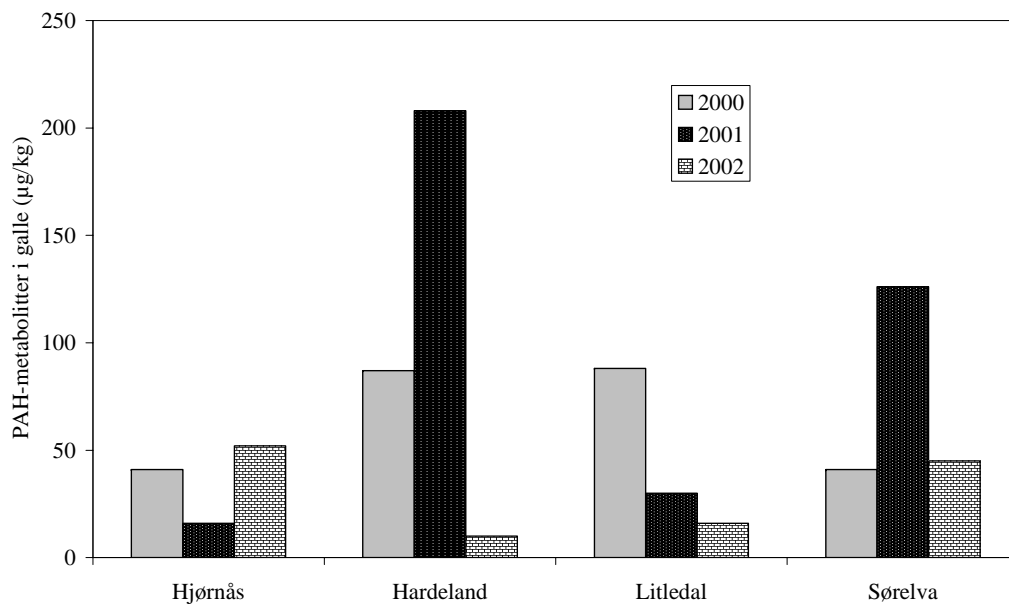




RAPPORT LNR 4936-2004

Metaller og PAH i fisk og innsjøsedimenter nedstrøms Hardeland kraftverk i Etnevasdraget

Resultater fra høsten 2002



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Metaller og PAH i fisk og innsjøsedimenter nedstrøms Hardeland kraftverk i Etnevassdraget Resultater fra høsten 2002	Løpenr. (for bestilling) 4936-2004	Dato Desember 2004
	Prosjektnr. Undernr. O-20193	Sider Pris 17
Forfatter(e) Hobæk, Anders	Fagområde Miljøgifter ferskvann	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

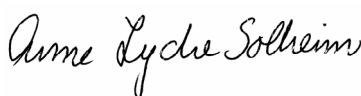
Oppdragsgiver(e) Haugaland kraft AS	Oppdragsreferanse 216/00
--	-----------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Etter en akutt forurensningsepisode i Etnevassdraget våren 2000 overvåkes innhold av miljøgifter (metaller og PAH-metabolitter) i fisk. Overvåking av miljøgifter i fisk, samt målinger i sedimenter fra innsjøer nedenfor utslippsstedet i 2000 og 2001 har dokumentert spredning av miljøgifter i vassdraget og forhøyete nivåer av miljøgifter i fisk. Forurensningsnivået har vært vurdert som moderat til markert. Her rapporteres resultater fra prøvetaking i 2002.</p> <p>Innholdet av metaller i filet av aure var lavt i hele vassdraget, og på nivå med en referansestasjon upåvirket av utslippet. Noe høyere verdier for bly og sink i fiskefilet målt i 2000-2001 var redusert i 2002. Det ble påvist to PAH-metabolitter i fiskens galle. I aure var nivået av PAH-metabolitter lavere eller likt med bakgrunnsnivået på alle stasjoner, og det synes som eksponering for PAH gjennom næringskjeden er tilbake til normalnivå. Imidlertid viste målinger på ungfisk av laks i Sørelva vesentlig høyere nivå. Dette kan indikere at PAH fortsatt er tilgjengelig i næringskjeden. Det anbefales ikke tiltak for å fjerne forurensede sedimenter, siden forurensningsnivået er moderat, og tiltak vil innebære risiko for ny spredning.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Vassdrag Miljøgifter Fisk Sediment 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Freshwater Environmental toxins Fish Sediments
--	--



Anders Hobæk
Prosjektleder



Anne Lyche Solheim
Forskningsleder



Nils Roar Sælthun
Forskningsjef

**Metaller og PAH i fisk og innsjøsedimenter
nedstrøms Hardeland kraftverk i Etnevasdraget**

Resultater fra høsten 2002

Forord

Dette prosjektet overvåker miljøgifter i fisk etter at malingrester fra rørgaten til Hardeland kraftverk ved et arbeidsuhell ble ført ut i Litledalsvassdraget i Etne i mars 2000. Prosjektet har lagt opp til målinger over tre år, og her rapporteres resultatene av tredje års prøvetaking. Hovedvekten i prosjektet er lagt på miljøgifter i fisk.

Feltarbeidet ble utført 17. - 18. oktober 2001 av Vilhelm Bjerknes og Henny Knutsen, begge fra NIVA Vestlandsavdelingen. Vi takker grunneierne og de ansatte ved Hardeland kraftverk ved Rudolf Adolfsen for velvillig bistand ved garnfisket.

