

Rapport nr. 200

Vannkjemisk tilstand i Arnaelva basert på prøver av bunndyr og fisk våren 2011

Sven-Erik Gabrielsen og Godfred Anker Halvorsen



Bekk v/ Moldalia

LABORATORIUM FOR FERSKVANNØKOLOGI OG INNLANDSFISKE LFI Uni Miljø Thormøhlensgt. 49B 5006 Bergen		TELEFON: 55 58 22 28
ISSN NR: ISSN-1892-889	LFI-RAPPORT NR: 200	
TITTEL: Vannkjemisk tilstand i Arnaelva basert på prøver av bunndyr og fisk våren 2011	DATO: 04.04.2012	
FORFATTERE: Sven-Erik Gabrielsen og Godtfred Anker Halvorsen LFI Uni Miljø	GEOGRAFISK OMRÅDE: Hordaland	
OPPDRAGSGIVER: Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelingen	ANTALL SIDER: 16	
EMNEORD: Forsuring, bunndyr, fisk	SUBJECT ITEMS: Acidification, benthos, fish	
FORSIDEFOTO: Foto: LFI v/ Sven-Erik Gabrielsen		

Forord

På oppdrag fra Fylkesmannen i Hordaland, miljøvernavdelingen har LFI Uni Miljø tatt prøver av bunndyr og fisk for å belyse forsureingssituasjonen i Arnaelva våren 2011. Vi takker Fylkesmannen i Hordaland for oppdraget.

Bergen, april 2012



Sven-Erik Gabrielsen



Godtfred Anker Halvorsen

INNHOOLD

1.0	Sammendrag.....	5
2.0	Bakgrunn og hensikt.....	6
3.0	Metoder.....	6
3.1	Gjelleprøver av laks.....	6
3.2	Bunndyr.....	8
4.0	Resultater og diskusjon.....	9
4.1	Giftig aluminium på fiskegjellene.....	9
4.2	Bunndyr.....	10
4.3	Vannprøver.....	12
5.0	Samlet vurdering.....	14
6.0	Litteratur.....	15

1.0 Sammendrag

Det har vært noe usikkerhet om Arnaelva er påvirket av forsurening i en slik grad at dette kan virke begrensende på produksjonen av ungfisk og/eller redusere smoltens sjøoverlevelse. Tidligere resultater fra vannprøver tatt i vassdraget ga grunn for bekymring. Det var derfor viktig å få avklart dette spørsmålet og vurdere behovet for eventuelle tiltak. LFI Uni Miljø tok prøver av bunndyr og laksesmolt, samt en del vannprøver våren 2011, for å avklare forsuringbelastningen på bunndyr og utvandrende smolt.

Analysen av de innsamlede fiskegjellene viste svært lave verdier av giftig aluminium. En grenseverdi under 30 µg aluminium gir en forventet god smoltkvalitet, mens verdier over dette gir en forringet smoltkvalitet og lavere overlevelse. De aller fleste laksesmoltene hadde verdier under 10 µg aluminium, og resultatene tilsier at Arnaelva ikke var utsatt for sur nedbør våren 2011 som kunne påvirke smoltoverlevelsen negativt.

Bunndyrsamfunnet indikerer ingen forsuringproblemer på de tre undersøkte lokalitetene i Arnaelva. At det finnes vanlig skivesnegl (*Gyraulus acronicus*) på to av lokalitetene i elva støtter også opp om dette. Videre tyder analysen av bunndyrsamfunnet på at det kan være organisk belastning i elva. To av lokalitetene (hovedelv ved kirken og på Espeland) hadde dårlig økologisk tilstand i henhold til kriteriene i Vanddirektivet, mens den siste hadde moderat økologisk tilstand (i Skåldalselva ved Moldalia). Resultatet må imidlertid tas med et visst forbehold. I henhold til klassifiseringsveilederen bør det tas flere prøver pr. lokalitet, og prøvene bør tas sent på høsten. At to av lokalitetene blir klassifisert så pass lavt som å være i dårlig økologisk tilstand, kan imidlertid tyde på at det er en viss organisk belastning eller forurensning i elva. Tidligere undersøkelser har vist at Arnaelva var kloakkbelastet, men at tilstanden i vassdraget er langt bedre i dag etter saneringen av kloakkutslipp.

Basert på kriteriene i vannforskriften, tilsier konsentrasjonene av kalsium i vannprøvene tatt våren 2011 at Arnaelva er et kalkfattig vassdrag. Videre viser verdiene for pH, giftig aluminium i vannprøver og på fiskegjellene, at Arnaelva hadde en svært god til god miljøtilstand ved undersøkelsestidspunktet. Konsentrasjonene av total nitrogen tilsier også svært god miljøtilstand.

Forsuring anses ikke som et problem for overlevelsen til utvandrende smolt eller for fiskeproduksjonen i Arnaelva.



Den nye fisketrappen i Arnaelva fungerer godt og utgangen av trappen er en god lokalitet for telling av gytefisk basert på video.

