

Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (ALS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2009



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) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

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

Tittel Smittbegrensende behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i> i Lærdalselva 2009.	Løpenr. (for bestilling) 5943-2010	Dato 2010-03-15
	O-29294	Sider Pris 35
Forfatter(e) Anders Gjørwad Hagen, Arne Jørgen Kjosnes, Rolf Høgberget, Sigurd Hytterød (Veterinærinstituttet), Kjetil Olstad (NINA), Øyvind Garmo, Atle Hindar	Fagområde Tiltak	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket CopyCat

Oppdragsgiver(e) Veterinærinstituttet, seksjon for miljø- og smittetiltak	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Smittereduserende behandling mot lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i> med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium ble gjennomført i Lærdalselva i perioden 24. august til 6. september 2009. CFT-legumin ble brukt i små mengder i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AIS. Denne rapporten omhandler kun AIS-behandlingen. Under behandlingen ble PI-styring av syredosering med pH som styringsparameter brukt, noe som ga jevn og kontrollert dosering av kjemikalier under hele behandlingsperioden. Laks fra elva ble undersøkt for infeksjon med <i>G. salaris</i> umiddelbart før og etter behandling. I undersøkelsen før oppstart ble det påvist <i>G. salaris</i> på 91 % av laksungene, mens det etter behandling ikke ble påvist infeksjon.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Gyrodactylus salaris</i> Laks AIS-behandling Vassdrag 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Gyrodactylus salaris</i> Atlantic Salmon AIS treatment River
--	---



Atle Hindar
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsleder
ISBN 978-82-577-5678-9



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat
(AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i
Lærdalselva 2009**

Forord

NIVA har på oppdrag fra Veterinærinstituttet (VI), Seksjon for miljø og smittetiltak, planlagt og utført kjemisk behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva. Tiltakshaver har vært Fylkesmannen i Sogn- og Fjordane. Behandlingen med aluminiumsulfat (AIS) ble utført i august og september 2009.

Under AIS-behandlingen var Anders Gjørwad Hagen og Arne Jørgen Kjøsnes feltansvarlige. Rolf Høgberget, Morten Willbergh og Arne Veidel hadde delansvar for logistikk, pH-styring/dosering og elektronikk, mens Norman Olsen (eget firma) hadde ansvar for pumper/slanger. Øyvind Garmo hadde ansvar for kjemiberegninger og lab. Sigurd Hytterød og Kjetil Olstad ved VI, Seksjon for parasittologi, deltok under planlegging og gjennomføring av AIS-behandlingen generelt og hadde hovedansvar for overvåking av infeksjonssituasjonen spesielt.

Følgende personer var innleid og deltok med forskjellige oppgaver under behandlingen: Ragnar Tokvam transporterte doseringsutstyr, Voll Lunde og Nils Menes deltok i forbindelse med flytting av containere, og Olav Wendelbo bidro med generell informasjon og hjelp på oppdrag fra NIVA. Videre bidro Marte Rødseth Kvakland, Steinar Tronhus og Kristian Mosby, med ulike typer lab- og feltarbeid. Alle takkes for god innsats.

Torkjell Grimelid bidro med innsamling av fisk til undersøkelser av *G. salaris*-infeksjon. Rein Arne Golf bidro med informasjon om bestandsstatus i elva, samt nyttig lokalkunnskap.

Takk også til regulant Østfold Energi som holdt vannføringen fra kraftverket på ønsket nivå gjennom behandlingen.

Oslo/Grimstad, 15. mars 2010

*Atle Hindar,
prosjektleder*

Innhold

Sammendrag	5
Summary	5
1. Innledning	6
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Hydrologi og vannkjemi	6
1.3 Målet med behandlingen	8
1.4 ALS-metoden	9
1.5 Behandlingsstrategi	9
2. Materialer og metoder	11
2.1 Hydrologi	11
2.2 Kjemikalietilsetting	11
2.3 Prøvetaking og vannkjemianalyser	14
2.4 Fisk og infeksjon av <i>G. salaris</i>	16
2.5 HMS-forhold	17
3. Resultater	18
3.1 Vannføring	18
3.2 Kjemikalieforbruk	18
3.3 Dosering og pH-resultater	19
3.4 Vannkjemi og temperatur	21
3.5 Fisk og infeksjon av <i>G. salaris</i>	26
3.6 HMS og tekniske avvik	29
4. Diskusjon	30
5. Konklusjon	32
6. Referanser	33
7. Vedlegg	35
7.1 Vedlegg A	35

Sammendrag

Smittereduserende behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium ble gjennomført i Lærdalselva i perioden 24. august til 6. september 2009. CFT-legumin ble brukt i små mengder i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AIS. Denne rapporten omhandler kun AIS-behandlingen. Under behandlingen ble PI-styring av syredosering med pH som styringsparameter brukt, noe som ga jevn og kontrollert dosering av kjemikalier under hele behandlingsperioden. Laks fra elva ble undersøkt for infeksjon med *G. salaris* umiddelbart før og etter behandling. I undersøkelsen før oppstart ble det påvist *G. salaris* på 91 % av laksungene, mens det etter behandling ikke ble påvist infeksjon.

Summary

Title: Treatment against the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* with use of aluminium-sulphate in the river Lærdalselva in 2009.

Year: 2010

Author: Anders Gjørwad Hagen, Arne Jørgen Kjøsnes, Rolf Høgberget, Sigurd Hytterød, Kjetil Olstad, Øyvind Garmo and Atle Hindar

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5678-9

Aluminium-sulphate (AIS) was used in an attempt to reduce the infection of the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* in river Lærdalselva, Sogn- og Fjordane County, Norway. CFT-legumine was used in still waters and other small water-bodies where treatment with AIS was inappropriate. This report is based on the AIS-treatment. The treatment was scheduled for two weeks in August/September 2009. A proportional-integral (PI) dose-regulation system for sulphuric acid with pH as parameter was used in the eradication attempt for *G. salaris*. During the chemical treatment fish were sampled and infection from *G. salaris* was documented. Before the treatment, a prevalence of 91 % was recorded. After the treatment, no *G. salaris* was present.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

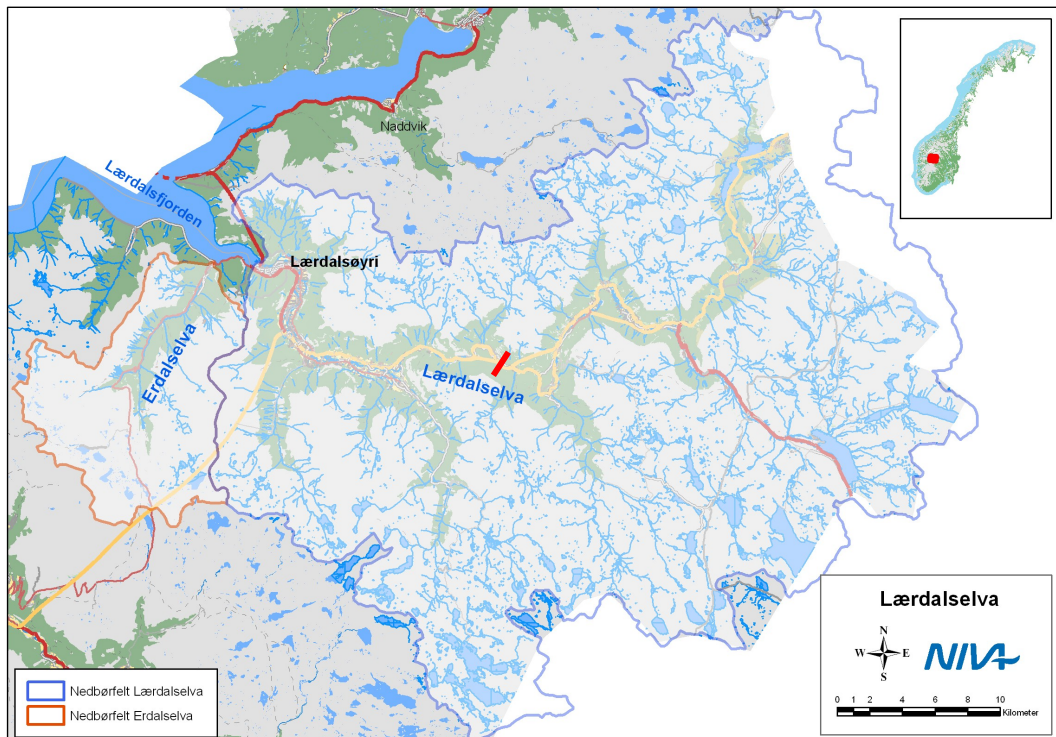
Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble innført til Norge tidlig på 1970-tallet, og er i dag sett på som en av de største truslene mot atlantisk villaks (*Salmo salar*) (NOU 1999). Hittil har 46 norske vassdrag vært infisert av parasitten. I mange vassdrag har utryddelsestiltak vært vellykket og per 1. februar 2010 er 21 vassdrag friskmeldt, mens 19 vassdrag fortsatt er infisert. Fem vassdrag er behandlet, men ikke friskmeldt, deriblant elvene i Steinkjerregionen.

I Lærdalselva ble *G. salaris* påvist for første gang i 1996. Vassdraget ble behandlet to ganger med CFT-legumin (rotenon) i 1997, men to år senere ble parasitten på nytt påvist i elva. I 2005 (vår og høst) og 2006 (vår) ble parasitten forsøkt fjernet med surt aluminium (AIS), men i oktober 2007 ble *G. salaris* påvist to steder i elva. I vedtak av 19. mars 2008 ga Mattilsynet tillatelse til kjemisk behandling av Lærdalvassdraget med AIS og CFT-legumin frem til vassdraget friskmeldes. Det ble gjennomført en smittereduserende behandling igjen i april 2008.

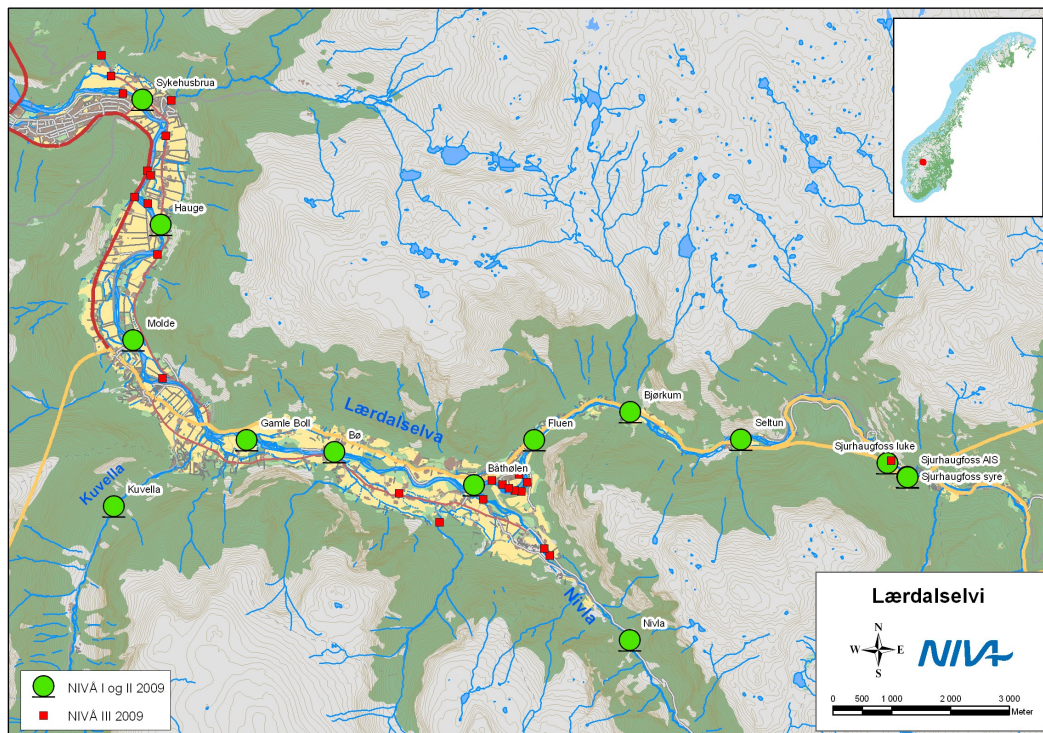
Etter anbefalinger fra NIVA og VI om å gjennomføre kjemiske behandlinger ved høyere vanntemperatur, ga Direktoratet for naturforvaltning (DN) VI og NIVA i oppdrag å gjennomføre en ny smittebegrensende behandling tidlig på høsten i 2009. I brev av 6. juli 2009 fra Statens forurensningstilsyn (nå Klima og forurensningsdirektoratet fra 18. januar 2010) ble tillatelse til bruk av AIS gitt, og i august/september ble det gjennomført en ny behandling i Lærdalselva.