Bergen, desember 2004

Anders Hobæk

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Materiale og metoder	8
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 Miljøgifter i fisk	9
3. Resultater	11
3.1 Miljøgifter i fisk	11
4. Diskusjon og vurdering	14
5. Henvisninger	16
Vedlegg A. Analyseresultater	17

Sammendrag

Ved et uhell under sandblåsing av rørgaten til Hardeland kraftverk i Etnevassdraget, Hordaland, ble blåsesand iblandet malingrester ført ut i vassdraget. Malingrestene inneholdt tungmetallene nikkel, krom, bly og sink, i tillegg til tjærestoffer i gruppen polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). For å vurdere mulige effekter av forurensningene på liv i vassdraget gjennomføres et overvåkingsprogram av fiskebestandene over perioden 2000-2002. Her rapporteres resultatene fra tredje års undersøkelser, basert på materiale innsamlet i vassdraget i oktober 2002. Tidligere undersøkelser har påvist miljøgifter i sediment i Hardelandsvatn og Litledalsvatn. Det er også vist et forhøyet nivå av bly og sink i muskelvev hos aure i vassdraget, og PAH-metabolitter målt i galle har indikert at en del av PAH-forurensningen har gått inn i vassdragets næringskjeder.

Fiskeundersøkelsene omfattet målinger av de aktuelle metallene i fiskekjøtt (filet), og metabolitter (nedbrytningsprodukter) av PAH i fiskens galle. Fisk fra Hardelandsvatn, Litledalsvatn og Sørrelva nedstrøms Litledalsvatn ble undersøkt. I tillegg ble det fanget fisk i Hjørnåsvatn, som ligger ovenfor utslippsområdet og tjener som referanselokalitet. Aure var eneste fiskeslag på de to øvre stasjonene, mens det i Litledalsvatn også ble analysert på sjøaure i tillegg til stasjonær aure. I Sørrelva ble det fanget ungfisk av aure og laks. Innholdet av sink i fiskekjøtt var generelt lavt, og var likt med eller ganske nær referansenivået på alle stasjoner. For bly fant vi også konsentrasjoner nær referansenivået. Som årene før lå fisken i Hardelandsvatnet høyest for bly, men i 2002 var forskjellen mellom Hardelandsvatn og de andre stasjoner (inklusive referansen) liten.

Mengden PAH-metabolitter i galle hos stasjonær aure fra alle stasjoner lå i 2002 likt med eller lavere enn i Hjørnåsvatn, og eksponering for PAH gjennom næringskjeden synes derfor å være forbi. Imidlertid ble det påvist et vesentlig høyere nivå av PAH-metabolitter hos ungfisk av laks i Sørrelva. Dette kan tyde på at PAH fortsatt kommer inn i næringsnettet, og at forskjeller i næringsvalg gjenspeiler seg i ulikt nivå av PAH-metabolitter hos laks og aure i Sørrelva. Også i sjøaure fra Litledalsvatn fant vi høyere nivå av PAH-metabolitter enn i stasjonær aure fra den samme innsjøen, som tidligere år. Dette antas å henge sammen med eksponering i sjøen, og ikke i vassdraget.

Overvåkingen har vist at miljøgiftene fra utslippet i 2000 er spredt nedover vassdraget. For aure synes påvirkning av de aktuelle miljøgiftene å være redusert til bakgrunnsnivå, men for PAH er denne konklusjonen usikker pga. målingene fra laks i Sørrelva. De biologiske effektene av PAH for fisken er usikre.

Tiltak for å fjerne forurensede masser vurderes som lite aktuelle. Forurensningsnivået er moderat, nivåene målt i stasjonær fisk er tilbake nær bakgrunnsnivå, og eventuelle tiltak vil gi kunne økt risiko for spredning.

Summary

Title: Metal and PAH concentrations in lake sediments and fish below Hardeland hydroelectric power station in the Etne River, Western Norway: Results from October 2002.

Year: 2004

Author: Hobæk, Anders

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4628-2

Lake Hardelandsvatn was exposed to an acute pollution incident during spring 2000, which released considerable amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and heavy metals into the Etne river system. Following this incident, a surveillance program was established from 2000-2002.

In autumn 2000, variable amounts of PAH compounds and metals were detected in the lake sediments of Lake Hardelandsvatn. In 2001, analyses of sediment from the downstream Lake Litledalsvatn demonstrated that downstream spreading of lead, zinc and PAH compounds had occurred. The level of metal pollution was considered moderate, while PAH levels departed markedly from reference conditions. Furthermore, brown trout caught in Lake Hardelandsvatn contained elevated levels of lead (in muscle tissue) and PAH metabolites (in bile) both in 2000 and 2001. Lead levels showed a declining trend, while PAH metabolite levels had increased. Trout caught at stations downstream of the point of pollution in 2000-2001 had slightly elevated levels of zinc (in muscle tissue). This report provides the results of the third year (2002) of surveillance.

Analyses of metal contents in fish muscle tissue indicated a slightly elevated level of lead in brown trout from Lake Hardelandsvatn, but not in fish caught downstream. However, the lead contents seem to approach the reference level even in Hardelandsvatn. Zinc levels in brown trout had declined at all stations from the previous year, approaching the reference level.

We analysed for four PAH metabolites in bile from brown trout. Only two of these metabolites could be detected. In brown trout, the level of metabolites had declined towards the reference level at all stations, after having peaked in 2001 (one year after the pollution incident). However, corresponding measurements in salmon parr from the lowermost river station showed a markedly higher level. This observation suggests that PAH is still available in the food chain. The reason for the difference between these species is unknown.

A moderate level of pollution suggests that attempts to remove polluted sediments have little purpose.

1. Innledning

Et arbeidsuhell våren 2000 ved Hardeland Kraftverk i Etne, Hordaland, førte til at malingrester inneholdende flere miljøgifter ble ført ut i Litledalsvassdraget (Sørelva), som er en gren av Etnevassdraget. Et innleid entreprenørfirma drev sandblåsing av tre rørledninger som fører til kraftstasjonen. Som følge av mildvær og store nedbørsmengder trengte vann inn i tunnelen 11-13 mars 2000. Dette førte blåsesand iblandet malingrester ut av tunnelen og videre ut i Kriteelva, og via denne videre ut i Hardelandsvatnet. Malingens innhold av giftige komponenter medførte en akutt forurensningssituasjon.

