

672

OPPDRAKSMELDING

Forsuringsstatus og effekter på smolt
i Suldalslågen våren 1999

Rita Strand
Bengt Finstad
Frode Kroglund
Hans-Christian Teien



NINA • NIKU

NINA Norsk institutt for naturforskning

Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999

Rita Strand
Bengt Finstad
Frode Kroglund
Hans-Christian Teien

NINA•NIKUs publikasjoner

NINA•NIKU utgir følgende faste publikasjoner:

NINA Fagrapport

NIKU Fagrapport

Her publiseres resultater av NINAs og NIKUs eget forskningsarbeid, problemoversikter, kartlegging av kunnskapsnivået innen et emne, og litteraturstudier. Rapporter utgis også som et alternativ eller et supplement til internasjonal publisering, der tidsaspekt, materialets art, målgruppe m.m. gjør dette nødvendig.

Opplag: Normalt 300-500

NINA Oppdragsmelding

NIKU Oppdragsmelding

Det er det minimum av rapportering som NINA og NIKU gir til oppdragsgiver etter fullført forsknings- eller utredningsprosjekt. I tillegg til de emner som dekkes av fagrapportene, vil oppdragsmeldingene også omfatte befæringsrapporter, seminar- og konferanseforedrag, årsrapporter fra overvåkningsprogrammer, o.a.

Opplaget er begrenset. (Normalt 50-100)

NINA•NIKU Project Report

Serien presenterer resultater fra begge instituttenes prosjekter når resultatene må gjøres tilgjengelig på engelsk. Serien omfatter original egenforskning, litteraturstudier, analyser av spesielle problemer eller tema, etc.

Opplaget varierer avhengig av behov og målgrupper.

Temahefter

Disse behandler spesielle tema og utarbeides etter behov bl.a. for å informere om viktige problemstillinger i samfunnet. Målgruppen er "almenheten" eller særskilte grupper, f.eks. landbruket, fylkesmennenes miljøvern-avdelinger, turist- og friluftlivskretser o.l. De gis derfor en mer populærfaglig form og med mer bruk av illustrasjoner enn ovennevnte publikasjoner.

Opplag: Varierer

Fakta-ark

Hensikten med disse er å gjøre de viktigste resultatene av NINA og NIKUs faglige virksomhet, og som er publisert andre steder, tilgjengelig for et større publikum (presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivåer, politikere og interesserte enkeltpersoner).

Opplag: 1200-1800

I tillegg publiserer NINA og NIKU-ansatte sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler, gjennom populærfaglige tidsskrifter og aviser.

Strand, R., Finstad, B. Kroglund, F. & Teien, H-C. 2000. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999. – NINA Oppdragsmelding 672: 1-24.

Trondheim, desember 2000

ISSN 0802-4103

ISBN 82-426-1183-1

Forvaltningsområde:

Forurensning

Pollution

Rettighetshaver ©:

Stiftelsen for naturforskning og kulturminneforskning

NINA•NIKU

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

Redaksjon:

Tor F. Næsje

NINA•NIKU, Trondheim

Design og layout:

Synnøve Varvik

Sats: NINA•NIKU

Kopiering: Norservice

Opplag: 150

Kontaktadresse:

NINA•NIKU

Tungasletta 2

7485 Trondheim

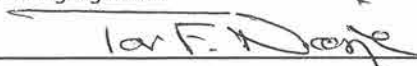
Tel: 73 80 14 00

Fax: 73 80 14 01

Tilgjengelighet: Åpen

Prosjekt nr.: 13505 Forsuring - villfisk

Ansvarlig signatur:



Oppdragsgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Referat

Strand, R., Finstad, B. Kroglund, F. & Teien, H-C. 2000. Forsuringsstatus og effekter på smolt i Suldalslågen våren 1999. – NINA Oppdragsmelding 672: 1-24.

FOKUS-prosjektet har til formål å vurdere betydningen av vannkvalitet for laksebestanden i Suldalslågen, samt betydningen av vannkvalitet for postsmoltens marine overlevelse gjennom kontrollerte forsøk, utsettingsforsøk med merket smolt og studier av fysiologiske responser hos den stedegne laksen. I det vannkjemiske overvåkingsprogrammet er det dokumentert forsuringsepisoder innen vassdraget. Disse er karakterisert med lav pH og høye konsentrasjoner av uorganisk monomert aluminium (Ali). Forsuringsepisodene oppstår når vannføringen i Suldalslågen domineres av vann fra sidebekkene ettersom flere av sidebekkene inneholder surt vann og høye konsentrasjoner Ali. I perioder hvor vannbidraget fra restfeltet er mer moderat vil pH i Suldalslågen være høyere enn 6 og høyere enn pH nivået i sidebekkene. Konsentrasjonen av Ali i Suldalslågen er samtidig lavere enn det som estimeres å være tilstede under forutsetning av at Al oppfører seg som et konservativt element. I samtlige undersøkelser viser det seg at Ali målt i Suldalslågen er lavere enn estimert konsentrasjon. Dette skyldes at det dannes ustabile tilstandsformer av Al i vassdraget når surt vann blandes med vann som har en høyere alkalinitet. På grunn av polymerisering varierer Al-konsentrasjon og tilstandsform innen vassdraget. pH og temperatur er viktige modifierende faktorer som begge innvirker på transformasjonsraten. Fortynning og turbiditet samt diffuse vanntilførsler innvirker også på det målte resultatet.

I 1999 var konsentrasjonen av Al relativ lav med Ali konsentrasjoner i gjennomsnitt lavere enn 12 µgAli/l. De enkelte nedbørsfelt i restfeltet til Suldalslågen hadde varierende konsentrasjoner av Ali (fra < 5 til 40 µgAli/l) avhengig av blant annet kalkingen. De høyeste Al konsentrasjonene ble målt 29. mars i starten av en storflom 30-31. mars. Vannkvalitetsmålinger indikerte også en svakt forhøyet saltkonsentrasjon i vannprøver tatt 29. mars i forhold til de andre vannprøvene.

For å studere hvordan disse vannkvalitetene påvirker laksesmolt ble det i 1999 utført eksponeringsforsøk med vill og anleggsprodusert smolt. Fysiologisk status hos smolten varierte både innen en lokalitet, på samme lokalitet over tid og mellom lokalitetene. Villsmolt var i tilnærmet normal fysiologisk tilstand i ferskvann, også når den ble satt i bur i elva. Når villsmolten ble utsatt for sjøvannstester fant man at blodsalt-nivået varierte innen en gruppe, mellom lokaliteter og mellom forsøksdatoene, men det var indikasjoner på at smolten hadde osmoregulatoriske problemer i april. Sjøvannstesting av anleggsprodusert laksesmolt viste ikke tendens til tilfredsstillende sjøvannstoleranse som vist hos laks gitt tilsvarende lys/temperaturregimer. Anleggfishken var

dermed uegnet som testorganisme for sjøvannstoleranse i denne undersøkelsen og vi kan dermed ikke trekke noen konklusjoner ut av denne testingen ettersom vi ikke kan skille vannkvalitetsrelaterte årsaker fra årsaker relatert til driftsforhold ved klekkeriet.

Konsentrasjonene av aluminium på gjellene hos forsøksfishken var gjennomgående lavere i 1999 enn i 1997 og 1998. Ved enkelte prøvedatoer var konsentrasjonene nede på samme nivå som i 1996. Det samme gjaldt for anleggsprodusert fisk. I hele perioden fra 1996 til 1998 har anleggfish i bur hatt lavere Al-konsentrasjon på gjellene enn villfish i bur. I mai 1999 var imidlertid Al-konsentrasjonen hos villfishken på samme nivå som anleggfishken.

Smolt som ble slepet ut fra munningen av Suldalslågen og ut i Sandsfjorden i 1996, 1998 og 1999 gav de beste gjenfangstene, men også høy feilvandringandel. For 1999 var det svært gode gjenfangster (1,12 %) hos gruppen som ble slepet ut. Dette kan være en alternativ utsettingsmetode for å øke gjenfangstene av utsatt fisk i Suldalslågen.

Emneord: Forsuring - laks - fysiologi - feltforsøk - utsettingsforsøk - vannkvalitet.

Rita Strand & Bengt Finstad, Norsk institutt for naturforskning, Tungasletta 2, 7485 Trondheim.

Frode Kroglund, Norsk institutt for vannforskning, Televeien 3, 4879 Grimstad.

Hans-Christian Teien, Norges Landbrukshøgskole, LAK, Boks 5026, 1432 Ås.

Abstract

Strand, R., Finstad, B. Kroglund, F. & Teien, H-C. 2000. Acidification and effects on Atlantic salmon smolts in River Suldalslågen, spring 1999. – NINA Oppdragsmelding 672: 1-24.

The Norwegian Directorate for Nature Management initiated the FOKUS project in 1995. The purpose of the project was to examine how acidification and aluminium affect smoltification and other physiological responses in Atlantic salmon in the River Suldalslågen and how this might affect the seawater survival. The catches of Atlantic salmon in this river has been low over the last years and acidification has been suggested as an explanation for this decline.

Monitoring of water quality since 1996 has indicated that there are acidic periods in the river. These periods are characterised by low pH and high concentrations of inorganic monomeric aluminium (Ali). The acidic episodes occur when the water discharge is dominated by water from the acidic tributaries, characterised by acidic water and high concentrations of Ali. In periods where the water flow from the tributaries is moderate, the pH in the River Suldalslågen was higher than 6 and higher than the pH in the tributaries. The Ali concentration in the River Suldalslågen was lower than expected under the assumption that Al behave as a conservative element. This may be attributed to the fact that unstable forms of Al are created when acid water is mixed with water containing a higher alkalinity. The Al-concentration and -condition vary within the water-course. pH and temperature are important as modifying factors which influences the transformation rate. Dilution, turbidity measurement and diffuse water supplies influence the results.

In 1999 the Al-concentration was relatively low, < 12 ugAli/l. The contribution from the different catchment areas showed concentrations of Ali varying from 5 to 40 ugAli/l depending on the liming activity. The highest Al concentrations was measured on the 29th of March, just before a great flood. Water quality measurements also indicate higher salt concentration in water samples collected at the 29th of March compared to other samplings.

To study how these water quality conditions influence the performance of salmon smolts, experiments were carried out with wild, indigenous salmon smolts and hatchery reared smolts. The physiological status of the smolt varied within one locality, over time and among localities. The wild salmon smolts showed nearly normal physiological responses in freshwater and in cages in the river. Furthermore, seawater challenge tests performed on wild smolts showed that the plasma chloride level varied within groups, among localities and among test dates, but we found indications of osmoregulatory

problems in April. The results from seawater challenge tests of the hatchery-reared smolts indicated a non-seawater tolerant smolt at the different test periods. Therefore, results from seawater tolerance testing of hatchery-reared smolts in this study can not be used.

The Al-concentrations on the gills in 1999 were generally lower than in 1997 and 1998. At some dates, however, the concentrations were at the same low level as in 1996. Throughout the period from 1996 to 1998, the hatchery reared fish exposed in cages in the river experienced lower Al concentrations than wild fish but in May 1999 the concentrations were at the same level for the wild fish.

Smolt towed ten kilometres from the estuary of the River Suldalslågen, and released in the fjord in 1996, 1998 and 1999 had highest recapture rates in the release experiments. The straying rate was high. Recapture rate for the towed group in 1999 was good (1.12 %). This release method may be a good alternative for increasing recapture of released hatchery reared fish in the River Suldalslågen.

Key words: Acidification - Atlantic salmon - physiology - field experiments – releases of smolts - water quality.

Rita Strand & Bengt Finstad, Norwegian Institute for Nature Research, Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway.

Frode Kroglund, Norwegian Institute for Water Research, Televeien 3, NO-4879 Grimstad, Norway.

Hans-Christian Teien, Agricultural University of Norway, LAK, Box 5026, NO-1432 Ås, Norway.

Forord

For å vurdere konsekvensene og betydningen av henholdsvis forsuring og kalking i Suldalslågen ba Direktoratet for Naturforvaltning (DN), NIVA, NINA og LFI-Bergen om å utarbeide et programforslag. Innholdet i prosjektet er diskutert på møter med DN og Statkraft Engineering i 1995 og i 1996. På disse møtene møtte fast Tor G. Heggberget og Bengt Finstad fra NINA, Bjørn Olav Rosseland og Frode Kroglund fra NIVA, Gunnar G. Raddum fra LFI-Bergen og Steinar Sandøy fra DN. Programforslag forelå vinteren 1995/96. Prosjektansvar ble fordelt mellom Bengt Finstad (NINA) og Frode Kroglund (NIVA). Smoltkvalitet før kalking ble undersøkt i 1996 og 1997. Effekter av kalking på smoltkvalitet ble undersøkt i 1998. Feltseongen skulle benyttes til å evaluere fiskestatus i forhold til forsuring etter at kalkingen av vassdraget ble utvidet i 1997.

Den foreliggende rapporten er årsrapport for FOKUS-prosjektet "Forsuring- og kalkingsundersøkelser i Suldalslågen". Feltarbeidet ble gjennomført i perioden mars til mai. Resultatene her er ikke den endelig bearbeiding av materialet og konklusjoner vil kunne endres etterhvert som kunnskapen om vannkvalitet og fiskebe-stander forbedres.

Klekkeribestyrer Øyvind Vårvik takkes for et godt samarbeide gjennom denne første prosjektperioden. Vi takker for produksjon av forsøksfisk, bruk av klekkeriet og for hans tålmodighet forbundet med våre utradisjonelle arbeidstider og vårt behov for hjelp.

El-fisket ble foretatt av Hans Mack Berger og Terje Nøst. Jarle Håvardstun bidro med prøvetaking i felt. Fisken ble merket av Leidulf Fløystad, Karstein Hårsaker, Frøy Rosvoll Bystad, Sofie Nilsen og Gunnar Vårvik. Hans-Christian Teien og Lene Sørli har utført *in situ* fraksjonering av Al.

