



RAPPORT LNR 5349-2007

Kjemisk behandling mot
Gyrodactylus salaris i
Lærdalselva 2005/2006 –
Sluttrapport



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 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

Postboks 2026
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Kjemisk behandling mot <i>Gyrodactylus salaris</i> i Lærdalselva 2005/2006 – Sluttrapport	Løpenr. (for bestilling) 5349-2007	Dato 1.mars 2007
	Prosjektnr. Undernr. 24298	Sider Pris 27
Forfatter(e) Ruben A. Pettersen ¹ , Sigurd Hytterød ¹ , Tor Atle Mo ¹ , Anders Gjørwad Hagen ³ , Lars E. W. Flodmark ³ , Rolf Høgberget ² , Normann Olsen, Arne Jørgen Kjøsnes, Sigurd Arne Øxnevad ² , Jarle Håvardstun ² , Torstein Kristensen ² , Roar Sandodden ⁴ , Asle Moen ⁴ , Espen Lydersen ² . ¹ Veterinærinstituttet, ² NIVA, ³ Universitetet i Oslo ⁴ Veterinærmedisinsk Oppdragscenter.	Fagområde Limnologi, Parasittologi	Distribusjon Trykket NIVA
	Geografisk område Sogn og Fjordane, Norge	


Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning	Oppdragsreferanse Kont.nr. 03040036
---	--

<p>Sammendrag</p> <p>Hovedmålet med prosjektet har vært å totalutrydde lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i> fra Lærdalselva med bruk av surt aluminiumsulfat (AIS). Første behandlingen ble gjennomført våren 2005. Denne behandlingen begrenset seg til hovedelva og de største sidevassdragene, og målet var å redusere smittepresset internt i vassdraget og dermed også smittepresset til nærliggende vassdrag i regionen. Resultatene fra vårbehandlingen viser at <i>G. salaris</i>-infeksjonen ble kraftig redusert. Høstbehandlingen i 2005 og vårbehandlingen i 2006 hadde til hensikt å totalutrydde parasitten fra vassdraget. AIS ble dosert ut fra 18 vannføringsproporsjonale doseringsanlegg langs hovedelva og de største sidevassdragene, samt fra ca. 80 dryppestasjoner langs mindre vannveier, grøfter og dammer. I områder med små grøfter og sig, samt enkelte små bekker ble det også brukt noe CFT-legumin under høstbehandlingen 2005 og vårbehandlingen 2006. Totalt er det sluppet ut 11,2 tonn aluminium og 72,9 L CFT-legumin (1,85 kg rotenon). Også doseringsteknikk har det vært forbedringer som gjør at vi stadig har bedre doseringskontroll og derfor kan dosere mer presist og sikrere enn tidligere. Vi har også fått ny kunnskap om følsomheten for ulike livsstadier av voksenfisk av laks og sjørret (støinger av laks og ørret, sjørret i gytemodus, samt gjeldfisk av sjørret) gjør at vi i framtiden vil kunne gjennomføre AIS behandlinger med endra mindre miljøeffekter enn i dag.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Gyrodactylus salaris</i> 2. Laks (<i>Salmo salar</i>) 3. AI-behandling 4. Lærdalselva 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Gyrodactylus salaris</i> 2. Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) 3. AI-treatment 4. River Lærdalselva
---	---


Espen Lydersen
Prosjektleder


Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder


Jarle Nygard
Fag- og markedsdirektør

Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris*
i Lærdalselva 2005/2006

Sluttrapport

Forord

Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva er gjennomført på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning (DN). Tiltakshaver har vært Fylkesmannen (FM) i Sogn og Fjordane. Behandlingen har hatt som hovedmål å utrydde parasitten fra vassdraget i løpet av 2006. Dette er i tråd med DN og Mattilsynets (MT) tiltaksplan for bekjempelse av *G. salaris*. Lærdalselva er det første store vassdraget som behandles med aluminiumssulfat i Norge.

Under vårbehandlingen i 2005 ble kun surt aluminium benyttet, mens det under høstbehandlingen 2005 og vårbehandlingen 2006 også ble brukt begrensede mengder CFT-legumin i små vannveier og vannforekomster. Tillatelse til disse behandlingene er gitt av SFT, DN og MT.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har vært kontraktspartner med DN, mens Veterinærinstituttet (VI) og Veterinærmedisinsk Oppdragscenter (VESO) har vært underkontraktører. I tillegg er annet fagpersonell benyttet, bl.a. fra Universitetet i Oslo.

Vi vil takke alle som har bidratt med sin arbeidsinnsats, eller som på andre måter har bidratt til at prosjektet har blitt vellykket og kommet vel i havn. Vi har hatt særdeles god støtte og hjelp fra lokale krefter i Lærdal, og vil rette en spesiell takk til Torkjell Grimelid, Rein Arne Golf, Olav Wendelbo og Knut Eltun for deres innsats under hele behandlingsperioden. I tillegg vil vi takke kraftregulanten Østfold Energiproduksjon AS for et godt samarbeid

En spesiell takk til Gøsta Hagenlund (Fylkesmannen i Sogn og Fjordane) som har ledet Al-behandlingen i Lærdalselva, og også skrevet om ungfiskstatus i Lærdalselva i denne rapporten.

Oslo, 1. mars 2007



Brit Lisa Skjelkvåle
Prosjektansvarlig



Espen Lydersen
Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Metodikk	8
2.1 Vassdragsinformasjon	8
2.2 Kjemisk behandling	8
2.3 Doseringsteknikk og strategi	9
2.4 CFT-Legumin dosering	11
2.5 Desinfisering av utstyr	11
2.6 Dødfiskhåndtering	11
2.7 Vannprøvetaking og vannanalyser	11
2.8 Fisk i kar som kontroll på vannets giftighet	12
3. Resultater	13
3.1 Vannføring	13
3.2 AIS-dosering	14
3.3 CFT-legumindosering	15
3.4 Vannkjemi	15
3.5 Fiskestatus i kar under behandlingene	19
3.6 Fiskestatus i elva under behandlingene	20
3.6.1 Vårbehandlingen 2005	20
3.6.2 Høstbehandlingen 2005	20
3.6.3 Vårbehandlingen 2006	22
3.7 Status for mengde <i>Gyrodactylus salaris</i> på laks under behandlingen	23
4. Diskusjon	24
5. Referanser	26

Sammendrag

Hovedmålet med prosjektet har vært å fjerne lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* fra Lærdalselva. Første behandlingen ble gjennomført våren 2005. Denne behandlingen begrenset seg til hovedelva og de største sidevassdragene, og målet var å redusere smittepresset internt i vassdraget og dermed også smittepresset til nærliggende vassdrag i regionen. Resultatene fra vårbehandlingen viser at *G. salaris*-infeksjonen ble kraftig redusert. Høstbehandlingen i 2005 og vårbehandlingen i 2006 hadde til hensikt å totalutrydde parasitten fra vassdraget.

Sur Aluminiumsløsning (AIS) ble brukt som hovedkjemikalium i tiltaket og Als ble dosert ut fra opp til 18 vannførings-proporsjonale doseringsanlegg langs hovedelva og de største sidevassdragene, samt fra opp til 80 dryppestasjoner langs mindre vannveier, grøfter og dammer. I områder med små grøfter og sig, samt i enkelte mindre bekker ble det også brukt noe CFT-legumin (Rotenon) under høstbehandlingen 2005 og vårbehandlingen 2006.

Etter høstbehandlingen i 2005 er 434 laksunger fra ulike steder i elva undersøkt uten at *G. salaris* er påvist.

Totalt er det sluppet ut 11,2 tonn aluminium (Al) og 72,9 L CFT-legumin (1,85 kg rotenon) under behandlingene. Det har vært en gradvis tilpasning av AIS løsningen som gjør at vi har redusert det gjennomsnittlige innholdet av Al i AIS-løsningene fra ca 1,25 % i 2005 til 0,54 % i 2006. Også doseringsteknisk har det vært forbedringer som gjør at vi stadig har bedre doseringskontroll og derfor kan dosere mer presist og sikrere enn tidligere. At vi gjennom Lærdalsbehandlingene også har fått ny kunnskap om følsomheten for ulike livsstadier av voksenfisk av laks og sjørret (støinger av laks og ørret, sjørret i gytmodus, samt gjeldfisk av sjørret) gjør at vi i framtiden vil kunne gjennomføre AIS behandlinger med enda mindre miljøeffekter enn i dag.

Resultatene så langt tyder på at Al-metoden er velegnet i kampen mot *G. salaris* i norske laksevassdrag, både mht til totalutryddelse og smittereduksjon. Det gjenstår likevel enda noen år før vassdraget kan friskmeldes og at vi eventuelt kan fastslå at behandlingen av Lærdalselva har vært vellykket med hensyn til totalutryddelse av *G. salaris*.

Summary

Title: Chemical treatment against *Gyrodactylus salaris* in River Lærdalselva 2005/2006

Year: 2007

Author: Pettersen, Ruben et al.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5084-8.

The main goal of this project is to total eliminate the harmful salmon parasite *Gyrodactylus salaris* from River Lærdalselva by addition of acidic aluminium sulphate (AIS) into the river water. The first treatment was conducted spring 2005. Since the main intention of this treatment was a significant reduction of the parasite infection in the river and thereby a reduced infection risk to nearby rivers in the region, AIS was only discharged into the main river and its major tributaries. After this treatment the *G. salaris* infection was substantially reduced. The next treatments were implemented autumn 2005 and spring 2006, with the intention to eliminate the parasite totally within the whole river system. In order to obtain this AIS was applied from up to 18 water proportional dosing stations located along the main river and its major tributaries. In addition AIS was applied from up to 80 smaller dosing units along minor streams, ditches and dams. In other minor water sources in the periphery of the catchment, in isolated water areas along the major river beds and in some minor tributaries, CFT-legumin (a rotenone chemical) was used.