Etter inspeksjon 5. april 2000 gav Statens forurensingstilsyn (SFT) pålegg til Haugaland kraft AS om å gjennomføre tiltak for å hindre ytterligere forurensning, dessuten å utrede hvilken miljømessig risiko forurensningen representerte og om det var behov for å fjerne forurensningen. Det ble gjennomført en risiko- og tiltaksvurdering (ICG 2000), og senere en opprensingsaksjon 26. mai (Kriteelva) og 5-6 juni (Hardelandsvatn).

Det er anslått at mellom 20 og 30 tonn forurenset blåsesand ble ført ut i vassdraget. Analyser av blåsesanden utført av Miljø-Kjemi, Norsk Analysesenter for ICG viste at den var forurenset av metallene bly, krom, nikkel, og sink, og dessuten av tjærestoffer av typen polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Anslag for disse komponentene ligger på 100-150 kg bly, 30-40 kg krom, 70-90 kg nikkel, 150-200 kg sink, og 5-10 kg PAH (ICG 2000).

Under opprensingsaksjonen 5-6 juni 2000 ble Hardelandsvatnet tappet ned inntil 4,5 m. Det viste seg da at blåsesanden var spredt over et større område i Hardelandsvatnet enn forventet, trolig pga. sterk vannstrøm ved utløpet av kraftstasjonen og periodevis stor vannføring i Kriteelva. I løpet av aksjonen ble det tatt opp nokså beskjedne mengder forurenset blåsesand, anslagsvis 600-800 kg. Medregnet sanden som tidligere ble tatt opp fra Kriteelva er det fjernet ca. 2 tonn sand fra resipienten.

Etter opprensingen vurderte SFT de gjenværende mengder tungmetaller og tjærestoffer (PAH) til å representere en miljørisiko med fare for videre spredning av stoffene og opptak i næringskjeden. For å følge opp dette ble Haugaland kraft AS pålagt å gjennomføre et overvåkingsprogram for vassdraget.

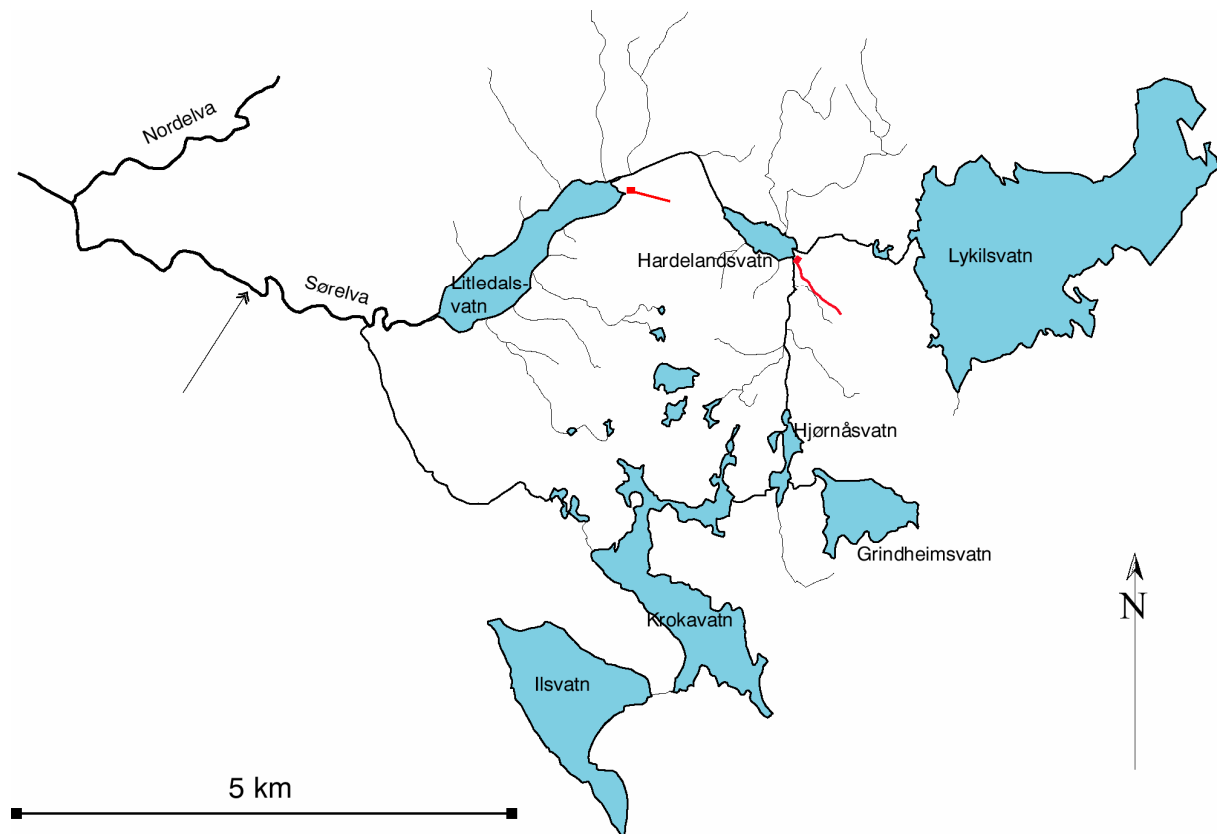
Overvåkingsprogrammet er gjennomført over tre år (2000-2002). Programmet inkluderte prøvetaking av fisk på flere stasjoner i vassdraget hver høst. De første prøvene i programmet ble tatt høsten 2000 (Hobæk 2001). Undersøkelsene 2000-2001 påviste svært variable mengder miljøgifter i sediment i Hardelandsvatn, og et tydelig påslag av bly, sink og særlig PAH i sediment fra Litledalsvatn. Innholdet av metaller i filet fra aure viste forhøyet nivå av bly hos fisk fra Hardelandsvatn, og et svakt forhøyet nivå av sink hos fisk fra Litledalsvatn og Sørelva.

Her rapporteres resultatene av prøvetaking høsten 2002. I denne undersøkelsen inngikk bare analyser av miljøgifter i fisk.