Trondheim, desember 2000

Bengt Finstad & Frode Kroglund
prosjektledere

Innhold

| | |
|--|----|
| Referat | 3 |
| Abstract | 4 |
| Forord | 5 |
| 1 Innledning | 6 |
| 2 Materiale og metoder | 7 |
| 2.1 Vannkvalitetsundersøkelser | 7 |
| 2.2 Fiskeforsøk | 7 |
| 3 Resultater | 10 |
| 3.1 Vannkjemi | 10 |
| 3.2 Fysiologiske undersøkelser av laks | 14 |
| 3.2.1 Lengde anleggsprodusert og vill laksesmolt | |
| 3.2.2 El-fiske av vill smolt | 14 |
| 3.2.3 Vill laksemolt og anleggsmolt holdt i bur i elva | 15 |
| 3.2.4 Sjøvannstester av burfisken | 18 |
| 3.2.5 Aluminium på gjellene hos villsmolt og anleggsprodusert smolt | 19 |
| 3.2.6 Gjenfangster fra utsettingsforsøk | 20 |
| 4 Diskusjon | 21 |
| 5 Litteratur | 24 |

1 Innledning

Det ble allerede tidlig på 1970-tallet antatt at Blåsjø-reguleringen ville medføre at vannkvaliteten i Suldalslågen ville forringes som følge av tilførsel av forsuret vann (Abrahamsen & Skogheim 1981; Gunnerød 1984). I de senere år har FUS-prosjektet periodevis registrert forsureningsepisoder i Suldalslågen med til dels betydelig fall i pH og økte konsentrasjoner av total aluminium (Al). I hovedvassdraget er det målt pH-verdier under 5,0. Under disse surstøt episodene vil konsentrasjonen av Al øke og kan resultere i høye Al-konsentrasjoner (> 50 µg Al). Det er antatt i enkelte rapporter fra LFS-prosjektet at disse forsureningsepisodene kan skade fiskebestandene i vassdraget (Heggberget et al. 1994; Blakar 1995), selv om slike sammenhenger ikke er forsøkt påvist (Kaasa et al. 1998). De ulike tilstandsformene til Al er heller ikke analysert eller publisert innen FUS-prosjektet, slik at forekomst av og endring i giftige fraksjoner av Al ikke kan vurderes. Da analyse av humus- og silisiuminnholdet i Suldalslågen normalt har vist lave konsentrasjoner kan man anta at det aller vesentligste av Al om våren vil foreligge på uorganisk og giftig form (I. Blakar, foredrag i Suldal; 1996). I perioder med større tilførsel av humus, for eksempel om høsten, vil den relative andelen av giftig aluminium sannsynligvis avta.

Basert på data fra de siste 15 årene synes det rimelig å konkludere med at forsureningsutviklingen i Suldalslågen delvis skyldes tilførsler av surt vann fra Blåsjømagasinet til Suldalsvannet og delvis forsureningsutviklingen i restfeltet til Suldalslågen (og da i hovedsak i områdene nedenfor demningen). I følge Blakar (1995), har reduksjon av alkalitet (bufferevne) i Suldalsvannet medført at vanntilførslene fra innsjøen etterhvert har fått mindre evne til å avgifte det periodevis sure vannet fra restfeltet. Likeledes er det vist at restfeltet til Suldalslågen periodevis er betydelig forsuret. Likeledes synes sidebekkene nedstrøms Ritland å være mer forsuret enn bekkene mellom Ritland og demningen ved Suldalsosen. Ved lav vannføring (minstevannføring over demningen ved Suldalsosen) vil tilførsler fra det sure restfeltet kunne dominere vannkvaliteten i nedre deler av Suldalslågen. Kalkingsanlegget etablert i 1986 hadde kun til formål å kalke vanntilførslene fra Suldalsvannet, ikke pH-justere vannkvaliteten ved Sand som er 20 km lengre nede i vassdraget. Dette innebærer at kalkingsanlegget ikke kan opprettholde god vannkvalitet i hele Suldalslågens lengde. Forsuringseffektene kan derfor i perioder tilta nedover i vassdraget på grunn av økte bidrag fra restfeltet.

Høsten 1997 ble kalkingen i Suldalslågen utvidet (Svein Dam Elnan, Fylkesmannen i Rogaland, pers.medd.). For innsjøkalkingen kom denne igang i månedsskiftet oktober/november 1997. Killingvatnet, Ritlandsvatnet, Augnastølsvatnet og Hiimsvatnet ble da kalket. Følgende sidevassdrag ble i tillegg kalket i månedsskiftet november/desember 1997: Osvad, Tjøstheimsåna, Tveit-

liåna og Mosåna. Innsjøene blir kalket en gang i året. Det er plassert kalkdoserere på Osvad, Tjøstheimsåna, Mosåna og Tveitliåna. Disse dosererne kom i drift i 1998 og doserte manuelt fram til oktober 1998, deretter gikk man over til automatisk dosering styrt av vannføringen i elvene. Det har vært lite driftsstans ved anleggene i 1998. I 1998 ble det totalt brukt 441 tonn kalk i kalkdoseringsanleggene (Svein Dam Elnan, Fylkesmannen i Rogaland, pers. medd., Gaute Lunde, Suldal kommune, pers.medd.)

I følge den offisielle laksestatistikken har fangstene av laks i Suldalslågen avtatt på 90-tallet. Som 10-årsmidler ble det fra 1964-73 og 1974-83 fanget henholdsvis 3 825 og 3 222 kg laks (Vasshaug, pers.medd.). Fra og med 1984 er tallene basert på den offisielle laksestatistikken. I 1989 og 90 var fangstene oppe i hhv. 5 475 og 5 491 kilo, mens fangstene i årene 1993-1995 lå på 1-2 tonn årlig, og under ett tonn fra 1996 til 1999. Årsaken til nedgangen i fangst fra 1993 er ikke avklart og ulike hypoteser som temperatur, forsurening, vassdragsreguleringer og lakselus har vært foreslått (Sægrov et al. 1997).

Før utbyggingen, dvs. i perioden 1977-79, var den beregnede tetthet av laksunger svært stabil. Etter utbyggingen og fram mot 1985 avtok denne tettheten og de laveste tettheter ble funnet i 1980 og 1984. I perioden 1986-92 økte fisketettheten jevnt (Saltveit 1994). Etter 1993 var imidlertid tettheten av yngel lav (Saltveit 1997). Denne endringen ble i LFS-prosjektet begrunnet med redusert marin overlevelse hos utvandrende smolt, som igjen har medført redusert tetthet av gytefisk. LFS-prosjektet har imidlertid ikke studert årsaken en eventuell redusert marin overlevelse. Likeledes er det antatt at fangst av stamfisk til klekkeriet har forverret situasjonen ytterligere ettersom denne fisken ikke bidrar med naturlig gyte egg og yngel i elva (Saltveit 1994). Endringene i yngel og smolttetthet er innen LFS-prosjektet kun sett i forhold til fysiske faktorer (vannmengde og temperatur) og er ikke evaluert i forhold til endringene i vannkvalitet (forsuringsutviklingen) registrert i samme periode.

Smoltundersøkelser ble foretatt i Førlandskanalen i 1990-94, i Suldalslågen og i Suldalsvatnet i 1992-94 (Pethon & Lillehammer 1995). Formålet med undersøkelsene var å finne ut hvordan utsettingene av laksunger i Førlandskanalen påvirket smoltproduksjonen, og utvandningsforhold for både villsmolt og smolt av utsatte laksunger i Suldalslågen ble undersøkt. Smoltens sjøvannstoleranse ble også testet. Preliminære forsøk med hensyn til smoltens sjøvannstoleranse antydte en toleranseterskel med hensyn til dødelighet mellom 15,5 og 20 ‰. Målinger av salinitet i de øverste lag i Sandsfjorden antydte at smolten antagelig ville få problemer med dødelighet når den nådde de ytterste deler av fjorden (Pethon & Lillehammer 1995).

I 1994, 1995, 1996, 1997 og 1998 ble smoltkvaliteten i vassdraget vurdert ut fra fysiologisk status (Kroglund et al. 1995; 1996; 1998, Finstad et al. 1999b). Undersøkelsene ble utført både med stedegen villfisk og med anleggsprodusert fisk. Resultatene fra disse undersøkelsene tydet på at Suldalslågen var moderat forsuret og at vannkvaliteten forårsaket tilstandsendringer på gjellevev, ioneregulering, enzymer og reduserte fiskens evne til å saltregulere i 34 ‰ saltvann. Disse fysiologiske og histologiske forandringene ble tolket som indikasjoner på ugunstig vannkvalitet. Vannkvalitets-forringelsene ble påvist på samtlige stasjoner i hovedvassdraget samt i Suldalsvannet. I 1999 ble disse undersøkelsene videreført.

2 Materiale og metoder

2.1 Vannkvalitetsundersøkelser

I løpet av perioden 1996-99 har det vært utført flere feltarbeid i Suldalslågen og i restfeltet til Suldalslågen for å bestemme vannkvaliteten spesielt mhp aluminium. I Suldalslågen er det utført både *in situ* og fraksjonering av Al etter lagring av vannprøver på seks stasjoner (**tabell 1**). Samtidig er det tatt vannprøver fra enkelte sidebekker til Suldalslågen.

Prøvetakingsstasjoner med tilhørende nummer er vist i **tabell 2** og i **figur 1**.

Vannkvalitetsmålinger

pH ble målt med et PHM80 Portable pH meter med Radiometer elektrode PHC2005. Temperatur/lednings-evne ble målt direkte i elven/ bekken, med et Conductivity meter LF323.

I 1999 ble kun prøver samlet inn 15-16 april fraksjonert med hensyn på ulike aluminiums tilstandsformer i felt etter metoden til Barnes/Driscoll (Barnes 1975). kombinert med partikkelfiltrering og ultrafiltrering. De andre prøvene ble fraksjonert på laboratoriet etter samme metode, men uten ultrafiltrering (**tabell 1**). Det ble analysert for følgende parametere: Na, Ca, Mg, K og Zn er bestemt vha ICP. SO_4^- og Cl ble bestemt ved hjelp av Autoanalysator. NO_3^- ble bestemt vha FIA, og TOC vha Shimano TOC-5000.

In situ fraksjonering av ulike Al tilstandsformer gir et best mulig estimat av reelle Al konsentrasjoner i vannet. I vannet kan Al foreligge på ulike tilstandsformer alt avhengig av vannkvaliteten. Ved å benytte filtre kan ulike størrelsesfraksjoner av Al bestemmes. 0,45 μm membranfiltre benyttes for å fjerne Al partikler som ellers kan medføre interferenser ved fraksjonering av Al i ulike ladningsfraksjoner. Ultrafiltre benyttes for å separere Al i høymolekylære og lavmolekylære massestørrelser. I studiet av vannkvalitetens Al toksisitet er det de høymolekylære og lavmolekylære positivt ladde Al tilstandsformene som spesielt er av interesse.

2.2 Fiskeforsøk

Fangstene av laks har gått tilbake i Suldalslågen siden tidlig på 90-tallet (**figur 2**). Hvorvidt dette skyldes forringelse av vannkvalitet er ikke kjent. For å teste vannkvalitetens betydning for overlevelse hos lakse-smolten utførte vi fysiologiske tester av vill smolt og anleggs-smolt produsert for utsetting i Suldalslågen.

I forsøkene ble det benyttet anleggsprodusert smolt (1+) fra Suldalslågens egen laksestamme hentet fra settefiskanlegget på Ritland i Suldal. Anleggsmolten ble dess-

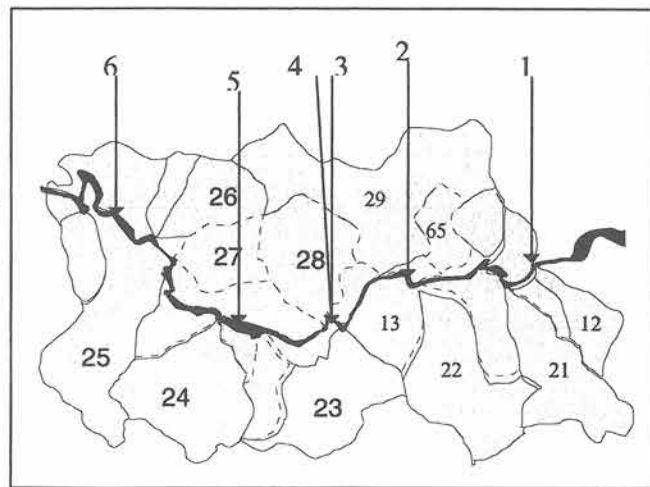
uten brukt som referanse. Anleggsprodusert laks og vill smolt, som ble fanget ved hjelp av elfiske, ble benyttet til å teste vannkvalitetens effekt på fisk i Suldalslågen. Utsatt smolt i vassdraget ble finneklippet og Carlinmerket slik at utsatt fisk ble skilt fra villfisk i vassdraget og gjorde det mulig å estimere gjenfangstrater.

Tabell 1. Ulike prøvetakingstidspunkt i Suldalslågen i 1996, 1997, 1998 og 1999.

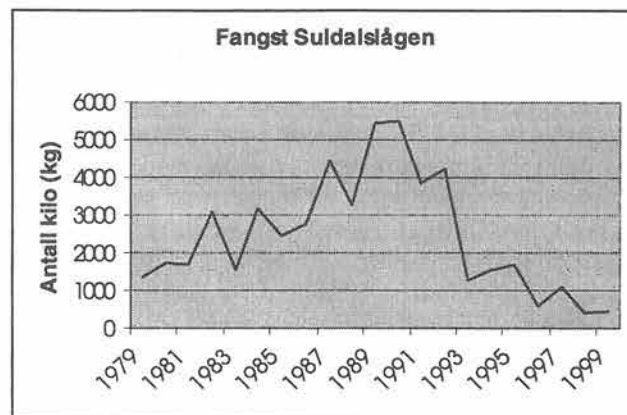
| År | Prøvetakingstidspunkt | Al-fraksjonering |
|------|-----------------------|------------------|
| 1996 | 24-25 april | <i>In situ</i> |
| | 2-6 mai | <i>In situ</i> |
| | 9 mai | <i>In situ</i> |
| | 14-15 mai | <i>In situ</i> |
| 1997 | 6-8 mai | <i>In situ</i> |
| | 22-25 april | <i>In situ</i> |
| | 1-2 mai | <i>In situ</i> |
| 1998 | 7-9 mai | <i>In situ</i> |
| | 10 mars | Laboratoriet |
| | 16 april | Laboratoriet |
| | 21 april | Laboratoriet |
| | 27 april | <i>In situ</i> |
| | 8 mai | Laboratoriet |
| 1999 | 11 mai | Laboratoriet |
| | 29-30 mars | Laboratoriet |
| | 15-16 april | <i>In situ</i> |
| | 26-28 april | Laboratoriet |
| | 10-11 mai | Laboratoriet |

Tabell 2. Ulike prøvetakingslokaliteter med stasjon/nedbørsfelt nummer.

| Stasjoner | Stasjons nr | Nedbørs feltnr |
|------------------------------------|-------------|----------------|
| Suldalslågen | | |
| Suldalsvannet | 1 | |
| Prestvika | 2 | |
| Jone | 3 | |
| Samløp Suldalslågen og Ritlandsåna | 4 | |
| Foss | 5 | |
| Mo | 6 | |
| Sidebekker | | |
| Gjuvetbekken | | 12 |
| Stråpåna | | 21 |
| Tjøsteimsåna | | 22 |
| Mosåna | | 23 |
| Fossåna | | 24 |
| Heimsåna | | 25 |
| Brommelandsbekken | | 26 |
| Grovbekken | | 27 |
| Ritlandsåna | | 28 |
| Steinsåna | | 29 |
| Kvæstadbekken | | 30 |
| Prestbekken | | 65 |



Figur 1. Suldalslågen med prøvetakingsstasjoner og nedbørsfeltet til sidebekkene som utgjør restfeltet.



Figur 2. Antall kilo laks fanget i Suldalslågen fra 1979–99.