After the treatment autumn 2005, none of the 434 salmon parr so far collected from the river was infected.

Totally about 11,2 tons of aluminium and 72,9 L CFT-legumin (1,85 kg rotenone) have been used under the 2005 and 2006 treatments. It has been a graduate development of the composition of the AIS solutions, from an average content of Al of 1,25 % in 2005 to 0,54 % in 2006. Also technical improvements have been made in order to improve better dosing control, which means that we now discharge the AIS more precisely and safer than earlier. From the treatments of River Lærdalselva we have also achieved new knowledge on critical loads of Al to different adult stages of salmon and sea trout (salmon and seatrout kelts, spawning sea trout and immature sea trout winter dwellers). These experiences are valuable in order to conduct even better Al-treatments in the future, with less use of chemicals and less negative environmental effects than today.

The results indicate that the Al-method is a useful tool in the battle against *G. salaris* both for total elimination and infection reduction purposes, but still more research and development are needed to further reduce the consumption of chemicals, and the risk of negative effects on fish and other aquatic life.

1. Innledning

Gyrodactylus salaris ble introdusert til Norge på 1970 tallet, og regnes i dag som den største trusselen mot norsk vill-laks (NOU 1999:9). Kjemisk behandling av Lærdalselva er gjennomført i henhold til Direktoratet for naturforvaltning (DN) og Mattilsynets (MT) tiltaksplan for bekjempelse av *G. salaris* fra 2002. Siste behandling i elva ble gjennomført med surt aluminium som hovedkjemikalium våren 2006.

Lærdalselva er det eneste vassdraget i Sognefjorden som er infisert med *G. salaris*. Det var derfor viktig at dette vassdraget ble behandlet for å fjerne den eneste smittekilden i regionen (Sognefjorden). Lærdalselva er en økonomisk viktig lakseelv, og introduksjonen av *G. salaris* har ført til en kraftig desimering av laksebestanden og dermed også elvas inntektsgrunnlag i lokalsamfunnet. Villakssenteret har beregnet at laksefisket i elva, før den ble smittet med *G. salaris*, tilfører lokalsamfunnet en årlig inntekt på 11,2 millioner, og at totalt ca 15 årsverk var knyttet direkte opp mot denne aktiviteten.

Surt aluminiumsulfat (AIS) har blitt benyttet som hovedkjemikalium i forsøket på å utrydde parasitten fra vassdraget. Bruken av AIS baserer seg på resultater fra en rekke laboratorieforsøk som alle dokumenterer effektiv fjerning av parasitten ved lave aluminiumskonsentrasjoner (30-50 $\mu\text{g Al L}^{-1}$) når vannets pH er $< 6,0$ (Soleng m.fl. 1999, Poléo m.fl. 2004a, b). Under slike vannkjemiske forhold dør parasitten i løpet av få dager, med liten eller ingen negativ effekt på laksen.

Selve metoden er blitt utviklet gjennom laboratorieforsøk over flere år, og den ble ytterligere utviklet gjennom storskala feltforsøk i Batnfjordelva i 2003 og 2004. (Lydersen m. fl. 2004; Hytterød m. fl. 2005). I forbindelse med behandlingene ble det også foretatt bunndyrsundersøkelser, uten at det ble dokumentert store negative effekter på denne delen av faunaen (Bondgard, 2005). Etter behandling (september 2004 - september 2005) er det fanget og kontrollert ca 750 laksunger fra ulike steder i elva, uten at parasitten ble påvist, men dessverre ble det i september 2006 påvist *G. salaris* på 6 laksunger fra 4 ulike stasjoner i vassdraget. Fordi fiskeundersøkelser-programmet etter den kjemiske behandlingen har vært sparsomt, samt at vassdraget drenerer ut i Sundalsfjorden som er en smitteregion som enda ikke er behandlet, er det svært vanskelig å fastslå om dette skyldes at selve behandlingen ikke har vært tilstrekkelige eller om smitten har kommet tilbake via innvandrende infisert fisk fra andre steder i smitteregionen.

Lærdalselva er det første vassdraget der det er gjort forsøk på å utrydde *G. salaris* fra et stort laksevassdrag ved hjelp av den AIS-metoden. Lærdalselva har blitt behandlet med aluminium i tre omganger. I 2005 ble det gjennomført en smittereduserende vårbehandling og en høstbehandling med hovedmål å utrydde parasitten. Siste del av behandlingen ble gjennomført vinteren/våren 2006 (Pettersen *et al.* 2006).

Resultatene fra Batnfjordselva og Lærdalselva viser at metoden er gjennomførbar i store vassdrag. Resultatene viser også at metoden kan redusere smitten internt i et vassdrag, og dermed også redusere faren for smitte til andre vassdrag i nærheten. Det gjenstår enda noen år

før vi eventuelt kan fastslå at behandlingen av Lærdalselva har vært vellykket med hensyn til at *G. salaris* er utryddet fra vassdraget.

Denne rapporten er en sluttrapport, som oppsummerer resultatene fra tre behandlinger av Lærdalselva i 2005 og 2006. Resultater fra behandlingene i 2005 er tidligere rapportert i Pettersen *et al.* (2006).

2. Metodikk

2.1 Vassdragsinformasjon

Lærdalselva er 44 km lang, og ligger i hovedsak i Lærdal kommune, Sogn og Fjordane (**Figur 1**). Nedbørsfeltet er 1184 km², hvorav ca 1000 km² ligger > 900 m o.h. Vassdraget er regulert av kraftselskapet Østfold Energi AS, og reguleringen har direkte innvirkning på vannføringen i elva fra Sjurhaugfoss til utløpet ved Lærdalsøyri. Sjurhaugfossen som ligger 24 km fra utløpet er vandringshinderet for fisk, slik at naturlig anadrom strekning i hovedelva går fra elvemunningen til Sjurhaugfoss. I Sjurhaugfoss og oppover i vassdraget er det til sammen bygget fire fisketrappeslik slik at den potensielle lakseførende strekningen i dag er 41 km (til Heggfossen). Laksetrappa i Sjurhaugfossen har vært stengt siden 1996, etter at *G. salaris* ble påvist i vassdraget (Torkjell Grimelid pers.med.). Det er derfor god grunn til å anta at *G. salaris* kun fantes i vassdraget fra Sjurhaugfossen til utløpet ved Lærdalsøyri når den kjemiske behandlingen startet i 2005.

Lærdalselva er først og fremst en laks- (*Salmo salar*) og brunørret/sjørret (*Salmo trutta*) elv, der laks primært forekommer i hovedelva, mens ørreten også er vanlig i sidevassdragene. I tillegg finnes ål (*Anguilla anguilla*), ørekyte (*Phoxinus phoxinus*), samt trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) i brakkevannssonen i den nederste delen av elva.

Fiskeundersøkelser høsten 2003 viste en gjennomsnittlig ungfisktetthet av laks på 2,9 ensomrige individer og 7,5 eldre individer pr. 100 m². Alle laksungene som ble undersøkt var sterkt infiserte med *G. salaris* (Gabrielsen m. fl. 2004).

2.2 Kjemisk behandling

Aluminiumløsningen (produktbetegnelse: AIS) som er benyttet i Lærdalselva er et kommersielt produkt som består av aluminiumsulfat og svovelsyre. Løsningen produseres av Kemira Chemicals AS og anvendes i stort omfang som fellingsmiddel for å fjerne humus i drikkevann, og fosfat i avløpsvann. AIS-løsningene som brukes til behandling av laksevassdrag blir spesialtilpasset til det enkelte vassdragets vannkjemi. Denne tilpasningen gjøres i samarbeid med Kemira, ut fra vannkjemiske analyser og erfaringer fra tidligere Al-behandlinger. Som eksempel kan det nevnes at sammensetningen av svovelsyre og aluminiumsulfat har endret seg gjennom behandlingene i Lærdalselva, hvor vi under vårbehandlingen i 2006 brukte en AIS med mindre Al-innhold men med høyere svovelsyrekonsentrasjon enn under behandlingene i 2005. Mengden aluminium i løsningene har variert fra 0,5-1,5 %, mens svovelsyrekonsentrasjonen har variert mellom 10-30 %.

Parallelt med AI-doseringene har det foregått en kontinuerlig metodeutvikling som har bidratt til at AI-utslippene stadig har blitt mindre.

Målet med vårbehandlingen i 2005 var å redusere smittepresset internt i Lærdalselva, samt eksternt til andre vassdrag i Sognefjorden. Under vårbehandlingen ble derfor AIS primært tilsatt i den lakseførende strekningen av hovedelva og de største sidevassdragene, mens de minste vannveiene ikke ble kjemisk behandlet.

Målet med høstbehandlingen (4.-18.okt 2005) og vårbehandlingen (23.mars-5.april 2006) var å utrydde parasitten i hele vassdraget. Hele den anadrome strekningen i vassdraget nedstrøms Sjurhaugfossen ble derfor behandlet. AIS ble dosert ut i alle store vannveier, samt i grøfter og sig der det var sannsynlig at fisk kunne oppholde seg. I resterende områder, nesten stillestående vann i isolerte partier i hovedløpet samt i mindre grøfter og sig i periferien, ble det brukt rotenon.

CFT-Legumin har blitt benyttet i utryddelsesøyemed i Norge siden 1999 og inneholder bl.a. 2,5 % rotenon og 2,5 % piperonylbutoksid (PBO). Det er rotenonet som gir den dødelige effekten på fisk. PBO er en synergist som gjør det mulig å redusere konsentrasjonen av rotenon i løsingen, samtidig som effekten opprettholdes. Kjemisk formel for rotenon er $C_{23}H_{22}O_6$, molekylvekt: $394,42 \text{ g mol}^{-1}$ og tettheten er $1,020 \text{ kg m}^{-3}$. Nærmere beskrivelse av kjemikaliet og miljørisikovurderinger vedrørende bruk av dette finnes i Kelley & Weideborg (1999); Bruås & Weideborg (2002).