2. Materiale og metoder

2.1 Områdebeskrivelse

Etnevassdraget består av to større grener, kalt Stordalsvassdraget og Litledalsvassdraget. Disse samles i hhv. Nordelva og Sørrelva, som møtes til Etneelva ca. 2,5 km ovenfor utløpet i Etnepollen. Hardlandsvatn (201 m o.h.) ligger i Litledalsvassdraget eller Sørrelva (Figur 1). Det har et areal på 0,17 km², og største kjente dyp er ca 17 m. Det finnes ikke dybdekart for innsjøen. Vassdraget er bygget ut for kraftproduksjon i de øvre delene, som har et betydelig nedbørfelt (621 km²). Hardland kraftstasjon tapper vann fra magasinet Lykilsvatn (626 m o.h.). Vann overføres også til denne kraftstasjonen fra feltet i sør med Iilsvatn, Krokavatn og Grindheimsvatn. Restvannføring fra deler av det store feltet når Hardlandsvatn gjennom Kriteelva og flere mindre bekker (Figur 1). Årlig middelavrenning fra Hardlandsvatn er ca. 175,3 mill. m³. En kort elv fører fra Hardlandsvatnet ned til Litledalsvatnet (71 m o.h.). Anadrom fisk (sjøaure) vandrer opp til denne innsjøen gjennom Sørrelva, men når ikke lenger opp i vassdraget.



Figur 1. Oversiktskart over Sørrelva (Litledalsvassdraget) ned til samtløp med Nordelva (Stordalsvassdraget). Kartet er skjematisk for store deler av feltet. Bare for Hardlandsvatn og Litledalsvatn er tilløpsbekker tegnet inn. Hovedmagasin for Hardland kraftstasjon er Lykilsvatnet. Kraftstasjoner og rørgater er vist i rødt. Fra Hardlandsvatn utnyttes også fallet til Litledalsvatn. Prøvetaking av fisk ble utført i Hjornåsvatn, Hardlandsvatn, Litledalsvatn og i Sørrelva (område markert med pil).

En oversikt over stasjoner for prøvetaking er vist i Tabell 1. Hardelandsvatn, Litledalsvatn og Sjørelva ble undersøkt med hensyn på miljøgifter i fisk. Som referansestasjon for fiskeundersøkelsene ble Hjørnåsvatn valgt. Dette er et lite vatn som ligger oppstrøms Hardelandsvatn med avrenning til Kriteelva (Figur 1).

Tabell 1. Undersøkte stasjoner i Litledalsvassdraget 17-18 oktober 2002. Innsjønumrene er løpenummer i NVAs innsjødatabase, hvor informasjonen er hentet fra.

Stasjon	Innsjø nr.	UTM sone	UTM øst	UTM nord	Hoh.	Areal km ²	Omkrets Km
Hjørnåsvatn	22375	32	336345	6614893	526	0,10	2,36
Hardelandsvatn	1472	32	336002	6617163	201	0,17	2,03
Litledalsvatn	1470	32	333595	6616996	71	0,88	5,52
Sjørelva	-	32	330850	6616750	ca. 50	-	-

2.2 Miljøgifter i fisk

Det ble fisket med 3 garn i Hardelandsvatn og 5 garn i Litledalsvatn. Garna ble satt enkeltvis fra land. I referanselokaliteten Hjørnåsvatnet ble det satt to garn. Garna sto ute fra 17. til 18. oktober. I Sjørelva nedenfor utløpet av Litledalsvatn (ved Rygjabø) ble det 17. oktober fanget med elektrisk fiskeapparat. Fangstresultater er vist i Tabell 2. Prøver av gallevæske ble tatt av fersk fisk vha. engangssprøyte med tynn kanyle og overført til små tuber (Eppendorf-rør). All gallevæske i blærene ble tatt ut. Blandprøver av galle fra inntil 10 fisk ble frosset på tørris umiddelbart. Inntil 10 fisk fra hver stasjon ble pakket individuelt i aluminiumsfolie, deretter i plastpose og frosset ned i felt. Fra Litledalsvatn ble det tatt galleprøver av 4 sjøaure. Det ble ikke fanget noe røye i Litledalsvatn.

Tabell 2. Fangster i Litledalsvassdraget 17-18. oktober 2002. Det ble tatt prøver av fisk for analyse av metaller i muskel (filet) og PAH-metabolitter i galle. Prøvene er tatt som blandprøver, dvs. vev eller galle fra flere fisk er slått sammen i én prøve. Antall fisk som er med i blandprøvene er angitt.

Stasjon	Antall garn	Stasjonær aure		Sjøaure		Laks	
		Fangst	Prøver	Fangst	Prøver	Fangst	Prøver
Hjørnåsvatn	2	28	10				
Hardelandsvatn	3	53	10				
Litledalsvatn	5	35	10	1	1 ¹		
Sjørelva (el. fiske)	-	10	10			10	10 ¹

¹ bare prøve av galle er analysert

Den stasjonære fisken var småfallen i alle vatna, og de fleste aurene var under 25 cm lange (Tabell 3). Snittlengden hos aure det ble tatt prøver av lå mellom 22 og 24 cm i de tre innsjøene. Sjøauren fra Litledalsvatn var langt større fisk (45,8 cm lengde). Auren som ble fanget på Sjørelva kan være avkom av både sjøaure og stasjonær aure. Dette var naturlig nok mindre fisk (middel lengde 13,3 cm for aure og 11,4 cm for laks). Av laks er bare galleprøven analysert. Det er ikke analysert på laks tidligere i programmet.