El-fiske

Det ble el-fisket vill smolt ved ulike stasjoner og til ulike tidspunkter utover våren langs Suldalslågen. Det ble umiddelbart tatt blodprøver av ti smolt fra hver lokalitet som ble analysert med hensyn på plasmaklorid, hematokrit, glukose og gjelle-aluminium for å teste effekten av den påløpne endring i vannkvalitet på villsmolten utover våren. Ved elfisket 17.04.99 ble el-fisket villsmolt overført til bur ved de ulike fangststedene. Fisken fanget i Prestvika ble imidlertid plassert i bur i Suldalsvannet.

For å teste hvordan den utsatte fisken i vassdraget takler surt vann/ vannkvalitetsendringer i forhold til vill smolt ble anleggsprodusert laks transportert med bil og plassert til samme tid (17.04.99) i samme type bur ved siden av el-fisket villsmolt. Transporten fra anlegget til fisken var plassert i burene tok mindre enn 30 minutter.

I tillegg ble både villsmolt og anleggsfisk plassert i bur i karene i anlegget som kontroll mot forsøkene med smolt i bur i elva.

Analysér av fiskens fysiologiske respons på vannkvalitetsendringer

Endringer i vannmiljøet kan påvirke kroppsfunksjonene (fysiologiske forandringer), celle og vevsstrukturer (histologiske forandringer) og atferd til fisk. Intensiteten i endringene kan være sparsomme (uten betydning for fisken), til å medføre dødelighet.

Forsuring og mobilisering av aluminium er et eksempel på vannkvalitetsendring. Vevsskader kan påvises både etter håndtering av fisk og etter eksponering for skadelig vann. Nedenfor er noen av de viktigste variablene vi har målt beskrevet. Vi har forsøkt å beskrive funksjon til parameteren, samt hvordan denne kan komme i ubalanse:

Aluminium på gjellene indikerer mulighet for skade på gjellene, og benyttes i overvåkingsprogrammer for å indikere Al-toksisitet i vannet. Gjellevev er organet for oksygenopptak og er det organet som er mest følsomt for endringer i vannkvalitet. Når fisk eksponeres for aluminium i surt vann, oppstår strukturelle endringer i gjellene. Dersom akkumuleringen av Al er rask nok, pga høy konsentrasjon av Ali eller Al-polymerer, vil det oppstå vevsskader av et omfang som gjør at fisken dør innen kort tid (døgn, timer). I mindre giftige vannkvaliteter (lavere Ali konsentrasjoner uten Al polymerer) vil lavere Al konsentrasjoner akkumuleres på gjellene. Med tiden vil vevskader oppstå som senere kan medføre død, men endringene utvikles sakte og fisken lever lengre eller overlever. Øvre grense fra referanseavstrømning er ikke fastlagt, men grensen synes normalt å ligge i underkant av 10 µg Al/g gjelle tørrvekt i klarvannselver med høy pH og høy Ca-konsentrasjon.

Blodplasmaklorid-konsentrasjonen hos presmolt og smolt ligger normalt omkring 130-135 mM. Dersom fisk skades, f.eks. som følge av giftig vannkvalitet vil fisk både kunne tape salter fra blodet (gjennom gjeller), og ha redusert evne til å erstatte de tapte saltene (aktivt opptak gjennom gjellene). Skader på fisken resulterer i at saltkonsentrasjonen i blodet avtar. Verdier under 90 mM vil være kritiske, og det vil kunne forekomme

dødelighet i ferskvann (FV). I sjøvannstester skal smolten kunne opprettholde normal blodplasmaklorid-konsentrasjon (140-150 mM) på tross av at saltkonsentrasjonen i sjøvann (SV) er svært høy i forhold til i ferskvann (henholdsvis ca. 0,01 g salt/L i ferskvann og > 30 g salt/L i sjøvann). Skadet fisk klarer ikke å opprettholde normale blodsalter og sjøvannet vil påvirke blodsaltet. Dette registreres som forhøyede blodplasmakloridverdier. Verdier høyere enn 160 mM indikerer skade, og verdier høyere enn 170-180 mM vil kunne være kritisk med hensyn til overlevelse etter utvandring til sjøvann. Nivåene er subjektivt angitt, og vil variere som følge av forsøksbetingelsene.

Plasmaglukose er sannsynligvis den mest vanlige sekundærresponsen som inntreffer etter en stressreaksjon. Glukosenivået øker under eller etter en stressrespons for å gi energi til fisken. Økte glukosenivåer igangsettes eller opprettholdes vha. plasmakortisol og adrenalins virkning på henholdsvis muskel og lever. Normalverdier hos fisk ligger mellom 3-5 mM.

Hematokritt (prosentvolum røde blodceller) verdiene ligger normalt rundt 40 %. Fisk skadet på grunn av surt vann har vanligvis en økning i hematokritt pga. redusert blodvolum og/eller redusert saltkonsentrasjon i blodet som fører til celledvelling og/eller økt frigivelse av blodceller fra milten. I sjøvann er tendensen motsatt og hematokrittverdiene vil synke for skadet fisk.

Nivåene av plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjellealuminium grupperes fra normaltstand til dødelig (**tabell 3**).

Utsettinger av fisk

Carlinmerket smolt ble satt ut på ulike steder i Suldalslågen, ved Prestvika og i munningen av Suldalslågen. Ei gruppe ble slept utover fjorden til Høyvik, om lag 20 km fra Sand. Hver av de tre gruppene besto av 5 000 smolt.

I 1999 ble det også satt ut en gruppe på 5 000 smolt gitt beskyttelse mot lakselus (opptil 16 uker) i munningen av Suldalslågen.

Tabell 3. Kriterier for evaluering av fysiologiske effekter benyttet i denne rapporten. I saltvannstestene må smoltstatus og referanseverdier inkluderes som vurderingsgrunnlag. x = grense ikke fastsatt.

| | Dødelig | Betydelig effekt | Moderat effekt | Mulig effekt | Normal tilstand |
|-------------------------------------|---------|------------------|----------------|--------------|-----------------|
| Plasma-Cl i ferskvann (mM) | < 90 | 90-110 | 110-119 | 120 | > 125 |
| Plasma-Cl i saltvannstester (mM) | > 190 | 170-190 | 160-170 | 160 | < 150 |
| Hematokritt i ferskvann (%) | > 65 | 55-65 | 51-55 | 46-50 | < 45 |
| Hematokritt i saltvannstester (%) | < 20 | 20-30 | 30-40 | 40 | > 40 |
| Gjelle-Al (µg Al/g gjelle tørrvekt) | x | > 200 | x | >10 | < 10 |
| Glukose (mM) | > 12 | 9-12 | 6-9 | 5-6 | < 6 |

3 Resultater

3.1 Vannkjemi

Hydrologi

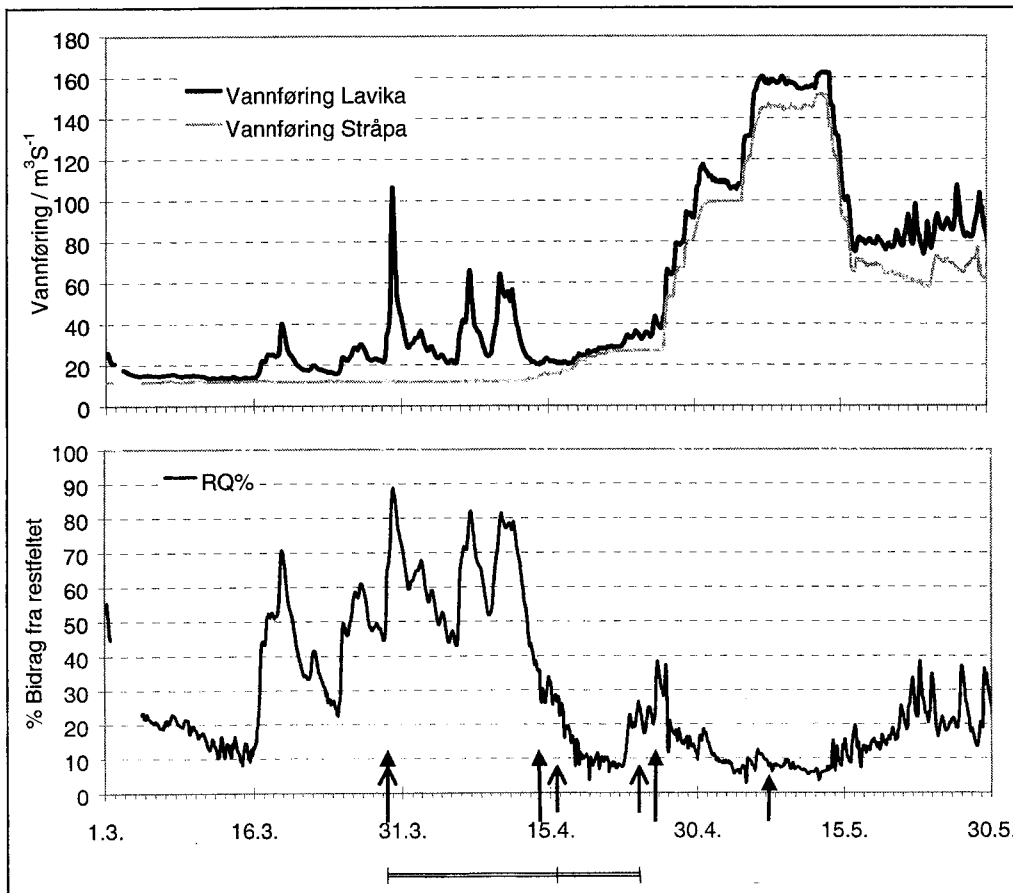
I perioden mars-mai våren 1999 var det spesielt tre flom-episoder med stort bidrag fra restfeltet. Den største flommen fant sted 29.-31. mars, hvor ca 90 % av vannføringen i Suldalslågen var fra restfeltet. 7. og 10. april var det også to flomepisoder hvor restfeltet bidro med ca 80 % av vannføringen. Generelt var det et stort bidrag fra restfeltet i hele perioden fra 26. mars til 14. April. Senere var bidraget fra restfeltet lite av den totale vannføringen (**figur 3**).

Vannkvalitet

Vanntemperaturen i Suldalslågen ble kun målt 15. april, temperaturen varierte fra 3,6 til 5,2 °C (**tabell 4**). Det er en økning av vanntemperaturen med 1 °C i vassdraget fra Suldalsvannet til nederst i Suldalslågen, (stasjon Mo).

Etter årskiftet 1997-98 ble flere sidebekker til Suldalslågen kalket. Denne effekten kommer tydelig fram i prøvene innsamlet i vassdraget (**tabell 5**). Det er en økning av pH fra Suldalsvannet til Prestvika og videre til stasjon Mo nederst i vassdraget. I snitt øker pH med 0,4 pH enheter. Konsentrasjonen av Ca øker også fra Suldalsvannet til Prestvika og videre til stasjon Mo. Våren 1999 var pH høyere enn 6,3 i Suldalslågen ved alle datoer for innsamling av vannprøver. Selv under starten av flomepisoden 30. mars, ble det målt en god pH i Suldalslågen (prøver innsamlet 29. mars). Ved andre tidspunktene hvor det ble innsamlet vannprøver ble det målt pH verdier mellom 6,56 og 6,74 i Suldalslågen. Dette er høye pH verdier og tilsvarer pH -verdiene som ble registrert våren 1998.

Fra Suldalsvannet og til utløpet i vassdraget ved Mo var det en svak økning i Cl og Na konsentrasjon som indikerer økt bidrag av salter fra restfeltet spesielt fra stasjon Jone og til utløpet. De nederste sidefeltene til Suldalslågen indikerer større påvirkning av sjøsalter enn de sidefeltene som ligger lengre inn i vassdraget.



Figur 3a. Vannføring i Suldalslågen i perioden mars-juni 1999 ved Stråpa (øverst i vassdraget) og ved Lavika (nederst i vassdraget). **b.** Bidraget fra restfeltet (%) til total vannføring nederst ved utløpet. Lukkede piler angir tidspunkt for innsamling av vannprøver, åpne piler angir tidspunkt for el-fiske og prøvetaking av villsmolt. Dobbelt strek nederst angir periode for bureksponering av fisk.

Tabell 4. Konsentrasjoner av ulike elementer i Suldalsvannet og Suldalslågen våren 1999.

| Lokalitet | Dato | µS/cm | | °C | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
|-----------------|----------|-------|--------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|
| | | pH | Ledningsevne | | | | | | | | | | | |
| 1 Suldalsvannet | 29.03.99 | 5,91 | 17 | | 0,79 | 1,35 | 0,24 | 37 | 0,44 | 0,6 | 1,8 | 0,92 | < 0,02 | < 0,02 |
| 1 Suldalsvannet | 15.04.99 | 6,08 | 17 | 4,3 | 1,52 | 1,39 | 0,25 | 38 | 0,46 | | 2,0 | 0,85 | < 0,02 | < 0,02 |
| 1 Suldalsvannet | 27.04.99 | 6,06 | 15,6 | | 0,82 | 1,27 | 0,23 | 38 | 0,40 | 0,6 | 1,5 | 0,82 | < 0,02 | < 0,02 |
| 1 Suldalsvannet | 10.05.99 | 6,21 | 14,5 | | | 1,07 | 0,20 | 21 | 0,36 | 0,2 | 1,5 | 0,90 | < 0,02 | < 0,02 |
| 2 Prestvika | 29.03.99 | 6,40 | 21 | | 0,71 | 1,44 | 0,28 | 37 | 0,53 | 0,4 | 1,8 | 1,59 | 0,02 | < 0,02 |
| 2 Prestvika | 15.04.99 | 6,66 | 23 | 3,6 | 1,15 | 1,49 | 0,29 | 42 | 0,50 | | 2,0 | 1,69 | 0,02 | < 0,02 |
| 2 Prestvika | 26.04.99 | 6,56 | 19,2 | | 0,73 | 1,10 | 0,19 | 30 | | 0,6 | 1,6 | 0,85 | | |
| 3 Jone | 29.03.99 | 6,41 | 22 | | 1,47 | 1,64 | 0,31 | 53 | 0,60 | 0,6 | 2,2 | 1,54 | < 0,02 | < 0,02 |
| 3 Jone | 15.04.99 | 6,75 | 23 | 5,3 | 1,49 | 1,58 | 0,30 | 39 | 0,55 | | 2,0 | 1,73 | < 0,02 | < 0,02 |
| 3 Jone | 27.04.99 | 6,74 | 18,9 | | 0,63 | 1,06 | 0,17 | 35 | | | | 0,88 | | |
| 3 Jone | 10.05.99 | 6,64 | 17,8 | | | 1,11 | 0,21 | | 0,39 | 0,4 | 1,3 | 1,60 | < 0,02 | < 0,02 |
| 5 Foss | 15.04.99 | 6,65 | 23 | 5,2 | | 1,66 | 0,32 | 37 | 0,60 | | 2,0 | 1,68 | < 0,02 | < 0,02 |
| 5 Foss | 11.05.99 | 6,75 | 18 | | | 1,14 | 0,21 | 8 | 0,39 | 0,4 | 1,8 | 1,58 | < 0,02 | < 0,02 |
| 6 Mo | 29.03.99 | 6,31 | 23 | | 1,74 | 1,91 | 0,34 | 93 | 0,64 | 0,8 | 2,3 | 1,40 | 0,05 | < 0,02 |
| 6 Mo | 15.04.99 | 6,65 | 23 | 5,2 | 1,17 | 1,72 | 0,32 | 49 | 0,60 | | 2,0 | 1,55 | 0,02 | < 0,02 |
| 6 Mo | 28.04.99 | 6,67 | 19,4 | | 0,94 | 1,44 | 0,25 | 34 | 0,48 | 0,6 | 2,2 | 1,51 | < 0,02 | < 0,02 |
| 6 Mo | 11.05.99 | 6,74 | 17,8 | | | 1,13 | 0,22 | | 0,40 | 0,4 | 1,5 | 1,56 | < 0,02 | < 0,02 |