Ut i fra feltbefaringer og kartlegging av vassdraget, var det på forhånd gjort vurderinger for bruk av AIS og/eller CFT-Legumin i perifere områder. Pga forskjeller i vannføring fra befaringsstidspunkt til behandlingstidspunkt, ble det under behandlingene gjort enkelte omdisponeringer mht valg av kjemisk stoff. Vannmengder og nærhet til hovedelva var avgjørende kriterier for valg av AIS eller CFT-Legumin i disse tilfellene.

2.3 Doseringsteknikk og strategi

Doseringsteknikk og strategi under Lærdalsbehandlingen er i prinsippet lik den som ble anvendt under behandlingen av Batnfjordselva i 2004 (Hytterød m. fl., 2005). AIS tilsettes fra 3 ulike doseringsnivåer:

- 1) Hovedelver og store sideelver – store vannføringsproporsjonale doseringsanlegg
- 2) Små sideelver og store bekker - mellomstore vannføringsproporsjonale doseringsanlegg
- 3) Små bekker og grøfter – dryppestasjoner (ikke vannføringsproporsjonale)

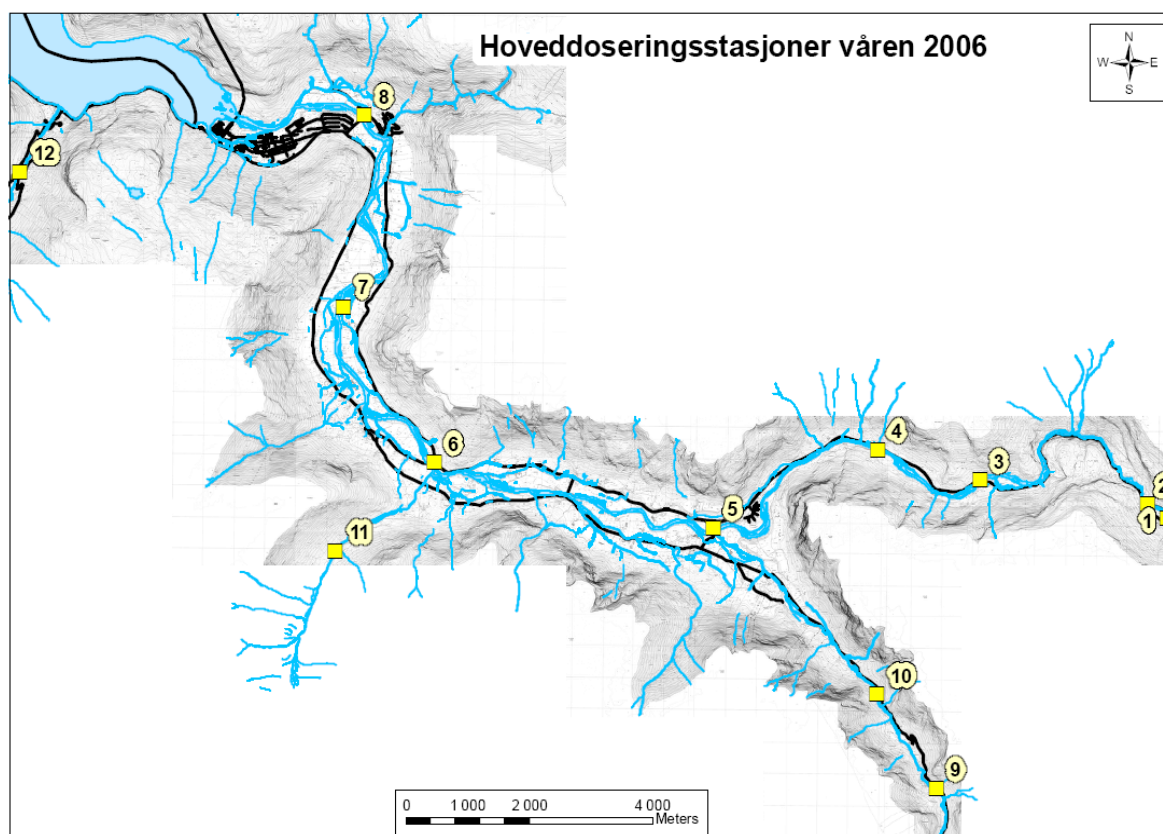
Hovedelva hadde 6 store elvedoseringsanlegg under vårbehandlingen i 2005. Ytterligere 3 anlegg ble utplassert før høstbehandlingen (**Figur 1**). Anleggene ble plassert på følgende lokaliteter:

- Sjurhaugfoss (1) ovenfor lakseførende strekning
- Borgund kraftverk- inne i tunnel (utenfor kartutsnittet i Figur 1)
- Borgund kraftverk luke v/Sjurhaugfossen (2)
- Seltun (3)

- Bjørkum (4)
- Båthølen (5)
- Voll bru (6)
- Eri (7)
- Øye bru (8)

Det var også elvedoseringsanlegg i sidevassdragene Nivla (9 og 10) og Kuvella (11), samt i Erdalselva (12) som munner ut i fjorden ca 3 km fra Lærdalsøyri. Vannet fra Borgund kraftverk kom ut i Lærdalselva to steder: ved Sjurhaugfoss for opprettholdelse av minste vannføring ned til Stuvane, og ved Stuvane.

Under fullskalabehandlingene høsten 2005 ble mellomstore vannføringsproporsjonale doseringsenheter utplassert i Jutlaelvi, Fossagrovi, Kjerringgjeli, Teiggjeli, Senda. Pga stabil og lav vannføring ble vannføringsproporsjonal dosering utelatt i disse sidevassdragene under vårbehandlingen i 2006. Ofta og Stødna. Opp til 80 dryppestasjoner ble satt ut i mindre åpne og lukkede bekker, samt i konstruerte vanningsveier.



Figur 1. Oversikt over hovedstasjoner for ALS dosering i Lærdal.

2.4 CFT-Legumin dosering

CFT-legumin ble brukt under høstbehandlingen i 2005 og vårbehandlingen i 2006. Det ble gjennomført to behandlingsrunder under hver av behandlingene.

En dose på $\geq 0,5$ ppm av CFT-legumin er nødvendig for å oppnå 100 % fiskedød i områdene som behandles. CFT-legumin inneholder 2,5 % rotenon. Med en egenvekt av CFT-legumin på 1,020, betyr dette en rotenonkonsentrasjon på minst $12,5 \mu\text{g}$ rotenon L^{-1} for å oppnå nedre konsentrasjonskrav på 0,5 ppm CFT-legumin. For å sikre 100 % dødelighet ble det derfor dosert ut ≥ 1 ppm i alle CFT-legumin behandlede områder.

CFT-legumin ble utdosert på 2 måter:

- Punktdoseringer i flomoverløp i hovedelva, samt i perifere områder og dammer
- Dryppstasjoner i små bekker, grøfter og sig.

Utdosering ble foretatt fra dryppstasjoner, bruk av hagekanner og pumpe. Dryppstasjoner ble benyttet i lange, stilleflytende bekker/grøfter. Til dette benyttes en plastkanne (20 L) tilkopleet et hevertsystem som sørger for jevn utdosering i 4 timer. Totalt ble det satt ut 21 dryppstasjoner, hvor det ble utdosert 2 ganger fra 14 av disse.

2.5 Desinfisering av utstyr

Fordi elva må defineres som smitteområdet var det påkrevd med desinfeksjon av alt utstyr og personell. Desinfiseringsmiddel som ble benyttet var en 2 % blanding av Virkon S, som er godkjent til dette formålet. Det ble utarbeidet egen desinfiseringsprosedyre og desinfiseringsplan som ble godkjent av Mattilsynet.

2.6 Dødfiskhåndtering

Behandlingsplanen for dødfiskhåndtering ble utarbeidet i forkant av vårbehandlingen. Planene ga også retningslinjer for håndtering av et "worst case scenario" med omfattende fiskedød som følge av et ukontrollert utslipp av aluminium. Planen ble godkjent av Mattilsynet.

Stort sett all voksen død fisk ble artsbestemt, lengdemålt og veid og skjellprøver samlet inn for eventuelle analyser av alder og art. Kun på høsten ble også dødfisken artsbestemt og gytestatus sjekket. For fisk som hadde ligget døde i elva over lengre tid ble kun art og total vekt registrert.

2.7 Vannprøvetaking og vannanalyser

Under behandlingene ble det gjennomført omfattende vannkjemiske analyser, for å kontrollere de kjemiske endringene som følge av Al-doseringen. Vannets pH, og temperatur ble målt daglig ved 14 ulike stasjoner i hovedelva, samt i Kuvella, Nivla, Stødna, Ofta, Senda og Erdalselva. I tillegg ble det etablert referansestasjoner ca 100 meter oppstrøms doseringsanleggene ved Sjurhaugfoss, Kuvella, Nivla og Erdalselva, hvor de samme målingene ble gjennomført. Ved alle stasjoner ble det jevnlig tatt vannprøver for analyse av aluminium. Det ble i tillegg gjennomført sentrale vannkjemiske analyser av flere bekker, vanningsveiter, og fra hydrologisk kompliserte områder, for å dokumentere at vannkjemien var tilfredsstillende mht fjerning av *G. salaris*. Før behandlingene ble det samlet inn prøver for analyse av vannets

alkalinitet fra alle steder i vassdraget hvor vannføringsproporsjonal dosering skulle gjennomføres.