1.2 Hydrologi og vannkjemi

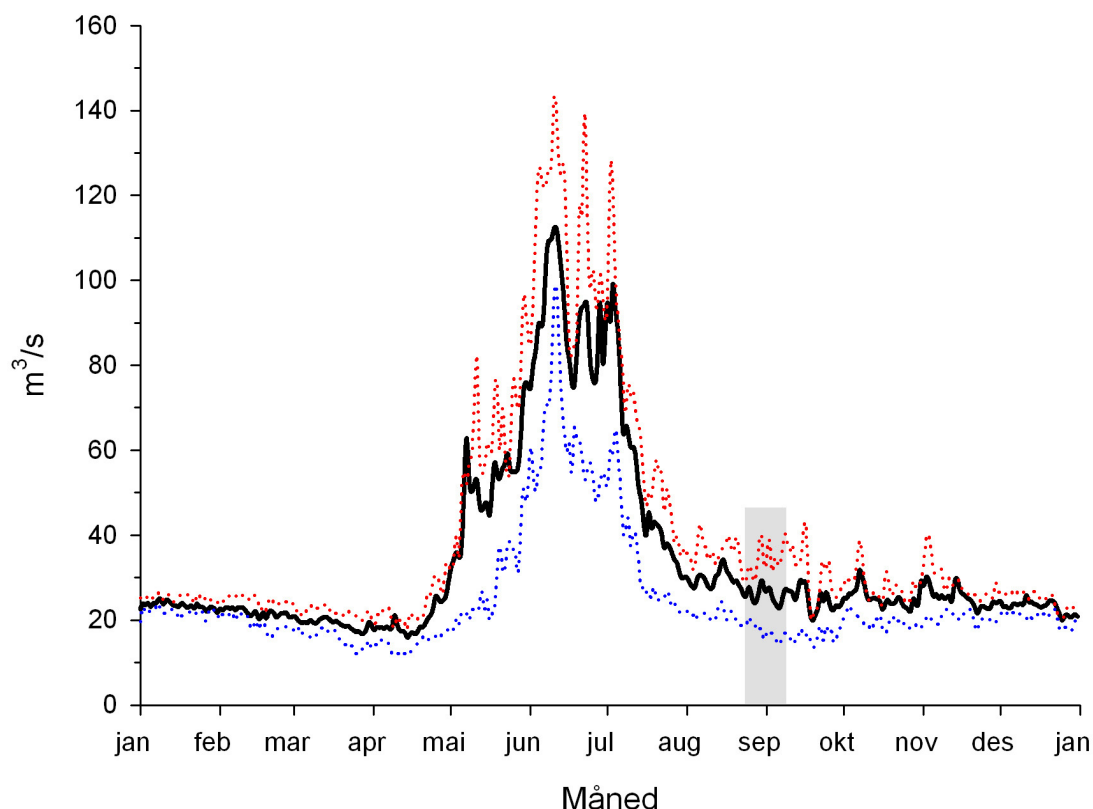
Lærdalsvassdraget består av Lærdalselva og Erdalselva. Lærdalselva er 44 km lang og munner ut i Lærdalsfjorden innerst i Sognefjorden i Sogn og Fjordane fylke (Figur 1 og Figur 2). Lærdalselvas nedbørsfelt er 1188 km², hvorav ca 1000 m² ligger høyere enn 900 m.o.h., og spesifikk avrenning er 30,6 l/s/km². Erdalselvas nedbørsfelt er 138 km² og spesifikk avrenning er 26,9 l/s/km². Middelvannføringen er dermed hhv. 36,4 m³/s og 4,4 m³/s (www.nve.no). Vassdraget er regulert av kraftselskapet Østfold Energi AS, og reguleringen har direkte innvirkning på vannføringen i elva fra Sjurhaugfoss til utløpet ved Lærdalsøyri. Sjurhaugfoss ligger 24 km fra utløpet, og er vandringshinderet for oppvandrende fisk.



Figur 1. Lærdalselva ligger ca 135 km inne i Sognefjorden, i Sogn og Fjordane fylke. Figuren viser nedbørsfelter for Lærdalselva og Erdalselva. Sistnevnte ble ikke behandlet i 2009. Rød strek indikerer vandringshinder ved Sjurhaugfoss.



Figur 2. Lærdalsvassdraget består Lærdalselva med sideelvene Nivla og Kuvella. Doseringspunkter på nivå I-III er tegnet inn.



Figur 3. Vannføring ved Stuvane (Båthølen). Flerårsmiddel 1.1.1997 – 31.12.2007 med 25 % persentil (blå ····) og 75 % persentil (rød ····). Behandlingsrom er markert med grått felt (Kilde: NVE).

Historisk sett er vannføringen i Lærdalselva stabil frem til slutten av april når snøsmeltingen i fjellene tar til (Figur 3). Vårflommen begynner å avta i slutten av juli, og vannføringsendringer vil da være mer nedbørsavhengig. Flerårsmiddel (1.1.1997 – 31.12.2007) for behandlingsperioden er 24-29 m³/s.

Vannkjemiske data fra juni 2009 (vedlegg A) viser at Lærdalselva, representert ved stasjonene Sjurhaugfoss og Sykehusbrua, har pH i området 6,50-6,55, og moderat stor bufferevne med alkalitet (Alk-E) omkring 50-60 µekv/l. Produksjonsvannet fra kraftverket har lavere pH og bufferevne enn hovedelva, med pH omkring 6,45 og alkalitet omkring 40 µekv/l. I sideelvene Nivla og Kuvella er pH 6,7, og alkaliteten 90-120 µekv/l. Høy alkalitet skyldes mye kalkstoffer i berggrunnen. Rett før behandlingen i 2009 (16. – 18. august) ble alkaliteten målt til 49-63 µekv/l ved Sjurhaugfoss, 106-128 µekv/l i Nivla, og 63-78 µekv/l i Kuvella. Verdiene for pH og alkalitet er generelt lavere enn observert i 2008. Dette skyldes at prøvene i 2009 ble tatt da vannkjemien i elva var påvirket av smeltevann med lav ionestyrke.

Vassdraget som helhet har et lavt innhold av løst organisk stoff, med konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) i området 0,4 - 1,0 mg C/l. Vassdraget ligger nær kysten, men er lite sjøsaltpåvirket med kloridkonsentrasjoner i området 0,4 - 0,8 mg Cl/l.

1.3 Målet med behandlingen

Målet med behandlingen var å redusere smittepresset internt i vassdraget og eksternt mot andre vassdrag ved betydelig reduksjon av parasittintensiteten. Hovedelva og store sideelver, samt vannveier

hvor laks med *G. salaris* var påvist, ble prioritert. Aluminiumsulfat (AIS) ble brukt som hovedkjemikalium mens stillestående vann i områder med nær tilknytning til hovedelva og der *G. salaris* var påvist før behandling, ble behandlet med CFT-legumin.

1.4 AIS-metoden

Det har lenge vært kjent at aluminium (Al) løst i vann har negativ effekt på lakseparasitten *G. salaris* (Soleng m. fl. 1999, Poléo m. fl. 2004a). At effekten er betydelig sterkere på parasitten enn på atlantisk laks (Soleng m. fl. 1999, Poléo m. fl. 2004b), gjør Al til et middel i kampen mot *G. salaris*. Det vises til rapport fra forrige behandling i Lærdalselva (Hagen m.fl. 2008) for historikk for AIS-metoden.

Visse forutsetninger må være på plass for at det skal lykkes å redusere parasittintensiteten i et vassdrag ved tilsetning av kjemikalier. Alle hovedvannveier der det kan finnes fisk infisert med *G. salaris* må tilsettes syre og Al slik at pH senkes og vannet inneholder en bestemt Al-konsentrasjon over en gitt tidsperiode. Denne Al-konsentrasjonen kan variere fra elv til elv, og er avhengig av temperatur og vannkjemi slik som ionestyrke og organisk materiale. I Lærdalselva har tidligere behandlinger med kald vanntemperatur vist at optimalt nivå for lavmolekylært uorganisk aluminium for å fjerne *G. salaris* fra laksunger (Al_i) trolig ligger i området 30-60 µg Al/L (Pettersen m.fl. 2006).

1.5 Behandlingsstrategi

Alle tidligere kjemiske behandlinger med AIS mot *G. salaris* i Lærdalselva har blitt gjennomført ved relativ lav temperatur (Tabell 2). Behandlingen i 2009 ble planlagt gjennomført i en periode hvor vanntemperaturen var forventet å ligge mellom 12 og 16 °C (Andersen 2002). Ved slike temperaturer er det kjent fra litteraturen at fisk er betydelig mer aktiv enn ved de lave temperaturene under tidligere behandlinger (se f. eks. Stickler m. fl. 2007). Forskjellen i atferd ved høy og lav temperatur ga grunn til å tro at fisk ved høyere vanntemperatur i lengre perioder vil oppholde seg der vannkvaliteten er gunstig for behandling mot *G. salaris*. På denne måten ble valget av tidsperiode for behandlingen sett på som en forbedring fra tidligere behandlinger.

Under behandlingen i 2009 ble det besluttet å benytte lavere doser av aluminium enn ved tidligere behandlinger. Dette ble begrunnet med ønsket om å unngå fiskedød. Det er også kjent at høye verdier av kalsium i elvevann kan virke beskyttende for fisk som eksponeres for Al_i (Gensemer & Playle 1999, Alstad m. fl. 2004). Det er naturlig å anta at den samme beskyttende effekten kan være gjeldende for *G. salaris*. Vannkjemiresultater fra prøver tatt i hovedelva i juni viste kalsiumkonsentrasjoner som var betydelig lavere (1,10 – 1,76 mg/l) enn før behandlingen i 2008 (2,2 – 3,69 mg/l). Dette skyldes fortynning på grunn av snøsmelting. I lys av kunnskapen om effekten av kalsium i vann, og ønsket om å redusere dødeligheten av stor fisk, ble det vurdert som hensiktsmessig å starte doseringen med lavere konsentrasjoner av Al_i enn ved tidligere behandlinger. Dette ville sikre at fisken ikke ble unødvendig belastet, samtidig som effekten av aluminium trolig ville være god nok til å ha effekt mot *G. salaris*.

Det ble opprettet stasjoner med *G. salaris*-infisert fisk i kar på land for at infeksjonsutviklingen skulle kunne følges tett de første seks dager av behandlingen. Eventuelle endringer av doseringsregimet kunne derfor iverksettes hvis effekten på infeksjonen av *G. salaris* ikke var i henhold til prosjektets målsetting.

Doseringsteknikkene som brukes ved AIS-behandling innebærer at AIS og syre tilsettes proporsjonalt med vannføringen, og pH brukes som styringsparameter. Dette er avgjørende for at elvevannet skal få en kjemisk sammensetning som fjerner *G. salaris* fra laks.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

CFT-Legumin benyttes i alle perifere vannforekomster der det kan tenkes å finnes fisk og vannmengden ikke vil bidra til fortynning av behandlingkjemien i hovedelva. Virkningen av Al er tidsbegrenset, og effekten på parasitten vil dø ut hvis vann avsnøres og blir stillestående som følge av vannføringsendringer. I slike avsnørte dammer brukes også CFT-Legumin for å forhindre at det skal oppstå refugium der parasitten kan overleve behandlingen. Denne måten å kombinere bruk av AIS og CFT-legumin ble gjennomført allerede i Batnfjordselva i 2004, og er benyttet ved alle påfølgende behandlinger med kombinasjonsmetoden (AIS og CFT-Legumin).

Det er kjent gjennom forskning på effektene av sur nedbør at laks, og da særlig smolt, kan skades av lav pH og forhøyet aluminiumskonsentrasjon (Henriksen m. fl. 1984, Rosseland & Skogheim 1984). Under behandlingen av Lærdalselva i 2005 og 2006 ble det også observert at voksne individer av både laks og sjøørret (*Salmo trutta*) er betydelig mer følsomme for Al enn yngel og ungfisk (Pettersen m. fl. 2007). I tillegg kan andre forsurningsfølsomme organismer skades. I forbindelse med de tidlige behandlingene i Batnfjordselva, Lærdalselva og Steinkjervassdraget, ble det registrert endringer i invertebratfaunaen (Bongard 2005, Halvorsen & Heegaard 2007, Kjærstad og Arnekleiv 2007). Etter AIS-behandlingen i Steinkjervassdraget i 2006 var de fleste artene reetablert 16-17 dager etter endt behandling. I Steinkjervassdraget ble det i tillegg til arter som er sjeldne både nasjonalt og regionalt, også påvist flere rødlistearter. Ingen av disse artene ble av LFI registrert som negativt påvirket av behandlingen. Sammenligninger av de kjemiske behandlingene i Steinkjervassdraget i 2002 (CFT-legumin) og i 2006 (kombinasjonsmetode med AIS som hovedkjemikalium) tyder på at AIS-behandling er mer skånsom for bunndyr enn CFT-leguminbehandling (Kjærstad & Arnekleiv 2007). Sammenligningen er relevant da behandlingene er gjort ved samme årstid og under nesten identiske vannførings- og temperaturforhold.

AIS-metoden er i stadig utvikling, og doseringsteknologien er forbedret. I 2007 ble det utviklet utstyr for å regulere syretilsetning med pH som styringsparameter (Høgberget 2008). Denne teknikken gir bedre kontroll på surhetsgraden under behandling, og at den gjør det mulig å holde pH på et stabilt nivå gjennom hele behandlingsperioden. Ved å forhindre episodisk lave pH-verdier, som har vært observert i forbindelse med oppstart av kjemikalietilsetning og ved store vannføringsendringer, kan uønskede effekter på akvatisk fauna reduseres.

2. Materialer og metoder

2.1 Hydrologi

Under behandlingen ble det fra Saudefaldene A/S daglig innhentet opplysninger om vannføring ved henholdsvis Lo, Seltun og ved Stuvane kraftverk. Kjøring av fast mengde vann i kraftverket ble avtalt med Østfold Energi.

I Kuvella, Nivla, Stødna, Senda og Ofta ble kjemikalier tilsatt med vannføringsproporsjonal dosering basert på vannføring målt med en QTRACE-Basic System – Q0100100. Det ble gjort flere målinger ved ulike vannføringer, og vannivået ble relatert til et fast vannføringsmerke. Under behandlingen var variasjonen i vannføring i sideelver og bekker svært høy, og det var til tider meget krevende å tilsette riktig dose.

Øvre vannføringsgrense for behandling med AIS var på forhånd satt til 20 m³/s målt ved Sjurhaugfoss. Vannføringen ut fra kraftverket (produksjonsvann) til Stuvane (Saltkjelen) ble styrt i henhold til avtale mellom NIVA og regulant. Av hensyn til hydrogeologiske forhold, ønsket NIVA å behandle produksjonsvannet ved en vannføring på 6 m³/s.

2.2 Kjemikalietilsetting

Det ble i hovedsak benyttet aluminiumsulfat (AlSO₄) og svovelsyre (H₂SO₄) under behandlingen. 30 % og 37 % svovelsyre og AIS ble tilsatt hovedelva med en doseringsteknikk som bygger på PI-regulering (P = proporsjonalbånd, I = integrasjonstid). Tilsettingen er proporsjonal med vannføringen og styres etter en gitt mål-pH nedstrøms doseringen (Høgberget 2008). Doseringen i sideelvene var vannføringsstyrt, mens det ble benyttet manuell justering ved anlegget ved Sjurhaug luker (dosering inn i krafttunnelen).

Aluminium bindes og inaktiveres lett av organisk karbon i vann. Siden Lærdalselva er en klarvannselv med lite løst organisk karbon, målt som TOC (Vedlegg A), kunne vi bruke lavere doser aluminium enn tilfellet ville vært for vassdrag med høy TOC. En inndosert total Al-konsentrasjon (Al_T) på ca 50 µg Al/l ble valgt for å sikre tilstrekkelige mengder labilt aluminium i vannet. Ønsket mål for pH ble satt til 5,5 - 6,0.