Tabell 5. Konsentrasjoner av generelle vannparametere ved stasjonene i Suldalslågen våren 1999. Konsentrasjonene er angitt som snittverdier med ±standardavvik beregnet ut i fra 3-4 prøver innsamlet fra hver stasjon.

| Lokalitet | pH | Kond. µS/cm | Temp. C° | TOC mg/l | Na mg/l | Mg mg/l | Ca mg/l | Fe mg/l | Zn mg/l | Si mg/l | SO ₄ mg/l | Cl mg/l |
|-------------|-----|----------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------|------------|
| 1 Suldalsv. | 6,1 | 15,7 ± 1,3 | 4,3 | 1,0 ± 0,4 | 1,3 ± 0,1 | 0,2 ± 0,0 | 0,9 ± 0,0 | < 0,02 | < 0,02 | 0,4 ± 0,0 | 1,4 ± 0,7 | 1,7 ± 0,2 |
| 2 Prestvika | 6,5 | 20,1 ± 1,3 | 3,6 | 0,9 ± 0,2 | 1,3 ± 0,2 | 0,3 ± 0,1 | 1,4 ± 0,5 | 0,02 | < 0,02 | 0,5 ± 0,0 | 1,5 ± 0,4 | 1,8 ± 0,2 |
| 3 Jone | 6,6 | 19,6 ± 2,2 | 5,3 | 1,2 ± 0,5 | 1,3 ± 0,3 | 0,2 ± 0,1 | 1,4 ± 0,4 | < 0,02 | < 0,02 | 0,5 ± 0,1 | 1,5 ± 0,4 | 1,8 ± 0,5 |
| 5 Foss | 6,7 | 18,0 | 5,2 | | 1,4 ± 0,4 | 0,3 ± 0,1 | 1,6 ± 0,1 | < 0,02 | < 0,02 | 0,5 ± 0,1 | 1,2 | 1,9 ± 0,1 |
| 6 Mo | 6,6 | 20,8 ± 2,7 | 5,2 | 1,3 ± 0,4 | 1,6 ± 0,3 | 0,3 ± 0,1 | 1,6 ± 0,1 | 0,03 | < 0,02 | 0,5 ± 0,1 | 1,8 ± 0,6 | 2,0 ± 0,4 |

Økningen i salter ble registrert spesielt i vannprøver innsamlet 29. mars under starten av en stor flomepisode 30. mars. Den 29. mars var det en økning fra 1,8 til 2,3 mg/l Cl i vassdraget. Ved andre innsamlings tidspunkt var det kun små variasjoner. Konsentrasjonen på 2,3 mg/l Cl utgjør imidlertid ingen betydelig sjøsaltepisode i Suldal. Under tidligere sjøsaltepisoder i Suldal er det registrert betydelig høyere Cl konsentrasjoner (5-9 mg/l).

Under normalsituasjoner i vassdraget endres konsentrasjonen av organisk materiale (TOC) lite nedover i Suldalslågen. Men under starten av en flomepisode, tilsvarende forholdene når vannprøvene ble innsamlet 29. mars, var det en økning av TOC konsentrasjonen nedover i vassdraget (0,8 til 1,7 mg/l).

Aluminium

Konsentrasjonen av Al (**tabell 6 a, b**) var relativ lav (ca. 40 µg/l) og det ble registrert små endringer mellom de enkelte stasjonene i vassdraget, med unntak 29. mars hvor det var en betydelig økning av Al konsentrasjon nedover vassdraget (fra 37 til 93 µg/l). Dette indikerte et økt bidrag av Al fra restfeltene under starten av flomepisoden 30. mars. Konsentrasjonen av partikulært Al er normalt ubetydelig i Suldalslågen, men under flomepisoder som 29. mars ble det målt en lav konsentrasjon av partikulært Al.

Konsentrasjonen av reaktivt Al var lav (< 20 µg/l) i vassdraget og varierte lite mellom de enkelte stasjonene. I vannprøver innsamlet 29. mars ble det imidlertid målt en høyere konsentrasjon av reaktivt Al og det ble også

Tabell 6a. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/l}$) av ulike tilstandsformer målt ved de enkelte stasjonene i Suldalslågen våren 1999. Konsentrasjonene er angitt som snittverdier med \pm standardavvik beregnet ut i fra 3-4 prøver innsamlet fra den enkelte stasjon.

| | Lokalitet | Al totalt | Al > 0,45 | Ala > 0,45 | Al < 0,45 | Alc < 0,45 | Ala < 0,45 | Alo < 0,45 | Ali < 0,45 |
|---|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 1 | Suldalsv. | 34 \pm 8 | 8 \pm 4 | 4 \pm 4 | 26 \pm 8 | 5 \pm 9 | 21 \pm 8 | 16 \pm 7 | 5 \pm 4 |
| 2 | Prestvika | 36 \pm 6 | 10 \pm 9 | 2 \pm 1 | 27 \pm 7 | 11 \pm 10 | 18 \pm 8 | 14 \pm 5 | 4 \pm 3 |
| 3 | Jone | 42 \pm 9 | 10 \pm 6 | 2 \pm 1 | 32 \pm 15 | 10 \pm 6 | 18 \pm 11 | 12 \pm 11 | 6 \pm 1 |
| 5 | Foss | 37 | | | 45 | 31 | 18 \pm 6 | 6 \pm 3 | 12 \pm 1 |
| 6 | Mo | 59 \pm 31 | 14 \pm 18 | 2 \pm 2 | 45 \pm 14 | 18 \pm 10 | 23 \pm 15 | 16 \pm 15 | 7 \pm 2 |

Tabell 6b. Konsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$) av HMM og LMM Al tilstandsformer, fraksjonert in situ 15 april.

| | Lokalitet | Al HMM | Alc HMM | Ala HMM | Alo HMM | Ali HMM | Alr LMM | Alc LMM | Ala LMM | Alo LMM | Ali LMM |
|---|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | Suldalsv. | 22 | 8 | 14 | 17 | < 1 | 13 | 10 | 3 | < 3 | 1 |
| 2 | Prestvika | 23 | 13 | 9 | 10 | < 1 | 7 | 6 | < 3 | < 3 | 1 |
| 3 | Jone | 16 | 7 | 10 | 9 | 1 | 8 | 5 | 3 | < 3 | 3 |
| 5 | Foss | 33 | 24 | 9 | < 3 | 9 | 12 | 7 | 5 | 10 | < 1 |
| 6 | Mo | 34 | 25 | 8 | 13 | < 1 | 12 | 4 | 9 | < 3 | 8 |

registrert en økning nedover i vassdraget fra 25–43 $\mu\text{g/l}$. Konsentrasjonen av positivt ladd Al (Ali) var imidlertid lav (< 10 $\mu\text{g/l}$) og reflekterte pH verdiene.

Vannprøver fraksjonert in situ 15 april (på slutten av en lang periode med stort vannbidrag fra restfeltet) viste imidlertid at en stor andel av Al (> 70 %) forelå på kolloidale former (HMM) og en liten konsentrasjon forelå som LMM aluminium. Dette er endrede trender i forhold til hva som ble målt i vassdraget før kalking av sidebekker, men dette kan også være en effekt av at vannprøven er samlet inn under relativt høy vannføring.

Restfeltet til Suldalslågen.

I sidebekkene ble temperaturen målt 15-16 april og den varierte relativt mye mellom sidevassdragene, 2,2 til 7,2 °C (tabell 7). Klekkeriet hadde en temperatur på 4,3 °C.

I Fossåna, Brommelandsbekken, Heimsåna og Fossebakkbekken ble de laveste pH verdiene målt, med verdier på 5,2-5,7. De resterende sidebekkene hadde pH verdier høyere enn 6,0. pH på klekkeriet varierte mellom 6,2 til 6,6. Konsentrasjonen av Ca samsvarer godt med pH verdiene. I sidebekkene Tjostheimsåna og Mosåna måles de høyeste Ca konsentrasjonene (> 2,5 mg/l) og her registrer også de høyeste pH nivåene (6,88-6,92).

Aluminium

Konsentrasjonen av Al varierte betydelig mellom sidebekkene (28-187 $\mu\text{g/l}$) (tabell 8a, b). Generelt var Al-partikler ubetydelig og det ble målt kun kolloidalt og LMM Al. Unntaket var 29. mars hvor det ble målt lave konsentrasjoner av Al partikler og en høyere Al konsentrasjon. Dette ble registrert i prøver innsamlet 29. mars under starten av storflommen 30. mars. Den 16. april etter en lengre periode med stort bidrag fra restfeltet ble det målt en relativ høy konsentrasjon av kolloidalt Al i sidebekkene som totalt omfatter 50-70 %.

I sidefeltene forelå en betydelig andel av Al som ikke-reaktiv (Alc) og kun 30–50 % forelå som reaktivt Al (Ala) og da hovedsakelig som Alo. Unntak er sidevassdrag med lav pH (< 5,7) hvor fraksjonen av reaktivt Al er betydelig større og konsentrasjonen av positivt ladd Al er relativt høy (13-40 $\mu\text{g/l}$). I sidevassdrag med »god» pH (> 6,0) ble det målt lave konsentrasjoner av positivt ladd Al (< 10 $\mu\text{g/l}$) med enkelte verdier opp mot 17 $\mu\text{g/l}$.

I klekkeriets driftsvann ble det målt en relativ stor variasjon i Al konsentrasjonen (28-90 $\mu\text{g/l}$). De høyeste konsentrasjonene ble målt 29. mars og 16. april, hvor det også er en betydelig partikulær Al konsentrasjon (10-20 %) som ikke ble registrert i prøver innsamlet senere. Dette samsvarer godt med en relativt høy konsentrasjon av organisk materiale som også ble registrert 29. mars og 16. april. Konsentrasjonen av positivt ladd Al varierte fra 5-18 $\mu\text{g/l}$.

Tabell 7. Konsentrasjoner av vannparametere ved de enkelte stasjonene i sidebekkene til Suldalslågen våren 1999. I noen sidebekker ble det samlet inn vannprøver flere ganger og her er konsentrasjonene angitt som snittverdier med \pm standardavvik beregnet ut i fra 3-4 prøver innsamlet. I de resterende sidebekkene ble det kun innsamlet vannprøve 16. april.

| Lokalitet | pH | Kond. $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Temp. $^{\circ}\text{C}$ | TOC mg/l | Na mg/l | Mg mg/l | Ca mg/l | Fe mg/l | Si mg/l | SO_4 mg/l | Cl mg/l |
|------------------|------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 12 Gjuvbekken | 6,76 | 23 | 3,0 | | 2,0 | 0,3 | 1,4 | < 0,02 | 0,86 | | |
| 21 Stråpåna | 6,44 | 24 | 2,2 | 4,8 | 2,0 | 0,3 | 1,1 | < 0,02 | 0,56 | | |
| 22 Tjøstheimsåna | 6,88 | 23 | 3,7 | 0,7 | 2,0 | 0,3 | 2,5 | 0,04 | 0,72 | | |
| 23 Mosåna | 6,92 | 29 | 3,2 | 0,4 | 1,7 | 0,3 | 3,1 | 0,03 | 0,65 | | |
| 24 Fossåna | 5,44 | 19 \pm 4,5 | 3,7 | 1,7 \pm 0,3 | 1,7 \pm 0,5 | 0,2 \pm 0,1 | 0,8 \pm 0,5 | 0,03 | 0,5 \pm 0,07 | 1,4 \pm 0,35 | 2,1 \pm 0,79 |
| 25 Himsåna | 5,37 | 20 \pm 2,1 | 2,4 | 2,3 \pm 0,8 | 1,8 \pm 0,3 | 0,3 \pm 0,1 | 0,6 \pm 0,2 | 0,05 | 0,4 \pm 0,01 | | |
| 26 Brommeland | 5,58 | 18 \pm 0 | 2,3 | 1,7 \pm 0,3 | 1,8 \pm 0 | 0,3 \pm 0 | 0,5 \pm 0, | 0,02 | 0,5 \pm 0,02 | | |
| 27 Grovbekken | 6,33 | 27 | 3,7 | | 1,6 | 0,2 | 0,4 | 0,09 | 0,45 | | |
| 28 Ritlandsåna | 6,16 | 23 \pm 2,1 | 3,3 | 1,7 \pm 0,7 | 2,2 \pm 0,3 | 0,3 \pm 0 | 1,1 \pm 0 | 0,03 | 0,5 \pm 0,07 | 2,4 \pm 0 | 2,8 \pm 0,35 |
| 29 Steinåna | 6,77 | 25 | 5,9 | 1,6 | 2,0 | 0,3 | 1,5 | 0,02 | 0,57 | | |
| 30 Kvæstadbekken | 6,56 | | | | 1,7 | 0,2 | 0,6 | < 0,02 | 0,00 | | |
| 65 Prestbekken | 6,36 | 35 \pm 4,9 | 7,2 | 1,7 \pm 0,4 | 2,5 \pm 0,2 | 0,5 \pm 0,1 | 2,2 \pm 0,4 | 0,03 | 1,2 \pm 0,25 | | |
| Bekk ved Mo | | | | | | | | | | | |
| laksegård | 5,43 | 23 | | 2,0 | 2,3 | 0,3 | 0,7 | 0,05 | 0,54 | | |
| Mosmyrbekken | 6,37 | 24 | 4,3 | | 2,4 | 0,4 | 1,0 | 0,05 | 0,70 | | |
| Fossedalsbek. | 5,72 | 17 | 3,3 | | 1,8 | 0,2 | 0,7 | 0,08 | 0,64 | | |
| Klekkeriet | 6,33 | 26 \pm 0,6 | 4,3 | 3,3 \pm 2,4 | 2,2 \pm 0,3 | 0,3 \pm 0 | 1,8 \pm 0,4 | 0,03 | 0,5 \pm 0,02 | 1,4 \pm 0,35 | 2,7 \pm 0,35 |

Tabell 8a. Konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{l}$) av ulike Al tilstandsformer målt i sidebekkene til Suldalslågen våren 1999. I noen sidebekker ble det samlet inn vannprøver flere ganger og her er konsentrasjonene angitt som snittverdier med \pm standardavvik beregnet ut i fra 3-4 prøver innsamlet. I de resterende sidebekkene ble det kun innsamlet vannprøve 16 april.

