v.	H 2-3	22000	5700	21000	11000
Chrysen	µg/kg t.v.	H 2-3	26000	6700	27000	13000
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	47000	13000	49000	25000
Benzo(k)fluoranten	µg/kg t.v.	H 2-3	19000	5200	18000	9700
Benzo(e)pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	30000	8300	30000	15000
Benzo(a)pyren	µg/kg t.v.	H 2-3	28000	7100	24000	14000
Perylen	µg/kg t.v.	H 2-3	8100	2000	6500	3900

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

* : Metoden er ikke akkreditert.

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-189

(fortsettelse av tabellen):

Provenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
8	St.Å4 Årdal Prøve B	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
9	St.Å4 Årdal Prøve C	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
10	St.Å4 Årdal Prøve D	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11
11	St.Å4 Årdal Prøve E	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.11-2011.03.11

Analysevariabel	Enhet	Provenr Metode	8	9	10	11
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg	t.v. H 2-3	23000	86200	20000	12000
Dibenz(ac+ab)antrac.	µg/kg	t.v. H 2-3	6700	1900	6000	3500
Benzo(ghi)perylene	µg/kg	t.v. H 2-3	31000	88100	27000	16000
Sum PAH	µg/kg	t.v. Beregnet	333000	886818	303620	168839
Sum PAH16	µg/kg	t.v. Beregnet	293910	876238	266320	149419
Sum KPAH	µg/kg	t.v. Beregnet	175000	846470	166700	89400

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Norsk institutt for vannforskning

*B. Lauritzen*Bente Lauritzen
Laboratorieingeniør

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

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2011-189

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

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

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

5.2 Analyseresultater for blæretang



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE
RAPPORT

Side nr.1/1



Navn **HydroÅrdal**
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2011-190

15.04.2011

O.nr. O 10425

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

Provenr	Prøve-merket	Provetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Blæretang Årdal G1	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
2	Blæretang Årdal G2	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
3	Blæretang Årdal G3	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
4	Blæretang Årdal G4	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
5	Blæretang Årdal G5	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
6	Blæretang Årdal G6	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04
7	Blæretang Årdal G7	2011.01.26	2011.02.04	2011.02.15-2011.03.04

Analysevariabel	Enhet	Provenr Metode	1	2	3	4	5	6	7
Tørrestoff	%	8-3	23,7	16,6	20,7	25,4	25,1	26,2	25,5
Arsen	µg/g t.v.	8-3	49,6	83,6	32,7	36,3	28,3	50,2	39,3
Kadmium	µg/g t.v.	8-3	1,40	1,60	0,889	0,952	0,857	1,13	0,919
Kobolt	µg/g t.v.	8-3	4,18	2,36	2,43	2,24	2,28	2,61	1,62
Krom	µg/g t.v.	9-5	0,3	1	0,4	2	0,5	0,7	0,7
Kobber	µg/g t.v.	8-3	26,0	22,6	24,3	15,1	14,9	10,9	6,63
Kvikksølv	µg/g t.v.	4-3	0,015	0,016	0,014	0,012	0,014	0,018	0,012
Molybden	µg/g t.v.	8-3	0,22	0,29	0,23	0,21	0,23	0,19	0,19
Nikkel	µg/g t.v.	8-3	14,9	8,08	11,0	10,9	10,0	11,2	8,01
Bly	µg/g t.v.	8-3	0,45	2,13	0,51	1,00	4,14	0,61	1,22
Vanadium	µg/g t.v.	8-3	0,92	2,05	1,10	1,31	1,27	0,76	1,02
Sink	µg/g t.v.	8-3	157	260	90,3	87,2	76,2	75,2	57,3

Kommentarer

1 Metallresultatene er oppgitt på tørvekt.

Norsk institutt for vannforskning

Bente Lauritzen
Laboratorieingeniør

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

5.3 Analyseresultater for o-skjell



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE
RAPPORT

Side nr.1/4



Navn **HydroÅrdal**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2011-202 O.nr. O 10425	15.04.2011

