

# Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (ALS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2008



**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 2008.	Løpenr. (for bestilling) 5762-2009	Dato 2009-03-23
	Prosjektnr. Undernr. O-28116	Sider Pris 40
Forfatter(e) Anders Gjørwad Hagen, Arne Jørgen Kjørnes, Rolf Høgberget, Sigurd Hytterød <sup>1</sup> , Kjetil Olstad <sup>1</sup> og Atle Hindar	Fagområde Tiltak	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket CopyCat

<sup>1</sup>Veterinærinstituttet, seksjon for parasittologi


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

**Sammendrag**  
Smittereduserende behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium ble gjennomført i Lærdalselva i april 2008. CFT-legumin (rotenon) ble brukt i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AIS. Denne rapporten omhandler kun AIS-behandlingen. Behandlingen startet 4. april og varte til 17. april. Det ble oppnådd en vannkjemi som er dokumentert å være tilstrekkelig for å fjerne infeksjon av *G. salaris* fra laks (pH < 6,0 og Al<sub>i</sub> > 35 µg/l), og denne ble opprettholdt over en periode på 9-12 dager. Under behandlingen ble PI-styring av syredosering med pH som styringsparameter brukt, noe som ga jevn og kontrollert dosering av kjemikalier under hele behandlingsperioden. Fisk fra elva ble undersøkt daglig for infeksjon av *G. salaris*, og parasittinfeksjonen ble redusert fra 91 % til 0 % i løpet av 10 dager.

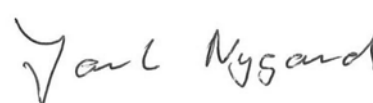
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. <i>Gyrodactylus salaris</i>	1. <i>Gyrodactylus salaris</i>
2. Laks	2. Atlantic Salmon
3. AIS-behandling	3. AIS treatment
4. Vassdrag	4. River



Atle Hindar  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

**Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat  
(AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i  
Lærdalselva 2008**

## 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 april 2008.

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

Følgende personer var innleid og deltok med forskjellige oppgaver under behandlingen: Marte Rødseth Kvakland kontrollerte pH langs elvebredden med daglige feltmålinger, Ragnar Tokvam transporterte doseringsutstyr og Olav Wendelbo bidro med generell informasjon og hjelp på oppdrag fra NIVA. Videre bidro Espen Lund, Henning Urke, Jarle Håvardstun, Torstein Kristensen, Atle Rustadbakken, Marte-Lise Søvik, Marthe Jenssen, Sigrid Haande, Sigurd Øxnevad, Theodor Norendal, Steinar Tronhus og Kristian Mosby, med ulike typer lab- og feltarbeid. Alle takkes for god innsats.

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

Oslo/Grimstad, 23. mars 2009

*Atle Hindar,  
prosjektleder*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn	6
1.2 Målet med behandlingen	6
1.3 AIS-metoden	6
<b>2. Materialer og metoder</b>	<b>7</b>
2.1 Hydrologi og vannkjemi	7
2.2 Kjemikalietilsetting	10
2.3 Prøvetaking og vannkemianalyser	12
2.4 Fisk og <i>G. salaris</i> -infeksjon	14
2.5 HMS-forhold	14
<b>3. Resultater</b>	<b>14</b>
3.1 Vannføring	14
3.2 Kjemikalieforbruk	15
3.3 Dosering og pH-styring	15
3.4 Vannkjemi og temperatur	20
3.5 Fisk og <i>G. salaris</i> -infeksjon	29
3.6 HMS og tekniske avvik	29
<b>4. Diskusjon</b>	<b>30</b>
<b>5. Konklusjon</b>	<b>32</b>
<b>6. Referanser</b>	<b>32</b>
<b>Vedlegg A. Vannkemianalyser</b>	<b>34</b>
<b>Vedlegg B. NIVA-notat</b>	<b>35</b>

---

## Sammendrag

Smittereduserende behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium ble gjennomført i Lærdalselva i april 2008. CFT-legumin ble brukt i stillestående vann og mindre vannforekomster der det ikke var hensiktsmessig å bruke AIS. Denne rapporten omhandler kun AIS-behandlingen. Behandlingen startet 4. april og varte til 17. april. Det ble oppnådd en vannkjemi som er dokumentert tilstrekkelig for å fjerne infeksjon av *G. salaris* fra laks (pH<6,0 og Al<sub>i</sub>> 30 µg/l), og denne ble opprettholdt over en periode på 9-12 dager. Under behandlingen ble PI-styring av syredosering med pH som styringsparameter brukt, noe som ga jevn og kontrollert dosering av kjemikalier under hele behandlingsperioden. Fisk fra elva ble undersøkt daglig for infeksjon av *G. salaris*, og parasittinfeksjonen ble redusert fra 91 % til 0 % i løpet av 10 dager.

## Summary

Title: Treatment against the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* with use of aluminium-sulphate in the river Lærdalselva in 2008.

Year: 2009

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

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-5497-6

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 were 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 April 2008. At the end of this time span the treatment had been adequate for the eradication of *G. salaris* (pH<6.0 and Al<sub>i</sub>> 30 µg/l) for 9-12 days. 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. The infection was reduced from a prevalence of 91 % to 0 % in 10 days.

---

# 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 i 2008 var *G. salaris* påvist i 22 norske laksevassdrag. 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. For å redusere faren for spredning av parasitten til andre elver i Sognefjorden besluttet Direktoratet for naturforvaltning (DN) at det skulle gjennomføres en ny behandling før smoltutvandring i 2008. I april ble det derfor gjennomført en smittereduserende behandling i Lærdal der AIS ble benyttet som hovedkjemikalium.

## 1.2 Målet med behandlingen

Målet med behandlingen i 2008 var å redusere *G. salaris*-infeksjonen i Lærdalsvassdraget for å dempe smittepresset mot andre elver i Sognefjorden. Det ble lagt vekt på at tiltaket skulle gjennomføres før smoltutvandringen, og behandlingen ble derfor gjennomført i begynnelsen av april.

## 1.3 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 denne negative effekten er betydelig sterkere på parasitten enn på atlantisk laks (*Salmo salar*) (Soleng m. fl. 1999, Poléo m. fl. 2004b), gjør Al til et potensielt middel i kampen mot *G. salaris*. Lovende resultater fra laboratorieforsøk ledet til storskala forsøk i Batnfjordselva, Møre og Romsdal i 2003 (Lydersen m. fl. 2004). Forsøket viste at Al hadde ønsket virkning på parasitten, også når det ble tilsatt elvevann i stor skala. Det ble også observert viktige sammenhenger mellom Al-konsentrasjon, vannets surhetsgrad og eksponeringstid. Året etter, i 2004, ble forsøket utvidet fra kun behandling i øvre deler av Batnfjordselva med ett doseringsanlegg, til behandling av hele vassdraget. Gjennom videre utvikling og utprøving i større vassdrag (Pettersen m. fl. 2007, Kjøsnes m. fl. 2007, Hagen m.fl. 2008) har AIS-metoden, i kombinasjon med begrenset bruk av CFT-Legumin, utviklet seg til å bli en alternativ metode i kampen mot *G. salaris*. Til denne behandlingsstrategien inngår også bygging av små og store fiskesperrer for å redusere behandlingsområdet.

Visse forutsetninger må være på plass for at det skal lykkes å utrydde parasitten fra et vassdrag ved tilsetning av kjemikalier. Alt vann i et vassdrag der det kan finnes *G. salaris*-infisert fisk, 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 vannkjemi slik som ionestyrke og organisk materiale. I Lærdalselva har tidligere behandlinger vist at optimalt nivå for lavmolekylært uorganisk aluminium for å fjerne *G. salaris* fra laksunger ( $Al_i$ ) trolig ligger i området 30-60  $\mu\text{g Al/L}$  (Pettersen m.fl. 2006).

Doseringsteknikkene som brukes ved AIS-behandling er basert på teknikker for kalking av forsurede vassdrag. Ved kalking brukes pH og vannføring som styringsparametere for å dosere riktig mengde kalk i elva for å få en gitt pH nedstrøms anlegget. På tilsvarende måte tilsettes AIS og syre 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. For svak tilsetning vil

---



ikke gi tilstrekkelig behandling, mens for kraftig dosering kan føre til skade på fisk og annen akvatisk fauna.

Vannføringsproporsjonal dosering er ressurskrevende, spesielt hvis alle små bekkesig skal behandles med AIS. Derfor tilsettes AIS med fast dose i enkelte mindre bekker. CFT-Legumin benyttes i alle perifere vannforekomster der det kan tenkes å finnes fisk og vannmengden ikke vil bidra til fortykning av behandlingsskjemien i hovedelven. Virkningen av AI 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 AI enn yngel og ungfisk (Pettersen m. fl. 2007). I tillegg kan andre forsurningsfølsomme organismer skades. I forbindelse med de tidligere behandlingene i Batnfjordselva, Lærdalselva og Steinkjervassdraget, ble det registrert endringer i invertebratfaunaen (Bongard 2005, Halvorsen og Heegaard 2007, Kjærstad og Arnekleiv 2007). Etter AI-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 AI-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). Det er forventet at teknikken vil gi bedre kontroll på surhetsgraden under behandling, og at den vil gjøre 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.

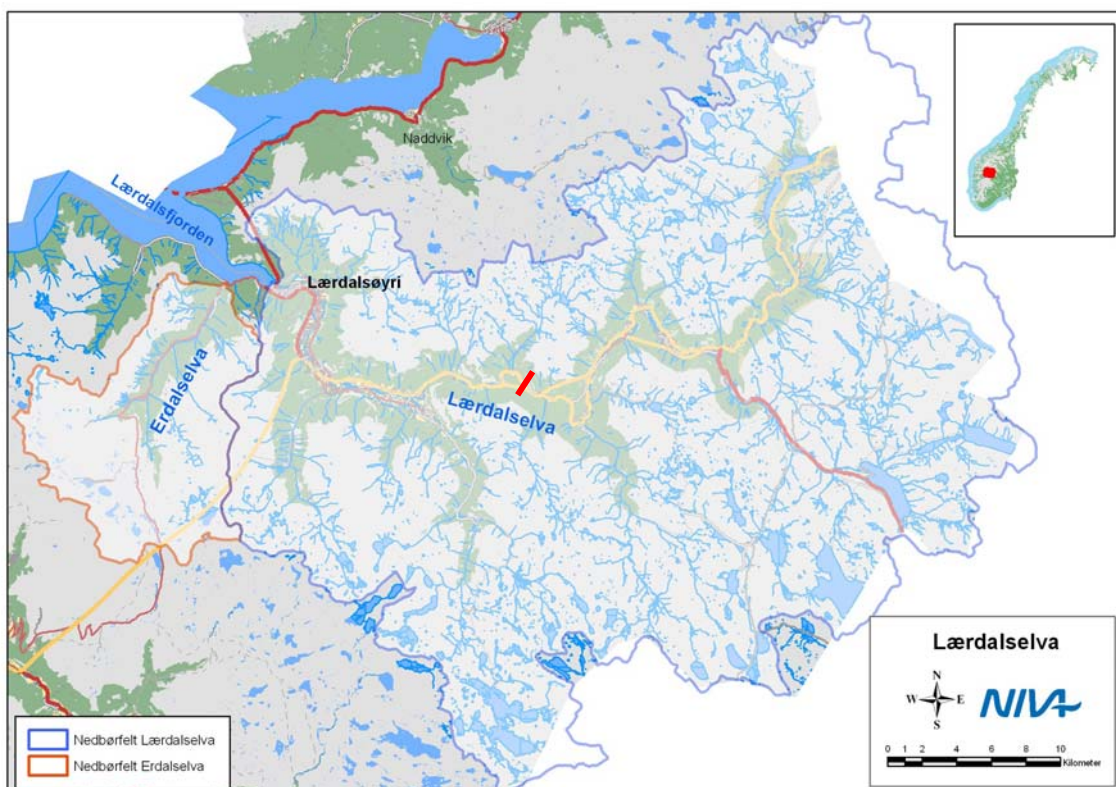
## 2. Materialer og metoder

### 2.1 Hydrologi og vannkjemi

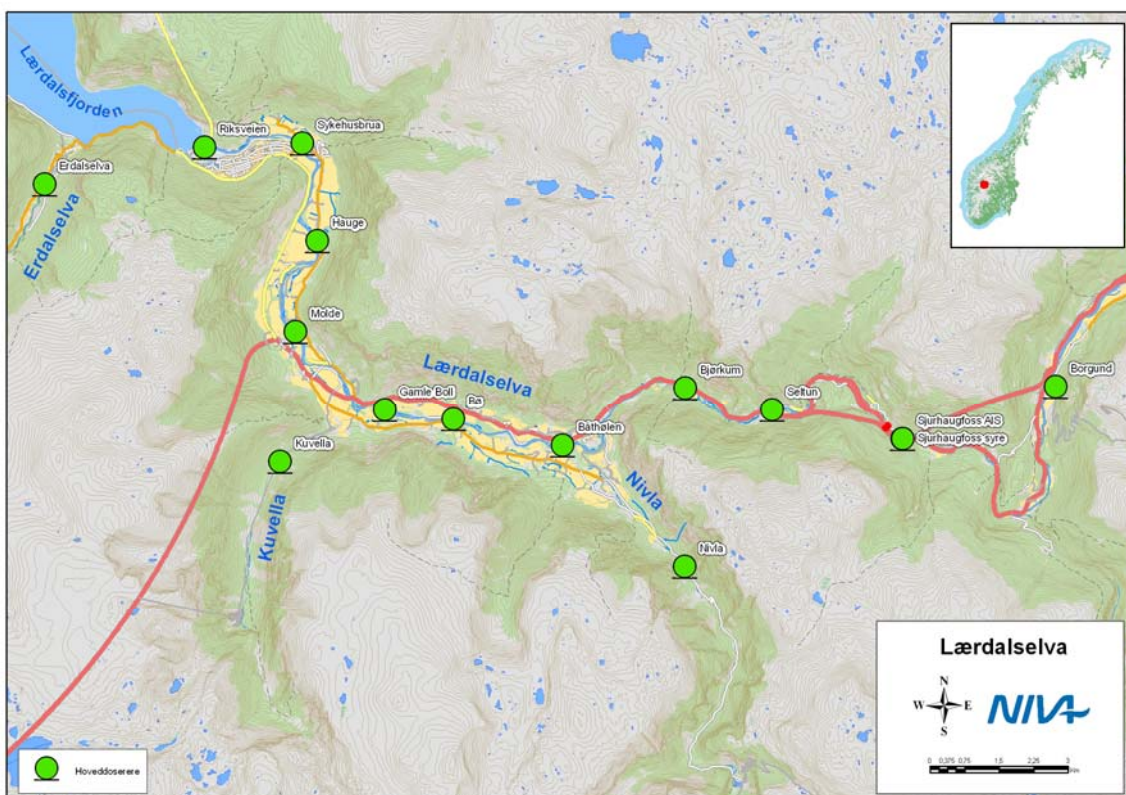
Lærdalsvassdraget består av Lærdalselva og Erdalselva. Lærdalselva er 44 km lang og munner ut i Lærdalsfjorden innerst i Sognefjorden i Sogn og Fjordane fylke (**Figur 1** og **Figur 2**). Lærdalselvas nedbørfelt er 1188 km<sup>2</sup>, hvorav ca 1000 m<sup>2</sup> ligger høyere enn 900 m.o.h., og spesifikk avrenning er 30,6 l/s/km<sup>2</sup>. Erdalselvas nedbørfelt er 138 km<sup>2</sup> og spesifikk avrenning er 26,9 l/s/km<sup>2</sup>. Middelvannføringen er dermed hhv. 36,4 m<sup>3</sup>/s og 4,4 m<sup>3</sup>/s ([www.nve.no](http://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 fisk.

---



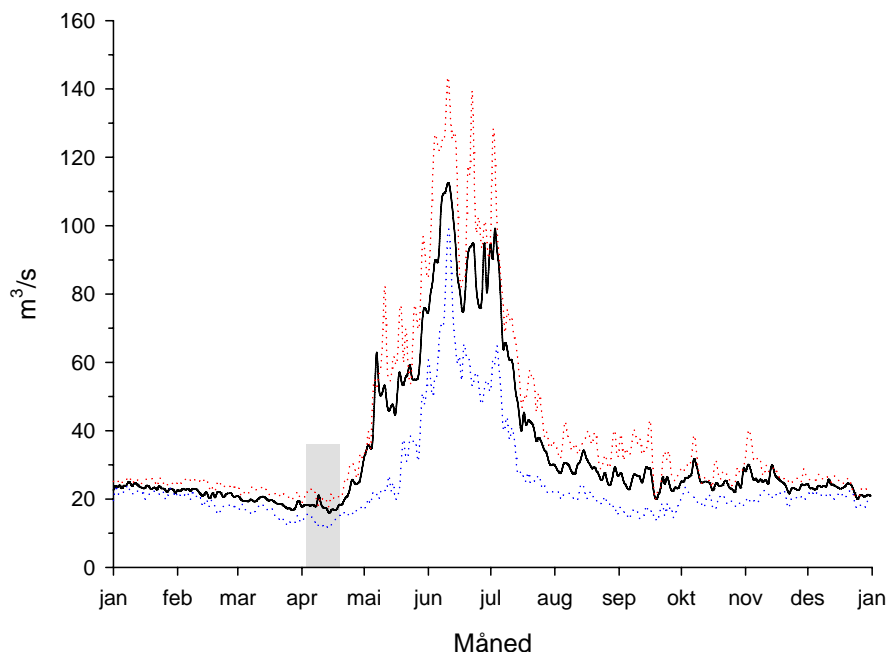


**Figur 1.** Lærdalselva ligger ca 135 km inne i Sognefjorden, i Sogn og Fjordane fylke. Figuren viser nedbørfelter for Lærdalselva og Erdalselva. Rød strek indikerer vandringshinder ved Sjurhaugfoss.