2.0 Bakgrunn og hensikt

Arnaelva er en av de få gjenværende lakseelvene i Hordaland hvor det stadig er en høstbar laksebestand. Det er et stort lokalt engasjement for elven, og det drives kultiveringsarbeid bl.a. ved å plante ut rogn i sideelver. LFI Uni Miljø har gjennomført tellinger av gytefisk i elven, registrert smoltutgangen og bidratt i kultiveringsarbeidet. Videre har vi i forbindelse med pågående forskningsaktivitet tilknyttet Vossolaksen, stor interesse av å følge med utviklingen i laksebestandene i Osterfjordsystemet deriblant Arnaelva. Arnaelva inngår i disse undersøkelsene og vi har bl.a. utført undersøkelser av utvandringstidspunkt for smolt (pågående aktivitet), innslag av rømt fisk (pågående aktivitet), kultiveringsarbeid (pågående aktivitet) og nasjonal overvåking av *Gyrodactylus salaris* (Arnaelva er med på listen over overvåkingsvassdrag).

I den senere tid er det reist spørsmål om Arnaelva er påvirket av forurengning i en slik grad at dette kan virke begrensende på produksjonen av ungfisk og/eller redusere smoltens sjøoverlevelse. Tidligere resultater fra vannprøver tatt i vassdraget ga grunn for bekymring. Det var derfor viktig å få avklart dette spørsmålet og vurdere behovet for eventuelle tiltak. På denne bakgrunn har LFI Uni Miljø utført følgende delundersøkelser i Arnaelva våren 2011:

- Undersøkelser av giftig aluminium på gjeller hos laksesmolt med tilhørende vannprøve (2 stasjoner à 5 prøver)
- Vannprøver i hovedelv og utvalgte sidebekker (7 prøver med full analyse av ionebudsjett)
- Bunndyrprøver i aktuelle sidebekker og hovedløp (totalt 3 prøver) for å få en vurdering av forurengningsbelastningen over tid