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	G 1 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
2	G 2 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
3	G 4 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
4	G 5 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
5	G 6 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5
Terrstoff	%	B 3	14	11	13	17	12
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,0	1,2	1,4	2,4	1,1
Arsen	µg/g v.v.	E 8-3	2,94	2,73	2,77	4,15	2,49
Kadmium	µg/g v.v.	E 8-3	2,73	2,74	4,05	2,53	3,74
Kobolt	µg/g v.v.	E 8-3	0,219	0,386	0,234	0,136	0,189
Krom	µg/g v.v.	E 9-5	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kobber	µg/g v.v.	E 8-3	2,19	2,24	1,43	2,10	1,76
Kvikksølv	µg/g v.v.	E 4-3	0,025	0,026	0,026	0,027	0,049
Molybden	µg/g v.v.	E 8-3	0,22	0,21	0,22	0,21	0,20
Nikkel	µg/g v.v.	E 8-3	1,19	1,58	1,08	0,52	1,08
Bly	µg/g v.v.	E 8-3	2,04	3,19	1,10	0,48	2,22
Vanadium	µg/g v.v.	E 8-3	0,87	3,07	1,49	0,48	1,21
Sink	µg/g v.v.	E 8-3	116	275	119	68,9	120
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<1	<1	<1	<1	<1
Acenaftylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	1,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	9,2	3,6	0,71	0,51	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	1,1	0,78	<0,5	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	19	11	0,93	2,0	0,65
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	6,5	5,2	<0,5	0,63	<0,5
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	180	38	6,6	13	5,4
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	150	21	1,9	5,6	1,3
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	360	98	19	92	23
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	370	100	32	130	37
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	1200	710	160	590	160
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	400	270	76	290	69
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	540	100	28	77	26
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	380	110	23	130	26
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	71	9,6	3,7	17	2,8
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	180	68	24	86	25

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-202

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	G 1 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
2	G 2 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
3	G 4 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
4	G 5 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11
5	G 6 O-skjell Årdal	2011.01.16	2011.02.07	2011.03.04-2011.04.11

Prøvenr	Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5
	Metode						
	Dibenz (ac+ah)antrac. 2-4	µg/kg v.v. H	77	39	15	63	12
	Benzo (ghi)perylene 2-4	µg/kg v.v. H	220	65	24	76	23
	Sum PAH Beregnet	µg/kg v.v.	s<4166,8	<1651,18	<417,84	<1575,24	<414,65
	Sum PAH16 Beregnet	µg/kg v.v.	s<3554,7	<1540,8	<385,64	<1480,74	<385,35
	Sum KPAH Beregnet	µg/kg v.v.	s<2968	<1396	<350	<1382	<353

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Norsk institutt for vannforskning

*B. Lauritzen*Bente Lauritzen
Laboratorieingeniør

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

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2011-202

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

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

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Kommentarer

- 1 PAH: s= Konsentrasjonen av forbindelsen i ekstraktet av prøven overstiger kalibreringskurvens dekningsområde. Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

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

5.4 Analyseresultater for passive prøvetakere



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE
RAPPORT

Side nr.1/4



Navn **HydroÅrdal**
Adresse

Deres referanse:	Vår referanse:	Dato
	Rekv.nr. 2011-379 O.nr. O 10425	15.04.2011

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

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	SPMD K 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
2	SPMD G1 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
3	SPMD G4 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
4	SPMD G5 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
5	DGT G4 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18
6	DGT G5 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18
7	DGT Blind		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18