**Figur 2.** Lærdalsvassdraget består av Erdalselva, og Lærdalselva med sideelvene Nivla og Kuvella. Hoveddoseringspunkter er inntegnet.

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.



**Figur 3.** Vannføring ved Stuvane (Båthølen). Flerårsmiddel 1.1.1997 – 31.12.2007 med 25 % persentil (.....) og 75 % persentil (.....). Behandlingstidsrom 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**).

I Kuvella, Erdalselva, 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 liten, og det ble enkelte steder kjørt på fast dose.

Øvre vannføringsgrense for behandling med AIS var på forhånd satt til  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  for øvre deler av vassdraget fra Sjurhaugfoss til Stuvane. 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 starte doseringen ved en vannføring på  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , for så å øke vannføringen til  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  etter to dager. Vannføringen ble planlagt økt til  $12 \text{ m}^3/\text{s}$  den 14. april.

Vannkjemiske data fra behandlingen i 2008 (vedlegg A) viser at øvre del av Lærdalselva har pH i området 6,8-7,0, og moderat stor bufferevne med alkalitet (Alk-E) omkring  $110 \text{ } \mu\text{ekv/l}$ . Produksjonsvannet fra kraftverket har lavere pH og bufferevne enn hovedelva, med pH omkring 6,4 og alkalitet omkring  $30 \text{ } \mu\text{ekv/l}$ . I sideelvene Nivla og Kuvella er pH 7,1 til 7,2, og alkaliteten kan bli så høy som  $184 \text{ } \mu\text{ekv/l}$ . Høy alkalitet skyldes mye kalkstoffer i berggrunnen. I Erdalselva er pH 6,7-6,8 og alkaliteten  $63\text{-}77 \text{ } \mu\text{ekv/l}$ .

Vassdraget som helhet har et lavt innhold av løst organisk stoff, med konsentrasjoner av total organisk karbon (TOC) på 0,4 til 2,6 mg C/l. Produksjonsvannet fra kraftverket har svært lite TOC, med 0,31 til 0,37 mg C/l, og vannet herfra bidrar sterkt til at Lærdalselva er en klarvannselv. Vassdraget ligger nær kysten, men er lite sjøsaltpåvirket med kloridkonsentrasjoner fra 0,4 og opp til 6,6 mg/l. Kloridkonsentrasjonen ved Sjurhaugfoss er høyere enn resten av vassdraget (6,6 mg/l). Dette skyldes trolig lokal påvirkning fra veisalt eller avrenning fra tunnel.

I tillegg til de kontinuerlige pH-målingene ved hver påfriskningsstasjon i hovedelva, ble det under hele behandlingen gått langs elva og målt pH manuelt. Personen som hadde denne oppgaven skulle avdekke eventuelle problemområder i og langs elvebredden der innblandingen av kjemikalier eventuelt ikke var tilfredsstillende.

Det ble også gjennomført innsamling av vertikalprofil for salinitet, dybde og temperatur i Lærdalsfjorden ved bruk av STD-sonde. Undersøkelsene ble utført på to tidspunkt i forbindelse med behandlingen, 15. og 20. april. Stasjonsnettet som ble benyttet var basert på tidligere undersøkelser gjennomført i mars 2008 (Ledang 2008). Det ble tatt vertikalprofiler på totalt 8 stasjoner. Det henvises for øvrig til eget notat for denne undersøkelsen, se vedlegg B.

## 2.2 Kjemikalietilsetting

NIVA har i samarbeid med Azko Chemical AS, utviklet doseringsutstyr for tilsetting av vannglass ( $\text{SiO}_2$ ) i elver. NIVA har senere videreutviklet teknologien til et system for dosering av flytende kjemikalier fra mobile enheter. Enhetene består av 20 m<sup>3</sup> containere der alt doseringsutstyr er innbygd og avlåst av HMS-hensyn. Doseringsutstyret består av en lagringstank for ca 10 m<sup>3</sup> med kjemikalier, doseringspumpe og elektroskap med utstyr for bearbeiding av inn- og utgående signaler (fast dosering/vannføringsstyring/pH-styring). Disse systemene brukes i de største vannveiene. I mindre vannveier tilsettes kjemikalier ved hjelp av mindre anlegg (IBC-containerer, 1 m<sup>3</sup>). Doseringen ved disse anleggene foregår ved hjelp av batteridrevne pumper eller naturlig fall med reduksjonsventil.

Det ble i hovedsak benyttet aluminiumsulfat ( $\text{AlSO}_4$ ) og svovelsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) under behandlingen. 30% 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 sideelver og i Erdalselva var vannføringsstyrt, mens det ble benyttet manuell justering ved anleggene i Borgund og ved Helle bru.

Kjemikalier ble tilsatt elva fra 2 nivåer:

### NIVÅ I: Doseringsanlegg i hovedelvene, se oversikt under

Hvert av disse anleggene består av en eller to containere med 10 m<sup>3</sup> glassfibertanker for oppbevaring av AIS. Der det er flere containere/tanker med samme løsning, er det kun én av containerenhetene som inneholder doseringspumpe og eventuell elektronisk styringsenhet. 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.

Plassering av anleggene på NIVÅ I (**Figur 2**):

1. **Borgund (i kraftverket). AIS**
2. **Sjurhaugfoss. 30 % syre.**
3. **Sjurhaugfoss. AIS.**
4. Seltun. AIS.
5. Bjørkum. AIS.
6. Båthølen. AIS.
7. Bø. AIS.
8. Gamle Boll. AIS.
9. Molde. AIS.
10. Hauge. AIS.
11. Sykehusbrua. AIS.
12. Riksveien. AIS.
13. **Erdalselva. AIS.**

NIVÅ II: Doseringsanlegg i sideelver og store sidebekker.

Disse anleggene består av 10 m<sup>3</sup> containeranlegg eller IBC-anlegg. Det ble benyttet 81 IBC-containere i 2008, dvs. flere enn under behandlingen i 2006/2005.

Plassering av 10 m<sup>3</sup>-anleggene i NIVÅ II (**Figur 2**):

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

Begge anleggene var plassert like oppstrøms vandringshinder for anadrom laksefisk.

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

- *Fast doseringsmengde* ble benyttet på Borgund kraftstasjon og ved Helle bru nedstrøms Lærdal sentrum (rv.5).
- *Fast dose i forhold til vannføring* ble benyttet i Nivla og Erdalselva og AIS-doseringen på Sjurhaug.
- *Behovsavhengig dose* ble benyttet ved syredoseringen på Sjurhaug og AIS-dosering ved Sjurhaug, Seltun, Bjørkum, Båthølen, Bø, Gamle Boll, Molde, Hauge og Sykehusbrua. Doseringen ble da regulert etter pH.

På doseringsanleggene ble det montert spredningssystem for jevn dosering på tvers av elva. I de fleste tilfeller ble det dosert over vannflaten fra en rigg som ble festet til byggverket på en bru (**Figur 4**), men det ble også benyttet eget wirestrekk over elva (Gamle Boll) og spredning under vann (Sjurhaug). Det ble imidlertid ikke benyttet spredningsutstyr ved anleggene i Borgund, Erdalselva, 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, Båthølen, Bø, Gamle Boll, Molde, Hauge og Sykehusbrua (**Figur 2**).

På driftskontrollstasjonene ble det målt pH oppstrøms og nedstrøms doseringsanlegget. Data ble lagret hvert 3. minutt. Ved Båthølen ble det også målt vannstand, og disse verdiene ble lagret hvert 4. minutt. Data ble lagret ved hvert doseringspunkt samt i en sentral database på Kapteinsgården ved Ljøsne. Til sammen var det 19 aktive målepunkter for pH, hvorav 9 stk. målte effekter av oppstrøms dosering. 10 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 Borgund Kraftstasjon der mangel på GSM-signal ut av fjellet gjorde dette umulig.

---





**Figur 4.** Distribusjonssystemet ved Helle bru på riksvei 5.

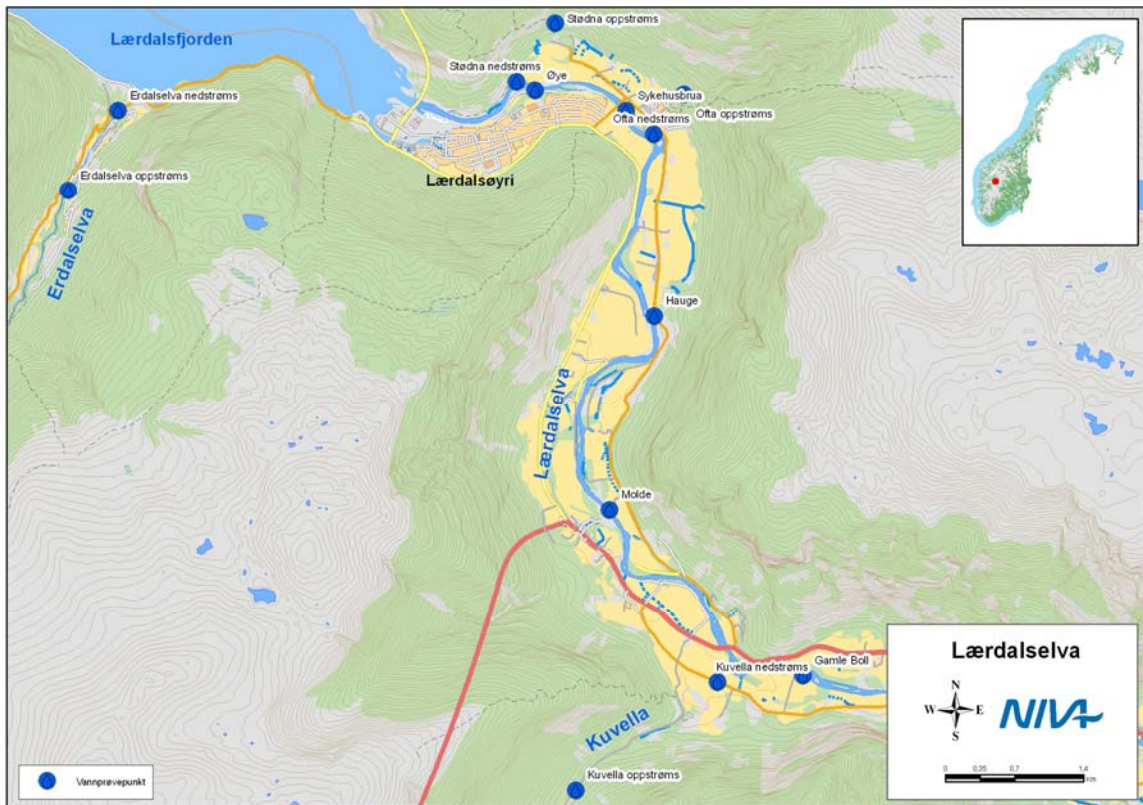
Aluminium bindes og inaktiveres lett av organisk karbon i vann. Siden Lærdalselva er en klarvannselv med lite løst organisk karbon, målt som TOC (Vedlegg A), kunne vi bruke lavere doser aluminium enn tilfellet ville vært for vassdrag med høy TOC. En inndosert total Al-konsentrasjon ( $Al_T$ ) på 50-80  $\mu\text{g Al/l}$  ble valgt for å sikre tilstrekkelige mengder labilt aluminium i vannet. Ønsket mål ble satt til  $\text{pH} < 6,0$ . Ønsket konsentrasjon av labilt aluminium ble satt til  $Al_i > 30 \mu\text{g/l}$ .

Maksimal behandlingseffektivitet i Lærdalselva ved Sjurhaugfoss ble anslått til en vannføring på 10  $\text{m}^3/\text{s}$ . Konsesjonspålagt minstevannføring ved Sjurhaugfoss er 4  $\text{m}^3/\text{s}$ , og dette styres ved slipp av produksjonsvann fra Borgund Kraftverk når naturlig vannføring er mindre enn 4  $\text{m}^3/\text{s}$ .

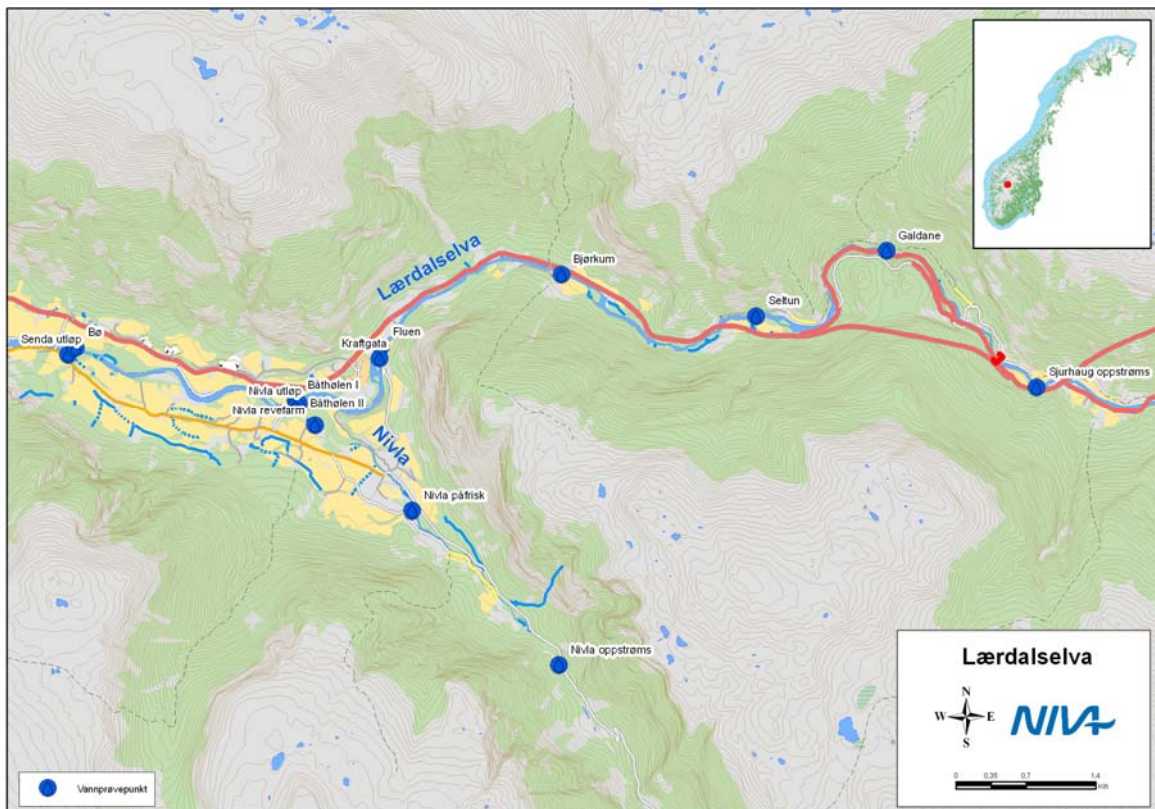
Ved tidligere behandlinger har det vært en utfordring å få til god nok kjemikaliefordeling over hovedelvas tverrsnitt. Under behandlingen i 2008 ble det benyttet en ny og forbedret teknikk. På de fleste stasjonene ble kjemikaliene utdosert fra PVC-rør med dyser, strukket over vannflaten på tvers av elva. Antall og dimensjon på dysene var tilpasset forventet utdoseringsvolum på en slik måte at det til enhver tid skulle være likt væsketrykk over alle dysene. Dermed ble kjemikalieløsningen fordelt jevnt over hele elveprofilen.

### 2.3 Prøvetaking og vannkjemianalyser

I behandlingsperioden ble det daglig innhentet vannprøver for analyse av Al, pH og vanntemperatur ved NIVAs feltlaboratorium. Det ble samlet inn vannprøver fra Lærdalselva og Lærdalselva med



Figur 5. Vannprøvepunkter i Kuvella, Erdalselva og nederste del av Lærdalselva



Figur 6. Vannprøvepunkter i Nivla og øvre del av Lærdalselva

sideelvene Nivla og Kuvella, samt fra Erdalselva (**Figur 5** og **Figur 6**). Det ble også daglig samlet inn vannprøver for en referanseanalyse ved NIVAs akkrediterte laboratorium. I tillegg ble det samlet inn vannprøver i forkant og etterkant av behandlingen (30. mars og 19. april) for en mer omfattende analyse av vannkjemien. Disse analysene ble også utført på NIVA, og er gitt i vedlegg A.

## 2.4 Fisk og *G. salaris*-infeksjon

Det ble samlet inn fisk for undersøkelse av *G. salaris* daglig i perioden 6.-16. april. Fisken ble fanget ved hjelp av elektrisk fiskeapparat ved stasjon Skjærbrui, som ligger ca 3,5 km fra elvemunningen. Det ble undersøkt mellom 11 og 18 fisk ved hvert prøveuttak bortsett fra den 16. april, da det ble undersøkt til sammen 42 fisk. Denne dagen ble det også fanget og undersøkt 35 fisk fra et område ved Saltkjelen, ca 15 km fra utløpet. Områdene Skjærbrui og Saltkjelen ble valgt fordi Veterinærinstituttet ved rutinemessige undersøkelser hadde påvist parasitten i begge områdene før behandling.