En oversikt over den analyserte fisken er vist i Tabell 3. Den frosne fisken ble oppbevart i dypfryser til utskjæring av fileten. Dette ble utført ved NIVAs Vestlandsavdeling. Under ukontaminerte (rene) forhold ble det dissekert ut skinn- og beinfrie prøver av skjellett-muskulaturen (muskelfilet) fra hver fisk. Blandprøvene besto av jevnstore vevsprøver (4-5 g) fra hvert individ, og ble lagret på glødede glass forseglet med glødet aluminiumsfolie. Ungfsken fra Sjørelva var så små at filetene fra de enkelte

fisk bare var 2,9 g i snitt. Alle prøvene ble oppbevart nedfrosset ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ inntil de ble sendt laboratoriet for analyse. I Tabell 3 er det også angitt samlet prøvestørrelse for hver blandprøve av filet til metallanalyser. Prøvene av gallevæske ble oppbevart nedfrosset ved $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ inntil de ble sendt laboratoriet for analyse.

Tabell 3. Prøvetaking av filet for analyse av tungmetaller. Tabellen viser lengde og vekt (minimum og maksimum) for fisk som inngikk i hver blandprøve, og samlet mengde filet i blandprøven som ble analysert.

Stasjon	Art	N	Lengde (cm)	Prøvestørrelse (g)
Hjørnåsvatn	Aure	10	21,0 – 27,1	55,3
Hardelandsvatn	Aure	10	20,1 – 23,7	54,6
Litledalsvatn	Aure	10	19,6 – 29,4	55,4
Sørelva	Aure	10	11,5 – 15,2	29,4

Metallanalyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo etter NIVA metode E 8-2, som omfatter analyse vha. ICPMS etter homogenisering og oppslutting i salpetersyre.

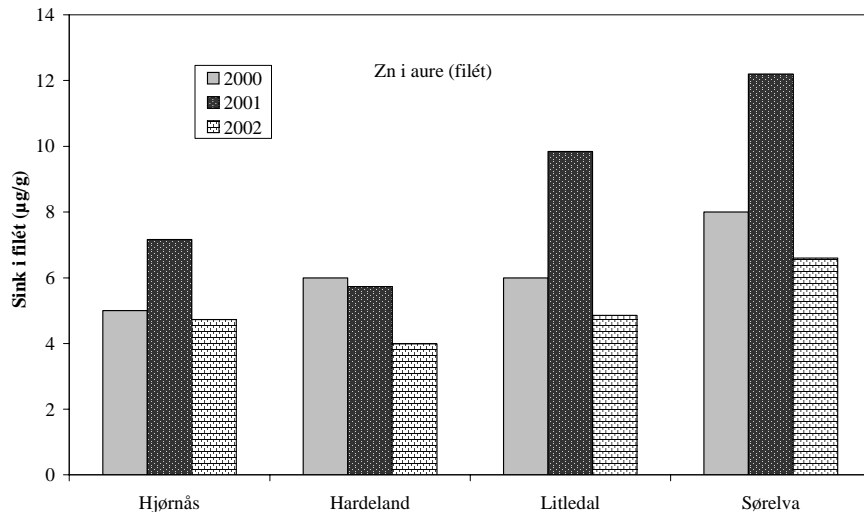
Galleprøvene ble analysert for PAH-metabolittene 2-OH-naftalen, 3-OH-benzo(a)pyren, 1-OH-pyren, og 1-OH-fenantren etter at gallen var spaltet enzymatisk. Proteinet i prøvene ble felt med en alkohol, og det ble analysert direkte på supernatanten (den overliggende væsken) ved hjelp av HPLC fluorescence-deteksjon. En PAH-forbindelse ble benyttet som indre standard. Analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Det ble analysert for PAH-metabolitter i galle, da fisk er i stand til å nedbryte PAH slik at konsentrasjonene av PAH i muskelvev og organer oftest er svært lavt og ikke nødvendigvis står i noe direkte forhold til belastningen de er utsatt for.

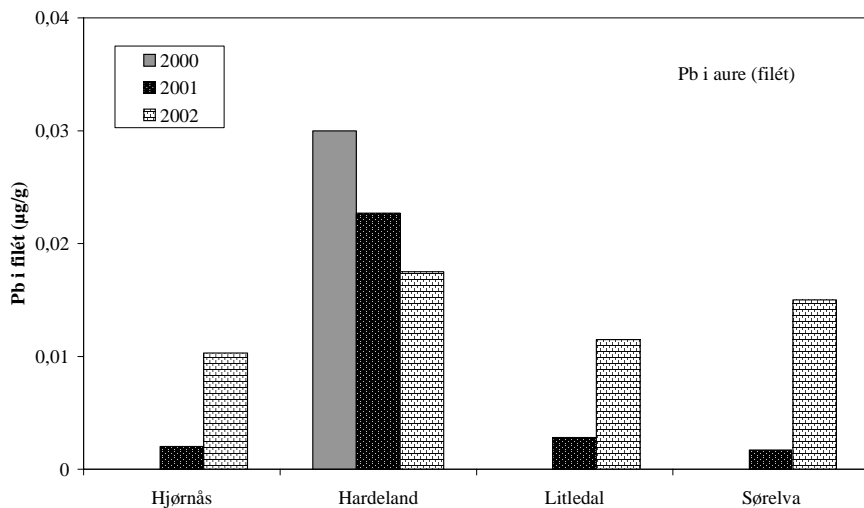
3. Resultater

3.1 Miljøgifter i fisk

Måleresultater er samlet i Vedleggstabellene 1 og 2. Innholdet av metaller i fiskefilet var generelt lavt. For sink var det ubetydelig forskjell mellom innholdet i fisk fanget ovenfor og nedenfor utslippsområdet (Figur 2). Det svakt forhøyete nivået vi registrerte på de nedre stasjonene i 2001 har avtatt.