2.8 Fisk i kar som kontroll på vannets giftighet

Laksunger fra Ljøsne Klekkeri ble brukt som kontroll på vannets giftighet under behandlingene. Under vårbehandlingen i 2005 var laksungene påført *G. salaris* infeksjon, slik at de i tillegg kunne fungere som kontroll på effekten av Al-behandlingen. Kontrollfisken var ikke infisert med *G. salaris* under høstbehandlingen 2005 og vårbehandlingen i 2006, fordi tilgangen på parasitter var svært begrenset. Før de ulike behandlingene ble 240 laksunger fordelt likt på 6 utvalgte stasjoner i hovedelva, samt på en stasjon nederst i Nivla og i Kuvella. Under vårbehandlingen 2006 ble det også utplassert plommeseckkyngel på flere av stasjonene.

Fisken ble satt i kar (80L) en uke før Al-doseringen startet. Karene hadde kontinuerlig vanngjennomstrømning slik at fisken hele tiden ble eksponert for Al-behandlet elvevann. Under vårbehandlingen 2005 ble det tatt ut fisk til gyroundersøkelser midtveis i behandlingen og ved behandlingslutt. Denne fisken ble konservert på 96 % etanol for senere undersøkelse av *G. salaris* infeksjon. Under høst (2005) og vårbehandlingen (2006) ble all fisk avlivet ved behandlingslutt og destruert på forsvarlig måte.

3. Resultater

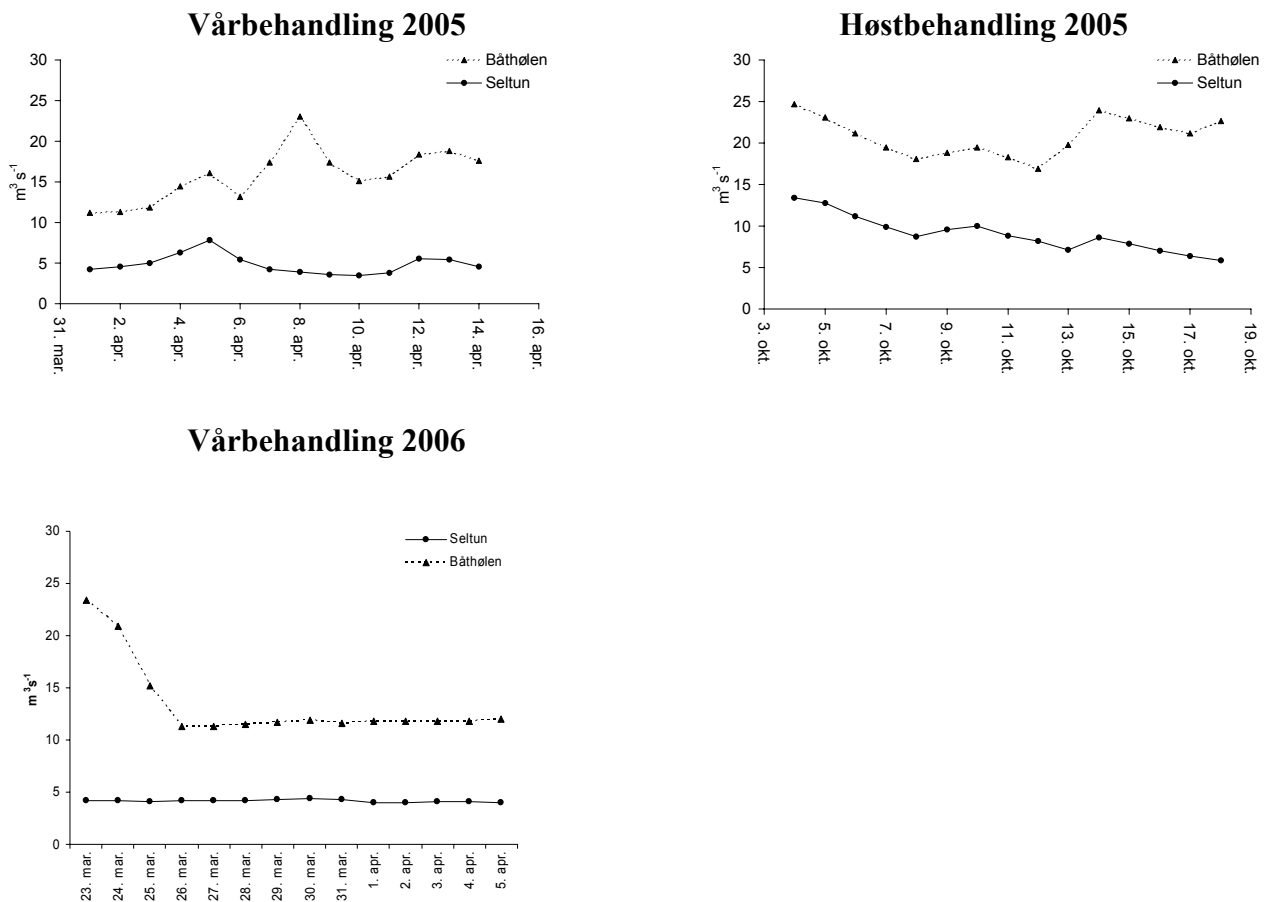
3.1 Vannføring

Vannføringen i Lærdalselva er regulert av kraftselskapet Østfold Energi, og vi har under behandlingsperiodene inngått avtaler med selskapet slik at vannføringen har vært mest mulig gunstig for Al-behandling. Under høstbehandlingen var det generelt høyere vannføring enn under vårbehandlingene, primært pga høyere naturlig avrenning (**Figur 2**).

Under begge vårbehandlingene varierte vannføring ved Båthølen mellom 12-23 m³ sek⁻¹, mens tilsvarende variasjoner under høstbehandlingen var 18-25 m³ sek⁻¹. Under vår- og høstbehandlingene i 2005 hadde vi avtale med kraftverket om økt påslipp av vann mot slutten av behandlingsperiodene. Under vårbehandlingene 2006 inngikk vi avtale med regulanten om høy vannføring under først del av behandlingsperioden med gradvis nedtrapping gjennom først uka og deretter tilnærmet konstant vannføring siste behandlingsuke (**Figur 2**).

Vannføringen på strekningen fra Sjurhaugfoss til Båthølen er i liten grad påvirket av regulanten. Kraftverket er imidlertid pålagt å opprettholde en minstevannføring på minimum 4 m³ sek⁻¹ ved målepunktet på Seltun. Når naturlig vannføring er < 4 m³ sek⁻¹ slipper Østfold Energi ut vann ved Sjurhaugfossen for å oppnå den pålagte minstevannføringen ved Seltun.

Vannføringen i øvre del av elva var relativt stabil under vårbehandlingsperiodene. Pga liten avrenning lå vannføringen på denne strekningen nær minstevannføringen på 4 m³ sek⁻¹ under begge behandlingsperiodene. Vannføringen under vårbehandlingene i 2006 var meget stabil sammenlignet med de to andre behandlingene. Under høstbehandlingen varierte vannføringen fra 14 til 7 m³ sek⁻¹. Vannføringen var høyest i begynnelsen av perioden og sank gradvis mot slutten av behandlingen (**Figur 2**).



Figur 2. Vannføring ved Seltun (øvre del av behandlet elvestrekning) og Båthølen (nedre del av behandlet elvestrekning) under vår- og høst-behandlingen i 2005 og under vårbehandlingene 2006.

3.2 AIS-dosering

I 2005 ble det totalt dosert ut ca 630 m³ AIS-løsning i Lærdalselva. Med et innhold av Al fra 0,5-1,5 %, betyr dette et utslipp av Al i elva på ca 10 tonn. Denne tilførselen kan settes i perspektiv ved å sammenligne med naturlig årlig transport av Al fra Lærdalselva. Median konsentrasjon av total Al (Al_T) oppstrøms AIS-dosering under vår og høstbehandlingene lå på hhv 48 og 82 µg Al L⁻¹. Det er derfor rimelig å anta en gjennomsnittlig total-Al konsentrasjon i Lærdalselva på 50 µg Al L⁻¹. Med en gjennomsnittlig årlig vannføring på 37,8 m³ sek⁻¹ (Østfold Energi) vil Lærdalselva transportere ca 60 tonn Al per år. Ekstrabidraget av Al fra vår- og høstbehandlingene på ca 10 tonn utgjorde dermed en tilleggstransport av Al (utover det naturlige) på ca 16 % i 2005. Dette prosentvise bidraget av Al fra doseringen er sannsynligvis også et overestimert, fordi langt høyere Al-konsentrasjoner normalt forekommer under flomperioder hvor Al ikke doseres. Det er derfor grunn til å anta at bidraget av Al fra behandlingene i forhold til naturlige kilder er enda lavere enn disse beregningene. Under den siste behandlingen i 2006 ble det totalt brukt 175 m³ AIS-løsning, hvor aluminium utgjorde totalt 1,2 tonn. Dette betyr at vi gjennom behandlingene i Lærdalselva gradvis har redusert

Al-mengden i kjemikaliene som benyttes. Arbeidet med en stadig reduksjon av aluminium i kjemikaliene vil fortsette, men vi må hele tiden vurdere dette opp mot hovedmålsetningen som er å utrydde parasitten. Vi vil derfor ikke redusere Al-mengdene ytterligere før vi er sikre på at vi fortsatt har god behandlingskjemi.

3.3 CFT-legumindosering

Under høstbehandlingen i 2005 ble det brukt 49,2 L CFT-legumin, 23,1 L under første gangs behandling og 25,9 L under andre gangs behandling. I tillegg ble 0,2 L brukt til etterbehandling av noen enkeltpunkter.

Under vårbehandlingen i 2006 ble det totalt brukt 23,7 L CFT-legumin, hvorav 3,3 L ble dosert ut ved 15 ulike dryppstasjoner. De fleste av disse punktene ble behandlet to ganger. Enkelte marginale punkter ble behandlet med hagekanne, mens resterende mengder ble utdosert i dammer og perifere områder ved bruk av pumpe og/eller hagekanne.