## 2.5 HMS-forhold

Før behandlingen startet fikk samtlige feltarbeidere utdelt hver sin bag med personlig verneutstyr. Denne inneholdt øyeskyllvæske, beskyttelsesbriller og gummihansker. I tillegg ble alle som jobbet i nærheten av trafikkert vei pålagt å bruke refleksest. Alle som på et eller annet tidspunkt skulle inn i Borgund kraftstasjon i forbindelse med doseringen der inne, måtte gjennomgå kraftverkets eget sikkerhetskurs i forbindelse med ferdsel inne i fjellanlegget. Det ble etablert prosedyrer for alle faser ved arbeidet samt rutiner for melding og behandling av avvik.

# 3. Resultater

## 3.1 Vannføring

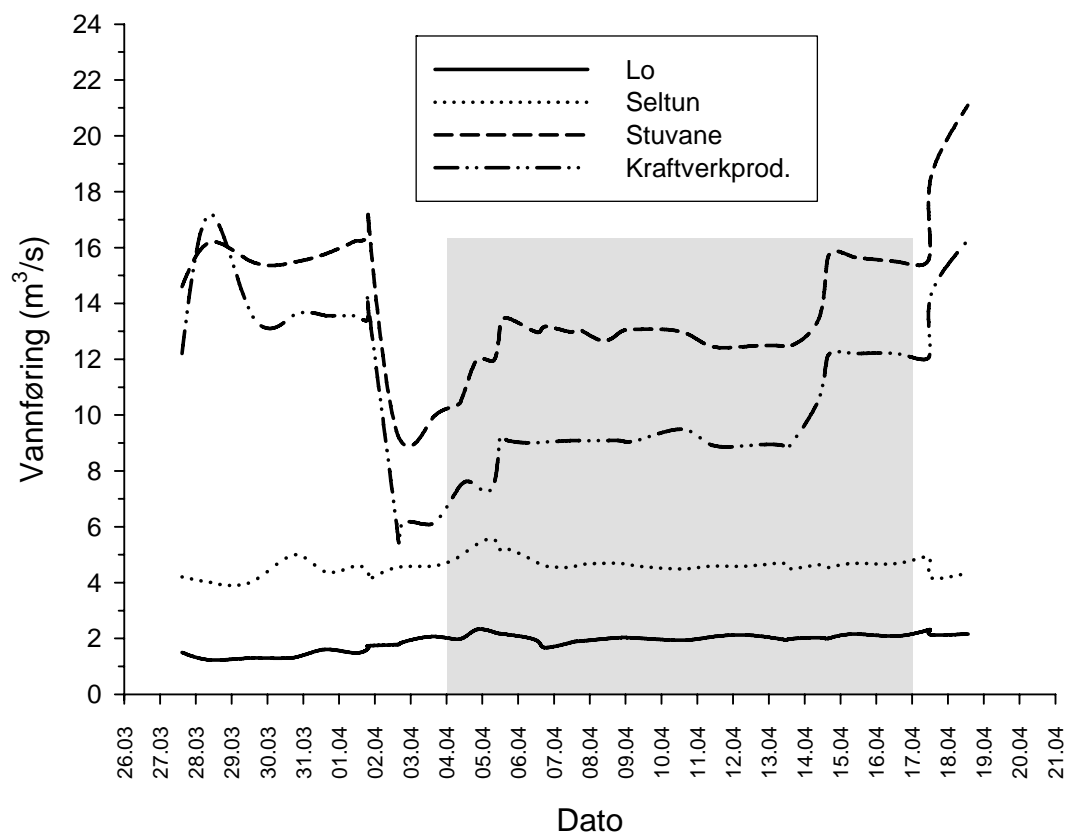
Behandlingen i hovedelva startet 4. april. I enkelte sideelver og bekker ble doseringen startet to døgn tidligere. Behandlingen ble avsluttet 17. april.

Lite snøsmelting i fjellet medførte stabil vannføring (4-5 m<sup>3</sup>/s) på elvestrekningen ovenfor kraftverket (**Figur 7**). Dette, kombinert med fast og ønsket vannmengde i kraftverket, ga en jevn vannføring i elva gjennom hele behandlingen (**Figur 7**).

Vannføringen ut fra kraftverket (produksjonsvann) til Stuvane (Saltkjelen) ble styrt i henhold til avtale mellom NIVA og regulant. Tre dager før behandlingen startet ble vannføringen fra kraftverket redusert fra 13,6 til 6,1 m<sup>3</sup>/s. Ved oppstart ble vannføringen økt gradvis til 9 m<sup>3</sup>/s og holdt stabil i 10 dager til 14. april. De siste fire dagene av behandlingen var vannføringen 12 m<sup>3</sup>/s.

---





**Figur 7.** Vannføring i Lærdalselva i behandlingsperioden. Kraftverkproduksjon er vannet som kommer ut ved Saltkjelen. Stuvane er kraftverkvannet etter samløp med naturlig elvestrekning. Kilde: Saudefaldene A/S

### 3.2 Kjemikalieforbruk

Totalt ble det utdosert 293 tonn AIS-løsning med forskjellige konsentrasjoner av aluminium og syre, samt 66,5 tonn 30 % svovelsyre. Totalt utslipp til elva i behandlingsperioden var derfor 2,1 tonn løst aluminium og 102,6 tonn syre omregnet til ren  $H_2SO_4$  (Tabell 1).

**Tabell 1.** Oversikt over kjemikalieforbruk

Løsning	Tonn	Tilsvarende	
		Al (tonn)	$H_2SO_4$ (tonn)
AIS	293	2,1	82,6
Svovelsyre 30 %	66,5	-	20
<b>Total</b>	<b>(359,5)</b>	<b>2,1</b>	<b>102,6</b>

### 3.3 Dosering og pH-styring

Siden elva har to forskjellige løp oppstrøms Båthølen, var det viktig å samkjøre starttidspunktet for behandlingen fra de to løpene. De to elveløpene er:

1. Naturlig løp fra Sjurhaug via Seltun og Bjørkum
2. Kraftverkstunnel fra Borgund til Stuvane.

Ved Sjurhang ble det tilsatt svovelsyre fra en 50 m<sup>3</sup> stor tank. Et pH-meter plassert i Sjurhaugfossen besørget nødvendige signaler til regulering av pH. Denne doseringen ble startet 4. april kl 09:35.

Doseringen av AIS startet kl 16:40. AIS-løsningen ble tilført elva et stykke nedstrøms doseringspunktet for syre. Effekten av syredoseringen ble målt ved Seltun 3t 40 min etter doseringsstart. Ved Bjørkum ble effekten registrert 5t 30 min etter start. Forløpet er gjengitt i **Figur 8**. Etter at effekten fra doseringen ved Sjurhaug ble målt på Seltun og Bjørkum, startet syredoseringen ved disse to doseringsanleggene. Doseringen ble automatisk justert etter pH. Doseringsforløp og pH i denne delen av elva gjennom hele perioden er gjengitt i **Figur 9**.

På Borgund kraftstasjon ble en fast grundose tilsatt kraftverksvannet nedstrøms turbinutløpet i tunnelen under kraftverket (1,8 km inn i fjellet). Doseringen startet 4. april kl 08:00. Reaksjonen ble målt på Båthølen 9 timer etterpå ved en pH-reduksjon fra 6,7 (**Figur 10**). Kl 12:00 samme dag ble doseringen økt til 34 ml/s. Denne doseringen ble beholdt et døgn før den ytterligere ble økt til 43 ml/sekund. I dagene som fulgte var vannføringen stabil på 12 m<sup>3</sup>/s og doseringen ble justert i området 42 – 53 ml/s for best mulig å treffe ønsket pH ved Båthølen.

Ved to anledninger ble elva tilført for mye syre fra anlegget på Borgund. Første gang dette inntraff var 11. april, da pH ble for lav ved Båthølen i 4,5 timer. Laveste pH oppstrøms Båthølen var 4,6 under den episoden, se **Figur 10**. Ukontrollert høy dosering var årsaken til hendelsen. Det er fortsatt uklart hva som førte til denne høye doseringen. Tilfellet sammenfalt med omkobling fra ekstern til intern strømleveranse på kraftstasjonen, men det finnes ingen forklaring som kobler disse hendelsene sammen. Pumpa ble sendt til produsenten for testing og grundig service. De kunne heller ikke stadfeste feil på utstyret, men skiftet for sikkerhets skyld ut den elektroniske styringen i pumpa.

Den andre gangen pH ble uønsket lav, var i forbindelse med øking av vannføringen i kraftverkstunnelen ved avsluttet behandling. Det er stadfestet at det denne gangen ikke var feil ved doseringsutstyret. Årsaken til forsuringen (se **Figur 11**) ligger mest sannsynlig i effekter som følge av endrete strømningsforhold umiddelbart nedstrøms kraftverket da vannføringen økte. Syre ble tilført vannet nedstrøms kraftverket i rolig vann. Dersom dette området har terskelstruktur, kan syre bli samlet nær bunnen ved rolige vannføringsforhold fordi AIS har høyere tetthet enn vann. Konsentrert syre kan ha kommet i bevegelse da vannføringen økte og blandet seg med elvevannet. Også dette tilfellet var av kort varighet.

De to tilfellene av plutselig forsuring viser også den tiden vannet tar fra sted til sted i elva ved vannføringer på hhv. 12 og 23 m<sup>3</sup>/s, se **Tabell 2**.

**Tabell 2.** Tiden (timer) vannet bruker fra Båthølen til Sykehusbrua ved to forskjellige vannføringer i Lærdalselva.

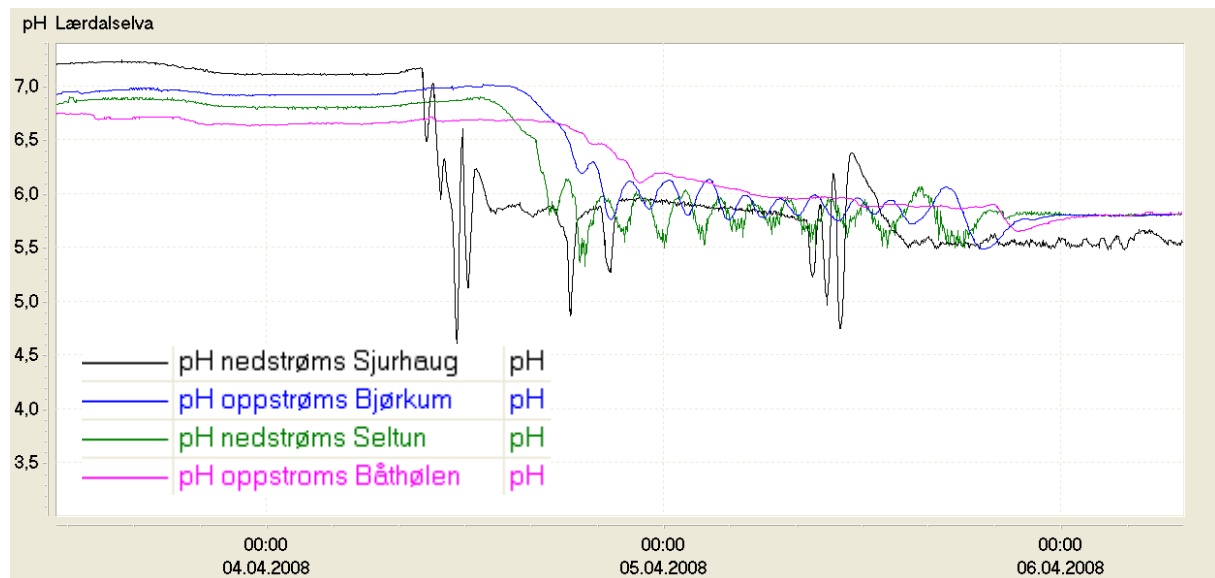
Vannføring m <sup>3</sup> /s	12	23
Båthølen	0	0
Bø	1,6	1
Molde	4,6	2,9
Hauge	6	3,9
Sykehuset	8,3	5,1

Fra Båthølen til utløpet ble surhetsgraden i elva regulert ved ekstra syredosering fra 6 doseringsanlegg jevnt fordelt i elva. Disse var også strategisk plassert i forhold til sidevassdrag (se **Figur 2**). Ved hvert av anleggene ble pH målt oppstrøms anleggene som en overvåking på effekt fra forrige doserer, før eventuell ekstra dosering ble iverksatt. Doseringsbehovet varierte fra anlegg til anlegg, og etter gjeldende pH-krav. pH som settpunkt kunne også variere etter hvor i elva anlegget var plassert. pH i

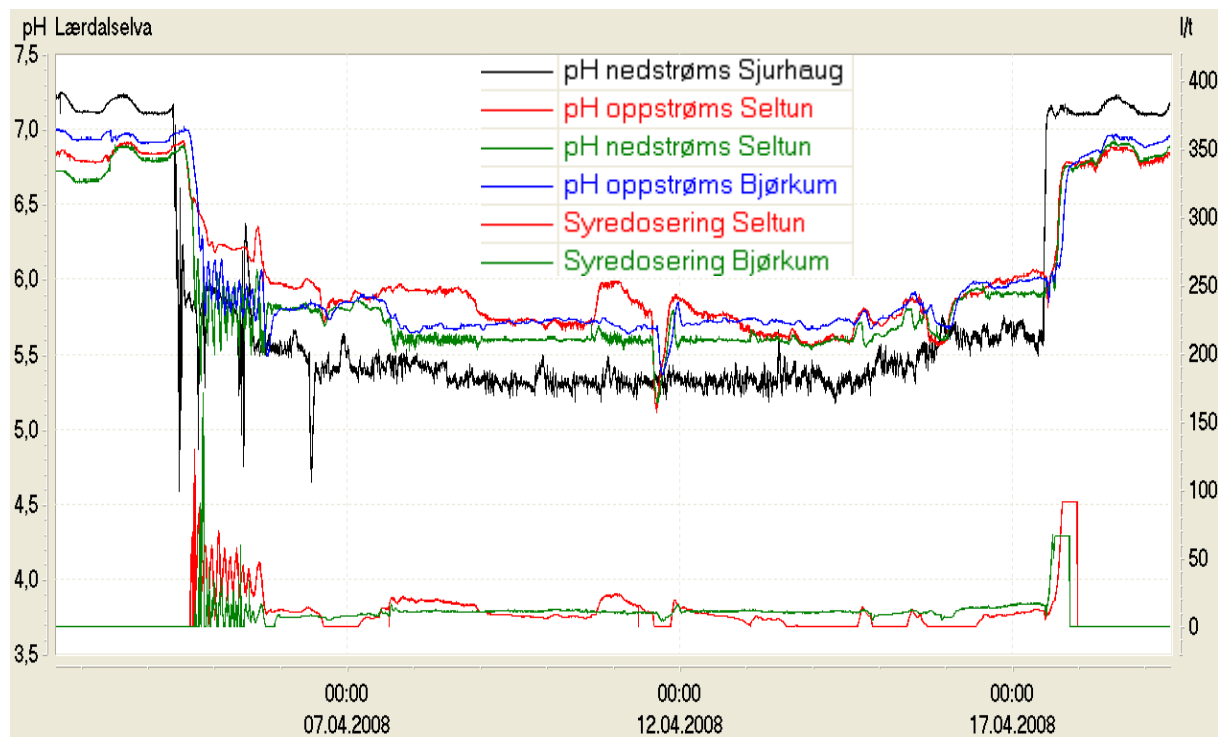
elva ble på denne måten justert meget nøyaktig gjennom hele behandlingsperioden og i alle elveavsnitt i hovedløpet. Doseringsforløpet på noen utvalgte stasjoner er vist i **Figur 12**, mens oppnådd pH i elva fra Båthølen til og med Sykehusbrua er gjengitt i **Figur 13**.

Ved utløpet av elva i brakkvannsområdet ble det behandlet med fast dosering fra et anlegg som spredde kjemikalier på tvers av elva ved brua til riksvei 5 (Helle bru). Tiltaket ble gjennomført for å sikre god effekt i et område der strømningsforholdene er svært labile på grunn av påvirkningen av flo og fjære, vær og vind. Denne doseringen ble først satt på en fast dose på 34 ml/s, men ble etter hvert justert ned til meget lave nivåer (7 ml/s). På grunn av de svært varierte strømningsforholdene ble det også satt inn en døgnavhengig intervalldosering som tok hensyn til flo og fjære. Det ble da bare dosert perioder med fjære.