| Lokalitet | Alr | Alc | Ala | Alt > 0,45 | Ala > 0,45 | Al < 0,45 | Alc < 0,45 | Ala < 0,45 | Alo < 0,45 | Ali < 0,45 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 12 Gjuvbekken | 44 | 31 | 13 | 8 | < 1 | 36 | 21 | 15 | 10 | 5 |
| 21 Stråpåna | 28 | 15 | 13 | < 1 | < 1 | 28 | 15 | 13 | 7 | 6 |
| 22 Tjøstheimsåna | 82 | 48 | 34 | < 1 | < 1 | 84 | 45 | 39 | 22 | 17 |
| 23 Mosåna | 90 | | | < 1 | | 90 | 68 | 22 | 21 | 1 |
| 24 Fossåna | 94 \pm 25 | 44 \pm 21 | 60 \pm 17 | 5 \pm 8 | 2 \pm 2 | 84 \pm 22 | 28 \pm 20 | 53 \pm 15 | 28 \pm 7 | 25 \pm 12 |
| 25 Himsåna | 82 \pm 27 | 32 \pm 6 | 50 \pm 21 | 6 \pm 8 | < 1 \pm 0 | 79 \pm 16 | 28 \pm 7 | 51 \pm 23 | 33 \pm 22 | 18 \pm 1 |
| 26 Brommeland | 81 \pm 2 | 31 \pm 14 | 50 \pm 12 | 8 \pm 3 | 2 \pm 3 | 73 \pm 5 | 25 \pm 15 | 48 \pm 10 | 30 \pm 8 | 18 \pm 2 |
| 27 Grovbekken | 187 | 116 | 71 | 7 | 1 | 180 | 110 | 70 | 50 | 20 |
| 28 Ritlandsåna | 85 \pm 1 | 40 \pm 17 | 45 \pm 18 | 9 \pm 2 | 4 \pm 2 | 76 \pm 3 | 35 \pm 13 | 41 \pm 16 | 23 | 6 |
| 29 Steinåna | 66 | 46 | 20 | 8 | 1 | 58 | 40 | 18 | 8 | 11 |
| 30 Kvæstadbekken | 183 | 145 | 38 | 21 | < 1 | 162 | 116 | 47 | 54 | < 1 |
| 65 Prestbekken | 49 \pm 25 | 28 \pm 13 | 22 \pm 13 | 26 \pm 25 | 7 \pm 4 | 23 \pm 1 | 10 \pm 14 | 15 \pm 18 | 12 \pm 15 | 3 \pm 3 |
| Bekk ved Mo | | | | | | | | | | |
| laksegård | 108 | 32 | 76 | 2 | < 1 | 106 | 30 | 76 | 40 | 36 |
| Mosmyrbekken | 120 | 82 | 38 | 24 | 2 | 96 | 61 | 35 | 31 | 4 |
| Fossedalsbekken | 174 | 110 | 65 | 1 | < 1 | 173 | 101 | 72 | 60 | 13 |
| Klekkeriet | 62 \pm 28 | 71 | 21 | 10 \pm 6 | 3 | 52 \pm 25 | 24 \pm 28 | 32 \pm 8 | 21 \pm 10 | 10 \pm 5 |

Tabell 8b. Konsentrasjonen ($\mu\text{g/l}$) av HMM og LMM Al tilstandsformer, fraksjonert in situ 15 april.

| Lokalitet | Al HMM | Alc HMM | Ala HMM | Alo HMM | Ali HMM | Alc LMM | Alc LMM | Ala LMM | Alo LMM | Ali LMM |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 22 Tjøstheimsåna | | | | 18 | | 83 | 72 | 11 | 4 | 7 |
| 23 Mosåna | 43 | 27 | 15 | 17 | < 1 | 48 | 41 | 6 | 3 | 3 |
| 24 Fossåna | 42 | 26 | 16 | 17 | < 1 | 46 | 22 | 24 | 11 | 14 |
| 25 Himsåna | 51 | 30 | | 13 | | 17 | 3 | 14 | < 3 | 13 |
| 26 Brommeland | 43 | 15 | 13 | 9 | 4 | 30 | 10 | 20 | < 3 | 9 |
| 27 Grovbekken | 112 | 57 | 55 | 44 | 11 | 68 | 53 | 15 | 6 | 9 |
| 28 Ritlandsåna | 44 | 31 | 14 | | | 29 | 14 | 16 | | |
| 29 Steinåna | 44 | 25 | | | | 14 | | | | |
| Klekkeriet | 49 | 64 | | 14 | | 33 | 15 | 18 | < 3 | 17 |

3.2 Fysiologiske undersøkelser av laks

3.2.1 Fysiologisk tilstand hos laksesmolt

Anleggsp produsert smolt var større enn villsmolten både i 1997 (t-test, $t = 11,616$, $df = 759$, $p < 0,001$), i 1998 ($t = 22,022$, $df = 636$, $p < 0,001$) og i 1999 ($t = 16,600$, $df = 508$, $p < 0,001$) (**Figur 4**).

Anleggsp produsert smolt varierte i lengde mellom år (Oneway ANOVA, $F = 96,696$, $df = 2$, $p < 0,001$). Det var ingen forskjeller i størrelse hos villsmolten mellom år ($F = 1,934$, $df = 2$, $p > 0,05$) (**tabell 9**).

Anleggsp fiskens fysiologiske status i ferskvann forut for overføring til forsøket (30.03.99) var god og de målte verdiene var innenfor forventet normaltilstand (**tabell 10**). Gjelle-Al konsentrasjonene var lave ($< 15 \mu\text{g Al/g tv}$), dog var konsentrasjonene målt 30. mars høyere enn konsentrasjonene målt i april og mai. Sjøvannstesting av anleggssmolten den 30.03.99, 17.04.99, 28.04.99 og den 12.05.99 viste at den ikke til noen av disse tidspunktene var sjøvannstolerant. Anleggsp fisken var derfor uegnet som testorganisme for sjøvannstoleranse i denne undersøkelsen.

3.2.2 Fysiologisk status hos villfanget smolt

Villsmolt ble el-fisket på fem stasjoner og det ble tatt prøver som ble analysert med hensyn på plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjelle-aluminium (**tabell 11**).

Smoltstørrelsen var lik hos smolten fanget ved de ulike stasjoner, og størrelsen endret seg ikke utover prøvetakingsperioden (ANOVA, $p > 0,05$). Anleggssmolten i kar på anlegget var større (150,1 mm, $SD = 12,3$) enn

el-fisket smolt fra elva (118,6 mm, $SD = 11,0$) (t-test, $t = 9,048$, $df = 80$, $p < 0,001$).

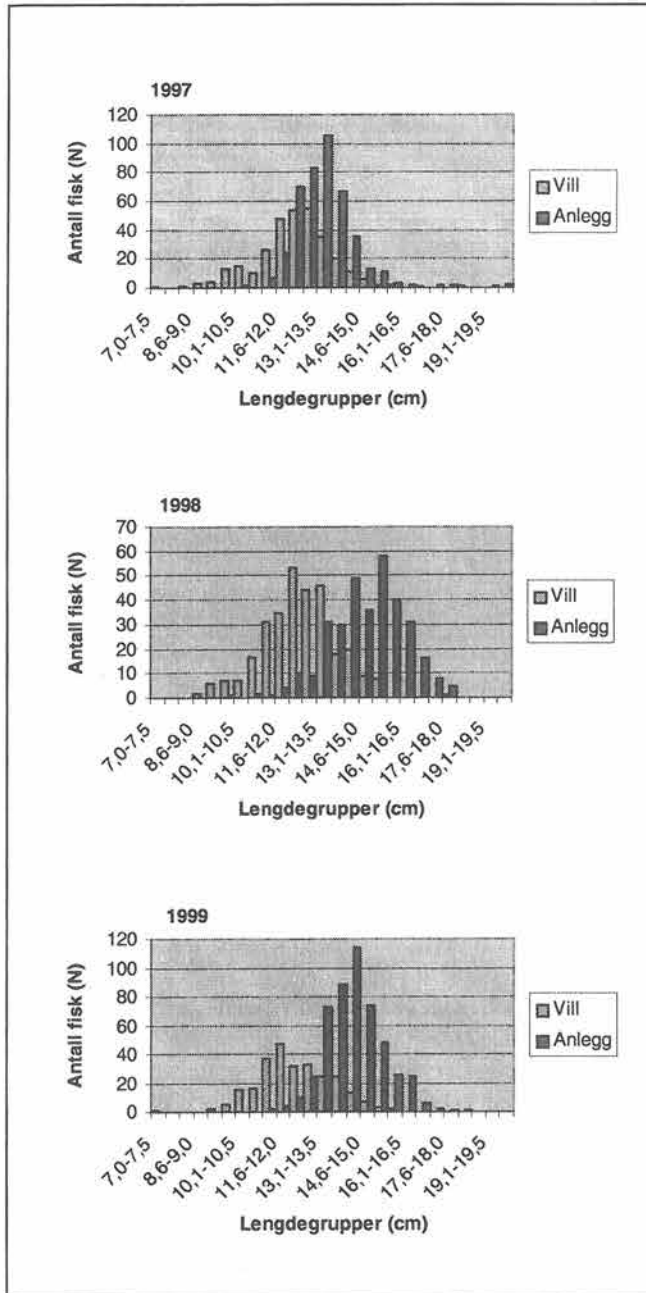
Det var ingen endring i plasmaklorid i ferskvann mellom de enkelte stasjonene gjennom forsøksperioden, bortsett fra hos smolten fanget ved Prestvika, hvor målingene i mars viste høyere verdi enn tilsvarende målinger i april (Oneway ANOVA, $F = 7,672$, $p < 0,01$). Plasmaklorid-nivået hos smolten fanget i Prestvika var imidlertid ikke forskjellig fra nivået hos fisk fanget på de andre stasjonene (ANOVA, $p > 0,05$). Anleggssmolten hadde også høyt klorid-nivå i ferskvann i mars, signifikant lavere i april ($F = 15,148$, $p < 0,01$), men var ikke forskjellig fra villsmolt ved de enkelte stasjonene (ANOVA, $p > 0,05$).

Med unntak av fisk fanget ved stasjon Foss den 17.04.99 var hematokrittnivået innenfor normalområdet ved alle stasjoner og prøvetidspunkter. Hematokrittnivået var høyere enn normalt og signifikant høyere enn hos fisk fanget både tidligere og senere på stasjon Foss (Oneway ANOVA, $F = 27,502$, $df = 2$, $p < 0,001$). Hematokrittnivået var også noe høyere ved siste el-fiske periode i forhold til de to tidligere prøveperioder hos fisk fanget ved Mo ($F = 7,731$, $df = 2$, $p < 0,001$).

Glukoseverdiene lå innen normalområdet ved alle stasjoner og prøvetidspunkter (**tabell 3**). Gjennomsnittsverdiene varierte fra 3,2-5,3 mM, og ingen forskjeller ble registrert innen stasjonene over tid (ANOVA, $p < 0,05$).

Konsentrasjonen av gjelle-Al lå mellom 15 og 44 ($\mu\text{g/g}$ gjelle tørrvekt) på de ulike stasjoner ved den første el-fiskeperioden i slutten av mars og var lavere enn 10 $\mu\text{g/g}$ tørrvekt gjelle på begge prøvetakingsdatoene i april. Konsentrasjoner høyere enn 10 $\mu\text{g/g}$ gjelle tørrvekt antyder en akkumulering og betraktes som indikasjon på en Al-belastning. Endringene over tid var signifikante på Foss og Jone (Oneway ANOVA, $df = 2$, $p < 0,01$). Al-konsentrasjonen målt hos fisken fanget

ved Mo og Prestvika viste stor variasjon og var ikke signifikant forskjellig i de ulike prøvetakingsperiodene. Gjennomsnittsverdiene var innen normalområdet de to siste periodene ($p > 0,05$).



Figur 4. Lengdefordeling hos anleggsmolt og villsmolt i forsøkene i Suldalslågen 1997-99

Tabell 9. Smoltstørrelse (mm) hos villsmolt og anleggsmolt produsert smolt benyttet i forsøkene i 1997-99.

| År | Villsmolt | | | Anleggsmolt | | |
|------|-----------|------|--------|-------------|------|--------|
| | mm | sd | antall | mm | sd | antall |
| 1997 | 122,5 | 13,6 | 325 | 133,0 | 11,1 | 436 |
| 1998 | 123,7 | 13,6 | 305 | 147,2 | 13,3 | 333 |
| 1999 | 121,4 | 14,6 | 247 | 142,2 | 17,6 | 522 |

Tabell 10. Kontrollverdiene av forsøksfisken i anlegget i 1999.

| | Ferskvann | Saltvann |
|--------------------------------|--------------|--------------|
| Dødelighet (%) | | |
| 30.03.99 | 0 | 0 |
| 17.04.99 | 0 | 0 |
| 28.04.99 | 0 | 0 |
| 12.05.99 | 0 | 20 |
| Plasmaklorid (mM) | | |
| 30.03.99 | 153,8 ± 9,1 | 167,6 ± 8,8 |
| 17.04.99 | 137,5 ± 4,8 | 171,8 ± 18,1 |
| 28.04.99 | 147,6 ± 10,2 | 192,8 ± 18,6 |
| 12.05.99 | 132,8 ± 5,2 | 209,2 ± 15,3 |
| Hematokritt (%RBC) | | |
| 30.03.99 | 33,8 ± 2,5 | 42,6 ± 2,7 |
| 17.04.99 | 44,2 ± 3,8 | 42,6 ± 3,1 |
| 28.04.99 | 45,7 ± 3,6 | |
| 12.05.99 | | 33,7 ± 4,2 |
| Blodglukose (mM) | | |
| 30.03.99 | 4,2 ± 0,2 | |
| 17.04.99 | 5,3 ± 1,5 | |
| 28.04.99 | 4,3 ± 1,2 | |
| 12.05.99 | 5,7 ± 1,4 | |
| mg Al/g tørrvekt gjelle | | |
| 30.03.99 | 14,8 ± 13,0 | |
| 17.04.99 | 2,0 ± 0,0 | |
| 28.04.99 | 7,0 ± 7,2 | |
| 12.05.99 | 4,6 ± 2,9 | |

3.2.3 Fysiologisk tilstand hos vill laksesmolt og anleggsmolt holdt i bur i elva

Vill laksesmolt ble el-fisket på fire ulike stasjoner i elva (figur 1) og plassert i bur ved fangststedet den 17.04.99. Anleggsmolt ble samtidig transportert fra anlegget og plassert i bur i elva ved siden av villsmolten. Måling av fysiologiske parametre som plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjelle-Al ble foretatt av begge gruppene ved ulike tidspunkt utover våren (tabell 12 og

Tabell 11: Utvikling i plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjelle-aluminium hos el-fisket vill smolt fra fire stasjoner i Suldalslågen og kontrollfisk som er prøver av anleggsmolt i kar i anlegget i 1999. Gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD) er gitt.