Det ble daglig gjennomført punktvis innrapportering av de områdene som ble behandlet, inkludert nye doseringspunkter som ble funnet og behandlet. Enkelte nye punkter og punkter med relativt stor vannføring ble innrapportert som AIS-punkt, og disse ble deretter AIS-behandlet resten av behandlingsperioden.

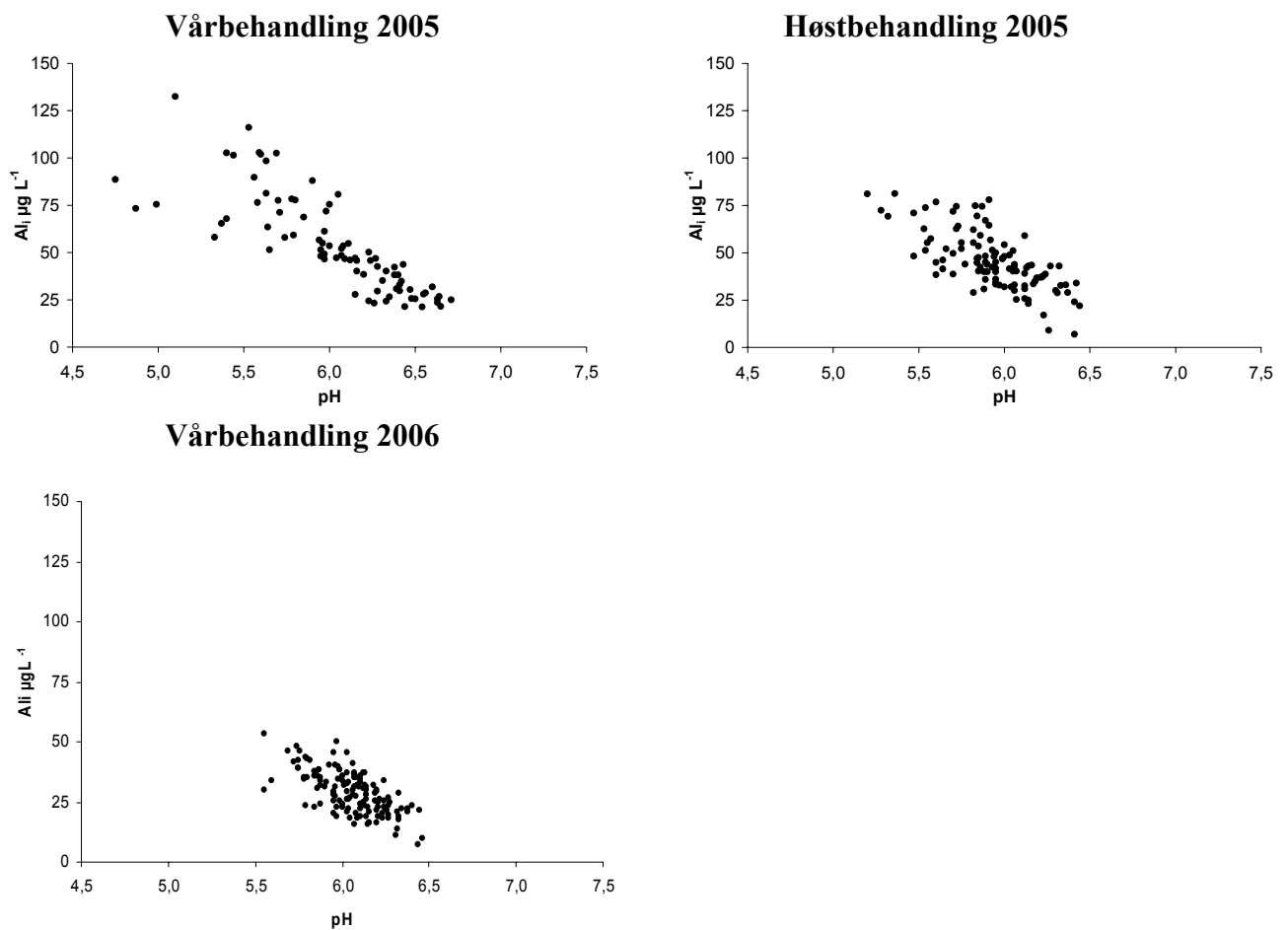
Under høstbehandlingen i 2005 antar vi at maksimalt ca 0,67 % av det vannet som totalt rant ut i Lærdalselva ble behandlet med rotenon før det kom ut i områder som allerede ble behandlet med aluminium. Under vårbehandlingen i 2006 vil vi anta at denne prosentandelen var enda lavere, fordi vanntilførslene i periferien i forhold til i hovedvassdragene da var relativt sett mindre enn under høstbehandlingen i 2005.

3.4 Vannkjemi

Under Al-behandlingene medførte AIS-tilsetningen at pH i hovedelva sank ned mot pH: 6,0, samtidig som Al-konsentrasjonen økte til ca 100 $\mu\text{g Al L}^{-1}$, hvorav 30-60 $\mu\text{g Al L}^{-1}$ var på uorganisk form (Al_i). pH og Al-konsentrasjonene i vannet fra Stuvane kraftstasjon under vårbehandlingen i 2005 avvek en del fra dette. Her førte Al-doseringen til en pH på 5,63 og en Al_i -konsentrasjon på 102 $\mu\text{g Al L}^{-1}$ (medianverdier). Grunnen til denne overdoseringen var at strekningen fra tunnelåpningen til samløp av dette tunnelvannet med Lærdalselva (oppstrøms Båthølen), kun er en kort strekning og vi trengte surt vann for å få tilfredsstillende pH i Båthølen. Denne strategien ble valgt fordi vi kun hadde et doseringsanlegg i Lærdalselva oppstrøms Båthølen (ved Sjurhaugfoss) og dosering fra denne stasjonen var utilstrekkelig til å behandle hele strekningen fra Sjurhaugfoss til Båthølen. Før høstbehandlingen i 2005 ble derfor 2 nye doseringsanlegg plassert på denne strekningen, ett ved Seltun og ett ved Bjørkum. **Figur 3** viser at Al-doseringen under fullskalabehandlingene (høst 2005 og vår 2006) gir klart mer stabil vannkjemi enn under den smittedempende behandlingen våren 2005. Dette skyldes lang flere Al-doseringsanlegg i hovedelva, samt Al-dosering i alle små og store sidebekker, samt forbedret Al-doseringstilpasning til aktuell vannkjemi. Dette viser at Al-dosering i perifere områder bidrar til å stabilisere vannkemien i hovedelva samtidig som eventuelle parasitter fjernes også i disse områdene. Dette viser klart at Al-dosering i perifere

områder i kombinasjon med vannkjemisk og hydrologisk lokalkunnskap i vassdraget er viktig for å kunne gjennomføre en Al-behandling på en mer kontrollert og sikrere måte.

Under begge Al-behandlingene i 2005 ble det med overlegg dosert noe mer aluminium enn det som i utgangspunktet skulle være tilstrekkelig for å ha god behandlingskjemi. Dette ble gjort fordi vi hadde ungfisk i kontrollbur, samt at vi hadde fått klare signaler fra myndighetene om viktigheten av å lykkes. Dette sammen med at hovedmålsetningen var å utrydde parasitten, gjorde at vi heller valgte ett noe tøft doseringsregime enn det motsatte. Siden vi fikk en viss dødelighet av voksenfisk på elva under begge behandlingene i 2005, valgte vi å forsøke å optimalisere Al-doseringen under vårbehandlingen i 2006 i håp om å få til en behandling uten tap av voksenfisk. Dette lyktes vi svært godt med (se Kap. 3.5 og 3.6)



Figur 3. Forholdet mellom pH uorganisk monomert aluminium (Al_I) under vår og høst behandlingene 2005 (øverst) og vårbehandlingen 2006 (nederst). Mindre spredningen betyr mindre vannkjemiske variasjoner.

Tabell 1. Medianverdi for pH, temperatur, totalaluminium (Al_r) og uorganisk monomert aluminium (Al_i) fra stasjoner i Lærdalsvassdraget og sidevassdrag med vannproporsjonal Al-dosering under vårbehandlingen i 2005. Antall målinger (n) er angitt i parentes.

Stasjon	PH -log(H ⁺)	Temp °C	Al _r µg/l	Al _i µg/l
Sjurhaug oppstr.	7,03 (n=13)	2,8 (n=13)	82 (n=12)	23 (n=6)
Galdane	6,26 (n=19)	2,8 (n=17)	173 (n=13)	37 (n=8)
Seltun	5,95 (n=20)	3,2 (n=17)	167 (n=13)	35 (n=8)
Bjørkum	5,89 (n=18)	3,3 (n=15)	156 (n=12)	35 (n=7)
Fluen	6,12 (n=14)	3,5 (n=14)	152 (n=12)	42 (n=7)
Kraftgata	5,63 (n=13)	1,5 (n=13)	112 (n=9)	102 (n=6)
Båthølen	6,00 (n=14)	3,6 (n=14)	150 (n=9)	39 (n=6)
Homepool	5,90 (n=15)	3,6 (n=13)	134 (n=10)	69 (n=7)
Voll Bru	6,16 (n=12)	3,0 (n=10)	122 (n=9)	39 (n=6)
Voll Fisk	6,04 (n=12)	3,5 (n=11)	130 (n=9)	58 (n=4)
Eri	6,08 (n=10)	3,3 (n=10)	120 (n=9)	50 (n=4)
Eri Fisk	5,97 (n=12)	4,4 (n=10)	141 (n=9)	63 (n=4)
Sykehusbrua	6,14 (n=10)	3,1 (n=10)	125 (n=9)	49 (n=4)
Øye	6,00 (n=12)	3,7 (n=11)	155 (n=9)	74 (n=4)
Nivla oppstr.	7,06 (n=8)	2,8 (n=8)	22 (n=8)	10 (n=3)
Nivla Fisk	6,59 (n=13)	5,0 (n=13)	94 (n=9)	21 (n=4)
Kuvella oppstr.	7,16 (n=10)	4,6 (n=10)	25 (n=10)	31 (n=3)
Kuvella Fisk	6,34 (n=13)	5,6 (n=12)	154 (n=11)	64 (n=3)
Erdalselva oppstr.	6,78 (n=10)	2,7 (n=10)	84 (n=10)	17 (n=2)
Erdalselva nedstr.	5,59 (n=10)	2,9 (n=10)	308 (n=10)	55 (n=2)

Tabell 2. Medianverdi for pH, temperatur, totalaluminium (Al_r) og uorganisk monomert aluminium (Al_i) fra stasjoner i Lærdalsvassdraget og sidevassdrag med vannproporsjonal Al -dosering under høstbehandlingen i 2005. Antall målinger (n) er angitt i parentes.