Behandlingen i hovedelva startet 24. august. Doseringen med syre fra Sjurhaugfossen ble startet en dag tidligere enn AIS for raskere å få pH ned til ønsket nivå og derfor lettere oppnå ønsket Al-konsentrasjon i elva når AIS-doseringen startet. Behandlingen ble avsluttet 6. september.

Kjemikalier ble tilsatt til elva fra 3 nivåer:

NIVÅ I: Doseringsanlegg i hovedelvene, se oversikt under

Med unntak av Sjurhaugfoss syre (50 m³) består doseringsutstyret av en 20 fots container med lagringstank for ca 10 m³ med kjemikalier. Doseringspumpe og elektroskap med utstyr for bearbeiding av inn- og utgående signaler (fast dosering/vannføringsstyring/pH-styring) er innebygd. Disse systemene brukes i de største vannveiene. Anleggene kan seriekobles slik at de kan opereres som én enhet. Anleggene markert med **fete typer i oversikten under** var plassert like oppstrøms vandringshinder for anadrom laksefisk, mens de andre anleggene er påfriskningsstasjoner.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Plassering av anleggene på NIVÅ I (Figur 2):

1. **Sjurhaugfoss. 37 % syre.**
2. **Sjurhaugfoss. AIS.**
3. **Sjurhaug luker. AIS.**
4. Seltun. AIS.
5. Bjørkum. AIS.
6. Fluen. AIS.
7. Båthølen. AIS.
8. Bø. AIS.
9. Gamle Boll. AIS.
10. Molde. AIS.
11. Hauge. AIS.
12. Sykehusbrua. AIS.

NIVÅ II: Doseringsanlegg i sideelver og store sidebekker.

Disse anleggene består av 10 m³ containeranlegg eller IBC-anlegg.

Plassering av 10 m³-anleggene i NIVÅ II (Figur 2):

1. **Nivla. AIS.**
2. **Kuvella. AIS**

Anlegget i Kuvella var plassert like oppstrøms vandringshinder for anadrom laksefisk. I Nivla var anlegget plassert 1,5 km nedenfor vandringshinder for lakseførende strekning. Dette ble gjort av logistiske årsaker og vurdert som hensiktsmessig siden behandlingen ikke hadde som mål å utrydde *G. salaris* fra vassdraget.

Det ble montert doseringsutstyr på de store doseringsanleggene for regulering etter tre forskjellige prinsipper avhengig av plasseringen:

- *Fast doseringsmengde* ble benyttet ved Sjurhaug luker.
- *Vannføringsstyrt dosering* ble benyttet i Kuvella, Nivla og AIS-doseringen på Sjurhaug.
- *pH-styrt dosering* ble benyttet ved syredoseringen på Sjurhaug, AIS ved Seltun, Bjørkum, Båthølen, Bø, Gamle Boll, Molde, Hauge og Sykehusbrua.

Ved tidligere behandlinger har det vært en utfordring å få til god nok kjemikaliefordeling over hovedelvas tverrsnitt. Under behandlingen i 2009 ble det benyttet en ny og forbedret teknikk. På de fleste stasjonene ble kjemikalierne utdosert fra PVC-rør med dyser, strukket over vannflaten på tvers av elva. Antall og dimensjon på dysene var tilpasset forventet utdoseringsvolum på en slik måte at det til en hver tid skulle være likt væsketrykk over alle dysene. Dermed ble kjemikalieløsningen fordelt jevnt over hele elveprofilen. I de fleste tilfeller ble det dosert rett over vannflaten fra en rigg som ble festet til byggverket på en bru (Figur 4), men det ble også benyttet eget wirestrekk over elva (eks. Gamle Boll og Sjurhaugfoss). Det ble ikke benyttet distribusjonssystem ved anleggene i Kuvella og Nivla. Årsaken var at elva på disse stedene hadde tilstrekkelig turbulens for god innblanding. Det ble montert anlegg for driftskontroll og pH-styring ved de store doseringsanleggene i hovedelva; Sjurhaug, Seltun, Bjørkum, Fluen, Båthølen, Bø, Gamle Boll, Molde, Hauge og Sykehusbrua (Figur 2).

På driftskontrollstasjonene ble det målt pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget. Data ble lagret hvert tredje minutt. Ved Båthølen ble det også målt vannstand, og disse verdiene ble lagret hvert fjerde minutt. Data ble lagret ved hvert doseringspunkt samt overført to ganger daglig til en sentral database på Kapteinsgården ved Ljøsne. Til sammen var det 21 aktive målepunkter for pH, hvorav 10 stk. målte effekter av oppstrøms dosering. 11 stk var prosess-signaler for regulering av kjemikalietilsetting. Ved alle doseringsanlegg ble det etablert automatisk stopp ved avvikssituasjoner og automatisk varsling til vakttelefon. Unntaket var i Sjurhaug luker, der det ikke er mulig å måle effekt av doseringen før

målestasjon Kraftgata seks km lenger ned i vassdraget. Doseringen ved Sjurhaug luker var imidlertid manuelt styrt og med fast vannføring, og ble tilpasset med forsiktighet.



Figur 4. Distribusjonssystemet ved Helle bru på riksvei 5 under behandlingen i 2008. Denne var ikke i bruk i 2009, men tilsvarende system ble brukt på alle doseringsstasjoner i hovedelv. Foto: Rolf Høgberget

NIVÅ III: Doseringsanlegg i bekker (IBC)

I mindre vannveier tilsettes kjemikalier ved hjelp av mindre anlegg (IBC-containere, 1 m³). Doseringen ved disse anleggene foregår ved hjelp av batteridrevne pumper eller naturlig fall med reduksjonsventil. Plassering av IBC-anleggene i NIVÅ III kan sees i Figur 2.

I Saltkjelen ble det gjennomført en eksperimentell dosering i et område der det har vært særlig vanskelig å fjerne *G. salaris*. En 50 meter lang 40 mm PEL-slange ble perforert og lagt langs land. Vann ble ledet inn øverst i slangen, der det også ble tilsatt en fastdose med AIS. På denne måten ble det ved hjelp av et hevertprinsipp fordelt surt Al-rikt vann langs elvebredden i problemområdet (Figur 5).



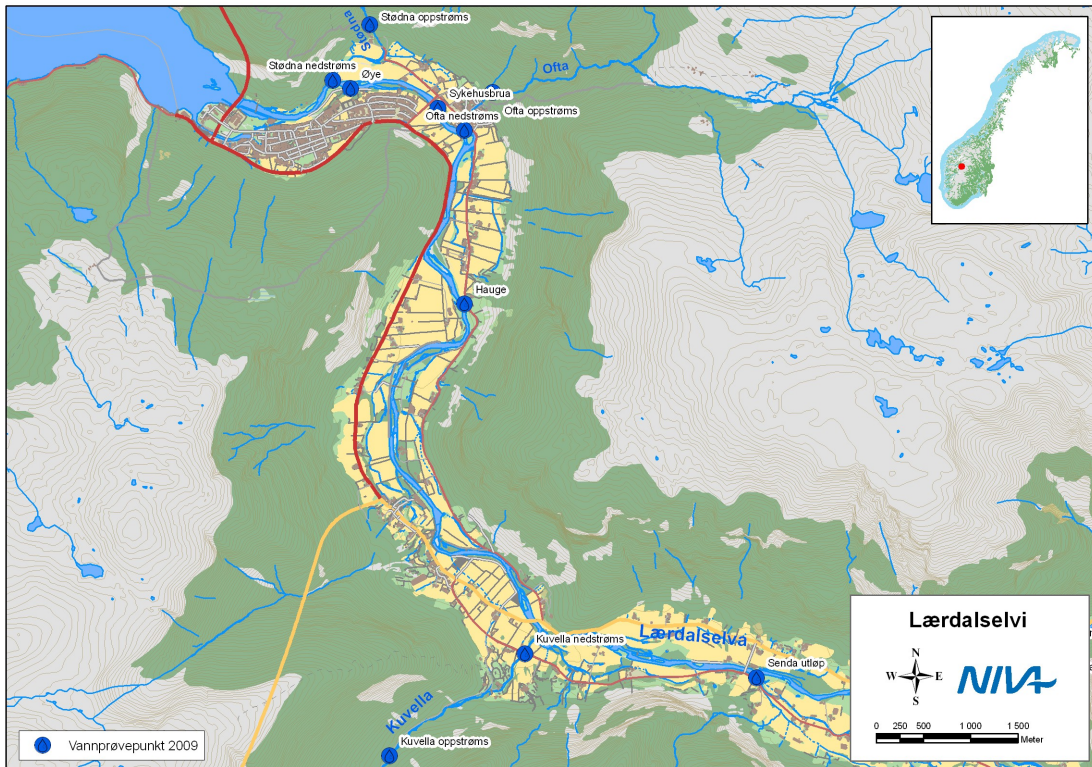
Figur 5. Eksperimentell dosering langs elvebredden i Saltkjelen.

2.3 Prøvetaking og vannkjemianalyser

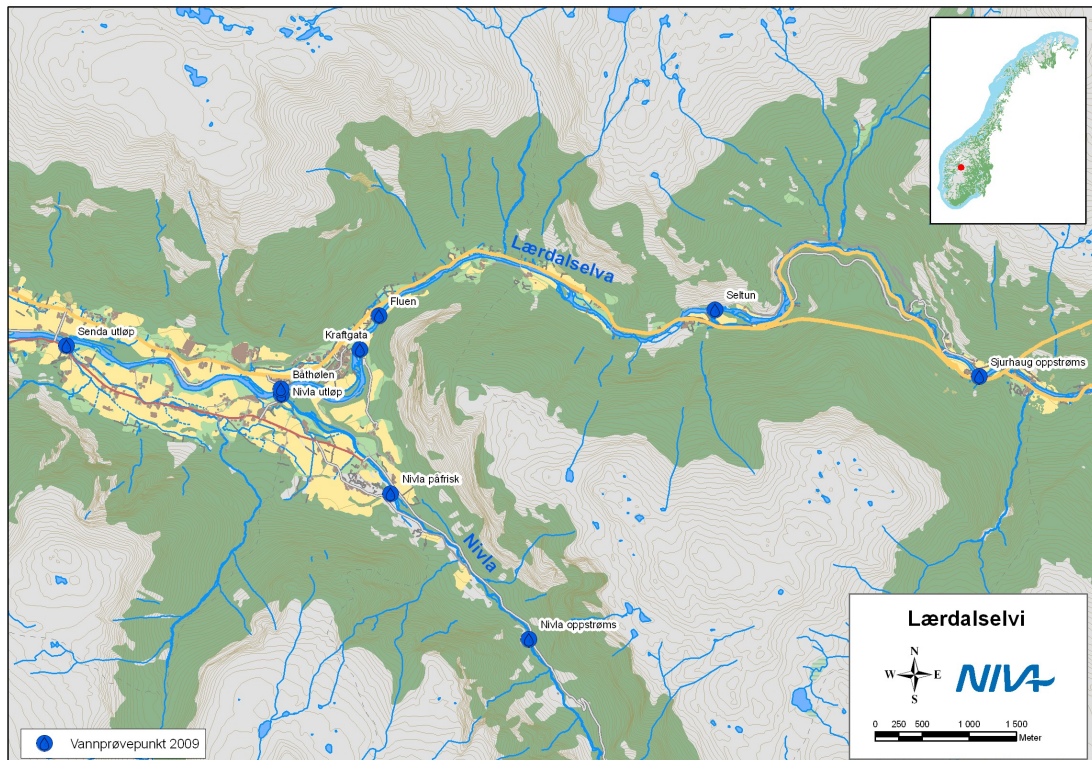
Vannprøver for analyse av Al, pH og vanntemperatur ble daglig innhentet, og analysert ved NIVAs feltlaboratorium. Det ble samlet inn vannprøver fra Lærdalselva og fra sideelvene Nivla, Kuvella, Ofta, Stødna og Senda (Figur 6 og Figur 7).

For analyser av aluminium, ble det denne gangen brukt et FIA (Flow Injection Analysis)-apparat. Den fotometriske metoden baserer seg på kompleksbinding mellom Erytokromcyanin R (ECR) og aluminium (se for eksempel Røyset 1985). Apparatet ble kalibrert før hver prøverunde, og en kjent prøve (tracer) ble analysert som kontroll. Det brukes ikke flyktige løsemidler, slik som ved ekstraksjon, og analyseprosessen er rask og automatisert. Utstyret og metoden er derfor en forbedring fra tidligere behandlinger, både i forhold til sikkerhet (HMS) og effektivitet.

Vanntemperatur ble målt ved hjelp av loggere som ble plassert på utvalgte steder i vassdraget. Loggerne samlet temperaturdata hvert andre minutt i hele behandlingsperioden.



Figur 6. Vannprøvepunkter i Kuvella og nederste del av Lærdalselva



Figur 7. Vannprøvepunkter i Nivla og øvre del av Lærdalselva

2.4 Fisk og infeksjon av *G. salaris*

Fisk i kar

I forbindelse med behandlingene ble det etablert tre stasjoner med fisk i kar ved hovedelva og en stasjon i sideelva Nivla. Fiskeforsøket hadde til hensikt å være konservativt, og således ikke omfatte vann i umiddelbar nærhet til doseringspunkter. Lokalitetene som ble valgt i hovedelva lå ved Båthølen i Ljøsne, Hauge og Øye bru. Eksperimentet pågikk i perioden 23.08. - 06.09., bortsett fra stasjonen ved Øye bru som ble avsluttet den 28.08. på grunn av tekniske problemer med forsøksutstyret.

En lensepumpe senket ned i elveløpet sørget for kontinuerlig vanngjennomstrømming i fiskekarene. Av hensyn til smitterisiko fra forsøket, ble avløpsvannet ledet til grus for å unngå åpen avrenning til elvevann. Karene var på 80 liter. En uke før behandlingen startet ble 10 fisk fanget med elektrisk fiskeapparat i elva, undersøkt for infeksjon av *G. salaris*, og plassert i kar. Infeksjonen ble fulgt under behandlingen med kontrolltelling av parasitter på bedøvet fisk. Første telling ble gjort samme dag som dosering av kjemikalier ble startet (dag 0), og fulgt opp med tellinger på dag 3, 6, 10, og 14.