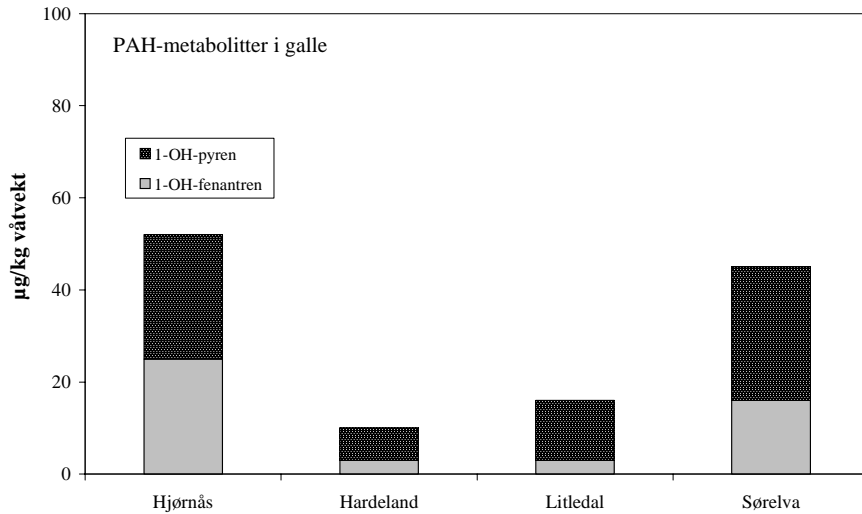
Figur 2. Målinger av sink (Zn) i filet av aure i Litledalsvassdraget i 2000 - 2002. Hver analyse er gjort på blandprøve av filet fra 10 fisk på hver stasjon.



Figur 3. Målinger av bly (Pb) i filet av aure i Litledalsvassdraget i 2000-2002. Analysene er gjort på blandprøver av filet fra 10 fisk på hver stasjon. I 2000 lå måleverdiene under deteksjonsgrensen i tre av innsjøene, og det er derfor ikke plottet verdier for disse.

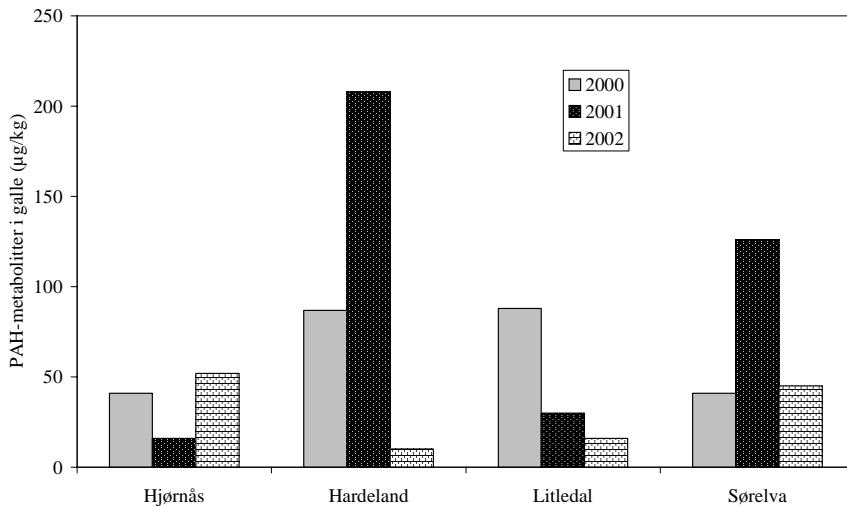
For bly registrerte vi fortsatt høyere nivå i fisk fra Hardelandsvatn enn fra de øvrige stasjoner (Figur 3), men tendensen synes å være avtakende. Ellers ble det registrert en klar økning i blynivå forhold til 2001 både ovenfor og nedenfor Hardelandsvatn. Siden dette også gjelder referansestasjonen, kan denne variasjonen ikke knyttes til utslippet i 2000.

Det ble målt innhold av 4 ulike PAH-metabolitter i galleprøvene. Av disse ble to forbindelser ikke påvist, dvs. de lå under deteksjonsgrensen på 10 µg/kg. 1-OH-pyren og 1-OH-fenantren ble imidlertid påvist. Måleresultater for aure er vist i Figur 4.



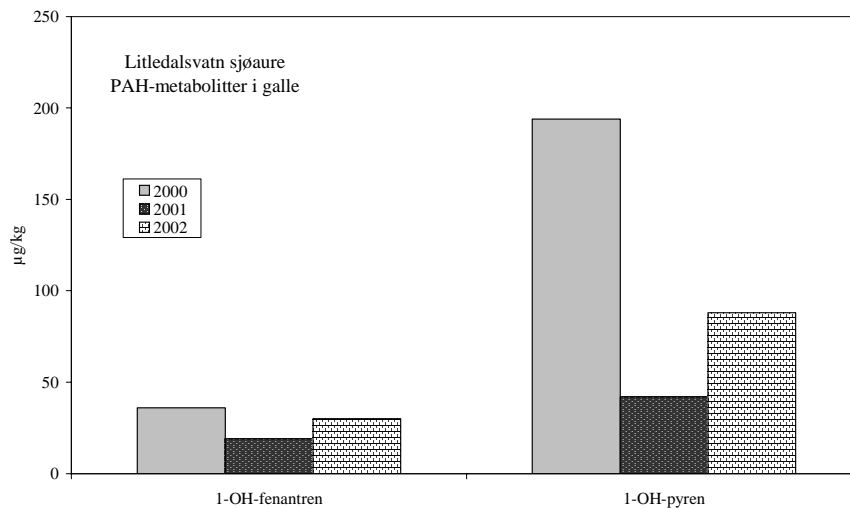
Figur 4. Innhold av PAH-metabolittene 1-OH-pyren og 1-OH-fenantren i gallevæske fra aure fanget i Hjørnåsvatn (referansestasjon), Hardelandsvatn, Litledalsvatn og Sørrelva i oktober 2002.

Innholdet av PAH-metabolitter i fisk fanget nedenfor utslippsområdet lå i 2002 likt eller lavere enn referanselokaliteten. Sammenlignet med målingene fra tidligere (Figur 5) ser vi at nivået har sunket markert etter å ha toppet seg i 2001, bortsett fra i referansestasjonen Hjørnåsvatn.