Stasjon	pH -log(H ⁺)	Temp °C	Al_r µg/l	Al_i µg/l
Sjurhaug oppstr	6,80 (n=12)	7,2 (n=15)	48 (n=10)	7 (n=5)
Galdane	6,02 (n=15)	7,0 (n=17)	132 (n=10)	42 (n=7)
Seltun	6,07 (n=13)	7,2 (n=17)	113 (n=10)	43 (n=7)
Bjørkum	5,90 (n=14)	7,5 (n=14)	122 (n=10)	44 (n=8)
Fluen	6,04 (n=13)	7,4 (n=13)	109 (n=12)	43 (n=8)
Kraftgata	6,06 (n=17)	5,9 (n=17)	99 (n= 10)	38 (n=8)
Båthølen	6,04 (n=12)	7,1 (n=12)	101 (n= 11)	33 (n=9)
Homepool	5,95 (n= 12)	7,2 (n=12)	128 (n=10)	52 (n=8)
Voll Bru	6,16 (n=12)	7,1 (n=12)	110 (n= 10)	36 (n=7)
Voll Fisk	6,14 (n=12)	7,9 (n=11)	115 (n= 9)	44 (n=7)
Eri	6,23 (n=13)	7,2 (n=10)	108 (n= 10)	40 (n=7)
Eri Fisk	6,17 (n=12)	7,6 (n=12)	125 (n= 9)	46 (n=8)
Sykehusbrua	6,26 (n=12)	7,1 (n=12)	119 (n= 10)	40 (n=7)
Øye	6,00 (n=13)	7,8 (n=13)	154 (n= 10)	68 (n=8)
Nivla oppstr.	6,96 (n=12)	6,9 (n= 12)	40 (n= 10)	19 (n=7)
Nivla Fisk	6,32 (n=17)	8,0 (n=17)	90 (n= 11)	40 (n=9)
Senda	6,24 (n=12)	7,7 (=12)	117 (=10)	70 (n=7)
Kuvella oppstr.	6,95 (n=11)	7,1 (n=11)	38 (n=9)	14 (n=6)
Kuvella Fisk	6,14 (n=15)	7,7 (n=15)	260 (n=11)	24 (n=8)
Ofta	6,19 (n=10)	7,5 (n=10)	109 (n=8)	33 (n=7)
Stødna	5,72 (n=11)	8,15 (n=10)	137 (n=9)	72 (n=7)
Erdalselva oppstr.	6,71 (n=13)	5,5 (n=13)	50 (n=10)	6 (n=6)
Erdalselva nedstr.	6,31 (n=11)	7,1 (n=11)	138 (n=9)	35 (n=7)

Tabell 3. Medianverdi for pH, temperatur, totalaluminium (Al_t) og uorganisk monomert aluminium (Al_i) fra stasjoner i Lærdalsvassdraget og sidevassdrag med vannproporsjonal Al-dosering under vårbehandlingen i 2006. Antall målinger (n) er angitt i parentes.

Stasjon	pH -log(H ⁺)	Temp °C	Al_t µg/l	Al_i µg/l
Sjurhaug oppstr	6,99 (n=12)	0,5 (n=12)	43 (n=8)	8 (n=8)
Galdane	6,04 (n=15)	1,0 (n=15)	66 (n=9)	28 (n=10)
Seltun	6,12 (n=12)	1,0 (n=12)	58 (n=8)	21 (n=9)
Bjørkum	5,98 (n=12)	1,1 (n=12)	78 (n=8)	24 (n=9)
Fluen	6,03 (n=14)	1,3 (n=14)	63 (n=9)	22 (n=10)
Kraftgata	5,88 (n=13)	1,3 (n=13)	53 (n=8)	34 (n=9)
Båthølen	6,09 (n=13)	2,4 (n=13)	51 (n=9)	22 (n=10)
Homepool	6,00 (n=12)	2,4 (n=12)	66 (n=9)	31 (n=10)
Voll Bru	6,21 (n=12)	1,7 (n=12)	54 (n=9)	28 (n=10)
Voll Fisk	6,08 (n=12)	2,8 (n=12)	69 (n=9)	29 (n=10)
Eri	6,14 (n=12)	1,8 (n=12)	63 (n=9)	32 (n=10)
Eri Fisk	6,14 (n=12)	2,0 (n=12)	69 (n=9)	31 (n=10)
Sykehusbrua	6,23 (n=12)	1,7 (n=12)	62 (n=9)	25 (n=10)
Øye	6,16 (n=12)	2,1 (n=12)	75 (n=9)	32 (n=10)
Nivla oppstr.	6,95 (n=11)	0,4 (n=11)	22 (n=9)	11 (n=9)
Nivla Fisk	6,44 (n=12)	2,7 (n=12)	35 (n=9)	21 (n=9)
Kuvella oppstr.	7,23 (n=12)	3,6 (n=12)	21 (n=9)	13 (n=9)
Kuvella Fisk	6,35 (n=12)	2,5 (n=12)	103 (n=11)	53 (n=12)
Erdalselva oppstr.	6,87 (n=12)	0,7 (n=12)	51 (n=9)	6 (n=9)
Erdalselva nedstr.	5,72 (n=14)	0,6 (n=14)	102 (n=11)	48 (n=12)

3.5 Fiskestatus i kar under behandlingene

Under vårbehandlingen i 2005 ble det observert dødelighet av lakseunger i to fiskekar, ved Homepool og ved Øye. Ved Homepool døde all fisken i løpet av behandlingsperioden. Denne stasjonen lå ca 500 meter nedstrøms doseringsanlegget ved Båthølen og ble derfor sterkt påvirket både av kraftverksvann som kom ut i elva rett oppstrøms Båthølen og påfriskningsstasjonen i Båthølen. Dødeligheten på Øye er vanskelig å forklare fordi det her også var dødelighet før Al-doseringen begynte.

Under høstbehandlingen i 2005 ble det ikke observert dødelighet i fiskekarene, men også denne gang døde fisk i karet (8 stk) på Øye før Al-behandlingen tok til.

Under vårbehandlingen 2006 ble det ikke observert dødelighet i fiskekarene, verken av større lakseunger eller plommeseekkyngel som følge av Al-doseringen. Noen plommeseekkyngel døde, men i alle disse tilfellene var plommesekken borte (oppbrukt), slik at sult derfor var mest sannsynlig dødsårsak.

3.6 Fiskestatus i elva under behandlingene

3.6.1 Vårbehandlingen 2005

Under vårbehandlingen 2005 ble det registrert døde vinterstøinger av laks og sjøørret den 9.04.05, 10 dager etter at ALS doseringen startet. Samtidig ble det observert vinterstøinger som trakk ut til mindre strømsterke deler av elva. Disse virket meget passive og hadde klart nedsatt fluktrespons. Det ble derfor i samråd med Fylkesmannen besluttet å stoppe behandlingen midlertidig. Lokalt mannskap fra Lærdal ble kontaktet og plukking av død fisk ble gjennomført. Al-behandlingen ble gjenopptatt 11.04.06, men med et mer moderat doseringsregime.

Under plukking av dødfisk den 13.04.06, ble det fortsatt observert fisk med unormal atferd i nedre deler av vassdraget og doseringen ble da gradvis redusert. Det også ble organisert en innsamling av død fisk den 21.04.06, etter at vannføringen var gått ned.

Under vårbehandlingen i 2005 ble det ikke registrert død fisk oppstrøms Båthølen, og med unntak av 5 døde ørretunger i nedre del av sideelva Senda, ble all dødfisk funnet i hovedelva fra Båthølen og ned til utløpet ved Lærdalsøyri.

Under vårbehandlingen i 2005 ble det totalt samlet inn 103 døde fisk (13 laks og 90 sjøørret) i hovedelva. De døde fiskene var mellom 50-70 cm lange og totalvekta var 260 kg (**Tabell 4**).

Tabell 4. Antall og vekt av dødfisk i fm Al-behandlingen i mars/april 2005.

Plukkerunde	Laks n (%)	Ørret n (%)	Totalt n (%)	Samlet vekt kg
1	7 (17 %)	34 (83 %)	41	Ca. 130
2	3 (21 %)	11 (79 %)	14	Ca. 130
3	3 (6 %)	45 (94 %)	48	Ca. 130
Totalt	13 (13 %)	90 (87 %)	103	Ca. 260

3.6.2 Høstbehandlingen 2005

Under høstbehandlingen i 2005 ble det registrert død sjøørret ved Eri den 10.10.05, 5 dager etter at ALS doseringen startet. Som under vårbehandlingen 2005 ble det registrert voksenfisk som var meget passive og med redusert fluktrespons. Imidlertid ble det samtidig observert gyting, og gytefisk med normal fluktrespons i de samme områdene. Dette kan indikere relativt stor variasjon i sjøørrets tålegrense for Al under de gitte vannkjemiske forhold. En annen mulig forklaring er at fisk i samme område har bli utsatt for ulike doser og eksponeringstid av aluminium. Det er lite trolig at individuelle forskjeller mellom fisk alene kan forklare at noen dør, mens andre har helt normal atferd i samme deler av elva. Da det utover dagen ble funnet flere døde og døende fisk andre steder i elva, ble det i samråd med Fylkesmannen besluttet å skru av Al-doseringen midlertidig i hovedelva.