Fisk i elva

Kartlegging av infeksjonen av *G. salaris* ble gjennomført av Veterinærinstituttet og Torkjell Grimelid (Ljøsne klekkeri) i april, august, september og oktober 2009. Metodikken bestod i innsamling av laks, primært parr, ved hjelp av elektrisk fiskeapparat og undersøkelse for infeksjon under stereolupe i laboratorium. All innsamlet fisk ble oppbevart i etanol før, under og etter undersøkelse. Resultater fra undersøkelsene i april og august ble brukt aktivt i planlegging av behandlingsstrategien. Resultatene fra september og oktober gir grunnlag for å evaluere resultatet av tiltaket opp mot målsetningen for behandlingen

Innsamlingsrunde: April 2009

Innsamling av fiskemateriale ble gjennomført i perioden 29.04.-30.04. Fisk ble fanget på ca 20 stasjoner jevnt fordelt over den lakseførende delen av elvas hovedløp. Optimalt uttak var beregnet til 10 laks per stasjon for videre analyse.

Innsamlingsrunde: August 2009

Innsamling av fiskemateriale ble gjennomført 12.08-15.08. I Lærdalselvas hovedløp ble det fanget laksunger på 15 stasjoner jevnt fordelt over den lakseførende strekningen. Optimalt uttak var beregnet til 10 laks per stasjon for videre analyse. I tillegg til selve hovedløpet til Lærdalselva, ble det foretatt en utvidet registrering i utvalgte sideløp samt i nærliggende lakseførende elver i Sognefjorden.

Lærdalselva, sidebekker

Elektrofiske ble gjennomført på utvalgte lokaliteter i følgende sidebekker:

- Stødna, utløp til hovedelv
 - Ofta, utløp til hovedelv
 - Kuvella, utløp til hovedelv
 - Senda, utløp til hovedelv
 - Nivla, utløp til hovedelv
 - Bekkesystem ved Hunderi
 - Bekkesystem ved Eri, utløp til hovedelv
 - Bekkesystem ved Lysne, utløp til hovedelv
 - Bekkesystem ved Grøte, utløp til hovedelv
- Optimalt beregnet uttak var 10 laks per bekkesystem.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Lakseførende elver i Sognefjorden

Elektrofiske ble gjennomført på utvalgte lokaliteter, fortrinnsvis i nærhet til munning, i følgende elver i Sognefjorden:

- Årdalsvassdraget (UTM, munning: 32 V 430092 6789692)
 - Seimdalselva (UTM, munning: 32 V 427905 6790363)
 - Nyssetelva (UTM, munning: 32 V 425504 6785277)
 - Erdalselva (UTM, munning: 32 V 414952 6775283)
 - Svartdalsgrovi (UTM, munning: 32 V 406675 6783841)
 - Kaupangerelva (UTM, munning: 32 V 405224 6784434)
- Optimalt uttak ble beregnet til 30 laks per elv.

Innsamling like før behandlingsstart

I tillegg til hovedinnsamlingen i august ble det fanget og undersøkt laksunger fra områdene Saltkjelen og Skjærbrui dagen før behandlingen startet.

Innsamlingsrunde: Etter behandling

Innsamling og undersøkelse av laksunger ble gjennomført samme dag som behandlingen ble avsluttet ved de to lokalitetene der prevalensen for *G. salaris* var høyest før behandlingen. I perioden 12.10.-14.10.2009 ble det gjennomført en ny innsamling av laksunger i Lærdalselva for å undersøke status for parasittinfeksjonen. Denne undersøkelsen inngikk i en såkalt utredningsundersøkelse (UR) for å kartlegge parasittstatus etter behandling med AIS. Totalt ble det samlet inn laksunger ved 14 stasjoner/lokaliteter. Tolv av stasjonene inngikk også i bestandsovervåkingen i forhold til tetthetsutvikling hos laks- og ørretunger i Lærdalselva.

Fra det innsamlede materialet ble det undersøkt mellom 10 og 20 laksunger fra hver lokalitet med unntak av lokaliteten ved Saltkjelen (sideløp fra Båthølen i Mo), der alle innsamlede laksunger ble undersøkt (n=40). Totalt ble det undersøkt 213 laksunger. De alle fleste ble klassifisert til alder 1+.

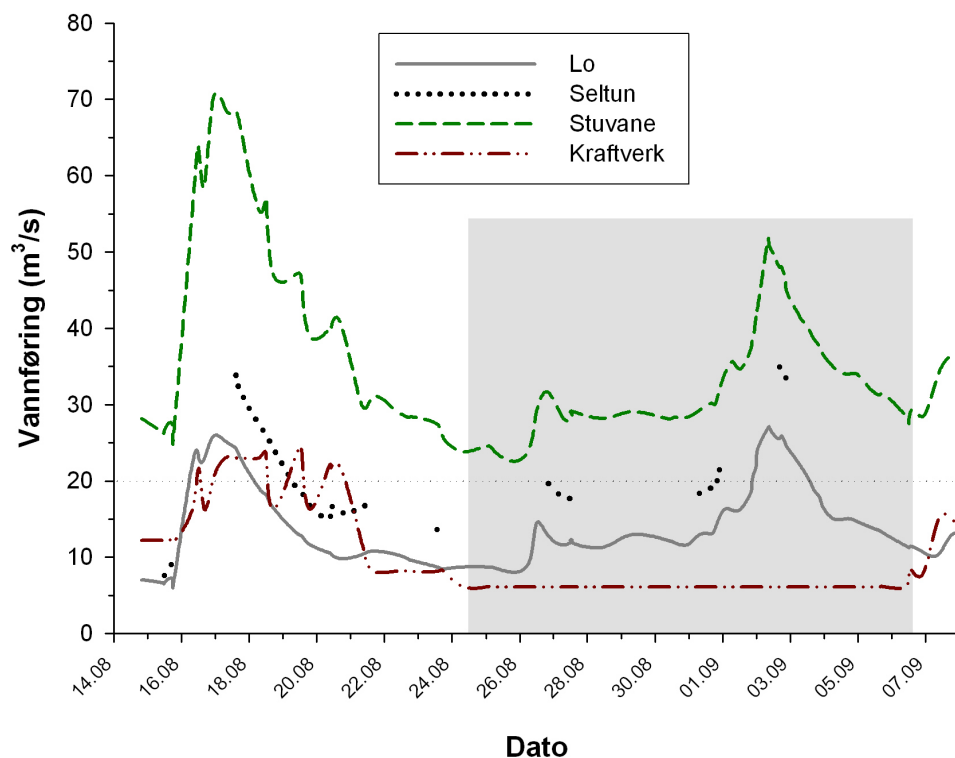
2.5 HMS-forhold

I god tid før behandlingen fikk alle feltarbeidere informasjon om behandlingen som skulle gjennomføres, samt at de ble kurset i HMS-rutiner. Ved oppmøtet i Lærdal fikk samtlige feltarbeidere utdelt hver sin bag med personlig verneutstyr. Denne inneholdt øyeskyllévæske, beskyttelsesbriller og gummihansker. I tillegg ble alle som jobbet i nærheten av trafikkert vei pålagt å bruke refleksvest. Det ble etablert rutiner for melding og behandling av avvik.

3. Resultater

3.1 Vannføring

Unormalt mye nedbør medførte varierende og dels høy vannføring (ca 14-30 m³/s) på elvestrekningen ovenfor kraftverket (Figur 8).



Figur 8. Vannføring i Lærdalselva før, under og etter behandlingsperioden. Lo ligger ca 2 km ovenfor Sjurhaugfossen. Stiplet linje angir beregnet maksimal mulig vannføring for behandling, målt ved Sjurhaugfoss. Grått område angir tiden for behandling. Kilde: Saudefaldene A/S

Vannføringen ut fra kraftverket (produksjonsvann til Stuvane, Saltkjelen) var 8,1 m³/s fra 21. august kl. 16 til 24. august kl. 8, da den ble redusert til 6,1 m³/s.

3.2 Kjemikalieforbruk

Totalt ble det utdosert 373 tonn AIS-løsning med forskjellige konsentrasjoner av aluminium og syre, 172 tonn 30 % svovelsyre og 44 tonn 37 % svovelsyre. Totalt utslipp til elva i behandlingsperioden var 2,7 tonn løst aluminium og 173 tonn syre omregnet til ren H₂SO₄ (Tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over kjemikalieforbruk

Løsning	Tonn	Tilsvarende	
		Al (tonn)	Ren H ₂ SO ₄ (tonn)
AIS	373	2,7	105
Svovelsyre 30 %	172	-	51,6
Svovelsyre 37 %	44		16,3
Total	589	2,7	172,9

3.3 Dosering og pH-resultater

Oppstrøms Båthølen

1. Naturlig løp fra Sjurhaug via Seltun og Bjørkum

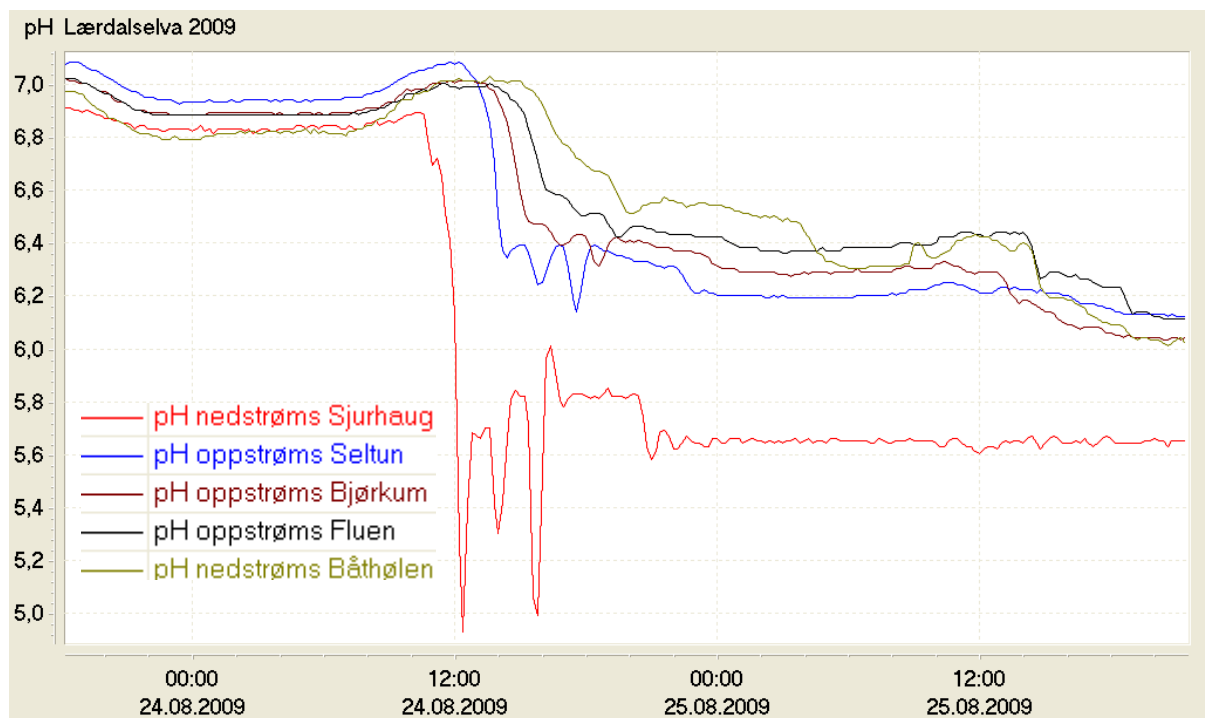
Doseringen av syre startet 24. august kl 10:20. Doseringen av AIS startet 25. august kl 09:33. pH i elva var da stabilisert på pH 5,6-5,7. AIS-løsningen ble tilført elva et stykke nedstrøms doseringspunktet for syre. Den første effekten av syredoseringen ble målt ved Seltun 2,5 timer etter doseringsstart. Ved Bjørkum ble effekten registrert 3t 15 min etter start og ved Fluen en halv time senere. Forløpet er gjengitt i Figur 9. Etter tilfredsstillende pH-effekt av Sjurhaugdoseringsen, ble pH-styrt dosering startet fra alle tre doseringsanleggene i elveavsnittet. Dette ble gjort om morgenen den 25. august. pH ble da stabilisert på 6,0-6,2 fra Seltun til Fluen. Videre justeringer førte til at pH var 5,8-5,9 fra midnatt 27. august. pH i denne delen av elva gjennom hele perioden er gjengitt i Figur 10.

2 Kraftverkstunnel fra Borgund til Stuvane

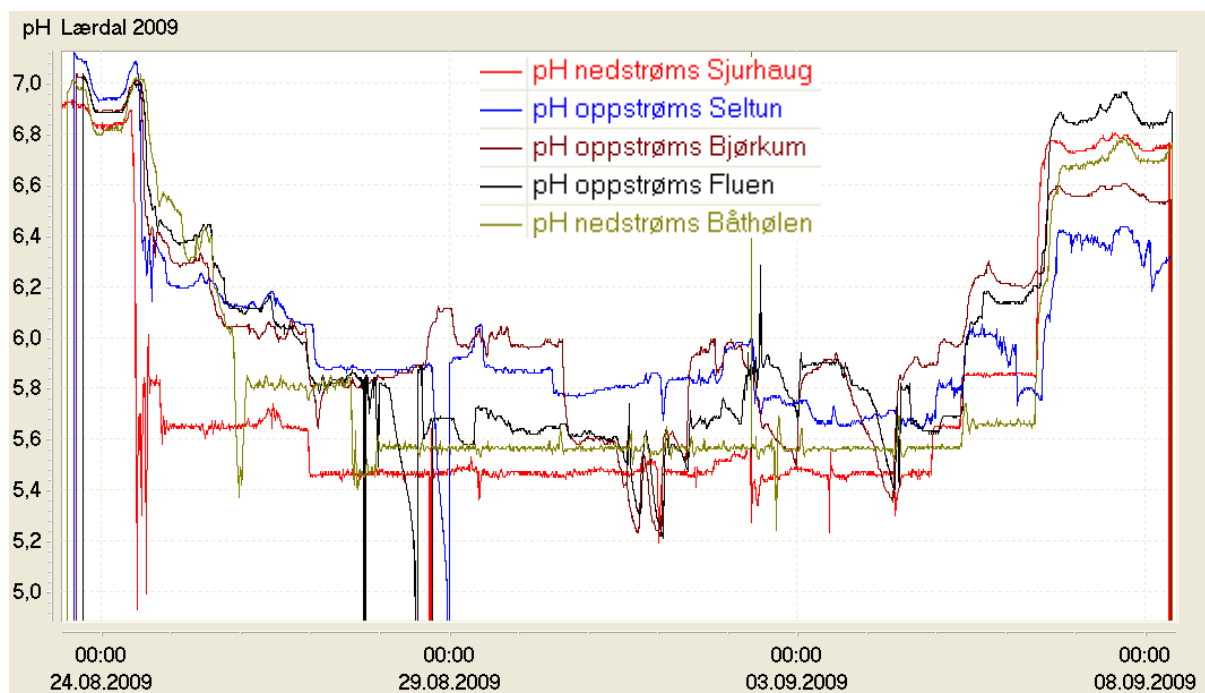
Dosering ble startet ved Sjurhaug luke 24. august 19:20. pH ble målt til 5,6 den 25. august 10:00. Det ble foretatt justeringer slik at pH lå stabilt på 5,6-5,8 resten av behandlingen.