| | Mo | | Foss | | Ritland (Jone) | | Prestvika | | Kontroll (anlegg) | |
|-----------|-------|------|-------|------|----------------|------|-----------|------|-------------------|------|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Plasma Cl | | | | | | | | | | |
| 29.03.99 | 143,7 | 11,3 | 150,8 | 11,0 | 148,5 | 12,3 | 149,5 | 11,0 | 153,8 | 9,1 |
| 17.04.99 | 134,2 | 5,9 | 142,7 | 8,0 | 142,0 | 2,7 | 136,0 | 4,2 | 137,5 | 4,8 |
| 26.04.99 | 144,3 | 9,4 | 142,2 | 11,7 | 138,0 | 6,1 | 134,2 | 3,3 | 147,6 | 10,2 |
| Hct | | | | | | | | | | |
| 29.03.99 | 32,7 | 3,0 | 32,3 | 2,9 | 36,7 | 6,4 | 36,0 | 2,5 | 33,8 | 2,5 |
| 17.04.99 | 37,6 | 2,7 | 49,2 | 4,5 | 43,8 | 5,5 | 36,0 | 4,6 | 44,2 | 3,8 |
| 26.04.99 | 43,0 | 6,5 | 36,4 | 4,7 | 36,7 | 6,7 | 33,5 | 5,3 | 45,7 | 3,6 |
| Glukose | | | | | | | | | | |
| 29.03.99 | 3,2 | 0,6 | 3,8 | 0,7 | 4,1 | 0,8 | 4,3 | 0,7 | 4,2 | 0,2 |
| 17.04.99 | 3,2 | 0,4 | 2,9 | 0,3 | 3,5 | 0,5 | 4,1 | 0,9 | 5,3 | 1,5 |
| 26.04.99 | 3,6 | 0,5 | 3,4 | 0,8 | 3,5 | 0,7 | 4,5 | 1,1 | 4,3 | 1,2 |
| Gjelle-Al | | | | | | | | | | |
| 29.03.99 | 15,9 | 11,7 | 44,3 | 31,6 | 31,5 | 17,8 | 25,1 | 22,1 | 15,0 | 12,9 |
| 17.04.99 | 8,2 | 8,0 | 6,7 | 5,9 | 9,3 | 5,3 | 7,9 | 8,1 | 2,0 | 0,0 |
| 26.04.99 | 2,0 | 0,0 | 5,6 | 5,8 | 5,4 | 5,1 | 3,9 | 4,1 | 7,0 | 7,2 |

Tabell 12: Utvikling i plasmaklorid, hematokritt, glukose og gjelle-Al hos vill laksesmolt holdt i bur i elva på fire stasjoner i Suldalslågen og kontrollfisk som er prøver av vill laksesmolt fra Ritland i bur i kar i anlegget i 1999. Det ble tatt prøver av seks fisk fra hver lokalitet. Gjennomsnittsverdier og standardavvik (SD) er gitt.

| | Mo | | Foss | | Ritland (Jone) | | Suldalsvannet | | Kontroll (bur i anlegg) | |
|-----------|-------|------|-------|-----|----------------|------|---------------|------|-------------------------|------|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Plasma Cl | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 144,3 | 7,3 | 145,3 | 1,2 | 139,8 | 4,4 | 142,8 | 4,4 | 148,2 | 10,5 |
| 11.05.99 | 135,4 | 9,1 | 131,0 | 5,4 | 138,9 | 5,6 | 136,9* | 7,2 | 137,1 | 8,0 |
| Hct | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 37,7 | 3,01 | 37,0 | 3,5 | 45,0 | 8,2 | 36,8 | 5,0 | 37,5 | 10,6 |
| 11.05.99 | 34,4 | 4,6 | 38,4 | 2,7 | 36,9 | 2,0 | 30,7* | 3,0 | - | - |
| Glukose | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 4,1 | 0,8 | 4,1 | 0,6 | 5,7 | 1,3 | 5,4 | 1,0 | 5,7 | 3,5 |
| 11.05.99 | 2,8 | 0,7 | 4,7 | 1,0 | 3,7 | 0,4 | 2,8* | 0,8 | 6,2 | 1,6 |
| Gjelle-Al | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 24,3 | 25,1 | 5,4 | 3,9 | 42,3 | 46,3 | 37,0 | 23,4 | 6,8 | 8,1 |
| 11.05.99 | 30,1 | 37,5 | 7,2 | - | 23,2 | 26,2 | 18,8* | 9,5 | 10,7 | 4,8 |

*Prøvene ble tatt den 05.05.99.

13). Prøver av villfisk og anleggsmolt målt før bur-eksperimentene startet er gjengitt i **tabell 10** og **11**. Anleggsmolten var større enn villsmolten (t-test, $t = 9,266$, $df = 62$, $p < 0,001$), men dette vil ikke påvirke de fysiske parametrene som er målt her.

Plasmakloridverdiene hos smolten i bur varierte ikke mellom de ulike stasjonene verken hos villfisk eller anleggsmolten på noen av prøvetidspunktene (Oneway ANOVA, $d = 4$, $p > 0,05$). Plasmakloridverdiene hos villsmolten i bur i elva lå noe høyere den første prøve-

Tabell 13: Utvikling i plasmaklorid, hematokrit, glukose og gjelle-aluminium hos **anleggproduisert** laksesmolt holdt i bur i elva på fire stasjoner i Suldalslågen og kontrollfisk som er prøver av anleggssmolt i bur i kar i anlegget i 1999. Det ble tatt prøver av seks fisk fra hver lokalitet. Gjennomsnittsverdier og standard avvik (SD) er gitt.

| | Mo | | Foss | | Ritland (Jone) | | Suldalsvannet | | Kontroll (bur i anlegg) | |
|-----------|-------|-----|-------|------|----------------|------|---------------|-----|-------------------------|------|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Plasma Cl | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 135,5 | 4,8 | 129,2 | 10,8 | 131,6 | 7,1 | 129,5 | 3,8 | 135,3 | 12,3 |
| 11.05.99 | 134,0 | 7,8 | 129,6 | 7,5 | 130,5 | 10,5 | 128,0* | 5,6 | 132,8 | 5,2 |
| Hct | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 39,8 | 2,8 | 49,0 | 6,5 | 47,3 | 3,2 | 47,1 | 3,5 | 47,5 | 4,6 |
| 11.05.99 | 36,4 | 2,8 | 37,6 | 1,6 | 36,0 | 6,9 | 37,6* | 2,3 | - | - |
| Glukose | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 4,9 | 1,0 | 5,8 | 2,3 | 8,2 | 3,3 | 7,0 | 1,2 | 4,5 | 0,4 |
| 11.05.99 | 5,4 | 3,0 | 6,5 | 3,2 | 7,2 | 3,7 | 6,0* | 2,4 | 5,7 | 1,1 |
| Gjelle-Al | | | | | | | | | | |
| 26.04.99 | 8,5 | 7,4 | 3,9 | 2,1 | 14,5 | 12,0 | 13,4 | 2,5 | 2,8 | 1,6 |
| 11.05.99 | 10,3 | 7,7 | 25,6 | 21,8 | 13,9 | 16,2 | 11,1* | 2,7 | 4,6 | 2,8 |

*Prøvene ble tatt den 05.05.99.

perioden (26.04.98) enn hos anleggssmolten som sto i bur ved siden av. Det var forskjeller i plasmakloridnivå mellom de to gruppene bare ved stasjon Suldalsvannet, hvor villsmolten hadde høyere kloridnivå enn anleggssmolten (Oneway ANOVA, $F = 51,339$, $df = 1$, $p > 0,001$). Hos kontrollgruppene som sto i bur i kar i anlegget hadde villfisk høyere kloridnivå enn anleggssmolten ved første prøveperiode (Oneway ANOVA, $F = 6,374$, $df = 1$, $p > 0,05$).

Gjennomsnittlig hematokritnivå lå innenfor normalområdet hos villsmolten på alle stasjoner. Anleggssmolten på alle stasjoner bortsett fra Mo hadde høyere hematokritverdier den første prøvetaksperioden (26.04.98) enn det som er normalt (< 45 , tabell 3). Ved stasjonene Foss og Suldalsvannet samt hos kontrollgruppen var verdiene signifikant høyere hos anleggssmolten enn hos villfisk (Oneway ANOVA, Foss: $F = 15,766$, $df = 1$, $p < 0,01$, Suldalsvannet: $F = 26,714$, $df = 1$, $p < 0,001$).

Ved siste prøveperiode (11.05.98) hadde anleggssmolten i bur ved Suldalsvannet høyere hematokritverdier enn tilsvarende målinger hos villfisk ($F = 34,419$, $df = 1$, $p < 0,001$).

Glukoseverdiene hos villsmolten varierte ikke mellom de ulike stasjoner under første prøvetaking (26.04.99; Oneway ANOVA, $F = 1,339$, $df = 4$, $p > 0,05$). Under andre prøveperiode var det imidlertid forskjeller. Kontrollgruppen hadde høyere verdier enn fisken på de ulike stasjoner i mai og smolten på Foss hadde høyere verdier enn fisken på stasjonene Mo og Suldalsvannet i mai ($F = 18,626$, $df = 4$, $p < 0,001$). Glukoseverdiene

hos villsmolten lå imidlertid innen normalområdet ($< 6\text{mM}$) på alle stasjonene.

Hos anleggssmolten lå glukoseverdiene høyere enn normalnivå ($> 6\text{mM}$) på stasjonene Jone og Suldalsvannet. Variasjonene er store innen stasjonene og det er bare på stasjon Jone og Suldalsvannet at glukoseverdiene hos anleggssmolten var høyere enn hos villfisk ved første prøveperiode (26.04.99; Jone, $F = 4,754$, $df = 1$, $p < 0,05$, Suldalsvannet, $F = 11,366$, $df = 1$, $p < 0,01$). Også neste periode (11.05.99) hadde anleggssmolten på stasjon Jone og Suldalsvannet høyere glukoseverdi enn villfisk (Jone, $F = 6,551$, $df = 1$, $p < 0,05$, Suldalsvannet, $F = 15,057$, $df = 1$, $p < 0,001$), og dette gjaldt også for fisken på stasjon Mo ($F = 6,730$, $df = 1$, $p < 0,05$).

Gjennomsnittsverdiene for aluminiumskonsentrasjonen på gjellene hos villfisk varierte mellom 18,8 og 42,3 ($\mu\text{gAl/g}$ gjelletørrvekt) på stasjonene Mo, Jone og Suldalsvannet. Variasjonen i Al-konsentrasjon **innen** de ulike stasjonene var imidlertid store, og det var ikke signifikante forskjeller mellom stasjoner eller prøvetidspunkter (Oneway ANOVA, $p > 0,05$). Hos anleggssmolten var verdiene jevnt over lavere, men signifikant høyere ved stasjon Foss 11.05.99 enn ved prøvetakingen den 26.04.99 ($F = 5,899$, $df = 1$, $p < 0,05$).

Det var bare ved stasjon Suldalsvannet den 26.04.99 at villfisk hadde signifikant høyere Al-konsentrasjon enn anleggssmolten ($F = 5,994$, $df = 1$, $p < 0,05$). Kontrollgruppen for villfisk hadde også høyere Al-konsentra-

sjon den siste prøveperioden enn kontrollgruppen for anleggfishen ($F = 7,121$, $df = 1$, $p < 0,05$).

3.2.4 Sjøvannstester av burfishen

Villsmolt og anleggsprodusert smolt holdt i bur i elva ble sjøvannstestet i to perioder i løpet av forsøksperioden, den 27-28.04.99 og 11-12.05.99.

Plasmaklorid og hematokritt ble målt hos sjøvannstestet villsmolt. Generelt var kloridnivået høyt (> 150 mmol) i begge testperioder, med en tendens til lavere verdier i mai enn i april. Unntak var smolt eksponert i bur på stasjon Mo i april, som viste normale nivåer (**tabell 14**). I mai økte imidlertid kloridnivået også ved Mo (Oneway ANOVA, $F = 34,164$, $df = 1$, $p < 0,01$).

Hematokrittverdiene for sjøvannstestet villsmolt i april tilsvarte normalnivå (> 40 %) på alle stasjoner bortsett fra på Foss, hvor gjennomsnittsverdien for fiskene på stasjonen lå like under normalnivå (38,8 %). I mai var

alle verdiene lavere enn normalnivå. Hematokrittverdiene gikk signifikant ned fra april til mai ved stasjonen i Suldalsvannet ($F = 9,958$, $df = 1$, $p < 0,01$), og hos kontrollgruppen i anlegget ($F = 12,109$, $df = 1$, $p < 0,01$).

Sjøvannstestet anleggssmolt viste kloridverdier som lå enda høyere enn hos villsmolten de samme testperiodene på stasjonene Foss, Jone (i april), Mo (i april) og Suldalsvannet (Oneway ANOVA, $p < 0,05$). Kontrollgruppen for anleggsprodusert smolt i kar i anlegget hadde også signifikant høyere kloridverdier enn kontrollgruppen for villsmolt i anlegget i mai ($F = 84,870$, $df = 1$, $p < 0,001$).

Disse resultatene indikerer en dårlig utviklet osmoreguleringsevne hos både vill- og anleggsprodusert smolt i både april og midten av mai. Hos anleggsprodusert fisk var det heller ikke indikasjoner på at kloridverdiene var i ferd med å bli lavere fra april til mai (**tabell 15**).

Tabell 14: Sjøvannstest av **villsmolt i bur** i elva over to perioder på de ulike stasjonene i 1999. Klekkeri = anleggfish i kar i anlegget. Kontroll (bur i anlegg) = villfish i bur i kar i anlegget.

| | Mo | | Foss | | Ritland (Jone) | | Suldalsvannet | | Klekkeri | | Kontroll (bur i anlegg) | |
|-----------|-------|------|-------|------|----------------|------|---------------|------|----------|------|-------------------------|------|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Plasma Cl | | | | | | | | | | | | |
| 28.04.99 | 142,6 | 6,5 | 181,1 | 28,9 | 191,6 | 48,4 | 171,3 | 17,4 | 192,8 | 18,6 | 169,2 | 23,7 |
| 12.05.99 | 190,5 | 17,7 | 179,0 | 24,1 | - | - | 163,3 | 25,5 | - | - | 155,2 | 10,3 |
| Hct | | | | | | | | | | | | |
| 28.04.99 | 40,4 | 9,5 | 38,8 | 4,6 | 46,4 | 4,6 | 43,1 | 4,6 | - | - | 41,2 | 5,4 |
| 12.05.99 | 36,0 | 2,8 | 36,9 | 3,5 | - | - | 34,2 | 8,2 | - | - | 34,4 | 2,6 |

Tabell 15: Sjøvannstest av **anleggsprodusert smolt i bur** i elva på de ulike stasjonene i 1999. Klekkeri = anleggfish i kar i anlegget. Kontroll (bur i anlegg) = anleggfish i bur i kar i anlegget.

| | Mo | | Foss | | Ritland (Jone) | | Suldalsvannet | | Klekkeri | | Kontroll (bur i anlegg) | |
|-----------|-------|------|-------|------|----------------|------|---------------|------|----------|------|-------------------------|------|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Plasma Cl | | | | | | | | | | | | |
| 28.04.99 | 189,9 | 13,2 | 210,1 | 14,2 | 209,6 | 18,0 | 190,7 | 21,4 | 192,8 | 18,6 | - | - |
| 12.05.99 | 201,5 | 16,7 | 203,8 | 13,4 | - | - | 211,3 | 16,5 | - | - | 209,2 | 15,2 |
| Hct | | | | | | | | | | | | |
| 28.04.99 | 43,1 | 4,4 | 40,9 | 2,6 | 49,4 | 3,0 | 42,3 | 3,2 | - | - | - | - |
| 12.05.99 | 32,5 | 2,2 | 32,9 | 4,4 | - | - | 33,7 | 2,0 | 33,7 | 4,2 | 33,7 | 4,2 |

Hematokrittverdiene for sjøvannstestet anleggsproduisert smolt i bur i elva var normale i april (> 40 %), mens de ved neste test i mai var under normalnivået, og signifikant lavere enn i april for stasjonene Foss, Mo og Suldalsvannet (Oneway ANOVA, $p < 0,001$).