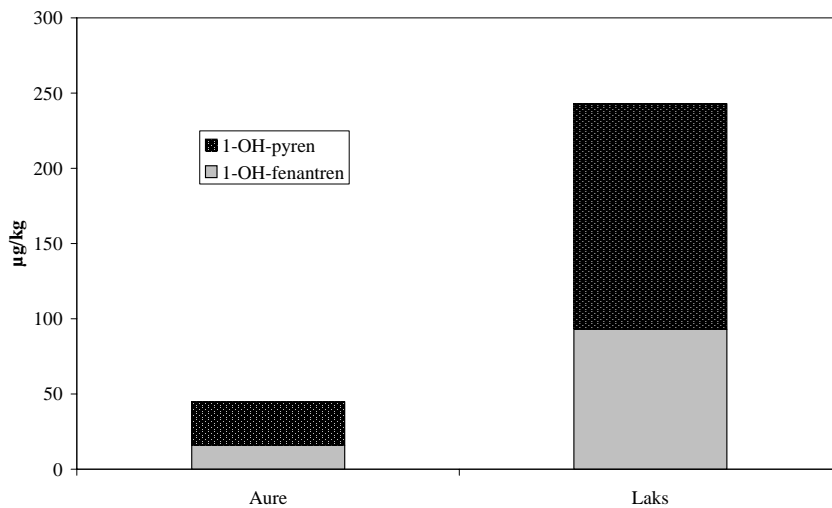
Figur 5. Innhold av PAH-metabolitter (1-OH-pyren pluss 1-OH-fenantren) i galle hos aure målt på fire stasjoner i Litledalsvassdraget i 2000-2002.

I Litledalsvatn ble målinger også utført på sjøaure. Resultatene av disse målingene er vist i Figur 6, sammenlignet med tidligere resultater. Nivået av PAH-metabolitter var fortsatt høyere i sjøaure enn i stasjonær aure, men ikke så høyt som i 2000. Det er innholdet av 1-OH-pyren som har variert mest mellom årene, med høyest verdi i 2000. PAH-metabolitter i sjøaure reflekterer eksponering for PAH-forurensning i sjøen, og kan ikke knyttes til forurensning i vassdraget.



Figur 6. Innhold av PAH-metabolittene 1-OH-pyren og 1-OH-fenantren i gallevæske fra sjøaure fanget i Litledalsvatn i 2000-2001.

Vi målte også PAH-metabolitter i lakseunger fanget på Sørrelva (Figur 7). Analyser av laks er ikke gjort tidligere i vassdraget. Resultatet var overraskende, med omtrent fem ganger så høyt innhold i laks som i aure fra samme elvestrekning. Årsaken til denne forskjellen må antas å ligge i ulik diett hos de to fiskeartene. Resultatet indikerer at PAH fortsatt er tilgjengelig gjennom næringsnettet i vassdraget.



Figur 7. Innhold av PAH-metabolittene 1-OH-pyren og 1-OH-fenantren i gallevæske fra ungfisk av laks og aure fanget i Sørrelva 2001.

4. Diskusjon og vurdering

Målinger på innsjøsedimenter i 2000 og 2001 har dokumentert spredning av miljøgifter i vassdraget (Hobæk 2001; 2003). Forurensningsnivået er vurdert som moderat for metallene bly og sink, og som markert for PAH. Dette er dels basert på SFTs klassifiseringssystem (SFT 1997 a; b) og dels på avvik fra referansetilstand representert ved eldre sedimenter. Tilsvarende mengder PAH finnes i innsjøsedimenter i tettbygde og trafikkerte strøk (Hobæk 1998).

For stasjonær aure i Litledalsvassdraget synes det som miljøgifter fra utslippet i 2000 nå er lite tilgjengelige i næringsnettet, og i all hovedsak ligger konsentrasjonene i fisk nær referansenivået. Det er fortsatt noe høyere nivå av bly i aure fra Hardelandsvatn, men tendensen er avtakende og forskjellen etter hvert ganske liten. Også nivået av sink, som var noe høyere i fisk fra de nedre stasjonene i 2001, var i 2002 tilbake til referansenivå. På så lave nivåer kan effektene fra utslippet ikke lenger skilles fra naturlig variasjon. Bly kan f. eks. transporteres langt gjennom luften før det avsettes, og variasjon i langtransportert avsetning er den mest sannsynlige forklaring på variasjonen vi har sett i bly hos fisk fra Hjørnåsvatn, Litledalsvatn og Sørrelva.

Forholdet er det samme for PAH-metabolitter i aure. I 2002 viste aure fra alle stasjoner verdier likt med eller lavere enn referansestasjonen Hjørnåsvatn. For stasjonær aure synes dermed eksponeringen for PAH fra utslippet i 2000 å være forbi. Det er imidlertid for tidlig å trekke denne konklusjonen sikkert. Det mest bemerkelsesverdige resultat fra analysene i 2002 var et høyere nivå av PAH-metabolitter i lakseunger enn i aureunger fanget i Sørrelva. For laks mangler vi en tidsserie, og det er derfor vanskelig å tolke dette resultatet. De analyserte fiskene var små og dermed fanget før de har vært i sjøen, så marine kilder kan utelukkes. Det er heller ikke sannsynlig at opptakmekanismer eller nedbrytningshastighet er særlig forskjellig hos disse to artene. Derimot kan det tenkes at de har noe ulik diett. Der ungfisk av begge arter opptrer sammen, vil laks normalt stå i dypere partier av elva og fortrenge auren til grunnere vann (Heggberget 1984). Det er også vanlig at laks spiser mere drivende organismer enn auren. Slike kan komme fra Litledalsvatnet ovenfor, der vi vet at PAH har akkumulert i sedimentet.

Både i 2001 og 2002 ble det påvist et lavere nivå av PAH-metabolitter i aure fanget i Litledalsvatn enn i elva nedenfor, så hvis PAH-kilden er drivende organismer fra Litledalsvatn (dyreplankton og insekter) må fisken i innsjøen konsumere lite av disse. Det er ikke mulig å nøste videre i denne problemstillingen uten ny prøvetaking med undersøkelse av mageinnhold og eventuelt profiler av karbonisotoper i fisk for å klarlegge forskjeller i næringsvalg. Et annet moment er at auren i Sørrelva kan være mindre stasjonær enn laksen, og dermed ha oppholdt seg andre steder i vassdraget før den ble fanget.