Fra Båthølen til utløp

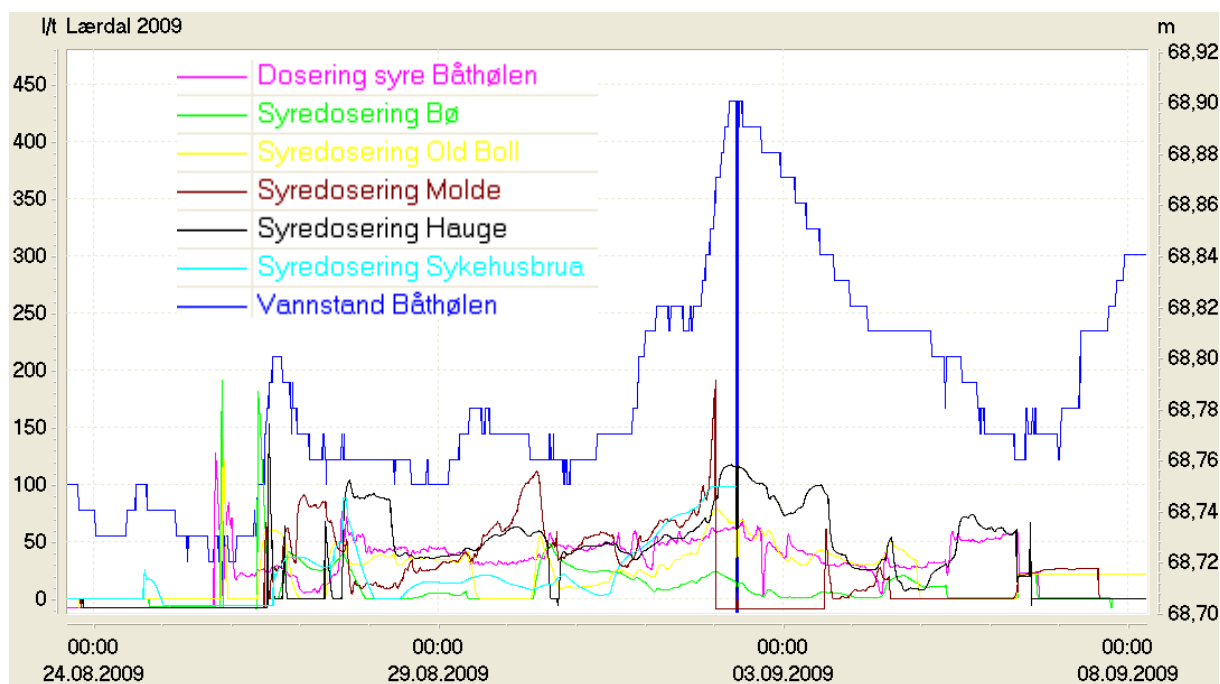
De tre øverste anleggene (Båthølen, Bø og Old Boll) ble startet 25. august om ettermiddagen. pH ble stabilisert på 5,5-6,0 innen et døgn. De resterende anleggene ble startet på dagtid dagen etter. På ettermiddagen 28. august var pH stabilisert på 5,5-5,9 fra Båthølen til utløp. Doseringsforløpet på noen utvalgte stasjoner sammenholdt med relativ vannstand er vist i Figur 11, mens oppnådd pH i elva fra Båthølen til og med Sykehusbrua er gjengitt i Figur 12.



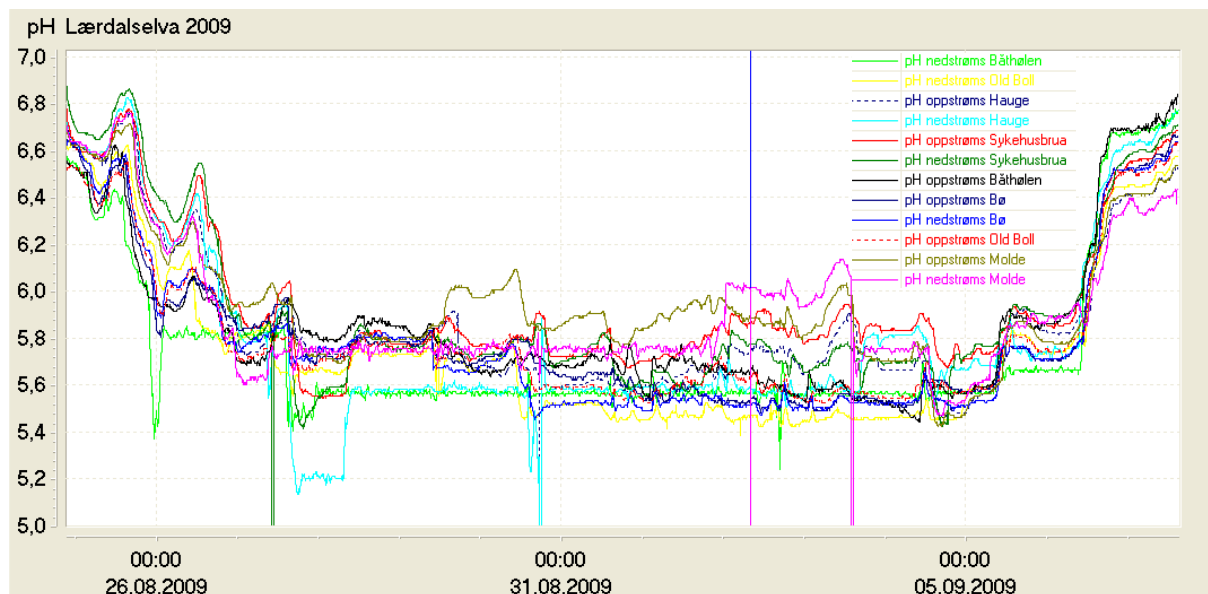
Figur 9. pH ved oppstart av behandlingen i elva fra Sjurhaug til Båthølen. Vannføringen var ca 11 m³/s. Det ble et par kraftige men kortvarige pH-reduksjoner i forbindelse med oppstart av den automatiske pH-reguleringen.



Figur 10. pH i naturlig elveløp fra Sjurhaug til Fluen gjennom hele behandlingsperioden. Forstyrrelser i kurven skyldes vanligvis elektrodeholdere som vendte seg i strømmen slik at elektroden kom i luft.



Figur 11. Doseringsforløpet ved et utvalg av doseringsanlegg for AIS holdig syre i Lærdalselva som doserte automatisk etter ønsket pH. Forløpet er sammenholdt med relativ vannstandsutvikling i elva.



Figur 12. pH-utviklingen på alle doseringsanleggene i Lærdalselva fra Båthølen til utløpet gjennom hele behandlingsperioden august/september 2009. Irregulariteter skyldes enkelte elektrodeholdere som vendte seg i strømmen ved stor vannføringsøkning. Festene for elektrodeholderne ble da justert.

3.4 Vannkjemi og temperatur

Uttak av vannprøver ble startet når verdier fra automatiske målinger i elva viste at det var effekter av syretilsetningen. Resultatene fra vannprøvene som ble analysert i felt er presentert i figurer.

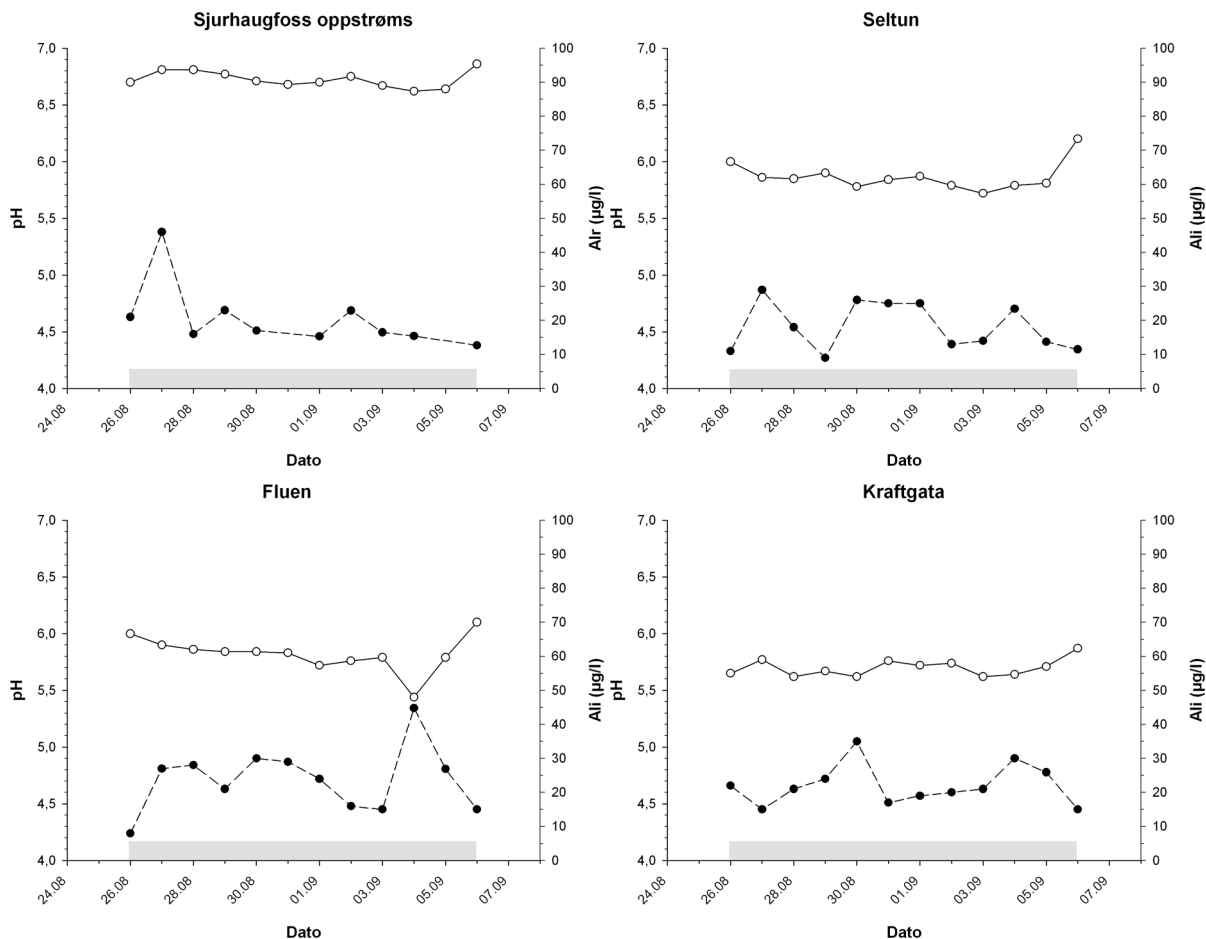
pH sank som følge av syretilsetningen, men verdiene varierte mellom de ulike stasjonene og elvene. Det var også en variasjon i pH fra dag til dag på enkelte stasjoner. Verdiene for 6. september reflekterer at doseringen de fleste steder da var i en avslutningsfase. pH var derfor stigende og konsentrasjonen av Al_i synkende.

I Lærdalselva ned til Båthølen, inkludert prøvestasjonen Kraftgata, var pH stabilisert på 5,6-6,0 ved vannprøveseriens start den 26. august (Figur 13 og Figur 14). Resten av behandlingsperioden lå alle verdiene mellom pH 5,6 og 5,9, med en svakt synkende trend. Unntaket er 4. september, da Fluen og Båthølen ble målt til pH 5,45. Dette skyldtes økt dosering fra dosereren på Seltun. På vannprøvestasjonene fra Hauge og ut til utløpet var pH 6,3-6,4 den 26. august (Figur 14). Resten av perioden var pH 5,6-6,0 ved disse stasjonene.