3.2.5 Aluminium på gjellene hos villsmolt og anleggsproduisert smolt

Aluminiumkonsentrasjonen på gjellene hos både vill og anleggsproduisert fisk lå høyere enn normalkonsentrasjonen (< 10 mm) hos fisk i vassdrag med høy pH og høy Ca-konsentrasjon i 1996, 1997 og 1998. Konsentrasjonene var lavere i 1999 enn det som ble påvist i 1997 og 1998. To prøvetaksdatoer i 1996 hadde like lave verdier som målt i 1999.

Hos villsmolt var det små forskjeller i Al-nivået hos elfisket og burfisk i 1996 (**tabell 16**). I 1997 hadde burfisk langt høyere konsentrasjon enn elfisket smolt i midten av april. I slutten av april hadde elfisket smolt også høy Al-konsentrasjon. I 1998 var det ingen store

forskjeller mellom elfisket og eksponert vill smolt, mens det i 1999 var en tendens til høye verdier på enkelte stasjoner, men variasjonen var stor innen de enkelte stasjoner. I 1999 hadde elfisket smolt og fisk i bur på enkelte stasjoner Al-konsentrasjon innen normalområdet. Dette har ikke vært registrert på noen av stasjonene tidligere år.

Konsentrasjonen av aluminium på gjellene hos anleggsfisk i bur var gjennomgående lavere enn hos villfisk i 1996, 1997 og 1998 (**tabell 17**). I 1999 var Al-konsentrasjonen hos anleggsfisk i bur lavere enn hos villfisk i bur i april, men økte i mai til samme nivå som villfisk.

Lavere Al-konsentrasjon på gjellene i 1999 enn i 1998 og 1997 (**figur 5**) kan i følge de vannkjemiske analysene skyldes økt pH og kalsium i 1999. I 1999 ble alt vannet ut av Suldalsvannet kalket under vårflommen noe som ikke ble gjort i 1998. Dette førte til lave aluminiumskonsentrasjoner i vannet. Økningen i Al-konsentrasjon fra 1996 til 1997 kan imidlertid ikke forklares ut fra pH og kalsiumkonsentrasjoner.

Tabell 16. Konsentrasjon av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/g}$ gjelle tørrvekt) hos **villsmolt** fra Suldalslågen 1996, 1997, 1998 og 1999. "El-fiske" representerer kontroll før utsetting av fisk i bur i elven. Smolt holdt i bur i elv er her kalt eksponering.

Villsmolt

| Stasjon | El-fiske | | Eksponering | | El-fiske | | Eksponering | | El-fiske | | Eksponering | | El-fiske | | Eksponering | |
|-----------|----------|----|-------------|-----|----------|----|-------------|----|----------|----|-------------|----|----------|----|-------------|----|
| | 16.04.96 | | 27.04.96 | | 13.04.97 | | 23.04.97 | | 16.04.98 | | 26.04.98 | | 17.04.99 | | 26.04.99 | |
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Mo | 23 | 1 | 19 | 0,7 | 40 | 1 | 190 | 10 | 29 | 7 | 32 | 6 | 8 | 8 | 25 | 25 |
| Foss | 65 | 7 | 58 | 1 | 50 | 2 | 80 | 5 | 36 | 13 | 91 | 25 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| Ritland | 19 | 1 | 21 | 0,4 | 50 | 5 | 140 | 3 | 42 | 13 | 99 | 49 | 9 | 5 | 42 | 46 |
| Jone | 19 | 1 | 28 | 7 | 50 | 5 | 40 | 2 | 42 | 13 | 118 | 81 | - | - | - | - |
| Prestvika | 19 | 1 | 16 | 7 | 20 | 1 | 40 | 2 | 31 | 17 | 79 | 16 | 8 | 8 | - | - |
| Suldalsv. | | | | | 20 | 1 | 160 | 1 | 31 | 17 | 110 | 47 | - | - | 37 | 23 |
| Kontroll | | | | | | | | | 42 | 13 | 56 | 21 | 2 | 0 | 7 | 8 |

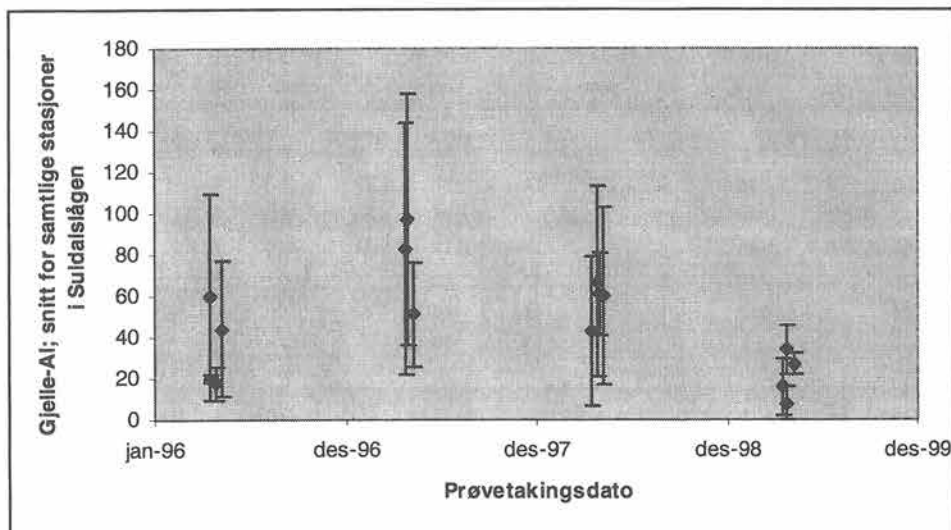
| | 27.04.96 | | 08.05.96 | | 29.04.97 | | 10.05.97 | | 29.04.98 | | 08.05.98 | | 26.04.99 | | 11.05.99 | |
|-----------|----------|-----|----------|----|----------|-----|----------|----|----------|-----|----------|-----|----------|----|----------|----|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | sd | Snitt | sd |
| Mo | 14 | 2 | 24 | 15 | 40 | 10 | 40 | 10 | 89 | 110 | 47 | 12 | 2 | 0 | 30 | 38 |
| Foss | 214 | 167 | 97 | 60 | 80 | 110 | 150 | 90 | 71 | 22 | 37 | 18 | 6 | 6 | 7 | - |
| Ritland | 14 | 7 | 25 | 5 | 170 | 180 | 90 | 30 | 62 | 30 | 130 | 175 | 5 | 5 | 23 | 26 |
| Jone | 14 | 7 | 47 | 22 | 170 | 180 | 20 | 10 | 62 | 30 | 54 | 22 | - | - | - | - |
| Prestvika | 29 | 27 | 24 | 13 | 100 | 40 | 60 | 10 | 60 | 26 | 59 | 48 | 4 | 4 | - | - |
| Suldalsv. | | | | | 100 | 40 | 40 | 20 | 60 | 26 | 32 | 10 | - | - | 19 | 10 |
| Kontroll | | | | | | | | | 62 | 30 | 35 | 8 | - | - | 11 | 5 |

Tabell 17. Konsentrasjon av aluminium på gjellene ($\mu\text{g Al/ggjelle tørrvekt}$) hos **anleggsprodusert smolt** fra Suldalslågen 1996, 1997, 1998 og 1999. Anlegg representerer anleggsprodusert smolt i kar i bur i anlegg (kontroll). Smolt holdt i bur i elv er her kalt eksponering.

Fisk i anlegget

| | Anlegg 27.04.96 | | Eksponering 06.05.96 | | Anlegg 23.04.97 | | Eksponering 04.05.97 | | Anlegg 16.04.98 | | Eksponering 26.04.98 | | Anlegg 26.04.99 | | Eksponering 26.04.99 | |
|-----------|--------------------|----|-------------------------|----|--------------------|----|-------------------------|----|--------------------|----|-------------------------|----|--------------------|----|-------------------------|----|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD |
| Anlegg | 18 | 2 | | | 210 | 4 | | | 19 | 0 | | | 3 | 2 | | |
| Mo | | | 15 | 8 | | | 90 | 30 | | | 32 | 6 | | | 9 | 7 |
| Foss | | | 42 | 28 | | | 120 | 50 | | | 33 | 8 | | | 4 | 2 |
| Ritland | | | 11 | 3 | | | 110 | 20 | | | 28 | 4 | | | 15 | 12 |
| Jone | | | 11 | 6 | | | 70 | 40 | | | 37 | 12 | | | - | - |
| Prestvika | | | 12 | 4 | | | 80 | 10 | | | 41 | 7 | | | - | - |
| Suldalsv. | | | | | | | 80 | 20 | | | 40 | 12 | | | 13 | 3 |

| | 08.05.96 | | 13.05.96 | | 04.05.97 | | 11.05.97 | | 11.05.98 | | 11.05.98 | | 11.05.99 | | 11.05.99 | |
|-----------|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|----------|----|
| | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | SD | Snitt | sd | Snitt | sd |
| Anlegg | 5 | 2 | | | 110 | 5 | | | 17 | 7 | | | 5 | 3 | | |
| Mo | | | 12 | 4 | | | 80 | 40 | | | 37 | 26 | | | 10 | 7 |
| Foss | | | 21 | 9 | | | 80 | 30 | | | 24 | 8 | | | 26 | 22 |
| Ritland | | | 9 | 1 | | | 100 | 30 | | | 24 | 9 | | | 14 | 16 |
| Jone | | | 8 | 2 | | | 80 | 30 | | | 21 | 7 | | | - | - |
| Prestvika | | | 11 | 6 | | | 60 | 10 | | | 23 | 8 | | | - | - |
| Suldalsv. | | | 19 | 6 | | | 70 | 10 | | | 19 | 5 | | | 11 | 3 |



Figur 5. Gjenomsnittskonsentrasjon av Al på gjeller fra fisk elfisket og bureksponert i Suldalslågen for 1996 til 1999. Foss er utelatt på grunn av veldig høye verdier i 1996-98 og lave verdier i 1999.

3.2.6 Gjenfangster fra utsettingsforsøk

1996

I 1996 ble det satt ut 5000 smolt ved stasjonen Prestvika i Suldalslågen, 5000 i munningen ved Sand og 5000 ble slept ut i mærd og sluppet ca 1 mil utenfor Suldalslågen. Sjøvannstoleransetester av kontrollgrupper i anlegget før utsetting viste at fisken osmoregulerte godt (148,5

mM \pm 13,1) (Kroglund et al. 1998). De høyeste gjenfangstene var fra gruppen som ble slept ut (0,44 %) og den dårligste fra utsettingene ved Prestvika oppe i Suldalslågen (0,04 %) (**tabell 18**). Feilvandringen var imidlertid 58,3 % fra utsettingene ei mil ute i Sandsfjorden. Ingen feilvandrerer ble registrert fra utsettingene i elva og i munningen i 1996. Av de 22 gjenfangstene

Tabell 18. Gjenfangst (antall og %) fra utsettingene i Suldalslågen (Prestvika, munningen ved Sand og slept ei mil ut i fjorden) i 1996-99.

| År | Dato | Sted | Antall | Alder | Antall gjenfanget (N) | Gjenfangst Suldalslågen (N) | Feilvandret (N) | Gjenfangst sjø (N) | 1 sjø | 2 sjø | 3 sjø | Total gjenfangst (%) |
|------|-----------|-----------------|--------|-------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------|-------|------------|----------------------|
| 1996 | 08.05 | Prestvika | 4992 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | | | | 0,04 |
| | 13.05 | Sand | 5096 | 1 | 6 | 5 | 0 | 1 | | | | 0,12 |
| | 13.05 | Slept | 4989 | 1 | 22 | 5 | 7 | 10 | 10 | 10 | 2 | 0,44 |
| 1997 | 06.-07.05 | Sand | 2 987 | 2 | 0 | - | - | - | | | | 0,00 |
| | 12.05 | Sand | 991 | 1 | 0 | - | - | - | | | | 0,00 |
| | 09.05 | Prestvika | 4 985 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,02 |
| | 11.05 | Slept | 4 922 | 1 | 0 | - | - | - | | | | 0,00 |
| | 12.05 | Sand (lusfåret) | 4 985 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0,04 |
| | 12.05 | Sand (kontroll) | 3 962 | 1 | 0 | - | - | - | | | | 0,00 |
| | 12.05 | Slept | 4 979 | 1 | 56 | 31 | 8 | 17 | 22 | 34 | For tidlig | 1,12 |
| 1998 | 06.05 | Prestvika | 4 992 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | For tidlig | 0,06 |
| | 11.05 | Sand (lusbadet) | 4 963 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | For tidlig | 0,02 |
| | 11.05 | Sand (kontroll) | 4 979 | 1 | 0 | - | - | - | | | For tidlig | 0,00 |
| | 12.05 | Slept | 4 979 | 1 | 56 | 31 | 8 | 17 | 22 | 34 | For tidlig | 1,12 |
| 1999 | 03.05 | Prestvika | 4 991 | 1 | 0 | - | - | - | | | For tidlig | 0,00 |
| | 06.05 | Sand (lusbadet) | 4 976 | 1 | 0 | - | - | - | | | For tidlig | 0,02 |
| | 06.05 | Sand (kontroll) | 4 983 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | | For tidlig | 0,02 |
| | 06.05 | Slept | 4 454 | 1 | 17 | 10 | 0 | 7 | 17 | | For tidlig | 0,38 |

1997

I 1997 ble det satt ut seks grupper fra de samme utsetningslokalitetene som i 1996 (**tabell 18**). En gruppe satt ut i munningen ble badebehandlet den siste uka før utsetting som beskyttelse mot lakseluspåslag med virkning inntil tre måneder. Sjøvannstester viste at fisken osmoregulerte godt i sjøvann ($148,4 \text{ mM} \pm 8,0$) (Finstad et al. 1999b). Gjenfangstene fra disse utsettingene var allikevel lave. Bare to grupper hadde registrerte gjenfangster, gruppen som fikk lusfår (0,04 %) og gruppen satt ut i Prestvika (0,02 %). Bare ensjøvinter laks ble registrert gjenfanget fra utsettingene i 1997.