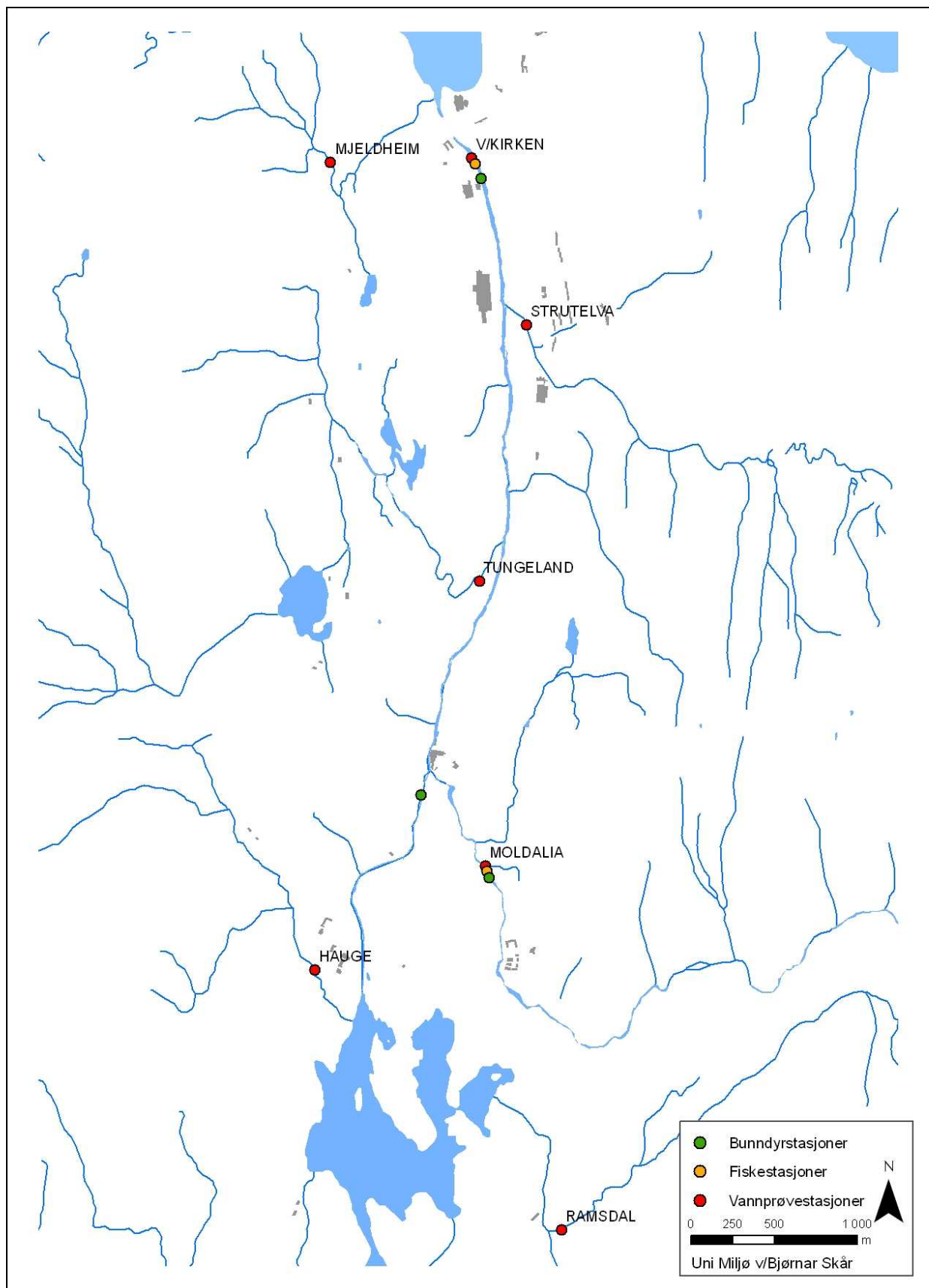
3.0 Metoder

3.1 Gjelleprøver av laks

Det ble samlet inn fem smolt av laks på to lokaliteter; bekk Moldalia og i hovedløpet ved kirken (**Figur 1**). Samtlige laksesmolt var blanke og skulle vandre ut av vassdraget samme vår. Det ble benyttet et elektrisk fiskeapparat til denne innsamlingen som ble gjennomført 13.05.2011. Etter innsamlingen ble fiskene avlivet med et slag mot hodet og andre gjellebue dissekert ut for senere analyse av aluminium. All prøvetaking ble utført etter standard protokoll (Teien et al. 2006 a, b). Når det tas prøver av frittlevende fisk i elv vil gjelle-Al være en funksjon av den kjemi som fisken opplevde dagene og timene før fangst, men nivåene vil også være avhengig av den belastning eller vannkjemi som fisken opplevde mange dager forut for innsamlingen. Dette skyldes at gjelle-Al akkumuleres på ulike steder i fiskegjellen med ulik elimineringsstid.



Etter at hjertet er punktert, klippes andre gjellebue på fiskens høyre side ut.



Figur 1. Lokalteter for innsamling av bunndyr, fisk og vannprøver i Arnelva våren 2011.

3.2 Bunndyr

Bunndyrmaterialet består av kvalitative prøver (sparkeprøver, Frost m. fl. (1971)). Prøvene ble samlet inn på tre strykstrekninger i Arnaelva den 17.06.2011. Disse var i hovedelva ovenfor Kirkehølen, oppstrøms brua i elva nedenfor Lonevatnet før samløpet med Skåldalselva på Espeland, og i Skåldalselva ved Moldalia (**Figur 1**)

En prøve ble samlet inn på flere steder på lokaliteten for å dekke alle mulige habitat. Prøvene ble samlet inn med hov med 250 µm maskevidde, og konservert på alkohol. Hver prøve ble så sortert på laboratoriet i en time, for deretter å bli artsbestemt.

Bedømmelsen av eventuell forsurening er basert på Forsuringsindeks 1 og 2 (Fjellheim & Raddum, 1990; Raddum, 1999). I klassifiseringsveilederen til vanddirektivet (Direktoratsgruppen, 2009), er den 'reelle' tallverdien for Forsuringsindeks 2 brukt for å estimere naturtilstanden i en elvetype for å kunne regne ut EQR (ecological quality ratio). Tallverdien for indeksen er oppgitt for hver lokalitet, men vil ikke bli brukt i vurderingene av lokalitetene. Forsuringsindeks 2 er ikke konstruert for annet enn å justere indeksverdien til indeks 1 mellom 0,5 og 1 for å kunne påvise subletale effekter av forsurening på bunndyrsamfunnet. Å bruke den eksakte tallverdien for indeksen på den måten som er anbefalt i veilederen er etter denne forfatterens mening ikke mulig. Det pågår nå arbeid for å finne bedre løsninger, og veilederen kommer til å bli revidert. De 'reelle' verdiene for Forsuringsindeks 2 er oppgitt slik at de eventuelt kan bli brukt seinere. **Tabell 1** viser grenseverdiene for Forsuringsindeks 2.

Organisk anrikning eller forurensing / eutrofiering er basert på 'Average Score per Taxon' (ASPT) indeksen (Armitage et al. 1983). Denne baserer seg på poeng, der enkelte familier av bunndyr får poeng avhengig av hvor tolerante artene i familien er for organisk anrikning / forurensing. De mest tolerante får lav verdi, mens de mest intolerante får høy verdi. Summen av disse poengene for en bunnprøve utgjør BMWP indeksen ('Biological Monitoring Working Party System'). ASPT indeksen er BMWP delt på antall poenggivende familier i prøven. Denne indeksen er mer uavhengig av størrelsen på prøven enn BMWP indeksen, og blir derfor foretrukket.