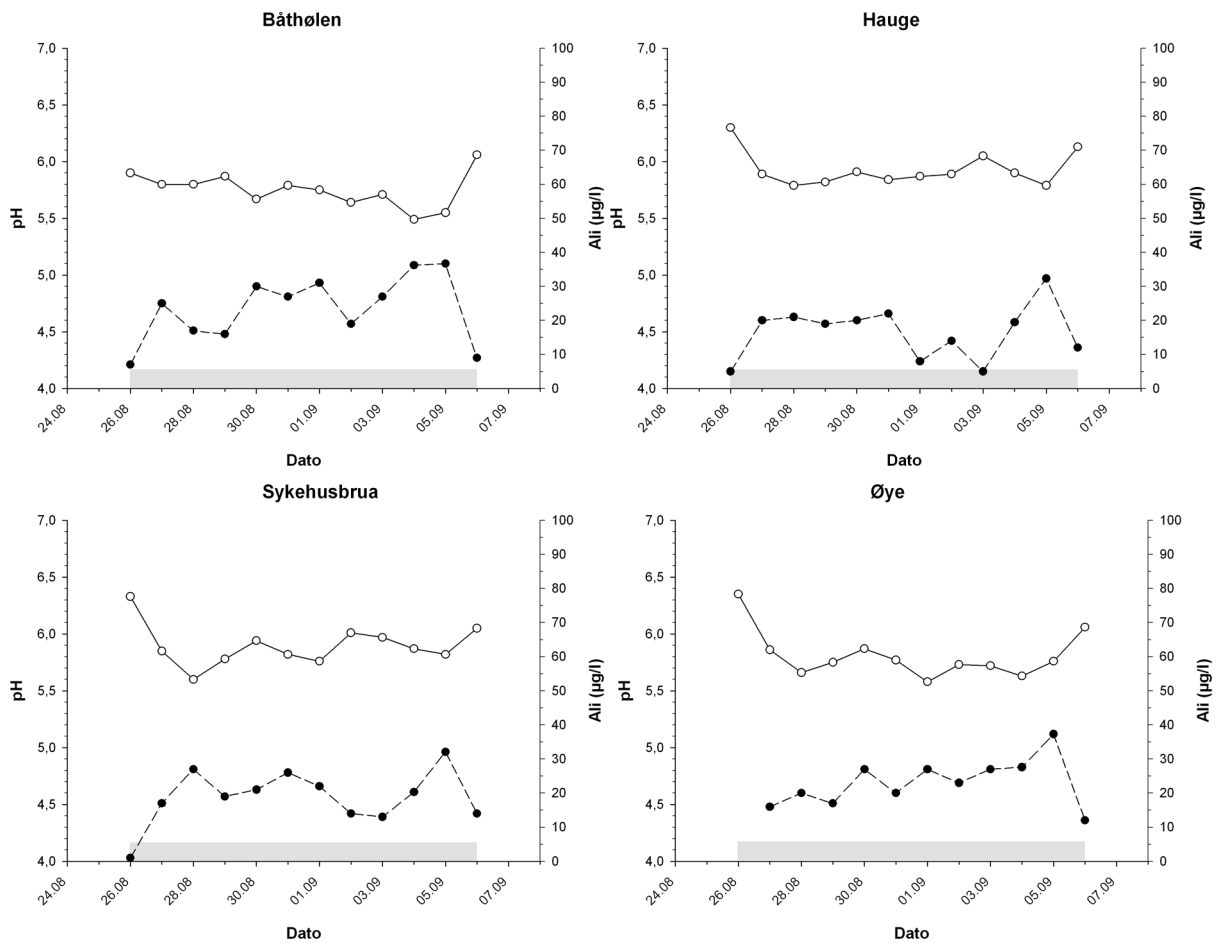
Konsentrasjonene av labilt aluminium (Al_i) den 26. august var lave (0-10 $\mu\text{g/l}$) i hele vassdraget, med unntak av Kraftgata (20 $\mu\text{g/l}$). Den 28. og 29. august var det en feil med et batteri på doseringsstasjon Fluen, som førte til stopp i doseringen og lave konsentrasjoner av Al_i ved stasjonen Båthølen. På grunn av stor vannføring ved Sjurhaugfoss, ble kapasiteten for AIS-dosering overskredet fra midnatt 2. september til midnatt 3. september (Figur 15). Dette førte til lave verdier av Al_i ved Seltun og Fluen 2. og 3. september.

Gjennom resten av behandlingsperioden var konsentrasjonen av Al_i 16-45 $\mu\text{g/l}$, med median 25 $\mu\text{g/l}$ for hele vassdraget. (Figur 13 og Figur 14). Ett unntak var 1 - 3. august ved Hauge og Sykehusbrua. Høy vannføring og lav konsentrasjon av Al_i fra Kuvella førte til lave konsentrasjoner av Al_i også i hovedelva nedstrøms utløpet av Kuvella.

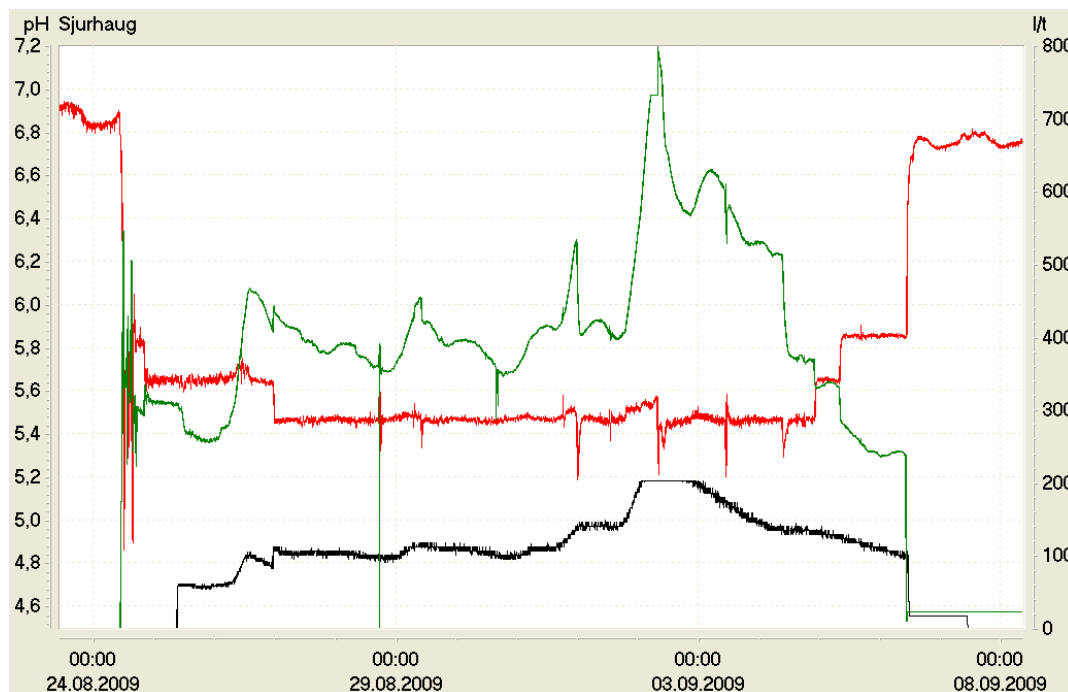
pH var stabil på 6,7-6,9 oppstrøms behandlet elvestrekning på Sjurhaugfoss i hele perioden (Figur 13). Total konsentrasjon av aluminium (Al_T) var 15-23 µg/l i perioden. Unntaket er verdien 27. august (46 µg/l), som trolig er en målefeil.



Figur 13. pH (—) og Ali (- - -) i øvre deler av Lærdalselva i perioden 26. august til 6. september 2009. Aluminiumverdier for Sjurhaugfoss oppstrøms er total aluminium (Al_T).



Figur 14. pH (—) og Ali (- - -) i nedre deler av Lærdalselva i perioden 26. august til 6. september 2009.

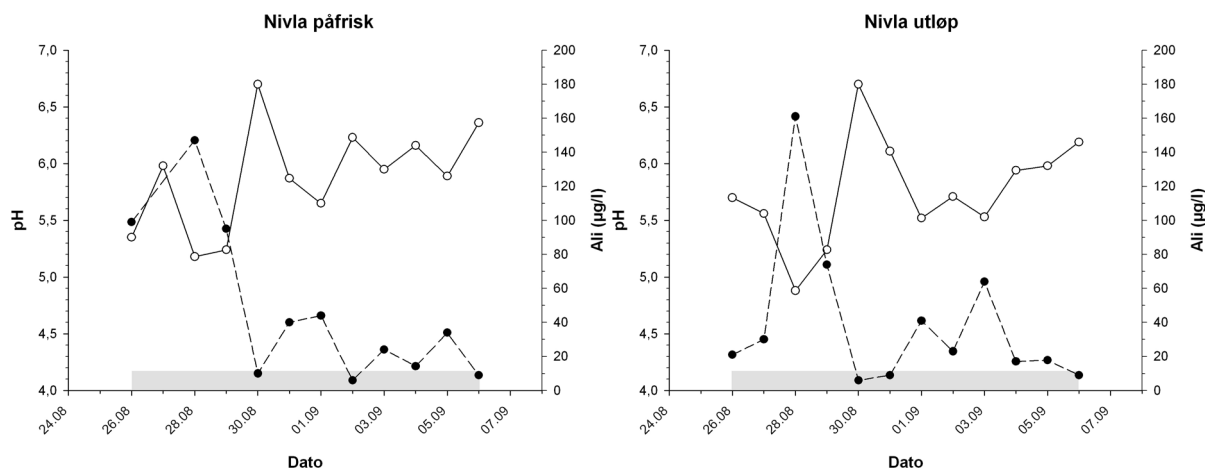


Figur 15. Stor vannføring 2. september førte til at kapasiteten for AIS-dosering (sort kurve) ble overskredet. Dette sees ved at kurven for AIS-dosering flater ut ved 200 l/t. Grønn kurve angir syredosering, og rød kurve angir pH.

pH ved stasjonen Nivla påfrisk var 5,2-6,4 i behandlingsperioden, med unntak av 30. august da pH var 6,7 (Figur 16). Konsentrasjonen av Al_i i perioden varierte ved at sju målinger var i området 24-147 $\mu\text{g/l}$, mens konsentrasjonene i fire av dagene var under 14 $\mu\text{g/l}$. Lave konsentrasjoner skyldes høy pH.

Ved utløpet av Nivla varierte pH i området 4,9-6,2 i behandlingsperioden, med unntak av 30. august da pH var 6,7 (Figur 16). Konsentrasjonen av Al_i varierte også her sterkt (6-161 $\mu\text{g/l}$) på grunn av tidvis høy pH.

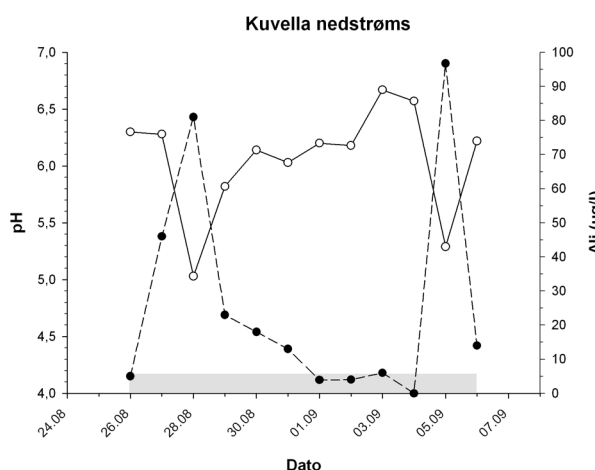
pH var 6,9 oppstrøms behandlet elvestrekning i Nivla i hele perioden, mens total konsentrasjon av aluminium (Al_i) var 14 og 21 $\mu\text{g/l}$ ved to målinger i behandlingsperioden.



Figur 16. pH(—)- og Al_i (- - -)-verdier ($\mu\text{g L}^{-1}$) i Nivla i perioden 26. august til 6. september 2009.

Vannkjemiresultatene fra målestasjon Kuvella nedstrøms viste stor variasjon i pH og Al_i (Figur 17). Fra 26.8. til 30.8. var pH 5,0-6,3. Konsentrasjonen av Al_i var i samme periode 18-81 $\mu\text{g/l}$. Den 5. september var pH 5,3 og Al_i 97 $\mu\text{g/l}$. I perioden 31. august til 4. september var pH 6,0-6,7 og Al_i 0-13 $\mu\text{g/l}$, verdier som representerer moderat til ingen effekt mot *G. salaris*. Variasjonen i verdier for pH og Al_i skyldes meget høy og varierende vannføring i denne perioden.

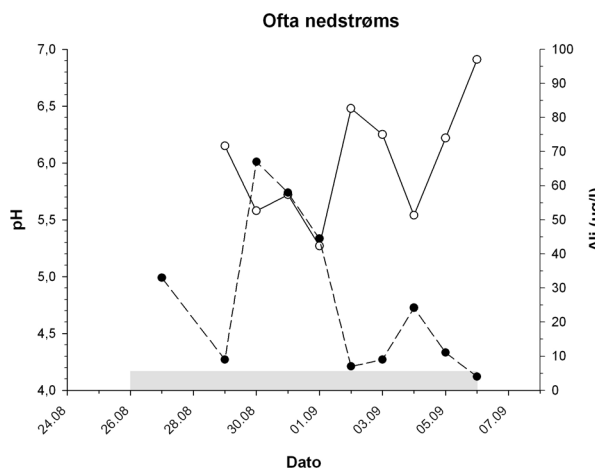
En måling i behandlingsperioden viste at pH var 6,8 og total konsentrasjon av aluminium (Al_T) 6 $\mu\text{g/l}$ oppstrøms behandlet elvestrekning i Kuvella



Figur 17. pH(—)- og Al_i (- - -)-verdier ($\mu\text{g L}^{-1}$) i Kuvella i perioden 26. august til 6. september 2009.

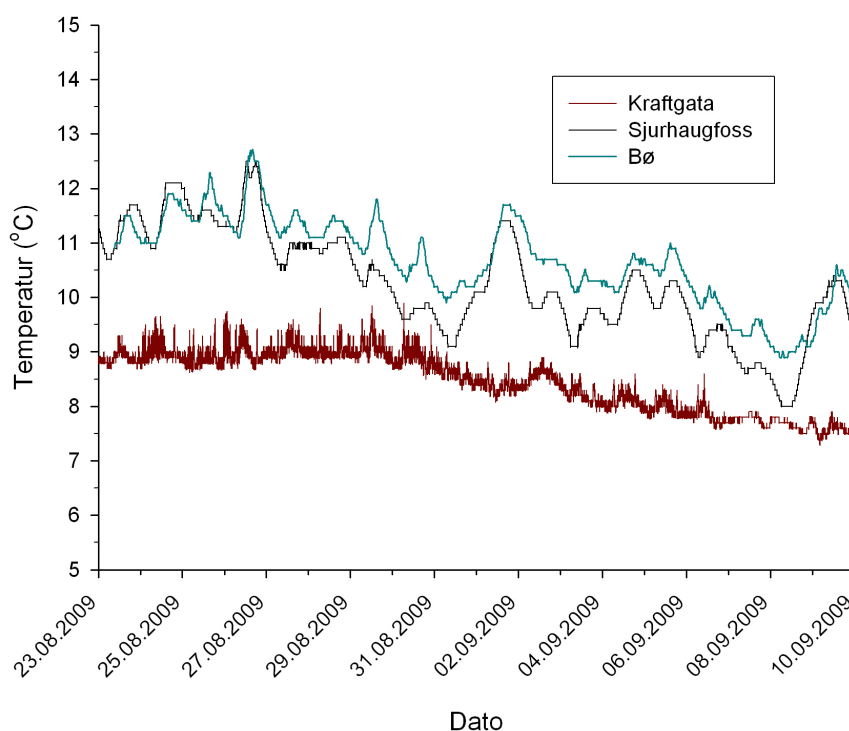
Vannkjemiresultatene fra Ofta nedstrøms viste også stor variasjon i pH og Al_i (Figur 18). pH var tidvis i området pH 5,3-5,7, og konsentrasjonen av Al_i 24-67 $\mu\text{g/l}$. I resten av behandlingsperioden var pH 6,1-6,5 og konsentrasjonen av Al_i 7-11 $\mu\text{g/l}$.