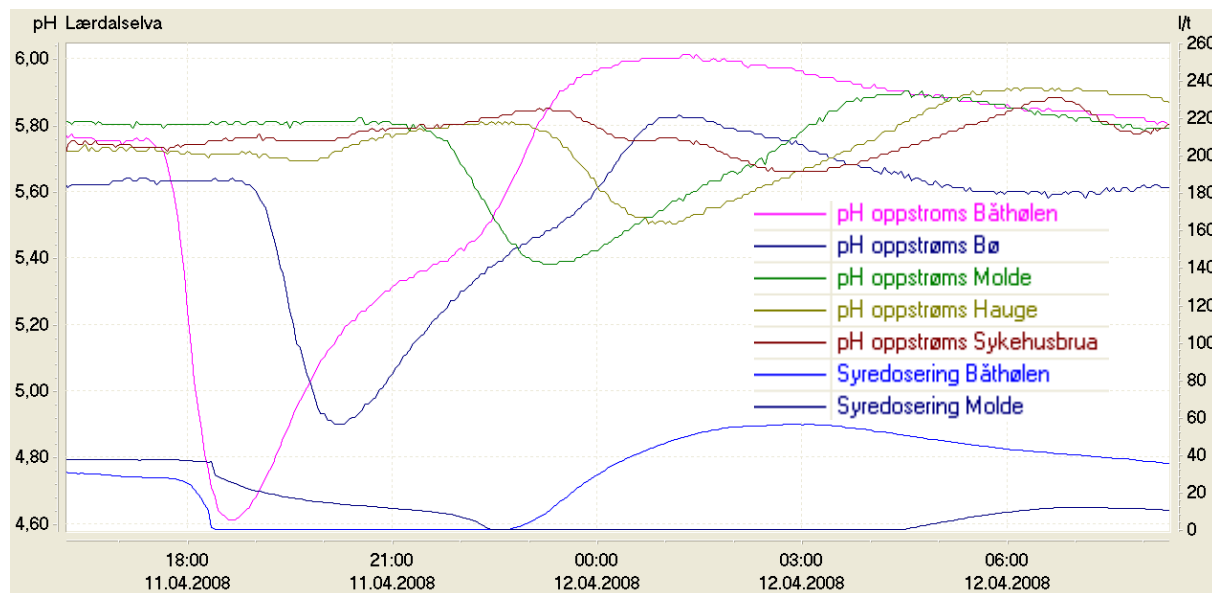
Som **Figur 8** viser, var det stor variasjon i pH umiddelbart nedstrøms anlegget på Sjurhaug. Dette skyldtes arbeidet med innjustering av styringsautomatikken. Videre vises effekten ved pH-overvåkingsstasjonene nedstrøms Sjurhaug og Båthølen. Ved Båthølen sank pH i elva omtrent samtidig med forsuringen i det naturlige elveløpet fra Sjurhaug. pH begynte å synke ved Båthølen 4. april kl 17:00.



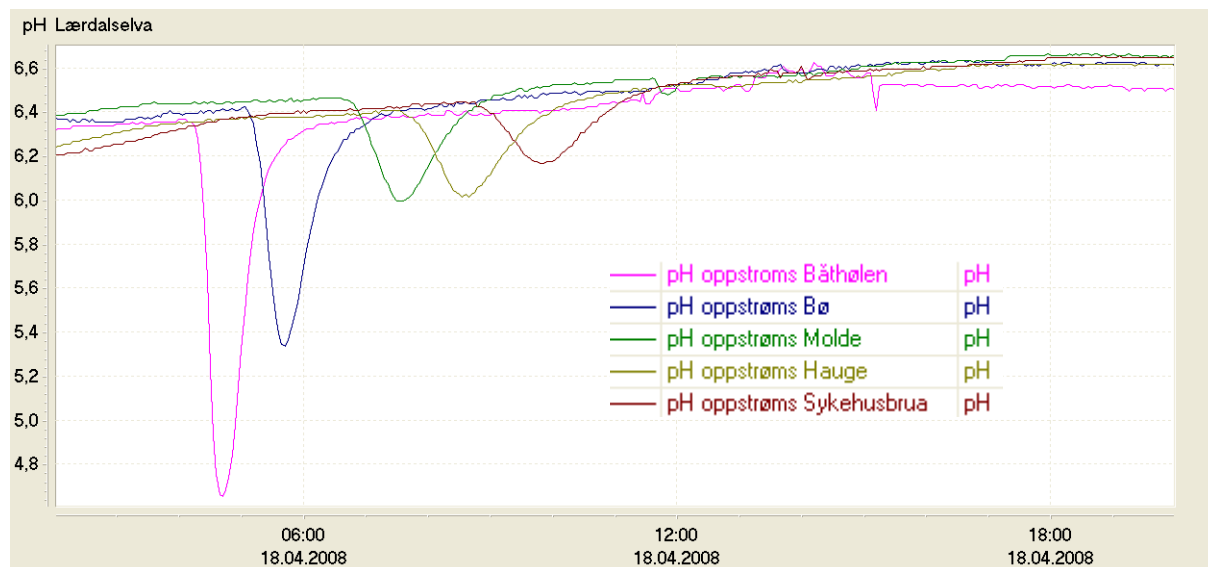
**Figur 8.** pH ved oppstart av behandlingen i elva fra Sjurhaug til Båthølen.



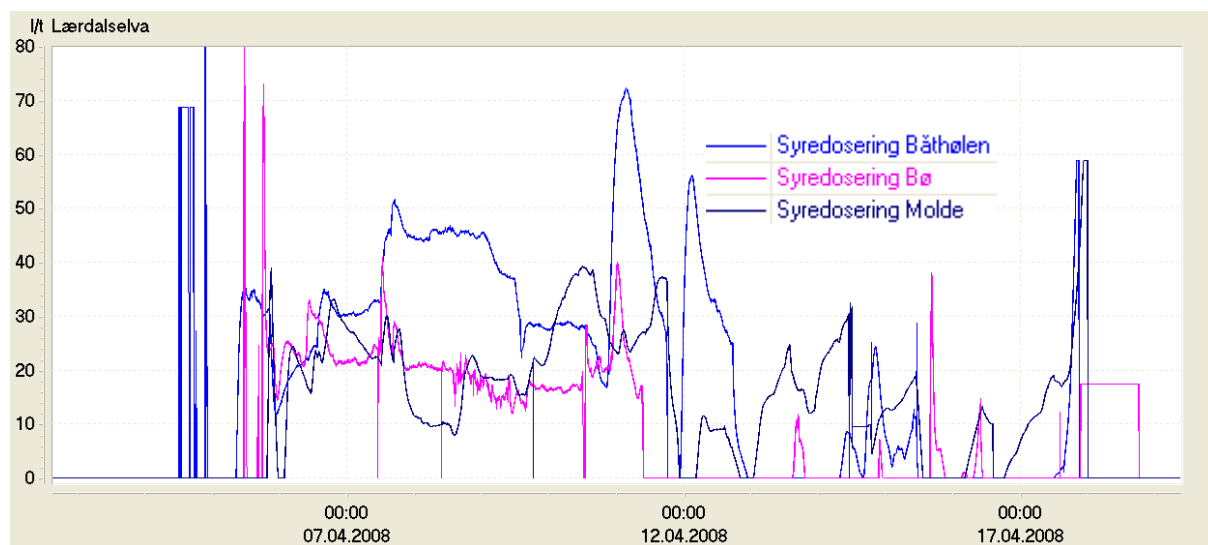
**Figur 9.** pH og syredosering i naturlig elveløp fra Sjurhaug til Bjørkum gjennom hele behandlingsperioden. Syre- og ALS-doseringen fra Sjurhaug er ikke vist.



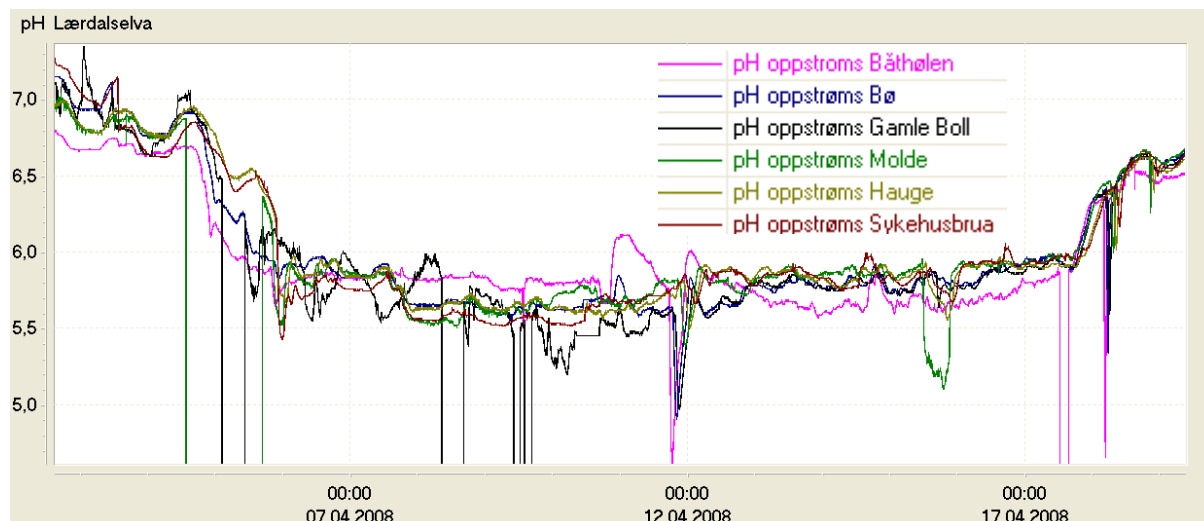
**Figur 10.** pH-reduksjon i Lærdalselva ved den ukontrollerte overdoseringen av syre fra Borgund kraftverk 11. april 2008. pH ble mest redusert ved Båthølen, men effekten avtok kraftig nedover elva fordi den automatiske syretilsetningen hele tiden tok høyde for pH-forandringer. Midlertidige stopp i syredosering ved Båthølen og Molde vises på figuren.



**Figur 11.** pH-reduksjon i Lærdalselva på ukontrollert tilførsel av syre fra Borgund kraftverk 18. april 2008. Forsuringen opphørte meget raskt pga forholdsvis høy vannføring. Episoden oppsto etter at behandlingen var over. Derfor var pH før forsuringen høyere enn ved det første tilfellet.



**Figur 12.** Doseringsforløpet ved et utvalg av doseringsanlegg for AIS i Lærdalselva som doserte trinnløst etter pH. Variasjonene var store fra sted til sted og gjennom behandlingsperioden. Store kortvarige utslag i starten skyldtes forhold i innjusteringen ved oppstart.

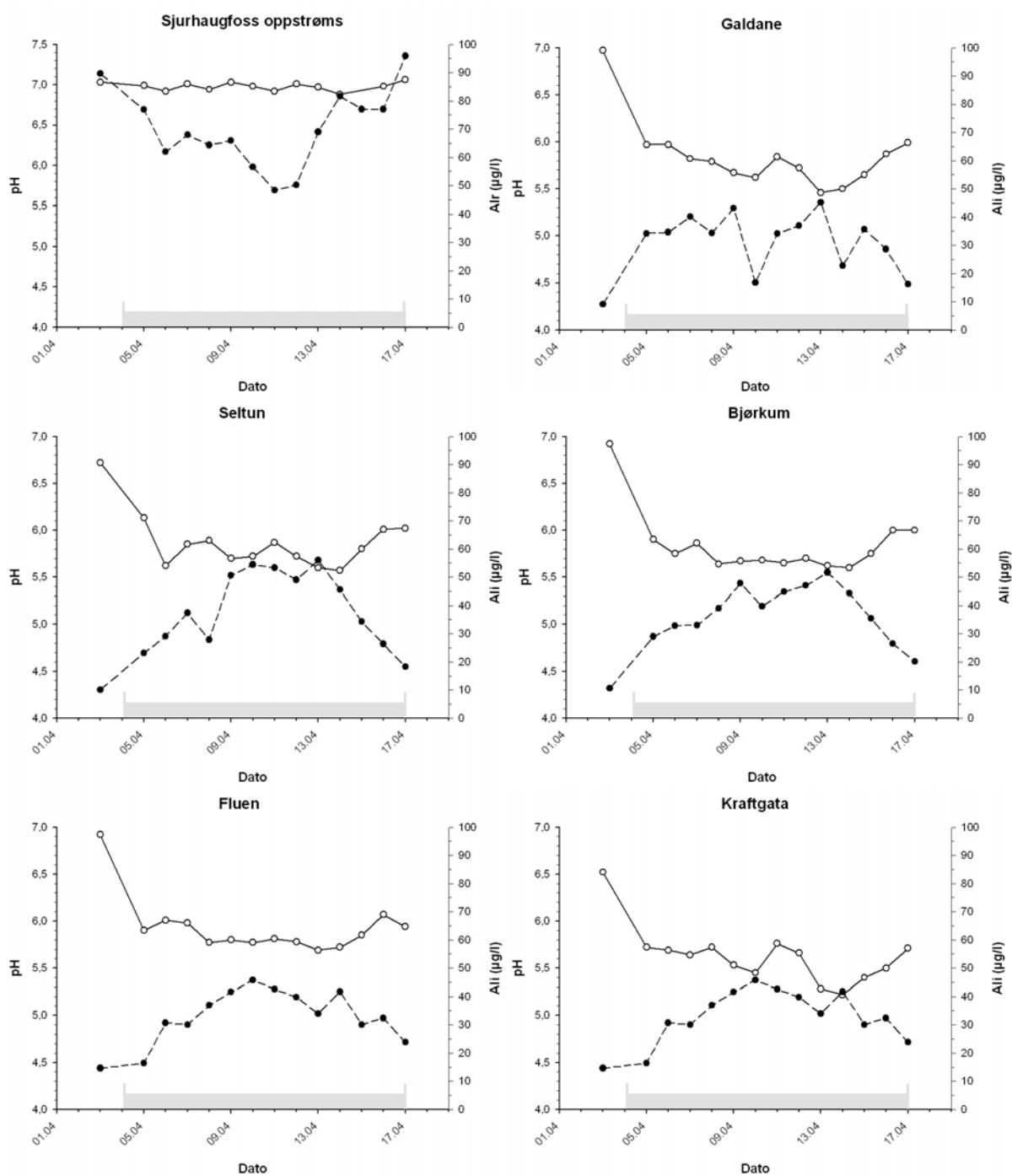


**Figur 13.** pH målt oppstrøms alle doseringsanlegg i Lærdalselva under behandlingsperioden våren 2008. Områder mellom vertikale linjer indikerer perioder der verdier er tatt ut.

**Figur 13** viser at pH i alle elveavsnitt var innenfor ønskete verdier gjennom hele behandlingsperioden. Tidspunkt for behandlingsstart og stopp vises tydelig. Lav pH 10 timer ved Molde 15. april skyldtes ekstra dosering lokalt ved elvebredden oppstrøms denne stasjonen.

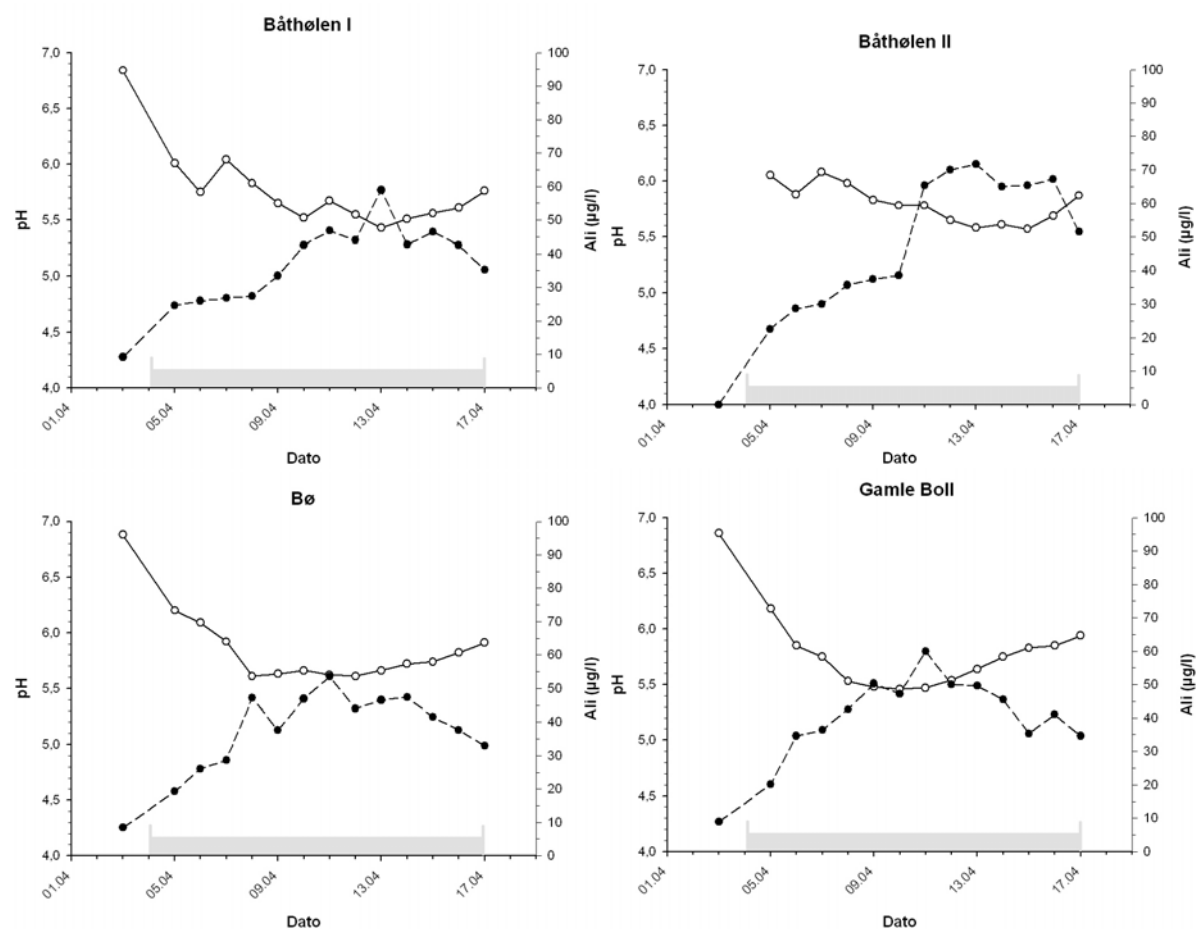
### 3.4 Vannkjemi og temperatur

Resultatene fra vannprøvene som ble analysert i felt er presentert i figurene 15-21. Resultatene viser at pH sank som følge av syretilsetningen, men at verdiene varierte mellom de ulike stasjonene og elvene. Det var også en variasjon i pH fra dag til dag på enkelte stasjoner. I Lærdalselva ned til Fluen, inkludert prøvestasjonen Kraftgata, stabiliserte pH seg på 5,5-6,0 i løpet av et døgn etter doseringsstart (**Figur 14**). Ved Båthølen (begge prøvestasjoner) var pH nær grenseverdien (pH <6,0) 5. og 7. april (**Figur 15**). Resten av behandlingsperioden lå alle verdiene under valgt grense. Ved Bø var pH nær grenseverdien i dagene 5 - 6. april. Dette forflyttet seg nedover vassdraget, og førte til pH over 6,0 ved alle stasjoner nedstrøms Bø 5. april (**Figur 15** og **Figur 16**). Fra og med 6. til og med 15. april var pH innenfor ønskede grenser ved alle stasjoner i Lærdalselva unntatt Molde, der pH ble målt til 6,1 den 7. april.