Vurderingen av økologisk status med hensyn på organisk forurensing med ASPT indeksen i klassifiseringsveilederen er foreløpig, og må derfor brukes med en viss forsiktighet. Veilederen krever også at det tas flere prøver pr. lokalitet enn det som er tatt her, og i tillegg bør en undersøkelse av organisk forurensing tas seint på høsten etter at vekstsesongen er over. Resultatene fra denne undersøkelsen må derfor brukes med forsiktighet. En beskrivelse av indeksen på norsk kan finnes i Brittain (1988) og i Lyche Solheim et al. (2004). De foreløpige grenseverdiene for ASPT indeksen i følge klassifiseringsveilederen i Vanddirektivet er vist i **Tabell 1**.

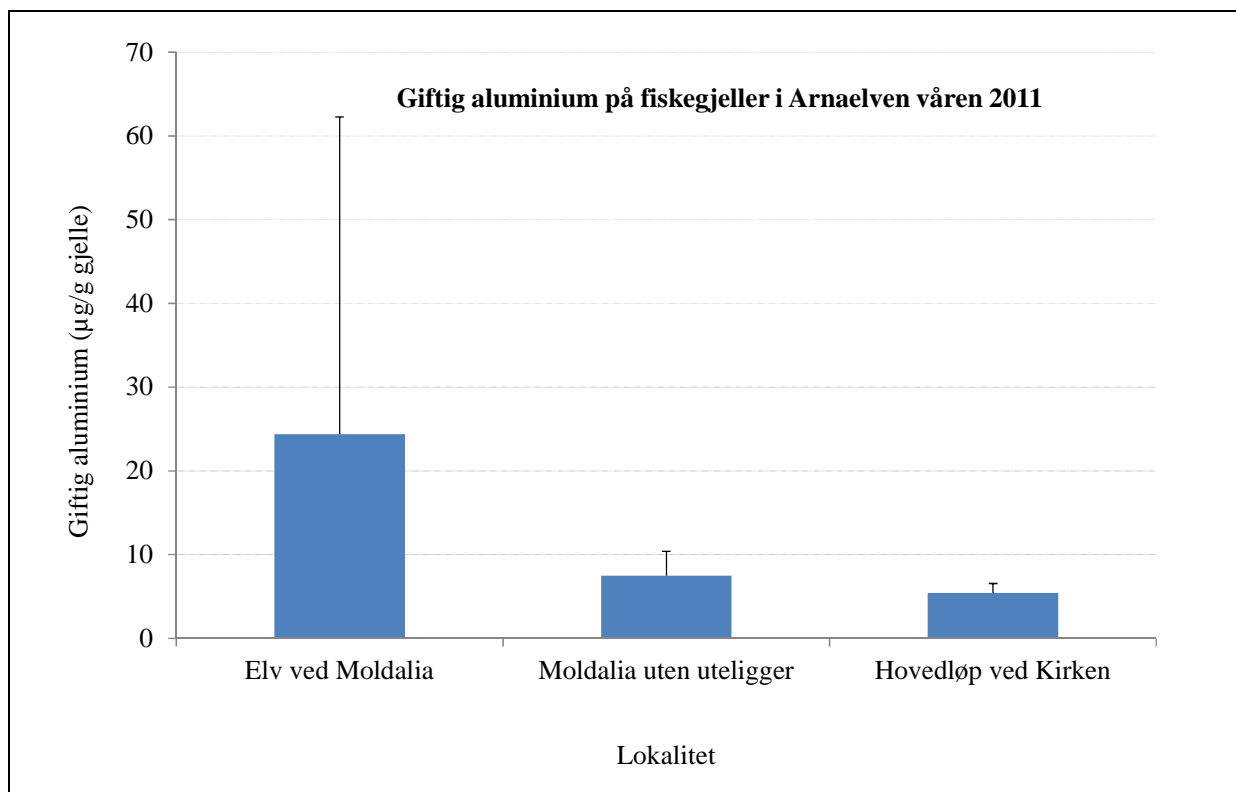
Tabell 1. Grenseverdier for forsurening basert på forsuringsindeks 1 og 2, og for organisk påvirkning basert på ASPT indeksen.

Økologisk status	Forsuringsindeks 1 og 2	ASPT – verdi
Høy	$x = 1,0$	$x \geq 6,8$
God	$1,0 > x \geq 0,75$	$6,8 > x \geq 6,0$
Moderat	$0,75 > x \geq 0,5$	$6,0 > x \geq 5,2$
Dårlig	$x = 0,25$	$5,2 > x \geq 4,4$
Svært dårlig	$x = 0$	$x < 4,4$

4.0 Resultater og diskusjon

4.1 Giftig aluminium på fiskegjellene

Analysen av de innsamlede fiskegjellene viste lave verdier av giftig aluminium (**Figur 2**). I elven ved Moldalia ble det registrert en laksesmolt som hadde 92 μg giftig aluminium på fiskegjellen, men vi tror denne prøven var kontaminert og utgjør trolig en uteligger. Det er derfor satt opp gjennomsnittverdier for giftig Aluminium i denne sideelven med og uten nevnte fiskegjelle. Kroglund et al. (2007) viser at det vil forekomme akutt dødelighet hos ungfisk ved en ferskvannseksposering som varer i mange dager, og ved en mengde giftig aluminium som overstiger 300 μg Al/g tørrvekt gjelle. Disse grenseverdiene er imidlertid langt lavere for smolt som forlater vassdraget om våren. En grenseverdi under 30 μg Al/g vil gi en forventet god smoltkvalitet, mens verdier over dette vil gi en forringet smoltkvalitet og lavere overlevelse (Kroglund et al. 2007). Resultatene tilsier at Arnaelva ikke var utsatt for sur nedbør våren 2011 som kunne påvirke smoltoverlevelsen.