1998

Fire grupper ble i 1998 satt ut på de samme lokalitetene som tidligere år. Ei gruppe satt ut i munningen ble lakselusbadet før utsetting. Sjøvannstestene før utsetting viste noe høye kloridverdier ($161,9 \text{ mmol} \pm 10,1$) (Finstad et al. 2000). Gjenfangstene fra disse utsettingene var lave, bortsett fra gruppen som ble slept ut i fjorden. Som i 1996 ga utsleping av smolten den beste gjenfangsten (1,12 %), med en feilvandringsandel på 20,5 % (**tabell 18**). Vi forventer enda høyere gjenfangstrate når tre-sjøvinter laksen kommer tilbake i 2001. Av de 56 gjenfangstene fra utsettingene i 1998 var 22 ensjøvinter- og 34 tosjøvinter laks.

1999

I 1999 ble det satt ut grupper tilsvarende 1998-utsettingene. Sjøvannstester av Carlinmerket laksesmolt i slutten av april viste at fisken hadde dårlig osmoreguleringsevne ($188,8 \text{ mM} \pm 11,8$) i sjøvann. Fra utsettingene

i 1999 har vi enda bare ensjøvintergjenfangster. Også her ble det registrert flest gjenfangster fra gruppen som ble slept ut (0,38 %). Ti av gjenfangstene ble registrert i elv, syv i sjøfisket (**tabell 18**).

4 Diskusjon

Undersøkelser igangsatt før FOKUS-prosjektet ble startet antydnet av Suldalslågen kunne være påvirket av for-suring (Kroglund et al. 1995, 1996). Det ble i disse opprinnelige undersøkelsene påvist tilstandsendringer på gjellevev, svikt i ioneregulering, inhibering av enzymer og svikt i fiskens evne til å saltregulere i fullt sjøvann. Disse funnene ble langt på vei bekreftet av under-søkelsene i FOKUS-prosjektet i 1996 og 1997 (Kroglund et al. 1998; Finstad et al. 1999b). I 1998 og 1999 var vannkvaliteten bedre enn i 1997. Det er rimelig å sette vannkvalitetsforbedringene i sammenheng med kalk-ingen som ble igangsatt seint i 1997 og tidlig i 1998. I både 1998 og 1999 var aluminiumskonsentrasjonene lavere samtidig som kalsiumnivået og pH hadde økt. Totalt organisk karbon økte også svakt, noe som kan ha medført at mer Al forelå på organisk og ufarlig form de siste undersøkelsesårene.

I starten av forsøksperioden i 1999 var det en stor flom, hvor bidraget fra restfeltet dominerte vannføringen i Suldalslågen. I motsetning til i tidligere år ble det ikke påvist pH-fall og vannkvaliteten synes opprettholdt godt gjennom perioden. Kun et fåtall sidebekker viste lav pH og forhøyede Al konsentrasjoner under flomepisoden. Dette er en effekt av at flere sidebekker har blitt kalket.

For fisken betydde den bedre vannkvaliteten både bedre osmoreguleringsevne, bedre blodverdier (hematokritt) og glukose og lavere gjellealuminiumskonsentra-sjon.

Plasmakloridverdiene (i ferskvann) i 1999 var normale både hos anleggsprodusert og vill smolt eksponert i Suldalslågen. Vannkvaliteten ga dermed ingen mål-bare skadelige effekter i form av tap av salter over gjellene. Fiskens hematokrittverdier var noe forhøyet ved alle stasjoner bortsett fra den nederste stasjonen, Mo. Anleggsmolten hadde høyere blodverdier enn vill smolt. El-fisket vill smolt hadde normale hematokritt-verdier. Glukoseverdiene var innen normalområdet for el-fisket smolt målt direkte etter fangst, og for villsmolt i bur i elva. Anleggsmolten hadde imidlertid forhøyede verdier og var signifikant høyere enn villfiskens ved de øverste stasjonene (Jone og Suldalsvannet). Disse resultatene tyder på at de forhøyede blodverdiene hos anleggsprodusert og vill smolt holdt i bur i elva skyldtes stress forbundet med å stå i bur, og ikke vannkvaliteten. Anleggsprodusert smolt syntes å ha større problemer enn villsmolten.

Aluminiumskonsentrasjonen på gjellene hos både el-fisket og vill- og anleggsmolt i bur i 1996 til 1998 lå høyere enn normalkonsentrasjonen. I 1999 ble det for første gang registrert gjennomsnittsverdier som lå innen normalområdet på enkelte stasjoner. Dette gjaldt både for vill- og anleggsprodusert smolt. Utviklingen av aluminiumskonsentrasjon på fiskens gjeller viser for-

holdsvis lave verdier i 1996 og høyere i 1997 og 1998. I 1999 var de gjennomsnittlige verdiene nede på, og lavere enn nivået i 1996. Variasjonen mellom individene var imidlertid stor. Det var ingen markerte forskjeller mellom el-fisket og vill smolt i bur i 1996, mens villsmolt i bur hadde høyere verdier enn el-fisket smolt i 1997-99. Anleggsmolten i bur hadde lavere konsentrasjon enn villfiskens i 1996-98. I 1999 økte Al-konsentrasjonen hos anleggsmolten til samme nivå som villfiskens i mai. Det var ingen stasjoner som utmerket seg med høyere konsentrasjoner enn andre. Forskjeller registrert mellom stasjoner ser ut til å være tilfeldig. Lavere Al-konsentra-sjon på gjellene i 1999 i forhold til tidligere år kan i følge de vannkemiske analysene skyldes økt pH og kalsium registrert i 1999, noe som viser at kalkingen har hatt positiv/ønsket effekt på laksen.

Undersøkelsene i 1997 viste at fisk fra anlegget hadde problemer med osmoreguleringen når den ble utsatt for sjøvannstester. Resultatene fra 1998 indikerte at evnen til osmoregulering i ferskvann var bra både for anleggsmolten og villfiskens. I 1999 var evnen til å salt-regulere i sjøvannstestene relativt svak i april sammen-lignet med mai hos villfiskens. Hos anleggsmolten var det store saltreguleringsproblemer i sjøvannstestene både i april og mai. Smoltkvaliteten avtok i april, og var meget dårlig under prøvetakingene foretatt i slutten av april og i mai. Årsaken til dette er uklart. Tilsvarende tap av saltvannstoleranse fra mars til mai er påvist ved lang-tidseksponering av smolt ved meget lave Al konsentra-sjoner (Kroglund & Finstad 2001). Forsøksmaterialet viste dermed ikke tendens til tilfredsstillende sjøvannstoleranse som vist hos laks gitt tilsvarende lysstyring (Iversen et al. 1999). Fisken var derfor uegnet som test-organisme for sjøvannstoleranse i denne undersøkelsen og vi kan dermed ikke trekke noen konklusjoner ut av denne testingen ettersom vi ikke kan skille vann-kvalitetsrelaterte årsaker fra årsaker relatert til drifts-forhold ved klekkeriet.

Smolt som ble slepet fra munningen av Suldalslågen og ut i Sandsfjorden i 1996, 1998 og 1999 gav de beste gjenfangstene, men feilvandringen var høy. Smolten satt ut i 1997 gav dårlig gjenfangst, noe som sannsynligvis skyldes dårlig smoltkvalitet (se Finstad et al. 1999b). Ut-settingene i munning og elv gav lav tilbakevandring, og lusbadning/lusfor så ikke ut til å ha noen betydelig effekt. Ingen feilvandring ble registrert for disse gruppene.

Om årsaken til de svært lave gjenfangstene av lakse-smolt satt ut i Prestvika og i munningen av Suldalslågen kan skyldes vannkvaliteten er det for tidlig å si noe om. Utslept fisk er beskyttet mot predatorer (marine fisker og fugl) i munningsområdet (Strand et al. 1996) og kan være mindre utsatt for luspåslag. Lav gjenfangst av lusebeskyttet fisk står i kontrast til det som normalt registreres i tilsvarende utsettinger i andre vassdrag (Finstad et al. 1999a). Årsaken til svekket smoltkvalitet ved klekkeriet er ikke kjent. Både vannkvalitet og

driftsforhold kan bidra til å svekke smoltens evner til osmoregulering i saltvann. Vi har ingen grunn til å anta at driftsforholdene er vesentlig forskjellig fra andre klekkerier som produserer smolt med bedre overlevelse. Vi antar derfor at vannkvaliteten på anlegget er den vesentligste faktoren. Selv om vannkilden til klekkeriet er kalket er ikke vannkvaliteten inn på anlegget alltid tilfredsstillende og det er registrert både pH fall og økte Al-konsentrasjoner.

Laksestatistikken viser nedgang i fangstene i Suldalslågen de siste årene. Vinteren 1987/88 var første sesong hvor betydelige mengder vann fra Blåsjø ble tilført Suldalsvannet. I tillegg tok det noen år før alkalinitet og pH i Suldalsvannet ble forringet og falt til under 6 i perioder. Suldalslågen produserer i hovedsak stor laks (> 2 sjøvinter). Effektene på fangststatistikken vil derfor først vises 2-4 år etter smoltutgangen. Innslag av oppdrettsfisk gjør at økningen fra -80 tallet og frem til 1992 sannsynligvis var mindre enn laksefangststatistikken tilsier. Det er videre ikke avklart hvorvidt økningen i laksebestanden fram til 1992 skyldes lakseforsterkningstiltakene (yngelutsettinger) igangsatt på grunn av reguleringen av vassdraget, eller om dette alene skyldes bidrag fra rømt oppdrettslaks. Årsaken til nedgangen i fangst fra 1993 er ikke avklart og ulike hypoteser som forsurening, vassdragsreguleringer og lakselus har vært foreslått (Sægrov et al. 1997). Forsuringshypotesen kan testes når vi får data på yngeloverlevelse i forhold til endring i vannkvalitet.

5 Konklusjoner

- Vannkvaliteten i Suldalslågen er blitt bedre siden kalkingen startet.
- Konsentrasjonen av aluminium på smoltens gjeller var lavere i 1999 enn de to tidligere årene.
- Villfisken i bur har hatt høyere Al-konsentrasjon på gjellene enn anleggfishen tidligere år, men var på samme nivå i mai 1999.
- Gjenfangster av smolt slept ut fjorden og sluppet ga bedre gjenfangst enn smolt satt ut i Suldalslågen og i munningen både i 1998 og 1999.
- Lusebehandling av smolt før utsetting i munning ga ingen effekt på gjenfangstraten.

6 Litteratur

- Abrahamsen, H. & Skogheim, O.K. 1981. Virkning av Ulla/Førre-reguleringen på vannkvaliteten i Suldalslågen - en foreløpig prognose. - Fiskeforskningen DVF 1981, 7: 1-47.
- Barnes, R.B. 1975. The determination of specific forms of aluminium in natural water. - Chem. Geol. 15: 177-191.
- Blakar, I.A. 1995. Vannkvalitet i Ulla-Førre og Suldalsområdet i perioden 1990-1993. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, rapport no. 21: 49 s + vedlegg.
- Finstad, B. et. al. 1999a. Fremdriftsrapport – lakselus og sur nedbør som populasjonsregulerende faktor hos atlantisk laks og sjøørret. Utsettinger av lakselus-beskyttet smolt. 5 s.
- Finstad, B., Kroglund, F., Hartvigsen, R., Teien, H.-C., Rosseland, B.O. & Salbu, B. 1999b. Suldalslågen: Fisk og vannkjemisk status våren 1997. - NINA Oppdragsmelding 588: 1-32.
- Finstad, B., Strand, R., Kroglund, F., Teien, H.C. & Hartvigsen, R. 2000. Suldalslågen: Fisk og vannkjemisk status våren 1998. - NINA Oppdragsmelding 644: 1-25.
- Gunnerød, T.B. 1984. Fisk og vassdragsreguleringer. - Kraft og Miljø 7: 1-95.
- Heggberget, T.G., Blakar, I.A., Nordland, J., Saltveit, S.J. & Johnsen, B.O. 1994. Ulla-Førrereguleringen. Rapport fra rådgivende arbeidsgruppe for vurdering av underøkelser og tiltak. - NINA Utredning 64: 1-51.
- Iversen, M., Finstad, B., Sandodden, R. & Bendiksen, E.Aa. 1999. Kompensasjonsutsettinger av smolt i Eira. Effekter av stressreducerende tiltak på vandringsatferd. - NINA Oppdragsmelding 592: 1-16.
- Kroglund & Finstad, B. 2001. Effekter av ulik vannkvalitet på fysiologisk respons, vekst, vandring og marin overlevelse hos to stammer av atlantisk laks. Foreløpig rapport.
- Kroglund F, Finstad, B., Staurnes, M., Rosseland, B.O., Hektoen, H. Berkum, T.van & Iversen, M. 1995. Vannkvalitetskrav til laksesmolt: undersøkelse av smoltkvalitet i ulike vassdrag. - DN-notat, ikke trykt.
- Kroglund, F., Finstad, B., Kvellestad, A., Larsen, B.M. & Rosseland, B.O. 1996. Fastsettelse av forsurningsnivå i ulike Vestlandsvassdrag basert på økofysiologiske og økotoksikologiske metoder. - DN-notat ikke trykt.
- Kroglund, F., Finstad, B., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Håvardstun, J. & Salbu, B. 1998. Fisk og vannkjemisk status i Suldalslågen, våren 1996. - NIVA-rapport 3863-98: 1-54.
- Kaasa, H., Eie, J.A., Erlandsen, A.H., Faugli, P.E., L'Abée-Lund, J.H., Sandøy, S. & Moe, B. 1998. Sluttrapport 1990-1997. Resultater og konklusjoner. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 49: 1-82.
- Pethon, P. & Lillehammer, L. 1995. Smoltutvandring og smoltproduksjon hos laks i Førlandskanalen og Suldalsvassdraget; prelimnære resultater. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 12: 1-26.
- Saltveit, S.J. 1994. Tetthet, bestandsutvikling, kondisjon og overlevelse hos utsatt laks i Suldalslågen. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 18: 1-29.
- Saltveit, S.J. 1997. Effekt ved utsetting av laks i Suldalslågen. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 42: 1-28.
- Strand, R., Lamberg, A., Johnsen, B.O. & Heggberget, T.G. 1996. Havbeiteprosjektet i Opløyelva, Nord-Trøndelag. Årsrapport 1995. - NINA Oppdragsmelding 403: 1-24.
- Sægrov, H., Hellen, B.A., Johnsen, G.H. & Kålås, S. 1997. Utvikling i laksebestandene på Vestlandet. - Lakseforsterkningsprosjektet i Suldalslågen, 34: 1-28.

ISSN 0802-4103
ISBN 82-426-1183-1

672

NINA
OPPDRAKS-
MELDING

NINA Hovedkontor
Tungasletta 2
7485 TRONDHEIM
Telefon: 73 80 14 00
Telefax: 73 80 14 01

NINA
Norsk institutt
for naturforskning