Al-doseringen ble startet opp igjen 12.10.05. Fortsatt døde noe fisk, men det er grunn til å tro at dette i hovedsak var fisk som var svekket av Al-doseringen før doseringen i hovedvassdraget ble midlertidig stoppen på kvelden 10.10.05. Det ble plukket noe død fisk i vassdraget helt fram til den 20.10.05, men omfanget var mindre og avtok betraktelig utover i perioden.

I hovedelva som ble behandlet med aluminium, ble det totalt registrert 211 døde fisk. Alle var voksne individer og kun 6 av disse var laks (**Tabell 5**). Hovedmengden av død sjørret var hanner og mange av disse hadde også gytt. Det ble også funnet en del døde hunner av sjørret, samt gjeldfisk av sjørret av begge kjønn.

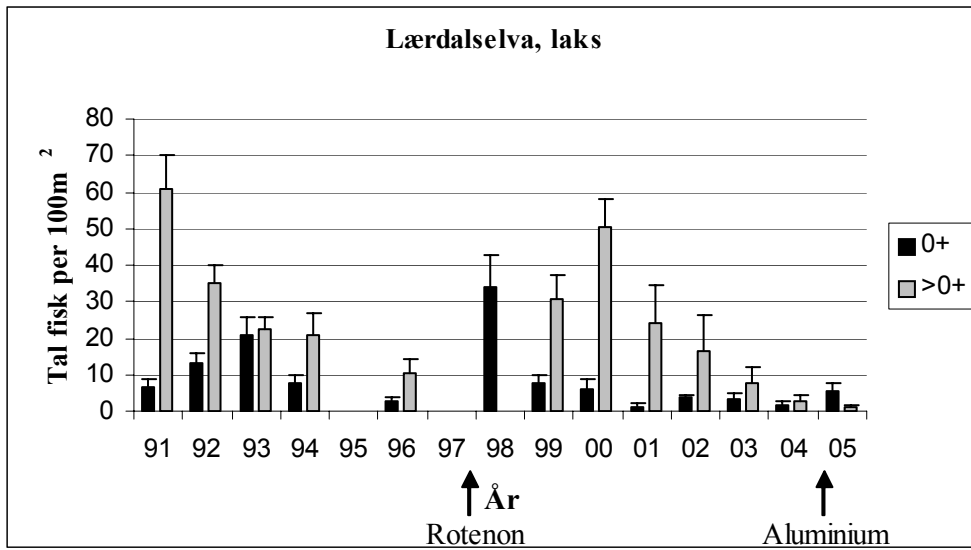
Under CFT-legumin behandlingen i perifere områder høsten 2005, ble det med unntak av 7 laksunger, kun funnet død ungfisk av ørret. De 7 døde lakseungene ble alle lokalisert i Lærdalselvas hovedløp, i områder som ikke hadde direkte kontakt med hovedstrømmen i vassdraget under den vannføringen som var under behandlingen.

Tabell 5. Antall og vekt av dødfisk i fm kjemisk kombinasjonsbehandling av Lærdalselva i oktober 2005.

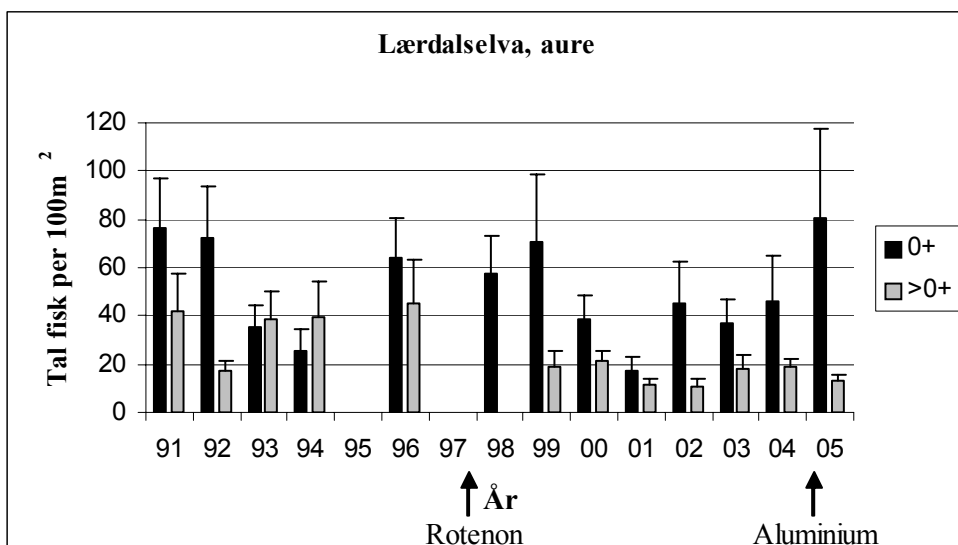
Område	Kjemisk middel	Laks (n)	Ørret (n)	Totalvekt Kg
Periferi	CFT-Legumin	7	707	5.2
Periferi	Aluminiumsulfat	0	12	1.3
Hovedelv	Aluminiumsulfat	6	205	519
Totalt		13	924	526.4

Gladsø (2006) har på oppdrag fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane undersøkt ungfiskbestanden i Lærdalselva. Undersøkelsene er en oppfølging av en lang tidsserie med datafangst (**Figur 4** og **Figur 5**). Undersøkelsene i 2005 viste at det i gjennomsnitt var 83,2 aure og 3,8 laks per 100 m² i Lærdalselva. Etter at parasitten ble oppdaget på nytt i 1999, har tetthet av laks gått ned hvert år, tilsvarende det som også er observert i andre Gyro-smitta vassdrag. Fra 2001 til 2004 har gytefiskbestanden også blitt forsøkt fisket opp for å redusere utvandrende smolt med smitte. I 2004 var det såpass fåtallig laks i elva at en under ungfiskregistreringen observerte flere fisk som kunne mistenkes å være hybrid mellom laks og aure. Denne andelen gikk ned igjen i 2005.

Antall ensomrig laks økte noe i 2005. Dersom *G. salaris* er utrydda av vassdraget kan dette indikere at laksebestanden har begynt å ta seg opp igjen, men økningen kan også være et resultat av generelt gode vilkår, da antall ensomrige aure også økte tilsvarende (**Figur 5**).



Figur 4. Gjennomsnittlig tetthet (\pm std. avvik) av laks på 6 stasjoner i Lærdalselva fra 1991 til 2005. (Gladsø, 2006)



Figur 5. Gjennomsnittlig tetthet (\pm std. avvik) av ørret på 6 stasjoner i Lærdalselva fra 1991 til 2005. (Gladsø, 2006)

3.6.3 Vårbehandlingen 2006

Under vårbehandlingen i 2006 ble det ikke observert død fisk i hovedelva. Under denne behandlingen var mange av vannveiene tørket ut, slik at vassdragets perifere områder var mye mindre enn under høstbehandlingen 2005. Enkelte vannveier var bunnfrosset og en del dammer var fortsatt islagt. En IBC-kontainer med AIS (ca 1000 L) gikk lekk dagen/natten før doseringsoppstart. Dette tok liv av en del ørretunger i Stødna. Også i nederst del av Senda og i noen andre mindre vannveier som ble dosert med AIS ble det registrert tilnærmet total dødelighet av ørret og stingsild (utgjorde et begrenset antall totalt). Dette skyldes primært at

ALS-doseringen i disse punktene ikke hadde vannføringsproporsjonal Al-dosering, slik at når vannføringen gikk ned ble ikke disse dempet tidlig nok, med lokal overdosering som resultat.

I dammer hvor CFT-Legumin ble dosert under isen, var det vanskelig og observere dødfisk som kunne bekrefte at behandlingen hadde vært tilfredsstillende. I slike områder ble det derfor lagt til en sikkerhetsmargin i utregning av vannmengde. Det ble derfor trolig dosert tøft, og over 1 ppm CFT-Legumin i flere dammer. Oversikt over dødfisk fra vårbehandlingen i 2006 er angitt i **Tabell 6**.

Som for de andre behandlingene må en påregne at dødeligheten har vært noe større enn det som er registrert, spesielt for småfisk, fordi de er vanskelige å registrere samt at det er både mink og fiskepisende fugler langs vassdraget.

Tabell 6. Antall dødfisk i fm kjemisk behandling av Lærdalselva våren 2006.

Område	Kjemisk middel	Stingsild (n)	Ørret (n)
Periferi	Aluminiumsulfat	24	154
Periferi	CFT-Legumin	1	52
Sum		25	206

3.7 Status for mengde *Gyrodactylus salaris* på laks under behandlingen

Før vårbehandlingen i 2005 ble det el-fisket på 6 stasjoner i hovedelva og totalt ble det fanget 18 laksunger som alle hadde *G. salaris*. Etter vårbehandlingen (2005), ble det el-fisket på 5 stasjoner, og totalt ble 47 laksunger fanget. *G. salaris* ble kun funnet på ett individ. Denne laksungen ble fanget i Bjørkumhølen og hadde 25 parasitter. Dette samstemte med de vannkjemiske målingene som ble gjennomført, og var årsaken til at vi besluttet å sette opp to nye anlegg for ALS i hovedelva, ett anlegg ved Seltun og ett anlegg ved Bjørkum.