Prøvenr	1	2	3	4	5	6	7
Prøvenr							
Analysevariabel							
Enhet Metode							
Kadmium E 8-3					0,013	0,014	<0,00026
Kobolt E 8-3					0,0094	0,0077	0,00019
Krom E 8-3					0,22	0,0095	0,028
Kobber E 8-3					0,080	0,077	0,0019
Molybden E 8-3					0,028	0,038	0,00064
Nikkel E 8-3					0,17	0,15	0,0027
Bly E 8-3					0,0042	0,016	0,00031
Vanadium E 8-3					m	m	m
Sink E 8-3					0,85	0,59	0,070
DGT10						☐	☑
Intern*						☑	☑
Acenaftalen ng/SPMD H 2-2*	<5	7,7	8,3	<5			
Acenaften ng/SPMD H 2-2*	<5	200	250	55			
Fluoren ng/SPMD H 2-2	7,9	210	190	53			

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

Dibenzotiofen	<5	63	17	14			
ng/SPMD H 2-2*							
Fenantren	16	950	510	230			
ng/SPMD H 2-2*							
Antracen	<5	40	14	5,0			
ng/SPMD H 2-2*							
Fluoranten	<5	3700	730	820			
ng/SPMD H 2-2*							
Pyren	<5	2500	110	550			
ng/SPMD H 2-2*							
Benz(a)antracen	<5	1500	240	380			
ng/SPMD H 2-2*							
Chrysen	<5	1700	310	720			
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(b+j)fluoranten	<5	3500	730	1400			
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(k)fluoranten	<5	690	200	270			
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(e)pyren	<5	1900	230	890			
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(a)pyren	<5	570	68	150			
ng/SPMD H 2-2*							
Perylen	<5	120	19	35			
ng/SPMD H 2-2*							
Indeno(1,2,3cd)pyren	<5	440	130	220			
ng/SPMD H 2-2*							
Dibenz(ac+ah)antrac.	<5	190	28	100			
ng/SPMD H 2-2*							
Benzo(ghi)perylene	<5	510	110	320			
ng/SPMD H 2-2*							
Sum PAH	<103,9	18790,7	3894,3	<6217			
ng/SPMD Beregnet							
Sum PAH16	<88,9	16707,7	3628,3	<5278			
ng/SPMD Beregnet							

m : Analyseresultat mangler.

✓ : Analysen utført.

* : Metoden er ikke akkreditert.

Kommentarer

- 1 DGT er belastet på kode 2010-2842
SPMD er belastet på kode 2010-2842
m = Blir ikke rapportert på vår metode.

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-379

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	SPMD K 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
2	SPMD G1 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
3	SPMD G4 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
4	SPMD G5 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.23-2011.04.14
5	DGT G4 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18
6	DGT G5 25/1-7/3		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18
7	DGT Blind		2011.03.09	2011.03.18-2011.03.18

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4	5	6	7
			Sum KPAH	ng/SPMD	Beregnet	<35	8590	1706	3240
Ace-naften-D10	ng/SPMD	H-2-2*	673	23,5	39,4	18,0			
Fluoren d10	ng/SPMD	H 2-2*	650	40,9	58,3	27,4			
Fenantren D10	ng/SPMD	H 2-2*	702	198	178	122			
Chrysen D12	ng/SPMD	H 2-2*	876	788	387	782			
Benzo (e) pyren D12	ng/SPMD	H 2-2*	613	597	207	596			

* : Metoden er ikke akkreditert.

Norsk institutt for vannforskning

*B. Lauritzen*Bente Lauritzen
Laboratoriefagingeniør

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

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2011-379

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

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

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

Oversikt over nivåer av PRCer i SPMDene etter endt eksponering i Årdalsfjorden. Verdier i bold antyder unormalt lave konsentrasjoner.