**Figur 14.** pH (—) og Al<sub>i</sub> (---) i øvre deler av Lerdalselva i perioden 4 – 17. april 2008. Aluminiumverdier for Sjurhaugfoss oppstrøms er total aluminium (Al<sub>t</sub>).

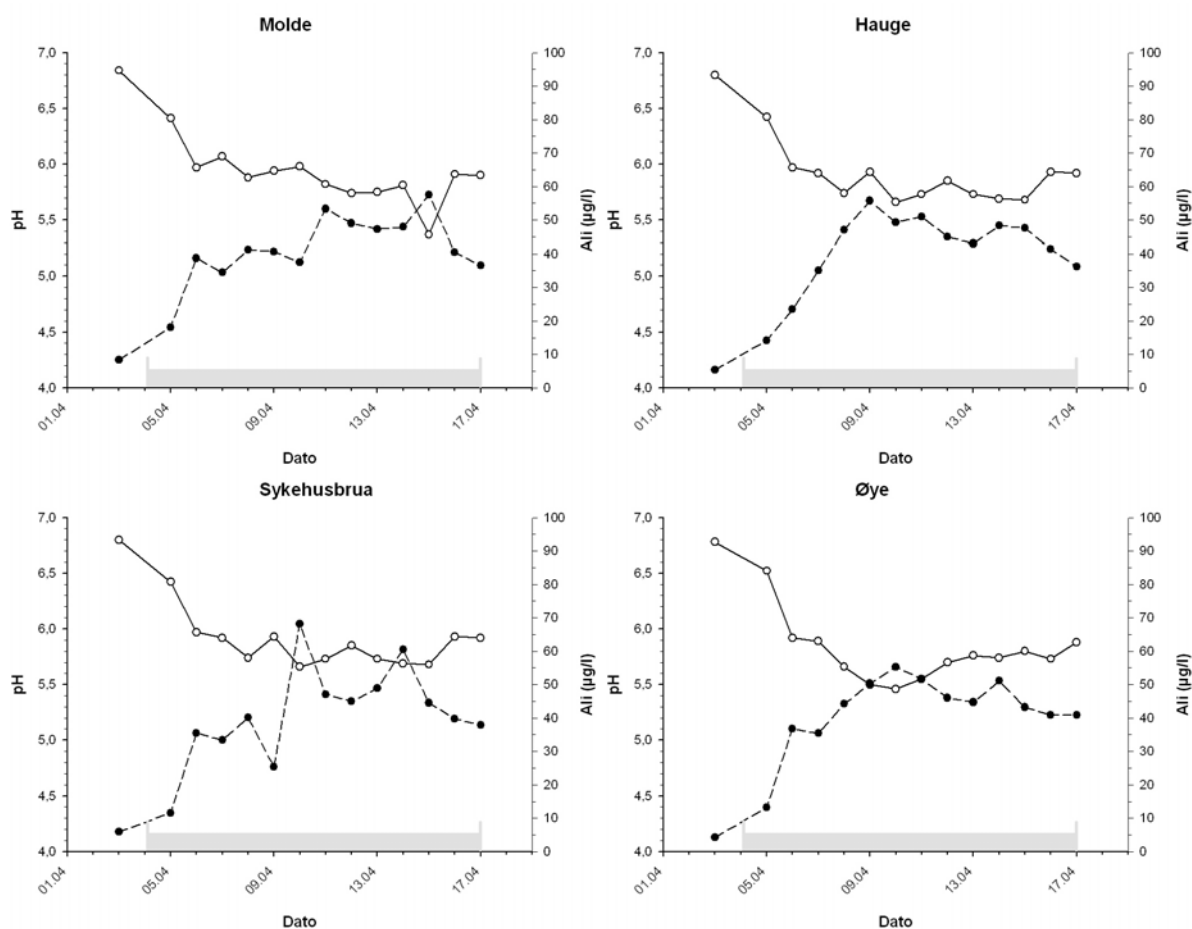




**Figur 15.** pH (—) og  $Al_i$  (- - -) i midtre deler av Lærdalselva i perioden 4 – 17. april 2008.

Resultatene fra  $Al_i$ -analysene viste at konsentrasjonene av labilt aluminium ( $Al_i$ ) var marginalt under fastsatte grenseverdier de tre første dagene (5 - 7. april) på enkelte av stasjonene fra Sjurhaugfoss til Båthølen (**Figur 14** og **Figur 15**). Unntaket er Fluen, som hadde svært lav aluminiumverdi ( $16 \mu\text{g } Al/l$ ) 5. april. Verdiene av pH og total aluminium viser imidlertid at den lave verdien var en feilmåling.  $Al_i$ -verdien var normalisert dagen etter. Fra Bø og resten av Lærdalselva nedstrøms denne stasjonen, var konsentrasjonene av  $Al_i$  lavere ( $11,5\text{-}20 \mu\text{g/l}$ ) enn den fastsatte grenseverdien på  $35 \mu\text{g/l}$  dagen etter behandlingsstart (5. april). Resten av behandlingsperioden var konsentrasjonene innenfor ønskede grenseverdier på denne elvestrekningen (**Figur 15** og **Figur 16**).

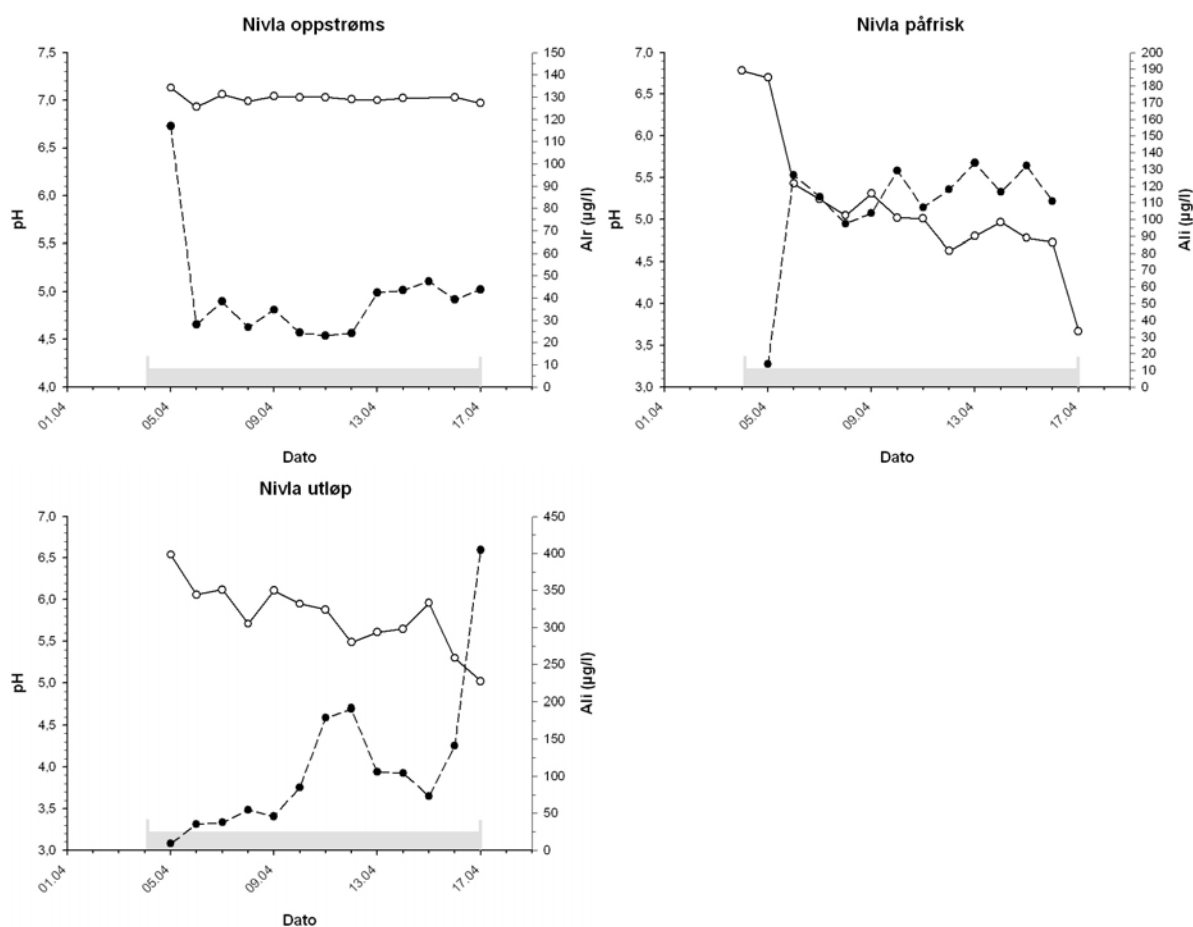
Vannkjemieresultatene viste at pH var stabil på 6,9-7,1 oppstrøms behandlet elvestrekning på Sjurhaugfoss i hele perioden (**Figur 14**). Total konsentrasjon av aluminium ( $Al_t$ ) gikk ned fra  $90 \mu\text{g/l}$  i starten av behandlingen, til  $50 \mu\text{g/l}$  den 12. april. Etter dette steg konsentrasjonen av totalt aluminium til  $96 \mu\text{g/l}$  17. april. Den midlertidige reduksjonen i aluminiumkonsentrasjon kan skyldes fortynning som følge av snøsmelting.



**Figur 16.** pH (—) og Al<sub>i</sub> (- - -) i nedre deler av Lærdalselva i perioden 4 – 17. april 2008.

Vannkjemieresultatene viser at pH ved stasjonen Nivla påfrisk var 4,6-5,4 i behandlingsperioden, med unntak av 5. og 17. april da pH var henholdsvis 6,7 og 3,7 (**Figur 17**). Konsentrasjonen av Al<sub>i</sub> var innenfor fastsatte grenseverdier i hele behandlingsperioden, med unntak av en lav verdi 5. april (14 µg/l). Ved utløpet av Nivla kom behandlingseffekten noe senere, og med forminskert styrke. Resultatene viste at pH var 5,7-6,1 i perioden 6 - 9. april, mens den fra 10. april og ut behandlingsperioden var 5,0-6,0. Konsentrasjonen av Al<sub>i</sub> i perioden 6.-9. april var 35-54 µg/l, mens den økte til 73-404 µg/l i siste del av behandlingsperioden.

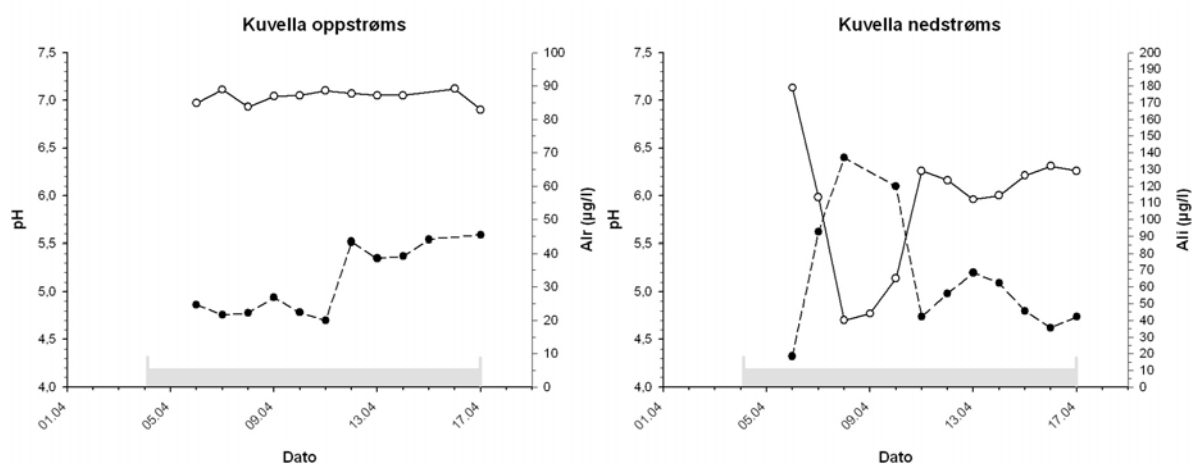
Vannkjemieresultatene viste at pH var stabil på 6,9-7,1 oppstrøms behandlet elvestrekning i Nivla hele perioden. Total konsentrasjon av aluminium (Al<sub>r</sub>) var 117 µg/l 5. april, og dette er trolig en feilmåling. Resten av behandlingsperioden var Al<sub>r</sub> stabil på 23-35 µg/l.



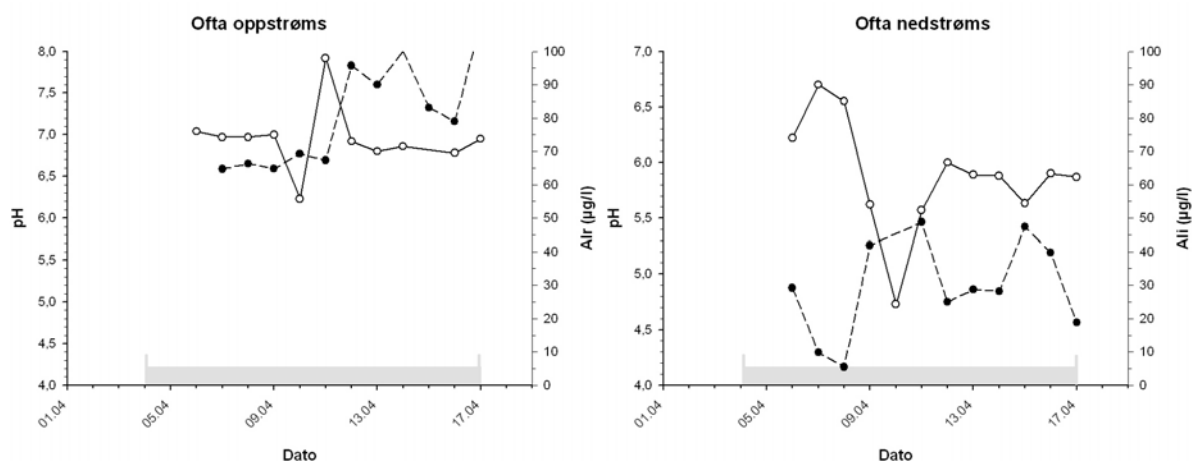
**Figur 17.** pH(—)- og Al<sub>i</sub> (- - -)-verdier ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i Nivla i perioden 4 – 17. april 2008. Aluminiumverdier for Nivla oppstrøms er total aluminium (Al<sub>r</sub>).

Vannkjemiresultatene fra Kuvella nedstrøms viste stor variasjon i pH og Al<sub>i</sub> (**Figur 18**). I starten av behandlingsperioden (5. april) var det ikke behandlende vannkjemi. Fra 7. - 10. april var pH -verdiene innenfor fastsatte grenser eller noe for lave (4,7-6,0). Konsentrasjonen av Al<sub>i</sub> var i samme periode over fastsatt minstegrense (93-137  $\mu\text{g/l}$ ). Fra 11. april og ut behandlingsperioden økte pH til 6,0-6,3. Al<sub>i</sub> var i samme periode 35-69  $\mu\text{g/l}$ . Disse verdiene regnes for å ha moderat til god effekt mot *G. salaris*.

Vannkjemiresultatene viste at pH var stabil på 6,9-7,1 oppstrøms behandlet elvestrekning i Kuvella hele perioden. Total konsentrasjon av aluminium (Al<sub>r</sub>) var 20-27  $\mu\text{g/l}$  i samme periode.



**Figur 18.** pH(—)- og  $Al_i$  (- - -)-verdier ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i Kuvella i perioden 4 – 17. april 2008. Aluminiumverdier for Kuvella oppstrøms er total aluminium ( $Al_t$ ).



**Figur 19.** pH(—)- og  $Al_i$  (- - -)-verdier ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i Ofta i perioden 4 – 17. april 2008. Aluminiumverdier for Ofta oppstrøms er total aluminium ( $Al_t$ ).