Før høstbehandlingen i 2005 ble det el-fisket på 5 stasjoner og totalt ble 215 lakseunger fanget. Av disse ble det påvist *G. salaris* på 8 fisk, alle fra Bjørkumhølen. Etter ca en ukes ALS behandling ble det el-fisket på 8 stasjoner og 303 laksunger ble fanget. Ingen av disse hadde *G. salaris*. Etter høstbehandlingen ble det el-fisket 131 laksunder fra 9 stasjoner og samtlige av disse var også frie for *G. salaris*. F.o.m. midten av høstbehandlingen i 2005 er det totalt samlet inn totalt 434 laksunger på 14 ulike lokaliteter uten at parasitten er påvist. På oppdrag fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane ble det også el-fisket i vassdraget noe senere på høsten. Det ble fanget 99 laksunger på 11 stasjoner (jf. oppslag på www.FMSF.no 18.1.06) og heller ikke disse var infisert.

Det ble ikke gjennomført el-fiske i fm vårbehandlingen i 2006, fordi det da ikke var egnete forhold for en slik aktivitet.

4. Diskusjon

Målsetningen med de kjemiske behandlingene i Lærdalselva i 2005 og 2006 har vært å totalutrydde lakseparasitten *G. salaris*. Hovedkjemikaliet har vært surt aluminium, AIS, som har vært utdosert i hovedelva, alle store sideelver, i bekker, samt i de mest vannrike sig og grøfter. Under høstbehandlingen i 2005 og under vårbehandlingen i 2006 ble det også brukt noe CFT-Legumin i dammer, små bekker, sig og grøfter.

Gjennom Lærdalsbehandlingene har AIS-metoden utviklet seg ytterligere. Vi har gradvis funnet fram til løsninger som har medført at vi bl.a. under høstbehandlingen i 2006 brukte betydelig mindre Al i løsningene sammenliknet med behandlingene i 2005. Det har også vært en klar utvikling mot bedre doseringskontroll som bidrar til langt bedre vannkjemisk stabilitet under behandlingene.

Vårbehandlingen i 2005 hadde til hensikt å redusere smitten i vassdraget og dermed smittepresset i regionen. AIS ble dosert ut i hovedvassdraget og de største sidevassdragene samt i Erdalselva. Før vårbehandlingen var samtlige undersøkte laks *G. salaris*-infiserte ($n = 18$), d.v.s. en observert prevalens på 100 %. En uke etter at vårbehandlingen var avsluttet var observert prevalensen redusert til 2,1 % ($n = 47$), og før høstbehandlingen, ca 6 måneder senere, hadde observert prevalensen kun økt til 3,7 % ($n = 215$). Dette viser at en slik smittedepende behandling kan være en god strategi som strakstiltak i nyinfiserte vassdrag for å redusere smittepresset til nabovassdrag i påvente av en eventuell fullskalabehandling senere. En forutsetning for en slik strategi er at utstyr og nødvendig grunnlag for dosering er på plass kort tid etter påvisning av *G. salaris*.

Høstbehandlingen i 2005 var den første fullskalabehandlingen i Lærdalselva, hvor både aluminium og CFT-Legumin ble brukt. CFT-Legumin ble hovedsakelig dosert ut i dammer, enkelte småbekker, sig og grøfter hvor vi var usikre på om vi kunne oppnå tilfredsstillende behandlingseffekt med AIS. Med en så begrenset CFT-Legumin dosering er det ingen ting som tyder på at dette har hatt noen effekt på fisken i hovedvassdragene.

Under behandlingen med AIS har pH i hovedvassdragene stort sett ligget mellom 5,8-6,0 og konsentrasjonen av uorganisk aluminium (Al_i) mellom 20 til 60 $\mu\text{g Al L}^{-1}$. Under vårbehandlingen i 2006 lå Al_i konsentrasjonene primært mellom 30-40 $\mu\text{g Al L}^{-1}$, klart lavere enn det som var dosert inn under behandlingene i 2005.

Totalt er det sluppet ut ca 805 m^3 AIS løsning i forbindelse med de 3 behandlingene i Lærdalselva i 2005 og 2006. Av dette ble 630 m^3 sluppet ut under de to behandlingene i 2005 og 175 m^3 under vårbehandlingen i 2006. I 2005 ble det benyttet AIS-løsninger med et Al-innhold på mellom 0,5-1,5 %, mens Al-innholdet under vårbehandlingen i 2006 varierte mellom 0,5-0,75 %. Med en egenvekt for AIS på 1,27 kg dm^{-3} betyr dette en gjennomsnittlig reduksjon i Al-innhold i AIS-løsningene fra 1,25 % under behandlingene i 2005 til 0,54 % under vårbehandlingen 2006. Mengden aluminium som ble tilført vassdraget pga AIS-behandlingene i 2005 ble beregnet å bidra til en økning på 16 % i forhold til den årlige mengden aluminium som naturlig transporteres i vassdraget. Med det betydelig lavere Al-innholdet i AIS under vårbehandlingen i 2006, har dette bidraget fra AIS blitt redusert til ca 7 %. Arbeidet med en stadig reduksjon av aluminium i AIS-løsningene vil fortsette, men vi må

hele tiden vurdere dette opp mot hovedmålsetningen som er å utrydde parasitten. Vi vil derfor ikke redusere Al-mengdene eller konsentrasjonen av Al; ytterligere før vi er sikre på at vi fortsatt har god behandlingskjemi

Totalt er det brukt 72,9 L CFT-legumin (tilsvarende 1,85 kg rotenon) i forbindelse med de 2 fullskalabehandlingene i Lærdalselva. Under høstbehandlingen ble det forbrukt 49,2 L CFT-legumin, og under vårbehandlingen i 2006 ble det totalt brukt 23,7 liter. Fordi det må tilsettes CFT-legumin ≥ 1 ppm for å være sikre på full fiskedødelighet, viser beregninger at maksimalt 0,67 % av vannet som rant i Lærdalselva under høstbehandlingen i 2005 ble behandlet med CFT-legumin før dette vannet kom ut i hovedvassdragene hvor det ble behandlet med aluminium.

Etter høstbehandlingen i 2005, er 434 lakseunger fra 10 stasjoner i elva undersøkt for *G. salaris*. Parasitten ble ikke påvist på noen av fiskene. Resultatet er lovende for metoden. Behandlingen våren 2006 mener vi var svært viktig fordi den øker sannsynligheten for å lykkes i Lærdalselva, som er det første store laksevassdraget som blir behandlet med AIS. Lærdalselva er det eneste *G. salaris* smittede vassdraget i regionen (Sognefjorden). Vassdraget må overvåkes over tid før en vet om behandlingen har vært vellykket. Forvaltningen krever 5 år uten funn av *G. salaris* etter behandling før elva kan friskmeldes.

Under Lærdalsbehandlingene våren og høsten 2005 døde en del voksen laks og sjøørret i hovedvassdraget som følge av Al-behandlingene. Dette har gitt oss ny kunnskap om følsomheten for ulike livsstadier av voksenfisk av laks og sjøørret (støinger av laks og ørret, sjøørret i gytemodus, samt gjeldfisk av sjøørret) som gjør at vi i framtiden vil kunne gjennomføre AIS behandlinger med endra mindre miljøeffekter enn i dag.

Det er gjennomført bunndyrsundersøkelser i forbindelse med behandlingene. Dette materialet er under bearbeidelse og vil bli rapportert i egen rapport.

5. Referanser

- Bongard, T. (2005) Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjordselva, 2003 og 2004. NINA Rapport 9, 20 s.
- Bruås, L., Weideborg, M. (2002). Overvåkning av rotenon og piperonylbutoksid under rotenonbehandlingen av Steinkjervassdragene høsten 2001. Aquateam rapport 01-061. 21 s.
- Gabrielsen S.E., Barlaup B. T., Skoglund H., Gladsø J. A., Sættem L. M. (2004) Fiskebiologiske undersøkelser i Lærdalselva høsten 2003, -sammenfatning av ungfisktettheter av laks og aure i perioden 1991 – 2003. LFI-UIFOB Rapport nr. 128, 34 s.
- Gladsø, J. A. (2006) Ungfiskregistreringar i Lærdalselva hausten 2005. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane rapport nr. 4 – 2006. 19 s.
- Hytterød, S., Pettersen, R. A., Høgberget, R., Lydersen, E., Mo, T.A., Hagen, A. G., Kristensen, T., Berntsen, S., Abrahamsen, B., Poléo, A.B.S. Forsøk på totalutryddelse av *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordselva ved av aluminium som hovedkjemikalium
- Kelley, A.E., Weideborg, M. (1999). Miljøriskovurderinger av rotenonblandingen CFT-Legumin ved utslipp til Hardangervidda og til Steinkjervassdragene. Aquateam rapport 99-046, versjon 3. 23 s.
- Lydersen, E., Bakke, T.A., Høgberget, R., Håvardstun, J., Hytterød, S., Kristensen, T., Mo, T.A., Pettersen, R.A., Poléo, A.B.S., Rosseland, B.O., Øxnevad, S. (2004) Al-behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordelva. NIVA-rapport O-23055. LNR 4783-2004, 15 s.
- NOU (1999) Til laks åt alle kan ingen gjera? Miljøverndepartementet, Norges Offentlige utredninger, NOU 1999:9.
- Soleng, A., Poléo, A.B.S. Alstad, N.E.W., Bakke, T.A. (1999) Aqueous aluminium eliminates *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. *Parasitology* **119**, 19-25.
- Pettersen, Ruben A., Hytterød, S., Mo, T.A., Poléo, A.B.S., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A., Lydersen, E. (2006) Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005. NIVA-rapport LNR 5169-2006, 25 sider
- Poléo, A.B.S., Schjolden, J., Hansen, H., Bakke, T.A., Mo, T.A., Rosseland, B.O., Lydersen, E. (2004 a) The effect of various metals on *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Parasitology* **128**, 169-177 (2004a).
- Poléo, A.B.S., Lydersen, E., Mo, T.A. (2004b) Aluminium mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. *Norsk Veterinærtidsskrift*, **3**, 176-180.