Figur 2. Giftig aluminium ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt gjelle) registrert på fiskegjeller av laksesmolt i Arnaelven 13.05.2011.

4.2 Bunndyr

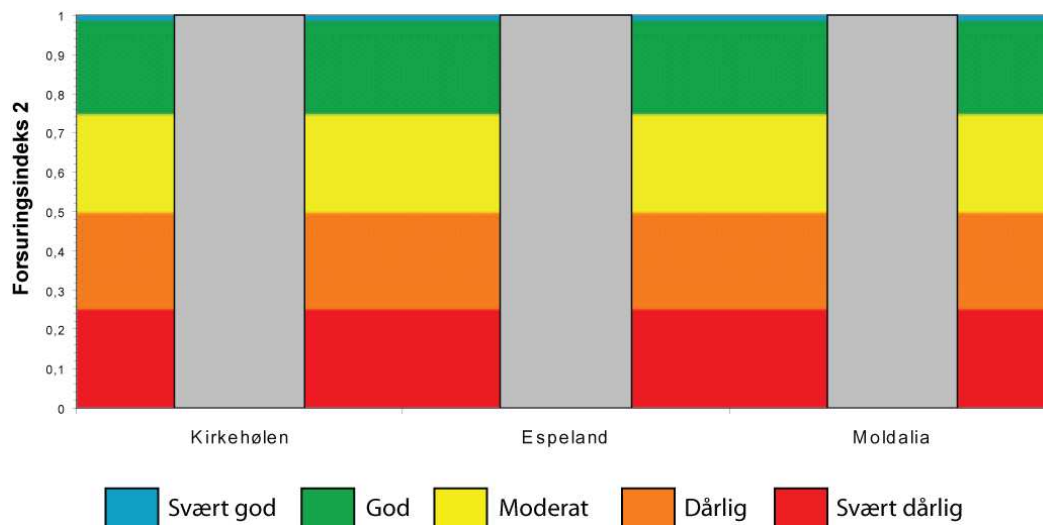
Bunndyra som ble funnet i Arnaelva, forsuringsindekser og ASPT indeksen for organisk belastning er vist i **Tabell 2**.

Tabell 2. Bunndyr funnet i sparkeprøver i Arnaelva den 17.06.2011.

* = litt sensitiv for forsurening ** = moderat sensitiv *** = svært sensitiv for forsurening

	Kirkehølen	Espeland	Moldalia
Nematoda		2	
Oligochaeta	35	20	9
Gastropoda			
<i>Gyraulus acronicus</i> ***	2	5	
Bivalvia			
<i>Pisidium</i> sp. *		88	
Crustacea			
<i>Bosmina</i> sp.		6	
<i>Daphnia</i> sp. **		356	
<i>Holopedium gibberum</i>		1	
Calanoida indet.		30	
Acari		3	6
Ephemeroptera			
<i>Baetis rhodani</i> ***	12	6	24
<i>Baetis fuscatus/scambus</i> ***	22	7	15
Plecoptera			
<i>Amphinemura borealis</i>	1		
<i>Leuctra fusca/digitata</i>	2	1	14
<i>Isoperla grammatica</i> **			2
Coleoptera			
<i>Limnius volckmari</i>	7	1	
<i>Elmis aenea</i>	8	2	4
Trichoptera			
<i>Rhyacophila nubila</i>	9	7	6
<i>Polycentropsu flavomaculatus</i>			6
<i>Plectrocnemia conspersa</i>			1
<i>Hydroptila</i> sp.			4
<i>Ceraclea</i> cf. <i>dissimilis</i>		5	
<i>Ithytrichia lamellaris</i> **	1	3	
<i>Hydropsyche siltalai</i> **		23	4
Limnephilidae indet.			1
Diptera			
Chironomidae indet.	196	115	174
Simuliidae indet.	1	4	8
Limonidae			
<i>Dicranota</i> sp.	2		4
Empididae indet.	1	2	2
Antall individer	299	687	284
Forsuringsindeks 1	1	1	1
Forsuringsindeks 2	1	1	1
Forsuringsindeks 2 ('reell verdi')	11,83	13,5	3,29
ASPT	5	5,1	5,8

Bunndyrsamfunnet indikerer ingen forsøringsproblemer på de tre lokalitetene i Arnaelva (**Figur 3**). At det finnes vanlig skivesnegl (*Gyraulus acronicus*) på to av lokalitetene i elva støtter også opp om dette.