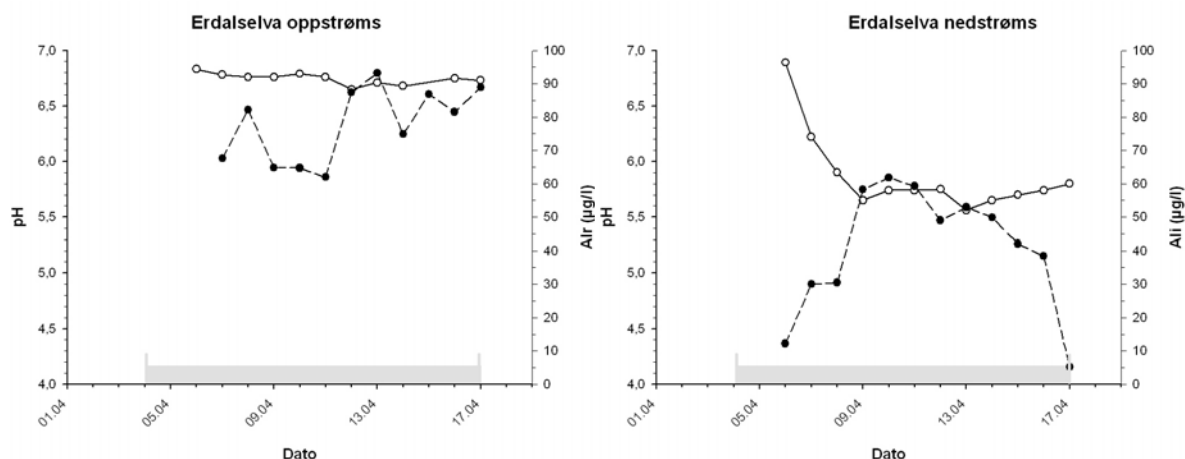
Vannkjemiresultatene fra Ofta nedstrøms viste stor variasjon i pH og  $Al_i$  (**Figur 19**). 6.- 8. april var pH 6,2-6,7. Konsentrasjonen av  $Al_i$  var i samme periode 6-29  $\mu\text{g/l}$ . Denne perioden var det moderat behandlingseffekt mot *G. salaris*. Fra 9. april og ut behandlingsperioden var pH 4,7-6,0. Konsentrasjonen av  $Al_i$  var i samme periode 25-49  $\mu\text{g/l}$ , med god effekt mot *G. salaris*. Lav konsentrasjon av  $Al_i$  17. april skyldes avslutning av behandling.

Vannkjemiresultatene viste at pH var stabil på 6,8-7,0 oppstrøms behandlet elvestrekning i Ofta hele perioden, med unntak av 10. og 11. april da pH var henholdsvis 6,2 og 7,9. Total konsentrasjon av aluminium ( $Al_t$ ) var 65-69  $\mu\text{g/l}$  i samme periode.

Sideelven Senda hadde svært lav vannføring i behandlingsperioden, og ble kun dosert fra en IBC nær utløpet. Senda ble derfor tatt ut av vannprøveprogrammet for hovedelv og sideelver.

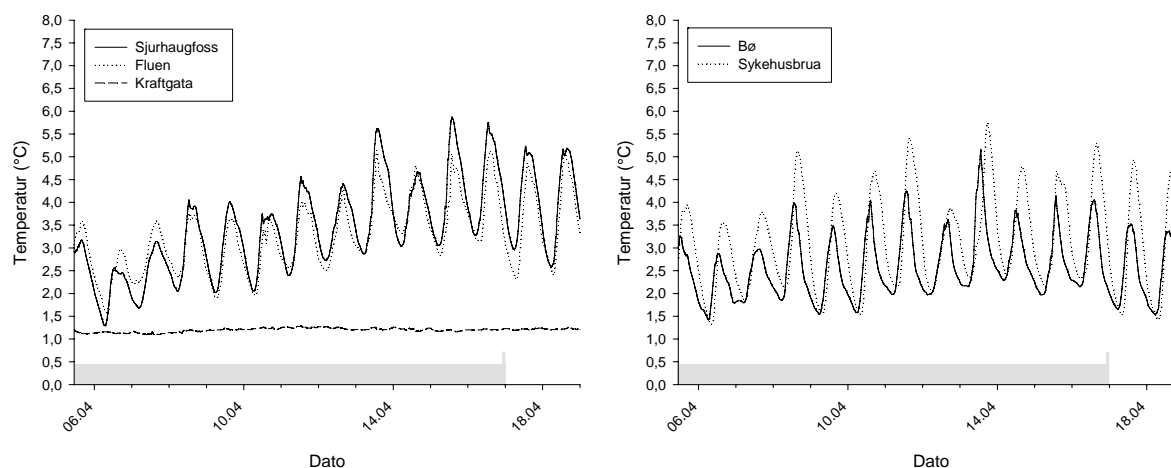
Vannkjemiresultatene fra stasjonen Erdalselva nedstrøms viste at pH var for høy 6. og 7. april (henholdsvis 6,9 og 6,2) (**Figur 20**). Fra 8. april og ut behandlingsperioden var pH 5,6-5,9. I samme periode var konsentrasjonen av  $Al_i$  31-62  $\mu\text{g/l}$ , med god effekt mot *G. salaris*. Lav konsentrasjon av  $Al_i$  17. april skyldes avslutning av behandling.

Vannkjemiresultatene viste at pH var stabil på 6,7-6,8 oppstrøms behandlet elvestrekning i Erdalselva gjennom hele behandlingsperioden. Total konsentrasjon av aluminium ( $\text{Al}_t$ ) var 62-82  $\mu\text{g/l}$  i samme periode.



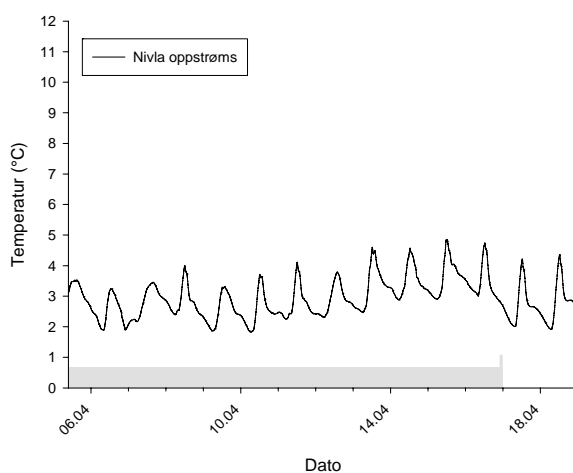
**Figur 20.** pH(—)- og  $\text{Al}_t$  (- - -)-verdier ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) i Erdalselva i perioden 4 – 17. april 2008.

Vanntemperatur ble målt ved hjelp av loggere som ble plassert på utvalgte steder i vassdraget. Loggerne samlet temperaturdata hvert 15. minutt i hele behandlingsperioden. Det var tydelige døgnfluktasjoner ved alle målepunktene.



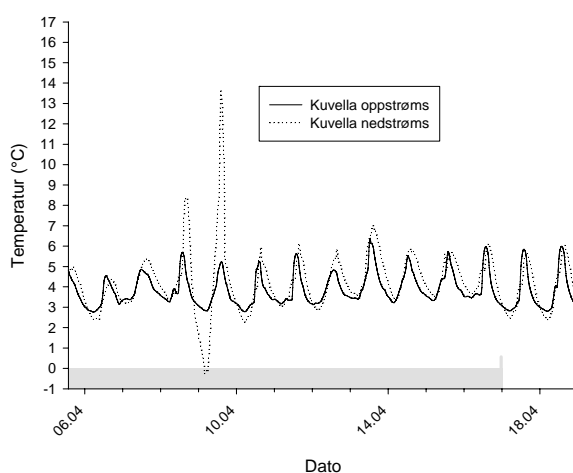
**Figur 21.** Temperaturer i Lærdalselva i perioden 5 – 19. april 2008. Behandlingsperioden er angitt med grått felt.

Loggerresultatene viste at vanntemperaturen i Kraftgata var svært stabil på 1,1-1,2 °C (**Figur 21**, venstre). I Lærdalselva varierte temperaturen mellom 1,3 og 5,9 °C gjennom behandlingsperioden (**Figur 21**).



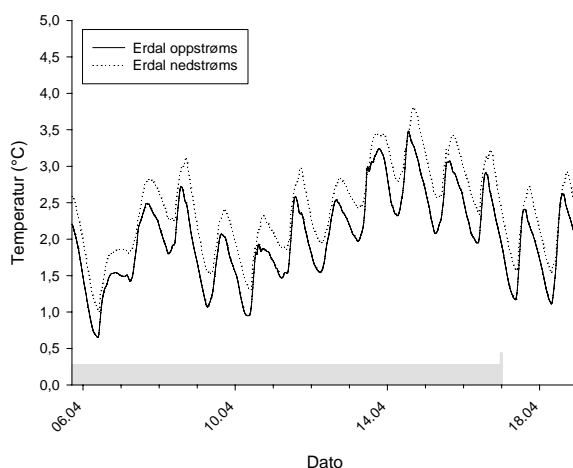
**Figur 22.** Temperaturer i Nivla i perioden 5. – 19. april 2008. Behandlingsperioden er angitt med grått felt.

Loggerresultatene viste at vanntemperaturen i Nivla varierte mellom 1,8 og 9,4 °C gjennom behandlingsperioden (**Figur 22**). Data fra loggestasjonen nedstrøms (ved utløpet av Nivla) tyder på at temperaturloggeren kan ha ligget delvis eksponert for luft. Data er derfor ikke vist.



**Figur 23.** Temperaturer i Kuvella i perioden 5. – 19. april 2008. Behandlingsperioden er angitt med grått felt.

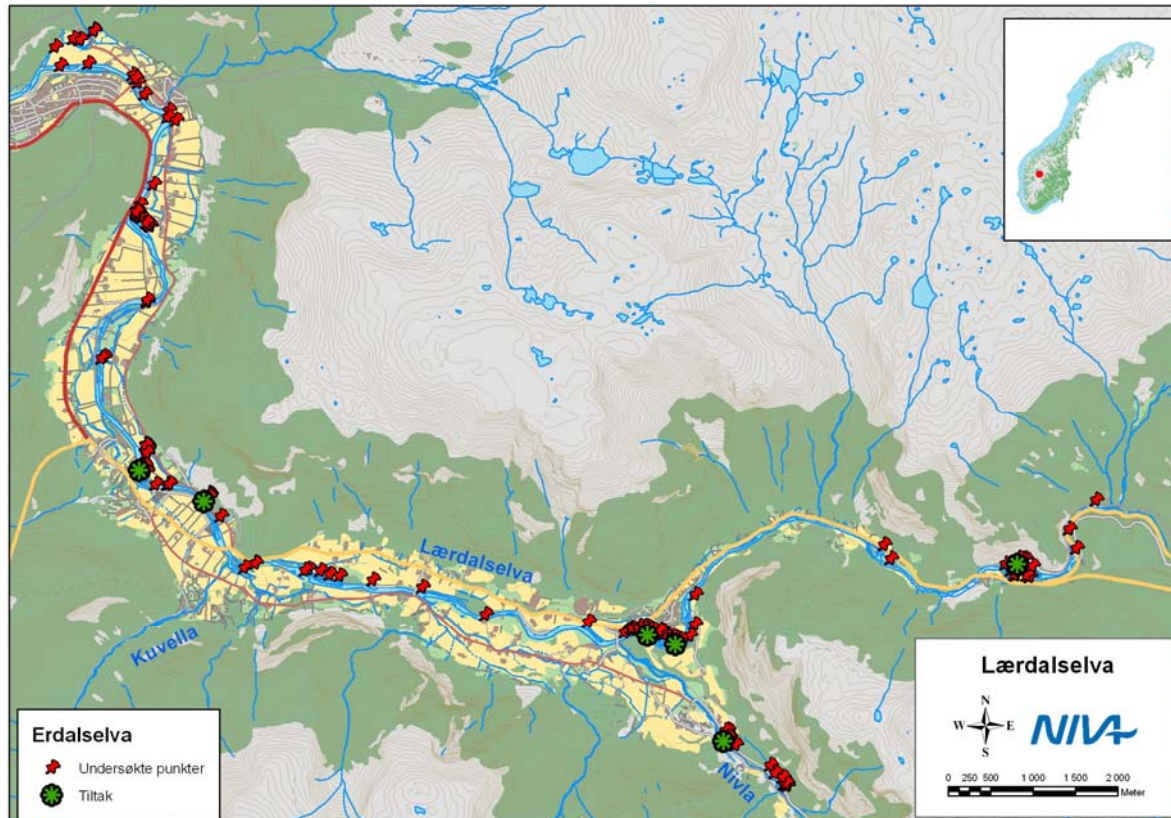
Loggerresultatene viste at vanntemperaturen i Kuvella varierte mellom 2,3 og 7,0 °C gjennom behandlingsperioden (**Figur 23**). Ekstremverdier rundt 8. – 10. april skyldes trolig at loggeren lå tørt på grunn av lav vannføring i dette tidsrommet.



**Figur 24.** Temperaturer i Erdalselva i perioden 5. – 19. april 2008. Behandlingsperioden er angitt med grått felt.

Loggeresultatene viste at vanntemperaturen i Erdalselva varierte mellom 0,7 og 3,8 °C gjennom behandlingsperioden (**Figur 23**). Loggestasjonen nedstrøms (ved utløpet av Erdalselva) viste at temperaturen her generelt var noe høyere enn lenger opp i elva.

Utvidede pH-undersøkelser ble i hovedsak utført i hovedelva og Nivla (**Figur 25**). Undersøkelsene avdekket seks områder med suboptimal vannkjemi for fjerning av *G. salaris*. På disse stedene ble det satt inn IBC-containere for dosering lokalt. Dette var i Saltkjelen, Nivla, Langhølen ved Seltun, Voll og på nordsiden av elva ved Skolehølen. Etterkontroller viste at tiltakene hadde ønsket effekt.



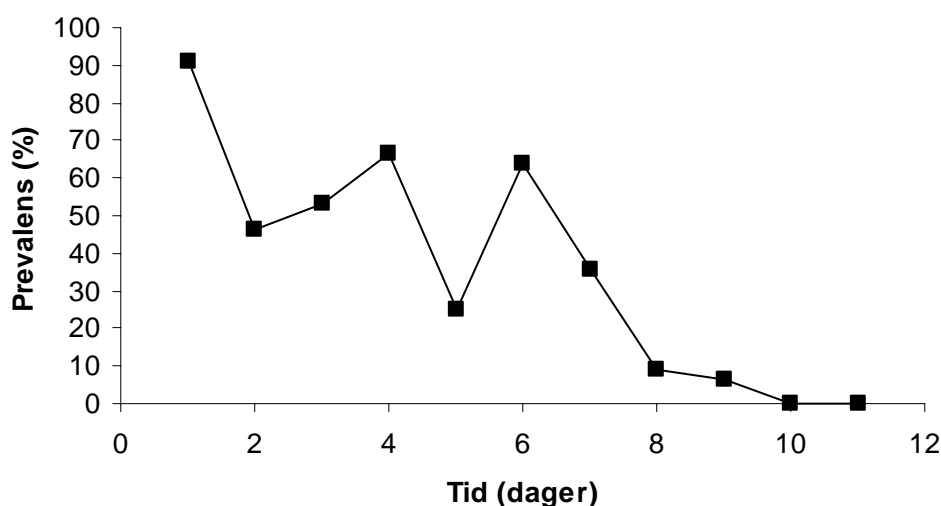
**Figur 25.** Punkter som ble gjenstand for utvidede pH-undersøkelser under Lærdalsbehandlingen i april 2008.



For resultater vedrørende salinitetsundersøkelser vises det til eget notat (vedlegg B).

### 3.5 Fisk og *G. salaris*-infeksjon

Før AI-behandlingen var tilnærmet all fisk som ble undersøkt fra Skjærbrui (3,5 km fra utløpet av elva) infisert med *G. salaris*. For utvikling av infeksjonen, se **Figur 26**.



**Figur 26.** Utvikling av *G. salaris*-infeksjon ved stasjon Skjærbrui i behandlingsperioden. Infeksjonene er angitt som prevalens (andel infiserte fisk).

Figuren viser at prevalensen (antall infiserte av antall undersøkte) ble redusert fra 91 % til 0 % i løpet av 10 dager med AI-behandling. På dag 8 og 9 i behandlingen var kun én av hhv 11 og 16 undersøkte fisk positive for *G. salaris*, noe som gir en prevalens på hhv 9 % og 6 %. Intensiteten for infeksjonen (antall gyro på de infiserte fiskene) var svært lav disse dagene da det ble påvist kun én parasitt på en fisk begge dagene. Fiskene som ble fanget ved Saltkjelen på dag 11 i behandlingen var negativ for infeksjon av *G. salaris*.

### 3.6 HMS og tekniske avvik

Under behandlingen i Lærdal i april oppstod det tre utilsiktede hendelser. Det ene var et syreutslipp på land, mens de to andre var utilsiktede syreutslipp til elv.

Syreutslippet på land skjedde den 10. april ved villakssenteret på Lærdalsøyri. Årsaken var en IBC-container som veltet og sprakk da den skulle plasseres ut. En lekkasje av 30 % svovelsyre med totalt volum på utslippet anslått til ca 200 liter. Området ble med en gang tildekket med kalk for så å bli spylt bort med vann etterpå. Det oppstod ikke materielle skader eller personskader.

Det oppstod to uforutsette overdoseringer med syre fra doseringsenheten inne i Borgund Kraftstasjon. Disse er beskrevet i avsnitt 3.3

Interne rapporteringsrutiner ble fulgt i forbindelse med alle hendelsene.