	% PRC igjen i SPMDen etter eksponeringsperioden				
	ACE- <i>d</i> ₁₀	FLE- <i>d</i> ₁₀	PHE- <i>d</i> ₁₀	CHRY- <i>d</i> ₁₂	BeP- <i>d</i> ₁₀
G1	3.5	6.3	28.2	90.0	97.4
G4	5.9	9.0	25.4	44.2	33.8
G5	2.7	4.2	17.4	89.3	97.2

5.5 Analyseresultater for utsatte blåskjell



Norsk
Institutt
for
Vannforskning

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

ANALYSE
RAPPORT

Side nr.1/4



Navn **HydroÅrdal**
Adresse

Deres referanse:

Vår referanse:

Dato

Rekv.nr. 2011-383

15.04.2011

O.nr. O 10425

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

Prøvenr	Prøve merket	Prøvetakings- dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Blåskjell kontroll	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
2	Blåskjell St.G1	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
3	Blåskjell St.G4	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
4	Blåskjell St.G5	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
Tørrestoff	%	B 3	17	17	16	15
Fett	% pr.v.v.	H 3-4	1,9	1,8	1,6	1,7
Arsen	µg/g v.v.	E 8-3	2,30	3,20	2,97	3,19
Kadmium	µg/g v.v.	E 8-3	0,118	0,173	0,183	0,180
Kobolt	µg/g v.v.	E 8-3	0,0305	0,0646	0,0485	0,0488
Kron	µg/g v.v.	E 9-5	<0,2	0,52	<0,2	<0,2
Kobber	µg/g v.v.	E 8-3	0,91	1,03	0,96	0,91
Kvikksølv	µg/g v.v.	E 4-3	0,010	0,013	0,014	0,012
Molybden	µg/g v.v.	E 8-3	0,08	0,31	0,17	0,24
Nikkel	µg/g v.v.	E 8-3	0,12	0,43	0,13	0,12
Bly	µg/g v.v.	E 8-3	0,07	0,15	0,11	0,10
Vanadium	µg/g v.v.	E 8-3	0,06	0,43	0,24	0,33
Sink	µg/g v.v.	E 8-3	14,6	16,8	16,3	16,1
Naftalen	µg/kg v.v.	H 2-4	<1	3,4	H	<1
Acenaftylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Acenaften	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	7,3	1,4	<0,5
Fluoren	µg/kg v.v.	H 2-4	0,71	6,1	1,1	<0,5
Dibenzotiofen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	3,1	<0,5	<0,5
Fenantren	µg/kg v.v.	H 2-4	2,1	56	6,8	2,7
Antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	12	<0,5	<0,5
Fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	1,4	230	24	11
Pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	0,99	210	15	8,2
Benz(a)antracen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	8310	24	15
Chrysen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	8400	68	45
Benzo(b+j)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	0,68	81100	170	130
Benzo(k)fluoranten	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	260	36	30
Benzo(e)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	0,73	8600	120	83
Benzo(a)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	210	13	9,6
Perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<1	54	3,9	2,3
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	160	23	20

m : Analyseresultat mangler.

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

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Kommentarer

- 1 PAH: s= Konsentrasjonen av forbindelsen i ekstraktet av prøven overstiger kalibreringskurvens dekningsområde. Det er derfor knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.
PAH: NAP-m Mangler verdi grunnet et uhell unner opparbeiding

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

ANALYSE
RAPPORT

Rekv.nr. 2011-383

(fortsettelse av tabellen):

Prøvenr	Prøve-merket	Prøvetakings-dato	Mottatt NIVA	Analyseperiode
1	Blåskjell kontroll	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
2	Blåskjell St.G1	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
3	Blåskjell St.G4	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14
4	Blåskjell St.G5	2011.03.07	2011.03.10	2011.03.24-2011.04.14

Analysevariabel	Enhet	Prøvenr Metode	1	2	3	4
Dibenz (ac+ah)antrac.	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	63	8,7	8,7
Benzo(ghi)perylen	µg/kg v.v.	H 2-4	<0,5	170	30	32
Sum PAH	µg/kg v.v.	Beregnet	<14,11	8<3855,4	<546,4	<401
Sum PAH16	µg/kg v.v.	Beregnet	<11,88	8<3198,3	<422	<315,2
Sum KPAH	µg/kg v.v.	Beregnet	<4,68	82506,4	342,7	<259,3

s : Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Norsk institutt for vannforskning