Figur 3. Forsuringssituasjonen basert på bunndyrsamfunnet i Arnaelva den 17.06.2011.

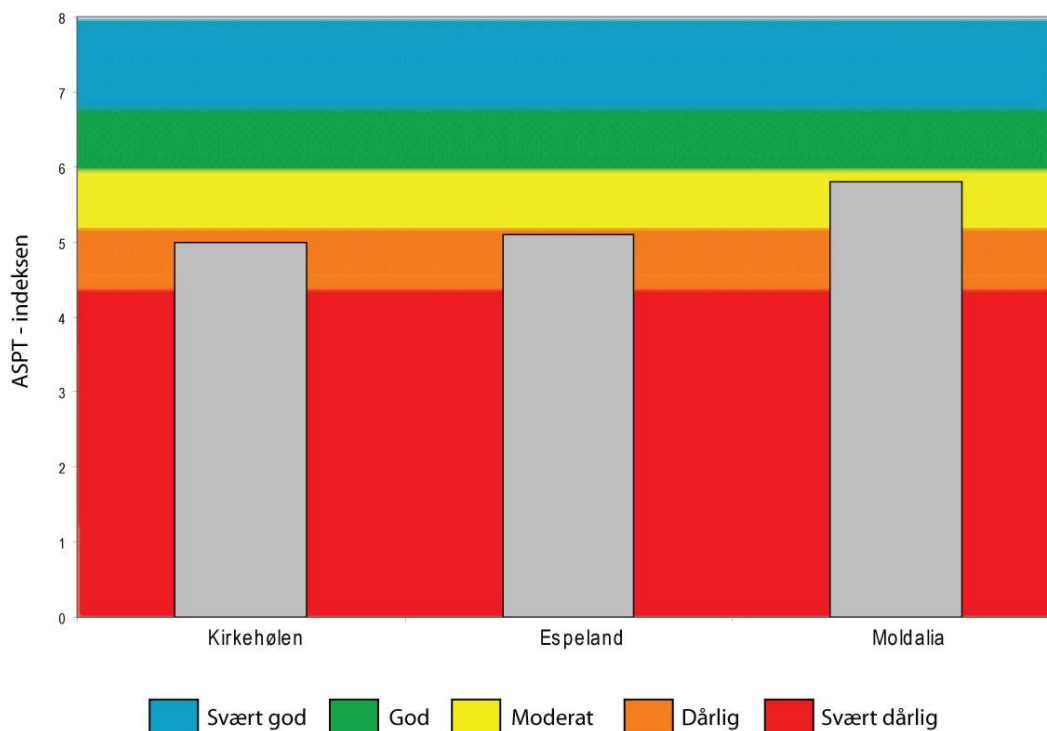


Døgnfluen *Baetis rhodani*. Den er svært følsom mot forsuring, og er kanskje den viktigste indikatorarten vi har i Norge i dag.



Vårfluen *Rhyacophila nubila*. I motsetning til *B. rhodani*, har *R. nubila* høy tålegrense mot forsuring.

ASPT-verdiene for de tre lokalitetene indikerer organisk belastning i Arnaelva (**Figur 4**). Forholdene på de tre lokalitetene blir klassifisert som dårlig økologisk tilstand for lokalitetene ved Kirkehølen og på Espeland, og som moderat økologisk tilstand på lokaliteten i Skåldalselva ved Moldalia. Som nevnt ovenfor må resultatet tas med forbehold. En av årsakene til de lave indeksverdiene, i tillegg til at det er tatt for få prøver på hver lokalitet, kan være at prøvene er tatt relativt seint på våren/forsommeren. Dette kan føre til at noen arter av steinfluer har klekket og er ute av elva. De fleste steinfluer er sensitive for organisk påvirkning, og det ble funnet få arter og få individer av gruppen på alle lokalitetene. Dette kan føre til at indeksen blir for lav. At to av lokalitetene blir klassifisert så pass lavt som til å være i dårlig økologisk tilstand, kan imidlertid tyde på at det er en viss organisk belastning på elva. Skal dette undersøkes videre må det tas flere prøver pr. lokalitet som krevd i klassifiseringsveilederen (Direktoratsgruppen, 2009), og prøvene må tas seint på høsten.



Figur 4. Økologisk tilstand med hensyn på organisk belastning i Arnaelva den 17.06.2011 basert på bunndyrsamfunnet.

4.3 Vannprøver

En oversikt over vannprøvene tatt i Arnaelva 13.05.2011, er gitt i **Tabell 3**.