## 4. Diskusjon

Målet med behandlingen i Lærdalselva i april 2008 var å redusere *G. salaris*-infeksjonen i vassdraget slik at smittepresset mot andre elver i Sognefjorden var så lavt som mulig før smoltutvandringen fra Lærdalselva. Infeksjonen av *G. salaris* i vassdraget ble undersøkt i forkant av behandlingen, og parasitten ble påvist ved Skjærbrui, Saltkjelen og Båthølen i Mo (Kilde: Veterinærinstituttet). I øvre deler av elva (ovenfor Saltkjelen) ble det ikke påvist *G. salaris*.

I løpet av behandlingen med AIS ble det oppnådd en vannkjemi som er dokumentert å fjerne infeksjon av *G. salaris* fra laks (pH<6,0 og Al<sub>i</sub>> 35 µg/l), og denne ble opprettholdt over en periode på 9-12 dager på kontrollpunktene i vassdraget. Behandlingen reduserte infeksjonen av *G. salaris* til et så lavt nivå at parasitten ikke ble påvist i prøveuttak rett etter behandlingen. Det er grunn til å tro at tiltaket har redusert smittepresset internt i vassdraget og eksternt mot andre vassdrag i smitteregionen i betydelig grad. Målet med behandlingen ble derfor nådd.

I elver med betydelig grunnvannstilsig kan kjemikalietilsetning på økende vannstand være gunstig. Bakgrunnen for dette er at det etableres en hydraulisk trykkforskjell fra elva og inn mot omliggende løsmasser under slike forhold (Atle Dagestad, NGU, pers medd.). På denne måten kan vann som er tilstrekkelig behandlet med syre og AIS trenge inn i områder der det vanligvis kunne tenkes å bli suboptimal vannkjemi for behandling av *G. salaris*. Før behandlingen startet ble vannstanden i elva derfor senket for så å tilsette kjemikalier på stigende vannføring.

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 ble infeksjonen av *G. salaris* fjernet på 3 dager, mens parasittinfeksjonen var til stede i 8 dager ved eksponering for 100 µg Al/l. Under behandlingen i Lærdalselva ble det i området ved Skjærbrui tilsatt i gjennomsnitt ca 70 µg Al/l. Ved prøveuttak etter 10 dager med Al-behandling, var all undersøkt fisk negativ for infeksjon av *G. salaris*. Ved dag 8 og 9 ble det kun påvist én parasitt på en av hhv 11 og 16 fisk. Tidsforløpet for fjerning av infeksjonen samsvarer godt med det som tidligere er rapportert ved eksponering for tilsvarende Al-konsentrasjon. Det er allikevel 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 for 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.

Vanntemperaturen i vassdraget var lav under behandlingen, og temperatursvingningene mellom dag og natt varierte mellom 1 og 5°C. Når vanntemperaturen er lav, er aktiviteten til laksunger mindre enn om sommeren. Laksunger kan også oppholde seg nede i bunnsubstratet for å finne skjul, spesielt på dagtid (Huusko *et al.* 2007). Dette kan ha ført til at laksunger som har oppholdt seg nede i substratet ikke er blitt eksponert for Al lenge nok, og *G. salaris* kan ha overlevd på fisken. Områder med oppkomme av grunnvann som kan fortynde behandlet elvevann kan også ha bidratt til overlevelse av *G. salaris* hvis infiserte laksunger har oppholdt seg i slike områder.

Doseringsstrategien (fordeling av doseringsstasjoner og kjemikaliebruk) skulle sikre tilfredsstillende behandling innenfor de vannføringsgrensene som på forhånd ble fastsatt. Vannføringen i elva var stabil gjennom hele behandlingsperioden. Tilsetning av kjemikalier gikk etter planen, og det ble oppnådd ønsket vannkjemi (pH<6,0 og Al<sub>i</sub>>30 µg Al/l) på vannprøvetakingsstasjoner i elva i 9-12 dager. Grunnet tidligere omtalte hendelse med overdosering i kraftverket, ble det ved to anledninger registrert uønsket lav pH og høye Al<sub>i</sub>-verdier i et kort tidsrom. Det ble ikke registrert noen negativ effekt på fisken i elva som kan knyttes direkte til disse hendelsene.

---

Det er kjent at kalsium kan virke beskyttende mot effekten av aluminium på fisk (Gensemer & Playle 1999). Det er grunn til å anta at denne beskyttende effekten også kan gjelde *G. salaris*, selv om det foreløpig ikke foreligger forskningsresultater på dette. Fordi Nivla og Kuvella har forholdsvis høye verdier av kalsium, hhv. 8-9 og 13-14 mg/l, ble det derfor valgt høyere konsentrasjoner med aluminium og lavere pH-mål for disse sidevassdragene.

Behandling med bruk av pH-styrt dosering i Lærdalselva, viste seg å fungere svært tilfredsstillende. Slik prosess-styring gir mulighet til å holde en svært jevn pH i elva, tross vekslende vannføring. Tilsetning av svovelsyre og ALS 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. Både pH- og Al<sub>i</sub>-verdiene målt i hovedelva under behandlingen viste at vannkjemien var stabil og innenfor et område som er dokumentert å fjerne infeksjoner fra *G. salaris*.

Etter 8-10 dager ble det funnet enkelte døde og døende voksne fisk, men i samråd med Veterinærinstituttet og Styringsgruppa ble det bestemt at behandlingen skulle fortsette med samme intensitet. Etter 10 dagers behandling ble det også observert en del tilsynelatende upåvirket fisk i elva under dykking, både laks og sjørret (Rein Arne Golf pers medd.). Fiskedød i forbindelse med Al-dosering skjedde også våren og høsten i 2005, hovedsaklig på høsten. Den gangen var dette vanskelig å forutse da det fantes lite erfaring med kritiske grenseverdier (tålegrenser) for Al hos stor fisk. Det eksisterer fortsatt liten kunnskap på dette området, men basert på erfaringen fra 2005 var det forventet at enkelte voksne individer kunne dø under behandlingen.

At voksne fisk har lavere tålegrense for Al enn fiskeunger kan ha sin forklaring i størrelsesforholdet mellom gjelleoverflate og kroppsstørrelse (mindre fisk har større gjelleoverflate i forhold til egen kroppsstørrelse), eller at atferden er ulik hos forskjellige livsstadier (eks. vinterstøing, næringsvandring, osmoregulering i forbindelse med overgangen mellom sjø og elv). Det er observert at fisk som viser tegn på at den er negativt påvirket av ALS-behandlingen oppsøker roligere vann. De trekker ofte inn til elvebredden der vannstrømmen er svakere. Erfaringsmessig vil de fleste av disse fiskene restitueres og trekke ut i strømmen igjen hvis doseringen stopper. Fisk i dårlig kondisjon som står langs elvebredden kan trolig i enkelte tilfeller også bli negativt påvirket av CFT-Legumin hvis dette tilsettes i sig, bakevjer og dammer langs elvebredden. Kartlegging av sjørretens vandring, både mellom sjø og elv og innad i vassdraget, kan gi mer informasjon om kritiske grenseverdier for aluminium hos voksne sjørret.

I tillegg til de kontinuerlige pH-målingene ved hver påfriskningsstasjon i hovedelva, ble det under hele behandlingen gjort utvidede pH-undersøkelser manuelt i og langs elvebredden. På de områdene der det ble avdekket for høye pH-verdier, ble det iverksatt tiltak i form av ekstra doseringsanlegg. Vannkjemien ble korrigert så raskt som mulig, men på enkelte punkter kan det ha blitt suboptimal effekt. De utvidede undersøkelsene viste at det er behov for kontrollanalyser av vannkvaliteten i perifere områder til hovedelva.

I forbindelse med behandlingen i 2008 ønsket vi større fokus på salinitetsproblematikk i brakkvannsområdet utenfor elvemunningen. Det ble derfor gjennomført åtte vertikalprofilmålinger på to linjer tvers over fjorden i forbindelse med behandlingen. Disse prøvene viste et varierende lag med ferskvann i fjorden utenfor munningen i det tidsrommet behandlingen pågikk. Prøvetakingen viste at det utenfor Fleskheller (stasjon 20, midt mellom Lærdalselva og Erdalselva) var en saltholdighet > 26 ‰ allerede på en halv meters dyp 20. april. Vedlagt NIVA-notat konkluderer med at predikert *G. salaris* overlevelse på fisk i overflaten på stasjon 20 vil være under 24 timer, mens en innenfor dette punktet teoretisk vil kunne ha en langvarig overlevelse dersom fisken utelukkende oppholder seg i øvre 0,5-1 meters dyp.

---

## 5. Konklusjon

Målet med kombinasjonsbehandlingen i Lærdalselva våren 2008 var å redusere *G. salaris*-infeksjonen i vassdraget for dermed å dempe smittepresset mot andre elver i Sognefjorden. Under behandlingen med AIS ble det oppnådd en vannkjemi (tilstrekkelig lav pH og høy  $Al_i$ ) som effektivt fjerner *G. salaris* fra laks. Denne vannkvaliteten ble opprettholdt over en periode på 9-12 dager på kontrollpunktene i vassdraget. Undersøkelser av *G. salaris*-infeksjonen på lakseunger under behandlingen viste at behandlingen førte til en kraftig reduksjon av parasittinfeksjonen. Det er derfor 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

- 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: 4, 315-450
- Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Kjøsnes, A.J. & Hindar, A. 2008. Behandlings med aluminiumsulfat (AIS) 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 aluminiumsbehandlingen 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: 5, 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
- Kjøsnes, A., Urke, H., Hytterød, S., Guttvik, K.T., Pettersen, R.A., Høgberget, R., Moen, A., Sandodden, R., Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Olsen, N., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Stensli, J.H. & Lydersen, E. 2007. Kjemisk behandling mot *G. salaris* i Steinkjervassdragene 2006. NIVA-rapport 5373-2007. 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 *G. salaris* i Batnfjordselva. NIVA-rapport 4783-2004. 15 s.
-

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 sider

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.

Polèo, A.B.S., & Muniz, P.I. 1993. The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon (*Salmo salar*). Environ. Biol. Fish. 36, 193-203

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.

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.

---

## Vedlegg A. Vannkjemianalyser

Lokalitet	Prøvedato	pH	KOND	ALK	Tot-N/L	NH4-N	NO3-N	TOC	Cl	SO4	Al/R	Al/I	Al/ICP	Ca	K	Mg	Na
			mS/m	µekv/l	µg N/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Sjurhaug oppstrøms	30.03.2008	6.78	3.75	110	405	14	270	1.1	3.49	4.06	7	<5	0.11	3.69	0.77	0.57	1.98
Fluen	30.03.2008	6.75	2.25	64	195	3	150	0.58	1.51	3.09	<5	<5	0.008	2.38	0.42	0.31	0.98
Kraftgata	30.03.2008	6.41	1.06	30	105	7	62	0.31	0.39	1.73	<5	<5	<0.005	1.10	0.18	0.15	0.42
Nivla oppstrøms	30.03.2008	7.05	6.65	142	485	2	365	0.91	1.54	15.9	7	<5	0.006	8.45	1.11	0.88	1.27
Nivla utløp	30.03.2008	7.19	7.31	176	640	4	515	0.89	1.74	16.2	6	<5	0.006	9.46	1.20	0.93	1.39
Gamle Boll	30.03.2008	6.67	1.97	55	190	3	140	0.44	0.95	3.22	<5	<5	0.005	2.20	0.35	0.26	0.73
Hauge/sykehusbrua	30.03.2008	6.64	2.39	63	205	<2	155	0.45	1.18	4.14	<5	<5	0.005	2.64	0.41	0.31	0.90
Kuvella oppstrøms	30.03.2008	7.16	9.76	173	810	2	675	0.43	1.40	26.2	5	<5	0.006	13.2	1.55	0.92	1.34
Kuvella nedstrøms	30.03.2008	7.16	10.3	184	855	8	675	0.55	1.54	27.2	<5	<5	0.017	14.0	1.60	0.96	1.55
Erdalselva oppstrøms	30.03.2008	6.74	2.23	63	370	2	325	0.88	1.25	2.63	9	6	0.023	2.28	0.45	0.34	0.99
Erdalselva nedstrøms	30.03.2008	6.78	2.40	70	405	2	350	1.0	1.41	2.72	11	8	0.026	2.46	0.49	0.38	1.02
Sjurhaug oppstrøms	19.04.2008	6.97	5.32	116	700	4	545	2.6	6.62	4.42	6	<5	0.035	4.73	1.02	0.74	3.32
Fluen	19.04.2008	6.84	4.36	88	515	3	390	1.8	4.31	5.40	50	37	0.086	4.18	0.82	0.57	2.25
Kraftgata	19.04.2008	6.45	1.14	34	113	9	68	0.37	0.38	1.88	<5	<5	<0.005	1.20	0.19	0.16	0.42
Nivla oppstrøms	19.04.2008	7.11	6.83	152	535	3	400	1.4	1.85	15.8	9	<5	0.01	8.81	1.15	0.93	1.35
Nivla utløp	19.04.2008	7.07	7.51	135	595	6	440	1.3	1.90	18.7	11	<5	0.018	9.51	1.27	0.95	1.42
Gamle Boll	19.04.2008	6.72	2.19	54	220	4	160	0.70	1.33	3.27	7	<5	0.01	2.33	0.39	0.30	0.91
Hauge/sykehusbrua	19.04.2008	6.74	2.62	59	245	4	180	0.69	1.49	4.45	8	<5	0.019	2.80	0.44	0.33	1.03
Kuvella nedstrøms	19.04.2008	7.16	10.3	162	860	4	685	0.74	1.62	27.9	16	<5	0.019	13.9	1.57	0.96	1.53
Kuvella oppstrøms	Ikke tatt																
Erdalselva oppstrøms	19.04.2008	6.76	2.73	71	555	3	480	1.7	1.89	2.59	20	15	0.053	2.77	0.52	0.43	1.18
Erdalselva nedstrøms	19.04.2008	6.84	2.84	77	605	5	490	1.9	2.01	2.71	22	16	0.044	2.88	0.58	0.45	1.27

## Vedlegg B. NIVA-notat

### LÆRDALSFJORDEN APRIL 2008 - SALINITET OG TEMPERATUR I ULIKE DYP

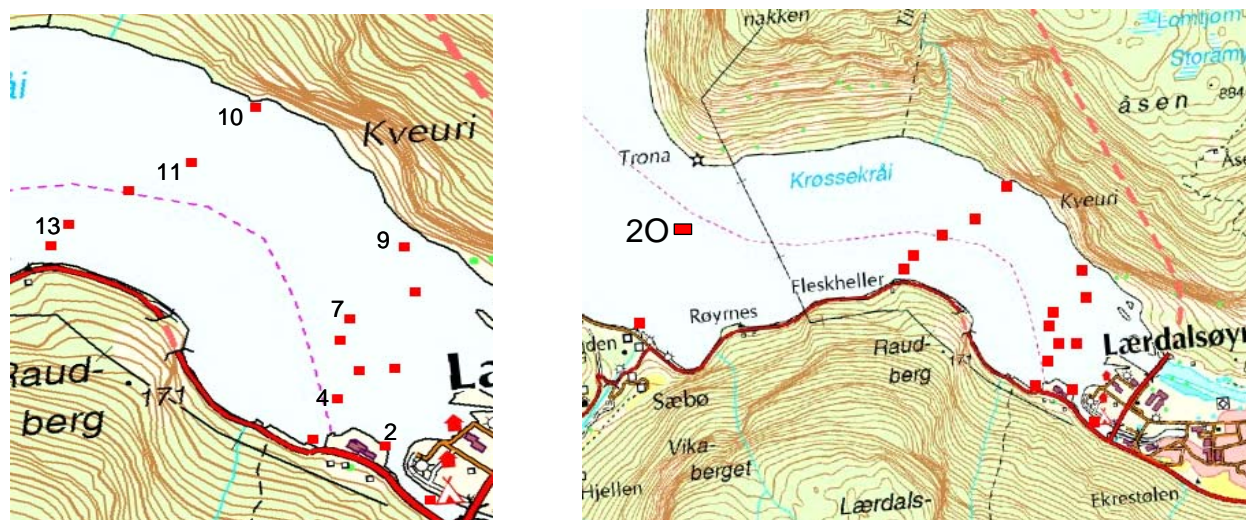
Av: Henning Andre Urke og Torstein Kristensen, NIVA, 2009

Dette notatet oppsummerer resultatene fra vertikalprofiler innsamlet i april 2008 i indre del av Lærdalsfjorden (Figur 1).

#### Innledning og metodikk

På oppdrag av prosjektleder Atle Hindar vart det gjennomført innsamling av vertikalprofiler for salinitet, dybde og temperatur i Lærdalsfjorden på to tidspunkt 15. og 20. april i forbindelse med kjemisk behandling av Lærdalselva med ALS.

Det vart plukka ut stasjoner basert på tidligere undersøkelser gjennomført i mars 2008 (Ledang 2008). Det ble tatt vertikalprofiler på totalt 8 stasjoner (2, 4, 7, 9, 10, 11, 13 og 20.). Stasjon 20 som ligger lengst vest vart opprettet 20. april. (Figur 1.). En STD-sonde som målte dybde, temperatur og salinitet ble brukt.



Figur 1. Stasjonsnett i Lærdalsfjorden. Modifisert etter Ledang (2008). På stasjonene 2, 4, 7, 9, 10, 11, 13 og 20 vart det innsamlet vertikalprofiler (salinitet og temperatur) april 2008. Stasjon nr 20 er nyopprettet.