Vannkjemiresultatene viste at pH ved to målinger var 6,7 og 6,8 oppstrøms behandlet elvestrekning i Ofta. Total konsentrasjon av aluminium (Al_T) var hhv. 15 og 26 $\mu\text{g/l}$.



Figur 18. pH(—)- og Al_i (- - -)-verdier ($\mu\text{g L}^{-1}$) i Ofta i perioden 26. august til 6. september 2009.

Vanntemperaturen i Kraftgata var stabil og varierte mellom 7,7 – 9,7 °C (Figur 19). I hovedelva varierte temperaturen mer, og laveste og høyeste temperatur i selve behandlingsperioden var henholdsvis 9,3 og 12,7 °C. Vanntemperaturen var høyere under årets behandling enn ved tidligere behandlinger i Lærdalselva (Tabell 2).



Figur 19. Temperaturer i Lærdalselva ved Sjurhaugfossen, Kraftgata og Bø under behandlingen.

Tabell 2. Registrerte temperaturer under behandlinger i tidsrommet 2005-2009 i Lærdalselva. Data hentet fra Pettersen m.fl. (2006) og Hagen m.fl. (2009), samt behandlingen i 2009.

Behandling	Periode	Temperatur (°C)
Vår 2005	01.-14.04.2005	1,5-3,6
Høst 2005	04.-18.10.2005	5,9-7,5
Vår 2006	23.03.-05.04.2006	0,5-1,8
Vår 2008	04.04.-17.04.2008	1,3-5,9
Høst 2009	24.08. – 6.9.2009	7,7-12,7

3.5 Fisk og infeksjon av *G. salaris*

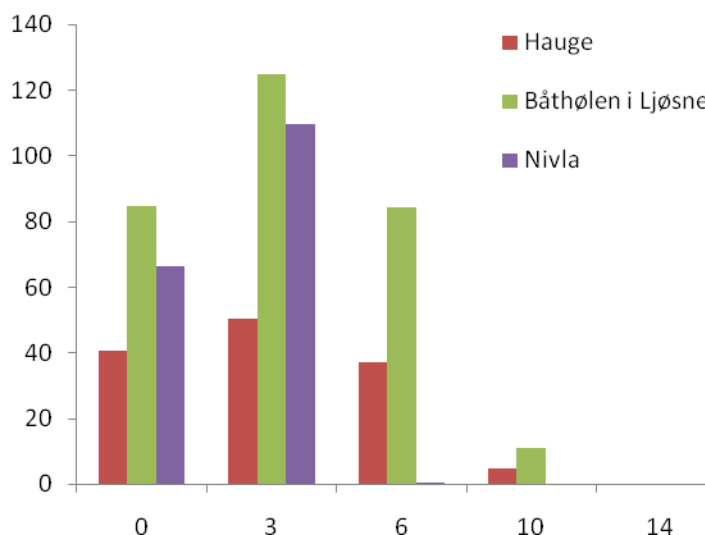
Initiell dødelighet på voksen laks

Den 28. august ble det funnet 14 døde laks i øverste del av elva fra Sjurhaugfoss til Galdane. Disse fiskene sto sannsynligvis helt oppunder Sjurhaugfossen da behandlingen startet, og døde trolig i løpet av det første døgnet med behandling. Hendelsen skyldes sannsynligvis kraftig polymerisering og utfelling på gjellene av aluminium umiddelbart etter doseringspunktet. Polymerisering av aluminium

er en kjent og veldokumentert kjemisk prosess som er giftig for fisk. Det var imidlertid ventet at denne prosessen skulle ha avtatt betydelig raskere, slik at effekten på fisk nedstrøms Sjurhaugfoss skulle vært mindre. På grunn av et ras på gamle E6 ved Galdane, var det uforsvarlig å besiktige strekningen i tidsperioden frem til 28. august. Den døde fisken ble derfor ikke oppdaget før 28. august.

Fisk i kar under behandlingen

Ved forsøkets start var gjennomsnittlig antall parasitter per fisk hhv 85, 41 og 66 på stasjonene Båthølen i Ljøsne, Hauge og Nivla. Infeksjonen økte de første tre dagene etter at infisert fisk var plassert i karene (Figur 20). Dette skyldes vannkvaliteten som var representert med høy pH og lav Al i innkjøringsperioden. Når vannkjemien var stabilisert på ønsket nivå gikk infeksjonen relativt raskt ned. I sideelva Nivla forsvant alle parasittene etter 1-3 døgn med behandling. Dette skyldes et par dager med uønsket lav pH og høy Al. Ved avsluttet behandling var infeksjonen redusert til null ved alle stasjoner. Fisken ble ikke undersøkt daglig, og det fremkommer derfor ikke av dataene nøyaktig når siste *G. salaris* forsvant.



Figur 20. Infeksjonsforløp presentert som gjennomsnittlig antall parasitter per vert for 10 grupperte fisk ved stasjonene Hauge, Båthølen i Ljøsne og Nivla.

Infeksjonsstatus på fisk i elva, april 2009

I april ble det samlet inn til sammen 137 laksunger ved 13 lokaliteter. Det ble ikke påvist *G. salaris* på 97 laksunger fanget ved de 10 øverste stasjonene fra Sokna og ned til Merkehølen, ca 9 km fra utløpet. På grunn av problemer med å fange et tilstrekkelig antall laksunger ved hver enkelt stasjon i den nedre halvdel av Lærdalselva, ble innsamlingen fokusert til områder nederst i elva der *G. salaris* ble påvist sommeren 2008. På stasjonen "nedstrøms Grønnebank" ble *G. salaris* påvist på 3 av 15 laksunger. Antall parasitter varierte mellom 30 og 113. På stasjonen Skjærbrui ble *G. salaris* påvist på 9 av 19 laksunger. Antall parasitter varierte mellom 1 og 500. På stasjonen Grasmarki ble ett individ av *G. salaris* påvist på 1 av 3 laksunger.

I tillegg til å bidra med viktig informasjon til den videre planleggingen av behandlingen, anses dette materialet å kunne bidra til den generelle forståelsen av populasjonsdynamikken til *G. salaris* ved å belyse infeksjonsutviklingen gjennom vinteren. Basert på undersøkelser i 2008 var resultatet omtrent som forventet. Resultatet gir grunn til å hevde at *G. salaris* per april 2009 hadde en begrenset utbredelse i Lærdalselva og at denne utbredelsen har vært relativt stabil i et par års tid.

Infeksjonsstatus på fisk i elva, august 2009

Resultater fra innsamlingen i august ga påvisning av infeksjonen ved 11 av 21 stasjoner (Tabell 3). Alle stasjoner oppstrøms Saltkjelenområdet var negative for infeksjon, et resultat som indikerer at infeksjonen ikke har spredt seg til øvre halvdel av Lærdalselva. Båthølen i Mo var den stasjonen med høyest prevalens (88 %) og intensitet (opp til 2000 parasitter per fisk). Når det gjelder utbredelse av infeksjonen gjennom sommeren viser resultatene en viss nedstrøms spredning fra Saltkjelenområdet. I nedre deler av elva (fra og med stasjon Grønnebank til utløpet) ble parasitten påvist på alle undersøkte stasjoner, med unntak av sidebekken Stødna.

Tabell 3. Resultater fra undersøkelse av infeksjonsstatus i Lærdalselva før behandlingen i august 2009. På stasjoner hvor infeksjon ble påvist, er prevalens (% infiserte fisk) samt maksimalt antall *G. salaris* på enkeltfisk oppgitt.

Stasjon	Antall undersøkte laks	Antall infiserte fisk	Prevalens (%)	Maksimalt antall <i>G. salaris</i>
Skjeglehølen	15	0	0	
Langehølen	15	0	0	
Bjørkum	14	0	0	
Robinson	15	1	7	5
Båthølen i Mo (sideløp)	16	14	88	2000
Båthølen i Lysne	26	1	4	1
Nivla (nederst)	22	3	14	800
Fox	11	1	9	4
Bruhølen i Blåflat	11	0	0	
Senda (nederst)	11	0	0	
Old pastor	21	2	10	5
Sanda	13	0	0	
Skolehølen	11	0	0	
Tilhenger'n (Molde)	10	0	0	
Peer	11	0	0	
Grønnebank	24	13	54	283
Skjærbrui	26	11	42	141
Grasmarki	11	3	27	26
Ofta	11	4	36	44
Øye	8	3	38	69
Stødna	4	0	0	

I Kuvella var vannføringen for høy på innsamlingstidspunktet til at innsamling av laksunger lot seg gjennomføre. El-fiske ble gjennomført i bekkesystemene ved Hunderi, Eri, Lysne og Grøte uten at laksunger ble påvist. Laksunger ble heller ikke påvist i Årdalsvassdraget, Seimdalselva, Nysetelva, Erdalselva Svartdalsgrovi, eller Kaupangerelva.

Infeksjonsstatus på fisk i elva etter behandling

Like etter avsluttet behandling ble det gjort innsamling og undersøkelser av 13 fisk fra Skjærbrui og 12 fra Saltkjelen uten at *G. salaris* ble påvist. Før behandling var 14 av 16 undersøkte infisert på stasjonen i Saltkjelen (2000 parasitter på enkeltfisk), mens ca 50 % var positive ved Skjærbrui. I

oktober ble det undersøkt til sammen 213 laksunger fra 14 lokaliteter, de fleste klassifisert til alder 1+, uten at *G. salaris* ble påvist

Resultatene fra fiskekarforsøket og fra innsamling i elv viser at behandlingen har hatt meget god effekt på fjerning av parasitten.

3.6 HMS og tekniske avvik

Under behandlingen oppsto det to uforutsette hendelser med lekkasje av syre/AIS. Det skjedde et syreutslipp på mark den 2. september ved doseringsstasjonen i Kuvella. Årsaken var en IBC-container som veltet og sprakk da den skulle plasseres ut. Lekkasjen ble anslått til ca 200 liter 30 % svovelsyre. Lekkasjen ble med en gang tildekket med kalk for så å bli fortynnet med betydelige mengder vann. Det oppstod ikke materielle skader eller personskader.

Det skjedde et utslipp av 1000 liter AIS med 4,3 % aluminium på mark den 27. august ved laksetrappen ved Sjurhaugfoss. Årsaken til utslippet var en IBC-container som ble punktert av lastegaffelen på traktor når IBC skulle plasseres ut. Væsken hadde en pH på ca 2 på grunn av innholdet av aluminiumsulfat. Det var imidlertid innholdet av aluminium (totalt 56 kg), som kunne representert en fare for fisk hvis det nådde elven. Området ble derfor med en gang tildekket med kalk for å nøytralisere syrekomponenten og immobilisere aluminium. Det ble valgt å ikke spyle vekk spillet. På den måten kunne en unngå rask utlekking og spredning av aluminium. Mye av væsken trakk ned i grunnen, der aluminium bindes raskt til jordpartikler. Det ble ikke påvist unormale mengder aluminium i prøver tatt fra bekk eller elv rett ved utslippet. Det er derfor lite sannsynlig at utslippet representerte eller representerer noen fare for fisk. Det oppstod ikke personskader, men én IBC ble ødelagt og måtte kasseres.

Det oppstod ingen andre avvik i forbindelse med behandlingen i Lærdalsvassdraget i 2009.

Det vil bli gjennomført en revisjon av prosedyrer, instruksjoner og opplæringsprogram relatert til IBC-håndtering før neste behandling gjennomføres.

4. Diskusjon

I behandlingsplanen ble det foreslått at vassdraget skulle behandles i 14 dager. I starten av behandlingen ble det imidlertid brukt to til tre dager på å justere inn doseringen slik at de vannkjemiske forholdene skulle bli tilfredsstillende. Den faktiske behandlingstiden ble derfor kortere enn ønsket. I kommende behandlinger vil tiden det tar å tilpasse doseringen holdes utenfor det planlagte behandlingstidsrommet, slik at minimum 14 dagers sammenhengende behandling kan gjennomføres.

Vanntemperatur, atferd og habitatbruk

Vanntemperatur, atferd og habitatbruk hos laksunger var viktige momenter ved valg av tidspunkt for denne behandlingen. Mer aktive laksunger vil være mer eksponert i elvevannet og dermed lettere å nå med AIS.

Vanntemperaturen i vassdraget var betydelig høyere under behandlingen i 2009 enn under tidligere AIS-behandlinger (Pettersen m. fl. 2006, Hagen m. fl. 2008). Når vanntemperaturen er lav, slik tilfellet har vært under tidligere vår- og høstbehandlinger, antas det at aktiviteten til laksunger er lav. Laksunger kan også oppholde seg nede i bunnssubstratet for å finne skjul, spesielt på dagtid (Huusko *et al.* 2007). Framspring av grunnvann med noe høyere temperatur enn det kalde elvevannet kan trolig også tiltrekke laksunger og føre til at de oppholder seg ved utstrømmende vann med høyere pH. Denne atferden og habitatbruken kan ha ført til at laksunger ikke er blitt tilstrekkelig eksponert for aluminium ved tidligere behandlinger, og *G. salaris* kan ha overlevd på fisken.

Fisk og infeksjon av *G. salaris*

Målet med behandlingen i Lærdalselva i august/september 2009 var en reduksjon av smittepresset internt i vassdraget og eksternt mot andre vassdrag ved betydelig reduksjon i parasittintensiteten. Infeksjonen av *G. salaris* i vassdraget ble undersøkt i forkant av behandlingen, og parasitten ble påvist ved 11 av 21 stasjoner. Parasitten ble ikke påvist i øvre halvdel av vassdraget, mens i nedre deler, fra stasjon Grønnebank til utløpet, ble *G. salaris* påvist på alle undersøkte lokaliteter.