Tabell 3. Oversikt over vannkjemiske data for de undersøkte lokalitetene, 13.05.11. 1: Bekk v/Hauge, 2: Bekk v/Mjeldheim, 3: Hovedløp ved kirken, 4: Bekk v/Ramsdal, 5: Bekk v/Tungeland, 6: Bekk v/Moldalia, 7: Strutelva

Analysevariabel	Enhet	1	2	3	4	5	6	7
Surhetsgrad	pH	6,7	6,15	6,71	6,55	6,76	6,11	6,29
Konduktivitet	mS/m	4,76	2,56	3,38	2,21	3,58	1,83	5,19
Alkalitet	mmol/l	0,102	0,054	0,072	0,067	0,098	0,038	0,126
Nitrogen, total	µg	385	305	195	135	265	155	350
Nitrat	µg	205	100	68	7	82	69	69
Karbon, organisk	mg	2,3	4,6	1,2	1,6	2,7	1,6	5,4
Klorid	mg/l	9,12	4,78	6,75	3,05	6,56	3,36	10,1
Sulfat	mg/l	2,47	1,18	1,68	2,33	1,65	1,09	1,78
Aluminium, reaktivt	µg/l	21	66	10	23	19	11	23
Aluminium, ikke labilt	µg/l	15	61	8	18	14	8	21
Aluminium, labilt (giftig)	µg/l	6	5	2	5	5	3	2
Kalsium	mg/l	2,53	1,09	1,36	0,86	2,00	0,59	3,10

Basert på kriteriene i vannforskriften (DV 2009, kjemiske kvalitetslementer, se **Tabell 4**), tilsier konsentrasjonene av kalsium i vannprøvene fra Arnaelva at elva er et kalkfattig vassdrag (vanntype R-N3). Videre viser verdiene for pH, giftig aluminium i vannprøver og på fiskegjellene at Arnaelva hadde en svært god til god miljøtilstand ved undersøkelsestidspunktet. Konsentrasjonene av total nitrogen tilsier også svært god miljøtilstand.

Tabell 4. Klassegrenser etter DV 2009. Pilene gjelder for Arnaelva, Vanntype R-N3

Høyde-region	Type nr.	N GIG type kode*	Typebeskrivelse	størrelse km ²	Ca mg/L	Humus mgPt/L
Lavland	1	R-N2	små-middels, kalkfattige, klare,	10 - 1000	1-4	< 30
	2	R-N3	små-middels, kalkfattige, humøse,	10 - 1000	1-4	30-90
	3	R-N1+ R-N4	små-middels, moderat kalkrike, klare,	10 - 1000	4-20	< 30
	4		små-middels, moderat kalkrike, humøse,	10 - 1000	4-20	30-90
	5		små-middels, moderat kalkrike, leirpåvirke,	10 - 1000	4-20	< 30
	6		store, kalkfattige, klare,	> 1000	1-4	< 30
	7		store, moderat kalkrike, klare,	> 1000	4-20	< 30
Skog	8		små-middels, svært kalkfattige, klare,	10 - 1000	< 1	< 30
	9	R-N5	små-middels, kalkfattige, klare,	10 - 1000	1-4	< 30
	10	R-N9	små-middels, kalkfattige, humøse,	10 - 1000	1-4	30-90
	11		små-middels, moderat kalkrike, klare,	10 - 1000	4-20	< 30
	12		små-middels, moderat kalkrike, humøse,	10 - 1000	4-20	30-90
	13		store, kalkfattige, klare,	> 1000	1-4	< 30
	14		store, moderat kalkrike, klare,	> 1000	4-20	< 30
Fjell	15		små-middels, svært kalkfattige, klare,	10 - 1000	< 1	< 30
	16	(R-N7)	små-middels, kalkfattige, klare,	10 - 1000	1-4	< 30
	17		breelver (små-middels, kalkfattige, turbide)	10 - 1000	1-4	< 30
	18		små-middels, moderat kalkrike, klare,	10 - 1000	> 4	< 30

* NGIG type er fellestyper med andre nordiske land (Sverige, Finland, England og Irland) som er brukt i interkalibreringen

Ph smolt, giftig Aluminium i vannprøve smolt

Vannkjemiske parametre for Fisk (Laks, parr eller smolt)						
	Naturtilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
pH	ikke definert	>5,9	5,9-5,6	5,6-5,2	5,2-4,8	< 4,8
	ikke definert	>6,4	6,4-6,2	6,2-5,8	5,8-5,5	< 5,5
Al	ikke definert	<10	10-20	20-30	30-60	> 60
	ikke definert	<5	5-10	10-20	20-40	> 40
	ikke definert	>50	50-30	30-10	10-0	< 0
	ikke definert	>50	50-40	40-20	20-10	< 10

Giftig Aluminium på fiskegjeller, smolt

Fisk (Laks, gjelle-Aluminium hos parr eller smolt)						
	Naturtilstand	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
	ikke definert	<100	100-200	200-400	400-800	>800
	ikke definert	<30	30-100	100-200	200-300	>300