Ingen av miljøgiftene vi har påvist i fisk fra Litledalsvassdraget (bly, sink, PAH) forventes å akkumulere, i alle fall ikke i spiselige deler av fisken. Konsentrasjonene av bly og sink i stasjonær aure lå i 2002 nær bakgrunnsnivået i hele vassdraget, og variasjon i atmosfærisk avsetning synes allerede å overskygge bidraget fra uhellet i 2000.

Resultatene i dette overvåkingsprogrammet har vist at forurensning er spredt nedover vassdraget, og at både bly og PAH finnes igjen i stasjonær fisk. Forurensningsnivået synes imidlertid moderat. Etter en topp i 2001 var konsentrasjonene i aure nær bakgrunnsnivå i 2002. Et høyere nivå av PAH-metabolitter i lakseunger kan imidlertid tyde på at PAH fortsatt er tilgjengelig i fiskens næringsnett. Vi antar at forskjellen i PAH-nivå mellom laks og aure kan henge sammen med at artene har ulik diett, men bare videre undersøkelser kan avklare dette nærmere.

Det meste av PAH-tilførslene fra uhellet i 2000 er trolig sedimentert i Litledalsvatn. Dette materialet vil gradvis bli mindre tilgjengelig for næringsnettet etter som det dekkes av nytt sediment, og risiko for spredning avtar. Denne prosessen er langsom. Nye sedimentprøver har ikke vært aktuelt fra Litledalsvatn da det ikke kan ventes målbare endringer før nye avsetninger har dekket over forurensingen. Det bør tas nye sedimentprøver etter 5-10 år for å verifisere at forurensningen blir liggende i sedimentet.

Opprensing av forurensede sedimenter er kostbart og vanskelig. Forurensningsnivået som er dokumentert indikerer at det er lite aktuelt å forsøke å fjerne det sedimenterte materialet. En slik aksjon kan gjøre mer skade enn gagn, ved at forurensningen spres ytterligere. Målinger av forurensningsnivåene i aure tyder på at forurensningsnivået er tilbake på bakgrunnsnivå for både metaller og PAH, etter noe forhøyete verdier i 2000-2001. Det eneste usikkerhetsmomentet i dette bildet er det overraskende PAH-nivået i lakseunger i 2002. En tidsserie av PAH-målinger i lakseunger i Sørrelva vil kunne gi verdifull informasjon om utviklingen videre.

5. Henvisninger

- Heggberget, T.G. 1984. Habitat selection and segregation of parr of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), brown trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) in two streams in North Norway. Side 217 –231 i: Johnson, L. & B.L. Burns (red.). Biology of the Arctic Charr. Univ. Manitoba Press, Winnipeg, Canada.
- Hobæk, A. 1998. Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune: Miljøgifter i innsjøsedimenter og i avrenning fra avfallsdeponier. NIVA-rapport Lnr. 3793-98. 27 s.
- Hobæk, A. 2001. Metaller og PAH i fisk og innsjøsedimenter nedstrøms Hardeland kraftverk i Etnevassdraget. Resultater fra høsten 2000. NIVA-rapport Lnr. 4403-2001. 20 s.
- Hobæk, A. 2003. Metaller og PAH i fisk og innsjøsedimenter nedstrøms Hardeland kraftverk i Etnevassdraget. Resultater fra høsten 2001. NIVA-rapport Lnr. 4732-2003. 19 s.
- Inter Consult Group (ICG). 2000. Haugaland Kraft AS. Forurensning ved Hardeland Kraftstasjon, risiko- og tiltaksvurdering. Rapport datert 10.05.2000.
- Statens forurensningstilsyn. 1997a. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veiledning 97:04. 31 s.
- Statens forurensningstilsyn. 1997b. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. SFT-veiledning 97:03. 36 s.

Vedlegg A. Analyseresultater

Vedleggstabell 1. Analyseresultater for innhold av metaller i fiskefilet fra fisk fanget i Litledalsvassdraget 17-18 oktober 2002. Analysene er gjort på blandprøver av 10 fisk fra hver stasjon. En oversikt over fiskens størrelse er gitt i rapportens Tabell 3. Innholdet av metaller er oppgitt som µg pr gram våtvekt filet.

Stasjon	Fiskeslag	Cr µg/g	Ni µg/g	Pb µg/g	Zn µg/g
Hjørnåsvatn	Aure	<0,02	0,005	0,0103	4,73
Hardelandsvatn	Aure	<0,02	0,005	0,0175	3,99
Litledalsvatn	Aure	<0,02	0,003	0,0115	4,86
Sørelva	Aure	<0,02	0,004	0,0150	6,60

Vedleggstabell 2. Analyseresultater for innhold av PAH-metabolitter i fisk fanget i Litledalsvassdraget 25-26 oktober 2002. Analysene er gjort på blandprøver fra 10 fisk fra hver stasjon. For sjøaure besto prøven av galle fra en enkelt fisk. En oversikt over fiskens størrelse er gitt i rapportens Tabell 3. Innholdet av metabolitter er oppgitt som µg pr. kg våtvekt. "i.d." indikerer at forbindelsen ikke er detektert i prøven.

Stasjon/fiskeslag	2-OH-naftalen µg/kg	1-OH-fenantren µg/kg	1-OH-pyren µg/kg	3-OH-B[a]P µg/kg
Hjørnåsvatn, aure	i.d.	25 *	27	i.d.
Hardelandsvatn, aure	i.d.	3	7	i.d.
Litledalsvatn, aure	i.d.	3	13	i.d.
Litledalsvatn, stor sjøaure	i.d.	30	88	i.d.
Sørelva, aure	i.d.	16	29	i.d.
Sørelva, laks	i.d.	93	150	i.d.

* Denne verdien er noe usikker pga. interferens i kromatogrammet