Det ble oppnådd kontinuerlig behandling over en periode på 7-10 dager i vassdraget. pH ble holdt i intervallet 5,5 - 6,0, med unntak av enkelte avvik.

Det er vist at fjerning av *G. salaris* fra laksunger ved tilsetning av Al til vannet er dose-respons-avhengig (Poléo m. fl. 2004). Ved eksponering for vann tilsatt 200 µg Al/l ved pH 6,1 ble infeksjonen av *G. salaris* fjernet på tre dager, mens parasittinfeksjonen var til stede i åtte dager ved eksponering for 100 µg Al/l ved samme pH.

Ved prøveuttak i fiskekar etter 10 dager med Al-behandling, var all undersøkt fisk negativ for infeksjon av *G. salaris*. Tidsforløpet for fjerning av infeksjonen samsvarer godt med det som tidligere er rapportert ved eksponering for tilsvarende Al-konsentrasjon. Det er likevel vanskelig å sammenligne endringen i infeksjonsforløpet i laboratorieforsøk og i behandling av store vassdrag fordi mange faktorer som antas å påvirke effekten av Al på *G. salaris* er forskjellig. Vanntemperatur, ionestyrke og intensiteten av infeksjonen kan være slike faktorer. I tillegg vil fisk i laboratorieforsøk bli eksponert for nøyaktig lik vannkvalitet gjennom flere dager, mens fisk i sitt naturlige miljø kan bli eksponert for vann med noe varierende Al-konsentrasjon avhengig av hvor den oppholder seg.

Under kartleggingen av vassdraget ble det utført elektrofiske på stasjoner i hovedelv, sideelver, og utvalgte perifere vannforekomster. I perifere bekker der *G. salaris ikke* ble påvist ble behandling utelatt. Erdalselva ble også utelatt. Dette ble vurdert som forsvarlig, siden tiltaket hadde

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

smittebegrensende karakter. På grunn av disse avgrensningene kan det ikke utelukkes at det etter behandling finnes fisk infisert med *G. salaris* i vassdraget.

Behandlingen reduserte imidlertid infeksjonen av *G. salaris* til et så lavt nivå at parasitten ikke ble påvist i prøveuttak ved elektrofiske fra hovedelva rett etter behandlingen. Det er derfor grunn til å tro at tiltaket har redusert infeksjonen i vassdraget i betydelig grad og dermed i tråd med målsettingen.

I forbindelse med dødelighet av stor fisk ved Sjurhaugfoss 28. august ble det i samråd med Veterinærinstituttet og Styringsgruppa bestemt at behandlingen skulle fortsette med samme intensitet. Dette viste seg å være en riktig avgjørelse da denne dødeligheten kun var avgrenset til et lite område like oppunder vandringshinderet ved Sjurhaugfoss. Etter 10 dagers behandling ble det observert en del tilsynelatende upåvirket fisk lenger ned i elva under dykking, både laks og sjørørret (Rein Arne Golf pers medd.).

Fiskedød i forbindelse med Al-dosering skjedde også våren og høsten i 2005, hovedsakelig på høsten. Den gangen var dette vanskelig å forutse da det fantes lite erfaring med kritiske grenseverdier (tålegrenser) for Al hos stor fisk ved den aktuelle vanntemperaturen. Det eksisterer fortsatt lite dokumentert kunnskap på dette området, men gjentatte AIS-behandlinger har gitt god erfaring med tålegrenser. Dette viste seg i form av svært lav dødelighet på stor fisk under behandlingen i 2009, sammenlignet med ved tidligere AIS-behandlinger av Lærdalsvassdraget.

Det vil bli vurdert om doseringspunktet ved Sjurhaugfoss kan flyttes lenger opp mot Kvame/Husum-området for å unngå akutt giftighet og dødelighet som følge av kraftig Al-polymerisering..

Vannføring

I perioden 1-4. september var vannføringen over den fastsatte maksimalgrensen for behandling (20 m³/s) ved Sjurhaugfoss. Vannføringen var trolig nær 30 m³/s den 2. september, men doseringskapasiteten for syre var høyere enn beregnet, slik at behandlingen kunne fortsette. Aluminiumdoseringen ble imidlertid ca 20 % lavere enn ønsket i ett døgn mellom 2. og 3. september på grunn av kapasitetsbegrensninger på doseringspumpene for AIS. Dette førte til lavere konsentrasjoner av Al_i enn ønsket disse dagene ved stasjonene Seltun, Fluen og dels Båthølen. Dette kan forbedres før neste behandling ved å øke pumpekapasiteten.

I sideelva Kuvella ble det observert periodevis svært høy vannføring, betydelig over det som var forventet. Dette skyldes at det kom unormalt store nedbørsmengder i nedbørsfeltet til Kuvella. Vannføringen i Kuvella ble 1-3. september anslått til 15 m³/s. Det ble imidlertid gjort tiltak i form av ekstra doseringsutstyr for å opprettholde behandlingen så langt det var mulig, siden stopp i doseringen ville påvirket vannkjemien i hovedelva. Til tross for dette tiltakene, var det mulig å se en svakt redusert behandlingseffekt i hovedelva nedstrøms utløpet av Kuvella i perioden 1-3. september. Som følge av disse observasjonene, vil det bli gjort forbedringer i behandlingsskapasiteten i Kuvella før neste behandling.

Dosering

Behandling med bruk av pH-styrt dosering i Lærdalselva, viste seg å fungere svært tilfredsstillende også i 2009. Slik prosess-styring gir mulighet til å holde en svært jevn pH i elva, tross vekslende vannføring. Tilsetning av svovelsyre og AIS i to separate løsninger på doseringsstasjonen ved Sjurhaugfoss gjorde det mulig å justere pH og Al-konsentrasjon hver for seg. Dette sikret en stabil dosering av aluminium selv om pH ble justert.

Til tross for stor vannføring i deler av behandlingsperioden, ble ønskede vannkjemiske forhold i stor grad opprettholdt fordi påfriskningsstasjonene hadde tilstrekkelig kapasitet. For å unngå

overbelastning, er det imidlertid behov for å utvide kapasiteten ved Sjurhaugfoss (AIS) og Kuvella hvis behandlinger skal gjennomføres ved liknende forhold i fremtiden.

Hvis Lærdalselva skal behandles ved høy vannføring ($\geq 20 \text{ m}^3$ ved Sjurhaugfoss) over flere dager, vil det imidlertid være nødvendig å ha reservelagere av AIS i Lærdal eller hos produsent Kemira i Østfold. Det er fordi produksjonskapasiteten er begrenset hos Kemira. Produksjonskapasiteten for 37 % svovelsyre hos Solberg industrier er tilstrekkelig.

Sideelvene Nivla og Kuvella har forholdsvis høye konsentrasjoner av kalsium. Det var derfor planlagt en noe høyere konsentrasjon av aluminium her enn i hovedelva fordi kalsium kan virke beskyttende mot effekten av aluminium på fisk (Gensemer & Playle 1999, Alstad m. fl. 2004). Erfaring med AIS-behandling, samt eksponeringsforsøk med *G. salaris* i vann med ulik Ca-konsentrasjon, har også vist at Ca-konsentrasjonen trolig påvirker effekten av Al på *G. salaris* (upubliserte data). Konsentrasjonen av kalsium i Nivla og Kuvella var imidlertid betydelig lavere under behandlingen i 2009 (hhv. 3,8 og 3,5 mg Ca/l) enn i 2008 (hhv. 9 og 13 mg Ca/l), og det ble derfor valgt en forsiktig doseringsstrategi for å unngå dødelighet av fisk.

5. Konklusjon

Målet med behandlingen i Lærdalselva sensommeren 2009 var å redusere *G. salaris*-infeksjonen i vassdraget for dermed å dempe smittepresset mot andre elver i Sognefjorden.

Behandlingen i hovedelva ble opprettholdt over en periode på 10 dager, inklusiv noen dager med lavere Al-konsentrasjon enn ønsket på grunn av svært høy vannføring i forhold til planlagt behandlingsskapasitet. Undersøkelser av *G. salaris*-infeksjonen på laksunger i kar på land og villfisk fanget i elva under behandlingen, viste at behandlingen førte til en kraftig reduksjon av parasittinfeksjonen. Dette ble bekreftet av undersøkelser etter behandlingen, utført av Veterinærinstituttet i oktober 2009, der det ikke ble påvist *G. salaris*. Det er derfor god grunn til å anta at smittepresset, både innad i vassdraget og mot andre vassdrag i Sognefjorden, ble betydelig redusert. Målet med behandlingen ble derfor nådd.

6. Referanser

- Alstad, N.E.W., Kjelsberg, B.M., Vøllestad, L.A., Lydersen, E. & Poléo, A.B.S. 2004. The significance of water ionic strength on aluminium toxicity in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Environmental pollution* 133: 333-342.
- Andersen, A.L. 2002. Økt vekst og overlevelse hos ensomrig laks (*Salmo salar* L.) og ørret (*Salmo trutta* L.) som følge av eliminering av eldre årsklasser – en analyse av biotiske og abiotiske faktorer før og etter rotenonbehandling av Lærdalselva. Cand. scient. thesis. Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen. 91 sider.
- Bongard, T. 2005. Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjordselva, 2003 og 2004. NINA. Rapport 9. 20 s.
- Gensemer R.W. & Playle R.C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 29: 315-450
- Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Kjøsnes, A.J. & Hindar, A. 2008. Behandlings med aluminiumsulfat (AlS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdraget 2007. NIVA-rapport 5577-2008. 32 s.
- Halvorsen, G.A. & Heegaard, E. 2007. Undersøkelser av effekter på bunnfauna etter aluminiumsbehandling mot *G. salaris* Malmberg i Lærdalselva, 2005-2006. LFI-UNIFOB. Rapport 146. 41 s.
- Henriksen, A., Skogheim, O.K. & Rosseland, B.O. 1984. Episodic changes in pH and aluminium-speciation kill fish in a Norwegian salmon river. *Vatten* 40: 225-260.
- Huusko A., Greenberg L., Stickler M., Linnansaari T., Nykanen M., Vehanen T., Koljonen S., Louhi P., & Alfredsen K. 2007. Life in the ice lane: The winter ecology of stream salmonids. *River Research And Applications* 23: 469-491.
- Høgberget, R. 2008. Forsøk med automatisk pH-styring og kontroll av syredosering i vassdrag. NIVA-rapport 5636-2008. 19 s.
- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J.V. 2007. Aluminiumbehandling mot *Gyrodactylus salaris* i Ognå og Figga i 2006 – effekter på bunndyr. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 2007, 2. 19 sider
- NOU. 1999. Til laks åt alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen. NOU 1999:9. 394 s.
- Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Poleo, A.B.S., Gjørwad Hagen, A., Flodmark, L., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S.A., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R. Moen, A. & Lydersen, E. 2006. Kjemisk behandling mot *G. salaris* i Lærdalselva 2005. NIVA-rapport 5169-2006. 24 s.
- Pettersen, R.T., Hytterød, S., Mo, T. A., 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. 2007. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005/2006 – Sluttrapport. NIVA-rapport 5349-2007. 27 s.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Polèo, A.B.S., Schjolden, J., Hansen, H., Bakke, T.A., Mo, T.A., Rosseland, B.O. & Lydersen, E. 2004a. The effect of various metals on *G. salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Parasitology* 128: 1-9.

Polèo, A.B.S., Lydersen, E. & Mo, T.A. 2004b. Aluminium mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. *Norsk Veterinærtidsskrift* 3: 176-180.

Rosseland, B.O. & Skogheim, O.K. 1984. Attempts to reduce effects of acidification on fishes in Norway by different mitigation techniques. *Fisheries* 9: 10-16.

Røyset, O. 1985. Comparison of four chromogenic reagents for the flow-injection determination of aluminum in water. *Analytica Chimica Acta* 178: 223-230

Soleng, A., Polèo, A.B.S., Alstad, N.E.W. & Bakke, T.A. 1999. Aqueous aluminium eliminates *G. salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. *Parasitology* 119: 19-25.

Stickler, M., Alfredsen, K., Scruton, D.A., Pennell, C., Harby, A., & Økland, F. 2007. Midwinter activity and movement of Atlantic salmon parr during ice formation events in a Norwegian regulated river. *Hydrobiologia* 582: 81–89.

7. Vedlegg

7.1 Vedlegg A

Karakteristisk vannkjemi for Lærdalselva og Erdalselva i juni 2009.

Lokalitet	Prøvedato	Tid	Estimert vannføring m ³ /s	pH	KOND mS/m	ALK-E µekv/l	NO ₃ -N µg N/l	TOC mg C/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	Ca mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Na mg/l
Nivia utløp	15.06.2009	10:00	2-3	6.72	3.38	116	44	0.96	0.59	5.58	3.82	0.73	0.34	0.76
Sjurhaugfoss oppstrøms	15.06.2009	17:50	29	6.49	1.15	48	13	0.88	0.48	1.32	1.10	0.26	0.16	0.52
Erdalselva	15.06.2009	19:50	2	6.46	1.17	44	36	0.54	0.66	1.20	1.05	0.24	0.14	0.59
Stødna	15.06.2009	19:30	0,3	6.62	1.43	71	4	0.71	0.75	1.43	1.45	0.13	0.19	0.94
Ofa utløp	15.06.2009	19:35	0,4	6.57	1.62	62	3	0.76	0.52	2.72	1.89	0.29	0.18	0.62
Sykehusbrua	15.06.2009	19:35	ca 75	6.55	1.61	60	43	0.72	0.55	2.43	1.76	0.34	0.19	0.63
Kuvella nedstrøms	15.06.2009	19:50	2	6.66	2.81	93	99	0.37	0.72	5.28	3.50	0.63	0.28	0.70
Senda Påfrisk	15.06.2009	19:55	0,5	6.67	2.06	95	26	0.67	0.63	2.78	2.42	0.72	0.24	0.63
Kraftgata	16.06.2009	08:30	24,8	6.45	1.16	39	76	0.46	0.39	1.83	1.24	0.21	0.15	0.43

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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