Total Nitrogen

Høyde-region	Vanntype	Typebeskrivelse	ref.verdi	SG/G	G/M	M/D	D/SD
Lavland	LN2a; RN2	Kalkfattige, klare, grunne	250	300	400	575	1000
Lavland	LN2b	Kalkfattige, klare, dype	225	300	350	475	800
Lavland	LN3a; RN3	Kalkfattige, humøse	300	400	500	800	1300
Lavland	LN1; RN1	Kalkrike, klare	275	375	450	700	1200
Lavland	LN8a	Kalkrike, humøse	300	450	550	900	1500
Skog	LN5; RN5	Kalkfattige, klare	225	275	325	475	800
Skog	LN6; RN9	Kalkfattige, humøse	275	350	450	675	1100
Fjell	LN7; RN7	Kalkfattige, klare	200	225	275	400	575

5.0 Samlet vurdering

Hensikten med denne undersøkelsen har vært å få avklart om Arnaelva er påvirket av forsurening i en slik grad at dette kan virke begrensende på produksjonen av ungfisk og/eller redusere smoltens sjøoverlevelse. Basert på en gjennomgang av resultatene fra undersøkelsene av fiskegjeller, bunndyrsamfunn og vannprøver, kan Arnaelva klassifiseres med en svært god til en god miljøtilstand basert på kriteriene i vannforskriften. Dette tilsier at forsurening ikke er begrensende for fiskeproduksjonen i vassdraget. Vi utførte egne undersøkelser av ungfisk høsten 2011, og resultatene tilsier en svært høy fiskeproduksjon i elva (LFI, upubliserte data). Tidligere undersøkelser har vist at Arnaelva var kloakbelastet, men at tilstanden i vassdraget er langt bedre i dag etter saneringen av kloakutslipp i Arnatveitområdet (Hobæk & Bjørklund 2004). Allikevel er øvre del av vassdraget utsatt for forurensning trolig grunnet lekkasjer fra det offentlige kloakkledningsnettet. Våre undersøkelser av bunndyrsamfunnet indikerer at det kan være en viss organisk belastning på elva.

Forsuring anses ikke som et problem for fiskeproduksjonen i Arnaelva.

6.0 Litteratur

- Armitage, P. D., Moss, D., Wright, J. F., & Furse, M. T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333–347.
- Brittain, J.E., 1988. Bruk av bunndyr i vassdragsovervåking med vekt på orghanisk forurensing i rennende vann. *LFI-Rapport 118, Univ. i Oslo*, 70 sider.
- DN 2009: Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Direktoratgruppen. Vanddirektivet, Direktorat for Naturforvaltning. Trondheim. www.vannportalen.no
- Fjellheim, A. & Raddum, G.G. 1990. Acid precipitation: Biological monitoring of streams and lakes. *The Science of the Total Environment*, 96: 57-66.
- Frost, S., A. Huni, & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. *Can. J. Zool.*, 49: 167-173.
- Hobæk, A. & Bjørklund, A. E. 2004. Overvåking av ferskvannsresipienter i Bergen kommune. Sammendragsrapport 1992-2000. NIVA-rapport 4773-2004, 67 s.
- Lyche Solheim, A., Andersen, T., Brettum, P., Bækken, T., Bongard, T., Moy, F., Kroglund, T., Olsgard, F., Rygg, B., & Oug, E. 2004. BLOKLASS – Klassifisering av økologisk status i norske vannforekomster: Forslag til aktuelle kriterier og foreløpige grenseverdier mellom god og moderat økologisk status for utvalgte elementer og påvirkninger. NIVA-rapport 4860-2004, 63 s.
- Raddum, G.G. 1999. Large scale monitoring of invertebrates: Aims, possibilities and acidification indexes, p. 7-16, In Raddum, G.G., Rosseland, B.O., and Bowman, J. *Workshop on biological assesment and monitoring; evaluation and models*, NIVA Report SNO 4091/1999, ICP Waters Report 50/1999, 96 pp.
- Teien, H.C., Kroglund, F., Åtland, Å., Rosseland, B.O. & Salbu, B. 2006a. Sodium silicate as alternative to liming-reduced aluminium toxicity for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in unstable mixing zones. *Science of the Total Environment* 358: 151-163.
- Teien, H.C., Kroglund, F., Salbu, B. & Rosseland, B.O. 2006b. Gill reactivity of aluminium-species following liming. *Science of the Total Environment* 358: 206-220



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

FERSKVANNSØKOLOGI - LAKSEFISK - BUNNDYR

LFI ble opprettet i 1969, og er nå en seksjon ved Uni Miljø, en avdeling i Uni Research AS, et forskningsselskap eid av universitetet i Bergen og stiftelsen Universitetsforskning Bergen. LFI Uni Miljø tar oppdrag som omfatter forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannøkologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være til stede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Forsuring og kalking
- Biotopjusteringer
- Effekter av klimaendringer

Oppdragsgivere er offentlig forvaltning (direktorater, fylkesmenn), kraftselskap, forskningsråd og andre. Viktige samarbeidspartnere er andre forskningsinstitusjoner (herunder NIVA, NINA, HI, og VESO) og FoU miljø hos oppdragsgivere.

Våre internettsider finnes på <http://www.miljo.uni.no>