B. Lauritzen
Bente Lauritzen
Laboratorieingeniør

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

ANALYSE RAPPORT



Rekv.nr. 2011-383

(fortsettelse av tabellen):

VEDLEGG

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

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

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

¹ Bare a,h-isomeren har potensielt kreftfremkallende egenskaper

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

5.6 Oversikt over komplett bunnfauna

Fullstendige resultater for prøvene av bunnfauna i Årdalsfjorden 26. januar 2011.
Tallene angir antall individer i prøvene.

		Stasjon	B5				Å4			
		Replikat prøve	I	II	III	IV	I	II	III	IV
ANTHOZOA	Edwardsia sp								1	
NEMERTINEA	Nemertea indet			2	2		3	3	5	5
POLYCHAETA	Paramphinome jeffreysii		12	12	5		4	3	5	9
	Eunoe sp				1		1			1
	Pholoe baltica		1							
	Nereimyra punctata		2				1			2
	Syllidia armata		1							
	Pilargis sp							1		
	Eunereis longissima					1				
	Nephtys hystericis						11	11	9	11
	Nephtys sp		2	1	2	1				
	Glycera lapidum		1	3	6	4	5	1	5	6
	Goniada maculata						2	1	2	1
	Augeneria cf. tentaculata						5	2	8	2
	Lumbrineris aniara		1	1	3	3				
	Ophryotrocha sp								1	
	Aricidea sp						6	3	4	4
	Levinsenia gracilis							2		6
	Prionospio cirrifera				1	2			1	
	Prionospio dubia						2	4		4
	Spiophanes kroeyeri				1					1
	Aphelochaeta sp				1	1				
	Chaetozone setosa						9		1	5
	Chaetozone sp				1					
	Macrochaeta sp								2	
	Tharyx/Caulleriella sp						4	3	2	6
	Diplocirrus glaucus						2	3	3	4
	Pherusa sp						2			1
	Polyphysia crassa						1			
	Scalibregma inflatum						1			
	Ophelina sp							1	1	
	Heteromastus filiformis						1	1	4	4
	Heteromastus sp II				6		12	6	27	11
	Clymenura borealis								3	
	Clymenura sp						3		11	
	Euclymene sp						5	5	2	5
	Lumbriclymeninae indet						1		4	
	Rhodine loveni		1							
	Galathowenia oculata						1		2	
	Ampharetidae indet			3	1	3	10	6	15	9
	Anobothrus gracilis							1		1
	Paramphitrite tetrabranchiata							1		
	Pista cristata							1		
	Terebellidae indet		1							
	Terebellides stroemi						2			1
	Trichobranchus roseus								1	
	Euchone sp			3	2		3		4	2
	Sabellidae indet						1			2
CAUDOFOVEATA	Caudofoveata indet						2	1		
BIVALVIA	Yoldiella cf. philippiana									1
	Yoldiella sp									1
	Bathyarca pectunculoides				1					1
	Limatula gwyni			3			1		1	
	Mendicula ferruginosa		4	2	5	9	24	29	33	11
	Thyasira cf. flexuosa		1							
	Thyasira cf. obsoleta						1	4	6	2
	Thyasira sp		1	3	2	1	14	7	11	7
	Astarte montagui						1	3	1	2
	Kelliella abyssicola		3	47	59	84	16	35	43	61
	Tropidomya abbreviata			1						1
TANAIDACEA	Tanaidacea indet									1
ISOPODA	Gnathia maxillaris			2		1				
AMPHIPODA	Oediceropsis brevicornis						2	1		1
SIPUNCULIDA	Golfingia sp						5		3	
	Onchnesoma squamatum									1
OPHIUROIDEA	Amphiura chiajei						1		1	
HOLOTHUROIDEA	Labidoplax buski								1	
VARIA	Vermiformis indet							1		

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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