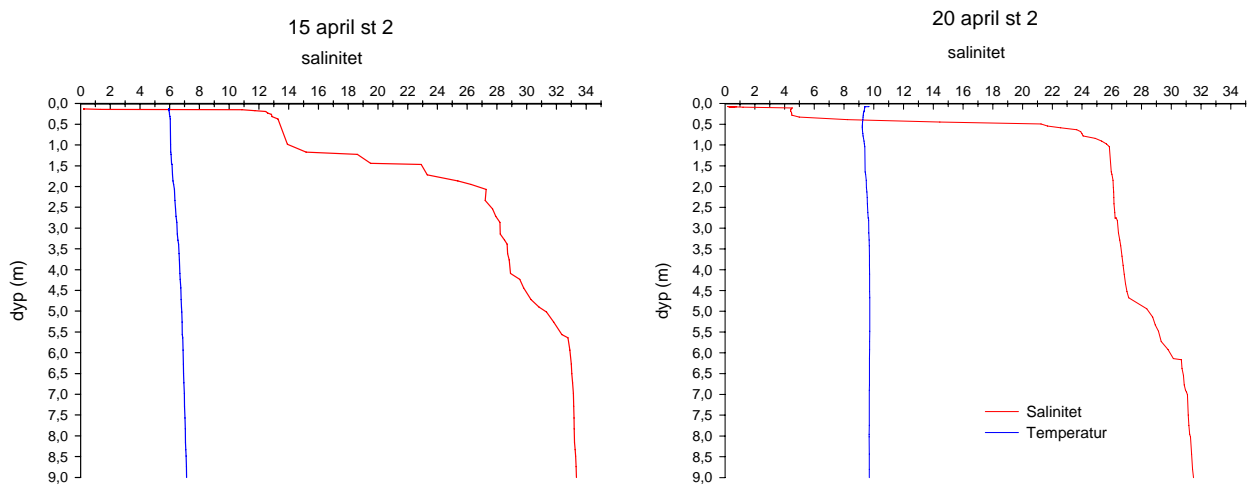
#### Resultat

Salinitet og temperatur i ulike dyp for 8 stasjoner (2, 4, 7, 9, 10, 11, 13 og 20) på to ulike tidspunkt (15. og 20. april 2008) i Lærdalsfjordener presentert i figur 2 til 9. Stasjonsnettet er vist i figur 1.

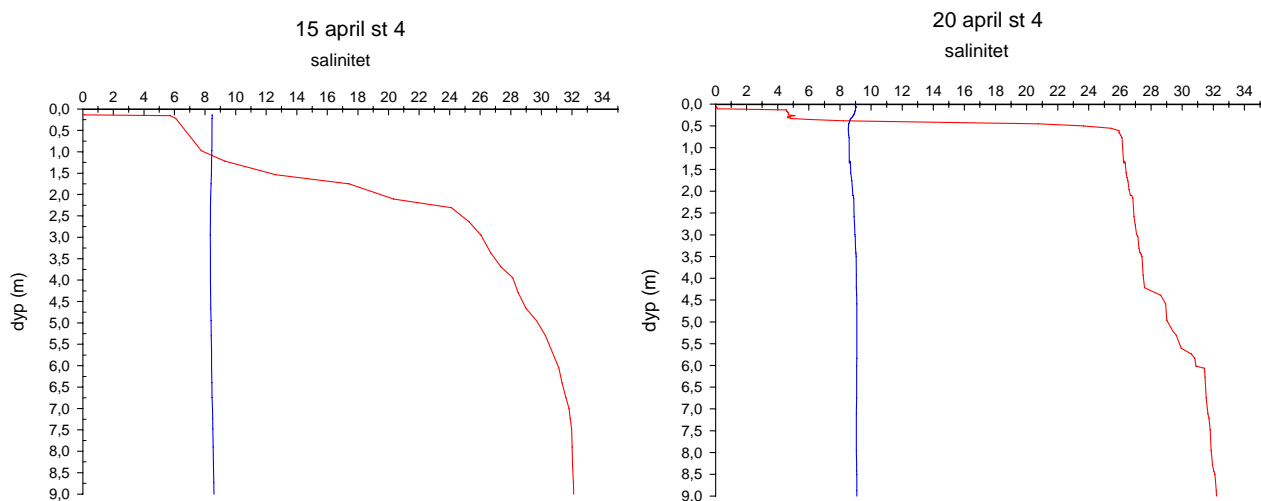
For stasjon 20 (figur 9) er det kun innhentet målinger 20. april 2008.

Datasettet er videre avgrenset ned til et dyp på 9 meter, da det under dette dypet var tilnærmet fullt sjøvann på alle stasjoner.

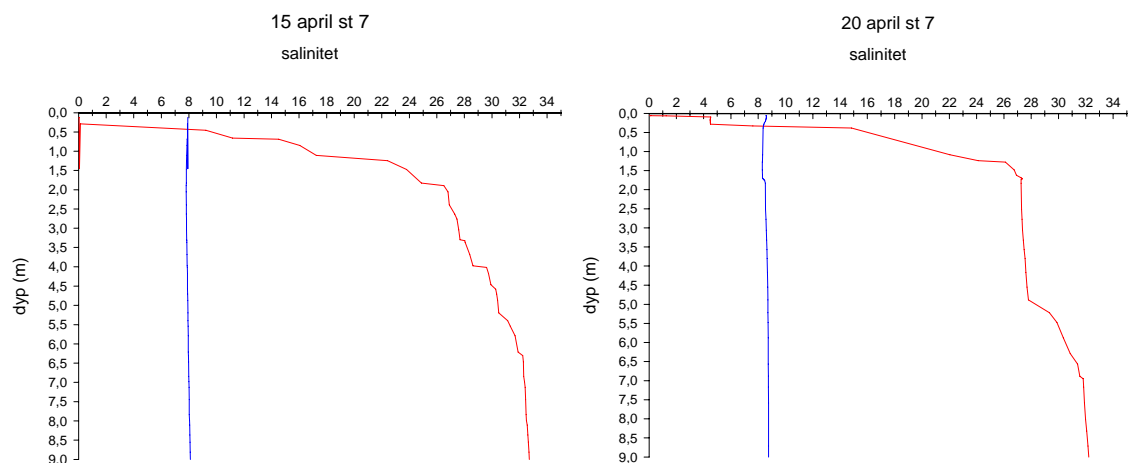




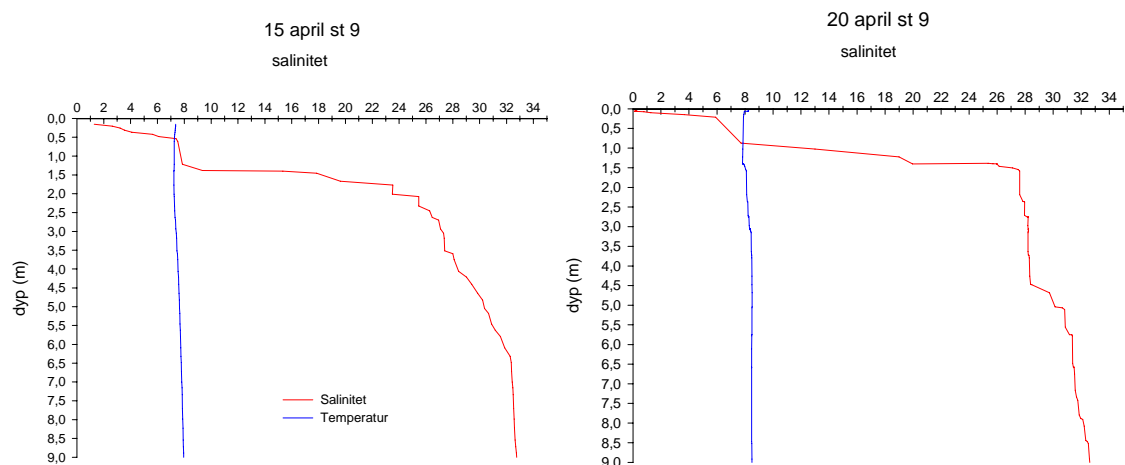
Figur 2. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 2 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



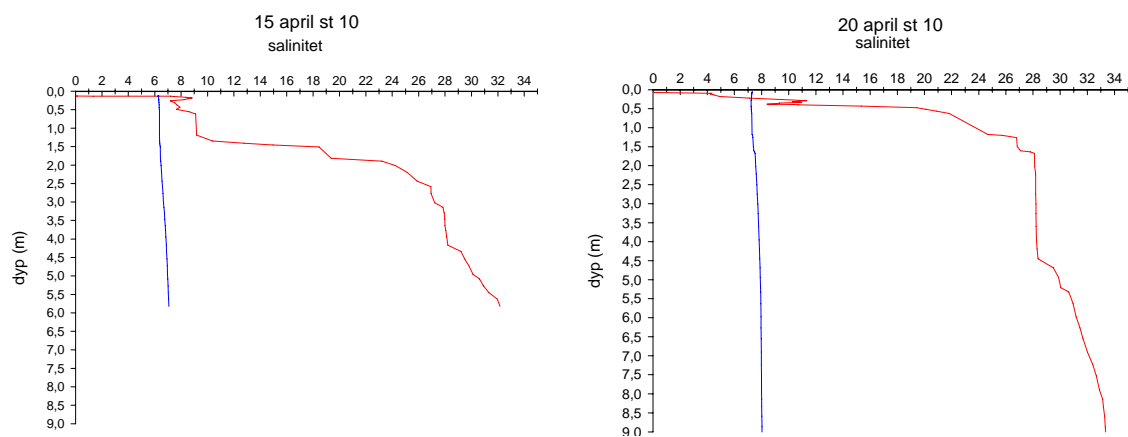
Figur 3. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 4 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



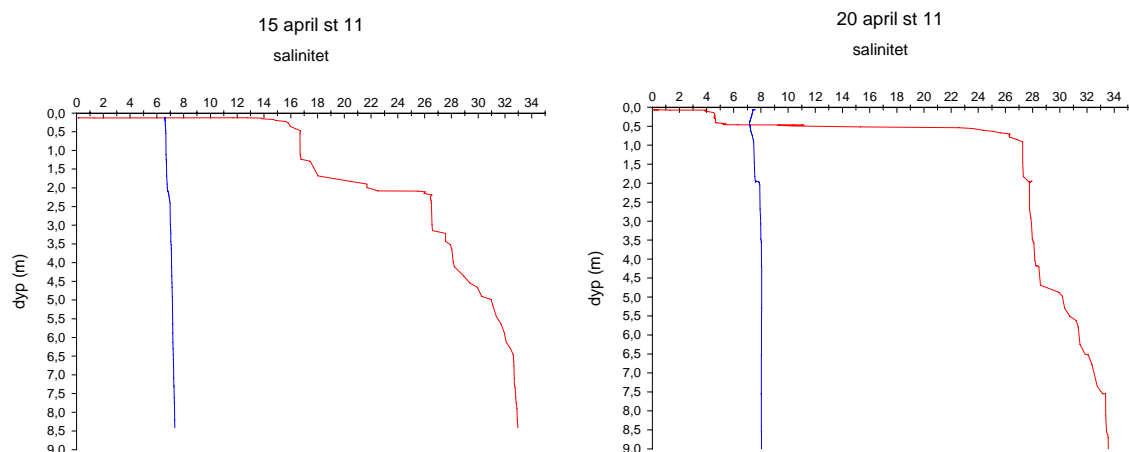
Figur 4. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 7 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



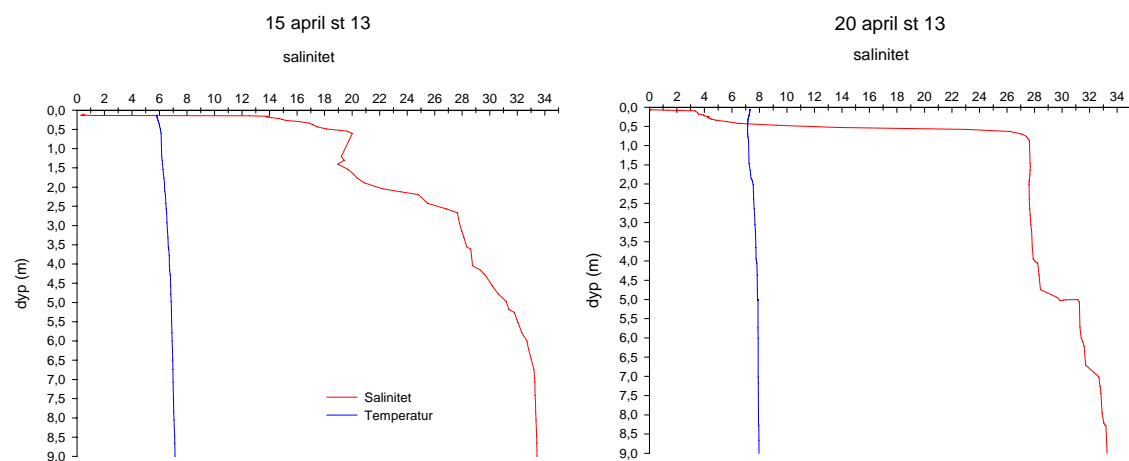
Figur 5. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 9 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



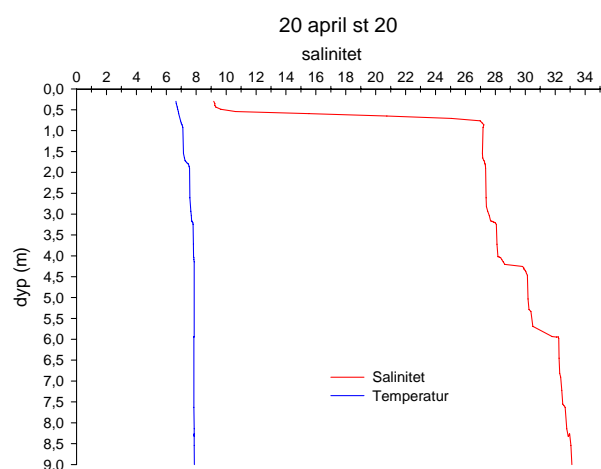
Figur 6. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 10 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



Figur 7. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 11 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.



Figur 8. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 13 i Lærdalsfjorden 15. og 20. april 2008.

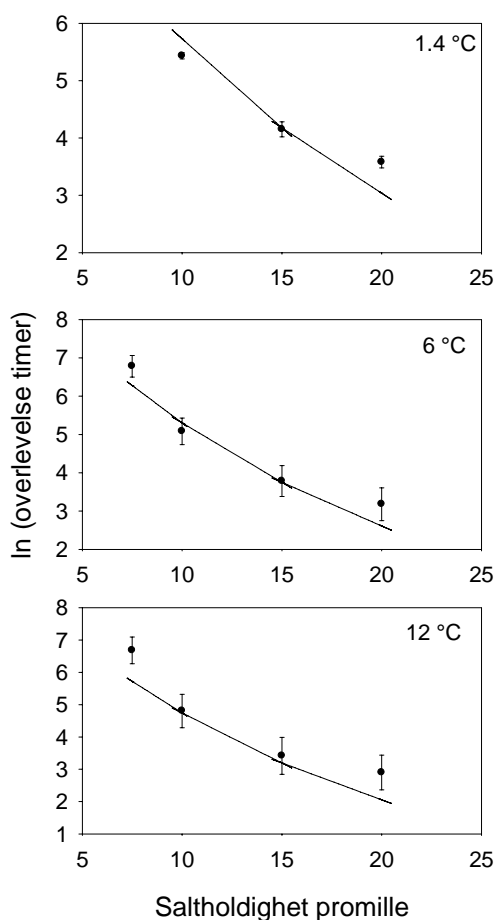


Figur 9. Salinitet (rød)- og temperaturprofiler (blå) for stasjon 20 i Lærdalsfjorden 20. april 2008.

### Diskusjon

Oveflatelaget med salinitet på under 7 promille, der gyro er vist å kunne overleve over en lengre/ubegrenset tidsperiode (Soleng og Bakke, 1997), var begrenset til <1,5 m dyp på alle stasjoner på begge prøvetakingstidspunkt. På stasjon 20 (Fig. 1 og 9), lokalisert ytterst i underøkelsesområdet, var overflatesaliniteten 9 promille. Temperaturen lå mellom 6 og 10 grader, med mest variasjon i øverste 2 meter, og uten noen klart etablert termoklin.

Som en del av arbeidet med å utvikle en forbedret *G. salaris* smittespredningsmodell i Gyrosim-prosjektet, er det utarbeidet en modellkomponent for overlevelsestid av *G. salaris* ved varierende salinitet og temperatur (Figur 10).



Figur 10. Gjennomsnittlig overlevelsestid ( $\pm$  standard avvik) av *G. salaris* ved varierende salinitet og temperatur. Heltrukken linje er modellprediksjon (1).

Basert på resultater i Gyrosim-prosjektet (figur 10) vil predikert *G. salaris* overlevelse på fisk i overflaten på stasjon 20 være under 24 timer, mens en innenfor dette punktet teoretisk vil kunne ha en langvarig overlevelse dersom fisken utelukkende oppholder seg i øvre 0,5-1 meters dyp.

### Litteratur:

Ledang, Anna Birgitta. 2008. Notat. Oceanographic measurements from Lærdalsøyri in Sognefjorden 5. March 2008. Draft.

Litteratur:

Ledang, Anna Birgitta. 2008. Notat. Oceanographic measurements from Lærdalsøyri in Sognefjorden 5. March 2008. Draft.

Soleng, A. and Bakke, T.O. 1997. Salinity tolerance of *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea): laboratory studies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 1837–1845

---

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)